

	DIN IEC 62438 (VDE 0493-4-1)	
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	
ICS 17.240	Einsprüche bis 2008-05-31 Ersatz für E DIN IEC 61134 (VDE 0493-4-1):2003-01 Entwurf Strahlenschutz-Messgeräte – Mobile Instrumentierung zur Messung von Gamma- und Neutronenstrahlung in der Umwelt (IEC 45B/566/CD:2007) Radiation protection instrumentation – Mobile instrumentation for measurement of gamma and neutron radiation in the environment (IEC 45B/566/CD:2007) Instrumentation pour la radioprotection – Instrumentation mobile pour la mesure des rayonnements gamma et neutroniques dans l'environnement (CEI 45B/566/CD:2007) Anwendungswarnvermerk Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2008-03-03 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren. Stellungnahmen werden erbeten – vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@vde.com in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden – oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main. Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen. Gesamtumfang 47 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE Normenausschuss Radiologie (NAR) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.	

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 45B/566/CD:2007 „Radiation protection instrumentation – Mobile instrumentation for measurement of gamma and neutron radiation in the environment“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom SC 45B „Radiation protection instrumentation“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium GUK 967.2 „Aktivitätsmessgeräte für den Strahlenschutz“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de), Gemeinschaftsgremium mit dem Normenausschuss Radiologie (NAR) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., zuständig.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60050-393:2003	IEV Teil 393:2004-07	–
–	IEC 60050-394:1995 ersetzt durch IEC 60050-394:2007	IEV Teil 394:2001-03	–
EN 60068-2-1:2007	IEC 60068-2-1:2007	DIN EN 60068-2-1 (VDE 0468-2-1):2008-01	VDE 0468-2-1
EN 60068-2-6:1995	IEC 60068-2-6:1995	DIN EN 60068-2-6:1996-05	–
EN 60068-2-13:1999	IEC 60068-2-13:1983	DIN EN 60068-2-13:2000-02	–
EN 60068-2-27:1993	IEC 60068-2-27:1987	DIN EN 60068-2-27:1995-03	–
–	IEC 60253:1967	–	–
–	IEC 60348:1978 ersetzt durch IEC 61010-1	–	–
EN 61010-1	IEC 61010-1	DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1)	VDE 0411-1
–	IEC 60462:1974	–	–
–	IEC 60973:1989	DIN IEC 60973:1993-04	–
EN 61010-1:1993 ersetzt durch EN 61010-1:2001	IEC 61010-1:1990 ersetzt durch IEC 61010-1:2001	DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1):1994-03 ersetzt durch DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1):2002-08	VDE 0411-1 VDE 0411-1
–	IEC 61134:1992	–	–
EN 61187:1994	IEC 61187:1993, mod.	DIN EN 61187:1995-06	–
–	IEC 61275:1997	–	–
–	IEC 61342:1995	DIN IEC 61342:1996-09	–
–	IEC 61578:1997	–	–
EN 62244 zz. in Vorbereitung	IEC 62244:2006, mod.	DIN EN 62244 (VDE 0493-3-2) zz. DIN-IEC-Norm-Entwurf	VDE 0493-3-2
EN 62327 zz. in Vorbereitung	IEC 62327:2006, mod.	DIN EN 62327 (VDE 0493-3-3) zz. DIN-IEC-Norm-Entwurf	VDE 0493-3-3
–	ICRU 53:1994	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60068-2-1 (VDE 0468-2-1):2008-01, *Umgebungseinflüsse – Teil 2-1: Prüfverfahren – Prüfung A: Kälte* (IEC 60068-2-1:2007); Deutsche Fassung EN 60068-2-1:2007

DIN EN 60068-2-6:1996-05, *Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen – Prüfung Fc: Schwingen, sinusförmig* (IEC 60068-2-6:1995 + Corrigendum 1995); Deutsche Fassung EN 60068-2-6:1995

DIN EN 60068-2-13:2000-02, *Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen – Prüfgruppe M: Niedriger Luftdruck* (IEC 60068-2-13:1983); Deutsche Fassung EN 60068-2-13:1999

DIN EN 60068-2-27:1995-03, *Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen – Prüfung Ea und Leitfaden: Schocken* (IEC 60068-2-27:1987); Deutsche Fassung EN 60068-2-27:1993

DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1):2002-08, *Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 1: Allgemeine Anforderungen* (IEC 61010-1:2001); Deutsche Fassung EN 61010-1:2001

DIN EN 61187:1995-06, *Elektrische und elektronische Messgeräte – Mitzuliefernde Unterlagen* (IEC 61187:1993, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61187:1994

DIN IEC 60973:1993, *Prüfverfahren für Germanium-Gammastrahlungsdetektoren* (IEC 60973:1989)

DIN IEC 61342:1996-09, *Nukleare Messgeräte – Vielkanal-Impulsamplitudenanalysatoren – Kennwerte, technische Anforderungen und Prüfverfahren* (IEC 61342:1995)

E DIN IEC 62244 (VDE 0493-3-2):2002-11, *Umwelt- und Strahlenschutz-Messgeräte – Fest installierte Strahlungsmonitore für den Nachweis von radioaktiven Stoffen und Kernmaterial an Staatsgrenzen* (IEC 45B/366/CD:2002)

E DIN IEC 62327 (VDE 0493-3-3):2002-09, *Umwelt- und Strahlenschutz-Messgeräte – Handgeräte für den Nachweis und die Identifizierung von Radionukliden und für die Messung der Dosisleistung* (IEC 45B/365/CD:2002)

IEV Teil 393:2004-07, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Teil 393: Nukleare Instrumentierung – Physikalische Phänomene und grundlegende Begriffe* (IEC 60050-393:2003).^{N1)}

IEV Teil 394:2001-03, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Teil 394: Nukleare Instrumentierung – Geräte* (IEC 60050-394:1995 + A1:1996 + A2:2000).^{N1)}

^{N1)} Nationale Fußnote: Im Rahmen des CD-ROM-Produktes „Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe“ zu beziehen über Beuth- und VDE VERLAG.

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Typisches mobiles Strahlungsmesssystem.....	9
4.1 Allgemeine Systemkonfiguration	9
4.2 Leistungsspezifikation für Systemmodule	10
4.3 Systemspezifikationen für Mechanik und Leistungsfähigkeit	14
4.4 Bedienerhandbuch	14
5 Datenverarbeitung	15
5.1 Grundlegende Datenverarbeitung	15
5.2 Dateneinheiten	16
5.3 Datenprodukte	16
6 Sicherheitsanforderungen	17
6.1 Elektrische Spannung zugänglicher Metallteile	17
6.2 Impedanz aus Sicht von außen	17
6.3 Schutz des Hochspannungsnetzteils	17
7 Literaturhinweise	17
Anhang A (informativ) Ein typisches Kalibrierszenario für die Messung natürlicher Radionuklide	18
Anhang B (informativ) Strukturen von Messplänen für Referenzböden	21
 Bild 1 – Typische Komponenten eines Gammaspektrometriesystems auf mobiler Plattform.....	10
Bild B.1 – Erweiterte sechseckige Messfläche und die typischen Messsätze A und B.....	21
Bild B.2 – Übereinstimmung zwischen den Untersuchungskreisen für ¹³⁷ Cs und dem sechseckigen Messplan	22
 Tabelle 4.1 – Typischer Einsatz von Detektoren für verschiedene Anwendungen	9
Tabelle 5.1 – Umwandlungsfaktoren zwischen Radionuklidkonzentrationen und Dosisleistungen.....	16

Strahlenschutz-Messgeräte – Mobile Instrumentierung zur Messung von Gamma- und Neutronenstrahlung in der Umwelt

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für mobile Strahlenmesssysteme, die für die Erkennung, Quantifizierung und Identifizierung von Photonen- bzw. Neutronenstrahlern in der Umwelt eingesetzt werden. Dazu gehören punktförmige und verteilte Strahlenquellen.

Zweck dieser Norm ist:

- Definitionen festzulegen,
- Mindestanforderungen für die Instrumentierung festzulegen,
- Anforderungen für Verwendung und Einsatz festzulegen,
- Prüf- und Kalibrierverfahren vorzugeben und
- Richtlinien zur Beschaffung geeigneter Geräte vorzulegen.

Generell gilt, dass mobile Systeme für die Messung von Kernstrahlung in der Umwelt aus Detektoren, Prozessoren für Detektorsignale, Einrichtungen für die Positionserfassung sowie Geräten für die integrierte Datenregistrierung, Betriebsüberwachung und Echtzeitanzeige-/Alarmfunktionen bestehen. Darüber hinaus können hochentwickelte Systeme Datenströme bereitstellen, die telemetrisch zu Betriebszentren übertragen werden können.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60050-393:2003, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 393: Nuclear instrumentation – Physical phenomena and basic concepts*

IEC 60050-394:1995, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 394: Nuclear Instrumentation: Instruments*

IEC 60253:1967, *Power supply for air and land vehicles-mounted prospection equipment for radioactive materials.*

IEC 60462:1974, *Standard test procedures for photomultiplier tubes for scintillation counting.*

IEC 60973:1989, *Test procedures for germanium gamma-ray detectors*

IEC 61010-1:1990-09, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use; plus Amendment 1, 1990-09 and Amendment 2, 1995-06.*

IEC 61134, *Aerial Surveillance for terrestrial gamma radiation*

IEC 61187:1993, *Electrical and electronic measuring equipment – Documentation.*

IEC 61275, *In situ photon spectrometry system using a germanium detector.*

IEC 61342:1995-02, *Nuclear instrumentation – Multi-channel pulse height analyzers – Main characteristics, technical requirements and test methods.*

IEC 61578, *Radiation protection instrumentation*

IEC 62244, *Radiation protection instrumentation – Installed radiation monitors for the detection of radioactive and special nuclear materials at national borders*

IEC 62327, *Radiation protection instrumentation – Hand-held Instruments for the Detection and Identification of Radionuclides and Additionally for the Indication of Ambient Dose Equivalent Rate from Photon Radiation*

ICRU 53:1994, *In-situ gamma spectrometry in the Environment.*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten folgende Definitionen.

3.1

mobiles Erfassungssystem

[en: mobile detection system]

geeignete Anzahl und Art von Strahlendetektoren, die auf einer mobilen Plattform montiert sind, bei der es sich u. a. um Starr- oder Drehflügelflugzeuge, Bodenfahrzeuge, seetüchtige Schlepp- und Amphibienfahrzeuge handeln kann

3.2

spektrale Energieauflösung

[en: spectral energy resolution]

Szintillationsdetektoren einschließlich NaI(Tl), CsI, BGO und LaBr:

Halbwertsbreite des Spitzenwerts von ^{137}Cs (bei 0,662 MeV), angegeben und als Prozentwert ausgedrückt.

Germaniumdetektoren:

Halbwertsbreite für eine Energie, die für die Anwendung des Detektors relevant ist, üblicherweise in eV oder keV, wie z. B. 1,33 MeV (^{60}Co) bei Ge-Standarddetektoren oder 0,122 MeV (^{57}Co) bei Ge-Detektoren für niedrige Photonenenergie.

organische Szintillatoren:

Diese haben eine gewisse Fähigkeit, zwischen der natürlichen Untergrundstrahlung und den vom Menschen verursachten Radionuklidemissionen zu unterscheiden. Jedoch besitzen sie im Allgemeinen keine ausreichende Energieauflösung für die Bestimmung des spezifischen Radionuklids.

3.3

Eigen- und Mobilplattform-Untergrundstrahlung

[en: intrinsic and mobile platform background]

gemessene Zählrate in einem Energiespektrum oder einem gegebenen Energiefenster ohne Anteil terrestrischer Radioaktivität. Bei fliegenden Systemen kann dieser Wert in Höhen über 1 000 m über dem Boden gemessen werden, wobei Höhenkorrekturen für kosmische Strahlung vorzunehmen sind, oder über großen Gewässern mit mehr als 2 km seitlicher Ausdehnung und einer Wassertiefe von 1 m oder mehr. Gegebenenfalls muss der Beitrag von radioaktiven Elementen, die im Wasser konzentriert sind, berücksichtigt werden. Bei mobilen Plattformen ist der Eigenanteil des Untergrunds möglicherweise gering, kann jedoch zur Abschätzung seiner Höhe entweder durch die Ableitung der Kalibrierlinien für eine Reihe von Aktivitäten oder die Verwendung linearer Regression (wobei ein lineares Ansprechverhalten angenommen wird) ermittelt werden.

3.4

Positionsangabe

[en: positional reference]

jede Messung muss eine Referenzangabe zur Position, (Höhenlage, Breitengrad, Längengrad oder eine andere geeignete Koordinate) enthalten

3.5

Energiekalibrierung

[en: energy calibration]

das Spektralverhalten der Detektoren sollte eine entsprechende Energiekalibrierung aufweisen, so dass der volle Energiespitzenwert während oder zwischen Übersichtsmessungen an einer systematischen Stelle auftritt. Dies sollte mit mindestens drei oder mehr über das Energiespektrum verteilten Punktquellen erreicht werden.

3.6

Verstärkungsstabilisierung

[en: gain stabilization]

manche Detektoren neigen dazu, ihr Energieansprechverhalten bei Änderung der Feuchtigkeits- und Temperaturwerte zu verschieben. Es sollte eine Verstärkungsstabilisierung vorgesehen sein, um die Integrität der Energiekalibrierung während des Detektoreinsatzes zu erhalten.

3.7

Effizienzkalibrierung

[en: efficiency calibration]

empirisch bzw. theoretisch abgeleitete Umwandlung des Ansprechverhaltens des Detektorsystems in eine absolute Strahlenmenge

3.8

Kalibriereinheiten

[en: calibration units]

üblicherweise sollte eine Umrechnung der gemessenen Zählrate (Zählimpulse je Sekunde; Impulse/s) in folgende Einheiten vorgenommen werden:

- a) In absolute Einheiten (Bq/kg , Bq/m^2 und/oder nSv/h bzw. nGy/h) unter Verwendung der Entfaltung des Spektral-/Höhen-Modells oder anderer Techniken. Bq/kg bezieht sich üblicherweise auf geologische Quellen und Bq/m^2 auf Quellen, die durch atmosphärische Ablagerungen entstanden sind.
- b) Bei geophysikalischen Anwendungen wird die Zählrate je Konzentrationseinheit der im Boden vorhandenen Radionuklide bevorzugt (z. B. Impulse $\text{s}^{-1}/\text{ppm U}$).
- c) Beim Einsatz in Notfällen kann die Umwandlung in Gammadosisleistungen (nSv/h oder nGy/h) ausreichend sein.

3.9

Untersuchungskreis

effektives Messfeld

[en: circle of investigation]

zentrumsgewichtete Messfläche jedes Messdurchgangs

3.10

Probenahmeintervall

[en: sampling interval]

Zeit zwischen dem Beginn jeweils aufeinander folgender Datenerfassungen oder Messungen, in Sekunden. Das Probenahmeintervall wird auch als Integrationszeit genannt.

3.11

Totzeit

[en: dead time]

Zeitspanne, während der ein Strahlungsereignis vom System nicht erfasst werden kann, weil vorausgegangene Ereignisse noch verarbeitet oder umgewandelt werden

3.12

Impulsrückstau

[en: pulse pile-up]

bezieht sich auf die Situation, in der eine oder mehrere Szintillationen auftreten, bevor ein vorheriger Impuls erfasst wurde und der ursprüngliche Impuls abgeklungen ist

3.13

Quantifizierungsunsicherheit

[en: quantification uncertainty]

Messunsicherheit, die bei der Umwandlung von kontinuierlichen Analogwerten (Energien, Amplituden) in digitale Werte (Kanäle, Zählimpulse) und umgekehrt auftritt

3.14

Datenangleichung

[en: data leveling]

Datenverarbeitungstechnik, welche die gemessenen Übersichtsdaten entsprechend den variablen meteorologischen und anderen Bedingungen während des Messverlaufs angleicht

3.15

Referenzboden oder -oberfläche

[en: reference soil or surface]

Fläche des Bodenabschnitts oder Oberfläche, die für die empirische Kalibrierung des mobilen Systems bestimmt wurde. Die Oberfläche sollte eine signifikant größere Ausdehnung als der Untersuchungskreis des Messsystems haben. Die Aktivität bestimmter Radionuklide wurde als eine Konzentration (Bq/kg) oder Flächenkontamination (Bq/m²) und Tiefenverteilung charakterisiert.

3.16

Messung

[en: measurement]

Registrierung einer bestimmten Quantität

3.17

Übersicht

[en: survey]

Sammlung von Messdaten, um eine 100 %ige Abdeckung der interessierenden Parameter im zu untersuchenden Gebiet zu erhalten. Dazu sind üblicherweise eine Reihe von parallelen Flugstrecken mit vom Auftraggeber spezifizierter Angabe der räumlichen Auflösung oder des Flugstreckenabstandes erforderlich.

3.18

Suche

[en: search]

Exploration, die sich gewöhnlich auf räumlich isolierte Anomalien oder Punktquellen richtet

4 Typisches mobiles Strahlungsmesssystem

4.1 Allgemeine Systemkonfiguration

Das Messsystem sollte aus den folgenden Komponenten bestehen:

- Primäres Erfassungssystem, das variable Messintervalle (typischerweise zwischen 1 s und 5 s) erlaubt und eine ausreichende Detektorempfindlichkeit besitzt, um die Erkennung und Quantifizierung des vorhandenen U, Th, K und der zusätzlichen vom Menschen geschaffenen interessierenden Radionuklide wie z. B. ⁶⁰Co, ¹³⁷Cs, ¹³¹I und die räumliche Auflösung für die flächige Erfassung der Verteilung von der mobilen Plattform aus zu ermöglichen. Dies wird üblicherweise mit Einsatz eines Arrays aus großvolumigen NaI(Tl)-Detektoren erreicht, obgleich andere Szintillatoren ebenfalls in Betracht gezogen werden können. Zum Zwecke des Notfallschutzes können auch organische Szintillatoren für die Messung der Flächenverteilung von Gammadosisraten in Betracht gezogen werden;
- Ein optionales sekundäres Messsystem, das bei der Erfassung von komplexeren Strahlenspektren oder niederenergetischen Photonenemissionen wie z. B. ²⁴¹Am eine hohe spektrale Auflösung ermöglicht. Dies kann typischerweise durch die Verwendung von HPGe- oder CZT-Detektoren erreicht werden. Eine optionale sekundäre Detektorbaugruppe, die aus einem geeigneten Neutronendetektor besteht wie ³He-Proportionalzählern.

Der typische Einsatz von Detektoren ist in Tabelle 4.1 zusammengestellt.

Tabelle 4.1 – Typischer Einsatz von Detektoren für verschiedene Anwendungen

Anwendung	Typischer Instrumenteneinsatz
Generelle Umweltstudie	NaI(Tl) und optional HPGe
Geologische Studie	NaI(Tl)
Notfallschutz	NaI(Tl), HPGe oder organischer Szintillator, ³ He-Proportionalzähler bzw. andere geeignete Neutronendetektoren oder eine Kombination daraus

E DIN IEC 62438 (VDE 0493-4-1):2008-03

- Stromversorgung für das Erfassungssystem, die direkt von der mobilen Plattform gespeist oder autonom sein kann.
- Analog/Digital-Wandler und Mehrkanalanalysatoren(en) für die Photonen-Impulshöhenanalyse.
- Ein Datenerfassungssystem, das die Strahlungsmessdaten und Positionsangaben erfasst und speichert und eine Anwenderschnittstelle und Echtzeitanzeige bietet.
- Navigationssystem zur Feststellung der Position.
- Ports als Eingänge für andere Sensoren wie Neutronendetektoren. Bei fliegenden Systemen können dazu auch Höhenradar, Umgebungstemperatur, Luftfeuchte und Druck, Windgeschwindigkeit und -richtung gehören. Weitere Sensoren können für andere Systeme sinnvoll sein. Bei Bodensystemen kann die Trägheitsnavigation in Bereichen erforderlich sein, in denen kein geeignetes GPS-Signal zur Verfügung steht.
- Software für die Datenwiedergabe und die Grundanalyse muss vorhanden sein, um die Leistungsfähigkeit des Systems zu verifizieren.

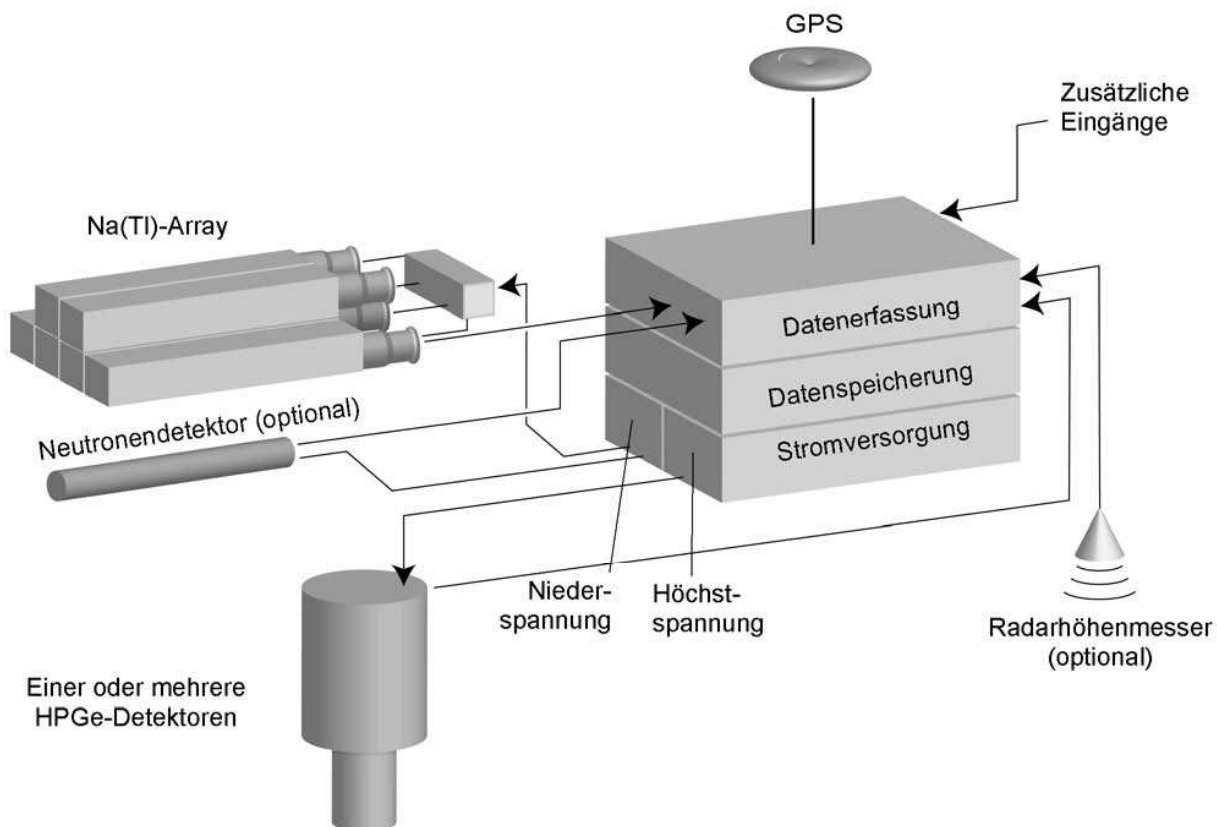


Bild 1 – Typische Komponenten eines Gammaspektrometriesystems auf mobiler Plattform

4.2 Leistungsspezifikation für Systemmodule

4.2.1 Auf Szintillation basierende Detektormodule

- Die Stromversorgungen, welche die Dynodenspannungen liefern, müssen ausreichend Stromreserven besitzen, so dass sich die Verstärkung des Photomultipliers bei hohen Detektorzählraten nicht verändert.
- Der Photomultiplier muss eine ausreichende magnetische Abschirmung besitzen, um bei beweglichen Plattformen zu vermeiden, dass sich auf Grund des „Kompassseffekts“ eine signifikante Verstärkungsverschiebung ergibt, die sich sonst bei Veränderung der Ausrichtung des Photomultipliersystems zum Magnetfeld der Erde bemerkbar macht.

- Anorganische Detektoren müssen thermisch isoliert sein, um die Schnelligkeit der Temperaturänderung auf Werte zu begrenzen, bei denen keine Kondensation in der Vorverstärkerelektronik eintritt. (Es wurden Studien durchgeführt, bei denen ein außen am Flugzeug montiertes Detektorsystem bei 26 °C aus der Flugzeughalle gerollt und dann bei einer Außentemperatur von –20 °C betrieben wurde.)
- Wo das Spektralverhalten eines Arrays mit mehreren Detektoren genutzt wird, muss die Auflösung des summierten Spektrums mit der individuellen Detektorleistung vergleichbar sein und z. B. bei einem NaI(Tl)-Detektorarray bei etwa 7 % bis 9 % liegen.
- Der Detektor, Vorverstärker und die zugehörigen A/D-Wandler oder die entsprechenden digitalen Schaltglieder müssen eine ausreichend hohe Rauschfestigkeit und einen genügend hohen Dynamikumfang besitzen, um die Photonenenergien im Bereich von 0,02 MeV bis 3 MeV exakt umzuwandeln, wobei von künstlichen Strahlungsquellen Photonenemissionen niedrigerer Energie zu erwarten sind (z. B. ²⁴¹Am).

4.2.2 Vorverstärker und A/D-Wandler für spektralfähige Detektoren (NaI(Tl), HPGe, CZT)

- Für Verfahren zur Bestimmung von Radionukliden ist die Verstärkungsstabilisierung erforderlich. Spektraldaten müssen innerhalb von $\pm 0,2$ % stabil sein. Für Teile des Systems, die temperaturempfindlich sind, können Temperatenausgleichsverfahren zur Stabilisierung der Leistung angemessen sein. Solche Techniken sind jedoch nicht immer adäquat. Eine zusätzliche aktive Verstärkungsstabilisierung hat sich generell als notwendig erwiesen, um die gewünschte Stabilität der Systemverstärkung einzuhalten. Systeme mittlerer Auflösung benutzen häufig einzelne Referenzpeaks; beispielsweise können ²⁰⁸Tl (2,614 MeV) benutzt werden.
- Die gesamte Umwandlungszeit für Analogsysteme soll typischerweise unter 10 μ s liegen (A/D-Wandlung (ADW), Rückkehr zur Grundlinie, Vorbereitung für den nächsten Impuls). Durch die digitale Signalverarbeitung (DSV) ist eine weit höhere Leistungsfähigkeit möglich, als sie in dieser Spezifikation beschrieben ist.
- Für jedes erfasste Spektrum ist die tatsächliche Lebensdauer zu messen und zu protokollieren.
- Die integrale Linearität von ADW/DSV sollte im 1 % bis 99 % Wandlerbereich besser als 0,5 % sein.
- Bei Anwendungen mit mittlerer Auflösung (z. B. NaI(Tl)) ist ein Minimum von 512 Kanälen (6 keV/Kanal für 0-3 MeV) akzeptabel.
- Bei hochauflösenden HPGe-Detektoren sollte der ADW 4 096 Kanäle haben.
- Die analoge Signalverarbeitung (ASV) von NaI(Tl)-Detektoren liefert bis zu einer nominalen Zählrate von 40 000 Impulsen/s nur minimal verzeichnete Spektren. Die maximale für die Lebensdauer korrigierte Impulsrate von 250 000 bis 300 000 Impulsen/s kann mit ASV erreicht werden, doch ist dabei die spektrale Information signifikant schlechter. Im Notfallschutz und bei der Bestimmung der Strahlenkontamination können diese Zählraten mit einem Einzeldetektor erreicht oder überschritten werden. Die analoge Summierung der Impulse aus Mehrfachdetektoren bringt die Probleme mit hohen Zählraten mit sich.
- Um Messungen über einen breiten dynamischen Bereich durchzuführen, sollte die minimal akzeptable Konfiguration eines Systems auf ASV-Basis mit einem ASV-Prozessor je Detektor ausgestattet sein. Bei digital summierten ASV-Spektren treten die Sättigungsbedingungen nicht auf.
- Die ASV-Technologie ist für manche Anwendungen weiterhin akzeptabel. Jedoch liefert die Hochgeschwindigkeitstechnik der digitalen Signalverarbeitung (DSV) bei Eingangszählraten von mehr als einer Million Impulsen/s je Detektor eine minimale spektrale Verzerrung. Diese Technologie ist deshalb ideal für Situationen mit hohen Impulsraten. Um die Leistungsfähigkeit zu optimieren, sind mobile Systeme auf DSV-Basis mit einem Prozessor je Detektor ausgestattet. Nicht alle DSV-Anwendungen sind für hohe Impulsraten geeignet. Es gibt DSV/USB (Universal Serial Bus) Ausführungen, die für Echtzeitanwendungen, bei denen hohe Impulsraten auftreten und mehrere zeitlich synchronisierte Detektoren sowie sehr schnelle Datenübertragungsraten benötigt werden, ungeeignet sind.

4.2.3 Spektrale Summierung für spektralfähige Detektoren

- Einzelne Spektralinformationen sollten für jeden Detektor (oder jede Detektorgruppe) aufgezeichnet werden, so dass nicht ein gesamter Datensatz zerstört wird, falls ein einzelner Detektor ausfällt. Die Spektralinformationen aller Detektoren sollten für eine geräteeigene/telemetrische Schnellinformation summiert werden.
- Die Übertragungszeit der Spektraldaten darf 2 % der Datenintegrierzeit nicht übersteigen. Dies kann beispielsweise durch doppelte Pufferung erreicht werden, um den gleichzeitigen Eingang/Ausgang zu ermöglichen, oder durch eine Übertragungsmethode mit hoher Übertragungsgeschwindigkeit.

E DIN IEC 62438 (VDE 0493-4-1):2008-03

- Da für die Kombination der Daten von mehreren Detektoren eine hohe Genauigkeit erforderlich ist, müssen die Spektraldaten für alle Spektralkanäle innerhalb von 1 % der nominellen Erfassungszeit synchronisiert werden. Beträgt die Erfassungszeit z. B. 1 s, müssen die Start-/Stopzeiten innerhalb von 0,01 s synchronisiert werden.
- Die Spektraldaten müssen dem Gerät zur Positionsbestimmung (z. B. Kombination aus GPS und Radarhöhenmessung) exakt synchronisiert (< 1 % der Integrierzeit) zugeführt werden, um eine genaue Kartierung der Strahlungsüberlagerungen zu erreichen. Ein hierbei bewährtes Verfahren ist die Spektralerfassung mit dem Signal des GPS 1 'precise positioning service' (pps) zu starten und zu stoppen.

4.2.4 Neutronendetektor

- Es stehen verschiedene Neutronenerfassungstechniken zur Verfügung. Am häufigsten werden ^3He -Gasproportionalzähler und Lithium-dotierte Glasdetektoren verwendet.
- Das Neutronendetektormodul muss in der Lage sein, sowohl thermische Neutronen als auch Spaltungsspektrumsneutronen zu erfassen.
- Detektorausbeute. Der Neutronendetektor muss eine absolute Ausbeute von mindestens 1 Impuls/s je 1000 Quellenneutronen in einem Abstand von 2 m von einer unmoderierten ^{252}Cf -Quelle haben. Für die Messung muss die Quelle 1 m über dem Boden senkrecht vor der Eingangsfläche des Neutronendetektormoduls im Abstand von 2 m angeordnet sein.
- Umwelteinflüsse. Temperatureinflüsse dürfen das Neutronenansprechverhalten über dem Temperaturbereich von -20 °C bis 50 °C nicht um mehr als 10 % verändern.
- Hochfrequenzstörung. Das Neutronendetektormodul muss gegenüber hochfrequenten Störsignalen von 10 V/m im Bereich 1 MHz bis 2 GHz unempfindlich sein (Übereinstimmung mit DHS).
- Mechanische Empfindlichkeit. Das Neutronendetektormodul muss für den Betrieb unter den normalen Stößen und Erschütterungen, die im Einsatz auf mobilen Plattformen auftreten können, ausgelegt sein. Insbesondere sollte das Neutronenmodul unter der Einwirkung von Vibrationen keine falschen Neutronenzählwerte liefern (Mikrofonie). Die falschen Neutronenzählwerte dürfen 10 % des NeutronenUntergrundwerts nicht übersteigen.
- Unempfindlichkeit gegenüber starken Gammastrahlenfeldern. Um falsche Neutronenerfassungen in starken Gammastrahlenfeldern zu vermeiden, muss das Verhältnis der Gammaerfassungseffizienz zu der Neutronenerfassung des Neutronendetektormoduls unter 1:10 000 liegen.
- Das von Neutronendetektoren kommende Signal muss mit den Gammaspektrometriedaten erfasst und synchronisiert werden.

4.2.5 HPGe-Detektor

- Die Energieauflösung eines HPGe-Detektors ist deutlich besser als die eines NaI(Tl)-Detektors. In Gebieten, in denen intensive Photonenstrahlenfelder auftreten, kann ein einzelner HPGe-Detektor sehr effizient sein.
- Detaillierte Spektren werden im Allgemeinen nur für die Bestimmung der geometrischen Aktivitätsverteilung, jedoch nicht so sehr für den Aktivitätsverlauf von Sekunde zu Sekunde benötigt. Ein einzelner 50 % bis 120 % HPGe-Detektor (dessen Daten synchronisiert mit NaI(Tl)-Daten erfasst werden) kann sehr wirksam zur Ergänzung eines großen NaI-Detektorarrays eingesetzt werden, indem das HPGe-Spektrum von interessierenden Gebieten erfasst wird, die anhand der effizienteren NaI(Tl)-Daten festgelegt wurden. Es kann ein statistisch signifikantes HPGe-Spektrum erfasst werden. Mit einem solchen ergänzenden Einsatz der beiden Erfassungssysteme lassen sich die meisten Vorzüge der HPGe-Erfassung realisieren, ohne die betrieblichen Komplikationen und extremen Kosten eines vollen HPGe-Detektorarrays in Kauf nehmen zu müssen.
- Die Energieauflösung bei 1 330 keV (^{60}Co) sollte üblicherweise unter 2 keV liegen.
- Die integrale Energielinearität soll besser als 1 % sein.
- Das System muss dieselben mechanischen und physikalischen Standards erfüllen, wie sie in 4.3 für das Gesamtsystem beschrieben sind. Für den erfolgreichen HPGe-Einsatz in mobilen Systemen ist der übliche Einbau der HPGe-Detektoren zur Gewährleistung einer angemessenen Kühlung und Erschütterungs-/Stoßdämpfung erforderlich.

4.2.6 Hilfseingänge (analog, digital, Zähler)

- Diese Eingänge sollten vorhanden sein, um zusätzlich zu der Spektralinformation die aufgabenspezifischen Daten einspeisen zu können. Dafür typische Anwendungen können sein:
 - Neutronendetektormodule (Zähler, digital)
 - Messung hoher Gammaeinwirkung (analog, digital, Zähler)
 - Radarhöhenmessung (analog, digital) bei Einsätzen im Flugzeug
- Bei einigen fliegenden Einsätzen können Lufttemperatur, absoluter Druck, Windrichtung und Windgeschwindigkeit (analog, digital) für genaue und umfassende Umgebungsmessungen erforderlich sein.

4.2.7 Positionsbestimmung und -lenkung

- Auf Grund der weltweit verfügbaren Positionierungssysteme auf Satellitenbasis gibt es keinen einsichtigen Grund, warum die Ortsbestimmung durch andere Maßnahmen durchgeführt werden sollte. Positionierungssysteme wie „Differential Global Positioning Systems“ (DGPS) können exakte Standortinformationen liefern. Unsicherheiten von nur 1 m müssen bei mobilen Plattformen am Boden und sollten bei mobilen Plattformen in der Luft verwendet werden. Wo der DGPS-Empfang allerdings durch terrestrische Hindernisse gestört ist, sollten Trägheitsnavigationssysteme vorgesehen werden.
- Während der Vermessungen sollte dem Betreiber der mobilen Plattform entweder eine interne oder eine externe Navigationshilfe für das Erfassungssystem zur Verfügung stehen, um die volle geographische Abdeckung zu erzielen.

4.2.8 Systemaufbau

Die Konfiguration des Datenerfassungssystems für die Sammlung und Protokollierung von Grunddaten sollte klar definiert und reproduzierbar sein. Das System sollte für eine aufgabenabhängige Anpassung geeignet sein.

4.2.9 Bedienerchnittstelle

Am Gerät muss eine Bedienerchnittstelle vorhanden sein, die nur die Informationen für die betreffende Aufgabenstellung und die Qualitätsziele der Datenerfassung enthält.

4.2.10 Datenprotokollierung

- Die grundsätzliche Integrierzeit je Datenpunkt (Messrate) muss je nach aufgabenspezifischen Anforderungen 1 s bis 5 s betragen.
- Die Protokollierung der vom System erfassten Daten muss erste Priorität haben, in Echtzeit erfolgen und unabhängig von allen Wiedergabefunktionen sein. Die Protokollierfunktion darf durch Erschütterungen der Plattform und Schwankungen/Ausfällen der Versorgungsspannung nicht beeinträchtigt werden. Alle vor einem Systemausfall erfassten Daten müssen vom Protokollierersystem weiterhin abrufbar sein. Das eingebaute Protokolliergerät muss eine Vorrichtung für die robuste und dauerhafte Datenspeicherung besitzen.
- Das System sollte in der Lage sein, mindestens die während eines vollen Arbeitstages (nominal 12 Stunden) erfassten Daten zu speichern. Die Daten sollten auf Speichereinrichtungen des Industriestandards in Standardformaten zur Verfügung stehen, um das Herunterladen in die Anwendersoftware zu ermöglichen.
- Die Daten sollten mit Zeit-, Positions- und Höhe-über-Grund-Informationen integriert und dokumentiert werden.

4.2.11 Datenanzeige in Echtzeit

- Die Datenanzeige in Echtzeit sollte mindestens beinhalten:
 - Zeit
 - Position (Längen- und Breitengrad, Landkartenüberlagerung und Höhe)
 - Bruttozählwerte (ausgedrückt in Impulse/s sowohl für Photonen als auch für Neutronen)

E DIN IEC 62438 (VDE 0493-4-1):2008-03

- Auftragsspezifische Radionuklid-Nettoaktivität, ausgedrückt in geeigneten Einheiten
- ausgewählte Spektralinformation
- Dieselben Parameter sollten für die telemetrische Übertragung zu einer Bodenstation zur Verfügung stehen.
- In geophysikalischen Studien stammen die häufigsten Radionuklidaktivitäten von Kalium, Uran, Thorium (KUT). Ein typisches Verfahren für die Extraktion dieser Daten ist in Anhang A beschrieben.
- Für Umweltuntersuchungen und den Notfallschutz können andere Radionuklide wichtig sein wie z. B. ^{241}Am , ^{60}Co und ^{137}Cs bei der Suche nach bzw. der Ermittlung von künstlichen Radionukliden. Die Aktivität solcher vom Menschen hergestellter Radionuklide sollte in Nettowerten als Impulse/s bzw. in entsprechenden absoluten Einheiten gemessen werden.

4.2.12 Qualitätssicherung

- Der Gerätelieferant muss das Protokoll und die Software für die Verifizierung der Leistungsfähigkeit des Systems gemäß der Beschreibung in dieser Normenvorschrift bereitstellen.

4.3 Systemspezifikationen für Mechanik und Leistungsfähigkeit

- Das System muss für die universelle Spannungsversorgung mit 12 V bis 32 V Gleich- oder 110 V bis 240 V Wechselspannung ausgelegt sein.
- Es müssen robuste Steckverbinder verwendet werden, und beispielsweise sollte die Militärspezifikation angewendet werden. Falls Steckanschlüsse erforderlich sind, die mechanisch nicht gesichert werden können, sollten sie durch Abdeckbleche oder eine andere Methode geschützt werden.
- Alle Kabel und Leitungen sollten mit Zugentlastung versehen sein und allen geltenden Vorschriften für mobile Plattformen entsprechen.
- Das System darf keine Hochfrequenzsignale erzeugen, die in irgendeiner Weise Navigations- oder Kommunikationssysteme stören können.
- Ein fliegendes System muss ausreichend gut vor hochfrequenten Störsignalen geschützt sein, um in einem Abstand von 150 m an leistungsstarken Rundfunk-/Fernsehsendern vorbeifliegen zu können, ohne dass Rauschen in den Spektraldaten auftritt.
- Betriebstemperatur: 0 bis 45 °C (IEC 60068-2-1, 2, 14/MIL-STD-810E, Methode 501.3, 502.3).
- Lagerungstemperatur: –20 bis 70 °C.
- Luftfeuchtigkeit: 5 % bis 95 % relative Feuchte ohne Kondensation (IEC 60068-2-13/MIL-STD-810E, Methode 507.3).
- Stoßfestigkeit (im Betrieb): 15 g, 11 ms; Sinushalbwellenstoß; (bei Lagerung): 50 g, 11 ms, Sinushalbwelle, IEC 60068-2-27/MIL-STD-810E, Methode 516.4.
- Erschütterungsfestigkeit (im Betrieb): 10 Hz bis 55 Hz, 0,075 mm, 55 Hz bis 500 Hz, 1,0 g Vibration; (bei Lagerung): 10 Hz bis 55 Hz, 0,15 mm, 55 Hz bis 500 Hz, 2,0 g, IEC 60068-2-6/MIL-STD-810E, Methode 514.4.
- Extern montierte Detektoren müssen ausreichend wasserdicht sein, um bei normalen Fahrzeuggeschwindigkeiten (bis 185 km/h in einem Hubschrauber) in einem Regenschauer betrieben werden zu können.

4.4 Bedienerhandbuch

Für den Betreiber muss ein Bedienerhandbuch vorhanden sein. Das Bedienerhandbuch muss die notwendigen Informationen enthalten, um Anwendung, Überprüfung, Bedienung, Wartung und Pflege des Gerätes korrekt durchführen und seine Funktionen voll verstehen zu können.

5 Datenverarbeitung

Es müssen je nach der Anwendung geeignete Datenverarbeitungstechniken verwendet werden. Die typische Datenverarbeitung, die generell im Verantwortungsbereich des Anwenders statt des Gerätelieferanten liegt, kann folgendermaßen zusammengefasst werden:

5.1 Grundlegende Datenverarbeitung

5.1.1 Untergrundsubtraktion

Die kombinierten Untergrundsignale des Detektors und der mobilen Plattform sollten von jedem gemessenen Spektrum, jeder interessierenden Region und jedem Bruttomesswert subtrahiert werden.

5.1.2 Bodenfläche/Detektor-Normierung

Wenn der Detektor über die Bodenoberfläche bewegt wird, ändern sich die geometrischen Verhältnisse zwischen Strahlenquelle und Detektor, und die Länge des Streusignalwegs nimmt zu. Diese relativen Veränderungen sollten über relativ gleichförmigen Gebieten bzw. dort, wo detaillierte Bodenreferenzdaten vorliegen, berücksichtigt werden (siehe Anhang B), um die Zählraten bei vollem Energiespitzenwert auf die standardmäßige Referenz-/Kalibrierhöhe zu normieren.

5.1.3 Reduzierung der statistischen Unsicherheit und der spektralen Störeinflüsse

Bei Detektoren mittlerer Auflösung (NaI(Tl) und BGO) beinhalten die Scheitelwerte der vollen Energie Streuteile (Compton-Effekt) von Radionukliden, die Gammastrahlung mit höherer Energie emittieren. Störeinflüsse von anderen primären Photonen mit ähnlichen Photonenenergien treten ebenfalls auf wie z. B. die 609 keV Energiespitze von ^{214}Bi , die störend auf die 662 keV Energiespitze von ^{137}Cs einwirkt. Die Standardmethode zur Ermittlung der Nettozählraten unter jeder Energiespitze in dem interessierenden Bereich benutzt ein Verfahren der Entfaltung oder des Spectral Stripping (Anhang A). Die Verwendung eines Satzes von Beton-Kalibrierplatten zur Simulierung der Streuung der Strahlung von natürlichen Radionukliden durch Felsen oder Bodenverwerfungen ist übliche Praxis. Der Nettozählwert kann mit Hilfe der Gauß'schen Eliminierung, Matrixinversion oder des einfachen Fensterstripping ermittelt werden (siehe Anhang A). Diese Prinzipien können erweitert werden, um auch künstliche Radionuklide (z. B. ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{60}Co und ^{131}I) zu erfassen.

Das Verfahren des Spectral Stripping hat Grenzen. Es wurden alternative statistische Methoden entwickelt, die der Verringerung des statistischen Rauschens dienen. Dazu gehören „Noise Adjusted Single Value Decomposition“ (rauschkorrigierte Einzelwertdekomposition) und „Spectral Profiling“ (Spektralprofilerstellung).

5.1.4 Kalibrierung für die Photonenerfassung

Die Kalibrierungsmaßnahmen können theoretisch aus der analytischen Lösung von Photonentransportgleichungen mit Bezugnahme auf Beton-Kalibrierblöcke und Punktquellen oder durch direkten Vergleich mit einem Referenzboden abgeleitet werden. Gleichgültig, ob sie Kalibrier- oder Validierungszwecken dienen, Vergleiche und empirische Kalibrierungen von statistischen und systematischen Unsicherheiten können dort beeinträchtigt werden, wo innerhalb des Messfeldes von fliegenden Systemen Schwankungen in der lateralen Aktivitätsverteilung vermutet werden, die durch heterogene Umgebungsbedingungen gegeben sind. Unter diesen Umständen, die bei den meisten Umgebungsbedingungen bestehen, sind strukturierte Probenahmepläne zu bevorzugen. In Anhang B ist ein Beispiel für mobile Plattformen für verschiedene Höhenbereiche über der Bodenoberfläche dargestellt.

5.1.5 Neutronendetektoren

Neutronendetektoren müssen vor jedem Einsatz auf ihre Leistungsfähigkeit unter statischen Untergrundbedingungen überprüft werden. Die gemessene und die vorhergesagte Standardabweichung müssen statistisch vergleichbar sein.