

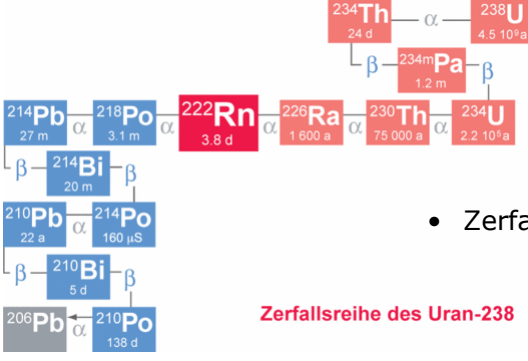



	
<p>RADONmessungen mit der Blower Door Adrian Nussbaumer, dipl. Ing.(FH)</p> <p> Thermografie und Blower-Door Verband Schweiz</p> <p>Blower Door Tagung 2017 – Campus Sursee</p>	
<p>Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH «Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug</p>	


<p>«Welt-Ur-Aufführung» in der Schweiz:</p>	
<p>Einführung des: «Rn₅₀ Wertes»</p>	
<p>Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH «Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug</p>	

<h2>Einführung über Markt</h2>	
<p>Adrian Nussbaumer (Jg64; Ur-Zuger) seit 2001 mit den Themen Gesundheit im Innenraum in Messtechnik & Beratung Vollzeit beschäftigt:</p> <p>Physik: NIS (Elektrosmog); Radon/Störschall bis Lichtqualität</p> <p>Chemie: Bauchemie / Luftschadstoffe</p> <p>Mikrobiologie: Schimmel-& Hefepilze Bakterien, Milben/Allergene</p> <p>Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH ; CH 6302 Zug</p>	
<p>Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH «Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug</p>	

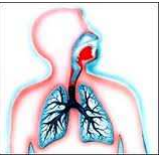
<h2>Radon die unsichtbare Gefahr</h2> <p>(unsichtbar, für Blower Door'ler nix neues)</p>	
<div style="text-align: center;">  <p>• Zerfallstage !</p> <p>Zerfallsreihe des Uran-238</p> </div>	
<p>Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH «Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug</p>	


Radon Zerfall					
Natürliche Zerfallsreihe von Uran-238					
Nuklid	HWZ	Teilchenstrahlung	Gammaaktivität		
U-238 ↓ Uran	4.500.000.000 Jahre	Alpha	9 %	< 200 keV	
Th-234 ↓ Thorium	24 Tage	Beta	20 %	< 200 keV	
Pa-234 ↓ Protactinium	1,2 Minuten	Beta	3 %	< 200 keV	
U-234 ↓ Uran	250.000 Jahre	Alpha	11 %	< 200 keV	
Th-230 ↓ Thorium	75.000 Jahre	Alpha	8 %	< 200 keV	
Ra-226 ↓ Radium	1600 Jahre	Alpha	5 %	< 500 keV	
Rn-222 ↓ Radon	3,8 Tage	Alpha	<1 %	< 600 keV	
Po-218 ↓ Polonium	3 Minuten	Alpha	keine	--	
Pb-214 ↓ Blei	26 Minuten	Beta	> 70 %	< 500 keV	
Bi-214 ↓ Bismut	20 Minuten	Beta	~ 100 %	bis 2500 keV	
Po-214 ↓ Polonium	0,00014 Sekunden	Alpha	<1%	< 800 keV	
Pb-210 ↓ Blei	22 Jahre	Beta	30 %	< 100 keV	
Bi-210 ↓ Bismut	5 Tage	Beta	keine	--	
Po-210 ↓ Polonium	138 Tage	Alpha	~1 %	800 keV	
Pb-206 ↓ Blei	stabil		keine		

Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH
«Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug



Radon und Gefährlichkeit für den Menschen





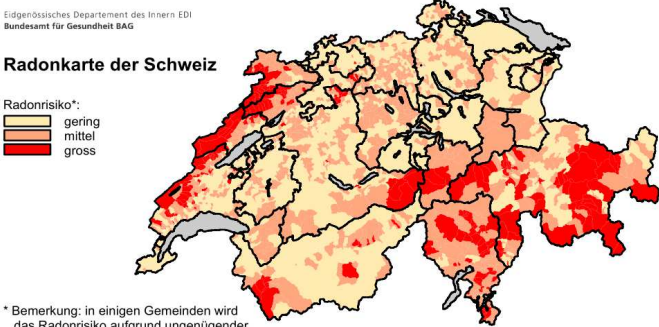






Einatmen: In welchem Zerfalls-Zustand ist Radon momentan?

⇒ Radon ist der Auslöser - Platz 2 – für Lungenkrebs
GER: 5% der Todesfälle - 2016
CH: 10% der Todesfälle - 2016

Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH
«Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug



<h2>Radon- Karte Schweiz</h2>		
<p>Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra</p> <p>Eidgenössisches Departement des Innern EDI Bundesamt für Gesundheit BAG</p> <h3>Radonkarte der Schweiz</h3> <p>Radonrisiko*: gering mittel gross</p>  <p>* Bemerkung: in einigen Gemeinden wird das Radonrisiko aufgrund ungenügender Messungen geschätzt (siehe "Suchmaschine nach Gemeinde" unter www.ch-radon.ch).</p>		
<p>Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH «Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug</p>		

<h2>Radon-Messprogramme des BAG</h2>		
<ul style="list-style-type: none">• Radon-Aktionsplan 2012-2020• Winter-Messungen 2012 (2009) bis 2013• Erstellen neue Radon-Karte Schweiz 2016 – mit Daten 2013• BAG: Messprogramm Kurzzeitmessungen 2016/2017	<ul style="list-style-type: none">• WHO indoor handbook 2009• Grenzwert : 1000 Bq/m³ ?• WHO: Richtwert AVG/a = 300 Bq/m³	
<p>Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH «Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug</p>		



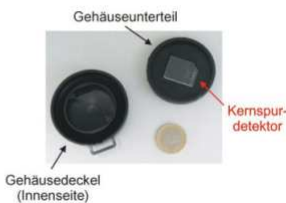
<h2>Radon in Normen: StV ab 1.1.2018</h2>	
<p>Strahlenschutz Verordnung SR 814.501:</p> <p>Grenzwert von 1000 Bq/m³ wird «heruntergesetzt»</p> <p>zu</p> <p>Jahres-Mittel-Richtwert von 300 Bq/m³</p> <p>Und wie beurteilt ?</p>	
<p>Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH «Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug</p>	

<h2>Radon in Normen: SIA 180: 2014</h2>	
<p>Die Sache mit der gesunden Innenraumluft: Raumluftqualität und Luftdichtigkeit</p> <ul style="list-style-type: none">• - Lüftungskonzept ! aufgrund Luftdichtigkeit – zur Regulierung der Feuchte• - Reduktion von Luftverunreinigungsquellen:<ul style="list-style-type: none">. VOC aus Baumaterialien. Einhalt/Fernbleiben vom Innenraum von Radon• . Gewährleistung der Luftdichtigkeit gegenüber Räumen mit erhöhter Feuchte und oder erhöhter Radondosis	
<p>Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH «Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug</p>	

Radon Messungen nach StV / BAG

• Anerkannte Messung BAG / weltweit:
min 1 Monat, besser 3 Monate mit Passivsammlern in
der Winterjahreshälfte in 1, besser 2 Räumen

Messgerät: Kernspurexposimeter
Methode: **DIN ISO 11665-4, DIN ISO 11665-8**
Messpunkt: Innenraum
Empfindlichkeit: ab 10 Bq/m³
Fehler: ± 20 %





Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH
«Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug


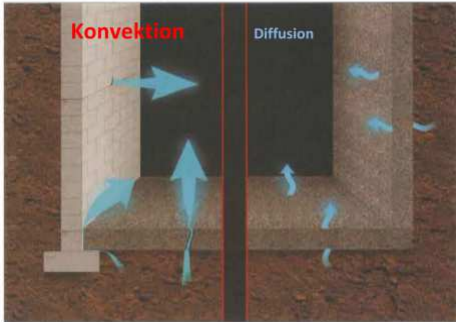






Gebäudeplanung – brauchbare Messung Radonkonzentration?

- Beurteilung der Radondichtheit eines Gebäudes (**Bestand, Neubau**)
- Erleichterte Erkennung von Radon-Eintrittspfaden
- Abschätzung des Radon Jahresmittelwertes über Kurzzeitmessungen
- Literaturrecherche
(Studien aus Deutschland, Österreich, Frankreich und Tschechien)
- Messung der Radonkonzentration während der Unterdrucksituation unter definierten Bedingungen „worst case“ in bestehenden Objekten
 - Differenzdruck Gebäude vs. Erdreich
 - Luftwechsel während der Unterdrucksituation
- Vergleich mit Radon-Langzeitmessungen nach DIN ISO 11665-4 - Messungen mit *Kernspurexposimeter*


Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH
«Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug



<h2>Grundlagen des Radoneintritts in Gebäude</h2>		
<h3>Mechanismus des Radon-Eintrags</h3>		
	<p>Priorität des Eintritts:</p> <ol style="list-style-type: none">1.) Konvektion2.) Diffusion3.) Exhalation aus Bau – Materialien (Wasser)	
<p><small>Abb. 4.1 Konvektives Eindringen von radonhaltiger Bodenluft durch Leckstellen (links) und Diffusion von Radon durch Bauteile hindurch (rechts).</small></p> <p><small>Quelle: Radon-Handbuch Deutschland (BfS 2011)</small></p>		
<p>Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH «Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug</p>		

<h2>Grundlagen der «neuen» Analytik für Gebäude (Bestehende Analytik)</h2>		
<p>Luftdichtigkeitsmessungen mit der Differenzdruck-Methode: DIN EN ISO 9972:2015</p> <p>SIA 180:2014 mit Korrigenda 2015: SIA 180-C1 SIA 180.206 minergie® RILUMI 3/2011 minergie® Checkliste Gebäude-Dichtigkeit BFE minergie® - P: Luftdichtigkeits - Praxistest</p> <p>→ Bestimmung des n₅₀-Wertes !</p>		
<p>Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH «Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug</p>		

Grundlagen der «neuen» Analytik für Gebäude (theoretische Forschung - Literatur)




a) Maringer et al. 1998 *“Ein robustes und schnelles Verfahren zur Abschätzung der langzeitlich mittleren Radon-konzentration in einem Gebäude (erweiterte Blower-Door-Methode)”* - Messungen in Bestandsgebäuden:
→ Radonkonzentration bei 50 Pa Unterdruck in guter Korrelation mit Jahresmittelwert


b) Froňka, A., Moučka 2005 *„Blower Door Method in Radon Diagnostics“*
→ Bestimmung der Radon-Eintrittsrate bei verschiedenen Unterdrucksituationen

c) Collignan et al. 2014 *„Procedure for the characterization of radon potential in existing dwellings and to assess the annual average indoor radon concentration“*
→ Abschätzung des Jahresmittelwertes durch Bestimmung der flächenbezogenen Radon-Eintrittsrate durch Blower-Door-Messungen


→ BfS-Forschungsvorhaben: *„Qualifizierung der Luftdichtheitsmessung an Gebäuden zur Ableitung eines Prüfwertes im Hinblick auf die Unterschreitung des Referenzwertes der mittleren Radonkonzentration in Innenräumen“*, 2016 - 2018




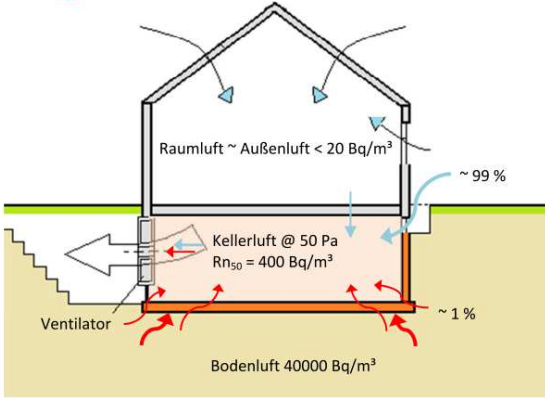
Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH
«Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug




Grundlagen der «neuen» Analytik für Gebäude (Praxis)



Schema Rn₅₀-Test



Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH
«Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug




Grundlagen der «neuen» Analytik für Gebäude (Praxis-Erfahrung)

Zeit bis zur Gleichgewichtskonzentration (97% Max.) bei konstanter Quellstärke

Luftwechsel	Zeit bis zur Gleichgewichtskonzentration (97% Max.)
Luftwechsel 4/h	0,9 h
Luftwechsel 2/h	1,7 h
Luftwechsel 1/h	3,5 h
Luftwechsel 0,5/h	7 h
Luftwechsel 0,2/h	17 h

Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH
«Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug




Grundlagen der «neuen» Analytik für Gebäude (Berechnung)

Radonkonzentration sehr stabil und (zeitverträglich) mit Unterdruck erhoben, $dP = 50$ [Pa]:


Nachfolgende Berechnung zum «Jahres-Mittelwert»:

- 1) Gleichgewichtskonzentration / Abschätzung der Raumlufkonzentration
- 2) Radon-Quellstärke bei gegebenem Unterdruck
- 3) Radonkonzentration in Abhängigkeit der Zeit

Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH
«Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug





Beispiel




Objekt 2 Wohnhaus 2 in Stuttgart Büro- und Kellerbereich UG

Raumvolumen: 110 m³
 Bodenfläche: 50 m²
 Radonpotential (geog.) mittel


	Sommer 2016	Winter 2016/2017
n ₅₀ :	16,4	12,7
Rn ₅₀ :	600 Bq/m ³	500 Bq/m ³
Rn ₅₀ -Eintrittsrate:	9800 Bq/m ³ h	6400 Bq/m ³ h
Rn-Konz. Langzeit:	670 Bq/m ³	








Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH
«Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug




Beispiel




Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH
«Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug



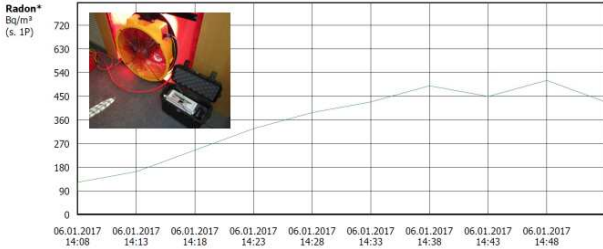
Beispiel



Der Rn₅₀-Test


Anstieg der Radonkonzentration während der Unterdrucksituation (dP = 50 Pa)

Radon*
Bq/m³
(s. 1P)




Beispiel Objekt 6 n₅₀ = 3,8 (Luftwechsel pro h bei 50 Pa)
 Rn₅₀ = 520 Bq/m³ (max. Radonkonz. bei 50 Pa)
 Messgerät RTM1688-2 (fast-modus)

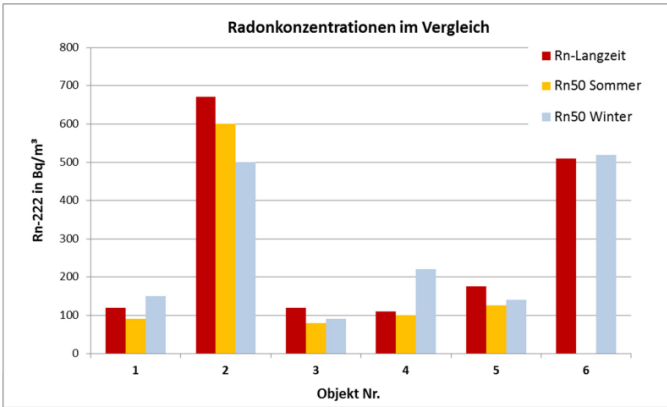
Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH
«Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug




Datenmaterial aus Beispielen







Radonkonzentrationen im Vergleich







Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH
«Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug





<h2>Résumé</h2>	
<p>Die Radon-Blower-Door Prüfung [Rn50-Test] ist ein hilfreiches Werkzeug zur:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Bestimmung der konvektiven Radon-Eintrittsrate in ein Gebäude2. Lokalisierung der konvektiven Radon-Eintrittspfade beim «Radon-Sniffing» <ul style="list-style-type: none">• Die Messung bei 50 Pascal Differenzdruck bietet Stabilität in der Aussage, bei zeitlich vertretbarem Aufwand.• Der Unterschied zwischen Sommer und Winter sind vergleichsweise gering	
<p>Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH «Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug</p>	




<h2>Résumé</h2>	
<ul style="list-style-type: none">• Die Übereinstimmung der Radonkonzentrationen der Rn50-Testung und des Jahresmittelwertes sind recht gut (Literatur:Maringer et al) $\delta = 3 \text{ dB} / 50\%$• Aus der bei 50 Pascal Unterdruck gemessenen Radon – Eintrittsrate kann die zu erwartende Radonkonzentration im Jahresmittel rechnerisch «abgeschätzt» werden. (mittlere Durckdirrenz, Luftwechsel)• Kleine Änderungen an der erdberührten Gebäudehülle und dem Nutzerverhalten (Lüftung, Druckdifferenzen) wirken sich deutlich auf die Rn-Konzentration aus	
<p>Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH «Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug</p>	

<h2>Résumé</h2>	
<ul style="list-style-type: none">• Die praktische Umsetzung erfordert sicheren Umgang mit dem Blower-Door-Testverfahren und Messungen mit empfindlichen zeitauflösenden Messgeräten.→ Mit sicherer Blower-Door-Testung UND erfahrener Radonmessung ist es DAS geeignetste Analyseverfahren um den zukünftigen gesetzlichen Radon-Richtwert nachzuweisen !	
<p>Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH «Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug</p>	

<h2>Ausblick</h2>	
<ul style="list-style-type: none">• Radonfachstelle Deutschweiz ist informiert-interessiert!• Bundesamt für Gesundheit- BAG Sektion Radiologische Risiken ist informiert- sehr interessiert!• Messkampagne für Gebäude VOR energetischer Sanierung wird fortgesetzt mit den Vergleichen Rn_{50}-Wert und Lanzeitmessungen der Radon -Eintrittsrage.• Entwicklung von Berechnungsmodellen auf der Basis der flächenbezogenen Radon-Eintrittsrage unter Einbezug des geogenen Radonpotentials. Zu erhebendes Datenmaterial:<ul style="list-style-type: none">→ Radon-Dichtigkeitsprüfungen für Neubauten• Entwicklung einfacherer und zuverlässiger Messtechnik des Rn_{50}-Wertes und zum Radon-Sniffing (Ionisationskammern, Luftionenmessgeräte)	
<p>Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH «Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug</p>	

<h2>Rn₅₀-Wert</h2>	
<p>Eine logische, wissenschaftlich fundierte Vorgehensweise, aufgebaut aus bestehenden Normengerechten messtechnischen Vorgehen – deren Verknüpfung aufgrund von marktbedürfnissen eingeführt werden muss! Die Analyse des Rn₅₀ – Wertes ist ebenso genau – oder besser - wie die bisherigen Messmethoden!</p>	
<p>Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH «Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug</p>	

<h2>Dank I</h2>	
<p>Meinen Kollegen in Frankreich beim ELSEVIER: Herr Dr. B. Collignan und Frau Dr. E. Powaga (Grundstudien& Rechenformeln) Die auch am 6./7.10.2016 dies Vorgehen innerhalb der Konferenz ERA nach langen theoretischen Forschungen der Öffentlichkeit vorstellten.</p> <p>Meinen Kollegen in Deutschland und Norwegen, die seit 2014/2015 die ersten praktischen Versuche tätigten. Insbesondere Dr. Thomas Haumann in Essen- und Team</p> <p>Ebenso der Firma smartmaterials GmbH für die zur Verfügungstellung der Messgeräte SARAD</p>	
<p>Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH «Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug</p>	

<h2>Dank II</h2>	
<p>Vorstandsmitgliedern theCH</p> <p>Herr Stephan Blaser –Thermograph; Erstkontakt</p> <p>Herr Michael Wehrli _ Vizepräsident & Verantwortlicher Blower Door; Einladung an diese Tagung</p> <p>(mein zweiter Auftritt in theCH nach dem Thema Thermographie Feuchte und Schimmel –Glarus/Netstal)</p>	
<p>Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH «Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug</p>	

<h2>Dank III</h2>	
<p>Damen und Herren im Plenum.</p> <ul style="list-style-type: none">• Ich hoffe Ihnen grosse Impulse für Ihre Arbeit gegeben zu haben- auch eine Motivation für gemeinsames Arbeiten für die Gesundheit im Innenraum unserer Kunden und Sie selber. <p>Ich freue mich auf den Austausch: Weitere Infos: Adrian Nussbaumer Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH Erlenstrasse 16; 6302 Zug</p> <ul style="list-style-type: none">• adrian.nussbaumer@ingna.ch• Tel: 041 500 5020	
<p>Ingenieurbüro für Nachhaltigkeit ingna GmbH «Spürbar Wirkung» – CH 6302 Zug</p>	