

Technologie

Die Überwachung der Radonkonzentration erfolgt nun zunehmend mit digitalen Messgeräten, auch für den Hausbesitzer, und die Bewertung der in Gebäuden durch Radon verursachten Bedrohung für die Gesundheit der Bewohner wird stark erleichtert. Radon-Messverfahren sind einfacher, flexibler und präziser geworden.

Zur Verwendung des Canary sind keinerlei Kenntnisse über die diesem Messgerät innewohnende Technologie erforderlich. Nachstehend geben wir jedoch für alle, die etwas mehr über digitale Radonmessungen erfahren möchten, eine ausführlichere Beschreibung:

Messprinzipien

Ein Canary kann als die Digitalversion eines herkömmlichen Alpha-Spurdetektors angesehen werden. Der Nachweis des Radons erfolgt nach dessen Diffusion in eine Messkammer. Beim Zerfall der Radon-Atome werden dort Alphateilchen freigesetzt, die dann von einer Siliziumfotodiode nachgewiesen werden. Jedes Alphateilchen erzeugt beim Aufprall auf die Fotodiode einen kleinen Stromimpuls. Mittels einer Verstärkerstufe niedriger Leistung wird das Stromsignal in ein größeres Spannungssignal umgewandelt. Die maximale Amplitude des Signals wird gemessen und von einem Analog-Digital-Umsetzer (ADC) abgetastet. Die Amplitude ist der Energie des auf die Fotodiode aufgetroffenen Alphateilchens proportional. Gesteuert wird der Messgerät von einem Mikrocontroller, der die Zeit und Energie jedes nachgewiesenen Teilchens aufzeichnet. Diese Informationen werden dann zur Berechnung der mittleren Konzentration des Radongases über einen Zeitraum von einem Tag, einer Woche oder einem Jahr verwendet. All dies erfolgt in elektronischen Schaltungen einer gesamten Leistungsaufnahme von einigen Mikrowatt, weshalb Canary mit einem einzigen Satz kleiner AAA-Alkalibatterien nahezu 3 Jahre arbeiten kann.

Die Berechnung der Radon-Gaskonzentration ist kompliziert, da mehrere Fehlerquellen berücksichtigt werden müssen. Beim Zerfall des Radons entstehen radioaktive, sogenannte Tochterelemente, insbesondere Polonium 218 und Polonium 214, die ihrerseits wieder Alphateilchen emittieren, die dann fälschlicherweise als vom Zerfall des Radons stammende Teilchen identifiziert werden könnten. Canary verwendet jedoch Algorithmen, die zwischen den von verschiedenen Quellen stammenden Alphateilchen unterscheiden können, was hauptsächlich auf Grundlage der Energie der Alphateilchen und der Kenntnis der Energiespektren der Radon- und Polonium-Isotope erfolgt. Canary misst die Alphaenergie sehr genau, was zur erfolgreichen Verwendung solcher Algorithmen nötig ist.

Messunsicherheit

Canary ist nicht dafür ausgelegt augenblickliche Messergebnisse der Konzentration des Radongases zu liefern, sondern deren zeitlich gemittelten Werte. Momentanwerte sind von geringer Bedeutung, da sich der Radonwert kurzfristig stark ändern kann und die Auswirkung auf die Gesundheit mit dem zeitlichen Mittelwert der Exposition verbunden ist. Bei den drei von Canary angezeigten Werten handelt es sich deshalb um Durchschnittswerte. Sie unterscheiden sich nur darin, dass sie über verschiedene Zeitabschnitte gemittelt sind. Der Tagesdurchschnitt (1 Tag) wurde während der letzten 24 Stunden gemessen, der Wochendurchschnitt während der letzten 7 Tage und der Langzeitdurchschnitt seit der ersten Inbetriebnahme (oder der letzten Rücksetzung). Wurde seit über einem Jahr gemessen, so zeigt der Langzeitdurchschnitt nur den während des letzten Jahres gemessenen Wert.

Canary führt verschiedene Kalibrierstufen aus. Die erste Kalibrierung erfolgt während der ersten 3 Minuten nach dem Einlegen der Batterien. Nachdem Canary während mehrerer Tage in Betrieb war, erlernt es die vorliegenden Bedingungen und die Messgenauigkeit wird nach und nach besser. So sind zum Beispiel die angezeigten Tagesdurchschnitte nach einigen Wochen präziser als während der ersten Tage. Ursache hierfür ist die Tatsache, dass die Messungen durch in der Luft vorhandene Schwebeteilchen und Spurengase beeinträchtigt werden, welche jedoch für jede Hausumgebung stabile typische Werte

Hilfe

nd sich im Lauf der Zeit kaum ändern, weshalb Canary sich auf die örtlichen Verhältnisse

einstellen kann. Wird Canary zum ersten Mal in Betrieb genommen, so ist ihm über den aktuellen Ort nichts bekannt und sein Display zeigt einen Wert von 0 Bq/m³ (15 Bq/m³ in der zuerst vertriebenen Canary-Version). Wird das Gerät zum Beispiel in einem Raum mit einem Radonwert von genau 100 Bq/m³ aufgestellt, so steigt der angezeigte Messwert im Verlauf der ersten 24 Stunden langsam von 0 (15 Bq/m³ in der zuerst vertriebenen Canary-Version) bis 100 Bq/m³ an. Wie zuvor erwähnt, misst das Gerät keine Momentankonzentration des Radongases sondern einen über ein Zeitintervall gemittelten Wert. Der in den ersten Stunden nach der Inbetriebnahme angezeigte Wert hat nur geringe Aussagekraft. Man sollte das Gerät mindestens 24 Stunden arbeiten lassen. Zuvor angezeigte Werte sind sehr wahrscheinlich Unterschätzungen. In Räumen mit sehr hoher Konzentration des Radongases (z.B. mit Werten um 1000 Bq/m³) lassen jedoch die bereits nach einigen Stunden gemessenen Werte erkennen, dass das Gerät nach Ablauf des ersten Tages einen sehr hohen Wert erreichen kann.

Ähnliches gilt für den wöchentlichen Durchschnittswert. Solange Canary keine ganze Woche gemessen hat, ist der Wochenwert weniger präzise als nach einer längeren Messperiode.

An dieser Stelle sollte der Unterschied zwischen absoluter und relativer Messgenauigkeit erklärt werden.

Die absolute Genauigkeit zeigt, wie gut die Canary-Messwerte den tatsächlichen Werten der Radongaskonzentration entsprechen. Zu ihrer Überprüfung werden zahlreiche Canary-Messgeräte in einem Labor mit bekannter Radongaskonzentration aufgestellt und die von ihnen erhaltenen Ergebnisse mit den von teuren Profi-Messgeräten gemessenen Bezugswerten (die der echten Radonkonzentration des Labors am nächsten kommen) verglichen. Wir haben solche Messungen in bekannten Labors in Japan und Tschechien durchgeführt. Die Messergebnisse zeigen, dass Canary eine Genauigkeit von ungefähr 5% aufweist, das heißt, die von ihm erhaltenen Werte liegen innerhalb +/-5% der von den Bezugsmonitoren angezeigten Ergebnisse. Die absolute Genauigkeit wird durch systematische Fehler bedingt, zum Beispiel eine falsche Kalibrierung oder andere Einwirkungen, die durchweg zu hohe oder zu niedrige Werte erzeugen.

Die relative Genauigkeit betrifft ihrerseits die Streuung der Messergebnisse. Werden 100 Canary-Messgeräte nebeneinander im gleichen Raum (das heißt, bei gleicher Radongaskonzentration) platziert, so kommt es darauf an, dass die von den einzelnen Messgeräten erhaltenen Werte möglichst wenig voneinander abweichen. Die absolute Genauigkeit wäre in diesem Fall die Abweichung des Durchschnitts der von den 100 Messgeräten gemessenen Werte vom echten Radonwert (dem von einem gut kalibrierten Profi-Messgerät gemessenen Wert). Da wir oben für die absolute Genauigkeit des Canary 5% angegeben haben, können wir annehmen, dass der Durchschnittswert von 100 Messgeräten nicht um mehr als 5% vom Echtwert abweicht.

Die relative Genauigkeit der Canary-Messwerte (Streuung der von verschiedenen Canary-Messgeräten erhaltenen Werte) hängt vom vorhandenen Radonwert ab. Je höher die Konzentration des Radongases, um so präziser wird die Messung. Zudem hängt die relative Genauigkeit auch vom Zeitintervall ab, während dem gemessen wird. Mit zunehmender Messdauer erhöht sich die Präzision. Diese Zusammenhänge werden in den nachstehenden Tabellen veranschaulicht.

Üblicherweise werden die Messergebnisse (für Radon) mit einer Genauigkeit von 20% angegeben. Wird für ein Messgerät ein Genauigkeitswert genannt, so bedeutet dies in den meisten Fällen, dass die Messwerte einer Normalverteilung entsprechen. Eine Standardabweichung von 20% bedeutet bei einer Normalverteilung, dass in ungefähr 68% der Fälle (der Messergebnisse von z.B. 100 Messgeräten) das Ergebnis eines einzelnen Messgeräts (eines der 100) innerhalb eines Fensters von +/-20% um den Durchschnittswert der Ergebnisse liegt. Wird zum Beispiel für die Messungen der 100 Messgeräte ein Durchschnittswert von 100 Bq/m³ erhalten, so bedeutet dies, dass 68 Messgeräte einen zwischen 80 und 120 Bq/m³ liegenden Wert anzeigen. Eine Normalverteilung bedeutet zudem, dass ungefähr 95% der Messergebnisse innerhalb der doppelten Standardabweichung (d.h. 40%) liegen. Bei einer Genauigkeitsangabe von 20% kann man deshalb erwarten, dass 95 von 100 Messgeräten einen Wert zwischen 60 und 140 Bq/m³ anzeigen, wenn die Radonkonzentration eines Raums einen Echtwert von 100 Bq/m³ hat.

Die Gesamtmessunsicherheit ist typischerweise das quadratische Mittel der Einzelbeiträge (wobei es sich bei den Einzelbeiträgen um Normalverteilungen handelt). Arbeiten wir mit einer absoluten Genauigkeit von 5% und einer relativen Genauigkeit von 20%, so bedeutet die Tatsache, dass die absolute Genauigkeit wesentlich besser als die relative ist, dass bei Berücksichtigung der Ersteren die Gesamtunsicherheit nur leicht erhöht wird:

$$20\% \sqrt{1+5\%^2} \approx 21\%$$

Dies heißt, die von der geringeren relativen Genauigkeit stammenden Unsicherheiten sind vorherrschend.

In einer im Jahre 2009 von der japanischen Gesundheitsbehörde beauftragten, von NIRS durchgeführten, umfassenden vergleichenden Untersuchung mehrerer Lieferanten von Alpha-Spurdetektoren lieferten die

Geräte von 16 der 26 beitragenden Firmen (62%) Messwerte innerhalb +/-20% des von NIRS genannten Bezugswerts. Vergleicht man dieses Ergebnis mit den obigen Diskussionen zur relativen Genauigkeit, so kann man dies dahingehend auslegen, dass die Messgenauigkeit von Alpha-Spurdetektoren typischerweise bei ungefähr 20% liegt. Unsere nachstehenden Tabellen zeigen, bei welchen Messzeiten und Radongas-Konzentrationen mit Canary eine Messgenauigkeit von 20% oder ein besserer Wert als bei Alpha-Spurdetektoren erhalten werden kann.

Die nachstehenden Tabellen zeigen die Gesamtmessunsicherheit eines Canary für verschiedene Radongas-Konzentrationen und Durchschnittsmessungen (Wochen- oder Langzeitwerte). In der Tabelle finden sich keine Werte für Radongas-Konzentrationen unterhalb 100 Bq/m³, da unterhalb dieses Werts in keinen Ländern eindämmende Maßnahmen gefordert werden

Nötige Messdauer, um die genannte Messunsicherheit für Langzeitwerte zu unterschreiten

Radongas-Konzentration [Bq/m³]	20% Unsicherheit	10% Unsicherheit
100	4 Tage	3 Wochen
200	2 Tage	10 Tage
300	2 Tage	7 Tage
500	1 Tag	4 Tage
1000	1 Tag	2 Tage
2000	1 Tag	1 Tag

Messunsicherheit (%) für Wochendurchschnittswert bei verschiedenen Radongas-Konzentrationen

Radongas-Konzentration [Bq/m³]	Messunsicherheit [%]
100	16
200	12
300	10
500	8
1000	7
2000	6

Lebensdauer

Jedes Messgerät wurde im Rahmen der Herstellung getestet und einer Qualitätskontrolle unterzogen. Die bei den technischen Daten genannte Messunsicherheit wird eingehalten, falls das Gerät nicht dauerhaft (mehrere tausend Bq/m³) eingesetzt wird. Es wird empfohlen, das Gerät durchgehend in Betrieb zu lassen.