Handbuch

Nuc Scout

Portabler Gamma Strahlungsmonitor mit Nuklid-Identifikation

Version April 2023

<u>Referenzierte Dokumente</u> Software-Handbuch dVISION Software-Handbuch dCONFIG

SARAD GmbH Wiesbadener Straße 10 01159 Dresden DEUTSCHLAND www.sarad.de info@sarad.de



Inhalt	
Einleitung Anwendungsgebiete	4
1. Bedienung Nuc Scout	5
1. 1. Einschalten des Gerätes und Power-Management	5
1. 2. Wichtige Hinweise zur Wartung des Akkus	5
1. 3. Bedienung des Gerätes per Touchscreen	6
1. 4. Die Schnittstellen des Gerätes (USB, NetMonitors (ZigBee))	6
1. 5. Datenspeicherung auf SD Card und Datenübertragung zum PC	6
1. 6. Menüführung	7
Hauptseite	7
Modulinfos und Setup	7
Komponenten-Konfiguration	8
Auswahl des Messzyklus	8
Anzeige der aktuellen Messwerte	8
Anzeige der Messergebnisse	8
Alarmbehandlung	9
1. 7. Der integrierte GPS Empfänger	9
1. 8. Gerätesoftware	9
2. Mapping	10
3. Nal Gamma Sonde	11
3. 1. Allgemeine Hinweise zum Betrieb der Sonde	11
3. 2. Temperaturverhalten der Gamma-Sonde	11
4. Berechnung der Messgrößen und Nuklid Identifikation	12
4. 1. Trapezmethode	12
4. 2. PSV Methode	12
4. 3. Berechnung der nuklidspezifischen Aktivität	13
4. 4. Berechnung der Dosisleistung	14
5. Tools für Gamma Detektoren	15
6. 1. Retrospektive Datenanalyse	16
6. Definition der Nuklid-Liste	17
7. Detektor-Kalibrierung	18
7. 1. Energie- und Peakbreiten-Kalibrierung	18
7. 2. Effizienz Kalibrierung	21
8. Nuc Scout Hardware und Virtuelle Spektrometer	23
9. Zählratenanzeige	24
10. Anwenderspezifische Einstellungen	25
10. 1. Ändern der Alarmeinstellungen für die Dosisrate und die Nuklid-Aktivität	25
10. 2. Ändern der Alarmeinstellungen für die Zählrate	25
10. 3. Unterdrückung von optischem und akustischem Alarm	25

10. 4. Aktivierung der Drahtlosschnittstelle während des Standby Modus	26
11. Anhang	26
12. Technische Daten	27

Einleitung Anwendungsgebiete

Mit dem Nuc Scout können die Ortsdosisleistung und die Aktivitäten von bis zu 28 durch den Anwender definierbaren Einzelnukliden über lange Zeiträume gemessen werden. Die Messung erfolgt zyklisch in einem einstellbaren Zeitintervall, für welches jeweils ein Spektrum auf der internen Speicherkarte abgelegt wird.

Das Gerät verfügt über einen integrierten GPS-Empfänger, der die örtliche Zuordnung der Messdaten ermöglicht. Einzelmessungen sind natürlich genauso möglich. Es ist vom Anwender sehr einfach kalibrierbar, so dass die Detektor-Effizienz für jede beliebige Messgeometrie bestimmt und angewendet werden kann. Es steht eine interne drahtlose Netzwerkschnittstelle zur Verfügung, die aktuelle Messdaten über mehrere hundert Meter hinweg zu einer Basis-Station senden kann.

Typische Anwendungsbereiche sind:

- das Aufspüren radioaktiver Quellen von Entsorgungsbetrieben oder Sicherheitskräften
- die Bewertung von großflächigen Kontaminationen auf der Basis von Geo-Informations-Systemen (GIS)
- Überwachungsmessungen von Lebensmitteln und Baumaterialien
- die Nuklearmedizin.

1. Bedienung Nuc Scout

1. 1. Einschalten des Gerätes und Power-Management

Nach Beenden einer Messung wechselt das Gerät automatisch in den Standby Zustand. Für den Transport oder bei längerer Nichtbenutzung kann es auch vollständig abgeschaltet werden (Auslieferungszustand) indem die Taste (4) länger gedrückt wird. Um den Nuc Scout wieder einzuschalten, muss die Taste erneut gedrückt werden.





- 1) Batterieladeanzeige
- 2) USB Schnittstelle
- 3) Ladebuchse für Steckernetzteil
- 4) Taste für Displayaktivierung und EIN/AUS
- 5) Alarmanzeige
- 6) Antenne für drahtlose Kommunikation (ZigBee) (optional)
- 7) Anschlussbuchse für Detektoren

Das Gerät wird über einen internen NiMH Akku mit Spannung versorgt. Das Laden des Akkus erfolgt mit dem mitgelieferten Stecker-Netzteil, das an die Ladebuchse (3) an der Geräterückseite angeschlossen wird. Während der Ladung leuchtet die LED (1), bei Erreichen des vollständigen Ladezustandes erlischt sie. Um eine Tiefentladung des Akkus zu verhindern, wird das Gerät automatisch vom Akku getrennt, sobald dessen Spannung unter 10,5V sinkt. Es ist zu beachten, dass die Abschaltung über das Menü und der Tiefentladeschutz unabhängig voneinander arbeiten und das Gerät nur betriebsbereit ist, wenn die Akkuspannung mindestens 11,5V beträgt. Der Ladevorgang erfolgt sobald das Netzteil angeschlossen wird und dauert bei vollständiger Entladung ca. eine Stunde.

1. 2. Wichtige Hinweise zur Wartung des Akkus

Im Gerät werden qualitativ hochwertige NiMH Akku Packs führender Hersteller verwendet. Die NiMH Technologie garantiert eine hohe Leistungsdichte, eine lange Lebensdauer und eine hohe Transportsicherheit. Zur Maximierung der Leistungsfähigkeit sind einige Hinweise zu beachten

Lagern Sie das Gerät auch über kürzere Zeiträume nie im entladenen Zustand. NiMH Akkus unterlegen einer gewissen Selbstentladung, die diesen auch ohne Verbraucher entlädt. Bei geringer Restkapazität kann das zu einer schädlichen Tiefentladung führen. Günstig ist ein Aufladen auf ca. 50..75% der Kapazität vor längerer Lagerung. Nach spätestens sechs Monaten muss der Akku erneut geladen werden.

Schalten Sie das Gerät nach der Verwendung komplett aus. Dazu wird die Taste (4) länger gedrückt. Das Gerät verbraucht im Standby ebenfalls Strom, so dass der Akku auch bei Nichtbenutzung entladen wird. Der integrierte Tiefentladeschutz trennt den Akku, verhindert aber nicht dessen Selbstentladung (siehe letzter Abschnitt).

Laden Sie die Akkus im Temperaturbereich von 10°C bis 30°C. Bei höheren oder niedrigeren Temperaturen erreicht der Akku nicht seine volle Kapazität. Zum Schutz des Akkus unterbricht der interne Laderegler bei Temperaturen über ca. 43°C den Ladevorgang.

Laden Sie den Akku auch wenn er noch nicht vollständig entladen ist. Der alterungsbedingte Kapazitätsverlust des Akkus kann minimiert werden, wenn eine Teilentladung und Teilladung zwischen 20% und 80% der Kapazität erfolgt.

Entfernen Sie das Netzteil nach dem Ladeprozess. Der integrierte Laderegler überwacht die Akkuspannung permanent und sorgt für eine Erhaltungsladung. Allerdings wird durch diesen Zyklus der Alterungsprozess des Akkus beschleunigt.

1. 3. Bedienung des Gerätes per Touchscreen

Die Bedienung am Gerät erfolgt mittels Touchscreen. Display und Hintergrundbeleuchtung benötigen vergleichsweise viel Strom, so dass eine automatische Abschaltung auch bei laufender Messung erfolgt wenn keine Eingaben vorgenommen werden. Die Zeitspanne vom letzten "Touch" bis zum Abschalten kann über die Geräte-Setup auf maximal 255 Sekunden eingestellt werden.

Das Display wird zugeschaltet, sobald der schwarze Druckschalter (4) unterhalb des Displays betätigt wird. Es wird danach stets die letzte angezeigte Displayseite aktiviert. Alle weiteren Bedienfunktionen erfolgen über die am Display angezeigten dynamischen Touch-Buttons.

1. 4. Die Schnittstellen des Gerätes (USB, NetMonitors (ZigBee))

Das Gerät ist mit einem USB Anschluss (2) ausgerüstet, könnte auch optional mit Funkschnittstelle (NetMonitors (ZigBee)) ausgerüstet werden. Zum Betrieb der Funkschnittstelle sollte ein interner ZigBee-Modul im Gerät zusätzlich eingebaut werden sowie ist auf PC Seite in NetMonitors (ZigBee) Netzwerk-Koordinator (Anschluss über USB) erforderlich. Es ist zu beachten, dass die Funkschnittstelle vom Gerät getrennt wird sobald eine Verbindung über ein USB Kabel hergestellt wird. Beide Schnittstellen können also nur alternativ verwendet werden. Die Funkschnittstelle ist nur bei laufender Messung aktiv (optional auch für permanenten Kontakt konfigurierbar).

1. 5. Datenspeicherung auf SD Card und Datenübertragung zum PC

Die Speicherung der Messdaten erfolgt auf einer 2GB SD Card. Auf der Karte können ca. 780000 Datensätze gespeichert werden. Das Lesen der Daten kann deshalb viel Zeit in Anspruch nehmen. Aus Kompatibilitätsgründen ist die Übertragungsrate während einer laufenden Messung begrenzt. Die Kommunikation kann aber über alle verfügbaren Kanäle (einschließlich Modem) erfolgen. Im gestoppten Zustand kann die Übertragungsrate auf das etwa Siebenfache erhöht werden. Dazu wird mit dem Touch-Button "CARD READER" dieser Modus am Gerät gewählt und in der Betriebssoftware dVISION das entsprechende Häkchen unterhalb der Schaltflächen "Verbinden/Trennen" gesetzt. Die Übertragung ist dann nur über ein USB Kabel möglich. Die Software bietet außerdem die Möglichkeit, Daten selektiv für definierbare Zeiträume zu übertragen, so dass ältere Messdaten trotzdem im Gerät verbleiben können, ohne diese erneut übertragen zu müssen.

1.6. Menüführung

Um den Stromverbrauch zu minimieren, wird das Display nach einer vom Anwender definierbaren Zeitspanne abgeschaltet. Es schaltet sich automatisch wieder ein, sollte ein Alarm vorliegen. Andernfalls muss das Display mittels Taste (4) unterhalb des Displays aktiviert werden. Es erscheint dann die zuletzt gewählte Anzeigeseite.

<u>Hauptseite</u>

Im "Standby" Modus werden der Gerätename, der Name der eingestellten Gerätekonfiguration (mit Datum der letzten Änderung) sowie der gewählte Messzyklus angezeigt. Mit der Taste **ZYKLUS** kann ein Menü zur Auswahl eines vorher definierten Messzyklus geöffnet werden. Der Start der Messung erfolgt durch Berühren der Taste **START**. Um eine Messung starten zu können, müssen eine Speicherkarte eingesteckt und ein gültiger Zyklus ausgewählt worden sein. Bei laufender Messung werden die aktuellen Zykluseinstellungen und der Systemstatus angezeigt:

- Uhrzeit (schwarz hinterlegt, wenn Uhr nicht korrekt gestellt wurde)
- Name des gerade laufenden Messzyklus
- laufende Messzeit des aktuellen Intervalls
- Gesamtmesszeit seit Start der Messung
- Nummer des abgearbeiteten Schrittes und Anzahl der Schritte innerhalb des Zyklus
- Größe des freien Datenspeichers (Anzahl der noch speicherbaren Datensätze)

Vom Hauptmenu aus können weiterhin die Untermenüs zur Anzeige der Modul- und Komponentenkonfiguration, der auf der Speicherkarte gespeicherten Daten sowie bei laufender Messung die aktuellen Abtastwerte der Signaleingänge angezeigt werden. Um eine laufende Messung zu beenden, ist die Schaltfläche **STOP** zu berühren.

Modulinfos und Setup

Die von der Hauptseite über den Button **INFO** aufrufbaren Seiten geben einen Überblick über die Modulversion sowie Einstellungen der Setup-Parameter des Moduls:

- Software-Version
- Serien-Nummer
- Fertigungsdatum
- Datum des letzten Firmware-Updates

Mit Hilfe der Taste UMSCH. Gelangt man zur Anzeige der

- eingestellten Startzeit bei aktiviertem Synchronstart
- Betriebsart und Zeiteinstellungen der Zeitschaltuhr

Die Rückkehr zur Hauptseite erfolgt über die Taste **ZURUECK**. Die Taste **KONFIG.** Ermöglicht den Wechsel zu den Anzeigeseiten für die eingestellten Komponentenparameter.

Komponenten-Konfiguration

Die aktuellen Einstellungen der Konfigurationsparameter jeder Komponente können zur Kontrolle angezeigt werden. Es können jedoch keine Änderungen vorgenommen werden. Mit den Buttons **NAECHSTE** und **LETZTE** können die einzelnen Komponenten ausgewählt werden. Ist eine Seite zur Anzeige aller Parameter nicht ausreichend, so können mit **UMSCH.** weitere Seiten aufgerufen werden. Die Rückkehr zur Hauptseite erfolgt über die Taste **ZURUECK**.

Auswahl des Messzyklus

Diese Seite ermöglicht die Auswahl der zuvor zum Gerät übertragenen Messzyklen. Es erscheint eine Liste mit den Namen aller verfügbaren Zyklen. Sind mehr als fünf verschiedene Zyklen gespeichert, so kann mit dem Button **MEHR** die Liste gescrollt werden. Der gewünschte Zyklus wird durch Berühren des Listeneintrags gewählt. In diesem Fall wird automatisch zur Hauptseite zurückgekehrt. Soll kein neuer Zyklus gewählt werden, so ist die Taste **ZURUECK** zu betätigen.

Anzeige der aktuellen Messwerte

Diese Anzeigeseite ist nur zugänglich, wenn eine Messung läuft. Man gelangt durch Berühren des Buttons **AKTUELL** zu dieser Seite. Die Anzeige wird jede Sekunde aktualisiert, so dass stets der aktuelle Messwert angezeigt wird. Diese Funktion entspricht der eines direkt anzeigenden Messgerätes. Mit den Buttons **NAECHSTE** und **LETZE** kann zwischen Zählrate, Batteriespannung und den Gesamt-Zählimpulsen im laufenden Intervall umgeschaltet werden.

Anzeige der Messergebnisse

Am Ende jedes Messintervalls werden die Messdaten auf die SD-Karte gespeichert. Zur Anzeige dieser Daten steht eine Displayseite zur Verfügung, die über den Button **INTERVALL** aus dem Hauptmenü aufrufbar ist. Es erscheint zuerst eine Liste mit den berechneten Aktivitäten der Einzelnuklide sowie der Dosisleistung. Mit den Tasten **NAECHSTE** oder **LETZE** kann zwischen dieser Anzeige, der mittleren Zählrate, und der Batteriespannungsanzeige umgeschaltet werden. Sobald am Ende eines Messintervalls neue Messdaten vorliegen, wird die Anzeige aktualisiert.

Mit der Taste **UMSCH.** können jetzt nacheinander die einzelnen Messwerte mit ihren jeweiligen Fehlergrenzen angezeigt werden. Nach Anzeige des letzten Resultates erscheint das akquirierte Spektrum auf dem Display. Mit den Tasten **NAECHSTE** oder **LETZE** wird in dieser Ansicht der angezeigte Spektren-Bereich ausgewählt. Für ein Spektrum mit 512 Kanälen sind drei Seiten erforderlich. Die Anzeige wird automatisch auf das jeweilige Kanal-Maximum skaliert. Die Anzeigebereiche überlappen sich, so dass jeder Peak vollständig sichtbar wird. Die in der Nuklid-Liste definierten Peaks werden durch vertikale Linien mit Namens- und Energieangabe dargestellt.

Außer bei der Anzeige des Spektrums erscheint eine Navigationsleiste zur Auswahl der gespeicherten Daten-Records. Mit der mittleren Schaltfläche kann der chronologisch letzte Datensatz abgerufen werden. Die anderen Buttons blättern um jeweils einen bzw. zehn Datensätze nach vorn bzw. zurück.

In der Kopfzeile der Anzeige erscheinen der Name der Komponente, die Zeit, zu welcher der Datensatz gespeichert wurde sowie die geographische Position wenn ein GPS Signal empfangen wurde. Die Rückkehr zur Hauptseite erfolgt über die Taste **ZURUECK**.

Alarmbehandlung

Im Falle eines Alarms erscheint auf dem Display eine Liste der Komponenten, die den Alarm ausgelöst haben. Wenn das Display während der Messung abgeschaltet war, so schaltet sich dieses automatisch ein. Gleichzeitig wird ein akustisches und visuelles Alarmsignal eingeschaltet. Der Alarm muss mit dem Touch-Button **BESTAETIGEN** bestätigt werden. Die Alarmprüfung erfolgt am Ende jedes Messintervalls. Wenn bei der kontinuierlichen Messung eine Alarmbedingung für das letzte Messintervall nicht mehr besteht, so wird der Alarm automatisch zurückgesetzt. Die Alarmeinstellungen können vom Anwender mit Hilfe der Konfigurations-Software geändert werden. Die notwendigen Schritte sind im Abschnitt "Anwenderspezifische Einstellungen" beschrieben.

1.7. Der integrierte GPS Empfänger

Wenn das Gerät mit einem GPS Empfänger ausgerüstet ist, werden die Koordinaten (Längengrad, Breitengrad), die Meereshöhe und die der Positionsbestimmung zugrunde liegende Abweichung für jeden Datensatz gespeichert. Diese Informationen werden sowohl am Gerätedisplay (Menü für Intervalldaten) als auch in der Darstellungssoftware (dVISION) angezeigt. In den exportierten Textfiles erscheinen nur Längen- und Breitengrad direkt neben der Zeitangabe. Es ist möglich, die Daten im GIS kompatiblen KML Format zu exportieren, so dass eine direkte Anzeige z.B. in Google Earth (™) erfolgen kann.

Wird das Gerät innerhalb eines Messintervalls bewegt, so wird der zeitgewichtete geographische Mittelpunkt gespeichert. Alle 5 Sekunden wird die aktuelle Position ermittelt und daraus die Mittelwerte für Längen- und Breitengrad sowie die Meereshöhe für das gesamte Messintervall berechnet.

Die angegebene Abweichung ist ein Indikator für die der Positionsbestimmung zugrunde liegende Navigationsgenauigkeit (Satelliten-Signal). Die tatsächliche Abweichung kann größer sein.

Koordinaten werden am Gerät in Dezimalgrad (max. 6 Nachkommastellen) jeweils mit Angabe der Himmelsrichtung angezeigt. In dVISION werden anstelle der Himmelsrichtungen positive und negative Dezimalgradangaben verwendet:

•	0 90° nördliche Breite	=	0 +90
•	0 90° südliche Breite	=	090
•	0 180° östliche Länge	=	0 +180

• 0 ... 180° westliche Länge = 0 ... -180

Ist kein GPS-Empfänger implementiert oder die Empfangsqualität zu schlecht, erscheint am Display anstelle der Koordinaten die Ausschrift "GPS nicht verfügbar"

Nach dem Starten einer Messung benötigt das Modul einige Minuten bis alle für die Navigation verfügbaren Satelliten erfasst worden sind.

1.8. Gerätesoftware

Der Nuc Scout basiert auf der SARAD DACM Geräteplattform. Damit stehen alle systemspezifischen Funktionen hinsichtlich Konfigurierbarkeit, Datenmanagement und Gerätesteuerung zur Verfügung. Die Betriebssoftware dVISION und die Konfigurationssoftware dCONFIG sind Bestandteil des Lieferumfanges. Für beide Programme sind separate Handbücher verfügbar, auf die in diesem Text Bezug genommen wird.

2. Mapping

Aufgrund der Zeit-äquidistanten Datenakquise, der verfügbaren geographischen Position und dem in dVISION integrierten Kartenfunktion Google-Maps[™], eignet sich das Gerät hervorragend Mapping Applikationen. Bei diesen werden die Messdaten (z.B. Dosisleistung oder auch Einzelnuklid-Aktivitäten) in einer Karte oder im Satellitenbild dargestellt. Die Variation der Messergebnisse wird farbig dargestellt, so dass Hot-Spots sofort erkennbar sind. Außerdem können die Daten in das KML Format exportiert werden. Die Vorgehensweise ist im Handbuch von dVISION beschrieben. Das KML Format wird von den meisten professionellen GIS Softwareprodukten unterstützt, so dass auch weiterführende Analysen und Darstellungen auf Basis der aufgezeichneten Daten möglich sind.

Bei der Akquise der Daten muss auf eine dem Messintervall und der zu erwartenden Zählstatistik angepasste Bewegungsgeschwindigkeit geachtet werden. Für reines Dosisleistungs-Mapping sind Intervalle von 10 bis 30 Sekunden hinreichend. Bei einer Schrittgeschwindigkeit von 1m/s ergibt sich dann eine Auflösung von 10 bis 30 Meter pro Messpunkt. Sowohl Messdaten als auch Koordinaten werden während der Bewegung interpoliert. Für die Einzelnuklidanalyse empfehlen sich je nach Aktivität längere Messintervalle und ein entsprechend langes Verweilen an den Messorten. Die Abbildung unten zeigt ein typisches Beispiel für das Dosisleistungs-Mapping auf einer Testfläche mit drei Test-Pads. Die gesamte Fläche von ca. 70 x 70 Metern wurde im Schritttempo ohne vorgegebenes Gitter willkürlich mit einer Zeitauflösung von 30 Sekunden mehrfach durchquert.



Abb. Darstellung der Messdaten in Google Earth[™]

Das folgende Beispiel zeigt eine Messfahrt über verschiedene Fahrbahnbeläge. Die Bereiche mit erhöhter Aktivität sind rot gekennzeichnet.



Abb. Darstellung der Messdaten in dVISION

3. Nal Gamma Sonde

3. 1. Allgemeine Hinweise zum Betrieb der Sonde

Die Gamma-Sonde enthält einen 2" x 2" Nal(Tl) Detektor, einen Photo-Multiplier, die Hochspannungsversorgung sowie die zur Signalaufbereitung notwendige Elektronik. Die Sonde ist gegen magnetische Felder geschirmt und verfügt über eine interne Temperaturkompensation. Der Anschluss an die Elektronikeinheit erfolgt über ein Kabel mit fünfpoligem Steckverbinder. Das Impulssignal der Sonde wird vom internen Spektroskopie-Modul verarbeitet.

Photo-Multiplier sind Vakuumröhren mit einer Vielzahl von Elektroden ausgestattet und daher empfindlich gegen mechanische Erschütterungen. Auch der Szintillationskristall aus Natrium-Jodid darf keinen starken mechanischen Belastungen ausgesetzt werden. Die Sonde sollte nicht direkter, starker Sonneneinstrahlung ausgesetzt werden.

3.2. Temperaturverhalten der Gamma-Sonde

Sowohl Nal-Kristalle als auch Photo-Multiplier zeigen eine ausgeprägte Temperaturabhängigkeit ihrer Effizienz bzw. Verstärkung. Deshalb muss die Verstärkung des Detektorsignals entsprechend der Umgebungstemperatur angepasst werden. Dies geschieht beim Nuc Scout rein elektronisch, so dass die permanente oder zyklische Verwendung von Testquellen nicht notwendig ist. Die elektronische Temperaturkompensation stabilisiert das Detektorsignal im Bereich von 0°C bis 50°C auf eine maximale Abweichung von ±2%. Innerhalb dieses Variationsbereiches wird ein Peak von der PSV Nuklid-Identifizierung (siehe Abschnitt "Berechnung der Messgrößen und Nuklid-Identifikation") sicher erkannt. Soll das Gerät außerhalb dieses Bereiches verwendet werden, so ist eine Kalibrierung unter den zu erwartenden Einsatzbedingungen vorzunehmen.

4. Berechnung der Messgrößen und Nuklid Identifikation

Aus dem gemessenen Spektrum werden die Ortsdosisleistung sowie die Aktivitäten von sieben durch den Anwender frei definierbaren Einzelnukliden (Nuklid-Liste) ermittelt. Für die Einzelnuklidanalyse stehen zwei verschiedene Verfahren zur Verfügung (Trapez bzw. Peak Shape Verification - PSV), die ebenfalls vom Anwender ausgewählt werden können. Werkseitig wird die PSV-Analyse voreingestellt.

4.1. Trapezmethode

Bei der Trapezmethode wird der zu subtrahierende Untergrund durch eine lineare Interpolation des



angenommenen Untergrundes links (BL) und rechts (BR) der Emissionslinie ermittelt. Für eine minimale Nachweisgrenze werden dafür Bereiche definiert, deren Breite der Hälfte der Peak-Breite entspricht. Die geschätzte Impulszahl im Untergrund (BGR) ist dann identisch mit der Summe der Impulszahlen von BL und BR. Damit resultiert die Netto-Impulszahl im Foto-Peak (PhP) aus der Differenz der Gesamtimpulse (A) im Peak-bereich und dem geschätzten Untergrund:

$$PhP = A - (BL + BR)$$

Die Trapezmethode liefert nur dann verlässliche Ergebnisse, wenn der Untergrund innerhalb des Peak-Bereichs und der Untergrundbereiche als linear angenommen werden kann.

4.2. PSV Methode

Eine Foto-Linie (Peak) erscheint innerhalb eines Szintillations-Spektrums als eine dem Untergrund



überlagerte Gauß-Kurve. Diese ist durch ihre charakteristischen Parameter μ und σ eindeutig definiert. Der Parameter μ entspricht dabei der Lage des Peaks (Peak-Position) innerhalb des Spektrums, während σ die Breite des Peaks bestimmt. Die Peak-Breite ist eine Funktion der Emissionsenergie und charakteristisch für jeden Detektor. Die PSV-Analyse basiert auf dem Vergleich der aus einer Detektor-Kalibrierung zu erwartenden Peak-Form (μ , σ) mit der aus einer Messung ermittelten tatsächlichen Form.

Dazu wird das Spektrum zunächst mit einem geeigneten Filter zur Unterdrückung der

statistischen Schwankungen innerhalb der Zählkanäle geglättet. Im Bereich jedes in der Peak-Liste definierten Peaks wird nun nach einem Maximum (μ) gesucht. Ist dieses vorhanden, werden die zugehörigen Wendepunkte (σ) ermittelt. Bei Übereinstimmung der Parameter mit den Vorgaben aus der Detektor-Kalibrierung kann nun die Fläche des Peaks (Netto-Impulse) mit Hilfe der Formparameter unabhängig vom Untergrund bestimmt werden.

Durch die PSV Analyse wird sichergestellt, dass nur "echte" Foto-Linien verifiziert werden. Außerdem wird nur der tatsächliche Spektren-Bereich des Peaks (ca. doppelte Halbwertbreite) benötigt, so dass direkt nebeneinander liegende Peaks sauber getrennt und berechnet werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass kleine Spektren-Verschiebungen (z.B. durch Temperaturschwankungen) kompensiert werden.

Die nachfolgende Tabelle zeigt noch einmal die Vor- und Nachteile beider Analysemethoden und ihre vorzugsweise Verwendung auf.

	Vorteile	Nachteile	Verwendung
Trapezoid	Niedrigste Nachweisgrenze Höchste Genauigkeit	Erfordert einen linearen Untergrund im und links und rechts des Peak- Bereiches Berechnet Werte für jeden konvexen Spektren-Verlauf Empfindlich gegen geringe Spektren- Verschiebungen	Laborarbeiten mit bekannten Proben Effizienz Kalibrierung mit spezifischen Kalibrierquellen
Peak Shape Verification (PSV)	Erlaubt geringe Spektren- Verschiebungen Verifiziert nur "echte" Foto-Peaks Berechnet auch direkt nebeneinander liegende Peaks korrekt	Höhere Nachweisgrenze Größerer statistischer Fehler	Alle Arten von Feldmessungen und "in situ" Analysen

4. 3. Berechnung der nuklidspezifischen Aktivität

Um die Aktivität eines Nuklides innerhalb einer Probe bestimmen zu können, sind neben der Netto-Impulszahl (N) im Foto-Peak die Messzeit (T), die Übergangswahrscheinlichkeit der gewählten Emissionslinie (P) und die Zählausbeute (Effizienz) des Detektors (η) erforderlich. Die Übergangswahrscheinlichkeit ist Bestandteil der Peak-Information eines Eintrages in der Peak-Liste. Die Effizienz muss durch eine vorherige Kalibrierung ermittelt werden. Diese beinhaltet sowohl die energieabhängige Ansprechkurve des Detektors als auch Geometrie- und Absorptionseffekte in der Probe bzw. zwischen Detektor und Probe. Die Aktivität eines Nuklides wird wie folgt berechnet :

$$A = \frac{N}{T*P*\eta}$$

4. 4. Berechnung der Dosisleistung

Für die Bestimmung der Ortsdosisleistung ist zunächst der energieabhängige Photonen-Fluss $\Phi(E)$ im Strahlungsfeld zu bestimmen. Basis dafür bildet das gemessene Energiespektrum des Detektors sowie dessen Effizienz-Kennlinie unter Voraussetzung eines homogenen Strahlenfeldes.

$$\Phi(E) = \frac{R(E)}{\eta(E) * F}$$

R(E) Zählrate des Detektors bei der Photonen-Energie E

η(E) Effizienz des Detektors für die Photonen-Energie E

F Querschnittsfläche des Detektors

Die energiespezifische Dosisleistung kann nun unter Verwendung des energieabhängigen Massenenergie-Absorptions-Koeffizienten von Luft $\mu(E)$ bestimmt werden:

$$\frac{H(E)}{t} = \Phi(E) * E * \mu(E) = \frac{R(E)}{\eta(E) * F} * E * \mu(E)$$

H(E)/t Dosisleistung (Dosis H / Zeit t)

μ(E) Massenenergie-Absorptions-Koeffizient von Luft

Für die Dosisleistung des gesamten Energiebereiches im Spektrum gilt dann

$$\frac{H}{t} = \int_0^{3MeV} \frac{R(E)}{\eta(E) * F} * E * \mu(E) dE$$

Die Integration erfolgt numerisch, d.h. es werden die partiellen Dosisbeiträge aller Zählkanäle aufsummiert. Dieses Verfahren sichert eine korrekte Bestimmung der Dosisleistung, unabhängig vom Nuklidvektor, durch den das Strahlenfeld generiert wird. Damit behält eine Kalibrierung mit einer Cs-137 Referenzquelle auch für natürliche Strahlenfelder ihre Gültigkeit.

5. Tools für Gamma Detektoren

Die im Lieferumfang enthaltene Software dVISION bietet eine Reihe von Werkzeugen, die für die Konfiguration und den Betrieb von Gamma-Detektoren erforderlich sind. Diese sind in einem Fenster

zusammengefasst, das über die Schaltfläche "Tools" 🛛 I in der Spektren-Ansicht von dVISION zu öffnen ist. Folgende Funktionen sind implementiert:

- Detektor-Kalibrierungen
- Editieren der zur Analyse verwendeten Nuklid-Liste
- Auswahl der Berechnungsmethode und der physikalischen Einheit des Ergebnisses
- Auswahl vordefinierter Mess-Geometrien für die quantitative Analyse
- Detaillierte Analyse des aktuell angezeigten Spektrums

Mit Ausnahme der Nuklidliste wird zum Ändern der Parameter ein Passwort benötigt.

Die Kalibrierung des Detektors und die Auswahl der Nuklid-Liste werden in den Abschnitten "Detektor Kalibrierung" bzw. "Definition der Nuklid-Liste" ausführlich beschrieben.



Das Fenster enthält einen Grafikbereich, in dem das Spektrum in der Umgebung der ausgewählten Emissions-Linie angezeigt wird. Darunter befinden zwei sich Listenboxen mit den Informationen zu den in der Nuklid-Liste enthaltenen Emissions-Linien. Ein Klick auf ein Nuklid in der linken Box wählt dieses zur Anzeige im Grafikbereich aus. In der Box daneben erscheinen die Ergebnisse der Analyse. Dies kann entweder eine berechnete Aktivität oder auch ein Hinweis bezüglich einer fehlgeschlagenen Verifizierung sein (z.B. kein Maximum gefunden oder ungültige Form des Peaks).

In der Grafik werden die Spektren-Kanäle als graue Balken dargestellt. Diese werden in der Art zusammengefasst, dass sich eine konstante Peak-Breite unabhängig von der Lage im Spektrum ergibt. Die roten Linien zeigen den Spektren-Bereich nach der Glättung mittels Filter, während die blauen Linien die zweite Ableitung des gefilterten Spektrums darstellen. Ein Nulldurchgang bedeutet hier die Lage eines Wendepunktes. Die grünen vertikalen Linien zeigen die Lage des aus der Detektor-Kalibrierung abgeleiteten Erwartungswertes für die Position des Peaks und seine Breite (Sigma). Im Abschnitt "Berechnung der Messgrößen und Nuklid-Identifikation" ist die Bedeutung dieser Informationen näher beschrieben.

Der rechte Teil des Fensters zeigt die Polynom-Koeffizienten der verwendeten Detektor-Kalibrierung. Darunter befindet sich eine Listenbox, über die vordefinierte Mess-Geometrien ausgewählt werden können. Diese entsprechen einer für diese Geometrie durchgeführten Effizienz-Kalibrierung. Die Kalibrierungen sind in Form von Binärdateien (Erweiterung "*.rcal") im Unterverzeichnis "CAL" abgelegt. Die Listenbox zeigt die Namen aller verfügbaren Dateien in diesem Verzeichnis. Es können beliebig weitere Dateien durch den Nutzer hinzugefügt werden. Dies erfolgt im Rahmen der Effizienz-Kalibrierung.

Im unteren Fensterbereich befinden sich Listenfelder zur Auswahl der zu verwendenden Aktivitätseinheit und der verwendeten Berechnungsmethode. Der Zugriff auf die Kalibrierfunktionen und die Auswahl der Analysemethode sind passwortgeschützt. Dieses ist einzugeben, um die entsprechenden Steuerelemente zu aktivieren.

Alle vorgenommenen Änderungen wirken sich sofort auf die aus dem Spektrum berechneten Aktivitätswerte aus, so dass das Ergebnis der Manipulation sofort geprüft werden kann.

Die Schaltfläche "Transfer" I schreibt alle vorgenommenen Einstellungen (inkl. Nuklid-Liste und Kalibrierungen) in das Gerät. Solange die analysierten Messdaten noch im Gerätespeicher vorliegen, können diese unter Verwendung der neuen Einstellungen erneut vom Gerät geladen werden. Dies ermöglicht z.B. die Analyse einer kompletten Messreihe mit unterschiedlichen Nuklid-Listen. Damit die Änderungen am Gerät wirksam werden, muss eine neue Messung gestartet werden, die aber sofort wieder abgebrochen werden kann.

6. 1. Retrospektive Datenanalyse

Diese Funktion dient dazu, eine geänderte Konfiguration des Gerätes auf bereits vorhandene Messdateien (*.dvb) anzuwenden. Sie wird z.B. verwendet, um

- als Datei verfügbare Zeitreihen mit beliebig editierbaren Nuklid-Listen zu analysieren
- Geänderte Kalibrierparameter auf die Spektren anzuwenden (z.B. Mess-Geometrie)
- aktuelle Algorithmen auf Daten anzuwenden, die mit älteren Firmware-Versionen gemessen wurden

Im ersten Schritt wird die neu anzuwendende Konfiguration mit Hilfe der Gamma-Detektor Tools editiert (Siehe folgende Kapitel). Dazu kann ein beliebiges Spektrum (aus Gerät oder Datei) verwendet

werden, was die Anpassung der gewünschten Parameter erlaubt. Anschließend wird der Button betätigt. Diese Aktion öffnet einen Dialog zur Auswahl der Datei, auf welche die geänderten Parameter angewendet werden sollen. Nach der Auswahl der Datei erscheinen die neu berechneten Messdatenreihen im Diagramm. Die Ergebnisse können genauso wie die Originaldaten exportiert werden. Die Originaldatei (*.dvb) wird unverändert beibehalten.

Achtung: Die Verwendung dieser Funktion ist nur sinnvoll, wenn die verwendete Hardware nicht verändert wurde (gleiches Gerät, gleicher Detektor).

6. Definition der Nuklid-Liste

Durch die Nuklid-Liste (oder auch Peak-Liste) wird festgelegt, welche Emissions-Linien identifiziert und quantifiziert werden sollen. Die Nuklidliste enthält eine Auswahl von maximal sieben Emissionslinien, die später als Messwert angezeigt bzw. abgespeichert werden. Aufgrund der flexiblen Handhabung der Liste, können verschiedene Peak-Listen auf ein akquiriertes Spektrum angewendet werden. Die Auswahl der Emissionslinien erfolgt aus einer Bibliothek, die in Form einer Textdatei ("Gamma-Library.txt") mit der Betriebssoftware dVISION mitgeliefert wird und deren Inhalt vom Anwender editiert werden kann.

45	Edit Peak List 🛛 🗖 🗙	
ĨŅ	🚅 📘 ок	
Pb214 - (295keV) Pb214 - (352keV) Bi214 - (352keV) Bi214 - (768keV) Bi214 - (1764keV) Bi214 - (1120keV) Bi214 - (1764keV) Bi214 - (2204keV) Ac228 - (338keV) Ac228 - (338keV) Ac228 - (369keV) Ac228 - (241keV) Pb212 - (239keV) Tl208 - (511keV) Tl208 - (511keV) Tl208 - (583keV) Tl208 - (562keV) Tl208 - (605keV) Cs134 - (605keV) Cs134 - (796keV) Ll31 - (355keV)	Ra226 - (186keV) Bi214 - (609keV) Bi214 - (1120keV) Bi214 - (1120keV) Bi214 - (1204keV) Cs137 - (662keV) Co60 - (1332keV)	
Co60 - (1173keV) Co60 - (1332keV) Ru103 - (497keV)	•	

Jede Zeile der Datei enthält den Namen des Nuklids, die Emissionsenergie sowie die Übergangswahrscheinlichkeit des Foto-Peaks. Diese Einträge sind jeweils durch Tabstopps getrennt. Der Datei können z.B. mit dem Windows-Editor beliebig Nuklide hinzugefügt werden. Dabei ist zu beachten, dass die Namen der Nuklide max. fünf Zeichen lang sein dürfen, die Emissionsenergie als ganzzahliger Wert in der Einheit "keV" die und Übergangswahrscheinlichkeit in Prozent (hier sind Fließkommazahlen erlaubt) angegeben werden muss.

Eine einfache Möglichkeit die Nuklid-Liste zu editieren, bieten die Tools für Gamma Detektoren. Diese können aus der Spektren-Anzeige von dVISION aufgerufen werden. Ein Klick auf die

Schaltfläche "Edit/Create Peak List" öffnet ein Dialogfenster, das links eine Listenbox für die Nuklid-Bibliothek und rechts eine weitere Listenbox mit den selektierten Emissionslinien enthält. Zunächst

muss mittels Schaltfläche "Library" **IIII** eine Bibliothek geladen werden. Die Schaltflächen zwischen den beiden Listen bewirken folgende Manipulationen:

- [x] löscht alle Einträge aus der Nuklid-Liste
- X löscht den selektierten Eintrag aus der Nuklid-Liste
- >> übernimmt den in der Bibliothek selektierten Eintrag in die Nuklid-Liste

Der Nuklid-Liste können maximal sieben Nuklide zugeordnet werden. Deshalb sind u.U. zuerst die nicht mehr benötigten Foto-Linien zu entfernen, bevor neue hinzugefügt werden können. Mit den

Schaltflächen "Open" und "Save" können erstellte Nuklid-Listen gespeichert und geladen werden. Mit der Schaltfläche "OK" wird die neue Liste übernommen. Der Transfer zum Gerät erfolgt

allerdings erst durch Anklicken der Schaltfläche "Transfer" 🎾 in den Tools für Gamma Detektoren. Voraussetzung dafür ist eine geöffnete Verbindung zum Gerät.

7. Detektor-Kalibrierung

Für die Identifizierung und Quantifizierung von Strahlenquellen sind verschiedene Kalibrierungen erforderlich:

Energie Kalibrierung

Dient der Positionsbestimmung eines Peaks innerhalb des Spektrums (Zuordnung der ADC Kanäle zur Emissionsenergie)

Peak-Breiten Kalibrierung

Legt für die Trapezmethode die Breite des Peak- und der Untergrundbereiche fest. Für die PSV-Analyse liefert sie den erwarteten Vergleichswert zur tatsächlich gemessenen Peakbreite.

Effizienz Kalibrierung

Kompensiert die energieabhängige Ansprechkurve des Detektors sowie die Absorption in der Probe bzw. zwischen Probe und Detektor

Das Gerät wird fertig kalibriert ausgeliefert. Es stehen verschiedene Effizienzkalibrierungen für gängige Standardanwendungen zur Auswahl. Dennoch kann bei speziellen Anwendungen eine erneute Kalibrierung erforderlich werden.

Während die Einstellung des Energiebereichs hardwareseitig mit einem Potentiometer an der Sonde selbst erfolgt, können die notwendigen Kalibrierungen sehr einfach und schnell per Software durchgeführt werden. Voraussetzung dafür sind geeignete Kalibrier Standards.

Die Kalibrierfunktionen sind über die Spektren-Anzeige in der Betriebssoftware dVISION zugänglich. Dort befindet sich in der rechten oberen Ecke des Fensters ein Button zum Öffnen der Tools für die Gamma-Spektroskopie. Auf die verschiedenen Funktionen wird in den einzelnen Abschnitten näher eingegangen.

7. 1. Energie- und Peakbreiten-Kalibrierung

Energie- und Peakbreiten-Kalibrierung erfolgen in einem einzigen Schritt. Zunächst wird mit dem Gerät ein Kalibrier-Spektrum aufgenommen, welches möglichst viele Foto-Linien im gesamten Energiebereich beinhalten sollte. Unsere Empfehlungen ist ein festes Radium- oder Thorium-Präparat. Die Messzeit muss so gewählt werden, dass die statistischen Schwankungen der einzelnen Zählkanäle nicht zu einer Verfälschung der Gauß-Form der Peaks führen. Die Messdaten können nun mit dVISION vom Gerät geladen und das Kalibrierspektrum zur Ansicht gebracht werden. Der Button "CAL" in der oberen rechten Ecke des Fensters öffnet die Tools für Gamma Detektoren. Nach Eingabe des Administrator-Passwortes ist die Schaltfläche "Energy/Peak width calibration" verfügbar. Diese öffnet ein interaktives Fenster, welches bereits das Kalibrier-Spektrum erhält. Folgende Schritte sind durchzuführen:

1. Öffnen einer Nuklidbibliothek. Diese Textdatei muss die zur Kalibrierung verwendeten Foto-Linien enthalten. Die Installation der Software dVISION beinhaltet die Standard-Bibliotheksdatei "Gamma-Library.txt"



2. Markieren der Grenzen des ersten Peaks, der zur Kalibrierung verwendet werden soll. Um die Markierungen zu setzen, ist mit der rechten Maustaste rechts und mit der linken Maustaste links neben den Peak zu klicken. Der Peakbereich wird im Spektrum grau hinterlegt und erscheint separat in der Grafik-Box unter dem Spektrum. Die Grenzen sind so zu setzen, dass der gesamte Peak enthalten ist. Die Grenzkanäle werden zur linearen Untergrund-Subtraktion verwendet. Die blauen Balken zeigen den Netto-Peak nach dieser Subtraktion. Bei ausreichender Statistik und korrekter Bereichswahl sollte der Netto-Peak symmetrisch erscheinen. Das Programm überlagert eine Gauß-Kurve, die den modellierten Peak darstellt, mit den aus dem realen Spektrum ermittelten Parametern Erwartungswert (μ) und Standardabweichung (σ). Diese Parameter und die daraus resultierende Peakbreite (FWHM) werden in den Textfeldern darunter ausgegeben.

Ein Doppelklick auf das Nuklid in der Bibliothek, welches mit dem ausgewählten Peak korrespondiert fügt dessen Peak-Informationen der Liste der Kalibrierpunkte (rechts neben der Nuklidbibliothek) hinzu. Die Grafik-Box rechts unten zeigt die ersten Datenpunkte für Energie und FWHM.



3. Wiederholung der unter Punkt 2 angegebenen Schritte für die nächsten Peaks. Bereits nach dem Einfügen des zweiten Datenpunktes werden die Kalibrierkurven berechnet. Man sollte aber beachten, dass ein Polynom dritter Ordnung als Kalibrierkurve erwartet wird. Deshalb sollten wenigstens vier Datenpunkte genutzt werden. Maximal können neun Datenpunkte verwendet werden. Gleichzeitig erfolgt auch die Peakbreiten-Kalibrierung unter Verwendung der berechneten Sigmas der einzelnen Peaks. Diese wird durch ein Polynom zweiter Ordnung beschrieben.

Um einen Peak wieder aus der Liste zu entfernen, reicht ein Doppelklick in die entsprechende Zeile der Kalibrierpunkt-Tabelle. Das Textfeld darunter enthält die berechneten Koeffizienten des Polynoms für verschiedene gerätespezifische Definitionen der Kalibrierfunktion.

Es ist möglich, die Kalibrierung unter Verwendung verschiedener Spektren (z.B. mit unterschiedlichen Quellen durchzuführen. Dazu müssen das Kalibrier-Fenster und die Tools für Gamma Detektoren zunächst geschlossen werden. Jetzt kann in ein weiteres Spektrum zur Ansicht gebracht und der Tools für Gamma Detektoren sowie das Fenster zur Energie-Kalibrierung erneut geöffnet werden. Die Kalibrierpunkte aus dem vorher verwendeten Spektrums stehen noch zur Verfügung.

Die Grafik-Box rechts unten zeigt nun den qualitativen Verlauf der Kalibrierkurven. Diese sollten monotonen steigen (Energiekalibrierung) bzw. fallen (Peakbreite). Die Abweichung der Kalibrierpunkte vom Kurvenverlauf sollte so gering wie möglich sein. Als Maß für diese Abweichungen fungiert der Korrelationskoeffizient. Dieser ist neben den Polynom-Koeffizienten in der Text-Box angegeben. Korrelationskoeffizienten größer als 0,99 deuten auf eine gute Kalibrierung hin.



Die berechneten Koeffizienten werden mit dem Button "OK" übernommen. Die Kalibrierparameter können nun durch Anklicken der Schaltfläche "Transfer" in das Gerät geschrieben werden (Voraussetzung ist eine geöffnete Verbindung zum Gerät).

7. 2. Effizienz Kalibrierung

Um die Aktivität eines Nuklides korrekt berechnen zu können, ist neben der Kenntnis der Emissionswahrscheinlichkeit des verwendeten Foto-Peaks die energieabhängige Zählausbeute des Detektors einzubeziehen. Diese ist einerseits von der Detektorsensitivität und anderseits auch von der Absorption in der Probe bzw. Abschirmung zwischen Probe und Detektor abhängig. Für annähernd homogene Proben und Emissionslinien über 100keV kann die Effizienz durch eine Funktion der Form

$$(E) = \frac{R(E)}{Z} = A * E^B$$

sehr gut beschrieben werden. Dabei sind:

- η(E) Detektoreffizienz für den Foto-Peak mit der Emissionsenergie E
- R(E) energieabhängige Zählrate des Detektors
- Z Zerfallsrate der entsprechenden Foto-Linie mit der Emissions-Energie E
- E Emissions-Energie
- A, B Formparameter der Approximationsfunktion

Daraus ergibt sich eine einfache und schnelle Möglichkeit zur Effizienz Kalibrierung anhand einer Referenzprobe. Geometrie und Dichte der Referenzprobe sollten in guter Näherung mit denen der zu analysierenden Proben übereinstimmen. Prinzipiell werden nur zwei Emissionslinien benötigt. Aufgrund des Funktionsverlaufes sollte eine Line unterhalb 300 keV, eine weitere oberhalb von 1000 keV liegen. Besonders einfach gestaltet sich die Kalibrierung, wenn alle benötigten Linien in einem Spektrum vorhanden sind. Voraussetzung für die Effizienz-Kalibrierung ist eine bereits erfolgte Energie- und Peakbreiten-Kalibrierung des Gerätes. Zunächst ist eine Messung der Referenzprobe durchzuführen. Die Messzeit ist so zu wählen, dass der zu erwartende statistische Fehler der ermittelten Zählsummen in den zur Kalibrierung verwendeten Foto-Peaks vernachlässigbar ist.

Nach dem Laden der Messdaten können die Tools für Gamma Detektoren aus der Spektren-Anzeige heraus geöffnet werden. Nach Eingabe des Administrator-Passwortes ist die Schaltfläche "Efficiency Calibration" zugänglich. Zur Vereinfachung des Kalibriervorgangs sollte zunächst die Peak-Liste so angepasst werden, dass alle für die Kalibrierung benötigten Emissions-Linien darin enthalten sind (Siehe Abschnitt "Definition der Peak-Liste"). Bei korrekter Energie-Kalibrierung und hinreichender Zählstatistik erscheinen für die gewählten Peaks entsprechende Netto-Zählimpulse (Peak Area) in der Ergebnis-Box des Tool-Fensters. Diese werden gemeinsam mit den Parametern der gewählten Peaks für die Effizienz-Kalibrierung übernommen.

Durch einen Klick auf die Schaltfläche "Efficiency Calibration" wird das Kalibrier-Fenster geöffnet. Zuvor erscheint jedoch eine Aufforderung zur Eingabe der Aktivität der Referenzprobe. Dieser Wert wird zunächst als Vorgabe für alle in die Kalibrierung einbezogenen Peaks verwendet. Können alle Peaks einem Nuklid oder einer Zerfallsreihe im radioaktiven Gleichgewicht zugeordnet werden, so ist später keine weitere Eingabe erforderlich. Auch hier empfehlen sich z.B. Radium- oder Thorium-Proben.

Das Kalibrier-Fenster beinhaltet links einen Grafikbereich zur Anzeige der aktuellen Effizienz-Kalibrierfunktion. Unterhalb des Grafikbereiches werden Energie und Effizienz für die aktuelle Cursor-Position angegeben. Kleine rote Kreuze markieren die aus der vorliegenden Referenzmessung und der Aktivitäts-Vorgabe ermittelten Kalibrier-Punkte.

Die Tabelle im rechten Fensterbereich beinhaltet alle zur Kalibrierung verwendeten Emissions-Linien. Die Felder für Aktivität und Zählrate können editiert werden. Den Nukliden, deren Aktivitäten nicht dem Vorgabewert entsprechen, können nun ihre tatsächlichen Werte zugeordnet werden. Außerdem kann die Peak-Liste erweitert (oder reduziert) werden, um auch Kalibrier-Punkte aus anderen Proben

einzubeziehen. Ein Klick auf den Button "Bibliothek" **UU** öffnet den Auswahldialog. Für diese Emissionslinien müssen natürlich sowohl Zählrate als auch Referenzaktivität eingegeben werden.



Wird nun auf die Schaltfläche "Kalibrierung" geklickt, berechnet das Programm die bestmögliche Näherung der oben beschriebenen Funktion für alle verwendeten Kalibrier-Punkte. Die dargestellte Abweichung der einzelnen Markierungen vom Funktionswert sollte maximal einige Prozent betragen, andernfalls sind die den Linien zugeordneten Referenzaktivitäten zu prüfen und eventuell in der Tabelle rechts neben der Grafik zu ändern. Bleiben größere Abweichungen trotz korrekter Eingaben bestehen, so sind eine oder mehrere Linien zur Kalibrierung ungeeignet, z.B. durch Überlagerung einer anderen Linie oder ungenügende Zählstatistik.

R=091

Weiterhin stehen Schaltflächen zum Speichern und Laden von Effizienz-Kalibrierungen zur Verfügung. Weitere Hinweise zu deren Verwaltung sind im Abschnitt "Tools für Gamma Detektoren" zu finden.

8. Nuc Scout Hardware und Virtuelle Spektrometer

Der Nuc Scout verfügt über ein 512 Kanal Spektrometer. Dessen Hardware kann physisch an die Erfordernisse des verwendeten Detektors angepasst werden. Dazu gehören Parameter wie Impulsschwelle, ADC Auflösung, Kanal-Offset, Abtastzeitpunkt.

Neben den Hardware-Einstellungen kann das Spektrometer hinsichtlich der Messwertberechnung konfiguriert werden. Diese Parameter beeinflussen nicht das Spektrum sondern legen fest wie dieses interpretiert wird. Typische Parameter sind z.B. die Energie/Effizienz-Kalibrierung oder die Nuklidliste.

Virtuelle Spektrometer ermöglichen die Zuordnung mehrerer Arten der Messwertgewinnung zu ein und derselben Spektrometer-Hardware. Im Nuc Scout sind insgesamt vier virtuelle Spektrometer implementiert. Diese werden mit SPEC1_A bis SPEC1_D bezeichnet. Damit eröffnet sich eine Reihe von Möglichkeiten für die Definition von Messzyklen:

- Gleichzeitige Verwendung von vier verschiedenen Nuklid-Bibliotheken mit je sieben Emissionslinien (z.B. natürliche, medizinische, technische und nukleare Quellen)
- Gleichzeitige Verwendung von bis zu vier verschiedenen Geometrie-Kalibrierungen für unterschiedliche Messaufgaben
- Verwendung von Detektoren mit verschiedenen Hardware-Charakteristiken
- Herauszoomen von Spektren-Fenstern mit höherer physikalischer Auflösung

Für jedes der vier virtuellen Spektrometer kann die Konfiguration unter Verwendung der "Tools für Gamma-Detektoren" (Siehe Kapitel 5 bis 7) vorgenommen werden. Die Spektrometer können einzeln oder in beliebiger Kombination innerhalb eines Messzyklus verwendet werden (Siehe Handbuch dVISION). Zwei Einschränkungen ergeben sich durch die gemeinsam verwendete Hardware.

1) Gleichzeitig können nur virtuelle Spektrometer verwendet werden, die mit identischen Hardware-Parametern arbeiten. Werden innerhalb eines Zyklus Spektrometer mit verschiedenen Hardware-Einstellungen verwendet, so entspricht die angewendete Konfiguration der des letzten aktiven Spektrometers (z.B. SPEC1_D wenn SPEC1_B und SPEC1_D verwendet werden).

2) Werden virtuelle Spektrometer innerhalb eines Zyklus aktiviert oder deaktiviert, so ist zu beachten, dass die Hardware bei jeder Aktivierung (Wechsel von inaktiv nach aktiv) zugeschaltet und bei jeder Deaktivierung (Wechsel von aktiv nach inaktiv) abgeschaltet wird. Die Steuerung aller virtuellen Spektrometer sollte deshalb identisch sein.

9. Zählratenanzeige

Das Signal der Gamma-Sonde ist zusätzlich auf einen unabhängigen Detektoreingang geführt. Dieser verfügt über einen Komparator zur Definition der Impulsschwelle und einen Zähler der die Zählrate in Impulsen pro Sekunde berechnet. Komparator und Zähler können ebenfalls konfiguriert werden, z.B. wenn aus der Zählrate direkt ein Messwert abgeleitet werden kann.

10. Anwenderspezifische Einstellungen

Das Gerät basiert auf der DACM Plattform, die eine Anpassung an verschiedenste Messaufgaben ermöglicht. Die einzelnen Funktionsgruppen werden dabei als Komponenten aufgefasst, die flexibel konfiguriert werden können. Mit Hilfe der Konfigurationssoftware dCONFIG können sämtliche Parameter eingestellt werden. Die Änderung der Konfiguration erfordert Umsicht und sollte nur von geschultem Personal vorgenommen werden. Fehlerhafte Einstellungen können zur Beeinträchtigung der Funktionsweise des Gerätes führen. Vor jeder Änderung sollte die bestehende Konfiguration vom Gerät geladen und als Datei gespeichert werden. Diese kann dann im Bedarfsfall wieder in das Gerät geschrieben werden. Alle Einstellungen werden in den Konfigurationsfenstern der verschiedenen Komponenten vorgenommen. Alle notwendigen Operationen sowie der Zugriff auf die Konfigurationsfenster werden im Handbuch der Software dCONFIG beschrieben.

10. 1. Ändern der Alarmeinstellungen für die Dosisrate und die Nuklid-Aktivität

Konfigurationsfenster der Komponente SPEC1 (SPEC1_A...SPEC1_D)

Es stehen generell zwei unabhängige Alarmschwellen zur Verfügung. Die physikalische Einheit der dort eingetragenen Grenzwerte entspricht der Einheit der Messgröße. Jedem der Grenzwerte können mehrere Nuklide und/oder die Dosisleistung zugeordnet werden. Die Auswahl der Alarmgrößen erfolgt in den Listenboxen ("Alert 1 Source" bzw. "Alert 2 Source") im unteren Bereich des Konfigurationsfensters. Darin sind alle Nuklide der verwendeten Nuklid-Liste und zusätzlich die Dosisleistung aufgeführt. Ein Häkchen im Kästchen vor der jeweiligen Alarmgröße bedeutet, dass diese Größe auf Überschreitung des angegebenen Grenzwertes ("Alarm 1 Threshold" bzw. "Alarm 2 Threshold") geprüft wird und bei Überschreitung ein Alarm ausgelöst wird. Optischer und akustischer Alarm werden über den Schaltausgang DOUT4 gesteuert. Soll kein Alarm ausgelöst werden, so ist aus der Listen-Box "Alarm Output" der Eintrag "inactive" zu wählen.

10. 2. Ändern der Alarmeinstellungen für die Zählrate

Konfigurationsfenster der CNT1

Für die Gesamtzählrate werden ein Komparator (CMP1) sowie ein Zählereingang (CNT1) verwendet. Der Komparator liefert am Zählereingang einen digitalen Zählimpuls sobald das Detektorsignal den am Komparator eingestellten Schwellwert überschreitet. Da die Höhe des Detektorsignales proportional zur Energie ist, werden nur Zerfallsereignisse oberhalb der zur Komparator-Schwelle äquivalenten Emissions-Energie gezählt. Die Alarmschwelle kann im Konfigurationsfenster von CNT1 eingestellt werden ("Alarm wenn Count Rate größer als"). Der Alarm kann analog zu den Alarmen für radiometrische Größen unterdrückt werden, wenn in der Listenbox "Alarmausg. Überschr." der Eintrag "inaktiv" anstelle von "DOUT4" gewählt wird.

10. 3. Unterdrückung von optischem und akustischem Alarm

Zyklus-Definition

Das Gerät ermöglicht die Generierung von stillen Alarmen, d.h. es akustischer und/oder optischer Signalgeber können in Alarmsituationen unterdrückt werden. Dazu kann die Verbindung zwischen Alarmsignalausgang "DOUT4" und den Signalgebern (Sirene, LED) durch zwei zusätzliche Schaltkontakte (akustisch: DOUT2, optisch: DOUT3) unterbrochen werden. Dies geschieht innerhalb der Zyklus-Definition mittels dCONFIG. Im Normalzustand sind diese beiden im Zyklus aktiviert, so dass das Alarmsignal an beide Signalgeber weitergeleitet wird. Um einen der beiden oder beide zu unterdrücken, ist lediglich der jeweilige Schaltausgang zu im Zyklus deaktivieren (Handbuch dCONFIG).

10. 4. Aktivierung der Drahtlosschnittstelle während des Standby Modus

Konfigurationsfenster der Komponente DOUT2

Die Betriebsspannung für die drahtlose Schnittstelle wird über den Schaltausgang DOUT5 zugeschaltet. Dieser kann innerhalb des Zyklus (Zyklen-Definition) aktiviert werden. Soll die Kommunikation auch im Standby Modus erfolgen, muss in der Listenbox "Status nach RESET" der Eintrag "aktiv" gewählt werden. Im Auslieferungszustand ist der Wert auf "inaktiv" gesetzt.

11. Anhang

Zuordnung der Gerätekomponenten in dCONFIG

Name	Funktion im Nuc Scout	Komponenten-Gruppe
DOUT2	Akustischen Alarm zulassen	Switch outputs
DOUT3	Optischen Alarm zulassen	Switch outputs
DOUT4	Alarmsignal	Switch outputs
DOUT5	Stromversorgung ZigBee	Switch outputs
DOUT6	Stromversorgung Nal Elektronik	Switch outputs
DOUT7	Stromversorgung Nal Sonde	Switch outputs
CNT1	Gesamtzählrate	16 bit counters
BATT	Batteriespannungsmessung	Internal sensors
SPEC1 (AD)	Spektrometer für Gamma-Aktivität	Spectrometer
CMP1	Schwellwert für Zerfalls-Impulse	Voltage comparator input

12. Technische Daten

Gammasonde	
Detektor Detektorgröße Energiebereich Auflösung	Nal(TI) mit integrierter PMT und HV-versorgung 2" x 2", optional 3" x 3" 25 keV – 3 MeV < 7,5 % (7 % typ.) @ 662 keV
Effizienz	Nettozählrate ca. 1100 cps / (μ Sv/h) bezogen auf Cs-137
Max. Zählrate	100.000 cps
DL-Messbereich	0 … 15 μSv/h bezogen auf Cs-137
MCA	512 Kanäle
Messung/Analyse	Einzelmessungen oder Zeitverlauf Identifikation von bis zu 28 Emissions-Linien in vier Listen; Nuklid-Listen können entweder vom Anwender aus einer Nuklid-Bibliothek erstellt oder es können vordefinierte Listen geladen werden Bestimmung der nuklidspezifischen Nettoaktivität durch variabel anwendbare Effizienz- Kalibrierungen Energiekorrigierte Dosisleistungsberechnung
Stabilisierung	Elektronische Temperaturstabilisierung, Peak-Pickup Durch PSV Analyse-Algorithmus
Allgemein	
Messprogramme	Definition von bis zu 16 verschiedenen durch den Anwender einfach erstellbaren Messprogrammen; Zeitintervall 1 Sekunde bis Wochen; Vordefinierte Zyklen 10 s, 30 s, 60 s kontinuierlich sowie 5 min und 15 min Einzelmessung
Datenspeicher	SD-Card für mehr als 780000 Datensätze
Bedienung/Anzeige	Touch-Screen 6cm x 9cm mit Hintergrundbeleuchtung, Sehr gut lesbar auch bei direkter Sonneneinstrahlung, Status/Messwerte/Spektren
Schnittstellen	USB und optional NetMonitors (ZigBee)
Spannungsversorgung	18V Netzteil oder NiMH Akku mit interner Ladeschaltung Betriebszeit bei vollgeladenem Akku min. 8 Stunden (typ. 14 h)
Abmessungen	265 mm x 195 mm x 210 mm
Gewicht	2,5 kg
Schutzart	IP65

Software (im Lieferumfang enthalten)	dVISION: Gerätesteuerung u. Datentransfer, Visualisierung, Datenmanagement, Kalibrierung, Bibliotheksmanagement, Export von KML Dateien für direkten Import in Google Earth™
	dCONFIG: Konfiguration des Systems, Erstellen/Ändern von Messprogrammen
Net Monitors wireless network interface (ZigBee Standard)	Sendefrequenz 2,4 GHz, Sendeleistung 100 mW Protokoll IEEE 802.15.4 (Reichweite >300m freies Sichtfeld
GPS	SIRF 3 (12 Kanäle), GPS Koordinaten werden gemeinsam mit Messdaten aufgezeichnet. GIS kompatible KML Dateien zum direkten Öffnen mit Google Earth ™ können exportiert werden
Alarm	Tonsignal 85dB, rote LED, automatische Zuschaltung des Displays mit Anzeige der Alarmursache
Lieferumfang	USB Kabel, Ladenetzteil, Transportkoffer, SW und Handbücher (elektronische Form), Kalibrierzertifikat
Optionales Zubehör	Messtisch zur Verwendung mit Marinelli Bechern für Materialproben (Standard-Version oder mit Bleiabschirmung und Waage), NetMonitors (ZigBee) Koordinator (Anschluss an PC über USB) und Adapter (sollte ins Gerät eingebaut werden)