

Radon Fallstudie “energetisch saniertes Mehrgenerationenhaus Bestandsaufnahme, Mittel, Sanierung, Kosten”

Teil 2 - praktische Umsetzung



bioX systems GmbH
Dresdner Straße 172
D-01704 Freital
Deutschland

Tel.: 0351 / 212 93 652
Fax: 0351 / 418 867 549
Email: info@bioxx-system.de

Intro Teil 2 der Fallstudie

Sehr geehrte Damen und Herren,

die in Teil 1 der Studie geleistete theoretische Vorarbeit ist in der Zwischenzeit in die praktische Realisierung des Projektes eingeflossen.

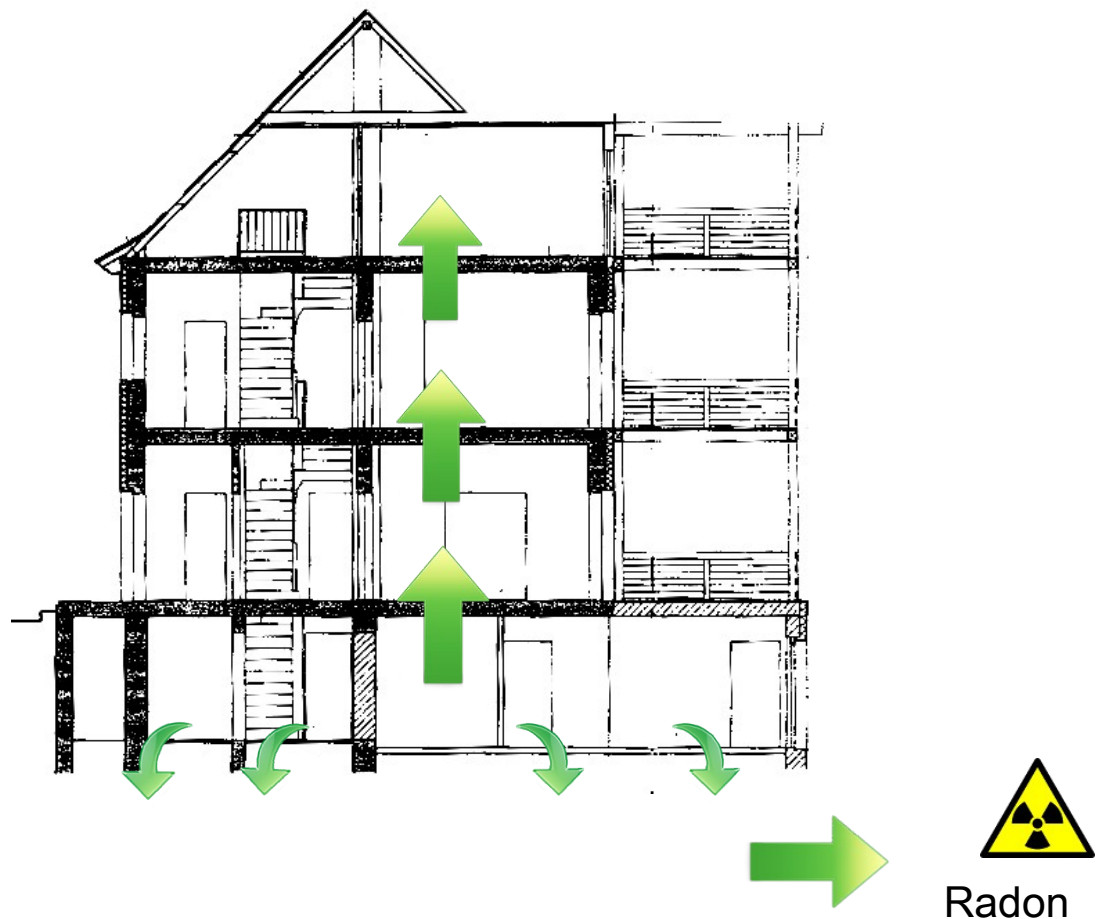
Das Ergebnis vorwegnehmend kann gesagt werden, dass die erhebliche Radonbelastung ($8.000 - 16.000 \text{ bq/m}^3$) auf Wert unterhalb des Referenzwertes heruntergebracht werden konnten und somit eine Lösung zur vollsten Zufriedenheit des Auftraggebers erreicht werden konnte.

Damit wurde der Wohnwert des Gebäudes wiederhergestellt und die erhebliche psychologische Belastung von den Bewohnern (3 Generationen) genommen.

Es werden Messkurven, eingestelltes Druckverhalten innerhalb des Gebäudes, Messmittel, lufttechnische Lösung, Schaltsysteme, bauliche Maßnahmen und die Erfolgskontrolle in Form der Ergebnismessungen dargestellt.

Karsten Butze

Geschäftsführer
bioX systems GmbH



1. Luftführung	Seite
1.1. Auswahl des Drucksystem - Überdrucksystem	4
1.2. vertikale Luftführung	5
1.3. horizontale Luftführung	5
1.4. Zuluft	5
1.5. Abluft	5
2. Zusätzliche Maßnahmen	
2.1. Begründung der Notwendigkeit	6
2.2. ausgewählte Methode - Unterflurabsaugung	6
2.3. bauliche Beschreibung	6
2.4. Standort innerhalb des Gebäudes	7
2.5. Beschreibung der eingesetzten lufttechnischen Komponenten	7
3. Vergleichende Messreihe zur Ermittlung der Radonreduzierung	
3.1. Messverfahren, Messdauer, Sensorstandort	7
3.2. Messgeräte	8
3.3. Kontrollmessungen	8
4. Auswertung der Kontrollmessungen	
4.1. Beschreibung und Interpretation	9
4.2. Schlussfolgerungen	9
4.3. Effizienzbetrachtung - Erfüllung der Zielstellung	9
5. Realisierte bauliche und lufttechnischen Maßnahmen	
5.1. Eingesetzte Lüfter Keller	10
5.2. Eingesetzte Schalt- und Regeleinheit	10
5.3. Eingesetzte Lüfter Kriechkeller	11
5.4. Schallschutz	11
5.5. Kosten	11
6. Zusammenfassung	12

1. Luftführung

1.1. Auswahl des Drucksystems - Überdrucksystem

Nach verschiedenen Tests, das System mit Überdruck oder Unterdruck laufen zu lassen, ergab sich folgendes Bild.

Test Unterdruck:

Es wurde im Erdgeschoss wie geplant, keinerlei erhöhte Radeonwerte gemessen. Die Werte lagen im Erdgeschoss und den darüber liegenden Geschossen zwischen 65 - 120 Bq/m³. Dies bestätigte eindeutig die Annahme der erheblichen vertikalen Luft-Durchlässigkeit vom Keller zum Erdgeschoss.

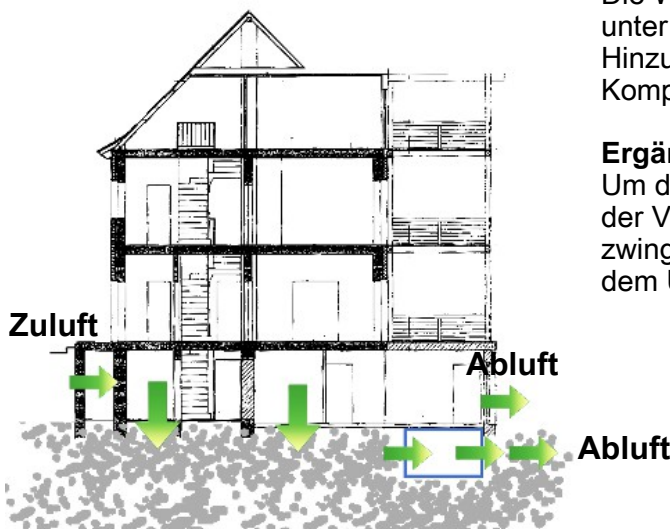
Im Keller hingegen, wurden durch das Nachströmen des Radongases Werte von 4.000 bis 8.000 Bq/m³ gemessen. Dies wurde hier im Keller direkt abgelüftet und nach außen in unbedenkliche Entfernung abgeleitet. Dieser Zustand war für die Bewohner nicht ausreichend, da sie sich häufig durch den Keller ins Freie bewegten.

Test Überdruck:

Die Ergebnisse des Überdrucktests waren eindeutig besser. Im Erdgeschoss traten während der Laufzeit der Ventilatoren Radonwerte um 100 Bq/m³ und im Keller etwa 280 Bq/m³ (300 Bq/m³ - Hysterese = 280 Bq/m³) auf.

Mit Erreichung der eingestellten Referenzwerts von 280 Bq/m³ schalteten die Lüfter ab und es kam zu einem "Verpuffen" des unter Druck strömenden Radongases in den Raum hinein. Dies bestätigt die aus der örtlichen Geologie abgeleitete Annahme, dass es sich um einen Radon-Hotspot handelt, bei dem Radongas unter einen ungewöhnlichen erhöhten Druck aus dem Untergrund austritt.

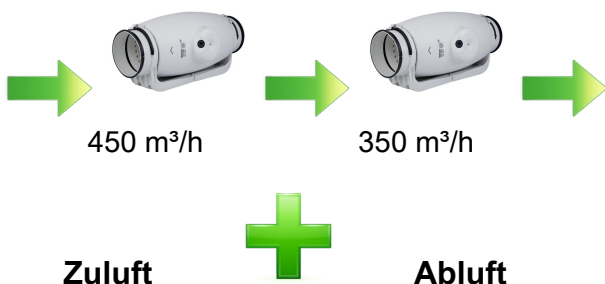
Entscheidung: Überdrucksystem



Die Wahl fiel letztendlich auf das Überdrucksystem, da es unter Betrieb der Lüfter die besseren Messwerte lieferte. Hinzu kam die Berücksichtigung der Heizungsanlage, wo Komplikationen von vornherein ausgeschlossen werden.

Ergänzung:

Um das verpuffungsartige Eindringen von Radon während der Ventilator Stillstandszeiten zu verhindern, war es zwingend notwendig den Druck den Radongases aus dem Untergrund durch Absaugung zu vermindern.



Erläuterung Überdrucksystem:

Der Zuluftmotor wird mit einer Förderleistung von 450 m³/h betrieben, Der Abluftmotor mit einer Förderleistung von 350 m³/h. Der entstehende Überdruck hält das Radongas unterhalb der Bodenplatte, wo es abgesaugt wird.

1.2. Vertikale Luftführung

Lüfter-Laufzeit:

Vertikal bewegt sich die Luft vom Keller ausgehend in die Bodenplatte hinein nach unten und weiter in den Untergrund. Hier wird durch eine zusätzliche Absaugung des Radongases ein Unterdruck erzeugt, der den Überdruck im Kellergeschoss unterstützt und das Radongas zum Unterflur-Saugventilator transportiert. Nach oben wird durch den Lüfterbetrieb im Überdruck unbelastete Kellerluft in die Obergeschosse gedrückt.

Lüfter-Pausenzeit:

In dieser Zeit arbeitet nur der Unterflur-Saugventilator, was zu einem sehr allmählichen Anstieg der Radonbelastung im Keller bis zu einem Schwellwert von 300 Bq/m³ führt, bei dem dann die Kellerventilatoren wieder in Betrieb gehen. In der Lüfter-Pausenzeit wird Luft nur durch die natürliche Konvektion in die Obergeschosse gefördert.

1.3. Horizontale Luftführung

Innerhalb des Kellers wird die Luft direkt über dem Kellereingang eingeblasen (Zuluft). Sie bewegt sich durch den Abluftventilator geführt, durch die Kellerflucht. Dabei wird sie am Pufferspeicher vorbeigeführt, der die durch die Thermosolaranlage erzeugte überschüssige Abwärme abtransportiert und so den thermischen Auftrieb innerhalb des Hauses deutlich vermindert.

1.4. Zuluft

Die Zuluft erfolgt durch eine Kernbohrung in der Außenwand und dem innen direkt davorliegenden Rohrventilator mit Schalldämpfer. Nach außen ist die Lüftungsöffnung mit einem Abdeckgitter geschlossen.



Kernbohrung Zuluft durch
Außendämmung



Abdeckgitter Zuluft



Zuluftventilator freiblasend

1.5. Abluft

Die Ablüftung erfolgt, im entfernten Teil des Kellers. Durch den Einsatz von Zu- und Abluftventilatoren ist es möglich, die Luft gezielt durch die Raumflucht des Kellers zu führen. Die Heizung und der Pufferspeicher, die eine permanente recht erhebliche Wärmeabstrahlung haben, die zu einer wärmebedingten Thermik von unten nach oben in die darüberliegenden Etagen führt wird umströmt und so einen Teil der überschüssigen abgestrahlten Wärme des Puffers nach außen abgelüftet.



Abluftrohr (rechts)
Wanddurchführung



Abluftrohr mit Abluftventilator
(freisaugend)



Ausblaspilz
(rechts)

2. Zusätzliche Maßnahmen

2.1. Begründung der Notwendigkeit

Wie bereits in Punkt 1.2. "Lüfter Pausenzeit" festgestellt ist ein plötzliches Aufströmen des Radongases aus dem Untergrund in den Kellerbereich während der Lüfter-Pausenzeiten festzustellen. Daher erscheint es sinnvoll, eine zusätzliche Absaugeinrichtung unter dem Haus zu installieren. Damit wird der Druck des aufsteigenden Radongases auf die Bodenplatte verhindert. Die Installation eines vollwertigen Radonbrunnens ist nicht erforderlich, da durch das Überdruck-Lüftungssystem im Haus das Radongas bereits in den Untergrund gedrückt wird und lediglich der Druck des aufsteigenden Radon verringert werden muss.

2.2. Ausgewählte Methode - Unterflurabsaugung



Es wurde eine einfache Unterflurabsaugung durch 2 Wandöffnungen des darunterliegenden Kriechkellers installiert. Diese Öffnungen in den umgebenden Untergrund, DN 150 mm, sind ca. 2,5 m voneinander entfernt und hätten ggf. um weitere Absauföffnungen erweitert werden können, was jedoch nicht erforderlich war. Die Kapazität des Lüfters ist so bemessen, dass er die erforderlichen Leistungsreserven hat.

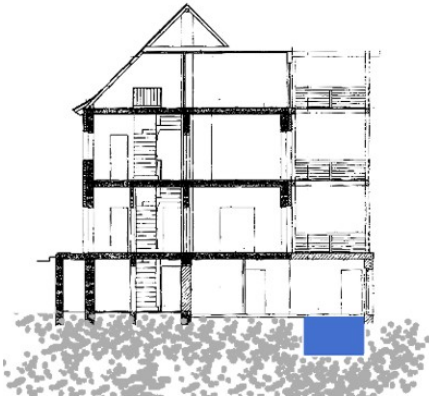


2.3. Bauliche Beschreibung

Der genutzte Kriechkeller befindet sich unterhalb des Kellerniveaus unter einem angrenzenden Anbau außerhalb des Kernbereiches des Hauses und wird gegenwärtig als Pumpenraum genutzt. Der Keller umfasst 20 m², ist also nur eine Teilunterkellerung des Haus-Anbaus. Das umgebende Material unterhalb des Anbaus ist nach Aussagen des Besitzers verdichteter Schotter, der jedoch ausreichend Spaltraum für eine hohe Gasdurchlässigkeit bietet.

Das Haus selbst steht zum Teil auf gewachsenem Fels, der im Kellerbereich durch die Wand tritt. Unterhalb der Bodenplatte befindet sich als Unterbodendämmung eine Schaumglas-Schüttung.

2.4. Standort innerhalb des Gebäudes



Der Kriechkeller befindet sich am äußersten Rand des Gebäudes unter einer Einlegerwohnung (außerhalb des Gebäudekerns) und ist von außen zugänglich. Der strömungstechnische Zugang unter das Haus erfolgt lediglich durch die beschriebene Schotterlagen als Füllmaterial unterhalb des Kellers.

2.5. Beschreibung der eingesetzten lufttechnischen Komponenten

Zur Absaugung im Kriechkeller wird ein Rohrventilator DN 150 mit einer Förderleistung von 415/565 m³/h eingesetzt, der mit einem Fördervolumen 415 m³/h und einer maximalen Saugleistung von 250 Pa betrieben wird. Ein Schalldämpfer DN 150 verhindert die Übertragung des Luftschalls (niederfrequenter Bereich) in den Raum und in den Außenbereich. Gleichzeitig wird das nach außen führende Rohr schalltechnisch vom Ventilator entkoppelt. Die Verbindung von den abgedichtete Wanddurchbrüchen erfolgt über den Lüfter -> Schalldämpfer -> Abluftrohr mittels KG-Rohr DN 150.



Der Lüfter ist für Dauerbetrieb ausgelegt und wird dauerhaft ohne Regelung betrieben. Die Verbindung der lufttechnischen Komponenten erfolgt mittels Kanalgrundrohr mit luftdichten Dichtungsringen.

3. Vergleichende Messreihe zur Ermittlung der Radonreduzierung

3.1. Messverfahren, Messdauer, Sensorstandort

Wie in der Vorermittlung erfolgt Pro Minute erfolgte 1 Messung. Das Datenlogging erfolgte zu jeder vollen Stunde mit dem aktuellen Messwert. Die Standorte der Messgeräte sind identisch zur Voruntersuchung:

Steuergerät 1 - Keller

Sensor 1 Keller (Nebenraum mit Puffespeicher)
Sensor 2 Erdgeschoss (Wohnzimmer)

Steuergerät 2 - 1. Obergeschoss

Sensor 3 Obergeschoss (Fitness)
Sensor 4 Dachgeschoss (Bad)

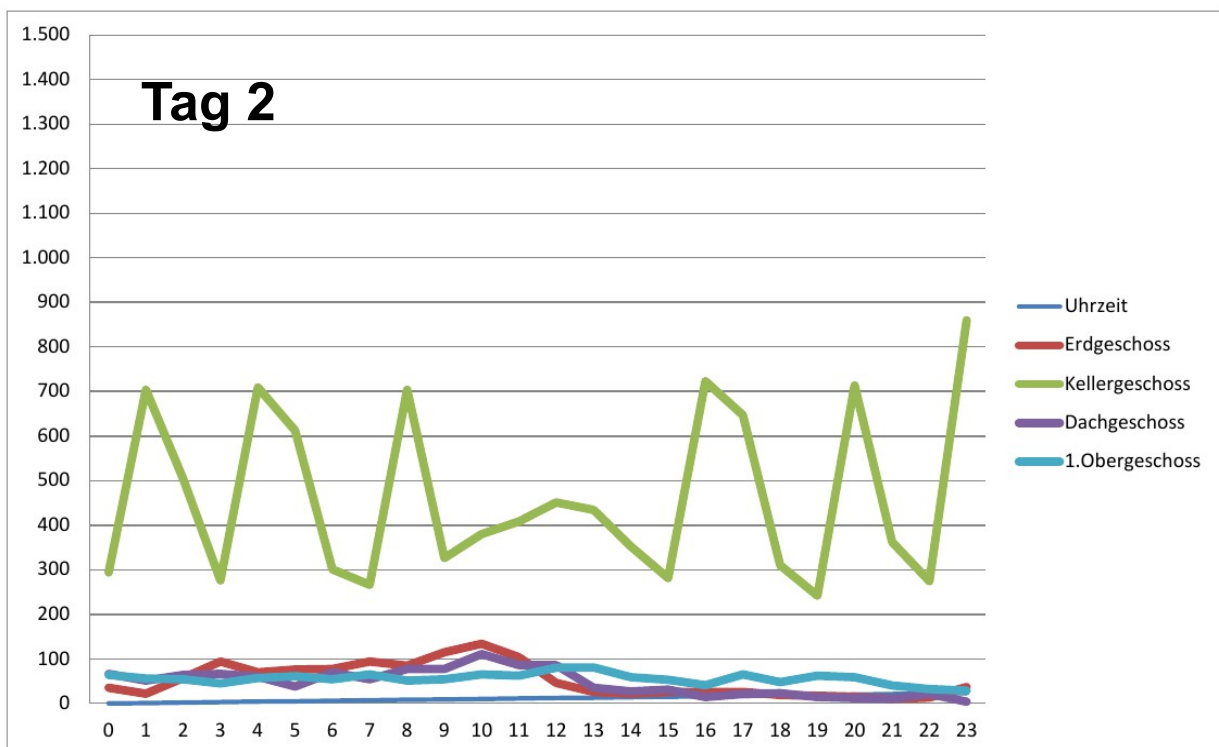
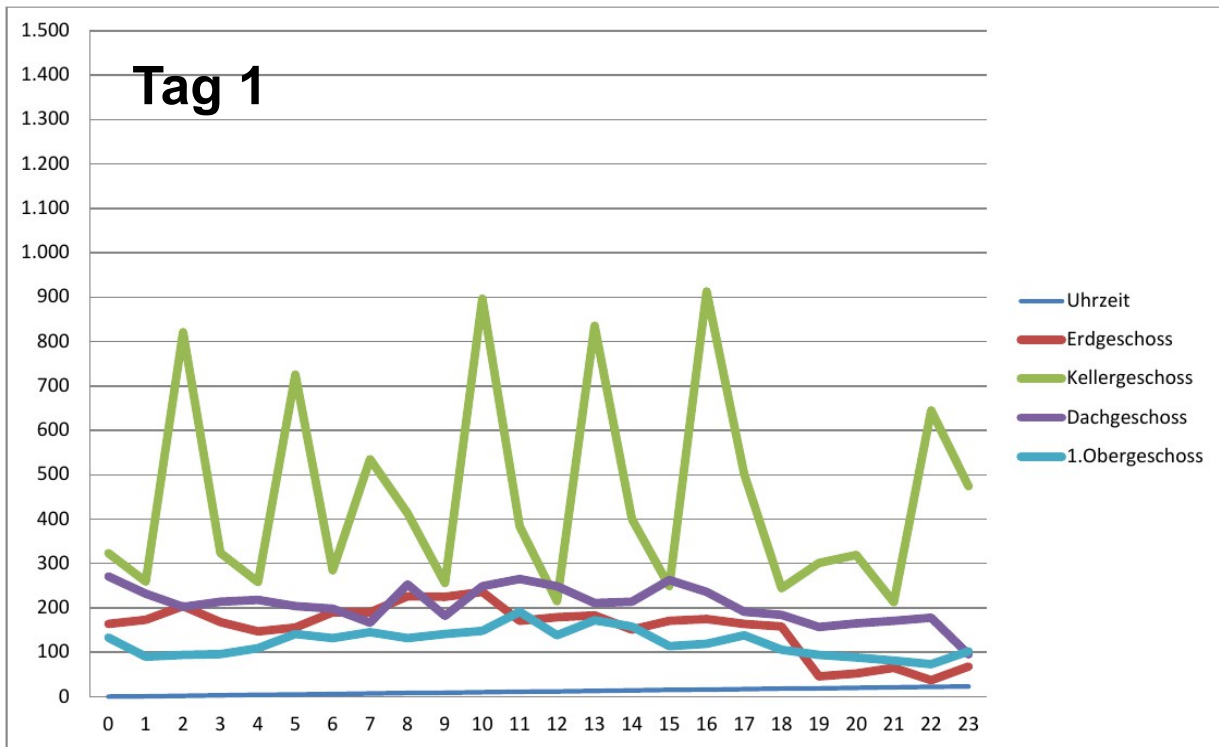
3.2. Messgeräte

Zum Einsatz kamen erneut, wie in Teil 1 der Studie beschrieben, die 2-Kanal Mess- und Schaltgeräte unserer Firma bioX systems GmbH

Radon Messeinheit bx-RSL-2K-M bestehend aus einer Auswertungseinheit und 2 Radon Sensoren mit denen wir jeweils 2 Etagen überwachen konnten.

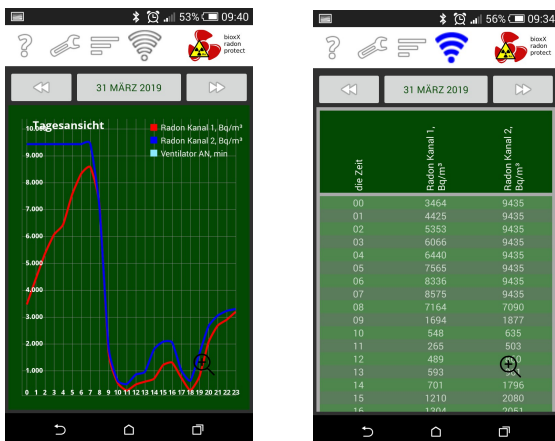


3.3. Kontrollmessungen



4. Auswertung der Messreihe

4.1. Beschreibung und Interpretation



Das Auslesen der Messwerte erfolgte wieder per Smartphone App.

Nach der Sichtung der Daten erfolgte der Export per Email und die externe Weiterverarbeitung der Datensätze in Excel.

Dabei wurden die Datensätze der einzelnen Gebäudeebenen jeweils in einem Tagesgraph zusammengefasst und zur Auswertung vorbereitet.

Auffällig ist die periodische Zunahme der Radon-Konzentration im Kellerbereich an der Messtelle bis 900 Bq/m^3 (455 Bq/m^3 im Durchschnitt).

Ausgelöst wird dies durch die periodische Abschaltung der Lüfter nach Erreichen der Vorgabewerte. Es dauert wieder ca. 1,5 Stunden, bis nach Einschalten der Lüfter der eingestellte Referenzwert erreicht wird.

In anderen Kellerbereichen (Einliegerwohnung) oberhalb des Kriechkellers und somit außerhalb des Kernbereiches des Hauses, wird ein kontinuierlicher Radonwert unterhalb des Referenzwertes erreicht ($100 - 250 \text{ Bq/m}^3$), was jedoch nicht Gegenstand der Messreihe war und nur durch informelle Kontrollmessungen ermittelt wurde.

Jedoch ist auffällig, dass durch die "Fernwirkung" der Unterflurabsaugung der von unten ausgeübte Druck des Radongases in den Treppenhaus-Keller hinein, also den Kernbereich des Gebäudes deutlich abgenommen hat. Optional besteht die Möglichkeit, die Schwankungsbreite der Konzentration zwischen Lüfter AN und Lüfter AUS zu verringern, indem der Sog der Unterflurabsaugung und damit der Unterdruck unter der Bodenplatte durch eine größere Förderleistung erhöht wird.

Der obere Bereich des Hauses, beginnend vom EG bis DG weisen dauerhaft absolut unauffälligen Radon-Werte unterhalb des Referenzwertes auf.

4.2. Schlussfolgerung

Die vertikale Luftströmung innerhalb des Hauses, ausgelöst durch den thermischen Auftrieb aus dem überwärmten Keller wurde unterbrochen. Dies erfolgte durch die Abführung der überschüssigen Wärme des Thermosolar-Pufferspeichers. Der erzeugte Überdruck im Keller führte nicht zu einem Luftversatz in die Obergeschosse, sondern zu einem beschleunigten Abströmen der Luft über den neuen Abluftstrang.

Die während der Lüfter-Pausenzeiten eingetretenen Radon-Gase verbleiben im Keller, bis sie erneut aktiv abgelüftet werden. Dies ist vertretbar, da der Mittelwert im Kellerbereich ca. 455 Bq/m^3 beträgt und aus diesem nicht in die Wohnbereiche austritt.

4.3. Effizienzbetrachtung - Erfüllung der Zielstellung

Die durch den Hauseigner und den begleitenden Architekten gesetzte Zielvorgabe, die dauerhafte Einhaltung bzw. Unterschreitung der Referenzwerte in den Wohnbereichen ist in vollem Umfang gelungen.

Werteveränderung Keller: $16.000 \text{ Bq/m}^3 \rightarrow 450 \text{ Bq/m}^3$

Werteveränderung EG/OG/DG: $8.000 \text{ Bq/m}^3 \rightarrow 200 \text{ Bq/m}^3$

Dabei wurden die zusätzlichen lüftungstechnischen Maßnahmen (Unterflurablüftung) angewandt, die keine Verrohrung unterhalb des Gebäudes erforderte, sondern nur eine einfache Öffnung unter die Bodenplatte darstellt.

Diese Maßnahme, plus der Einsatz der Lüfter ermöglichte die Einsparung der vorgesehenen dezentralen Lüfter im EG, OG, durch den bereits erfolgten Druckausgleich innerhalb der Geschosse.

Der Einsatz der Radon-Sensor Lüftungssteuerung ermöglicht eine sofortige Reaktion auf das Ansteigen der Radonkonzentration und deren Ablüftung.

Es konnte also mit einem relativ geringen Aufwand ein extremes Radonproblem dauerhaft gelöst werden. Siehe Kostenbetrachtung, Punkt 5.5. Dabei konnte sogar die Kostenplanung des Lüftungskonzeptes deutlich unterschritten werden.

Es zeigte sich, dass die Step by Step Vorgehensweise mit Prüfung und Bewertung der Einzelmaßnahmen der richtige Weg war, das Problem zu lösen und die geplanten Kosten einzuhalten bzw. zu unterschreiten.

5.1. Eingesetzte Lüfter Keller

Es werden folgende Lüfter verwendet:

Schallgedämmter Rohrventilator TD-500/150-160 SILENT ECOWATT

- schallgedämmte Konstruktion
- EC Motor (regelbar)
- Volumenstrom: 0-500m³/h
- Schalldruckpegel LPA 3m: 27/23/18 dB(A) (Gehäuseabstrahlung)

Schallgedämmter Rohrventilator TD-500/150-160 SILENT 3V

- schallgedämmte Konstruktion
- 3-stufig
- Volumenstrom: 550/450/350 m³/h (freiblasend)
- max. Leistungsaufnahme: 59/50/45 W
- Schalldruckpegel LPA 3m: 27/23/18 dB(A) (Gehäuseabstrahlung)



5.2. Eingesetzte Schalt- und Regeleinheit

Es wird folgende Mess-, Schalt- und Regeleinheit eingesetzt:

Radon Lüftungssystem Standardbx-RSL-1K

- Steuergerät, 1 Kanal
- Radon Sensor (Funk)
- Relais (Funk)
- Temperatursensor (Funk)



5.3. Eingesetzte Lüfter Kriechkeller

Folgender Lüfter übernimmt die Unterflurabsaugung:

Rohrventilator RV TT pro 150

- Leistungsaufnahme: 42/50 W , auf 42 W geschaltet
- Volumenstrom: 415/565 m³/h, mit 415m³/h betrieben
- für Dauerbetrieb kugelgelagert



5.4. Schallschutz

Rohrlüfter können bei unsachgemäßem Einsatz erheblichen Strömungsgeräusche verursachen. Um dies zu verhindern, wurden folgende Maßnahmen ergriffen. Die Lüfter im Kellergeschoss (Soler & Palau) wurden in einer extra schallgedämmten Ausführung angeschafft. Mit ca. 23 db sind sie die leisesten auf dem Markt und sind hinter einem einfachen Türblatt nicht mehr zu hören. Damit sind sie geeignet, direkt in der Nähe des Wohnbereiches zu laufen.

Im Kriechkeller kommt es weniger auf den Luftschall an, als vielmehr den durch das Rohrsystem nach außen geleitete Körperschall zu unterdrücken. Dies wird durch den eingesetzten externen Schalldämpfer bx-SDF 150/1000 auf eine hervorragende Weise gelöst.

5.5. Kosten

Die Kosten der Sanierung werden im Wesentlichen durch die Kosten der Lüfter, der Steuerungen und der Radon Mess- und Steuereinheit bestimmt.



Die Kernbohrungen für die Lüfter, Erdarbeiten für die Abluft werden bauseits durchgeführt und können je nach Ausführungsfirma differieren. Sie sind somit nicht Bestandteil der Kostendarstellung. Gleiches gilt für notwendige Elektrikerarbeiten.

Hinzu kommen Aufwendungen für KG-Rohr von geschätzt 120 €, die ebenfalls bauseits gestellt wurden.

Anzahl	Bezeichnung	Hersteller	Einzelpreis	Gesamtpreis
1	Schallgedämmter Rohrventilator TD-500/150-160 SILENT 3V	Soler&Palau	279,00 €	279,00 €
1	Schallgedämmter Rohrventilator TD-500/150-160 SILENT ECOWATT	Soler&Palau	499,00 €	499,00 €
1	Externer Sollwertsteller REB-ECOWATT	Soler&Palau		42,00 €
1	Radon Lüftungssystem Standard bx-RSL-1K	bioX	1.678,00 €	1.678,00 €
1	Rohrlüfter + Schalldämpfer	bioX	120,00 €	120,00 €
			Summe netto	2.618,00 €

6. Zusammenfassung

Das Ergebnis:

Das Ergebnis, dass die erhebliche Radonbelastung, 8.000 im Wohnbereich - 16.000 Bq/m³ im Kellerbereich, auf Wert unterhalb des Referenzwertes heruntergebracht werden konnten, entspricht den Vorgaben des Architekten und des Bauherren.

Der Weg:

Dies wurde mit relativ geringem Aufwand durch ein intelligentes Lüftungskonzept und eine einfachste Unterflurabsaugung erreicht. Gesteuert wird das Lüftungssystem durch eine Radon-Sensor Lüftungssteuerung, die permanent Radonkonzentrationen misst und die Laufzeiten der Lüfter bestimmt. Dabei ist das System in mehreren Parametern anpassbar und weiter optimierbar.

Die Kosten:

Der gesamte Aufwand ist, an der Schwere der Ausgangslage gemessen sehr gering und erfolgte ohne den Einsatz von kostentreibenden Grundbaumaßnahmen.

Das Fazit:

Somit kann die Vorgehensweise **Messen -> Schalten -> Lüften + Absaugen** als Blaupause für eine kostengünstige Sanierung ähnlich belasteter älterer Gebäude genommen werden.

Karsten Butze
Geschäftsführer bioX systems GmbH