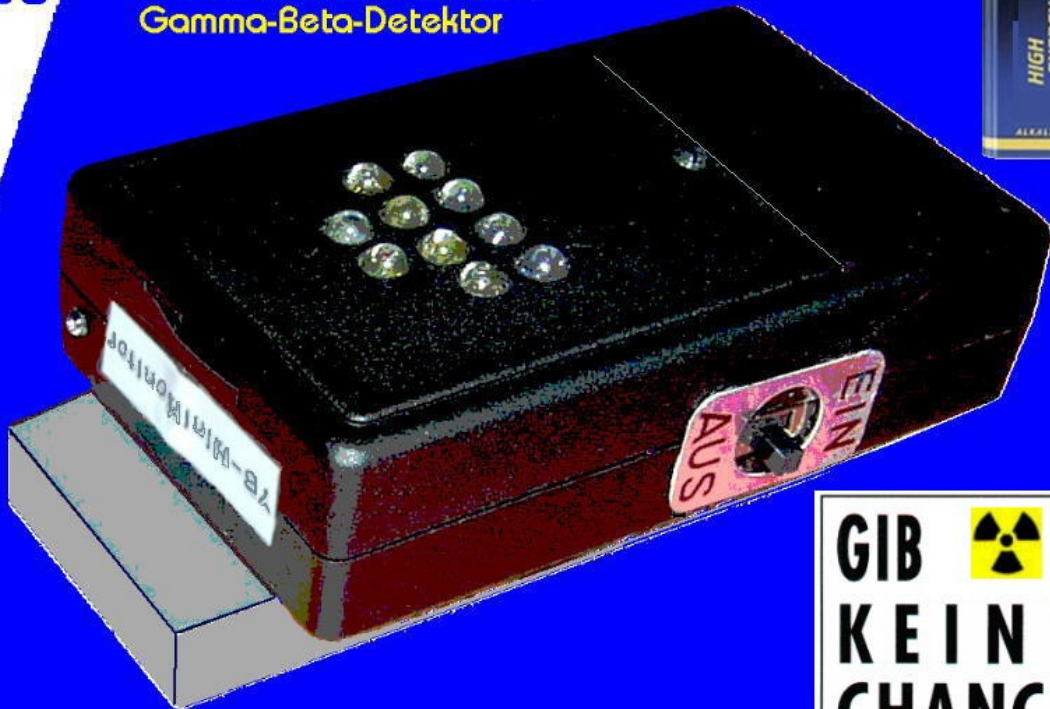


**NEU**

## YB-MiniMonitor Gamma-Beta-Detektor



**GIB  KEINE CHANCE**

<http://www.chetan.homepage.t-online.de/sonstig/DETEKT.HTM>

## MESSANLEITUNG

### YB-MINI-MONITOR YBMM01

+ DIGITALER IMPULSZÄHLER

20.03.2011



### Lieferumfang:

- YB-MINI-MONITOR YBMM01
- DIGITALER IMPULSZÄHLER
- Gamma-Filterscheibe.
- Bedienungsanleitung
- PLASTIKSCHALE
- HALTESCHABLONE
- 9V Blockbatterie
- Netzadapter für YB-Mini-Monitor

Diese Geräte sind nicht für den Betrieb in explosionsgefährdeten Bereichen bestimmt !  
Die gelieferten Geräte dürfen nur von dafür autorisierte Personen instand gesetzt werden.  
Im Störfall wenden Sie sich bitte an:

Chetan Reinhard  
Josephsburgstr. 38  
81673 München  
Tel: 089-432703  
e-mail [chetan@t-online.de](mailto:chetan@t-online.de)

# MESS- und BEDIENUNGSANLEITUNG

## YB-Mini-Monitor YBMM01 + DIGITALER IMPULSZÄHLER

### Inhaltsübersicht :

Der YB-Mini-Monitor , Gamma-Beta-Detektor YBMM01

#### *1. Einfache Vorgehensweise*

##### **1.1 Überprüfen der Wohnumgebung auf überhöhte radioaktive Strahlung**

#### *2. Erweiterte Vorgehensweise*

##### **2.1 Messen ohne IMPULSZÄHLER**

2.1.1 Überprüfen der Wohnumgebung auf überhöhte radioaktive Strahlung

2.1.2 Überprüfung der Hintergrundstrahlung in der Raummitte:

2.1.3 Überprüfung von Oberflächen

2.1.4 YBMM01-Gamma-Filterscheibe

2.1.5 Bestimmen sehr hoher radioaktiver Strahlenwerte

2.1.6 Messen von Teilchenflussdichte u. Quantenflussdichte von Oberflächen

#### *3. Erweiterte Vorgehensweise*

##### **3.1 Messen mit IMPULSZÄHLER**

3.1.1 Messen von Teilchenflussdichte und Quantenflussdichte von Oberflächen

3.1.2 Messen der Aktivität von Stoffproben

3.1.3 Messzeitspanne und Messgenauigkeit

3.1.4 Auswertung der Messung und Wahl der Messzeitspanne

3.1.5 Messen der Aktivität von geringen Mengen pulverförmiger Stoffproben

3.1.5a Messen der spezifischen K40-Aktivität von Lebensmittelproben

3.1.5b Messen der Aktivität von geringen Mengen pulverförmiger Lebensmittelproben

3.1.6 Messung der Äquivalentdosis

3.1.7 Gamma-Filterscheibe (Beta-Schirm) und Strahlungswichtungsfaktoren

#### **4. Sonstiges:**

4.0 Benutzen des Netzadapters

4.1 Wechsel der Batterie

4.2 Optische Schnittstelle

4.3 Allgemeiner Umgang mit dem Gerät

4.4 Erneuern der Sensor-Schutzfolie

4.5 Technische Daten

5. Bedeutung der Äquivalentdosis **Sievert** ( $\mu\text{Sv/h}$ )

# Der YB-Mini-Monitor , Gamma-Beta-Detektor YBMM01

Der YB-Mini-Monitor ist ein sehr empfindliches Strahlenmessgerät für radioaktive Beta- und Gammastrahlung.

Der YB-Mini-Monitor ist dafür konstruiert, überhöhte radioaktive Strahlung im Umweltbereich, vorzugsweise in der Wohnumgebung zu lokalisieren. Während handelsübliche Geigerzähler in der Regel vor sehr hohen akuten Strahlengefahren warnen, ist der YB-Mini-Monitor so konstruiert, das auch Langzeit-Risiken durch radioaktive Strahlung erkannt und beurteilt werden können. So warnt der YB-Mini-Monitor schon vor Risiken, sobald in der Umgebung eines AKW die Strahlung um weniger als 30% gegenüber dem Normalwert ansteigt. Für die Handhabung sind keine besonderen Kenntnisse nötig. Die Messwertanzeige ist auf einem farbigen Anzeigefeld in mehreren Warnstufen sehr einfach ablesbar.

## Besonderheiten:

Im YB-Mini-Monitor ist eine Geiger-Müller Röhre optimal unter einer dünnen Sensorfläche auf der Unterseite des Gerätes angeordnet. Die Sensorfläche bietet optimalen mechanischen Schutz der sensiblen Röhren und sorgt gleichzeitig dafür das die guten messtechnischen Eigenschaften der Röhren optimal genutzt werden. Das Gerät bietet in Verbindung mit dem digitalen Impulszähler die Möglichkeit Lebensmittel durch eine Langzeitimpulsmessung zu überprüfen. Auch die Sofortablesung verschiedener sensibler Warnstufen ohne Impulszähler ist möglich. Ein farbiges Anzeigefeld zeigt kontinuierlich die akute Strahlensituation an und warnt vor mögl. Langzeitrissen durch radioaktive Expositionen in der nahen Umgebung. Der YB-Mini-Monitor ist vornehmlich hochsensibel zu dem Zweck konstruiert, Katastrophen vermeiden zu helfen. Der YB-Mini-Monitor kann aber auch in Katastrophengebieten eingesetzt werden.

Der natürliche Durchschnittswert radioaktiver Strahlung in Deutschland in Bodennähe liegt nach Angaben des Bundesamtes für Strahlenschutz zwischen etwa  $0,07\mu\text{Sv/h}$  bis etwa  $0,13\mu\text{Sv/h}$ . Der natürliche Durchschnittswert für radioaktive Hintergrundstrahlung in Deutschland beträgt nach diesen Angaben etwa  $0,1\mu\text{Sv/h}$ .

Unauffällige Strahlenwerte bis maximal 30% über diesem natürlichen Durchschnittswert, werden vom YB-Mini-Monitor mittels grünen LEDs angezeigt. Strahlenwerte, die auffällig über dem natürlichen Durchschnittswert liegen, werden je nach Stärke der überhöhten Strahlung vom YB-Mini-Monitor mittels verschiedenfarbigen (gelb-rot-violett) LEDs angezeigt.

Eine Überhöhung der Umgebungsstrahlung um mehr als 30% über dem natürlichen Durchschnitt werden vom YB-Mini-Monitor durch gelbe Warnleuchten (LEDs) zur Anzeige gebracht. Eine Überhöhung von mehr als dem doppelten natürlichen Durchschnittswert ( $0,2\mu\text{Sv/h}$ ) wird mit roten Warnlämpchen angezeigt und eine Überhöhung um mehr als dem vierfachen natürlichen Durchschnitt ( $0,4\mu\text{Sv/h}$ ) wird mit violetten (pink) Warnleuchten angezeigt.

Der YB-Mini-Monitor hat einen Anzeigebereich zwischen  $0,05\mu\text{Sv/h}$  bis  $0,5\mu\text{Sv/h}$  , Die Anzeige des Messwertes ist mit einer 10-LED Balkenanzeige realisiert. ( $0,05\mu\text{Sv/h}$  pro LED)

# 1. Einfache Vorgehensweise

## 1.1 Überprüfen der Wohnumgebung auf überhöhte radioaktive Strahlung mit dem YB-Mini-Monitor :

Die vereinfachte Vorgehensweise eignet sich sehr gut für ein schnelles Erkennen überhöhter radioaktiver Strahlung in der näheren Umgebung. Es wird ein Messwert für die Summe aus Gamma- und Beta-Strahlung, die in den Sensor einfällt, zur Anzeige gebracht.

Sie schalten das Gerät einfach ein. Es sind keine weiteren Einstellungen erforderlich. Nach dem Einschalten können Sie nach etwa 1 Minute einen gültigen Detektor-Messwert ablesen.

Es wird Ihnen hierbei mittels 10 farbigen LEDs angezeigt, ob für Wohnumgebung empfohlene Grenzwerte eingehalten oder überschritten werden.

Die Anzeige folgt Veränderungen der Strahlenwerte während der Messung kontinuierlich. Der YB-Mini-Monitor hat ein Balkenanzeigefeld aus 10 farbigen LEDs. An welchem 1 Minute nach dem Einschalten ein gültiger Messwert abgelesen werden kann. Verlängerung der Ablesezeitspanne verbessert das Messergebnis.

Den LED-Farben im Leuchtfeld sind folgende Bedeutungen zugeordnet:

**Keine LED oder GRÜN leuchtet:** es konnte keine überhöhte Strahlung detektiert werden.

**GELB.:** Warnung auf leicht überhöhte radioaktive Strahlung.  $>0,13\mu\text{Sv/h}$

**ROT...:** deutlich überhöhter radioaktiver Strahlenwert wurde detektiert.  $>0,2\mu\text{Sv/h}$   
(akzeptable Grenzwerte für Wohnumgebung sind deutlich überschritten)

**PINK...:** weit überhöhter radioaktiver Strahlenwert wurde detektiert.  $>0,4\mu\text{Sv/h}$   
(akzeptable Grenzwerte für Wohnumgebung sind weit überschritten.)

Zusätzlich zu dem mehrfarbigen Anzeigefeld auf der Frontseite des YB-Mini-Monitors befinden sich oben rechts an der Stirnseite des Gerätes zwei LEDs (eine Weiße und eine kleine gelbe LED). Diese leuchten bei jedem von der Sensor-Zählröhre detektiertem Gamma oder Beta-Teilchen kurz auf. Die Blinkfrequenz dieser LEDs ist daher proportional zu der Teilchenflussdichte detektierter radioaktiver Strahlung.

Wenn Ihnen wenig Zeit für die Überprüfung der Umgebung zur Verfügung steht, dann können Sie sich mit dieser einfachen Vorgehensweise durch einfaches Ablesen der farbigen LEDs einen schnellen Überblick über radioaktive Aktivität in der näheren Umgebung verschaffen.

Wenn Sie genau zwischen Gamma-Hintergrundstrahlung im Raum und Oberflächenstrahlung an Wänden des Wohnraumes unterscheiden möchten, dann nehmen Sie sich Zeit für die im Folgenden beschriebene erweiterten Vorgehensweisen.

## 2. Erweiterte Vorgehensweise

### 2.1 Messen ohne IMPULSZÄHLER

#### 2.1.1 Überprüfen der Wohnumgebung auf überhöhte radioaktive Strahlung mit dem YB-Mini-Monitor

### **2.1.2 Überprüfung der Hintergrundstrahlung in der Raummitte:**

Begeben Sie sich etwa in die Mitte des zu überprüfenden Wohnraumes. Halten Sie den YB-Mini-Monitor in der Hand mit dem silbergrauen Sensorfeld in Richtung einer zu überprüfenden Oberfläche. Schieben oder halten sie den YBMM01-Gamma-Filter vor das silbergraue Sensorfeld des YB-Mini-Monitors.

Schalten Sie nun den YB-Mini-Monitor ein. Der YB-Mini-Monitor registriert die Summe aus radioaktiver Gamma+ Beta-Strahlung im Raum. Beta-Strahlung, die durch den Gamma-Filter von einer zu überprüfenden Oberfläche ausgehend in das Sensorfeld einfällt wird vom YBMM01-Gamma-Filter um 80% - 90% abgeschwächt. Nach 3 Minuten können Sie anhand der höchsten Anzeige auf dem LED-Anzeigefeld folgende Messwert-Zuordnung vornehmen.:

**Grün (oder keine LED leuchtet):** natürliche Hintergrundstrahlung ;( $\leq 0,13\mu\text{Sv/h}$ )

**Gelb:** leicht überhöhte Hintergrundstrahlung ( $>0,13\mu\text{Sv/h}$ )

**Rot:** deutlich überhöhte Hintergrundstrahlung ( $>0,2\mu\text{Sv/h}$ )

**Pink:** weit überhöhte Hintergrundstrahlung ( $>0,4\mu\text{Sv/h}$ )

Für nachfolgende Messungen merken Sie sich bitte den Wert der Hintergrundstrahlung, der in der Raummitte angezeigt wurde. Oder. merken Sie sich einfach die Anzahl und Farbe der LEDs , welche bei dieser Messung mit vorgehaltenem Gamma-Filter in der Raummitte aufleuchten. Idealer Weise bleibt die Anzeige im grünen Bereich. Durch maximal zwei grüne LEDs , zeigt Ihnen das Gerät an, das der Messwert für die Hintergrundstrahlung in diesem Raum unterhalb  $0,13\mu\text{Sv/h}$  ist, was einem noch normalen Wert für die Hintergrundstrahlung entspricht.

Legen Sie nun den Gamma-Filter beiseite. Beobachten Sie nun eine weitere Minute in der Raummitte bei eingeschaltetem YB-Mini-Monitor das LED-Anzeigefeld. Idealer Weise bleibt die Anzeige im grünen Bereich. Dauerhaftes Aufleuchten einer oder gar zwei weiterer gelber LEDs zeigt Ihnen eine leicht überhöhte Hintergrundstrahlung im Raum an.

Auch ohne Gamma-Filter vor der Sensorfläche des YB-Mini-Monitors sollte in der Raummitte auf keinen Fall eine rote LED dauerhaft zu leuchten beginnen. Selbst ein gelegentliches Blinken einer roten LED kann ein deutlicher Hinweis auf überhöhte radioaktive Strahlung sein.

Falls Ihnen das Gerät überhöhte Strahlenwerte anzeigen sollte, vergewissern Sie sich, über eine korrekte Kalibrierung des Gerätes. (Siehe Funktionstest und Kalibrierung)

### **2.1.3 Überprüfung von Oberflächen:**

Nähern sie sich nach der Überprüfung der Raummitte nun mit eingeschaltetem YB-Mini-Monitor an eine zu überprüfende Oberfläche (z.B. eine Raumwand ) . Falls Sie den YBMM01-Gamma-Filter noch nicht beiseite gelegt haben, dann legen Sie den YBMM01-Gamma-Filter nun beiseite oder entfernen Sie den YBMM01-Gamma-Filter. Halten Sie den YB-Mini-Monitor ohne YBMM01-Gamma-Filter mit der silbergrauen Messfläche flach und direkt an die zu überprüfende Oberfläche.

**Bitte beachten Sie, das für ein sinnvolles Ergebnis die zu überprüfende Oberfläche größer sein sollte, als die silbergraue Sensorfläche des YB-Mini-Monitors.**

Während Sie nun die silbergraue Sensorfläche des YB-Mini-Monitors direkt an die zu überprüfende Oberfläche halten, beobachten Sie dabei 1Minute lang das LED-Anzeigefeld. Lläuft die Anzeige dabei aufwärts in den roten Bereich, dann ist das ein deutlicher Hinweis darauf, das die überprüfte Oberfläche mit radioaktivem Material kontaminiert ist. Bei Verdacht auf Kontamination verlängern Sie die Messzeit um 1 bis 2 Minuten. Je deutlicher sich die Anzeige dabei weiter nach oben in Richtung Rot verändert, desto nachhaltiger ist der Hinweis auf Kontamination der überprüften Oberfläche.

Die Anzeige des YB-Mini-Monitors ist kontinuierlich. Sie können die Messzeit z.B. für eine kontinuierliche Überwachung beliebig verlängern. (Maximal bis zur Erschöpfung der Batterie) Der YB-Mini-Monitor hat eine Integrierte Stabilisierung der Stromversorgung so das selbst bei etwas schwächer werdender Batterie eine korrekte Messung gewahrt bleibt. Fällt die Batteriespannung jedoch z.B. nach längerem Betrieb unter 8 Volt, dann muss mit einem ungenauen Messergebnis gerechnet werden. Messen Sie deshalb immer mit einer neuwertigen Batterie.

Sie können sich nun mit eingeschaltetem YB-Mini-Monitor in der Umgebung bewegen. Die Leuchtanzeige des YB-Mini-Monitor stellt sich kontinuierlich innerhalb etwa 3 Minuten auf veränderte radioaktive Umgebungsstrahlung ein.

Sie können den YB-Mini-Monitor auch während Ihrer Überprüfungen der Umgebung auf überhöhte radioaktive Strahlung kurzzeitig ausschalten und wieder einschalten. Durch mehrmaliges kurzzeitiges Aus- und Einschalten lässt sich die LED-Leuchtanzeige rückwärts steuern. Falls nötig ist dies hilfreich, um für weitere Messung an verschiedenen Oberflächen im selben Raum die Anzeige vor jeder neuen Messung auf den in der Raummitte gemessenen Wert zurückzustellen, so das die Überprüfung in der Raummitte nicht vor jeder neuen Oberflächenmessung wiederholt werden muss.

#### **2.1.4 YBMM01-Gamma-Filterscheibe**

Zum Zubehör des original YB-Mini-Monitor gehört ein für das Gerät geeigneter Gamma-Filter (YBMM01-Gamma-Filter). Zur Standardmessung wird die volle Empfindlichkeit des Sensors genutzt, indem **ohne** die Filterscheibe gemessen wird. In Ausnahmefällen ist es wünschenswert die Beta-Empfindlichkeit herabzusetzen.

Um die Empfindlichkeit des YB-Mini-Monitors für Beta-Strahlung herabzusetzen, kann während der Überprüfung von Oberflächenstrahlung oder Raumstrahlung der YBMM01-Gamma-Filter vor das Sensorfeld des YB-Mini-Monitors geschoben werden. Die original YBMM01-Gamma-Filterscheibe schwächt hierbei die durch die Gamma-Filterscheibe, von vorn auf das Sensorfeld einfallende Beta-Strahlung um etwa 80% - 90% ab und ist für Gamma-Strahlung durchlässig. Hierdurch wird die Selektive Empfindlichkeit (Gamma-Empfindlichkeit) erhöht.

Das mehrfarbige LED-Anzeigefeld des YB-Mini-Monitors beginnt bei  $0,05\mu\text{Sv/h}$  (bzw.  $0,1/\text{scm}^2$  Teilchenflussdichte) mit der ersten grünen LED. Die zweite grüne LED zeigt etwa den natürlichen Durchschnittswert bei  $0,1\mu\text{Sv/h}$  Hintergrundstrahlung an. Die erste gelbe LEDs zeigen schon eine für einen Wohnbereich leicht überhöhte Strahlenwert an. (Z.b. eine leicht überhöhte natürliche Hintergrundstrahlung im Gebirge). Mit der ersten roten LED in der mittleren Reihe beginnt der deutliche Warnbereich vor für Wohnbereiche deutlich überhöhten radioaktiven Strahlenwerten.

Die Kalibrierungseinstellung des YB-Mini-Monitors habe ich, auf die natürlichen Durchschnittswerte und deren maximal zu erwartenden natürlichen Schwankungsbreiten der vom Bundesamt für Strahlenschutz öffentlich gemachten Durchschnittswerte für radioaktive Strahlung in Deutschland (genannt : ODL) abgestimmt.

Einen Überblick über die Kalibrierungseinstellung des YB-Mini-Monitors zeigt Ihnen die folgende Tabelle1 :

**Tabelle 1 : Messwert-Farbzunordnung auf dem Detektor-Anzeigefeld :**



Farbe	Messwert	LED	Teilchenflussdichte (1/scm <sup>2</sup> )	Strahlung (µSv/h) (incls. Hintergrundstrahlung)
-------	----------	-----	---	--

grün	normal	1	0,1	0,05
grün	normal	2	0,2	0,1
gelb	überhöht	3	0,3	0,15
gelb	überhöht	4	0,4	0,2
rot	deutlich überhöht	5	0,5	0,25
rot	deutlich überhöht	6	0,6	0,3
rot	deutlich überhöht	7	0,7	0,35
rot	deutlich überhöht	8	0,8	0,4
violett	weit überhöht	9	größer 0,8	größer 0,4
violett	weit überhöht	10	größer 0,8	größer 0,4

Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Kalibrierungseinstellung des YB-Mini-Monitors.

## 2.1.5 Bestimmen sehr hoher radioaktiver Strahlenwerte

(ohne Impulszähler)

Der YB-Mini-Monitor ist dafür vorgesehen Strahlungswerte bis maximal 0,4µSv/h zu detektieren. Sobald der YB-Mini-Monitor Strahlenwerte oberhalb etwa 0,4µSv/h detektiert, leuchten **alle** LEDs des Anzeigefeldes, also auch die letzte violette LED in der oberen Reihe des LED-Anzeigefeldes auf.

Innerhalb für Menschen angenehme und gesunde Wohnumgebungen sind radioaktive Strahlenwerte höher als 0,4µSv/h nicht mehr auffindbar. Ausnahmen finden sich evtl. bei Sammlern radioaktiver Gesteinsproben (Mineraliensammler).

Obwohl der YB-Mini-Monitor nicht für Messung von Radioaktivität höher als 0,4µSv/h ausgelegt ist, können Sie, falls nötig, mit dem YB-Mini-Monitor auch Strahlenwerte oberhalb 0,4µSv/h Äquivalentdosis bis zu etwa 10 µSv/h Äquivalentdosis bestimmen.

Zur Bestimmung sehr hoher Radioaktivität mit dem YB-Mini-Monitor benötigen Sie zusätzlich zu dem YB-Mini-Monitor eine Stoppuhr, mit welcher Sie die Zeitspanne stoppen, die vergeht, bis alle LEDs des Anzeigefeldes des YB-Mini-Monitors nach dem Einschalten des YB-Mini-Monitors aufleuchten.

Gehen Sie wie folgt vor: Legen Sie den YB-Mini-Monitor auf die zu überprüfende Oberfläche oder halten Sie den YB-Mini-Monitor in den zu überprüfenden Raum. Lassen Sie den YB-Mini-Monitor nun mindestens 1. Minute lang ausgeschaltet.

Halten Sie die Stoppuhr bereit.

Schalten Sie den YB-Mini-Monitor ein und starten Sie gleichzeitig die Stoppuhr. Stoppen Sie die Zeitdauer T, die vergeht, bis nach dem Einschalten des YB-Mini-Monitors, alle LEDs auf dem Anzeigefeld des YB-Mini-Monitors zum aufleuchten kommen. Sobald die letzte violette LED in der oberen Reihe zu leuchten beginnt, halten Sie die Stoppuhr an. Je schneller die LEDs nacheinander aufleuchten, desto höher ist der radioaktive Strahlenwert. Auf diese Weise haben Sie eine Möglichkeit für die Abschätzung auch sehr hoher Teilchenflussdichten mit dem YB-Mini-Monitor.



Die Tabelle2 gibt Ihnen einen Überblick zur Abschätzung der Teilchenflussdichte (1/scm<sup>2</sup>) bzw. eine Abschätzung für den Wert der Äquivalentdosis (µSv/h) oberhalb 0,4µSv/h Äquivalentdosis:

**Tabelle2 : Abschätzung sehr hoher radioaktiver Strahlung anhand der gestoppten Zeitdauer T**

Gestoppte Zeit T (Sek.)	Teilchenflussdichte (1/scm <sup>2</sup> )*	Strahlung(µSv/h)
2	20	10
4	10	5
10	4	2
20	2	1

Statt einen Strahlenmesswert (µSv/h) sehr hoher Strahlenwerte der Tabelle2 zu entnehmen, können Sie diesen auch anhand folgender Näherungsformel anhand der gestoppten Zeitdauer T berechnen:

$M = 20 / T$  ; mit M= Messwert Äquivalentdosis in µSv/h; T= gestoppte Zeit in Sekunden

## 2.1.6 Messen von Teilchenflussdichte und Quantenflussdichte von Oberflächen

(ohne Impulszähler)

Der YB-Mini-Monitor YBMM01 misst radioaktive Beta- und Gammastrahlung mit einer im Gerät integrierten russischen GM-Zählröhre vom Typ SBM 20 . Das Gerät wird von mir mittels Kalium kalibriert, so das alle Berechnungsformeln und Kalibrierungen auf das Nuklid Kalium-40 abgestimmt sind. Kalium ist leicht zu bekommen und diese Chemikalie ist zu Kalibrierzwecken von Strahlenmessgeräten weltweiter Standart.

Das unterschiedliche Ansprechvermögen des Detektors auf verschiedene andere Nuklide, Strahlungsarten und – Energien wird im Folgenden durch die Unterscheidung zwischen „Teilchenflussdichte“ P und „Quantenflussdichte“ U berücksichtigt und beschrieben.

Gehen Sie zur Bestimmung der Teilchenflussdichte von Oberflächen folgendermaßen vor:

Halten Sie den YB-Mini\_Monitor mind. 1 Meter von der zu überprüfenden Oberfläche entfernt. Halten Sie die Gamma-Filterscheibe (Beta-Schirm) vor das silbergraue Sensorfeld des YB-Mini-Monitors. Schalten Sie den YB-Mini-Monitor nun ein. Warten Sie etwa 1 bis 3 Minuten ab, bis sich die Anzeige stabilisiert hat. Merken Sie sich den Anzeigewert. Legen Sie nun die Filterscheibe beiseite und halten Sie den YB-Mini-Monitor ohne Filterscheibe mit dem silbergrauen Sensorfeld so nah wie möglich an die zu überprüfende Oberfläche. Beobachten Sie nun, wie viele LEDs zusätzlich zu leuchten beginnen. Pro LED, die zusätzlich zu leuchten beginnt, sollten Sie mit etwa 0,1 1/scm<sup>2</sup> Teilchenflussdichte rechnen, die von der Oberfläche abgestrahlt wird. Diese Abschätzung bezieht sich auf Kalium. Ist die überprüfte Oberfläche nicht mit Kalium kontaminiert, dann kann, je nachdem mit welchem radioaktiven Nuklid die Oberfläche kontaminiert ist, eine tatsächliche Quantenflussdichte bis zu 300 mal höher sein, als die vom YB-Mini-Monitor anhand der Leuchtdioden angezeigte Teilchenflussdichte.

Falls Ihnen das strahlende Nuklid also unbekannt ist, dann multiplizieren Sie den abgelesenen Wert für die Teilchenflussdichte mit dem Faktor 300 um in Bezug auf eine

Quantenflussdichte auf der sicheren Seite zu liegen.



### 3. Erweiterte Vorgehensweise

#### 3.1 Messen mit **IMPULSZÄHLER** (kumuliertes Messen)

**Messungen mit dem YB-Mini-Monitor in Verbindung mit dem digitalen Impulszähler ergeben numerisch sehr gut verwertbare Messergebnisse. Der Impulszähler zählt kumulierend die Impulse welche während der gesamten Messzeitspanne vom YB-Mini-Monitors abgegeben werden.**

**Diese erweiterte Vorgehensweise mit dem Impulszähler erfordert eine sehr hohe Sorgfalt bei der Durchführung der Messungen und ist deshalb vornehmlich geeignet für messtechnisch geschulte Anwender.**

##### 3.1.1 Messen von Teilchenflussdichte und Quantenflussdichte von Oberflächen

Das Messgerät zeigt infolge der Umgebungsstrahlung (Hintergrundstrahlung) einen sog. Nulleffekt an. Dieser Nulleffekt sollte zuerst festgestellt werden. Der Messwert für den Nulleffekt wird später vom Messwert der Oberflächenstrahlung abgezogen

Legen Sie den YB-Mini-Monitor zur Bestimmung des Nulleffekt also zunächst auf eine unkontaminierte Oberfläche. Stecken Sie den optischen Eingang des Zählers auf die optische Schnittstelle des YB-Mini-Monitors. Schalten Sie zunächst den YB-Mini-Monitor ein. Halten Sie eine Stoppuhr bereit. Schalten Sie nun auch den Impulszähler ein. Sobald die Ziffernanzeige des Impulszählers den Wert 000000 anzeigt, starten Sie die Stoppuhr. Sie können nun eine beliebige lange Zeit eine Impulszählung für die Hintergrundstrahlung durchführen. Am Ende der Messzeitspanne stoppen Sie die Stoppuhr und lesen Sie den Zählerwert ZH am Zähler ab. Dividieren Sie den Zählerwert ZH durch die auf der Stoppuhr angezeigten Messzeitspanne in Sekunden. Sie erhalten auf diese Weise eine auf die Zeit bezogene Impulsrate CPS (Counts per Second) für die Hintergrundstrahlung.

Beispiel: Sie Messen 60 Sekunden lang Hintergrundstrahlung auf einer unkontaminierten Oberfläche. Am Ende der Messzeitspanne T sei das Zählergebnis ZH=10. Division liefert:  $H=ZH/T=10/60 = 0,166$  CPS (0,166 Counts Per Second) Sie erhalten so einen Ergebnis H für die Hintergrundstrahlung:

$$H=0,166 \text{ CPS}$$

Legen Sie den YB-Mini-Monitor nun mit der silbergrauen Sensorfläche auf die zu überprüfende Oberfläche. Schalten Sie den Zähler aus. Halten Sie eine Stoppuhr bereit. Schalten Sie nun den Impulszähler wieder ein. Sobald die Ziffernanzeige des Impulszählers den Wert 000000 anzeigt, starten Sie die Stoppuhr. Sie können nun eine beliebig lange Zeit eine Impulszählung an der Probe durchführen. Es empfiehlt sich die gleiche Messzeitspanne T zu wählen, die Sie schon zur Bestimmung des Nulleffekts gewählt haben. Am Ende der Messzeitspanne halten Sie die Stoppuhr an und lesen Sie den Zählwert ZP am Zähler ab. Dividieren Sie ZP durch die gestoppte Messzeitspanne in Sekunden. Sie erhalten auf diese Weise eine auf die Zeit bezogene Impulsrate CPS für die Probe+Hintergrundstrahlung.

Beispiel: Sie Messen 60 Sekunden lang bei normaler Hintergrundstrahlung an der Probe. Der Zählerwert an der Probe sei nach T=60 Sekunden gleich ZHP=30. Division liefert:

$HP=ZHP/T=30/60 = 0,5$  CPS (0,5 Counts Per Second) Sie erhalten so einen Messwert HP für Hintergrundstrahlung +Strahlung der Probe

$$HP=0,5 \text{ CPS}$$

Berechnen Sie nun durch Subtraktion beider Ergebnisse die Impulsrate P für die Probe :

$$P=HP-H = 0,5 \text{ CPS} - 0,166 \text{ CPS} = 0,33 \text{ CPS}$$

Beim YB-Mini-Monitor YBMM01 entspricht der so berechnete Wert P gleich dem Wert der radioaktiven Teilchenflussdichte in  $1/\text{scm}^2$  bezogen auf das Nuklid 40(42)Kalium.

**Sie erhalten die Teilchenflussdichte der Probe indem Sie den CPS-Wert an der Probe bestimmen und davon den CPS-Wert der Nullrate (Hintergrundstrahlung) subtrahieren. Für NUKLID 40K entspricht des so berechnete Ergebnis der Quantenflussdichte in Bq/cm<sup>2</sup>**

### Kontamination mit Kalium

Das Ergebnis für die Flussdichte der Probe beträgt also 0,33 Bq/cm<sup>2</sup>.

Dieses Ergebnis gilt für eine Kontamination mit Kalium.

*Ergebnis :*

$$\text{Quantenflussdichte der Probenoberfläche} = 0,33 \text{ Bq/cm}^2 = U$$

Der so aus der Impulsrate bestimmte Wert für die Flussdichte gilt für Kalium. Zu einem anderen Nuklid als Kalium kann die Zählröhre eine niedrigere Ansprechwahrscheinlichkeit haben. Zur Abschätzung der Quantenflussdichte muss das Messergebnis deshalb mit einem für das strahlende Nuklid passenden Multiplikationsfaktor g multipliziert werden.

$$U=P \cdot g$$

**Tabelle 3 : Nuklidbezogene Wirkungsgrade und Multiplikationsfaktoren für verschiedene gebräuchliche Nuklide**

Nuklid	Wirkungsgrad ca.	Multipl.Faktor g
32P	37%	1
42K	37%	1
137Cs	25%	1,5
36CL	19%	2
59Fe	12%	3
14C	3,7%	10
51Cr	1%	40

55Fe

0,12%

300

### Kontamination mit unbekanntem Nuklid

Ist Ihnen das strahlende Nuklid unbekannt, dann ist es Ihnen mit dem YB-Mini-Monitor nicht möglich eine direkte Messung der Quantenflussdichte durchzuführen, denn die Ansprechwahrscheinlichkeit der Röhre zu dem strahlenden Nuklid ist in diesem Falle unbekannt. Geben Sie das Ergebnis entweder als Teilchenflussdichte in der Einheit  $1/\text{scm}^2$  bezogen auf Kalium an, oder multiplizieren Sie das Messergebnis P mit dem Faktor 300. Auf diese Weise erhalten Sie ein Ergebnis, mit welchem Sie bezüglich der Quantenflussdichte in der Regel auf der sicheren Seite liegen.  $0,33 \text{ Bq/cm}^2 * 300 = 100 \text{ Bq/cm}^2$

*Ergebnis :*

**0,33 < Quantenflussdichte der Probe <= 100 Bq/cm<sup>2</sup>**

*Anmerkung: Sollten Sie den Verdacht haben, das es sich bei der unbekannt Probe um einen Alpha-Strahler handelt, dann multiplizieren Sie das Ergebnis noch mal mit dem Faktor 10.*

## 3.1.2 Messen der Aktivität von Stoffproben

Der YB-Mini-Monitor mit Impulszähler liefert Ihnen ein für die private Anwendung im Vergleich zu herkömmlichen Geigerzählern unerreicht genaues und sensibles Messergebnis auch bei Kontaminationen mit Beta-Strahlenden Nukliden. Bitte berücksichtigen Sie, das Alpha-Strahlung vom YB-Mini-Monitor wegen geringer Ansprechwahrscheinlichkeit der Zählröhre auf Alpha-Strahlung nicht detektiert wird.

Zur Messung von Stoffproben benötigen Sie eine Plastikschaale mit einem Fassungsvermögen von genau einem Liter. (Haushaltswaren) . Die Abmessungen der Schale könnten etwa sein : 16cm x 11cm und etwa 6cm Höhe. Auf eine mm-genaue Abmessung oder Form kommt es dabei nicht an. Die Höhe der Schale sollte jedoch vom Boden bis zum Rand mind.5cm bis maximal etwa 7cm betragen. Die Schale wird mit der Stoffprobe (Messgut) bis etwa 1cm unter den Rand gefüllt (800ml Stoffprobe). Gemüse und andere feste Nahrungsmittel sollten kleingeschnitten oder mit dem Mixer püriert werden und fest eingedrückt werden.

**Messung:** Das Messgerät zeigt infolge der Umgebungsstrahlung (Hintergrundstrahlung) einen sog. Nulleffekt an. Dieser Nulleffekt sollte zuerst festgestellt werden. Der Messwert für den Nulleffekt wird später vom Messwert für die Stoffprobe abgezogen Füllen Sie zur Messung des Nulleffektes die Messschale mit 800ml destilliertem Wasser. Setzen Sie den YB-Mini-Monitor mit der silbergrauen Sensorfläche nach unten gerichtet in die Öffnung der mitgelieferten Halteschablone ein und setzen Sie den YB-Mini-Monitor zusammen mit der Halteschablone auf die mit destilliertem Wasser gefüllte Plastikschaale. Schalten Sie den YB-Mini-Monitor ein. Stecken Sie nun die optischen Schnittstelle des Impulszählers auf den optischen Ausgang des YB-Mini-Monitors. Halten Sie eine Stoppuhr bereit. Schalten Sie nun den Impulszähler ein und starten Sie gleichzeitig die Stoppuhr. Notieren Sie nach einer festgelegten Messzeitspanne (MINUTEN) den Zählwert den Sie am Impulszähler ablesen und die Messzeitspanne (MINUTEN) die Sie von der Stoppuhr ablesen . Berechnen Sie mittels Division das Messergebnis  $M_h$  , indem Sie die Impulsanzahl durch die Messzeitspanne (MINUTEN) dividieren.

$$M_h = \text{IMPULSE} / \text{MINUTEN}.$$

Notieren sie den so berechneten Wert  $M_h$  für den Nulleffekt (Hintergrundstrahlung).

Nun wird die Messschale entleert und mit dem Messgut (Probe) bis etwa 1cm unter den Rand aufgefüllt (800ml Messgut) . Die Messung wird nun wie oben beschrieben wiederholt. (möglichst mit der gleichen Messzeitspanne). Berechnen Sie den Messwert  $M_p$  für die Probe:

$$M_p = \text{IMPULSE} / \text{MINUTEN}$$

Subtrahieren Sie von diesem Ergebnis  $M_p$  den zuvor bestimmten Wert  $M_h$  und multiplizieren Sie das Ergebnis mit dem Kalibrierwert 230 . Sie erhalten auf diese Weise das Messergebnis  $M$  (spezifische Aktivität) in Bq/Liter:

$$M = 230 * (M_p - M_h) \quad +-s$$

*In dieser Formel bedeutet +-s eine statistische Korrektur des Messergebnisses (statistischer Messfehler).*

Wenn es sich bei dem strahlenden Nuklid um Kalium-40 handelt, dann ist das so bestimmte Messergebnis  $M$  ein guter Näherungswert für die spezifische Aktivität  $A'$  der Stoffprobe. Dieser Näherungswert gilt für Kalium. Enthält die Stoffprobe ein anderes Nuklid als Kalium, dann ist das Messergebnis  $M$  mit einem passenden Multiplikationsfaktor (siehe oben **Tabelle3**) zu multiplizieren.

### 3.1.3 Messzeitspanne und Messgenauigkeit

Innerhalb welcher Grenzen sich Messergebnisse bei wiederholten Messungen der selben Stoffprobe bewegen, können Sie anhand der gewählten Messzeitspanne abschätzen. Der sog. statistische Messfehler +-s ergibt sich näherungsweise anhand der Quadratwurzel (sqrt) aus der Messzeitspanne T (MINUTEN) auf folgende Weise :

$$+-s = 1000 / \text{sqrt}(T)$$

Einen Überblick gibt Ihnen folgende **Tabelle 4** :

Messzeitspanne T MINUTEN	+ - s Bq/Liter
10	300
30	200
60	130
600	40

Zwischenwerte werden interpoliert oder aus der Quadratwurzel der Messzeitspanne berechnet (siehe oben).



**Bild2: Aktivitätsmessung an Stoffproben mit dem YB-Mini-Monitor + digitaler Impulszähler**

### 3.1.4 Auswertung der Messung und Wahl der Messzeitspanne

Flüssigkeiten und pürierte Stoffe :

Für Nuklid  $^{40}\text{K}$  und  $^{42}\text{K}$  wird der Messwert  $M$  aus den gemessenen Impulszahlen wie oben beschrieben berechnet. Verlängerung der Messzeitspanne erhöht die Genauigkeit des Ergebnisses. Der Messfehler, der bei wiederholten Messungen mit dem YB-Mini-Monitor zu erwarten ist, wird anhand **Tabelle4** abgeschätzt.

Bei einer Aktivität deutlich oberhalb etwa 100 Bq/Liter ist eine Messzeitspanne sinnvoll, die kleiner sein darf als 100 Minuten. Bei Aktivität kleiner als 100 Bq/Liter, empfehlen sich Messzeiten von bis zu mehreren Stunden. Es wird zur Bestimmung der Probenaktivität die gleiche Messzeitspanne angewendet, wie zur Bestimmung des Nulleffekts.

Bei Auswertung von Stoffen, die ein von Wasser verschiedenes spezifisches Gewicht haben, muss der oben angegebene Kalibrierwert mit dem Zahlenwert des spezifischen Gewichts ( $\text{g/cm}^3$ ) multipliziert werden, um die Aktivität in Bq/kg zu erhalten. Das Ergebnis wird umso ungenauer, je weiter das spezifische Gewicht von 1 entfernt ist.

### 3.1.5 Messen der Aktivität von geringen Mengen pulverförmiger Stoffproben

Mit dem YB-Mini-Monitor in Verbindung mit dem digitalen Impulszähler lassen sich auch pulverförmige Stoffproben auf Aktivität untersuchen. Es wird empfohlen, eine Stoffprobe auf eine Fläche von 10cm x 10cm mit einer Schichtdicke von 0,5 cm gleichmäßig zu verteilen. Nun wird mit dem YB-Mini-Monitor die Teilchenflussdichte P [1/scm<sup>2</sup>] der Probenoberfläche gemessen (siehe Messanleitung Punkt 3.1.1) Mit einer Feinwaage wird nun die Masse M [g] der Stoffprobe ermittelt. Das spezifische Gewicht (Dichte) rho der Stoffprobe ist gegeben durch den Quotienten Masse M durch das Probenvolumen (50ml) .  
 $\rho = M/50\text{ml}$ .

Es lässt sich für 0,5cm Probenschichten die spezifische Aktivität A' der Stoffprobe in [Bq/g] nach folgender Faustformel I.) berechnen. Absorber-Effekte in der Probenschicht werden hier mittels eines empirischen Korrekturfaktors K berücksichtigt :

I.)  $A' = (200 * K * U) / M$  ; A': spezifische Aktivität ; mit  $K = g * 4^{\rho}$  ;  $\rho < 1,5$   
In dieser Formel ist K ein Korrekturfaktor, welcher sich aus der Dichte rho (rho= Dichte [Gramm/cm<sup>3</sup>]) der Stoffprobenmenge sowie einem Multiplikationsfaktor gemäss Tabelle3 ergibt.

Für das natürliche Nuklid K40 ergibt diese Faustformel empirisch sehr gut bestätigte Ergebnisse. Je weiter die Strahleneigenschaften einer Probe von K40-Strahleneigenschaften entfernt sind, desto ungenauere Ergebnisse liefert diese Faustformel.

Ein Rechenbeispiel:

Es werden 14g Stoffprobe in einer Schichtdicke von 5mm auf eine Fläche von 10cm x10cm gleichmäßig verteilt. In kürzestem Abstand über der Probenoberfläche werden entsprechend Messanleitung Punkt 3.1.1 die folgenden Impulsraten ermittelt:

HP = 0,323 CPS für die Stoffprobe

H = 0,28 CPS für Background

Aus diesen beiden gemessenen Impulsraten berechnet sich im ersten Rechenschritt die sog. Teilchenflussdichte.

$P = HP - H = 0,323 - 0,28 = 0,043 \text{ 1/scm}^2$  (Teilchenflussdichte)

Angenommen die Probe sei mit Cäsium-137 kontaminiert.

Das Ergebnis P für die von der GM-Röhre registrierte Teilchenflussdichte muss also noch mit dem passenden Multiplikationsfaktor  $g=1,5$  für 137Cs entsprechend Tabelle 3 Punkt 3.1.1 . multipliziert werden, um ein Ergebnis für die Quantenflussdichte der Probenoberfläche zu erhalten.

$U = 0,043 * 1,5 = 0,0645 \text{ Bq/cm}^2$  (Quantenflussdichte einer Probenoberfläche)

Im nächsten Rechenschritt kann die Cäsium-137 Aktivität in [Bq/g] nach der Näherungsformel I.) berechnet werden:

$\rho = 14\text{g}/50\text{ml} = 0,28 \text{ [g/ml]}$

$K = 1,5 * 4^{0,28} = 2,21$

$A' = (200 * 2,21 * 0,0645) / 14 = 2,04 \text{ Bq/g}$  (spezifische 137Cs-Aktivität der Stoffprobe)

=====

Das Ergebnis in diesem Rechenbeispiel ist etwa 2000 Bq/Kg 137Cs-Aktivität.





**Bild3: Messen der Aktivität von geringen Mengen pulverförmiger Stoffproben**

### **3.1.5a Messen der spezifischen K40-Aktivität von Lebensmittelproben**

Mit dem YB-Mini-Monitor in Verbindung mit dem digitalen Impulszähler lassen sich auch pulverförmige Lebensmittelproben auf Aktivität untersuchen. Es wird empfohlen, eine Lebensmittelprobe auf eine Fläche von 10cm x 10cm mit einer Schichtdicke von 0,5 cm gleichmäßig zu verteilen. Nun wird mit dem YB-Mini-Monitor die Teilchenflussdichte  $P$  [ $1/\text{scm}^2$ ] der Probenoberfläche gemessen (siehe Messanleitung Punkt 3.1.1) Mit einer Feinwaage wird nun die Masse  $M$  [g] der Stoffprobe ermittelt. Das spezifische Gewicht (Dichte)  $\rho$  der Stoffprobe ist gegeben durch den Quotienten Masse  $M$  durch das Probenvolumen (50ml) .  
 $\rho = M/50\text{ml}$ .

Es lässt sich für 0,5cm Probenschichten die spezifische Aktivität  $A'$  der Stoffprobe in [Bq/g] nach folgender Faustformel (I.) berechnen. Absorber-Effekte in der Probenschicht werden hier mittels eines empirischen Korrekturfaktors  $K$  berücksichtigt :

Ia. )  $A' = (200 * K * U) / M$  ;  $A'$ : spezifische Aktivität ; mit  $K = 4^{\rho}$  ;  $\rho < 1,5$

In dieser Formel ist  $K$  ein Korrekturfaktor mit welchem Absorption in der Probenschicht berücksichtigt wird.  $\rho$  ist die Dichte der Probe.  
 ( $\rho = \text{Dichte [Gramm/cm}^3\text{]} = \text{Probenmasse/Probenvolumen}$ ) .

Für das natürliche Nuklid K40 ergibt diese Faustformel empirisch sehr gut bestätigte Ergebnisse. Je weiter die Strahleneigenschaften einer Probe von K40-Strahleneigenschaften entfernt sind, desto ungenauere Ergebnisse liefert diese Faustformel.

Ein Rechenbeispiel:

Es werden 14g Stoffprobe in einer Schichtdicke von 5mm auf eine Fläche von 10cm x10cm gleichmäßig verteilt. In kürzestem Abstand über der Probenoberfläche werden entsprechend Messanleitung Punkt 3.1.1 die folgenden Impulsraten ermittelt:

$$\begin{aligned} \text{HP} &= 0,323 \text{ CPS} \quad \text{für die Stoffprobe} \\ \text{H} &= 0,28 \text{ CPS} \quad \text{für Background} \end{aligned}$$

Aus diesen beiden gemessenen Impulsraten berechnet sich im ersten Rechenschritt die sog. Teilchenflussdichte.

$$P = \text{HP} - \text{H} = 0,323 - 0,28 = 0,043 \text{ 1/scm}^2 \quad (\text{Teilchenflussdichte})$$

Es sei bekannt, dass es sich um eine reine K40 Aktivität handelt.

Die so mit dem YB-Mini-Monitor bestimmte Teilchenflussdichte gleicht der Quantenflussdichte.  
 $U = 0,043 \text{ Bq/cm}^2$  (Quantenflussdichte einer Probenoberfläche)

Im nächsten Rechenschritt kann die spezifische K40 Aktivität in [Bq/g] nach der Näherungsformel Ia.) berechnet werden:

$$\rho = 14\text{g}/50\text{ml} = 0,28 \text{ [g/ml]}$$

$$K = 4^{0,28} = 1,47$$

$$A' = \frac{(200 * 1,47 * 0,043)}{14} = 0,903 \text{ Bq/g} \quad (\text{spezifische K40-Aktivität der Stoffprobe})$$

Das Ergebnis in diesem Rechenbeispiel ist etwa 900 Bq/kg K40-Aktivität.

### 3.1.5b Messen der Aktivität von geringen Mengen pulverförmiger Lebensmittelproben

Wenn der Verdacht besteht, dass sich in einer zu untersuchenden Lebensmittelprobe ein nicht näher bekanntes Nuklidgemisch befindet, dann kann wie folgt vorgegangen werden:

- a) *Zunächst wird ein Messwert für die spezifische K40-Aktivität der Lebensmittelprobe bestimmt. (Abschnitt 3.1.5a)*
- b) *Dann wird ein Wert für den natürlichen Kaliumgehalt dieses Nahrungsmittels einer Nährwerttabelle entnommen. Kalium enthält 32Bq/kg K40 Aktivität. Es lässt sich die zu erwartende K40-Aktivität dieses Nahrungsmittels nun leicht berechnen.*
- c) *Ist die gemessene K40-Aktivität deutlich größer, als die nach b) zu erwartende natürliche Aktivität. Dann legt dies einen Anfangsverdacht auf eine Kontamination mit unnatürlichen radioaktiven Substanzen nahe.*

Beispiel:

Es wurden Pfifferlinge im Wald gesammelt. Die spezifische Aktivität der Pilze wird mit dem YB-Mini-Monitor gemessen. Angenommen es ergibt sich in der Vorgehensweise nach Abschnitt 3.1.5.a das Ergebnis : 280Bq/kg : Einschlägigen Nährwerttabellen lässt sich entnehmen, dass Pfifferlinge 5g Kalium pro kg Frischpilz enthalten. Erwartet wird nun:  $5\text{g/kg} * 32\text{Bq/g} = 160 \text{ Bq/kg}$  spezifische K40-Aktivität in diesen Pfifferlingen. Gemessen wurde 280Bq/kg spezifische Aktivität. Das macht 120Bq/Kg mehr, als aufgrund biologischer Gegebenheiten erwartet wird. Dieser Überschuss gemessener Radioaktivität gegenüber der

erwarteten Radioaktivität legt einen Anfangsverdacht auf Kontamination dieser Pilze mit nicht natürlichen Nukliden nahe.

### 3.1.6 Messung der Äquivalentdosis

YB-Mini-Monitor und Impulszähler werden mit den optischen Schnittstellen zusammengesteckt und eingeschaltet. Mit einer Stoppuhr wird die Messzeitspanne gestoppt. Das Zählergebnis wird auf die Messzeitspanne (MINUTEN) bezogen. Auf diese Weise ergibt sich das Messergebnis CPM (Counts per Minute)

$$\text{CPM} = \text{IMPULSZAHL} / \text{MINUTEN}$$

Die Äquivalentdosis in  $\mu\text{Sv/h}$  ergibt sich hieraus mittels Division durch 120

$$H1(\mu\text{Sv/h}) = \text{CPM} / 120$$

Beispiel:

Es wurde 2 Minuten lang die Umgebungsstrahlung (Hintergrundstrahlung) gemessen.

Der Impulszähler zeigt 30 Impulse nach 2 Minuten an.

Impulse : 30

Messzeitspanne : 2 Minuten

Kalibrierwert : 120

Berechnung:  $30 / 2 / 120 = 0,15$

Ergebnis :  $H1 = 0,15 \mu\text{Sv/h}$  Hintergrundstrahlung

Soll das numerische Zählergebnis direkt dem Zahlenwert für die Äquivalentdosis entsprechen, dann kann für ein Zweistelliges Zählergebnis die Messzeitspanne 50 Sekunden gewählt werden.

Für ein dreistelliges Ergebnis wird die Messzeitspanne 8 Minuten und 20 Sekunden gewählt.

Messzeitspanne	Zählergebnis	Äquivalentdosis	+s
50 Sek.	12	0,12 $\mu\text{Sv/h}$	30%
8 Min 20 Sek.	123	0,123 $\mu\text{Sv/h}$	10%
1 Std.24 Min.	1234	0,1234 $\mu\text{Sv/h}$	3%

Dieses Ergebnis ist bezogen auf Gamma-Strahlung mit Quantenenergie bis etwa 1,4 MeV

### 3.1.7 Gamma-Filterscheibe (Beta-Schirm) und Strahlungswichtungsfaktoren

Die Gamma-Filterscheibe erlaubt eine messtechnische Unterscheidung zwischen verschiedenen physikalischen Strahlungsarten (Alpha-, Beta-, Gammastrahlung).

Die zum YB-Mini-Monitor mitgelieferte Gamma-Filterscheibe ist für Gamma-Strahlung durchlässig.

Die Gamma-Filterscheibe schirmt Beta-Strahlung zu etwa 80% -90 %

Die Gamma-Filterscheibe schirmt Alpha-Strahlung vollständig (100%) .

Unterschiedliche physikalische Strahlungsarten haben unterschiedliche biologische Wirksamkeit. Dies wird üblicherweise mittels Strahlungswichtungsfaktoren  $w_R$  bei der Umrechnung in die Äquivalentdosis berücksichtigt. In der medizinischen Literatur wird wegen der hohen biologischen Wirksamkeit von Beta-Strahlung häufig eine deutlich höhere Gewichtung der Beta-Strahlung gegenüber der Gamma-Strahlung empfohlen. In der Standardmessung (ohne Filterscheibe), wird Beta-Strahlung vom YB-Mini-Monitor deshalb etwa 20 mal höher gewichtet, als die Gamma-Strahlung. Dies ist deshalb sinnvoll, weil Beta-Strahlung nur wenige Zentimeter in das Gewebe eindringt, so dass sich die Dosis auf ein sehr kleines Gewebavolumen konzentriert.

Soll unabhängig von dieser Voreinstellung ein anderer medizinischer Strahlungswichtungsfaktor in das Ergebnis eingerechnet werden, ist allein das Messergebnis H1 unzureichend. Zur Einrechnung von Strahlungswichtungsfaktoren muss sowohl der Anteil der Strahlungsart Gamma, als auch der Anteil der Strahlungsart Beta getrennt gemessen werden. Die Anteile der gemessenen Strahlungsarten können entsprechend Ihrer biologischen Wirksamkeit dann getrennt bewertet werden.

Zunächst wird der Messwert H1 entsprechend der Standardmessung bestimmt (Gamma+Beta Anteile). Nun wird zusätzlich in einer weiteren Messung mit vorgehaltener Gamma-Filterscheibe der Beta-Anteil geschirmt und auf diese Weise der reine Gamma-Anteil der Strahlung bestimmt (H2). Zur Messung H2 wird die Gamma-Filterscheibe (Beta-Schirm) während der Messung vor das silbergraue Sensorfeld des YB-Mini-Monitors gehalten. Auf diese Weise wird Beta-Strahlung und Alpha-Strahlung geschirmt. Es ergibt sich der Messwert H2 für den von vorn durch die Filterscheibe in das Sensorfeld des YB-Mini-Monitors einfallenden Gamma-Anteil der Strahlung.

**Ist der Messwert H1 (aus der Standardmessung ohne Filterscheibe) regelmäßig größer als der Messwert H2 (mit vorgehaltener Filterscheibe), deutet dies auf eine hohe Gefährdung durch Beta-Strahlung hin.**

Rechnerisch wird zu dem Messergebnis H1, welches sich aus der Standardmessung (ohne Filterscheibe) ergibt ein gewichteter Wert für die Beta-Strahlung aufaddiert.

Für große Strahlungswichtungsfaktoren  $w_R > 1$  kann eine Näherungsformel verwendet werden.

$$H = H1 + w_R * g * (H1 - H2) \quad ; \quad w_R = \text{Strahlungswichtungsfaktor}$$

$$\quad \quad \quad ; \quad g = \text{Multiplikationsfaktor entspr. Tabelle3}$$

Auf diese Weise ergibt sich ein medizinisch gewichteter Messwert H. Es werden wegen der hohen biologischen Wirksamkeit der Beta-Strahlung, von vielen Autoren große Strahlungswichtungsfaktoren für Beta-Strahlung genannt. Strahlungswichtungsfaktoren zwischen 5 bis 20 werden häufig genannt. (vergleiche österreichische Strahlenschutzverordnung). Verschiedene Autoren empfehlen sogar Strahlungswichtungsfaktoren bis zu 600.

Ist das Nuklid unbekannt, sollte deshalb mit dem größten in der Literatur vorgeschlagenen Strahlungswichtungsfaktor (600) gerechnet werden. In der Regel liegt man bei unbekanntem Nuklid schon auf der sicheren Seite, wenn mit einem Faktor (300) gerechnet wird. (größter Faktor entsprechend **Tabelle3**).

Strahlungswichtungsfaktor (laut österreichischer Strahlenschutzverordnung vom 22. Mai 2006)

Art der Strahlung	Energiebereich	Strahlungswichtungsfaktor $w_R$
<a href="#">Photonen</a> , Strahlungsart $\gamma$ (Gamma)	alle Energien	1
<a href="#">Elektronen</a> und <a href="#">Myonen</a>	alle Energien	1
	< 10 <a href="#">keV</a>	5
	10 keV – 100 keV	10
<a href="#">Neutronen</a> , Zerfallsart $\beta$ (Beta)	> 100 keV – 2 <a href="#">MeV</a>	20
	> 2 MeV – 20 MeV	10
	> 20 MeV	5
<a href="#">Protonen</a> , außer <a href="#">Rückstoßprotonen</a>	> 2 MeV	5
<a href="#">Alphateilchen</a> , <a href="#">Spaltfragmente</a> , schwere <a href="#">Kerne</a>	alle Energien	20

**Tabelle4 : Strahlungswichtungsfaktoren  $w_R$  für verschiedene Energiebereiche**

Für die Berechnung von Organdosen und der effektiven Dosis für Neutronenstrahlung kann laut einschlägiger Fachliteratur die Funktion

$$w_R = 5 + 17 \cdot e^{-\frac{(\ln(2E_N))^2}{6}}$$

benutzt werden, wobei  $E_N$  der Zahlenwert der Neutronenenergie in MeV ist. Anhand dieser Theorie berechnete Strahlenwichtungsfaktoren gelten näherungsweise post Absorption.

### Äquivalentdosis und radioaktive Oberflächenstrahlung :

Sind Teilchenflussdichten  $P_{\beta}$  und  $P_{\gamma}$  von einer Oberfläche bekannt, dann lässt sich die Äquivalentdosis mit welcher bei direkter Berührung mit dieser Oberfläche zu rechnen ist, etwa nach der folgenden Faustformel berechnen:

$$H = (w_{\beta} * P_{\beta} + w_{\gamma} * P_{\gamma}) / 20 ;$$

mit:

$P_{\beta}$  = Betaflussdichte [1/scm<sup>2</sup>]

$P_{\gamma}$  = Gammaflussdichte [1/scm<sup>2</sup>]

$w_{\gamma} = 1$  ; Strahlungswichtungsfaktor für Gamma-Strahlung

$w_{\beta} = 20$  ; Strahlungswichtungsfaktor für Beta-Strahlung

(Alpha-Strahlung bleibt hierbei unberücksichtigt)

Beispiel1:

In kürzestem Abstand über einer Oberfläche werden die folgenden Teilchenflussdichten gemessen:

$P_{\beta} = 0,15 / \text{scm}^2$  (Betaflussdichte)

$P_{\gamma} = 0,2 / \text{scm}^2$  (Gammaflussdichte)

$$\rightarrow H = (20 * 0,15 + 1 * 0,2) / 20 = 0,15 + 0,2 / 20 = 0,15 + 0,01$$

$$\rightarrow H = 0,16 \mu\text{Sv/h} \text{ (Äquivalentdosis bei direkter Berührung mit der Oberfläche)}$$


---

Beispiel2 :

Ein Mensch hält sich an einem Ort mit  $0,1 \mu\text{Sv/h}$  Gamma-Ortsdosisleistung auf.

Wie viele Gamma-Quanten treffen pro Sekunde auf jeden Quadratzentimeter seiner Körperoberfläche ?

Lösung:

$$H = w_{\gamma} * P_{\gamma} / 20$$

$$0,1 = w_{\gamma} * P_{\gamma} / 20 ; w_{\gamma} = 1$$

Formel umstellen nach  $P_{\gamma}$  liefert:

$\rightarrow$

$$P_{\gamma} = 2 \quad [1 / \text{scm}^2]$$

(Eine Gamma-Ortsdosisleistung von  $0,1 \mu\text{Sv/h}$  entspricht demnach etwa 2 Gammaquanten pro Sekunde pro Quadratzentimeter.)

---

Formeln sind in der Regel von wissenschaftlichem Interesse. Für eine Überprüfung der Wohnumgebung empfiehlt sich die zu Beginn der Anleitung beschriebenen einfachen Vorgehensweisen.

Die wichtigste Regel zur einfachen Vorgehensweise :

**An keinem Ort der Wohnumgebung darf der Wert  $0,13 \mu\text{Sv/h}$  für die Äquivalentdosis dauerhaft überschritten werden.**

Die Einhaltung dieser Forderung wird vom YB-Mini-Monitor durch grünes Licht (grüne Leuchtdioden auf dem Anzeigefeld) signalisiert. Dauerhaftes Aufleuchten einer einzigen andersfarbigen LED (gelb-rot) signalisiert überhöhte ionisierende Strahlung.

Im letzteren Falle empfehlen sich geeignete Strahlenschutzmassnahmen.

## 4. Sonstiges :

### 4.0 Benutzen des Netzadapters

**Der YB-Mini-Monitor benötigt eine 9V Blockbatterie oder einen passenden netzentstörten Adapter. Verwenden Sie nur den original Netzadapter für den YB-Mini-Monitor. Im Betrieb mit Netzadapter kann das Gerät sehr empfindlich auch auf Störungen aus dem 230V Netz reagieren. Der Netzadapter wird in die dafür vorgesehene Buchse eingesteckt. Berührungen der Sensorfläche ist bei Netzbetrieb auf jeden Fall sorgfältig zu vermeiden. Bei Betrieb mit Netzadapter muss unbedingt zwischen Sensor und zu messende Oberfläche (z.B. Hauswand ) ein Abstand (Luftspalt) von wenigen Millimetern eingehalten werden. Direkte Berührung des Sensors mit einer Hauswand kann im Netzbetrieb zu fehlerhaften Messergebnissen führen. Grundsätzlich sollte für ein genaues Messergebnis die berührungsempfindliche Sensoroberfläche weder im Batteriebetrieb noch im Netzbetrieb mit einem Gegenstand (Messobjekt) in direkten Kontakt kommen.**

### 4.1 Wechsel der Batterie

Der YB-Mini-Monitor benötigt eine 9V Blockbatterie. Zum Wechsel der Batterie schalten Sie den YB-Mini-Monitor vor dem Batteriewechsel aus. Legen Sie den YB-Mini-Monitor nun mit der silbergrauen Sensorseite nach unten gerichtet, flach auf einen Tisch. Öffnen Sie nun das Batteriefach. Entnehmen Sie die alte Batterie und setzen Sie eine neue Batterie ein. Beim Einsetzen der Batterie auf korrekte Polung achten. Schließen Sie nun wieder das Batteriefach.

### 4.2 Optische Schnittstelle

Der YB-Mini-Monitor besitzt oben rechts an der Stirnseite und an der Seitenfläche jeweils eine kleine LED . Diese leuchten zu jedem Zählimpuls kurz auf. Diese beiden LEDs dienen einer zusätzlichen visuellen Kontrolle der Zählung und bieten weiterhin eine Anschlussmöglichkeit für einen dafür geeigneten externen Langzeitzähler mit optischem Zählengang.

## 4.3 Allgemeiner Umgang mit dem Gerät

*Gehen Sie mit dem YB-Mini-Monitor achtsam um. Um Beschädigungen des Sensors zu vermeiden, sollten Berührungen der silbergrauen Sensorfläche vermieden werden.*

Die silbergraue Sensorfläche des YB-Mini-Monitors ist mit einer dünnen durchsichtigen Schutzfolie überklebt. Der YB-Mini-Monitor darf nur mit intakter Schutzfolie betrieben werden.

Sollte die durchsichtige Schutzfolie, welche die gesamte silbergraue Sensorfläche abdeckt, beschädigt werden, dann schalten Sie den YB-Mini-Monitor aus. Lassen Sie das Batteriefach geschlossen. Um nachhaltige Beschädigung zu vermeiden vergewissern Sie sich, dass der YB-Mini-Monitor ausgeschaltet ist. Erneuern Sie nun die Sensor-Schutzfolie.

## 4.4 Erneuern der Sensor-Schutzfolie

Schalten Sie den YB-Mini-Monitor aus.

Legen Sie den ausgeschalteten YB-Mini-Monitor mit der silbergrauen Sensorfläche nach oben gerichtet flach auf einen Tisch. Ziehen sie die auf der gesamten Sensorfläche aufgeklebte durchsichtige Schutzfolie nun vorsichtig und möglichst in einem Stück von der Sensorfläche herunter. Achten Sie darauf, das die empfindliche Zählröhre, die unter der durchsichtigen Schutzfolie zu erkennen ist, nicht zu berühren. Überkleben Sie nun die gesamte Sensorfläche erneut mit einer dünnen und unbeschädigten selbstklebenden Plastikfolie. (Schreibwarengeschäft)

## 4.5 Technische Daten des YB-MiniMonitors YBMM01

Betriebsspannung : 9V (9V Blockbatterie)

Strombedarf: typisch 20 mA bei Messwert 0,1 $\mu$ Sv/h ; maximal 40mA (bei 0,5 $\mu$ Sv/h)

Gamma-Empfindlichkeit : 100 Impulse / Minute bei 1 $\mu$ Sv/h

Nullrate : ( 0,1 $\mu$ Sv/h Gamma-Hintergrundstrahlung) ca. 10 Impulse / Minute

Selektive Empfindlichkeit: (Gamma/Beta) etwa 1/20 Standardmessung (ohne Gamma-Filter)  
... grösser 1 bei Messung mit Gamma-Filter

Aktive Sensorfläche : Messung Oberflächen ca. 6,6 cm<sup>2</sup> ; ungerichtete Messung im Raum (Gamma-Hintergrund) ca. 20cm<sup>2</sup>

Messverfahren: Geiger-Müller

Anzeigebereich : 0,05 $\mu$ Sv/h bis 0,5 $\mu$ Sv/h (Äquivalentdosis normaler bis weit überhöhter Umweltbereich)

Strahlenwichtungsfaktoren der zur Anzeige gebrachten Äquivalentdosis : etwa 1 für Gammastrahlung, etwa 20 für Betastrahlung

Anzeige: optisch, mehrfarbiges 10 LED-balkenförmig angeordnetes Anzeigefeld ; u. Einzelimpulsanzeige

Schnittstelle : optisch , bietet Erweiterungsmöglichkeiten

Sensor: 1 Geiger-Müller Zählrohr (im Gerät integriert)

Äußere Abmessungen des Gerätes (mit Sensor): 120x 60x 35 (LBH in mm)

Zubehör (im Lieferumfang enthalten) : Digitaler Impulszähler, Strahlenfilterscheibe, Bedienungsanleitung  
9V Blockbatterie, Messschale für Materialproben, Halteschablone

Herstellung: Handarbeit unter Verwendung handelsüblichen Materials (mechanische Bauteile, elektronische Bauteile, verschiedene Klebstoffe, Kunststoffe, Metall)

Das Gerät ist robust und sorgfältig in Handarbeit hergestellt und wird kalibriert, überprüft und betriebsfertig getestet versendet.

## 5. Bedeutung der Äquivalentdosis Sievert ( $\mu$ Sv/h)

Physiker unterscheiden drei Arten radioaktiver Strahlung: Gammastrahlen, Betastrahlen und Alphastrahlen. Um Auswirkungen dieser verschiedenen Strahlenarten auf den menschlichen Organismus vergleichbar zu machen, wurde als Maßstab für eine biologische Wirksamkeit radioaktiver Strahlung das Sievert eingeführt. Benannt ist die Einheit nach dem schwedischen Mediziner und Physiker [Rolf Sievert \(1896-1966\)](#). Die Messgröße **Sievert** hat weniger eine physikalische, als vielmehr eine medizinische Bedeutung und ergibt sich anhand unterschiedlicher Gewichtung verschiedener radioaktiver Strahlenarten. Gewichtungsfaktoren werden häufig anhand experimentell ermittelter biologischer Wirksamkeiten unterschiedlicher Strahlenarten normativ festgelegt. So können gemessene Impulse näherungsweise in eine Äquivalentdosis umgerechnet werden. Mit der Äquivalentdosis wird eine Summe verschiedener Strahlungsarten zur Anzeige gebracht. Die Gewichtung der Energieanteile verschiedener Strahlungsarten in eine Äquivalentdosis geschieht beim YB-Mini-Monitor mittels fest eingestellten Faktoren. Die Umrechnungsfaktoren (Strahlungswichtungsfaktoren) sind beim YBMM01 auf jeweils etwa 1 für Gamma- und etwa 20 für Betastrahlung fest eingestellt.

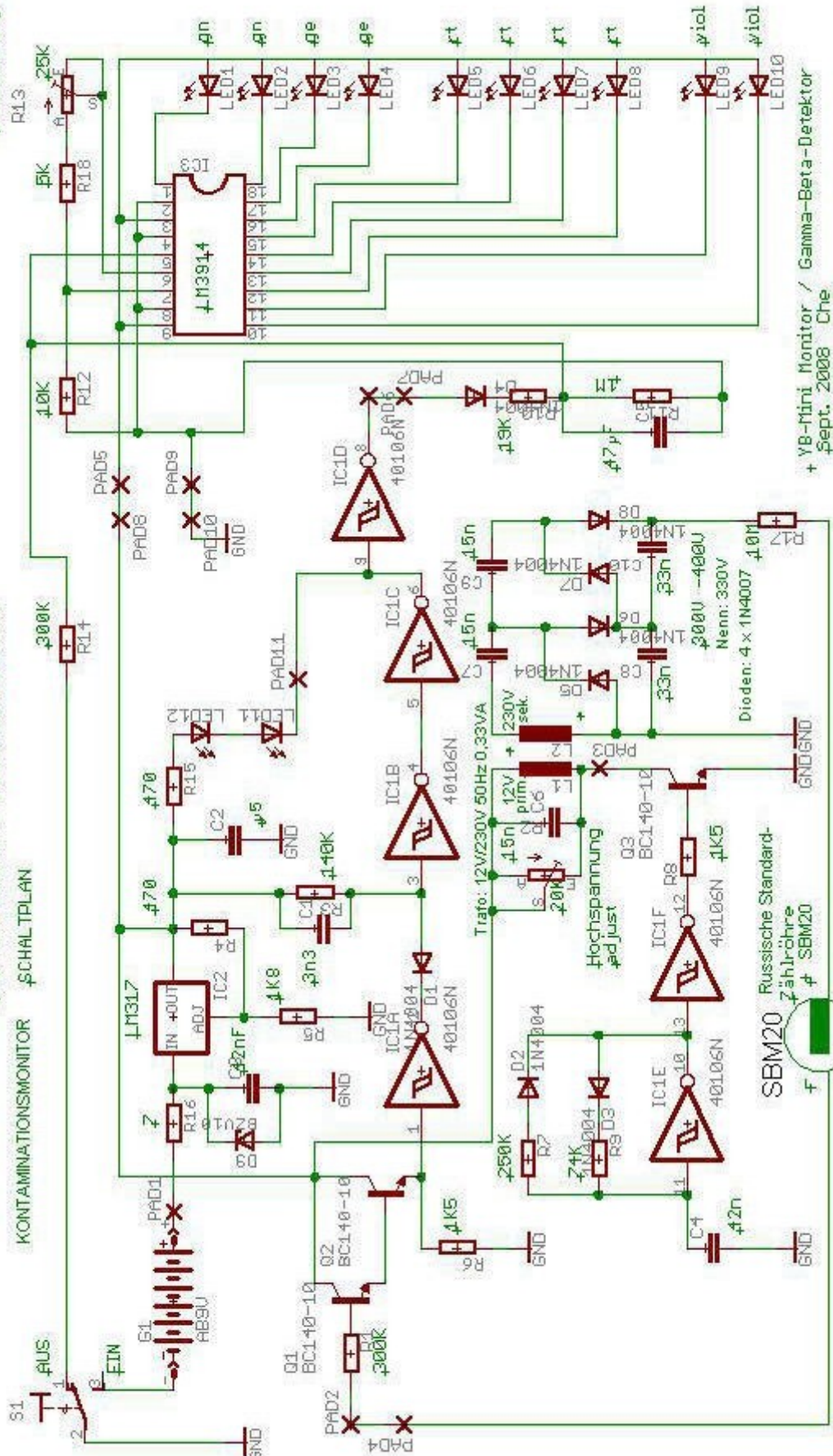


Kalibrierung

+ YB-Mini Monitor / Gamma-Beta-Detektor

KONTAMINATIONSMONITOR

SCHALTPLAN



+ YB-Mini Monitor / Gamma-Beta-Detektor  
Sept. 2008 Che

SBM20 Russische Standard-  
Zählröhre  
# SBM20

