

Bauzentrum

München

3.5.2018

**Prüfung von Materialien zur Abdichtung von
Gebäuden gegen Radoneintritt**

Dr. J. Kemski

ö.b.u.v. Sachverständiger für Radon, IHK Bonn/Rhein-Sieg
Euskirchener Straße 54, D – 53121 Bonn
www.kemski-bonn.de

Inhalt

1. Einleitung
2. Abdichtung
3. Radondiffusionskoeffizient (RD)
4. Beispiele
5. Bewertung

Strahlenschutzgesetz (StrlSchG)

**Gesetz
zur Neuordnung des Rechts
zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung***
Vom 27. Juni 2017 (BGBl vom 3.7.2017)

- Erarbeitung als Umsetzung der Richtlinie 2013/59/Euratom
- Verkündung im Bundesgesetzblatt vom 3.7.2017
- Inkrafttreten zum **31.12.2018** (Ausnahme: Notfallschutzregelungen)
- u.a. Ersatz der bisherigen Strahlenschutz- und Röntgenverordnung
- erstmals **Regelungen für Radon**
Stichworte u.a.: **Referenzwert, Radongebiet, Arbeitsplatz, Maßnahmenplan**
- z.Zt. Erarbeitung detaillierter Regelungen auf Verordnungsebene, die ebenfalls zum o.g. Termin in Kraft treten sollen

Strahlenschutzgesetz (StrlSchG): Gebäude (§ 123)

Neubauten

(1) Wer ein Gebäude mit Aufenthaltsräumen oder Arbeitsplätzen errichtet, hat geeignete Maßnahmen zu treffen, um den **Zutritt von Radon** aus dem Baugrund zu **verhindern oder erheblich zu erschweren**.

Diese Pflicht gilt als erfüllt, wenn

- bundesweit: Einhaltung des **Feuchteschutzes nach aaRdT** (!?)
- Radongebiete: **zusätzliche Maßnahmen** (s. Rechtsverordnung)

Hinweis: z.Zt. Erarbeitung einer DIN-SPEC zum radongeschützten Bauen

Bestandsbauten

(4) Wer im Rahmen der baulichen Veränderung eines Gebäudes mit Aufenthaltsräumen oder Arbeitsplätzen Maßnahmen durchführt, die zu einer erheblichen **Verminderung der Luftwechselrate** führen, soll die Durchführung von Maßnahmen zum Schutz vor Radon in Betracht ziehen, soweit diese Maßnahmen erforderlich und zumutbar sind.

Einflussfaktoren auf Radonkonzentrationen im Gebäude

1. Baugrund

idR **Hauptquelle** (Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft über 1.000.000 Bq/m³ möglich);
entscheidend ist Ankopplung des Gebäudes an Untergrund, Antriebs-
“motor“ für Radoneintritt: Druckdifferenz zwischen Raum- und Bodenluft

2. Bauweise i.w.S.

- **Fundament**, Unterkellerung, **Erdberührung**, Rohrdurchleitungen, ...
- Zustand der Bausubstanz: Existenz von **Radoneintrittspfaden**
- Ventilation im Gebäude: Geschossabtrennung, Kamin, ...
- Energieeinsparung: Dichtigkeit der Gebäudehülle

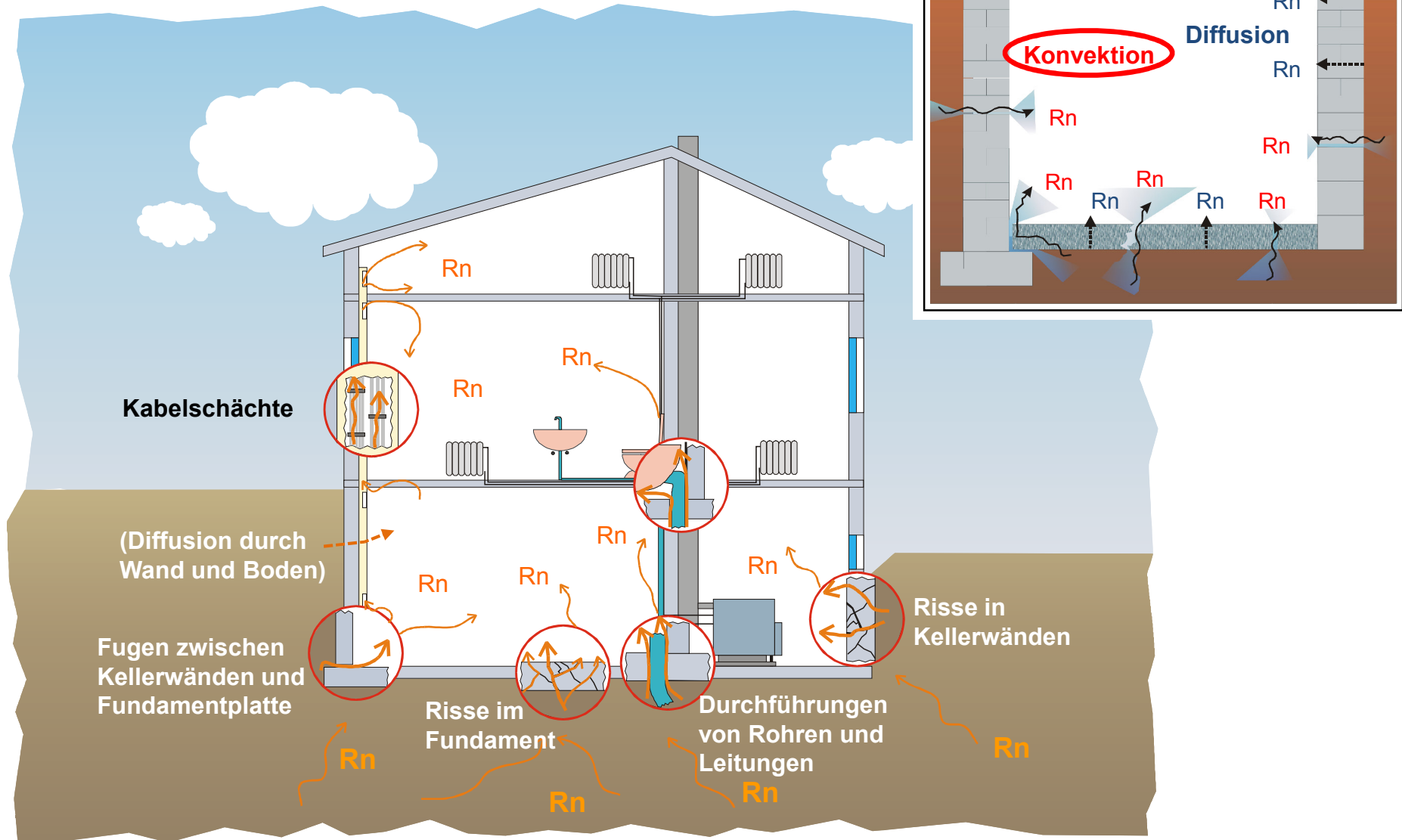
3. Nutzerverhalten

- **Luftwechselrate**: Lüftung bzw. Begehung von Räumen

4. Sonstige (idR von untergeordneter Bedeutung)

- Exhalation aus Baumaterial, Freisetzung aus Brauch- und Trinkwasser, Austausch mit Atmosphärenluft

Eintritt ins Haus und Ausbreitung



Strahlenschutzgesetz (StrlSchG): Gebäude (§ 123)

Zutritt von Radon aus dem Baugrund zu **verhindern oder erheblich zu erschweren**

 primär **Abdichtung**

sowohl gegen diffusiven als auch konvektiven Radoneintritt !

Hinweis:

für eine Reduzierung der Radonkonzentration in der Raumluft sind aus praktischer Sicht in der Planung und Umsetzung auch andere Maßnahmen denkbar, z.B.:

- Lüftungstechnisch
- „geotechnisch“: Bodenluftabsaugung unter Gebäude (Druckumkehr)

Abdichtung - flächig

Verhinderung des **diffusiven** Eintritts von Radon durch Bauteile (Boden, Wand);
gilt für gesamten **erdberührten Bereich**

Möglichkeiten der Umsetzung:

- durchgehende Bodenplatte (Beton)
- Folien
- Kaltselfstklebebahnen
- Dickbeschichtungen
- „Schaumglas“
- ...

unterschiedliche
Materialien und
Einbausituationen !



unterschiedliche
Eignung !

Abdichtung – punktuell/lokal

Verhinderung des **konvektiven** Radoneintritts durch konstruktiv bedingte Fugen und Durchführungen durch Bauteile (z.B.: Rohrleitungen)

Möglichkeiten der Umsetzung:

- dauerelastische Dichtungsmassen (z.B.: Silicon, Polysulfid)
- Ausschäumung (z.B.: Polyurethan)
- vorgefertigte „Bauelemente“ von Folien u.ä. für Kanten, Ecken, Durchdringungen etc.
- gasdichte Rohrdurchführungen (z.B.: Ein-/Mehrspartenhauseinführungen)
- ...

Abdichtung: allgemeine Anforderungen

Eignung, folgenden Einflüssen zu widerstehen (möglichst über gesamte „Lebensdauer“ des Bauwerks), z.B.:

- Wasser(druck)
- Auflastdruck der darüber liegenden Bauteile (z.B.: Bodenplatte)
- mechanische Beanspruchung im Rahmen von Bodenbewegungen, Setzungen oder Materialausdehnungen/-schrumpfungen
- Längenausdehnung
- Temperaturbeständigkeit
- chemische Inhaltsstoffe in Bodenwässern („Korrosion“)
- Tätigkeit von Mikroorganismen
- ...
- **radonhaltige Bodenluft**

Prüfung von Materialien bzw. Produkten

Was wird geprüft?

Material/Produkt

Wann wird geprüft?

vor Planung und Baumaßnahme

Wie wird geprüft bzw. bewertet?

(wenn möglich) standardisiert



Verhinderung des Radoneintritts aus dem Untergrund ins Gebäude durch Abdichtung

hier taucht idR Begriff „**radondicht**“ auf

(im englischen Sprachgebrauch hierfür zahlreiche Bezeichnungen wie radon-proof, radon barrier, radon tightness, radon permeability, ...)

Begriff „**(radon)dicht**“ ist in diesem Zusammenhang irreführend, denn

- keine einheitliche und allgemeingültige Definition
- keine messbare Größe, die unmittelbar zu bestimmen ist

mögliche **Messgröße**: **Radondiffusionskoeffizient**

Radondiffusionskoeffizient

beschreibt die **Barriereeigenschaft** von Materialien, primär gegen den diffusiven Transport von Radon

- i.W. abhängig von chemischer Zusammensetzung des Materials, aber auch von „Löslichkeit“ und Adsorption von Radon im bzw. am Material
- dickenunabhängige Materialkonstante
- Dimension: m^2/s (Größenordnung: 10^{-15} bis $10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$)

aber: „Radondichtheit“ eines Materials nicht nur abhängig von

- Radondiffusionskoeffizient, sondern auch von
- **Materialdicke**

Problem:

homogene Materialien unterschiedlicher Dicke besitzen **gleichen Radondiffusionskoeffizienten**, d.h. diese Prüfgröße allein liefert **keine Aussage über „Radondichtheit“**

Radondiffusionskoeffizient

aktueller Stand:

- keine einheitliche Bestimmungsmethode, d.h. Vergleichbarkeit der Werte nicht zwangsläufig gewährleistet (DIN bzw. ISO erst seit kurzem)
- keine einheitliche Bewertung/Klassifikation
- (z.Zt.) keine Referenzstandards bzw. -materialien, d.h. Vergleichsmessungen und Vergleiche zwischen Messungen (z.B.: verschiedene Prüfeinrichtungen) nicht möglich
- (z.Zt. in Deutschland) keine „Zulassung“ für Prüfeinrichtungen
- ...

DIN ISO 11665

Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft: **Radon-222**

z.Zt. 11 Teile

u.a.:

- Teil 1 Radon und seine kurzlebigen Folgeprodukte: **Quellen und Messverfahren**
- Teil 4 **Integrierendes Messverfahren** zur Bestimmung des Durchschnittwertes der Aktivitätskonzentration ...
- Teil 8 Methodik zur **Erstbewertung** sowie für zusätzliche Untersuchungen in Gebäuden
- Teil 10** Bestimmung des **Diffusionskoeffizienten** in wasserundurchlässigen Materialien mittels Messung der Aktivitätskonzentration

DEUTSCHE NORM		Entwurf August 2013
DIN ISO 11665-10 (VDE 0493-1-6660)		DIN
<small>Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidenten beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „Liste Elektrotechnik + Automation“ bekanntgegeben worden.</small>		VDE
Vervielfältigung – auch für innere Gebrauchszwecke – nicht gestattet. ICS 13.040.01; 17.240 Einsprüche bis 2013-10-12		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Entwurf </div>		
Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft: Radon-222 – Teil 10: Bestimmung des Diffusionskoeffizienten in wasserundurchlässigen Materialien mittels Messung der Aktivitätskonzentration (ISO/DIS 11665-10:2013)		

ISO/TS 11665-13

Measurement of radioactivity in the environment -
Air: radon 222 -

Part 13: Determination of the diffusion coefficient in
waterproof materials: membrane two-side activity
concentration test method

(2017-10)

Beschreibung verschiedener **Methoden** zur Be-
stimmung des Radondiffusionskoeffizienten in
wasserabweisenden Materialien (z.B.: Bitumen,
polymere Membrane, Beschichtungen, Farben)
inkl. Randbedingungen u.ä. bei der Prüfung

gilt nicht für poröse Materialien (Radondiffusion von
Porosität und Feuchtegehalt abhängig)

TECHNICAL
SPECIFICATION

ISO/TS
11665-13

First edition
2017-10

**Measurement of radioactivity in the
environment — Air: radon 222 —**

Part 13:
**Determination of the diffusion
coefficient in waterproof materials:
membrane two-side activity
concentration test method**

*Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Air : radon
222 —*

*Partie 13: Détermination du coefficient de diffusion des matériaux
imperméables : méthode de mesurage de l'activité volumique des
deux côtés de la membrane*

ISO/TS 11665-13: Messeinrichtung

u.a. Angaben zu

- (mindestens) 2 luftdichte Gefäße (Quell- und Auffangbehälter);
- Metallgefäße (z.B.: nicht rostender Stahl, Aluminium)
- Prüffläche
- Radonquelle mit konstanter Radonproduktionsrate
- Messdauer
- ggf. luftdichte Durchflusspumpe (für Betrieb in geschlossenem Kreislauf)
- kalibrierte Messgeräte zur Erfassung der Radonkonzentration in Quell- und Auffangbehälter
- Berechnungswege
- Messunsicherheiten
- ...

ISO/TS 11665-13: Aufbau der Messeinrichtung

für Messung einer Probe

- 1 Quellbehälter, 1 Auffangbehälter

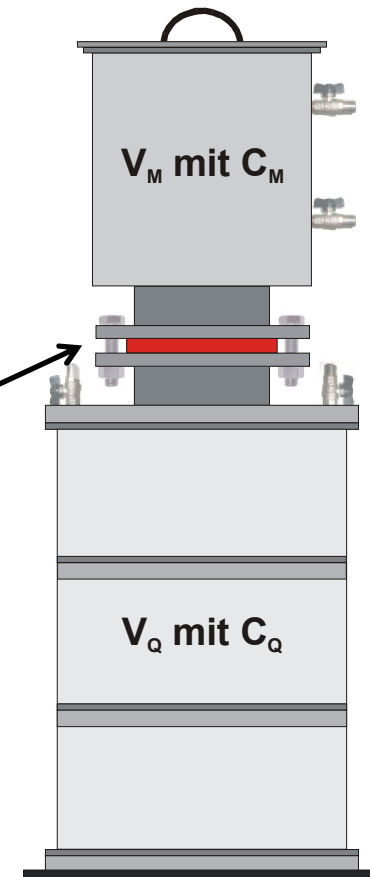
für Messung von 2 Proben unter gleichen Bedingungen

- 1 Quellbehälter, 2 Auffangbehälter
- 2 Quellbehälter (aus selber Radonquelle gespeist),
2 Auffangbehälter

Prinzipskizze

- V_Q Quellbehälter
- C_Q Radonkonzentration im Quellbehälter
- V_M Auffangbehälter
- C_M Radonkonzentration im Auffangbehälter

Probe



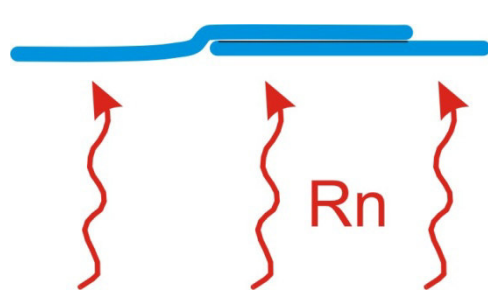
ISO/TS 11665-13: Messprinzip

- Einbringen des Prüfkörpers zwischen Quell- und Auffangbehälter
- Aufbau der (konstanten) Radonkonzentration in Quellbehälter
- parallele Erfassung der Radonkonzentrationen in Quell- und Auffangbehälter
- Berechnung des Radondiffusionskoeffizienten aus zeitlichen Verläufen der Radonkonzentrationen in den beiden Behältern, der Größe der Prüffläche (“Durchtrittsfenster”) und der Materialdicke

je nach Variante (s. DIN bzw. ISO) ggf. Spülung des Auffangbehälters

Radondiffusionskoeffizient: Messung Naht

diffusiver Weg des Radon?

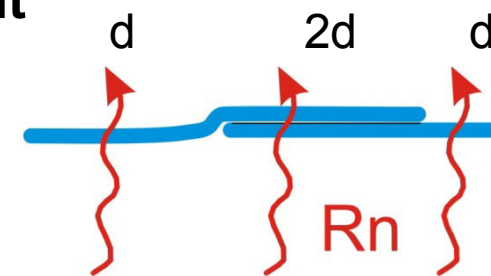


doppelte Lage Folie, ggf.
verbunden mit Klebeband,
Kleber

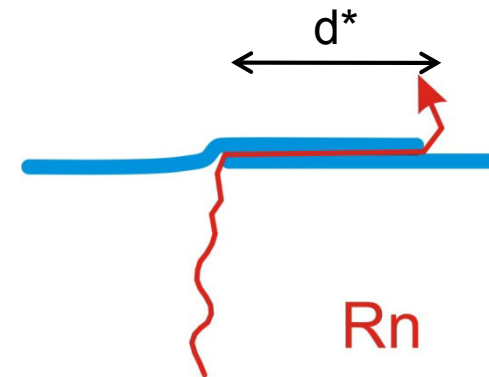
nur **qualitative** Aussage sinnvoll

?

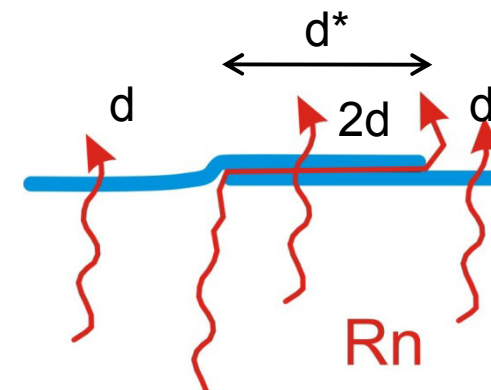
1



2



3



Radondiffusionskoeffizient: internationaler Vergleich

im Prinzip Bestimmung desselben Parameters, aber unterschiedliche Herangehensweisen und Bewertungen

Beispiele

- Irland
- England
- Tschechien
- Schweden
- Norwegen
- Italien
- Deutschland

(Die nachfolgenden Beispielen sind aus Prüfberichten u.ä. entnommen, die im Internet frei verfügbar sind. Es soll die prinzipielle Vorgehensweise beschrieben werden – ohne Nennung eines Produktnamens.)

Radondiffusionskoeffizient: Beispiele Methoden

Table 1. Details on various radon diffusion coefficient measurement techniques obtained from the literature

Ref.	T	S.surf.	V	SC _{Rn}	Rn detector	Q	R
LER (2009)	-	590 cm ²	9.5 l	-	AlphaGuard	k, P*	-
Hosoda et al. (2009)	-	121 cm ²	-	Tens kBq/m ³	Pylon	D _{ef}	NSD/ C
Steiner et al. (2009)	Days	-	-	Var. sources strength	Rad7	L	SD
Malki et al. (2010)	21 days	-	-	300 kBq/m ³	Electrets, Activated charcoal	L	SD
Durčik et al. (1996)	Days (weeks)	From 50 cm ² to 600 cm ²	30 l	200 kBq/m ³	Scintillation chamber	D	C
Pressyanov et al. (2009)	66h	-	50 l	1600 Bq/l	Gamma spectrometry	L	-
Cosma (2009)	48-98 h	400 cm ²	-	Hundreds of kBq/m ³	Rad7, Radim Eman	D	C
Sarad Geolab (2009)	Days (weeks)	78 cm ² resp. 225 m ²	-	Hundreds of kBq/m ³	Radon Monitor RM 2000	P	SD
Gulabyants (2009)	Hours	Depends	Depends	Hundreds to Thousands kBq/m ³	Scintillation chamber	D	-
Jiraneck et al. (2008)	Tens to hundreds of hours	152 cm ²	2.3 l	Thousands of kBq/m ³	Receiver continuous ionizing chamber	D	NSD

T – Duration of measurement
 S.surf – Sample surface
 V – Receiver container volume
 SC_{Rn} – Source radon concentration
 Q – Measured quantity – D – diffusion coefficient (m²/s), P – radon permeability (according to Fernandez et al. (2004)), L – diffusion length (m), k, radon permeability according LER (2009), P* radon transmittance according LER (2009)
 R – Regime of diffusion (Steady state - SD, Non-steady state - NSD), Regime of source (Constant – C)

keine einheitliche Methode: Unterschiede u.a. in

- **Messdauer**
- **Quellstärke**
- **Messgeräte** (aktiv/passiv)
- **ermittelter Messgröße**
- ...

nach Rovenska & Jiraneck (2012): Radon diffusion coefficient measurement in waterproofings – A review of methods and an analysis of differences in results.

Irland: Radondiffusionskoeffizient

maximaler Wert für Radondiffusionskoeffizient D: $1,2 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$
(*Building Regulations 1997, Technical Guidance Document C: Site Preparation and Resistance to Moisture*)

- Messung – zusammen mit anderen Parametern (z.B.: Zugfestigkeit) - durch anerkannte Messstelle
- bezieht sich primär auf LDPE-Folien, soll aber auch für andere Materialien gelten
- Dicke des Materials bleibt hierbei unberücksichtigt

Beispiel Irland

Beispiel PE-Folie (Dicke: 300 µm)

radon transmittance, in die konkrete Dicke d des Materials eingeht, und *radon permeability* (Radondiffusionskoeffizient)

**Part C – Site Preparation and Resistance to Moisture
C3 – Dangerous Substances**

Radbar, when used as an integral part of a radon protection system, will meet the requirement with respect to radon gas.

Properties	Radbar	Test Method
Colour	Green	
Thickness (µm)	300	
Standard Roll Size (m)	4x20, 3.6x20	
Mass (g/m ²)	276	BS 2782-6:1991 (1996)
Tensile Strength (N)	164-182	MOAT 27 Method 620A
% Elongation at break	Long. 713 Trans. 743	BS 2782:1976 (1996) Method 320A
Tear Strength (N)	Long. 140 Trans. 140	BS 2782-3:1991 (1996) Method 360B
Water Vapour Resistance (MNs/g)	708	BS 3177:1959 (1995)
Water Vapour Transmission Rate (g/m ² /day)	0.29	BS 3177:1959 (1995)
Radon Permeability (10 ⁻¹² m ² /s)	8±15%	Laboratory test with radon gas (Rn-222)
Radon Transmittance (10 ⁻⁹ m/s)	22±15%	Laboratory test with radon gas (Rn-222)
Dart Impact Resistance (g) Main Film Edge Fold	980 350	BS 2782-3:1996 Method 352F
Roll weight (kg)	22.08, 19.87	

England: Radondiffusionskoeffizient

PE-Folien mit Dicke von **mindestens 300 µm** ausreichend (*Radon – Guidance on protective measures for new buildings, 2015*)

6.2.1 Barriers

Generally a membrane of 300 micrometre (1200 gauge) polyethylene sheet will be adequate. (It is acknowledged that some diffusion will occur through the sheet. However, as most radon entry is through cracks, this diffusion can be ignored.) To be successful it must be installed with considerable care and protected once installed.



Hinweise





- wegen „Baustellenbedingungen“ (d.h. Gefahr der Beschädigung) ggf. dickere Materialien wählen
- in Ecken u.ä. vorgefertigte Komponenten des Herstellers einsetzen
- recyceltes Material derselben Dicke kann schlechte Eigenschaften besitzen

Tschechien: Materialdicke

(komplexe) Formel zur Berechnung der (notwendigen) Dicke eines Materials, um als „Radonschutz“ zu fungieren, u.a. Berücksichtigung spezifischer **Boden-**, **Gebäude-** und **Nutzer**charakteristika

Thickness of the radon-proof insulation

$$d \geq l \cdot \operatorname{arcsinh} \frac{\alpha_1 \cdot l \cdot \lambda \cdot C_s \cdot (A_f + A_w)}{C_{dif} \cdot n \cdot V}$$

-  C_s ... radon concentration in the soil gas (Bq/m³)
- λ radon decay constant (0,00756 h⁻¹)
- d thickness of the membrane (m)
- l radon diffusion length in the membrane $l = (D/\lambda)^{1/2}$ (m)
- D radon diffusion coefficient in the membrane (m²/h)
- α_1 ... safety factor
-  $A_f A_w$. floor and wall areas in contact with the soil (m²)
-  n ventilation rate (h⁻¹)
-  C_{dif} ... fraction of reference level caused by diffusion (Bq/m³)

nach Jiranek (2010): Radon Preventive Measures in the Czech Republic with Special Emphasis on Radon-Proof Membranes.-
Tagungsbeitrag Prag

Beispiel Tschechien

Beispiel Bitumenbahn (Dicke: 3,27 mm)

Radondiffusionskoeffizient mit Verweis auf tschechische Baunorm (ČSN 73 0601) bzgl. Anwendungsmöglichkeit in Praxis

Test results

The results of performed tests are compiled in the following table:

TESTED MATERIAL	RADON DIFFUSION COEFFICIENT D (m ² /s)	
	mean value	uncertainty
Material x	9,8.10 ⁻¹²	± 0,9.10 ⁻¹²
Material x joint	4,9.10 ⁻¹²	± 0,5.10 ⁻¹²

The stated uncertainty of the measurement is the uncertainty with the coefficient k = 2, which for the normal distribution corresponds to the probability of coverage approx. 95 %.

Recommendation

Applicability of the tested material to a radon-proof membrane should be in a particular case considered in accordance with ČSN 73 0601 “Protection of buildings against radon from the soil”.

Beispiel Schweden

Beispiel Butyl-Folie (Dicke: 1 mm)

radon transmittance P , in die konkrete Dicke d des Materials eingeht ($P = k/d$), und *radon permeability* k (Radondiffusionskoeffizient)

The radon transmittance of the material is calculated to

$$P = 1.141 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$$

and the radon permeability (assuming thickness of test specimen 0.001 m) to

$$k = 1.141 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$$

Norwegen

SINTEF (Stiftelsen for industriell og teknisk forskning): **Radonfolien**

- Bestimmung von *radon transmittance* (in m/s) und *radon resistance* (in s/m)
- Betrachtung unterschiedlicher Einbausituationen (A, B, C)
- A: Folie unter Bodenplatte mit „dichter“ Trennung gegen Untergrund
- B: Folie innerhalb der Wärmedämmung mit „dichtem“ Anschluss an Fundament
- C: Folie im Fußbodenaufbau mit dichtem Anschluss an Untergrund/Wand
- unterschiedliche Anforderungen: A = maximale Anforderung > B > C; gilt insbesondere für mechanische Kenngrößen
- für alle: ***radon resistance* > 50 Ms/m**

Beispiel Norwegen

Beispiel PE-Folie (Dicke: 400 µm)

radon resistance mit Verweis auf schwedische Prüfmethode

hier vermutlich falsche Einheit angegeben!?
richtig ist: s/m

Radon concentration

RadonStop 400 should be used where the radon concentration does not exceed 0.9 MBq. However, ground conditions may change during the building's lifetime. Arrangements to allow for other action to reduce radon penetration at a later date should therefore be incorporated.

Properties	Value	Unit	Test method
Radon resistance	5,8·10 ¹¹	m ² ·s·Pa/kg	SP-method (see cl. 8)
Tensile strength - longitudinal - transverse	400 400	N/50 mm N/50 mm	EN 12311-2
Elongation at break - longitudinal - transverse	600 700	% %	EN 12311-2
Shear strength in joint	> 100	N/50 mm	EN 12317-2
Dimensional stability - longitudinal - transverse	- 0,5 0,1	% %	EN1107-2
Foldability at low temperature	- 30	°C	EN 495-5
Tear strength (trapezoidal) - longitudinal - transverse	100 100	N N	EN 12310-2
Puncture resistance - static load - impact	100 30	N mm	EN 12730 EN 12691
Water vapour resistance	700·10 ⁹ 5,3·10 ⁶ s _d = 135	m ² sPa/kg s/m m	BS 3177
Air tightness - Construction	2*	l/min	NBI-method 167/01

¹⁾ Calculated at a pressure difference of 30 Pa

Beispiel Italien

Beispiel PE-Folie (Dicke: 400 µm)

indirekte Methode:

Prüfung auf Durchlässigkeit mit Helium und/oder Argon: Angabe eines Ergebnisses mit Einheit $\text{cm}^3/\text{m}^2 \times 24 \text{ h}$ bei 1 atm

- „Bewertung“:
Helium und/oder Argon haben kleineren Atomradius als Radon, d.h. Material ist "radondicht", wenn es auch "helium-" und/oder "argondicht" ist
- in Abhängigkeit der o.g. Messgröße vierstufige Unterscheidung

Tipologia di barriera		Permeabilità al radon
Molto impermeabile	Alta barriera	$< 1 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \times 24\text{h} \times \text{atm}$
Impermeabile	Media barriera	$< 10 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \times 24\text{h} \times \text{atm}$
Poco permeabile	Bassa barriera	$< 100 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \times 24\text{h} \times \text{atm}$
Permeabile	Non barriera	$> 100 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \times 24\text{h} \times \text{atm}$

Deutschland

- Bestimmung des **Radondiffusionskoeffizienten D**
- Berechnung der **Diffusionslänge I** (auch Relaxationslänge) nach
$$I = (D/\lambda)^{1/2}$$
- diese wird ins Verhältnis zur **Materialdicke d** gesetzt

darauf beruht **Konvention** nach Prof. Dr. Keller (1990er, empirisch!):

- relativ „**radondicht**“, wenn **$d > 3 I$**
(Materialdicke dreimal größer als Diffusionslänge)
- „**radonhemmend**“, wenn **$3 I < d < 1/2 I$**
- „**radonpermeabel**“ bzw. „**nicht radondicht**“, wenn **$d < 1/2 I$**

Abschätzung:

wenn $d > 3 I$, dann werden ca. 95 % des in der Bodenluft anstehenden Radon durch das Material zurückgehalten

Deutschland

– Beispiel Prüfbericht Bitumendickbeschichtung

Bezeichnung der Messgrößen	Messwerte
Diffusionskonstante D	$3,96 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
Diffusionslänge L_D	1,37 mm
Materialstärke des Prüfkörpers d	5,0 mm
Prüffläche des Dichtwerkstoffs F	196 cm ²
Prüfparameter $R = d/L_D$	3,64
Ergebnis	R > 3, radondicht

Ein Werkstoff ist als "radondicht" zu bezeichnen, wenn seine Radondiffusionslänge (L_D) kleiner als ein Drittel der Dicke (d) des Materials ist, anderenfalls ist das Material als "nicht radondicht" zu bezeichnen. Bei einem "radondichten" Werkstoff kann höchstens 5% des Radons das Material diffusiv durchdringen.

Materialien zur Abdichtung: Labor - Baustelle

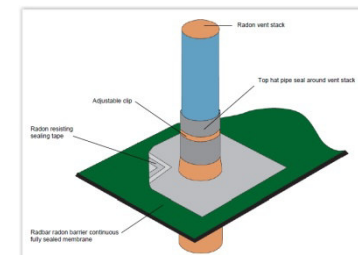
idR Laborprüfung unter standardisierten Bedingungen

Laborprüfung kann/wird von Situation auf **Baustelle** abweichen, d.h. hier Gewährleistung einer sorgfältigen fachgerechten Bauausführung entscheidend, z.B.:

- keine Beschädigung bei oder nach Verlegung
- lückenlose Ausbringung über gesamten erdberührten Bereich, d.h. (gasdichte) Verschweißung von Überlappungen, Nähten u.ä.
- Fugen im Anschlussbereich Boden – aufsteigendes Mauerwerk gasdicht verschließen
- kritisch: Durchdringungen, hier Manschetten, Flansche u.ä. nötig

Achtung:

- Gefahr ungewollter Beschädigung bei späteren Baumaßnahmen
- keine Langzeiterfahrungen zu Materialalterung bzw. -ermüdung



Materialien zur Abdichtung: Bewertung

- Auswahl aus Vielzahl von Produkten aus dem Bereich Feuchteschutz, d.h. von standardmäßig eingesetzten Materialien
 - Nachweis der grundsätzlichen Eignung derartiger Materialien als Radonschutz
 - ggf. Nachweis der Materialverträglichkeit mit anderen Produkten

„Unsicherheiten“

- „radondicht“: keine (einheitliche) Definition (diffusiv – konvektiv ?)
- Messung des Radondiffusionskoeffizienten
 - liefert zunächst keine Aussage über „Radondichtheit“
 - keine „allgemeingültige“ Bewertung bzw. Klassifikation
 - landesspezifisch unterschiedliche Eignung eines Materials möglich
- Unterscheidung Labor – Baustelle, ggf. Gasdichtigkeitsprüfung auf Baustelle empfehlenswert

Materialien zur Abdichtung: Ausblick

wünschenswert:

- Vereinheitlichung der z.Zt. bestehenden Ansätze zur Bestimmung der „Radondichtheit“ eines Materials
- ggf. Einführung einer neuen „Bewertungsgröße“, z.B.: *radon resistance* (vereinfacht = Dicke / Radondiffusionskoeffizient)
- einheitliche Bewertung, Klassifikation o.ä. (z.B. bzgl. der Mindestmaterialdicke oder des *radon resistance*)
- Nachweis der ausreichenden „Haltbarkeit“ des Materials im Vergleich zur Lebensdauer eines Gebäudes
- ggf. systematische Untersuchungen zur Beständigkeit des Materials bei hohen Radonkonzentrationen in der Bodenluft (vergleichbar Durchwurzelung, UV-Beständigkeit u.ä.)
- ggf. Bezugnahme auf „Bestimmungsverfahren der Radondichtheit“ in Baunormen o.ä.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !