



**Beiträge tagesnaher Grubenbaue und weiterer
unterirdischer Hohlräume zur Radonbelastung
in Häusern – Grundlagen und Lösungsansätze**
6. Sächsischer Radontag Dresden

C. Schramm, W. Löbner, Wismut GmbH

Gefördert durch:

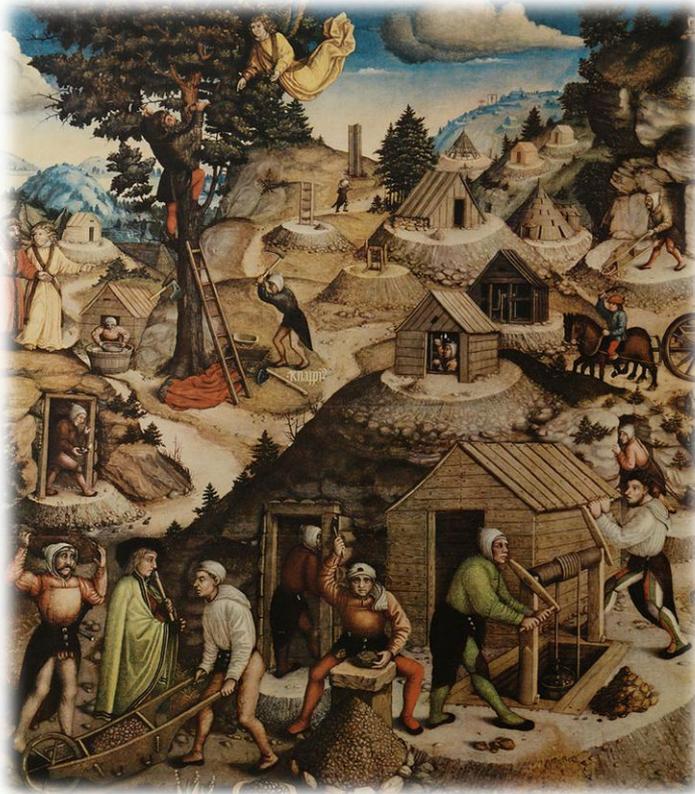


aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Übersicht

- › Einführung: Die Bedeutung bergbaulicher und anderer unterirdischer Hohlräume für die Radonproblematik
- › Radoneintritt in Häuser – Transportmechanismen und Systemverhalten
 - konvektive Transportprozesse im Untergrund
 - der natürliche Auftrieb
- › Lösungsansätze zur Beherrschung der grubenbedingten Radonsituation in Häusern
 - objektspezifische Einzelfalllösungen
 - standortbezogene Lösungen

Einführung – bergbauliche Hinterlassenschaften

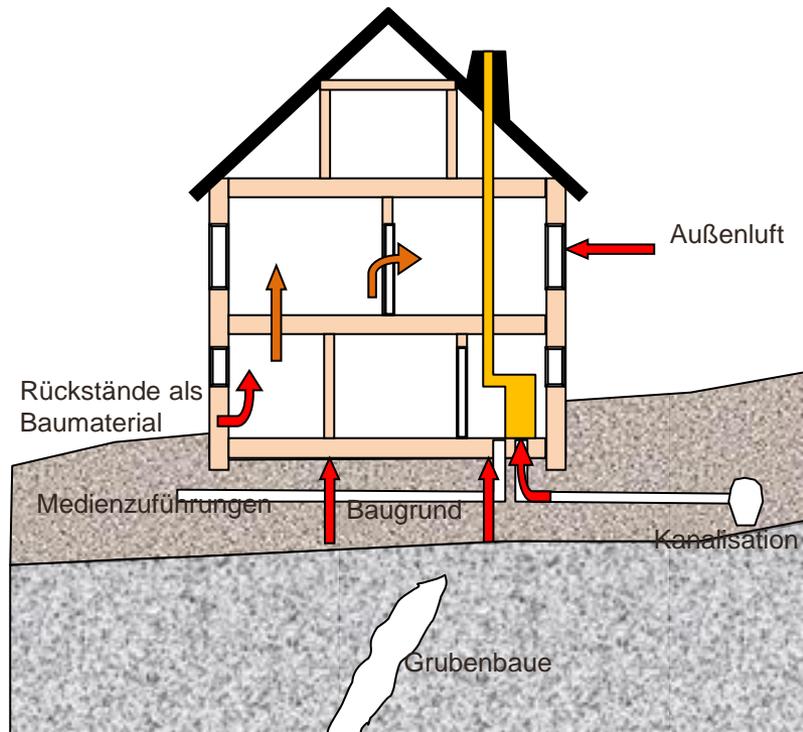


Der Annaberger Bergaltar. Gemälde von Hans Hesse, um 1521



Bergbaulandschaft Schlema-Alberoda. Quelle:
Chronik der WISMUT

Einführung – potenzielle Eintrittspfade



› Radonquellen:

⇒ abwitternde Tagesöffnungen,

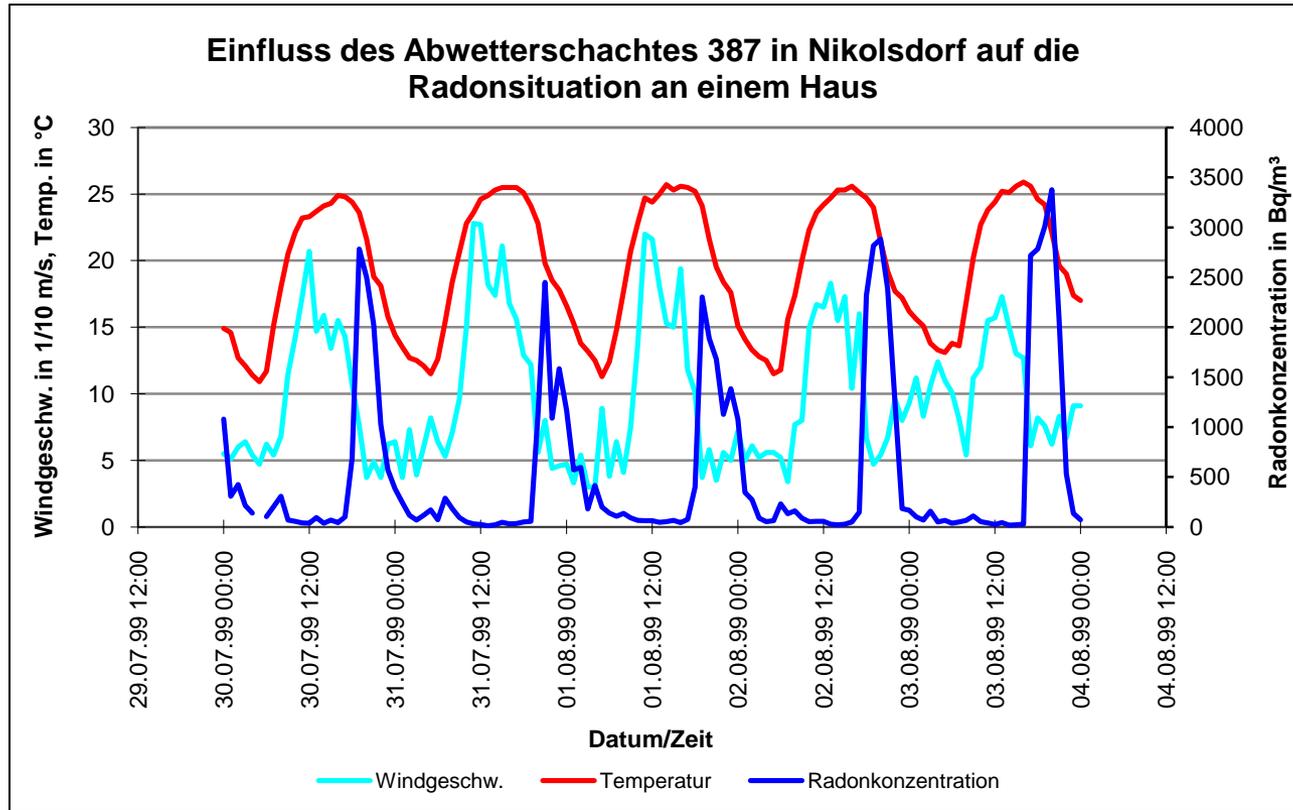
⇒ Halden und Ablagerungen,

⇒ bergbauliche Rückstände,

⇒ tagesnahe Grubenbaue.

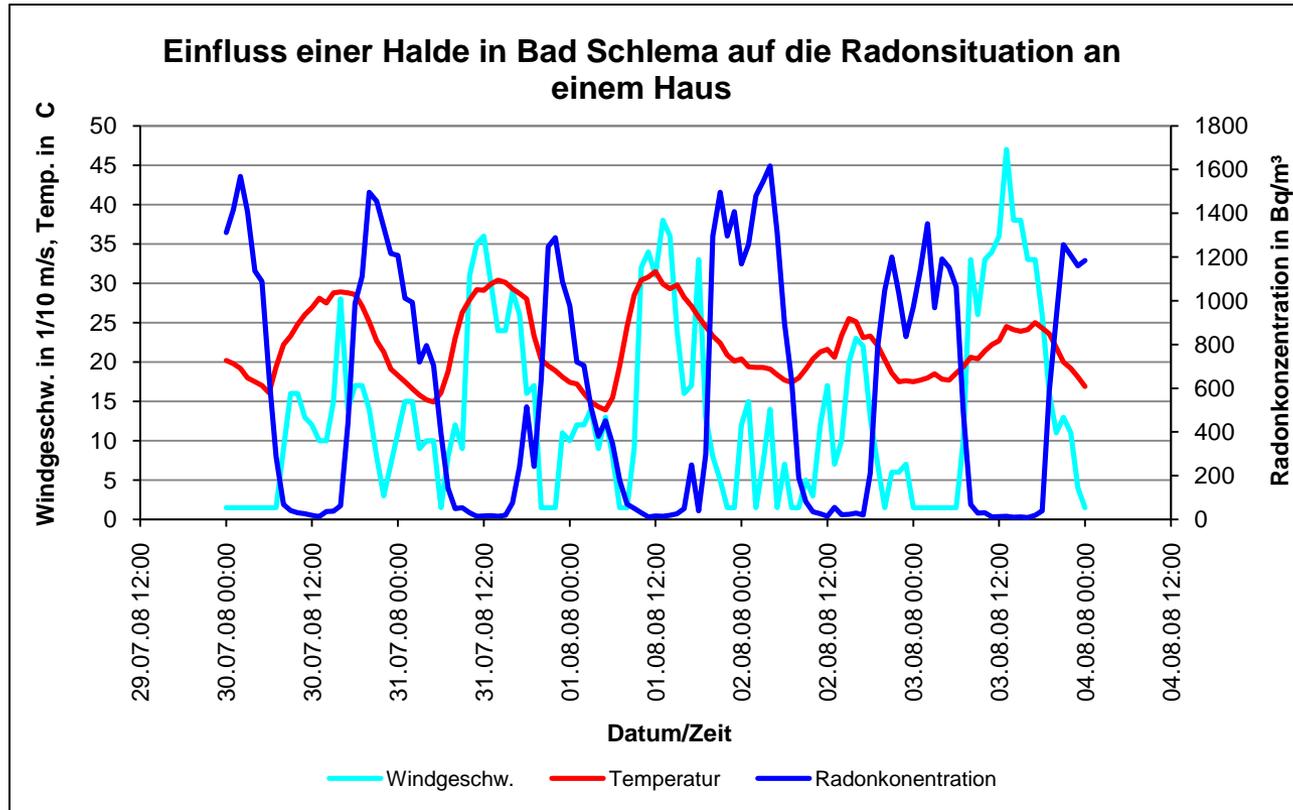
Potenzielle Radoneintrittspfade in ein Haus

Einführung – Einfluss abwetternder Tagesöffnungen



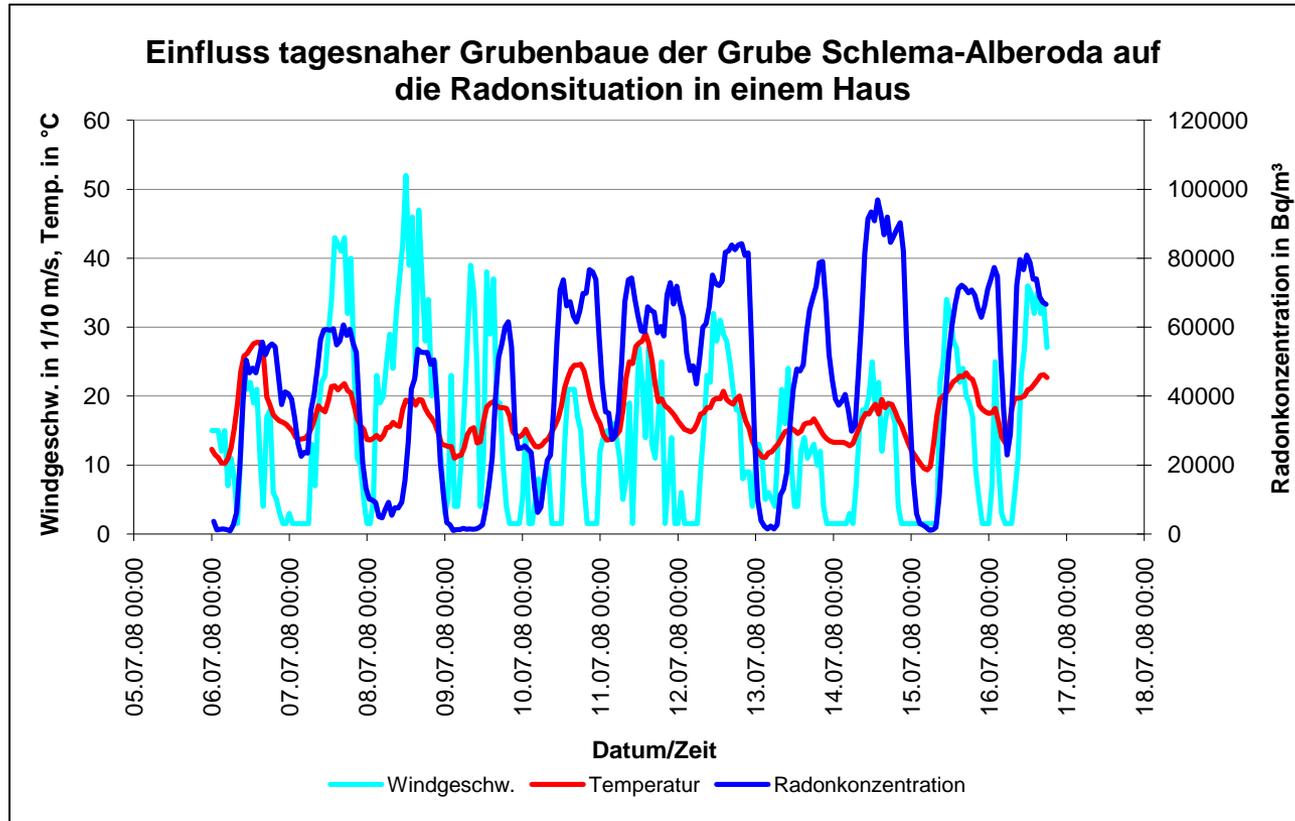
- typisch: ⇒ Radonkonzentrationen bis zu einigen 1.000 Bq/m³,
- ⇒ starke tageszeitliche und jahreszeitliche Dynamik,
- ⇒ wichtige Einflussparameter sind der Wind und die Temperatur.

Einführung – Einfluss von Halden



- typisch: ⇒ Radonkonzentrationen bis zu einigen 1.000 Bq/m³,
- ⇒ starke tageszeitliche und jahreszeitliche Dynamik,
- ⇒ wichtige Einflussparameter sind der Wind und die Temperatur.

Einführung – Einfluss tagesnaher Grubenbaue

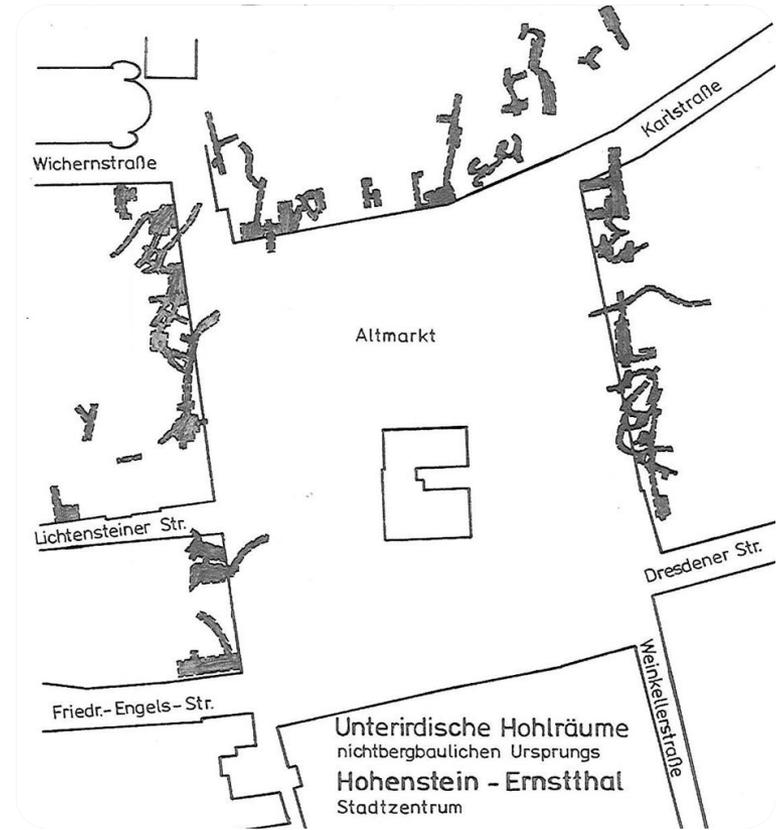


- typisch: ⇒ Radonkonzentrationen bis zu einigen 10.000 Bq/m³,
- ⇒ starke tageszeitliche und jahreszeitliche Dynamik.
- ⇒ Welches sind die wichtigen Einflussparameter ?

Einführung – Situation tagesnaher Hohlräume



Tagesnaher Bergbau in Schneeberg,
Rissauschnitt IB Dr. G. Meier, Wegefarth



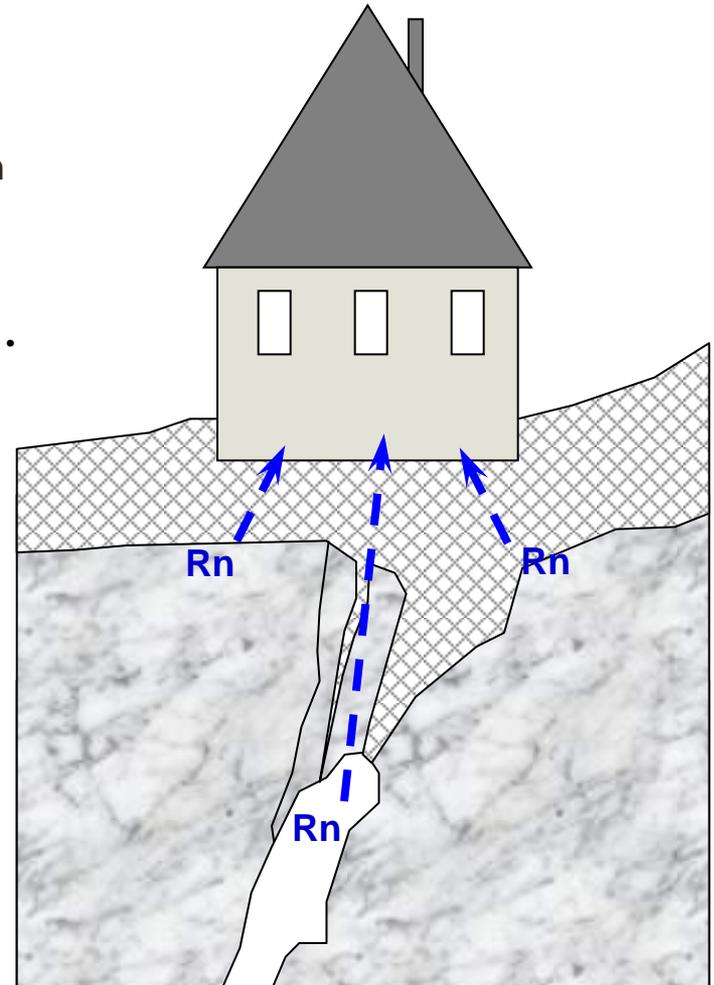
Nicht bergbauliche unterirdische Hohlräume in
Hohenstein, Rissauschnitt GEOPRAX

Radoneintritt in Häuser – Transportmechanismen

- › Radon-Transportgleichung für einem homogenen porösen Körper (eindimensional):

$$\frac{\partial C_B}{\partial t} = \mathbf{D}_{\text{eff}} \frac{\partial^2 C_B}{\partial z^2} - \frac{\mathbf{v}}{\mathbf{n}(\epsilon_L + \kappa \epsilon_W)} \frac{\partial C_B}{\partial z} - \lambda C_B + \mathbf{G} .$$

- ⇒ Radon-Generationsrate: maßgeblich sind die spezif. Ra-226-Aktivität und der Emanationsprozess in den Porenraum,
- ⇒ diffusiver Transport: nur aus dem anstehenden Baugrund, wird vom luftefüllten Porenraum dominiert,
- ⇒ konvektiver Transport: überflügelt die Diffusion bei Gaspermeabilitäten $> 10^{-12} \text{ m}^2$, für die Gaspermeabilität sind Risse, Klüfte und Grobporen entscheidend,
- ⇒ radioaktiver Zerfall des Radons.

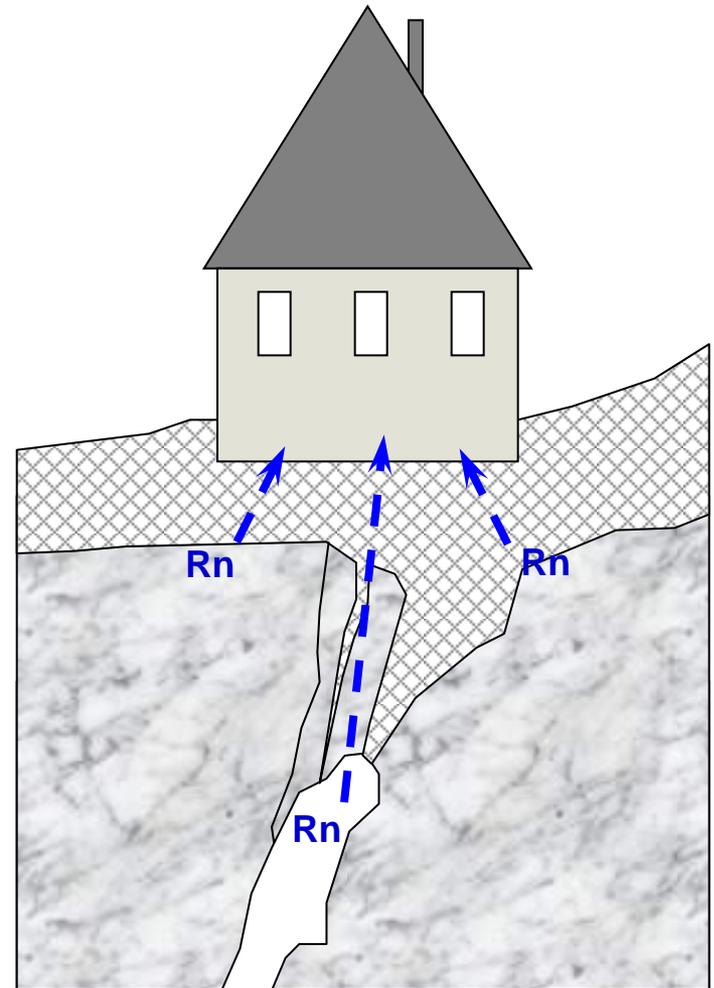


Radoneintritt in Häuser – Transportmechanismen

- › Der Radontransport variiert sowohl räumlich als auch zeitlich erheblich.
- › Im bergbaulich beeinträchtigten Untergrund dominiert der konvektive Radontransport.
- › Die Transportentfernungen können mehrere 100 m betragen.
- › Triebkraft konvektiver Transportprozesse sind stets Druckdifferenzen:

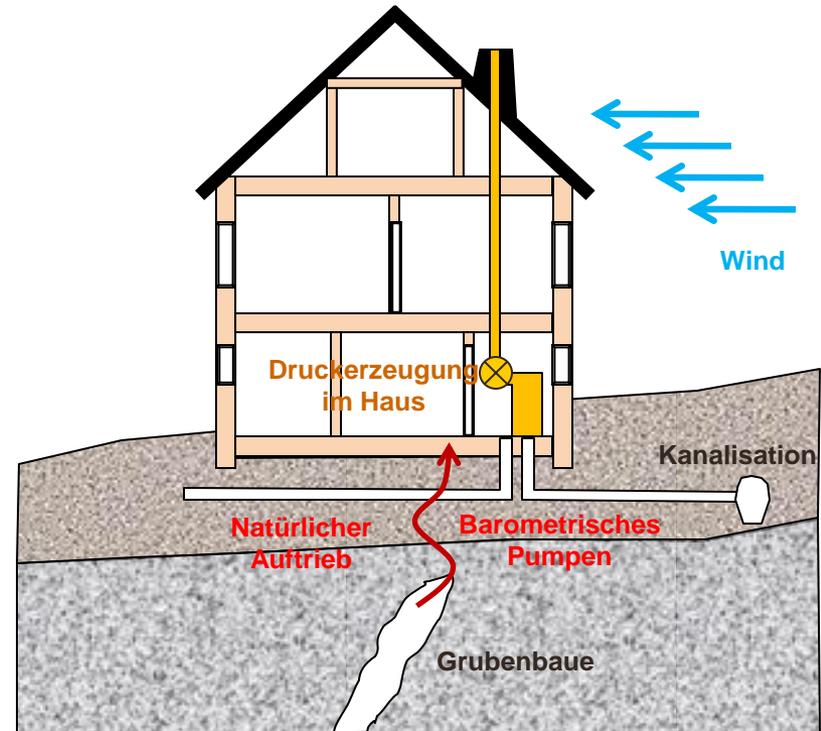
$$\mathbf{v} = - \frac{(\mathbf{k}_P + \mathbf{k}_R)}{\eta} \frac{\partial \mathbf{p}}{\partial \mathbf{z}} .$$

- › An der Gebäudehülle wirken prinzipiell die gleichen Transportmechanismen.
- › Die Radonkonzentration in einem Gebäude wird vom Radonzufluss und vom Luftaustausch mit der Außenluft bestimmt.

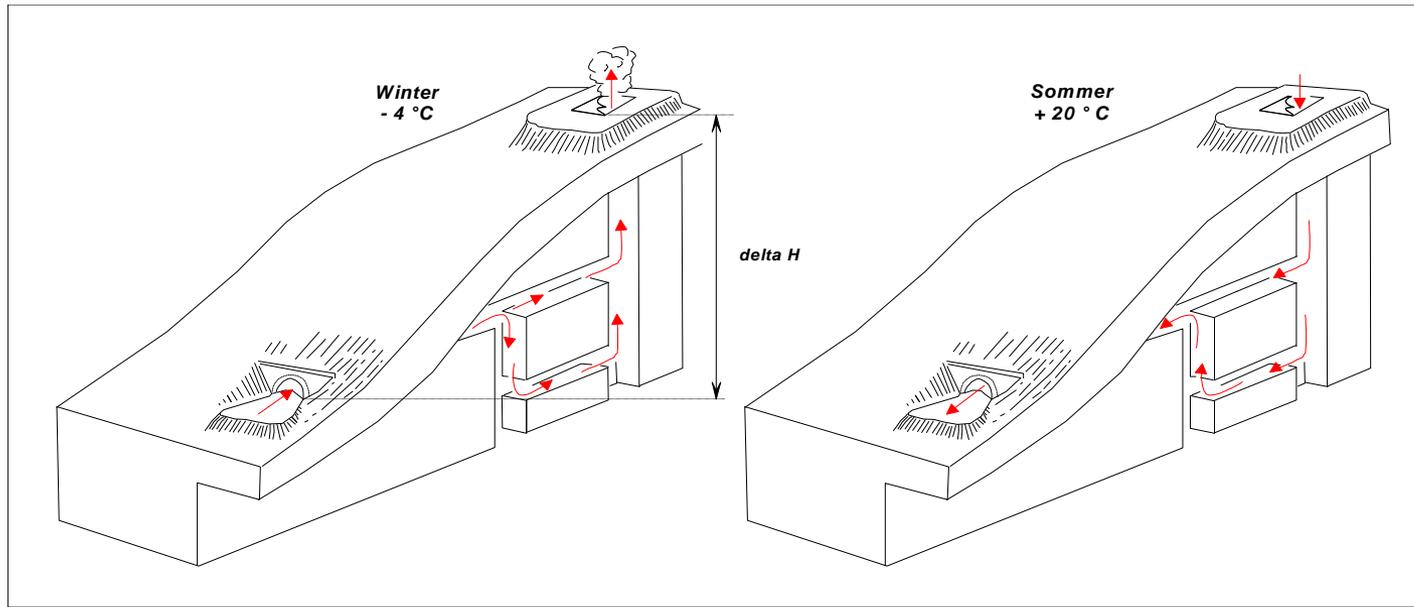


Radoneintritt in Häuser – Triebkräfte des konvektiven Radontransports

- › natürlicher Auftrieb,
- › barometrisches Pumpen,
- › Druckerzeugung im Gebäude,
- › Winddruck.



Radoneintritt in Häuser – natürlicher Auftrieb

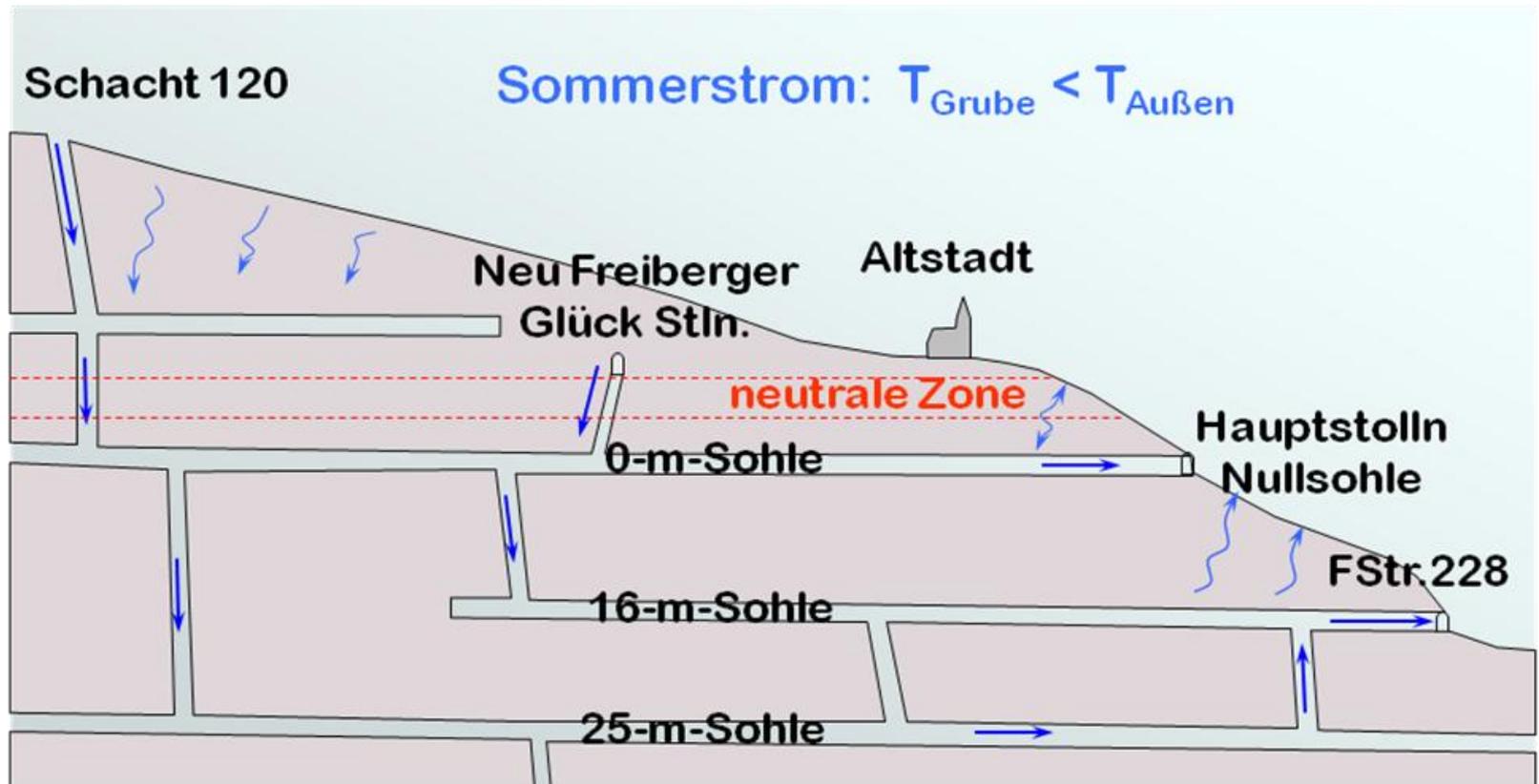


) natürl. Auftrieb: \Rightarrow beruht auf Dichteunterschieden:

$$\Delta p_{\text{nat}} = (\rho_1 - \rho_2) \cdot g \cdot h ,$$

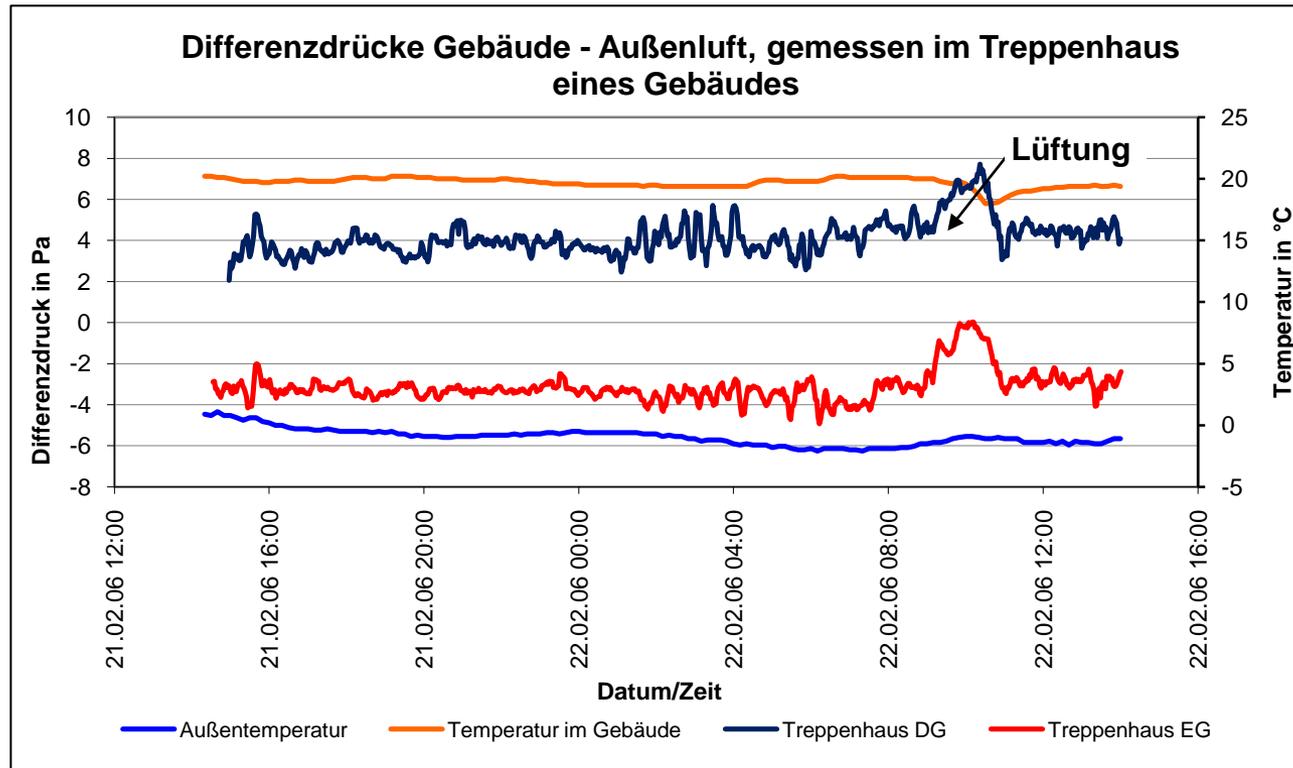
- \Rightarrow maßgeblich sind Temperaturunterschiede,
- \Rightarrow Richtung und Betrag sind zeitlich und räumlich verschieden,
- \Rightarrow Ausbildung einer druckneutralen Zone,
- \Rightarrow Beträge bis 220Pa, gemessene Differenzdrücke bis 60 Pa.

Radoneintritt in Häuser – natürlicher Auftrieb



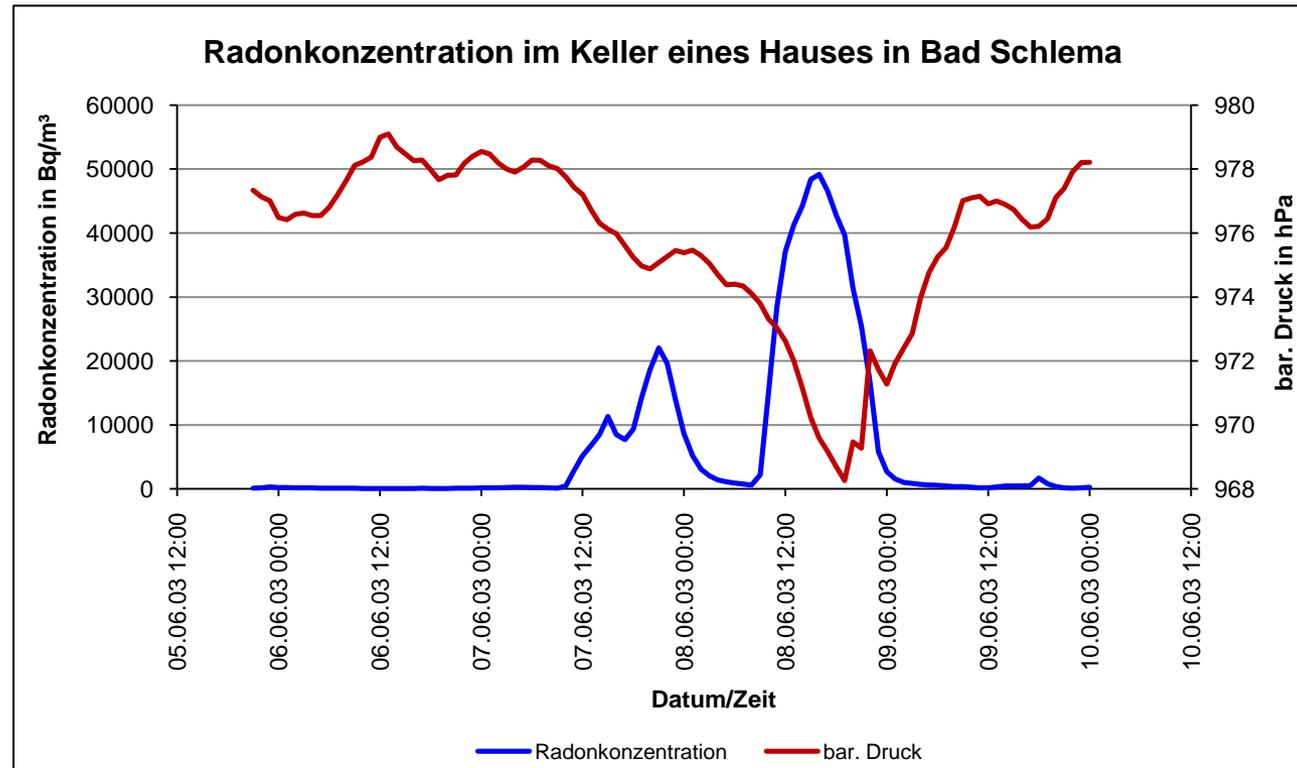
Schematischer Schnitt durch die Grube Johannegeorgenstadt, natürlicher Auftriebssituation im Sommer

Radoneintritt in Häuser – Auftrieb im Haus



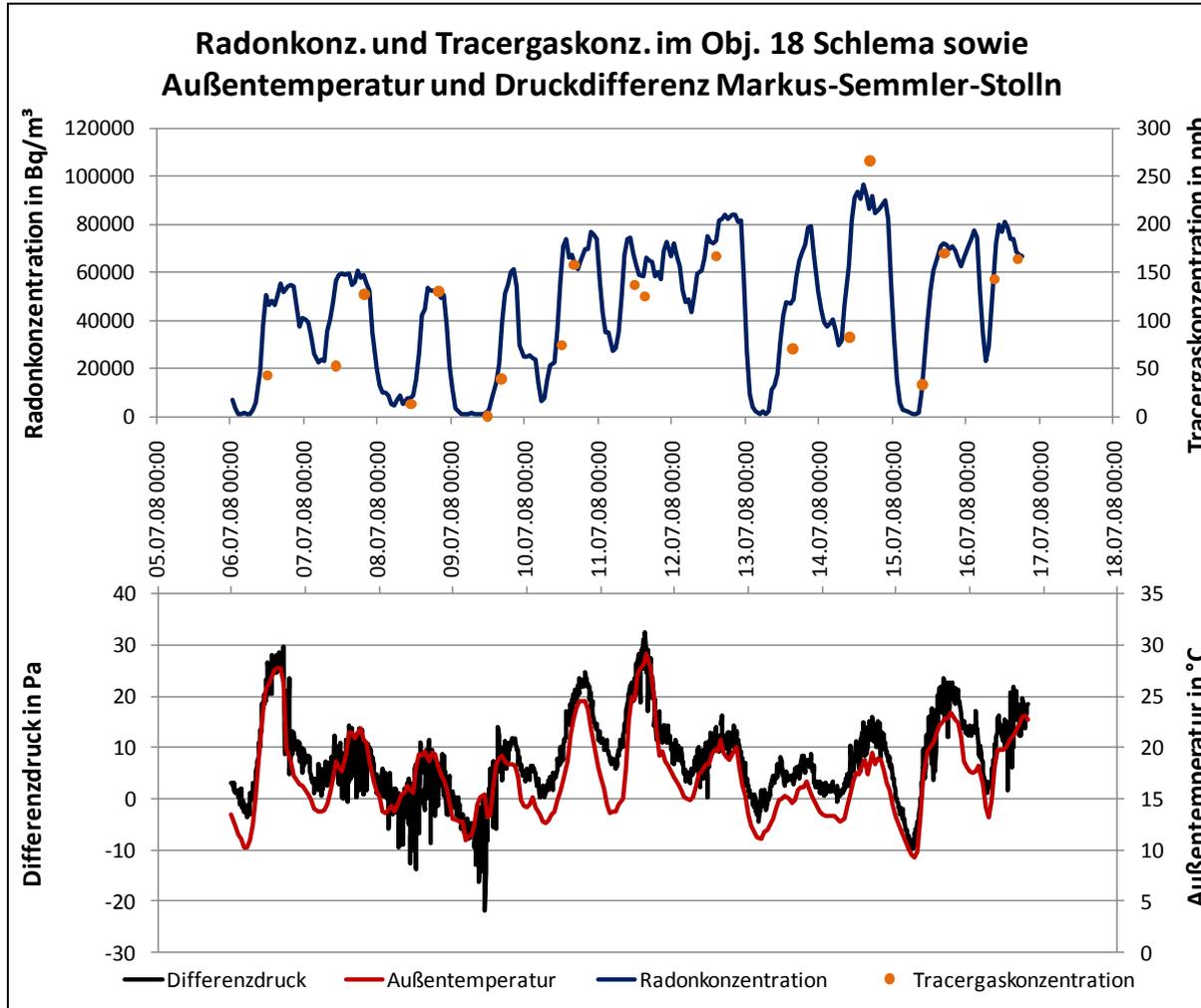
- Auftrieb im Haus: ➔ im Regelfall wenige Pa bis ca. 20 Pa,
- ➔ maßgeblich sind das Heizungs- und das Lüftungsverhalten,
- ➔ künstliche Belüftungseinrichtungen können den Auftrieb überprägen.

Radoneintritt in Häuser – barometrisches Pumpen



- › barometr. Pumpen: ⇒ bei Luftdruckabfall zutage gerichtetes Druckgefälle,
 - ⇒ Differenzdruck hängt maßgeblich ab vom Druckabfall, dem Hohlraumvolumen und der Strömungsverbindung,
 - ⇒ wirkt auch bzw. gerade in verschlossenen Gruben.

Radoneintritt in Häuser – konvektiver Transport im bergbaulich beeinträchtigten Untergrund

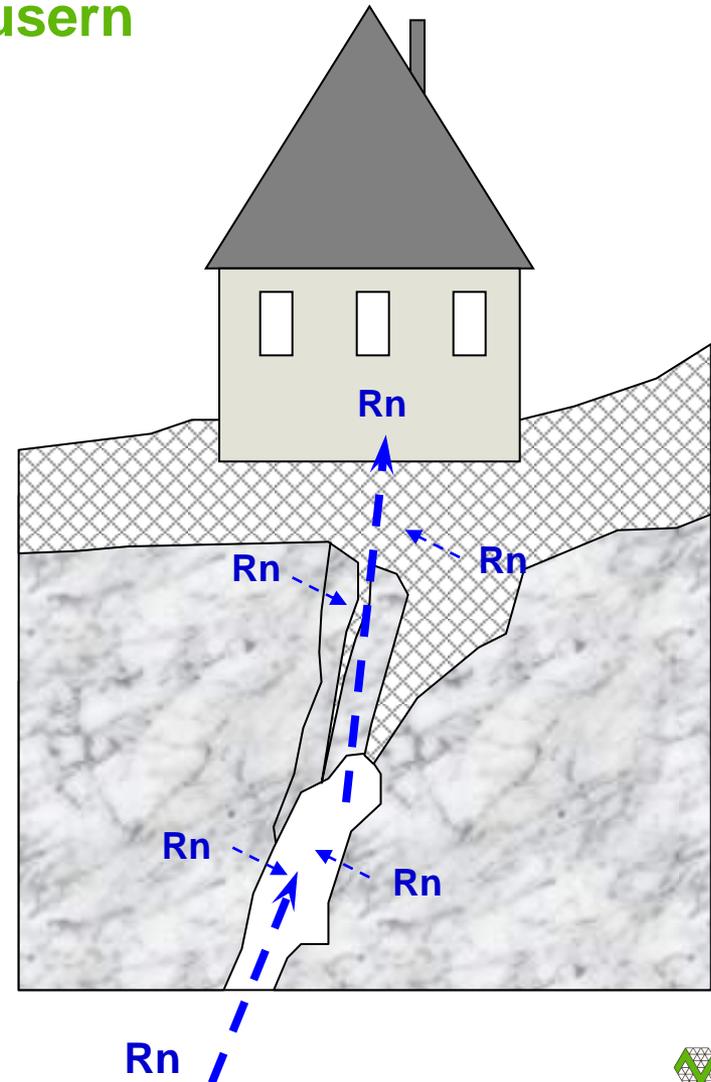


⇒ Die Radonsituation in grubenbeeinflussten Häusern wird von konvektiven Transportprozessen bestimmt.

⇒ Die dominierende Triebkraft ist in vielen Fällen der natürliche Auftrieb.

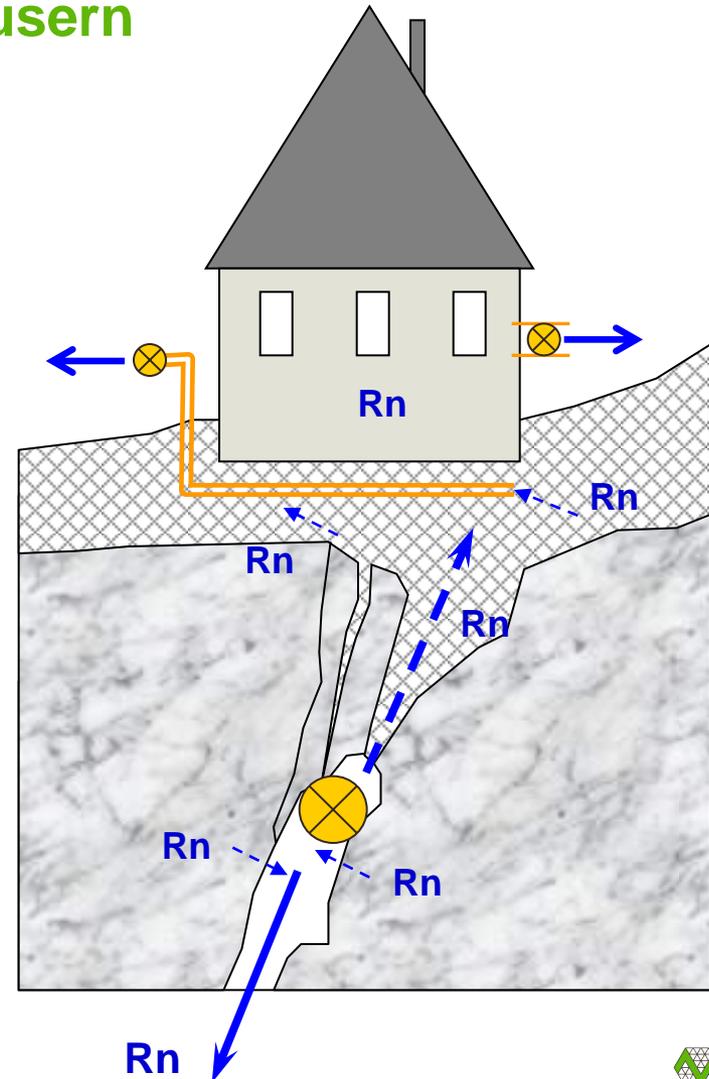
Lösungsansätze zur Beherrschung der grubenbedingten Radonsituation in Häusern

- › Voraussetzungen für einen konvektiven Radontransport in ein Haus:
 - ⇒ Radonquelle bzw. herangeführtes Radon in der Grube bzw. im Untergrund,
 - ⇒ Permeabilität des Untergrundes,
 - ⇒ undichte Gebäudehülle,
 - ⇒ zutage gerichtetes Druckgefälle.



Lösungsansätze zur Beherrschung der grubenbedingten Radonsituation in Häusern

- › Radonquelle bzw. herangeführtes Radon in der Grube bzw. im Untergrund:
 - ⇒ Radonquelle entfernen:
weder technisch noch wirtschaftlich möglich,
 - ⇒ Radon entfernen:
 - spülende Bewetterung der Grube,
 - Radondränage des Untergrundes,
 - (künstliche) Belüftung des Gebäudes.
- Nur in kleinen Systemen machbar bzw. objektspezifische Einzelfalllösung!



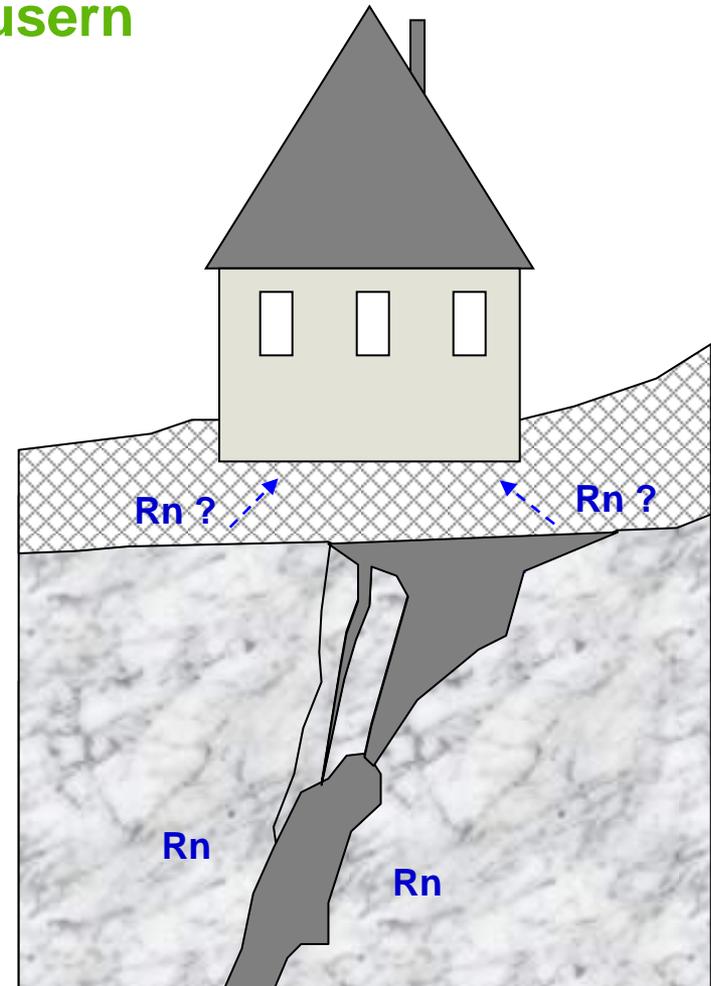
Lösungsansätze zur Beherrschung der gruben- bedingten Radonsituation in Häusern

› Radonquelle bzw. herangeführtes Radon
in der Grube bzw. im Untergrund:

⇒ Kapseln der Radonquelle:

- Fluten der Grubenbaue,
- Hermetisieren, Versetzen, Injektage.

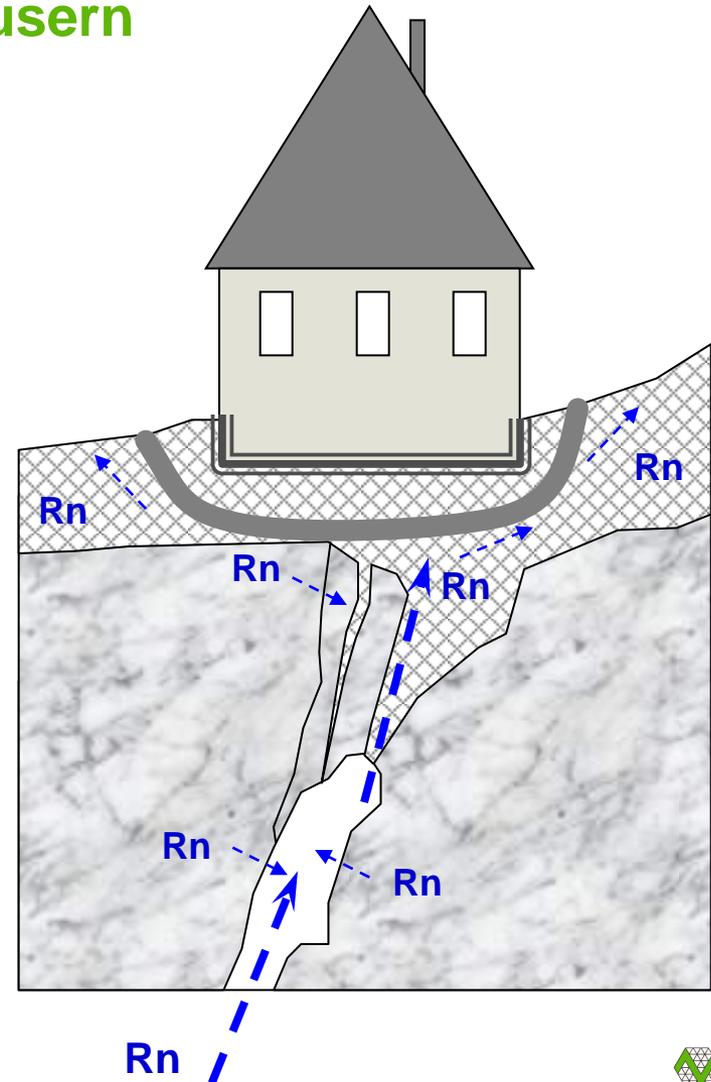
Nur unter bestimmten Voraussetzungen mach-
bar bzw. objektspezifische Einzelfalllösung!



Lösungsansätze zur Beherrschung der grubenbedingten Radonsituation in Häusern

- › Permeabilität des Untergrundes:
 - ⇒ Abdichten des Untergrundes bspw. durch Injektage.
Nur unter bestimmten Voraussetzungen,
objektspezifische Einzelfalllösung!

- › undichte Gebäudehülle:
 - ⇒ Abdichten der Gebäudehülle,
 - ⇒ Abdichten zwischen Keller und Wohnbereich.
Ggf. kompliziert, objektspezifische
Einzelfalllösung!

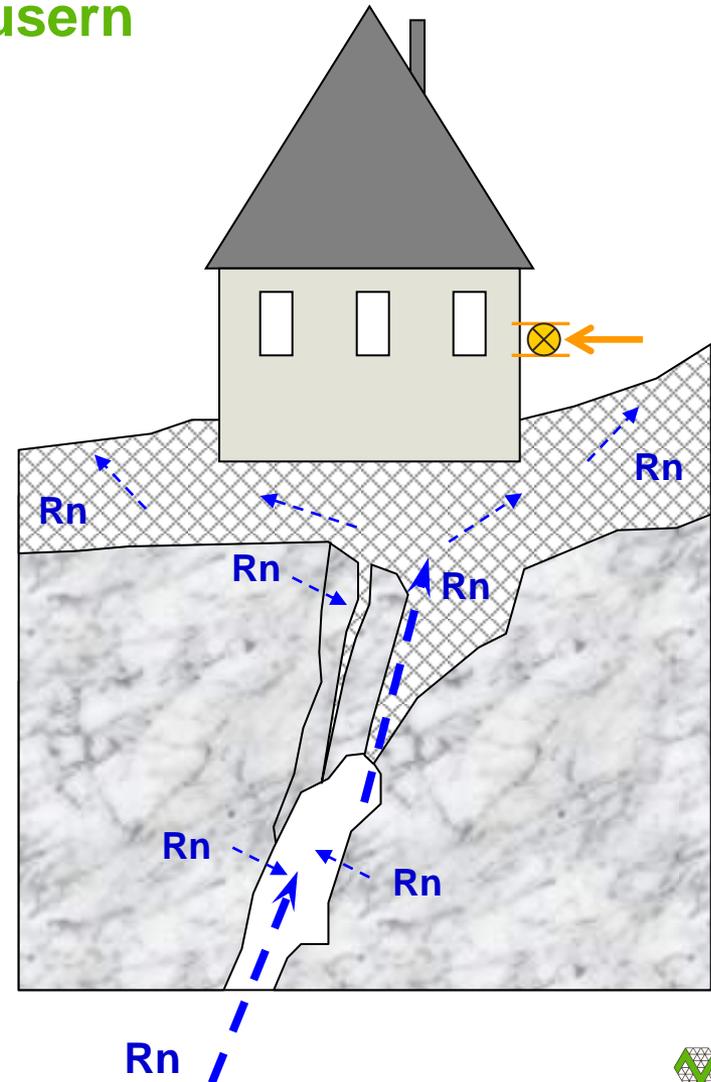


Lösungsansätze zur Beherrschung der grubenbedingten Radonsituation in Häusern

) zutage gerichtetes Druckgefälle:

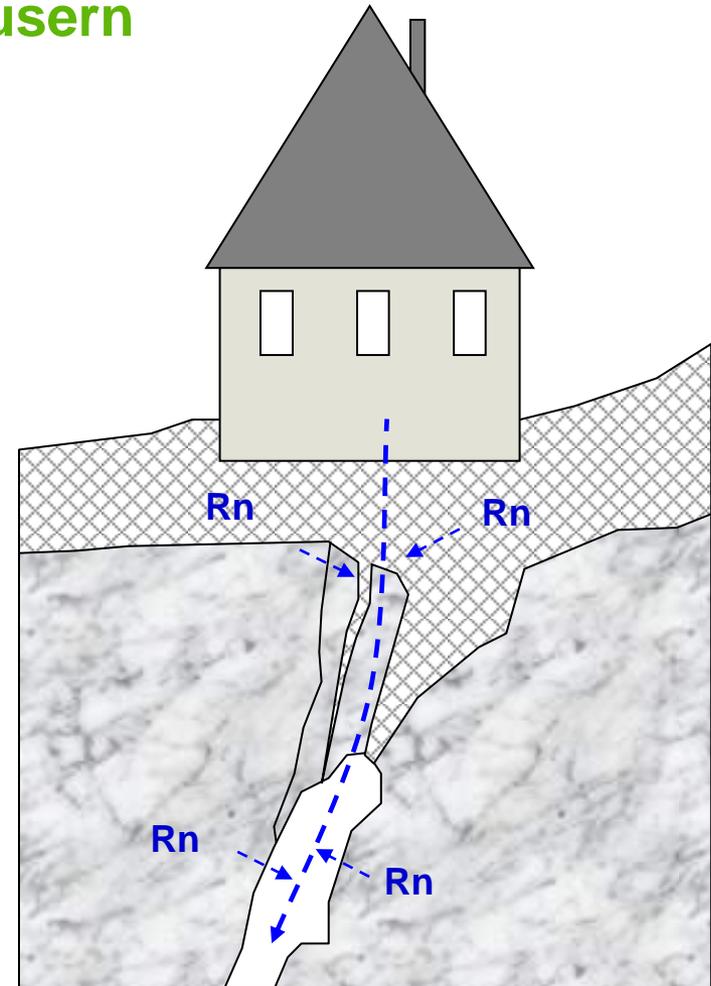
⇒ Herstellen eines stabilen Überdrucks im Haus.

Hohe Disziplin der Bewohner erforderlich,
objektspezifische Einzelfalllösung!



Lösungsansätze zur Beherrschung der grubenbedingten Radonsituation in Häusern

- › zutage gerichtetes Druckgefälle:
 - ⇒ Herstellen eines stabilen Unterdrucks im Grubengebäude.
- Gehört zu den wettertechnischen Lösungen, die an der Grube als dem eigentlichen Ursprung des Problems ansetzen.
- Standortbezogene Lösung, als lokale Lösung oder flächenhafte Lösung ausführbar!



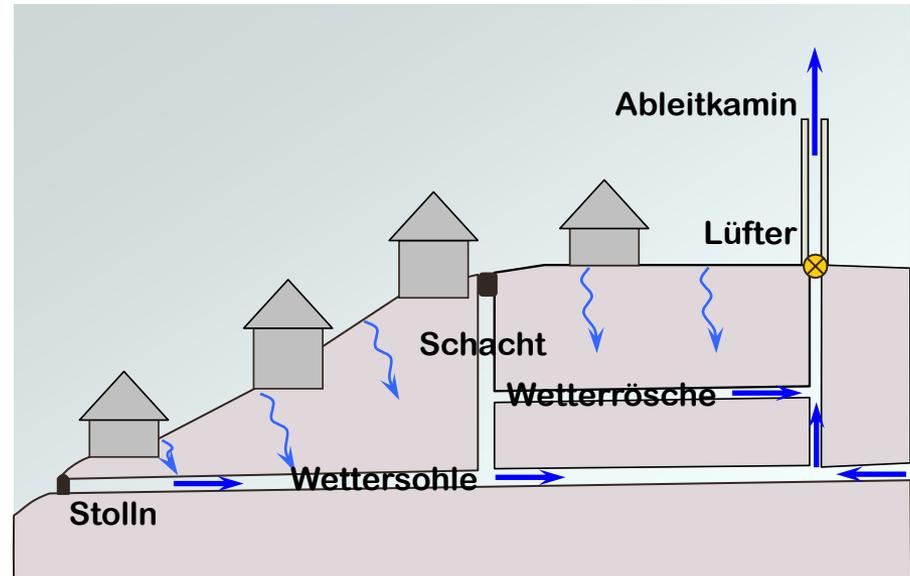
Wettertechnischer Lösungsansatz – ein standortbezogener Lösungsansatz

Wirkprinzip:

- ⇒ Herstellen eines grubenwärts gerichteten Druckgefälles durch Unterdruckbewetterung,
- ⇒ Ableiten der „Schleichwetter“ an geeigneter Stelle.

Voraussetzungen:

- ⇒ Unterdruck muss im gesamten Beeinflussungsgebiet jederzeit den natürlichen Auftrieb sicher überprägen,
- ⇒ gut vernetztes System von Wetterwegen im Beeinflussungsgebiet,
- ⇒ Tagesöffnungen müssen verschlossen werden.



Wettertechnischer Lösungsansatz – ein standortbezogener Lösungsansatz

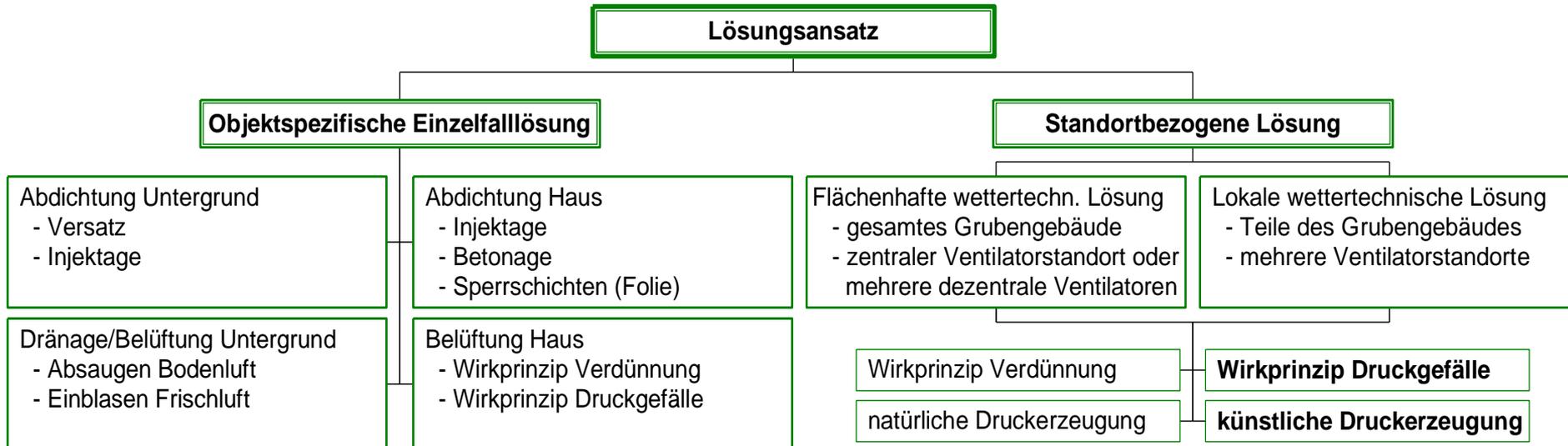
- › Wettertechnische Lösungen kommen in Betracht, wenn:
 - ⇒ eine größere Anzahl von Häusern ein grubenbedingtes Radonproblem aufweisen,
 - ⇒ die Grube entsprechende Wetterwege und Tagesverbindung besitzt.

- › Vorteile wettertechnischer Lösungen:
 - ⇒ es kann eine größere Anzahl von Häusern gleichzeitig beeinflusst werden,
 - ⇒ sie bringen für die Bürger im Durchschnitt die geringsten Unannehmlichkeiten mit sich,
 - ⇒ es liegen positive Erfahrungen vor.

- › Nachteile wettertechnischer Lösungen:
 - ⇒ sie greifen nur in Häusern, die mit der Grube kommunizieren,
 - ⇒ sie sind mit langfristigen Kosten verbunden,
 - ⇒ es erfolgt eine Radonableitung in die Atmosphäre.

- › Wettertechnische Lösungen können bei Bedarf von objektspezifischen Einzelfalllösungen flankiert werden.

Lösungsansätze zur Beherrschung der grubenbedingten Radonsituation in Häusern



- › bei flächenhaftem Grubeneinfluss auf die Häuser:
 - ⇒ Unterdruckbewetterung ist der einzige geeignete Lösungsansatz.
- › bei kleinen Systemen, wenigen betroffenen Häusern bzw. flankierend:
 - ⇒ objektspezifische Einzelfalllösungen sind anwendbar.