

Filterband-Aerosolmonitor BAI 9100 D

STRAHLENSCHUTZ



mit Kompensation und Messung der natürlichen Aktivität (Option)

Der **Filterband-Monitor BAI 9100 D** überwacht in der Abluft oder in der Umwelt kontinuierlich die **Alpha- und Beta-Aerosolaktivität**



Einführung

Die Filterbandanlage BAI 9100 D zeichnet sich durch folgende Besonderheiten aus:

- ▶ Der Filtertransport kann sowohl schrittweise als auch kontinuierlich erfolgen. Das Filterband wird über eine sich drehende Schlitztrommel geführt; gleichzeitig wird die Luft durch die Schlitztrommel gesaugt, wodurch eine gleichmäßige Bestäubung in Verbindung mit einem äußerst schonenden Filtervorschub ohne Filterabrieb realisiert wird.
- ▶ Der Detektor befindet sich direkt über der Bestäubungsfläche und misst die Strahlungsaktivität, damit keine Verzögerungen bei der Auswertung entstehen.
- ▶ Die gewählte Art des Filtertransports ermöglicht eine allseitige Bleiabschirmung der Messstellen. Dadurch ergibt sich ein sehr niedriger Nulleffekt und eine ungewöhnlich geringe Empfindlichkeit gegenüber erhöhter Umgebungsstrahlung. Reicht dies nicht aus, kann bei hohen homogenen isotropen Strahlungspegeln ein GM-Zählrohr zur Kompensation eingesetzt werden (Option).
- ▶ Die große Breite des Filterbandes ermöglicht einen hohen Luftdurchsatz von 25 m³/h und damit hohe Nachweisempfindlichkeiten.
- ▶ Optional kann eine bis zu 120 Stunden verzögerte Messposition mit einem Detektor bestückt werden, so dass auch künstliche Beta-Aktivitätskonzentrationen kleiner 1 mBq/m³ vollautomatisch nachgewiesen werden können.
- ▶ Auf Wunsch kann eine automatische Messbereichserweiterung durch Schnellvorschub erfolgen.
- ▶ In der Standardausführung werden Beta-Plastikzinstillations-Detektorsonden vom Typ BAI 9300 B mit einer sehr hohen Dynamik verwendet. Dadurch ergibt sich ein großer Messbereich. Optional können auch Alpha/Beta-Szintillations-Detektorsonden vom Typ BAI 9300 AB zur gleichzeitigen, getrennten Erfassung der Alpha-Beta-Aktivitäten verwendet werden.
- ▶ Bei der Alpha-Beta-Messung wird der Einfluss der natürlichen Radioaktivität über das Alpha/Beta-Verhältnis oder mit dem Alpha-Beta-Pseudokoizidenz (ABPD) -Verfahren kompensiert (Option).
- ▶ Optional kann der Filterbandmonitor mit Jod- und/oder Edelgasmonitoren kombiniert werden.
- ▶ Als Datenerfassungs- und Auswerteeinheiten stehen die 2/3-Kanal Elektronik LB 5310 Multi-Logger, die 6-Kanal Elektronik BAI 9111 Micro-Logger oder der flexible Mehrkanal Datenlogger LB 9000, zur Verfügung.

Filterband-Aerosolmonitor BAI 9100 D

Der **Monitor BAI 9100 D** setzt sich aus folgenden Baugruppen zusammen:

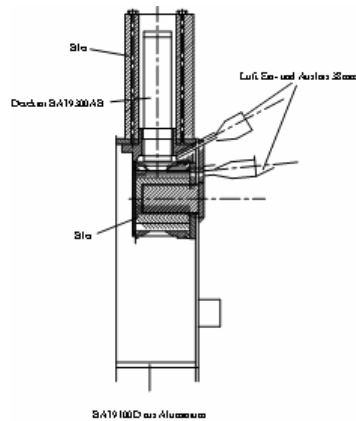
- Eine Bestaubungseinrichtung BAI 9100 D. Diese Bestaubungseinheit erlaubt außer der direkten Beta- bzw. Alpha/Beta-Messung auch die gleichzeitige Gamma-Direktmessung (Option). Der Beta- bzw. Alpha-/Beta-Detektor misst direkt an der Bestaubungsstelle, damit keine Verzögerung der Auswertung entsteht. Die Messluft wird über eine Flachdüsen-Luftzuführung durch das Glasfaser-Filterband angesaugt. Zusätzlich steht eine bis zu 120 Stunden verzögerte Messposition zur Verfügung. Diese kann optional mit einem Beta- oder Alpha/Beta-Detektor bestückt werden.
- Eine Kassette aus Alu (Option Edelstahl) mit Schutzgrad IP68 und Plexiglas Fronttür umfasst die medienberührten Teile. Auf der Rückseite der Kassette ist der Antrieb der Filtertrommel und die Sensorik für die Filterbandüberwachung montiert. Aufgrund des Trommeltransportes vom Filterband folgt auch bei einer eventuellen Kondensation kein Filterbandriss (kein Zug am Filterband) und damit keine Messstörung. Die Kassette ist im 19" Standard gebaut und geeignet zum Einbau im 19" Schrank. Die Fronttür ist mit 2 Schraubverschlüssen und einer Überwachung „Tür offen“ versehen (Option).
- SPS-Einheit zur Steuerung und Überwachung des Schrittmotors.
- Eine Pumpeneinheit ausgestattet mit wartungsarmer Seitenkanalgebläsepumpe, geeignet für Temperaturen bis 45°C und ausgelegt für einen Luftdurchsatz von 25 m³/h, mit Luftdurchsatzüberwachung und optionalem Luftdurchsatzmesser.
- Beta-Detektor BAI 9300 B mit Plastik Szintillator und integriertem Vorverstärker BAI 9207-1. Der Detektor liefert digitale Normimpulse die an die Auswerteelektronik weitergeleitet werden.

alternativ
- Alpha-/Beta-Detektor BAI 9300AB mit ZnS beschichtetem Plastik Szintillator und Vorverstärkereinheit LB 2030 zur gleichzeitigen, getrennten Erfassung der Alpha- und Beta-Aktivitäten. Das Analogsignal aus dem Detektor wird über die Vorverstärkereinheit LB 2030 in digitale Normimpulse umgewandelt und an die entsprechende Auswerteelektronik weitergeleitet.
- Auswerte- und Steuerelektronik LB 5310 Multi-Logger, BAI 9111 Micro-Logger oder LB 9000 Datenlogger.
- Ein 19"-Schrank enthält die o.g. Komponenten.

Funktionsweise

Die Luft wird mit einem Seitenkanalgebläse über eine Flachdüse angesaugt und durch ein Glasfaser-Filterband geführt, das die Partikel auf einer Bestäubungsfläche von 50 mm x 50 mm zurückhält. Das Filterband wird schrittweise in vorprogrammierten Schritten oder kontinuierlich in extrem kleinen Schritten mit einem DC-Schrittmotor bewegt, so dass eine homogene Verteilung der Partikel auf dem Filterband erreicht wird. Der Transport und das Ende des Filterbandes werden über zwei Magnetsensoren kontrolliert. Der Filter-Riss-Sensor befindet sich an der linken Führungsrolle neben der Filtertrommel und der Filter-Ende-Sensor in der Abwickelrolle.

Funktionsweise der Filterbandeinheit



Die Luft wird mit der Pumpe über den Eingangsflansch auf der oberen Seite des Gerätes angesaugt und durch ein glattwandiges Edelstahlrohr zum Filterband und zur Bestäubungsfläche unmittelbar unter den Beta- bzw. Alpha-/Beta-Detektor geführt. Die Aerosole bleiben am Filterband haften. Dieser Detektor misst die Aktivität der Aerosole. Das Filterband wird von der Abwickelrolle über die Filterbandtrommel und die Führungsrollen zur Aufwickelrolle geleitet. Sie wird durch den DC-Schrittmotor so bewegt, dass ein absolut gleichmäßiger Filterbandvorschub erreicht wird.

Im Schrittfilter Betrieb arbeitet der Aerosolmonitor als Festfiltermonitor (Bilanzierung). Dabei wird je nach Anwendung der Filterwechsel in vorgegebenen Zyklen durchgeführt (z.B. täglich).

Zur weiteren Messbereichserweiterung kann beim Schrittfilterbetrieb der Mess- und Filterwechselzyklus erhöht bzw. im kontinuierlichen Betrieb der Schnellvorschub aktiviert werden. Die Zykluszeiten bzw. Vorschubgeschwindigkeiten können durch interne Parameter oder mittels eines externen Triggereingangs angepasst werden.

Optional kann der Luftdurchsatz mit einem Durchflussmessgerät bestimmt werden. Das Gerät erfasst nach dem kalorimetrischen Messprinzip den Normvolumenstrom (Normvolumenstrom nach DIN ISO 2533, d.h. Volumenstrom bei 1013 hPa, 15°C und 0% relativer Luftfeuchtigkeit). Bei dieser Durchsatzmessung werden keine beweglichen Sensorteile benötigt (wartungsfrei). Der Luftdurchsatzmesser ist hinter der Bestäubungseinheit und vor der Pumpeneinheit eingebaut.

Das Analog Signal des Luftdurchsatzmessers wird an die Auswerteelektronik weitergegeben wo auch die Überwachung und Registrierung stattfindet.

Als Detektoren werden bei der direkten und verzögerten Messstelle Szintillationszähler eingesetzt. Der Plastiksintillationszähler BAI 9300 B kommt zur reinen Betamessung, der ZnS beschichtete Plastiksintillationszähler BAI 9300 AB zur Alpha/Beta-Messung zum Einsatz.

Die Unterscheidung von Alpha- und Beta-Strahlen bei dem Alpha-/Beta-Detektor wird mit Hilfe des Vorverstärkers LB 2030 durch Pulshöhentrennung erreicht. Im LB 2030 erfolgt nach einer gemeinsamen Eingangsverstärkerstufe für Alpha und Beta eine Trennung der beiden Impulsformen durch zwei Integralkriminatoren mit anschließender Antikoinzidenzschaltung.

Die Ausgangssignale des Vorverstärkers LB 2030 für den Alpha/Beta-Detektor und des integrierten Vorverstärkers des Betadetektors werden in Form digitaler Normimpulse an die digitalen Eingänge der Auswerteelektronik weitergegeben.

Auswerteelektronik

Als Auswerte- und Versorgungselektroniken stehen mehrere Systeme zur Verfügung:

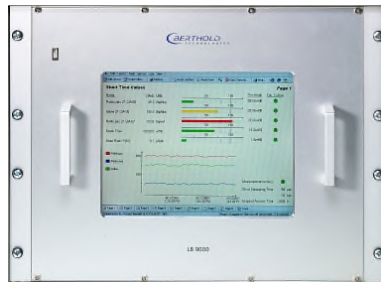
- 2/3 Kanal Elektronik LB 5310 Multi-Logger
- 6 Kanal Elektronik LB 9111 Micro-Logger
- Flexibler Mehrkanal Datenlogger LB 9000 mit bis zu 20 Kanälen

Die implementierte Anwendersoftware in den Auswerteelektroniken ermöglicht die freie Einstellung der System- und Messparameter.

Bei den Auswerteelektroniken LB 5310 und LB 9000 stehen spezielle Servicefunktionen wie Backgroundmessungen, Kalibriermessungen, Pseudofaktorbestimmung und Performancetests als Dienstprogramme, zur Verfügung.

Zur Datenübertragung bzw. zum Ausdruck aller relevanten Messdaten und Parameter, stehen bei allen Geräten V24/RS 232-Schnittstellen zur Verfügung. Die Messwerte werden in einem Fifo-Datenspeicher abgelegt.

Einzelheiten zu den Auswerteelektroniken entnehmen Sie bitte den entsprechenden Datenblättern.



LB 9000 Datenlogger



LB 9111 Micro-Logger



LB 5310 Multi-Logger

Nachweisgrenzen

- kontinuierlicher Vorschub 10 mm/h
- In Anlehnung an DIN 25482
- $k_{1-\alpha} = k_{1-\beta} = 1,96$

Direktmessstelle mit Alpha/Beta-Detektor ohne Anwesenheit von nat. Aktivität

Alpha

Meas. time [s]	Det. limit [cps]	MDC [Bq/m ³]
600	0,012	0,001
1800	0,007	0,001
3600	0,005	N/A
7200	0,004	N/A

Beta

Meas. time [s]	Det. limit [cps]	MDC [Bq/m ³]
600	0,226	0,021
1800	0,131	0,012
3600	0,092	0,008
7200	0,065	0,006

Direktmessstelle mit Alpha/Beta-Detektor und ABPD-Kompensation

bei einer angenommenen Aktivitätskonzentration der Radonfolgeprodukte von: 3,7 Bq/m³

Alpha

Meas. time [s]	Det. limit [cps]	MDC [Bq/m ³]
600	1.506	0.143
1800	0.869	0.083
3600	0.615	0.058
7200	0.435	0.041

Beta

Meas. time [s]	Det. limit [cps]	MDC [Bq/m ³]
600	2.921	0.266
1800	1.687	0.153
3600	1.193	0.109
7200	0.843	0.077

bei einer angenommenen Aktivitätskonzentration der Radonfolgeprodukte von: 37 Bq/m³

Alpha

Meas. time [s]	Det. limit [cps]	MDC [Bq/m ³]
600	4.761	0.452
1800	2.749	0.261
3600	1.944	0.185
7200	1.374	0.131

Beta

Meas. time [s]	Det. limit [cps]	MDC [Bq/m ³]
600	9.238	0.841
1800	5.334	0.485
3600	3.772	0.343
7200	2.667	0.243

Direktmessstelle mit Alpha/Beta-Detektor und Alpha/Beta-Verhältniskompensation

bei einer angenommenen Aktivitätskonzentration der Radonfolgeprodukte von:

3,7 Bq/m³

Beta

Meas. time [s]	Det. limit [cps]	MDC [Bq/m ³]
600	1.065	0.097
1800	0.615	0.056
3600	0.435	0.040
7200	0.307	0.028

37 Bq/m³

Beta

Meas. time [s]	Det. limit [cps]	MDC [Bq/m ³]
600	3.367	0.306
1800	1.944	0.177
3600	1.375	0.125
7200	0.972	0.088

Verzögerte Messstelle mit Beta-Detektor

Beta

Meas. time [s]	Det. limit [cps]	MDC [Bq/m ³]
600	0,226	0,015
1800	0,131	0,009
3600	0,092	0,006
7200	0,065	0,004

Direktmessstelle mit Beta-Detektor

Beta

Meas. time [s]	Det. limit [cps]	MDC [Bq/m ³]
600	0,392	0,011
1800	0,226	0,006
3600	0,160	0,004
7200	0,113	0,003

Kompensationsverfahren

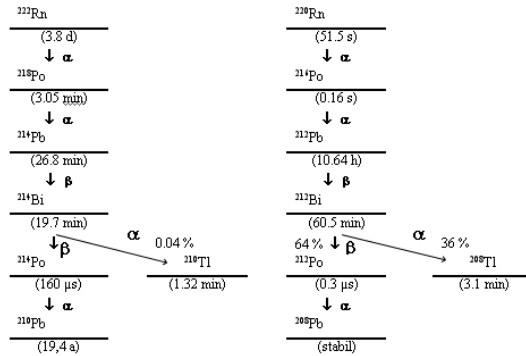
Um im Beisein natürlicher Aktivität (Radon/Thoron-Folgeprodukte), die in ihrer Konzentration zwischen ca. 1 Bq/m³ und bis zu mehreren hundert Bq/m³ je nach Ort, Jahreszeit, Tag, Nacht und Wetter schwankt, geringe künstliche radioaktive Aerosole messen zu können, muss eine möglichst gute Diskriminierung der natürlichen Aktivität erfolgen. Dies kann für einen Beta-Monitor mit der Alpha/Beta-Verhältnismethode und für einen Alpha-/Beta-Monitor mit der ABPD-Methode erfolgen.

Alpha/Beta-Verhältniskompensation

Bei diesem Kompensationsverfahren wird der Alpha-Kanal als natürliche Komponente betrachtet. Dabei muss sichergestellt sein, dass keine künstlichen Alpha-Aktivitäten vorliegen. Die Betastrahlung wird als Nettostrahlung angezeigt, also nach Abzug der natürlichen Aktivität durch Kompensation mit der Alpha/Beta-Verhältnismethode gemäß der Formel: $\text{Betazählrate} = kb \cdot (B - aA)$, wobei A und B die Nettozählraten des jeweiligen Kanals, kb der Kalibrierfaktor für den Betakanal und a der Kompensationsfaktor ist.

ABPD-Kompensation Messverfahren und Messprinzip

ABPD Alpha-Beta-Pseudokoinzidenz-Differenz Verfahren



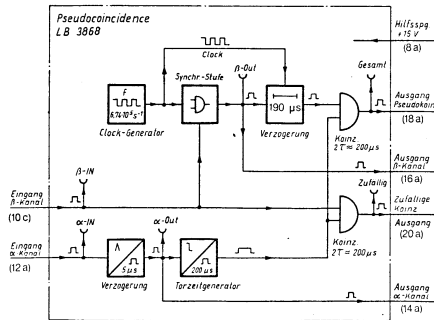
Bei dem ABPD-Verfahren benutzt man die spezifische Messung der Zerfälle des Bismut-214 in Polonium-214 und des Bismut-212 in Polonium-212 zur Kompensation der natürlichen Alpha-Aktivität.

In einer einfachen Betrachtung zum besseren Verständnis besteht die Elektronik im einfachsten Fall aus einer Koinzidenzstufe, die sich für eine

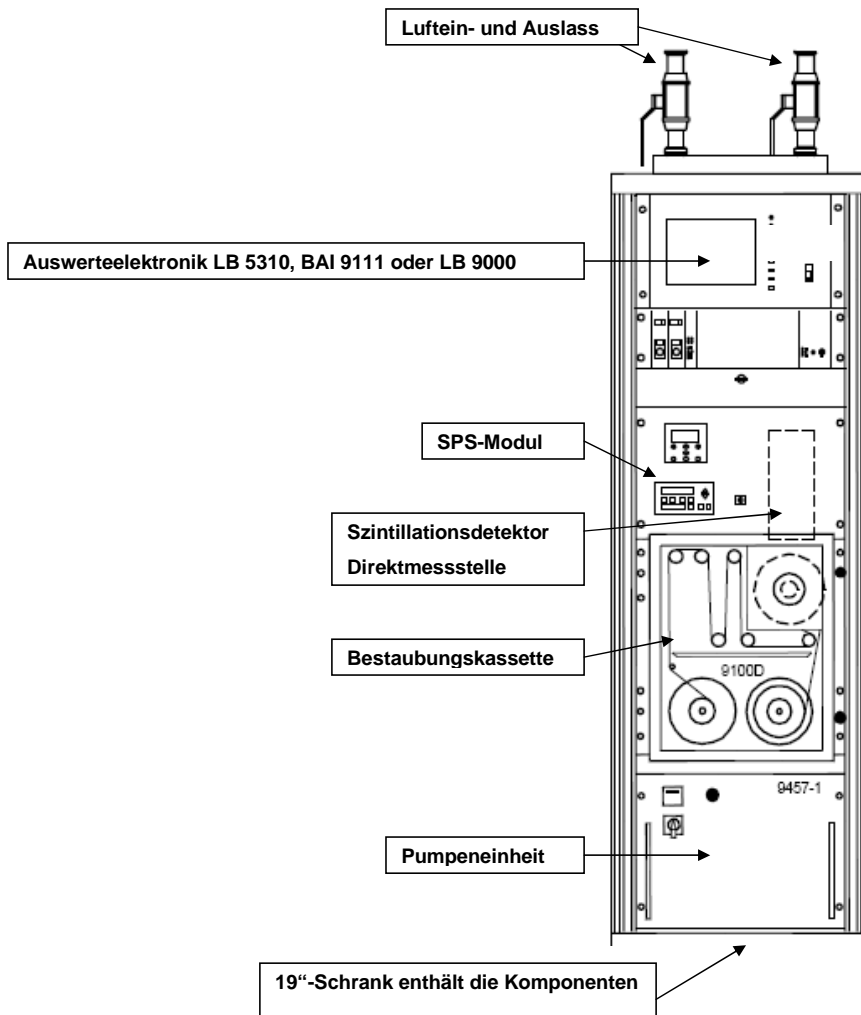
bestimmte Zeit (> 160 μsec.) öffnet sobald ein Beta-Zerfall vom Detektor erfasst wird. Erfasst der Detektor innerhalb dieser Öffnungszeit einen Alpha-Zerfall, wird ein Impuls (Pseudokoinzidenzimpuls) abgeleitet, der ein Maß für die natürliche Aktivität ist. In der Praxis erfolgt die Öffnung jedoch durch einen Alpha-Impuls, um einen großen brauchbaren Messbereich zu erhalten.

Eine brauchbare Pseudokoinzidenzstufe besitzt jedoch einen zweiten Messkreis der zur Erfassung der zufälligen Koinzidenzen dient. Die zufälligen Koinzidenzraten dienen der Korrektur des Pseudokoinzidenzkanals, um bei höheren Impulsraten keine Verfälschung (d.h. Unterdrückung der Messwerte) zu erhalten.

Diese zwei zeitlich versetzten Koinzidenzstufen erfassen zum einen die Pseudokoinzidenzen (Zerfälle von Bi-214/Po-214 und Bi-212/Po-212) und zum anderen die zufälligen Koinzidenzen.



Komponenten des Filterbandaerosolmonitors BAI 9100 D



Überwachungsfunktionen des Systems

Das System ist mit einer Selbstüberwachung der wichtigsten Funktionen ausgestattet, das Störungen und/oder Schwellenüberschreitungen meldet.

- ▶ Überwachung der Pumpenfunktion
- ▶ Kontrolle des Filterbandes: Filterbandende und Filterbandriss
- ▶ Überwachung der SPS-Einheit
- ▶ Überwachung der Bestäubungseinheit und Kassette (Option)
- ▶ Unterschreiten der Detektorausfallschwelle bei den Detektoren
- ▶ Überschreiten der Vor-Alarmschwellen
- ▶ Überschreiten der Alarmschwellen

Schnittstellen

Es stehen abhängig von der Auswerteelektronik und vom Anwendungsfall eine Vielzahl von Schnittstellen, bestehend aus: Stromausgängen (0/4-20mA), Stromeingängen (0/4-20mA), Drucker- und Datenkommunikationsschnittstellen sowie Relaisausgängen (pot. frei), zur Verfügung.