



Überwachung der Gamma-Ortsdosisleistung bei Messfahrten

Bearbeiter: M. Iwatschenko, ESM Eberline Instruments, Erlangen
M. Kaden, VKTA Rossendorf, Dresden
W. Kukla, Schönbrunn, ehem. Kernkraftwerk Obrigheim
P. Sargent, Kerntechnische Hilfsdienst GmbH, Eggenstein-Leopoldshafen
H. Völkle, Universität Fribourg, Fribourg, Schweiz

Inhaltsverzeichnis

1	Zweck der Überwachungsmaßnahme.....	1
2	Messgröße, Maßeinheit und zu fordernde Nachweisgrenze.....	1
3	Messfahrten.....	2
3.1	Messorte und Übungsfahrten.....	2
3.2	Dosisleistungsgrenzwert für den Einsatz von Messtrupps.....	2
3.3	Geeignete Messgeräte.....	2
3.4	Automatische Aufzeichnung von ODL-Tracks.....	3
3.5	Kontrolle der Kalibrierung.....	4
3.6	Messunsicherheit und erreichbare Nachweisgrenze.....	4
4	Bewertung des Verfahrens.....	4
5	Dokumentation.....	4
6	Literatur.....	5
7	Anhang: Erläuterungen zur Online-ODL-Messung mittels NBR-Verfahren (nach [2]).....	6

1 Zweck der Überwachungsmaßnahme

Zweck der Maßnahme ist die Messung einer möglicherweise erhöhten Gamma-Ortsdosisleistung (ODL), die nach einer störfallbedingten Freisetzung von radioaktiven Stoffen in der Umgebung einer kerntechnischen Anlage durch Direkt-Strahlung aus der radioaktiven Abluffahne sowie von auf dem Boden abgelagerten radioaktiven Schwebstoffen hervorgerufen werden kann. Üblich ist die Messung der Ortsdosisleistung mit tragbaren ODL-Messgeräten an ausgewählten Punkten, die in einem Störfallmessprogramm vorab festgelegt worden sind. Stand der Technik ist darüber hinaus die On-line-ODL-Messung während der Fahrt mittels hochempfindlichen, großvolumigen Szintillationsdetektoren unter Nutzung von GPS-Koordinaten. Mittels einer solchen Messung können ODL-Verläufe entlang der Fahrtroute (ODL-Tracks) aufgezeichnet werden, die es erlauben, sehr schnell einen Überblick über die Strahlungssituation auch in großen Gebieten zu bekommen.

Neben der Direktmessung der ODL kann auch die im Loseblatt 3.1.2 beschriebene Messung der Ortsdosis mit Festkörperdosimetern zur Ergänzung der hier beschriebenen Überwachungsmaßnahme herangezogen werden, indem nach einem Störfall die Dosimeter in entsprechend kurzen Zeitabständen ausgewertet werden. Als Ergebnis erhält man dann die über diesen Zeitraum gemittelte ODL.

Bei Messfahrten in einem durch einen Störfall kontaminierten Gebiet sind Maßnahmen zum Personenschutz und zum Geräteschutz erforderlich. Diese Maßnahmen werden in dieser Vorschrift nicht dargestellt. Hinweise hierzu können dem Loseblatt 3.2.6 „Konzeption und Ausstattung von Messfahrzeugen zur Störfallüberwachung von kerntechnischen Anlagen“ entnommen werden.

2 Messgröße, Maßeinheit und zu fordernde Nachweisgrenze

Messgröße ist die Gamma-Ortsdosisleistung, respektive die Umgebungs-Äquivalentdosisleistung $H^*(10)$. Maßeinheit ist Sv/h, der Qualitätsfaktor für Gamma-Strahlung wird gleich 1 gesetzt.



Die Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung (REI) [1] schreibt bei Kernkraftwerken den Messbereich von 100 nSv/h bis 1 Sv/h vor, für andere kerntechnische Anlagen den Messbereich von 50 nSv/h bis 10 mSv/h. Der niedrigere Wert von 50 nSv/h stellt die zu fordernde Nachweisgrenze dar. Die obere Messbereichsgrenze zielt auf stationäre ODL-Messtechnik oder quasistationäre Sonden ab, die im Einsatzfall aufgestellt werden, selbständig messen und ihre Messergebnisse z. B. per Funk übermitteln. Für die Messung mittels Handmessgeräten ist aus Strahlenschutzgründen eine der Situation angepasste Messbereichsbegrenzung und/oder Begrenzung der Messdauer vorzunehmen.

3 Messfahrten

3.1 Messorte und Übungsfahrten

Die Messungen sind an festgelegten Messorten entlang vorbestimmter Routen durchzuführen, die entsprechend den zu erwartenden Wetterlagen sowie den Ausbreitungsbedingungen (unter Berücksichtigung der Besiedlungsstruktur, der Landnutzungsverhältnisse, der Topographie und der bestehenden Verkehrswege) ausgewählt worden sind. Die Messorte liegen in der Zentralzone (Umkreis von 0 bis 2 km), in der Mittelzone (Umkreis von 2 bis 10 km) und in der Außenzone (Umkreis von 10 bis 25 km).

Diese Routen sind übungshalber in den von der REI vorgeschriebenen zeitlichen Abständen von den vorgesehenen Messtrupps des Betreibers (Zentralzone und Mittelzone) und der unabhängigen Messstelle (Mittelzone und Außenzone) zu befahren.

Während der Übungsfahrten sollten die Messtrupps in Funk- und/oder Telefonverbindung mit der Einsatzzentrale stehen. Diese soll die Messtrupps anhand der Angaben, die sie von der Windmessanlage am Standort erhält, auf solche Routen schicken, welche in dem vom Wind bestrichenen Sektor liegen.

Die beim Normalbetrieb an den einzelnen Messstellen vorhandene ODL sollte bekannt sein („Nullpegel“). Sie ist bei den jeweiligen Übungsfahrten zu messen, um nach einem längeren Zeitraum statistisch gesicherte Daten über die Untergrundstrahlung zu erhalten.

Für die Strahlenspürtrupps, die meist von der Feuerwehr gestellt werden, gilt eine analoge Vorgehensweise. Wichtiges Übungsziel für die Strahlenspürtrupps ist der korrekte Umgang mit den Messgeräten und die Kommunikation mit ihrer Datenzentrale zur Messwertübermittlung, da für diese Kräfte der Umgang mit den Messgeräten und Messwerten in der Regel eine selten ausgeübte Zusatzfähigkeit darstellt.

3.2 Dosisleistungsgrenzwert für den Einsatz von Messtrupps

Aus den Störfalldosis-Grenzwerten nach Strahlenschutzverordnung für die Rettung von Menschenleben und zur Verhinderung der Überschreitung einer Dosis von 250 mSv (einmalig) oder von 100 mSv (einmal im Kalenderjahr) können als verantwortbare maximale Dosisleistungen für das Aussenden von Messtrupps (beruflich strahlenexponiertes Personal bzw. Feuerwehr) abgeleitet werden:

- bei einer maximalen Einsatzzeit von 50 Stunden: 5 mSv/h oder 2 mSv/h
- bei einer Begrenzung auf 10 Einsatzstunden: 25 mSv/h oder 10 mSv/h

Sollten die Dosisleistungswerte im Störfall großflächig derartige Werte erreichen, ist eine sorgfältige Einsatz- und Dosisplanung der eingesetzten Kräfte notwendig. Ausführliche Betrachtungen dazu finden sich im Loseblatt 3.3.4 „Merkpostenliste für die Probenentnahme und Probenaufbereitung bei einer erhöhten radioaktiven Kontamination der Umwelt“.

3.3 Geeignete Messgeräte

Gemäß den obigen Betrachtungen ist bei großflächigen Kontaminationen der Umwelt in der Regel ein Messgerät, beispielsweise mit Szintillationsdetektor (z. B. Szintomat, 20 nSv/h bis 30 mSv/h) ausreichend. Die Verwendung von Handmessgeräten mit höherem Messbereich (z. B. Teledetektor mit GM-Zählrohr,



Messbereich 500 nSv/h bis 10 Sv/h) ist nur sinnvoll, wenn es um die Suche nach räumlich begrenzten Maxima z. B. in Anlagennähe geht.

Mit Hilfe von Mitteldruck-Ionisationskammern lassen sich Messbereiche von 10 nSv/h bis 10 Sv/h über einen Energiebereich von 35 keV bis 7 MeV mit einem Gerät abdecken. Diese Sonden können über ein Computerinterface zur Aufzeichnung von Zeitverläufen genutzt werden. Generell gibt es – besonders bei hochkontaminierten Bereichen – die Möglichkeit, autarke ODL-Sonden auszusetzen, die selbständig messen und ihre Messergebnisse z. B. per Funk übermitteln.

In der Praxis wird man sich bei Messfahrten jedoch, wie oben dargelegt, bei Messungen mit Handmessgeräten auf Messungen bis ca. 25 mSv/h beschränken.

Die Messung erfolgt im Freien, nach Möglichkeit auf einer ebenen Wiese, in ca. 1 m Abstand über dem Boden während ca. 2 bis 3 Minuten, wobei der digital oder analog angezeigte Messwert während der Messdauer grob zu mitteln ist. Bestimmte Geräte können einen gleitenden Mittelwert berechnen; dies kann bei manchen Geräten auch durch die Einstellung einer geeigneten Zeitkonstante erreicht werden. Bei starken zeitlichen Schwankungen des Messwertes (etwa bei Strahlung aus der Abluftfahne) kann anstelle eines gemittelten Wertes auch der Streubereich der Dosisleistung angegeben werden. Wird dagegen die Dosisleistung hauptsächlich durch auf dem Boden abgelagerte radioaktive Schwebstoffe verursacht, können andererseits erhebliche örtliche Unterschiede auftreten. In diesem Falle ist durch Abschreiten einer geeigneten Fläche eine Mittelung vorzunehmen oder für diese Fläche ein Streubereich zu ermitteln.

Bei vordefinierten Messrouten können sich die Ortsangaben auf die Bezeichnung der Route und der Nummer des Messpunktes beschränken. Ansonsten wird auf die Empfehlungen zur einheitlichen Erfassung und Kennzeichnung der Probenentnahme- und Messbedingungen bei Messfahrten (siehe Loses Blatt 3.2.7) verwiesen. Die Messpunkte sollten auf jeden Fall möglichst genau wiederauffindbar sein.

3.4 Automatische Aufzeichnung von ODL-Tracks

Zur orientierenden Schnellvermessung großer Gebiete mit fahrzeuggestützten Systemen bietet sich der Einsatz empfindlicher Szintillationsdetektoren bei gleichzeitiger Einbindung der Positionsangaben (GPS-Daten) an. Damit ist die sofortige Erstellung von Kontaminationsprofilen möglich, der Einsatz zeitaufwendigerer Analyseverfahren kann dadurch gezielt vorbereitet und optimiert werden. Um auch bei typischen Geschwindigkeiten bis zu 100 km/h während der Messfahrt eine Ortsauflösung von ca. 50 m zu erreichen, sind Einzelmesszeiten von 1 Sekunde oder weniger anzustreben, woraus sich die Forderung nach einem sehr hohen Gamma-Ansprechvermögen des Detektors ableitet.

Basis für die Auswahl geeigneter Detektoren ist die Überlegung, dass auch starke Gammaquellen oft nur noch ein schwaches Dosisleistungs-Messsignal am Messort liefern können, weil sie entweder weit entfernt oder stark abgeschirmt sind. In beiden Fällen ist der nuklidspezifische Informationsgehalt durch Comptonstreuung stark reduziert oder evtl. völlig verlorengegangen. Das bedeutet, dass gute spektroskopische Eigenschaften für den Spürbetrieb meist irrelevant sind. Empirisch ergab sich bei organischen Szintillatoren ein hohes Maß an Stabilität für die gemessene Energieverteilung im natürlichen Strahlungsfeld.

Das NBR-Verfahren (NBR = Natural Background Reduction) auf der Basis großvolumiger organischer Szintillationsdetektoren zur Schnellerkennung von Kontaminationen hat sich in diesem Zusammenhang besonders bewährt, da Schwankungen der Gesamtdosisleistung während der Messfahrt, die durch Unterschiede im natürlichen Hintergrundpegel verursacht werden, sehr effektiv unterdrückt werden [2][3].

Zu beachten ist allerdings, dass diese hochempfindlichen Spürsysteme eine obere Messbereichsgrenze von etwa 20 μ Sv/h haben.

Im Anhang finden sich weitere Erläuterungen und beispielhafte Darstellungen zum Verfahren im Allgemeinen und zum NBR-Verfahren im Speziellen.



3.5 Kontrolle der Kalibrierung

Die Kalibrierung der Geräte ist periodisch unter Verwendung einer eichamtlich geprüften Kontrollvorrichtung (meist mit einer Cs-137-Quelle) zu kontrollieren oder durch die zuständige amtliche Stelle prüfen und ggf. eichen zu lassen. Vor jeder Messfahrt sind der Nulleffekt und das Datum der letzten Kontrolle der Kalibrierung des Gerätes zu überprüfen.

3.6 Messunsicherheit und erreichbare Nachweisgrenze

Bei der Betrachtung der Messunsicherheiten von ODL-Messungen im Störfall spielt die statistische Messunsicherheit (Zählstatistik) nur eine untergeordnete Rolle, ebenso auch die systematischen Unsicherheiten des Messgerätes (Dosisleistungsmessgeräte lassen sich ohne Schwierigkeiten auf 10 bis 15 % genau kalibrieren). Der größte Unsicherheitsbeitrag kann von der Inhomogenität der Strahlung kommen (zeitliche Schwankung der Aktivitätskonzentration in der Abluffahne sowie ungleichmäßige Verteilung der auf dem Boden abgelagerten radioaktiven Schwebstoffe). Eine zeitliche und/oder räumliche Mittelung der ODL oder die Bestimmung eines Streubereiches ist daher wichtig.

Eine exakte Abschätzung der Messunsicherheit bei solchen ODL-Messungen ist problematisch und im Störfall auch nicht notwendig, da diese Messungen in erster Linie zur Abschätzung der Exposition der Bevölkerung dienen. Eine Messunsicherheit von insgesamt 20 bis 40 % ist für diese Zwecke akzeptabel.

Von den gängigen auf dem Markt befindlichen Messgeräten werden die von der REI geforderten Nachweisgrenzen von 50 nSv/h und 100 nSv/h gut erreicht.

4 Bewertung des Verfahrens

Das Verfahren gestattet, nach einer störfallbedingten Freisetzung von Radioaktivität schnell einen Überblick über die ODL in der Umgebung zu erhalten, damit eventuell notwendige Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung zeitnah angeordnet werden können. Das Verfahren entspricht der im praktischen Strahlenschutz üblichen Messung der ODL und kann somit von jedem durchgeführt werden, der Grundkenntnisse im Umgang mit Strahlenschutzmessgeräten hat.

5 Dokumentation

Zur Messfahrt sollten die notwendigen Unterlagen sowohl in digitaler Form als auch in Papierform im Fahrzeug mitgeführt werden:

- Unterlagen über die verwendeten Messgeräte und deren Kalibrierung,
- Karten der Umgebung mit Sektoren- und Zoneneinteilung sowie Markierung der vordefinierten Messpunkte,
- Angaben über die ODL bei Normalbetrieb an den Messpunkten der vordefinierten Fahrtrouten.

Die Dokumentation der Messfahrt sollte neben eventuellen Aufzeichnungen in elektronischer Form zusätzlich auch immer durch entsprechend vorbereitete und vollständig ausgefüllte Messprotokolle in Papierform erfolgen, welche

- Datum und Zeit, Bearbeiter und eindeutige Messpunktbeschreibung,
- Messwerte der ODL mit Vermerk des Messgerätes und wesentlicher Messparameter, wie
- Beschaffenheit des Bodens (z. B. Wiese, Straße etc.) sowie
- Angaben über die Wetterbedingungen (z. B. Regen, Schnee) zum Zeitpunkt der Messung und
- eventuelle andere hilfreiche Bemerkungen

enthalten sollten.



6 Literatur

- [1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI); GMBI. Nr. 14 - 17 vom 23.03.2006, S. 254
- [2] M. Iwatschenko-Borho, L. Dederichs, F. Nürbchen, W. Schiefer, W. Rieck: Schnellerkennung von künstlichen Gammastrahlern mit dem NBR-Verfahren in 10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28.–30. 4. 1998, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), S. 157-162,
- [3] Fa. ESM Eberline: Technische Spezifikation ZT-023-0799

Bitte beachten Sie den Hinweis im Losen Blatt 1.3 „Erläuterungen zur Loseblattsammlung“.

7 Anhang: Erläuterungen zur Online-ODL-Messung mittels NBR-Verfahren (nach [2])

Da der natürliche Strahlungshintergrund nach Intensität, Nuklidzusammensetzung, räumlicher Verteilung und Abschirmung bei einer Messfahrt zunächst unbekannt ist, wird ein sehr allgemeines Kompensationsverfahren benötigt. Dieses liefert die „künstliche“ Dosisleistung H_{ki} als Differenz zwischen der gesamten Gammadosisleistung H_{ges} und einer mit einem Kompensationsfaktor F gewichteten und als natürlich erkannten Dosisleistung H_{nat} . Im Rahmen von ausgedehnten Feldversuchen mit unterschiedlichen Detektortypen ergab sich, dass es für organische Szintillatoren innerhalb des gemessenen Impulshöhenspektrums verschiedene für ein solches Kompensationsverfahren geeignete Bereiche gibt. Eine wesentliche Grundlage für die schnelle Erkennung künstlicher Kontaminationen ist dabei die Tatsache, dass im natürlichen Gammaskpektrum eine weite Verteilung von Gammaenergien bis ca. 3 MeV zu beobachten ist, während die meisten relevanten künstlichen Strahler im Bereich unterhalb von 1,3 MeV dominante Linien aufweisen.

Um die Aussagekraft des NBR-Verfahrens gegenüber einer reinen Dosisleistungsmessung abzuschätzen, ist zunächst zu berücksichtigen, dass der üblicherweise in der gemessenen Gesamtdosisleistung enthaltene Beitrag von ca. 35 ... 50 nSv/h zeitlich praktisch invarianter kosmischer Strahlung ausgeblendet werden kann. Dieser Anteil ist in Bezug auf die Auswirkung kerntechnischer Anlagen oder das Aufspüren verborgener Strahler nicht relevant, führt jedoch z. B. bei gasgefüllten Detektoren zu einem entsprechenden, die statistische Aussagekraft beeinträchtigenden Untergrund. Bei einer typischen Gesamtdosisleistung von 100 nSv/h sind somit nur ca. 50 nSv/h relevant. Bei Anwendung des NBR-Verfahrens führt deshalb in den meisten Fällen bereits ein künstlicher Beitrag (im Bereich oberhalb ca. 100 keV) von etwa 5 ... 10 nSv/h innerhalb weniger Sekunden zu einem Alarm. Als „künstlich“ erkannt werden dabei neben praktisch allen relevanten langlebigen Spalt- und Aktivierungsprodukten auch Transurane und von ihren Folgeprodukten abgetrennte Uranisotope. Somit werden auch Kernbrennstoffe und z. B. Abschirmungen aus abgereichertem Uran erkannt. Eine reduzierte Selektivität ergibt sich in seltenen Fällen bei extremen Schwankungen des relativen K-40-Gehalts und bei stark abgeschirmten natürlichen Strahlenquellen hoher Aktivität.

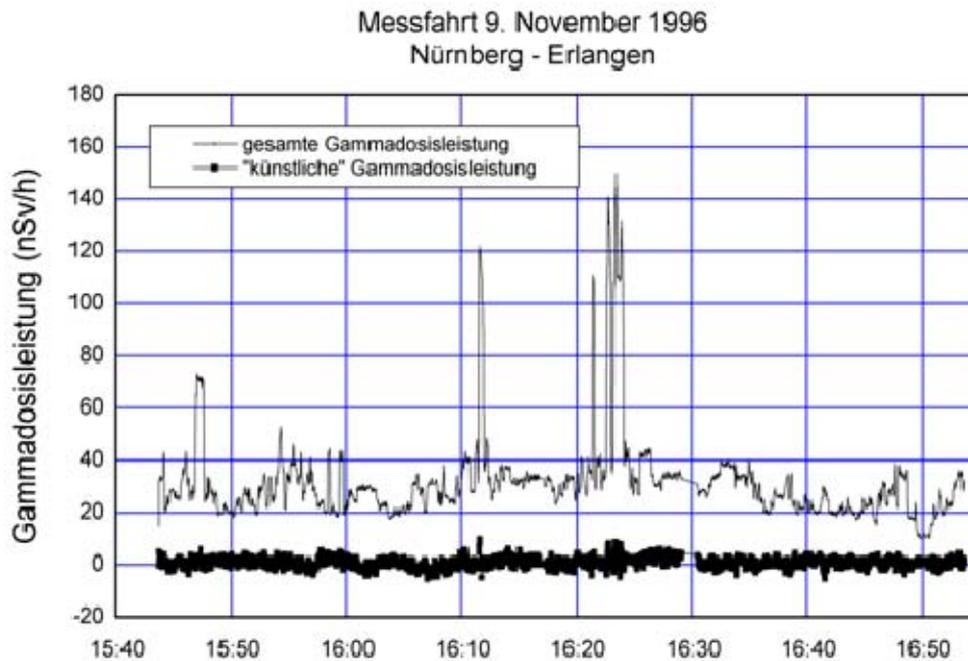


Abb. 1: Beispielhafte Messfahrt mit NBR-Detektionssystem in urbaner Umgebung

Abb. 1 zeigt die Gesamtdosisleistung und die mit Hilfe des NBR-Verfahrens berechnete "künstliche" Komponente für eine Messfahrt in urbaner Umgebung. Die minimalen Messwerte der gesamten Gammadosisleistung

tung wurden dabei auf einem Waldweg, die maximalen Messwerte auf einem gepflasterten Platz der Nürnberger Altstadt ermittelt. Es lag kein Beitrag von „künstlichen“ Strahlungsquellen vor.

In Abb. 2 wurde bei einer Messfahrt mit Tempo 90 km/h auf einer öffentlichen Straße eine geöffnete Strahlungsquelle für Materialuntersuchungen in einem ca. 250 m entfernten Gebäude detektiert (Wegposition 3000 m). Bei 800 m und 1200 m sind lokale Dosisleistungsspitzen durch nahe der Straße befindliche Gesteinsformationen mit erhöhter natürlicher Radioaktivität zu erkennen. Diese ergaben jedoch keinen NBR-Wert über der „NBR-Erkennungsgrenze“. Üblicherweise wird der „NBR-Alarm“ auf 20% der gemessenen gesamten Gammadosisleistung eingestellt und wird erfahrungsgemäß auch bei mehrstündigen Fahrten und sekundlicher Auswertung im natürlichen Strahlungsfeld nicht überschritten, so dass dieser sekundlich aktualisierte Wert als gleitender Alarmwert für Fahrten in nicht kontaminierten Umgebung verwendet werden kann. Je nach Einsatzzweck kann selbstverständlich dieser prozentuale Wert mit einer Mindestdosisleistung verknüpft werden, um nur in diesem Fall eine Signalisierung während der Messfahrt zu erhalten.

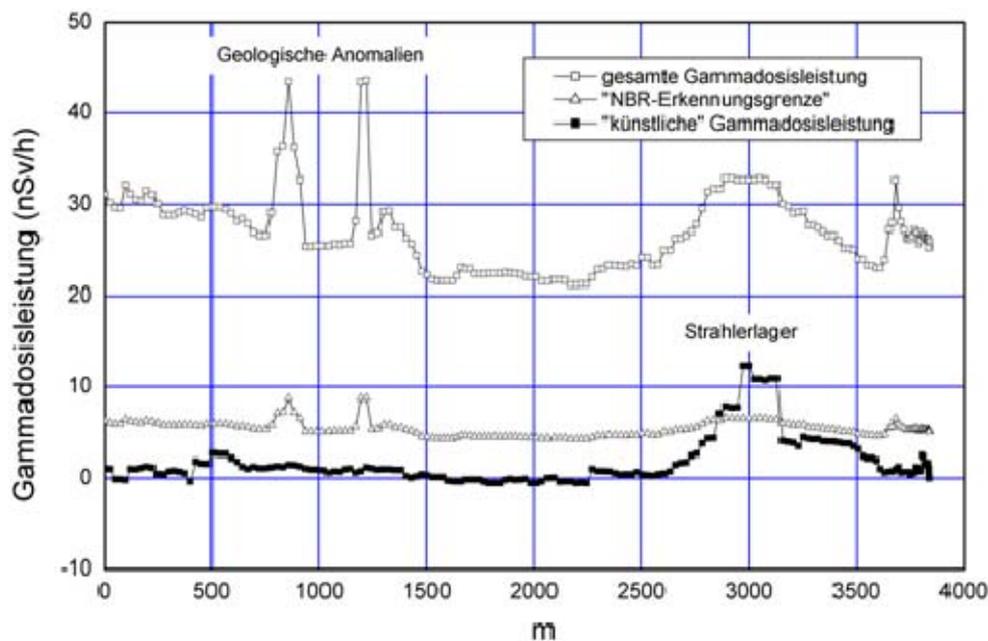


Abb. 2: Erkennung einer künstlichen Strahlungsquelle mit der NBR-Methode