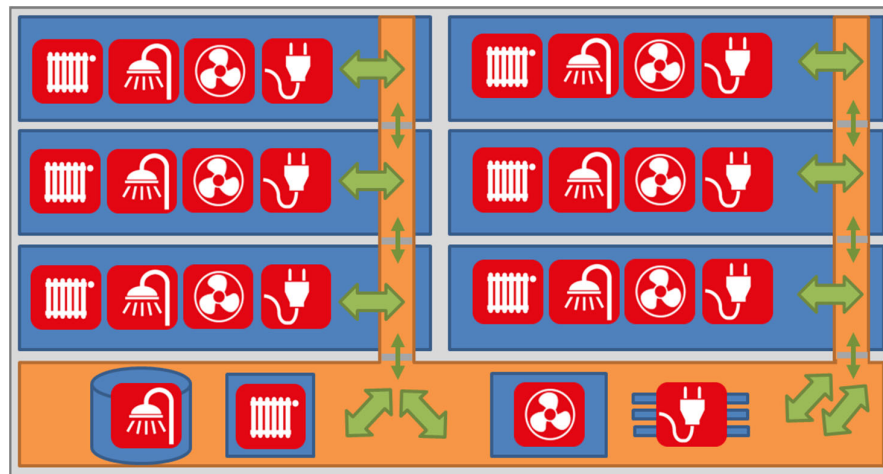


## Luftdichtheit zwischen Wohnungen in Mehrfamilienhäusern

Schlussbericht 2021



MuttENZ, 15.10.2021

**Auftraggeber**

Amt für Hochbauten  
Franz Sprecher  
Lindenhofstrasse 21  
8021 Zürich

Amt für Umwelt und Energie  
Marcus Diacon  
Hochbergerstrasse 158  
4019 Basel

**Auftragnehmer**

Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW  
Institut Nachhaltigkeit und Energie am Bau  
Hofackerstrasse 30  
4132 Muttenz

**Autor/in**

Monika Hall

## Dank

Ich möchte mich ganz herzlich bei allen Personen und Institutionen bedanken, ohne die dieses Projekt nicht möglich gewesen wäre.

Mein Dank gilt:

- dem Verein Minergie für die Unterstützung bei der Akquisition
- der Baugenossenschaft des Bundespersonals Basel (Münchenstein), der Eisenbahner-Baugenossenschaft beider Basel (Birsfelden), der SANI Immobilien AG (Buochs) und der Strüby Konzept AG (Seewen) für die Bereitstellung von Messobjekten
- Frau Zinke von Kämpfen Zinke + Partner AG (Zürich) und Herrn Blaser Zürcher von dem Institut Nachhaltigkeit und Energie am Bau FHNW (MuttENZ) und Mitinhaber der ingBP Ingenieurgesellschaft für Bauschadensanalytik und Bauphysik GmbH (Kiesen) für die Durchführung der Interviews
- meinen Kollegen Andreas Witmer und Vincent Gerber, die sämtliche Messungen durchgeführt haben

## I. Zusammenfassung

Gemäss SIA 180:2014 muss nicht nur die thermische Gebäudehülle luftdicht ausgeführt sein, sondern situationsbedingt auch die Dichtheit zwischen verschiedenen Nutzungszonen z.B. Wohnungen in Mehrfamilienhäusern sichergestellt werden. Nur bei wohnungsweisen Luftdichtheits-tests kann festgestellt werden, ob einzelne Wohnungen in einem Luftverbund stehen oder nicht. In diesem Projekt wird das Vorhandensein und ggf. die Art von Undichtigkeiten («Leckagewege») zwischen einzelnen Wohnungen an fünf Mehrfamilienhäuser untersucht (drei Neubauten und zwei Bestandsbauten). In jedem Gebäude wird die Luftdichtheit zwischen zwei nebeneinander- und zwei übereinanderliegenden Wohnungen überprüft.

Die Resultate der messtechnischen Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der typische interne Leckageweg führt über die Installationsschächte, die die übereinanderliegenden Wohnungen vertikal verbinden. Horizontale Verbindungen treten nur auf, wenn sich benachbarte Wohnungen einen Schacht teilen.
- Typische interne Leckagen sind am Schaltschrank, der Heizungsverteilung und WC-Spülkästen/Waschbeckensiphons zu lokalisieren.
- Die alleinige luftdichte Abdichtung über die geschossweise Brandschutzabschottung im Installationsschacht reicht nur aus, wenn diese lückenlos eingebracht ist. Dies ist oft schwierig, da wenig Platz zwischen Wand, Elektrokabeln und Rohren vorhanden ist. Da die Lückenlosigkeit der Brandschutzabschottung für die Gewährleistung des Brandschutzes nicht notwendig ist, sind trotz entsprechende Dichtmassnahmen notwendig.
- Durchdringungen für die Rohre von Lüftungsanlagen werden i.d.R. luftdicht ausgeführt.

Zur Ergänzung der im Rahmen des Projektes durchgeführten Messungen werden die Meinungen von zwei Praxisakteuren eingeholt. Ihre Hauptaussagen bzw. Empfehlungen lauten wie folgt:

- Die Verantwortlichkeit für die Luftdichtheit sollte in Werkverträgen festgehalten werden.
- Es sollte immer ein Blower Door Test durchgeführt werden. Dieser Test sollte von einer unabhängigen Stelle durchgeführt werden.
- Alle Beteiligten müssen für das Thema Luftdichtheit sensibilisiert werden.
- Die Schachtwände der Installationsschächte bilden die Luftdichtheitschicht, da
  - nicht immer Brandschutzabschottungen in den Geschossdecken notwendig sind,
  - die Brandschutzabschottungen in den Geschossdecken nicht immer luftdicht sind.
- Durchdringungen für Elektrokabelbäume sind schwer abzudichten. Daher sollten die Kabelführungen gut durchdacht und die entsprechenden Abdichtmassnahmen sorgfältig ausgeführt sein.

Damit ergibt sich das Abdichtungskonzept zur Vermeidung von internen Leckagen zu:

- Wenn Brandschutzabschottungen in den Geschossdecken eingebracht werden, diese so luftdicht wie möglich ausführen,
- die Anzahl der Durchdringungen zu Installationsschächten minimieren und
- sämtliche Durchdringungen zu Installationsschächten luftdicht abschliessen.

## II. Inhaltsverzeichnis

I.	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>4</b>
II.	<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>5</b>
1	<b>Einleitung und Projektziele</b> .....	<b>6</b>
2	<b>Messungen</b> .....	<b>7</b>
2.1	Methodik.....	7
2.2	Erkenntnisse.....	9
3	<b>Interviews</b> .....	<b>11</b>
Anhang A.	<b>Gebäudesteckbriefe</b> .....	<b>13</b>
Anhang B.	<b>Leckageliste</b> .....	<b>17</b>
Anhang C.	<b>Photos</b> .....	<b>19</b>
Anhang D.	<b>Literatur zum Thema Luftdichtheit</b> .....	<b>22</b>

## 1 Einleitung und Projektziele

Bei Luftdichtheitsmessungen wird die Dichtheit der (thermischen) Gebäudehülle untersucht. Nur bei Minergie-P/A Mehrfamilienhäusern müssen einzelne Wohnungen den Luftdichtheitstest bestehen. Auch bei diesen Gebäuden zeigt es sich immer wieder, dass innenliegende Anschlüsse nicht luftdicht ausgeführt sind. Die Luftdichtheit von Wohnungen zu Installationsschächten und darüber evtl. auch zu anderen Wohnungen ist damit nicht gewährleistet. Diese Anbindungen können sich z.B. durch Zugluft, Schall- oder Geruchsbelästigung bemerkbar machen. Da dies zu Komforteinbußen der Nutzer führt, führt dies auch zu Reklamationen.

Um die Problematik der internen Leckagen und Anbindungen besser zu verstehen und eine Hilfestellung für eine bessere Ausführung zu entwickeln, werden in diesem Projekt

- typische interne Leckagen erfasst,
- typische Leckagewege aufgezeigt und
- ein grobes Abdichtungskonzept erarbeitet.

Hierfür werden fünf Mehrfamilienhäuser, drei Neu- und zwei Bestandsbauten, untersucht.

Weiter werden Interviews mit zwei Planungsbüros durchgeführt, um ihre Sicht auf die Herangehensweise zur Vermeidung interner Leckage zu erfahren.

## 2 Messungen

### 2.1 Methodik

Untersucht werden fünf Mehrfamilienhäuser (MFH)

- zwei Neubauten mit Minergiezertifikat,
- ein Neubau ohne Label sowie
- zwei Bestandsbauten ohne Label.

Eine Übersicht der wesentlichen Daten der untersuchten Gebäude sind im Anhang A zusammengestellt. Anhang B enthält eine Liste der gefundenen Leckagen.

Es werden jeweils drei Wohnungen untersucht. Jeweils zwei Wohnungen liegen nebeneinander und zwei Wohnungen übereinander, so dass die untersuchten Wohnungen ein Dreieck bilden (Bild 1). So kann geprüft werden, ob es horizontale und/oder vertikale Verbindungen gibt.

Die Untersuchungen werden mit der Blower Door durchgeführt. Zum Einsatz kommen jeweils zwei Blower Door Geräte, um die Suche nach Verbindungen zwischen den Wohnungen zu unterstützen. So kann z.B. in Wohnung 1 ein Überdruck erzeugt werden und in Wohnung 2 ein Unterdruck. Der in Wohnung 1 eingebrachte Nebel kann über Leckagen in Wohnung 2 gelangen und dort gesichtet werden.

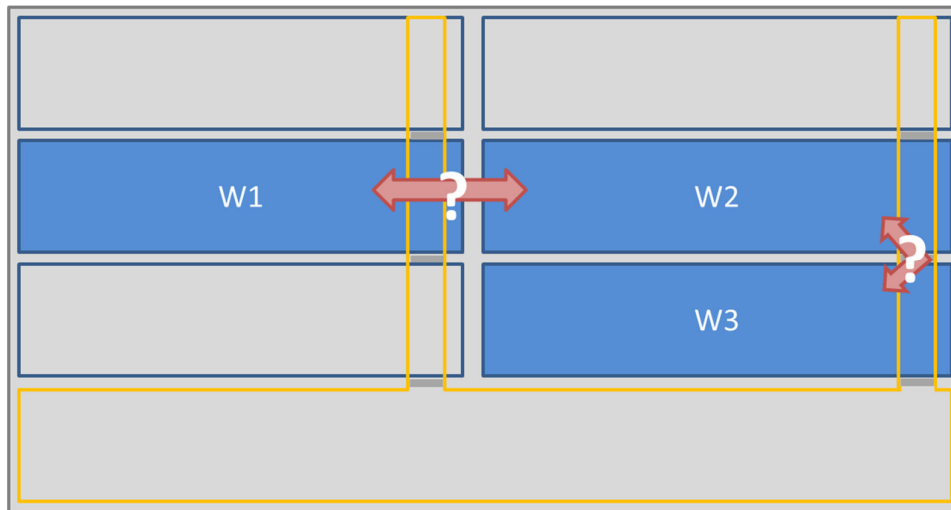


Bild 1 Schematische Lage der untersuchten drei Wohnungen pro Gebäude (Vertikalschnitt).

Ziel der Messungen ist es, ggf. vorhandene Verbindungen zwischen den Wohnungen zu finden. Im Vorfeld werden die Versorgungskonzepte der Gebäude evaluiert, da in diesem Bereich am ehesten mit Verbindungen zu rechnen ist. Es gibt verschiedene Konzepte, die einzelnen Wohnungen in einem MFH zu versorgen, z.B.:

- Die Versorgung mit Wasser, Heizung, Strom und ggf. mit einer mechanischen Lüftung kann direkt über einen oder mehrere vertikale Installationsschächte (Bild 2) pro Wohnung erfolgen. Diese können eine oder mehrere Komponenten enthalten. Die einzelnen

Schächte können zentral an einer Stelle, aber auch auf verschiedene Stellen in einer Wohnung verteilt sein. Vier der untersuchten Gebäude werden über vertikale Installationsschächte erschlossen.

- Die einzelnen Wohnungen werden horizontal über einen vertikal versorgten Technikraum pro Etage versorgt. Die Technikräume sind wiederum an einen oder mehrere Installationsschächte angeschlossen. Dieses Versorgungskonzept tritt bei den untersuchten Gebäuden nur einmal auf.
- Bei Wohnungen mit Komfortlüftung können die Wohnungen durch eine Zentraleinheit des Gebäudes oder wohnungsweise mit dezentralen Geräten versorgt werden. In beiden Fällen gibt es Anschlüsse zu einem i.d.R. vertikalen Installationsschacht (Zu-/Abluft oder Aussen-/Fortluft).
- Abwasser wird oft über einen eigenen vertikalen Schacht abgeführt. Wohnungen können mehr als einen Abwasserschacht aufweisen.
- Steigleitungen für Zu- und Rücklauf von Radiatoren können in der Aussenwand liegen. In Bestandsbauten können die Steigleitungen auch raumseitig der Aussenwand geführt sein.
- Bei den beiden untersuchten Bestandsbauten wird der Strom über das Treppenhaus geführt und von dort in die einzelnen Wohnungen verteilt.
- Elektrokabel werden i.d.R. als Kabelbündel durch einen Installationsschacht in die Wohnungen geführt. Bei einem der untersuchten Neubauten wird pro Wohnung nur ein Elektrokabel aus dem Keller hochgezogen. Die Unterverteilung erfolgt in den Wohnungen. Dies vermindert den Abdichtungsaufwand.

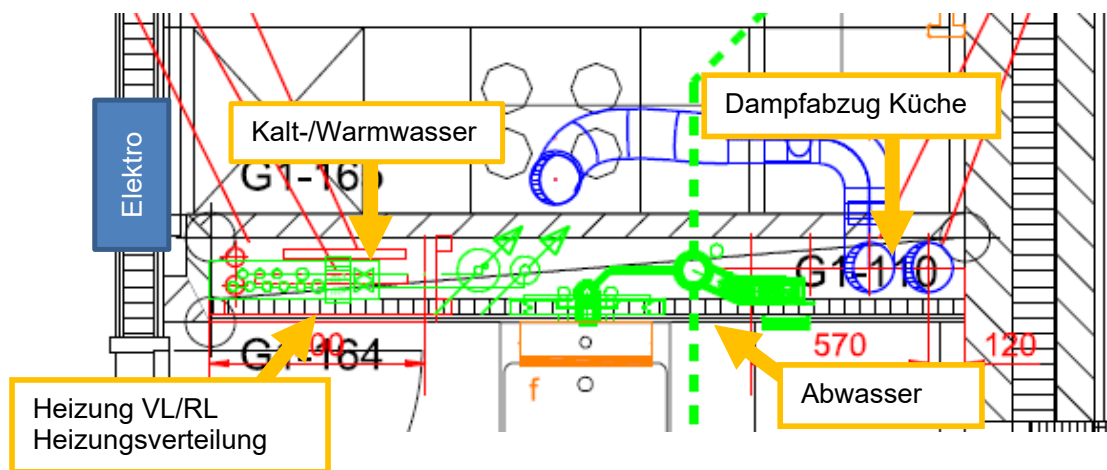


Bild 2 Beispiel für einen Installationsschacht mit allen Anschlüssen (Horizontalschnitt): Kalt-/Warmwasser, Abwasser, Heizungsversorgung und Dampfabzug der Küche. Der Schaltschrank in der Wand hat ebenfalls eine Verbindung zum Installationsschacht.

## 2.2 Erkenntnisse

Aus den Messungen lassen sich folgende Erkenntnisse ableiten:

- Die Wohnungen in Mehrfamilienhäusern sind i.d.R. über Installationsschächte vertikal erschlossen. D.h. übereinander liegende Wohnungen stehen gegebenenfalls über diese Schächte in Verbindung.
- Die Neubauten weisen geschossweise Brandabschottungen in den Installationsschächten auf. Weist diese Brandabschottung Lücken auf, ergibt sich ein Luftverbund im Installationsschacht über mehrere Etagen. Ohne eine zusätzliche luftdichte Abdichtung zwischen Wohnungen und Schachtwände sind somit übereinanderliegende Wohnungen lufttechnisch verbunden.
- Eine horizontale Anbindung kann auftreten, wenn mehreren Wohnungen in einer Etage über denselben Installationsschacht oder über eine Installationswand als Wohnungstrennwand versorgt werden.
- Das grösste Problem ist die luftdichte Verlegung von Elektroleitungen. Kabelbündel sind schwerer abzudichten als Einzelkabel.
- Leerrohre, mit und ohne Elektrokabel, lassen sich sehr gut mit z.B. entsprechenden Dichtstopfen luftdicht verschliessen.

Der typische Leckageweg bei internen Verbindungen zwischen Wohnungen führt über die gemeinsam genutzten Installationsschächte. I.d.R. betrifft dies übereinanderliegenden Wohnungen (vertikale Verbindung). Verbindungen zwischen nebeneinanderliegenden Wohnungen können auftreten, wenn sie an einen gemeinsamen Installationsschacht oder einer gemeinsamen Installationswand angebunden sind (horizontale Verbindung).

Typische interne Leckagen treten somit in Zusammenhang mit dem Installationsschacht auf. Sie lassen sich an folgenden Stellen lokalisieren:

- Schaltschrank (Bild 3, zwischen den Kabeln, betrifft alle Gebäude)
- Heizungsverteilung für Fussbodenheizung (Bild 4, Rohrdurchführung der Hauptrohre für Vor-/Rücklauf bzw. Rohrbündel, betrifft alle Neubauten)
- Frisch- und Abwasser (Rohrdurchführung, betrifft ein Neubau und beide Bestandsbauten). Bei undichten WC-Spülkästen und Siphonanschlüssen unter den Waschbecken ist es unklar, ob die Leckage an der Frisch- oder Abwasserleitung vorliegt.

Sämtliche Durchdringungen für die Komfortlüftungsanlagen sind bei den untersuchten Neubauten dicht. Bei dem Gebäude H1 wurden die Rohre mit Manschetten in der Geschossdecke des Lüftungsschachts eingegossen und zusätzlich die Durchdringungen zwischen Lüftungsschacht und Wohnung abgedichtet. In Gebäude H2 stehen die Lüftungsgeräte der Wohnungen in dem Etagentechnikraum. Im Bereich der Lüftungsanlagen können dort weder in der Geschossdecke (Verbindung zum Keller) noch bei den Anschlüssen zu den Wohnungen Leckagen lokalisiert werden.

Brandschutzabschottungen in den Geschossdeckendurchbrüchen der Installationsschächte müssen nicht 100% luftdicht ausgeführt sein, da sie im Brandfalle aufquellen und dann die Fläche versiegeln. D.h. Brandschutzabschottungen in den Geschossdecken können nur die Luftdichtigkeitsschicht bilden, wenn sie keine Lücken aufweisen.

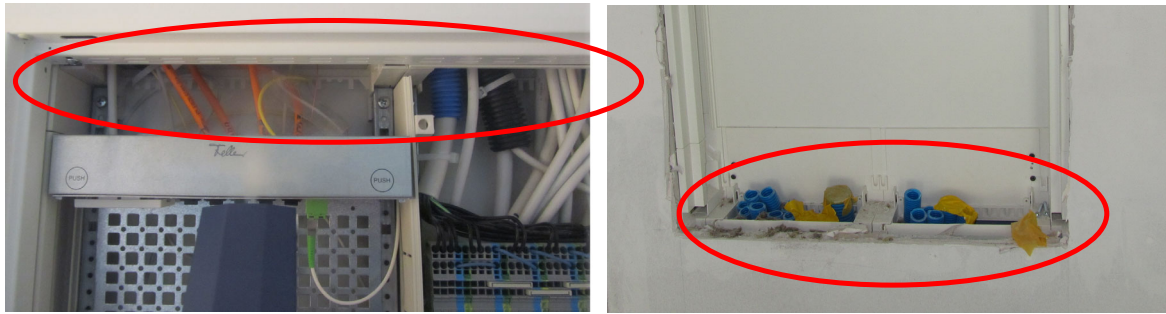


Bild 3 Typische Leckagen am Schaltschrank zwischen den Kabeln/Leerrohren als Folge unvollständiger Abdichtung im oder zum Installationsschacht. Ein Luftstrom kann auch über die Leerrohre selber festgestellt werden. Dies ist eine Folge der direkten Verbindung in den Keller, zu Antrieben von aussenliegenden Sonnenstoren oder zu Steckdosen, Licht, etc. für Terrassen bzw. Balkone.



Bild 4 Typische Leckagen der Heizungsverteilung (Fussbodenheizung) als Folge unvollständiger Abdichtung im oder zum Installationsschacht.

Daraus folgt:

- Der typische interne Leckageweg führt über die Installationsschächte, die die übereinanderliegenden Wohnungen vertikal verbinden.
- Typische interne Leckagen sind am Schaltschrank, der Heizungsverteilung und WC-Spülkästen/Waschbeckensiphons zu lokalisieren.
- Die alleinige Abdichtung über die geschossweise Bandschutzabschottung im Installationsschacht reicht nur aus, wenn diese lückenlos eingebracht ist. Dies ist oft schwierig, da wenig Platz zwischen Wand, Elektrokabeln und Rohren vorhanden ist.
- Durchdringungen für die Rohre von Lüftungsanlagen werden i.d.R. luftdicht ausgeführt.

### 3 Interviews

Zum Thema «Luftdichtheit» werden zwei Interviews geführt. Die Aussagen werden stichpunktartig in Tabelle 1 wiedergegeben. Sie betreffen nicht nur die Luftdichtheit zwischen Wohnungen, sondern auch ganz allgemein das Thema Luftdichtheit.

Die Hauptaussagen bzw. Empfehlungen sind:

- Die Verantwortlichkeit für die Luftdichtheit sollte in den Werkverträgen festgehalten werden.
- Es sollte immer ein Blower Door Test durchgeführt werden. Dieser Test sollte von einer unabhängigen Stelle durchgeführt werden.
- Alle Beteiligten sollten für das Thema Luftdichtheit sensibilisiert werden.
- Die Schachtwände der Installationsschächte bilden die Luftdichtheitsschicht, da
  - nicht immer Brandschutzabschottungen in den Geschossdecken notwendig sind,
  - die Brandschutzabschottungen in den Geschossdecken nicht immer luftdicht sind.
- Durchdringungen für Elektrokabelbäume sind schwer abzudichten. Daher sollte die Kabelführungen gut durchdacht sein und entsprechende Abdichtmassnahmen ausgeführt werden.

Tabelle 1 Aussagen und Empfehlungen zur Luftdichtheit.

Thema	Erläuterung	Empfehlung
Elektro	Immer mehr Elektrokabel gehen durch die Aussenwand nach aussen z.B.: Sonnenschutz, Windwächter, Steckdosen, Licht, Webcam, Wetterstation, Alarmanlage, etc.	Möglichst nur einmal pro Geschoss nach aussen gehen. Ggf. Sonnenschutzbedien- ung zusammenlegen. Dies spart evtl. auch einen Motor.
	Elektrokabelbäume sind schwer abzudichten	Vorgefertigte Manschetten verwenden
	Abdichtung Leerrohre	Entsprechende Manschetten und Dicht- stopfen verwenden
	Verlegung von Elektrokabeln für Steckdo- sen, Licht, Multimedia, etc.	Verlegung in Wohnungstrennwänden sollte vermieden werden.
Luftdicht- heitsschicht	Bei gemauerten Aussenwänden ist der Innenputz die Luftdichtheitsschicht.	Dort wo das Elektrokabel in der Aussen- wand verlegt wird, sollte ausgemörtelt werden.
	Die Schachtwand der Installations- schächte bildet die Luftdichtheitsschicht: - Brandschutzabschottung sind nicht in jeder Geschossdecke nötig. Dies hängt von den kantonalen Vorschriften ab. - Brandschutzabschottung ist oft undicht	Durchdringungen der Schachtwand des Installationsschachts immer luftdicht ausführen.
	Luftdichtheitsschicht ist auch die Basis für einen guten Radonschutz	Fehlerlose Luftdichtheitsschicht sicher- stellen
Blower Door Test	Qualitätsprüfung der Luftdichtheitsschicht	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Der Blower Door Test sollte nicht von demjenigen durchgeführt werden, der für die Luftdichtheit verantwortlich ist.</li> <li>- Es wird immer ein Blower Door Test durchgeführt.</li> </ul>
Verantwor- tung für Luftdichtheit	Verantwortlichkeit klären	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Zuständigkeiten für die Luftdicht- heit sollten in einem Werkvertrag festgehalten werden.</li> <li>- Jedes Gewerk ist für die Luftdichtheit verantwortlich.</li> </ul>
	Verantwortung stärken	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensibilisierung aller Beteiligten für das Thema Luftdichtheit.</li> <li>- Nicht nur Luftdichtheit fordern, son- dern auch erläutern, warum sie wich- tig ist.</li> </ul>

## **Anhang A. Gebäudesteckbriefe**

Tabelle 2 Gebäudesteckbriefe.

	H1 Neubau, Reihenmittel-MFH	H2 Neubau	H3 Neubau	H4 Bestandsbau	H5 Bestandsbau, Reihenmittel-MFH
Label	Minergie-ECO	Minergie	kein Label	kein Label	kein Label
Baujahr	2020 (Innenausbau)	2020 (kurz vor dem Bezug)	2020 (teilweise schon bezogen)	1963 1996 Fensterersatz	1921 2002 Fensterersatz
Anzahl Etagen	4	4	4	3	4
Anzahl Wohnungen	6	11	16	12	4
Bauweise	Holzbau	Massivbau (Beton/ Mauerwerk)	Massivbau, Doppelschal. Mauerwerk	Massivbau, Mauerwerk	Massivbau, Bruchsteinmauerwerk
Sonnenschutz	Lamellen, elektrisch	Lamellen, elektrisch	Lamellen, manuell	Klappläden, einzelne Roll- läden (manuell)	Klappläden
Wärmeerzeuger	Fernwärme	S/W-Wärmepumpe	S/W-Wärmepumpe	Gasheizung	Ölheizung
Wärmeverteilung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Radiatoren	Radiatoren
Lüftung	Komfortlüftung, dezent- rale Wohnungsgeräte	Komfortlüftung, Monoblock im Keller	Fensterlüftung	Fensterlüftung	Fensterlüftung
Dampfabzug	Umluft	Umluft	Umluft	Anschluss nach aussen	Anschluss nach aussen
WC-Abzug/Bad	Über Komfortlüftung	Über Komfortlüftung	Schwerkraftlüftung für innenliegende Bäder/WC, Fensterlüftung in aussen- liegende Bäder	Schwerkraftlüftung für innenliegende Bäder/WC, Fensterlüftung in aussen- liegende Bäder	Fensterlüftung

Leitungsführung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Installationsschacht/-schächte aus Keller: Wasser, Heizung, Strom (ein Kabel pro Wohnung), Lüftung</li> <li>- Abwasser z.T. in getrennten Schächten</li> <li>- Wohnungen werden entweder über einen oder mehrere Installationsschächte versorgt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pro Etage gibt es einen Technikraum, der die Wohnungen in der Etage versorgt: Wasser, Heizung, Strom, Lüftung</li> <li>- Abwasser in den einzelnen Wohnungen: z.T. in getrennten Schächten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ein Installationsschacht pro Wohnung aus Keller: Wasser, Abwasser, Heizung, Strom</li> <li>- Rohre für Schwerkraftlüftung haben einen eigenen Installationsschacht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Installationsschacht aus Keller: Wasser, Gas, Abwasser</li> <li>- Heizungsleitungen werden in Aussenwänden hochgeführt</li> <li>- Rohre für Schwerkraftlüftung haben einen eigenen Schacht</li> <li>- Strom wird aus dem Treppenhaus in die Wohnungen verteilt (Verteilerkasten). Kabel wird in einer Innenwand vom Keller in die Etagen geführt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Installationsschacht aus Keller für Wasser/Abwasser in der Küche</li> <li>- Heizungsleitungen werden raumseitig der Aussenwände hochgeführt</li> <li>- Strom wird aus dem Treppenhaus in die Wohnungen verteilt (Verteilerkasten). Kabel wird in einer Innenwand vom Keller in die Etagen geführt</li> </ul>
Verbindung der Wohnungen	Vertikal über Installationsschächte	Horizontal über Technikraum und über Installationswand Bad/Bad	Vertikal über Installationsschacht	Vertikal über Installationsschacht	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vertikal über Installationsschacht und Heizungsleitungen</li> <li>- Flächig durch die undichten Holzdecken</li> </ul>

<p>Luftdichtheitskonzept innerhalb des Gebäudes</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alle Anschlüsse aus dem Keller werden im Installationsschacht nach oben geführt (ein Stromkabel pro Wohnung)</li> <li>- Luftdichtheit vom Installationsschacht zu den Wohnungen wird in den einzelnen Wohnungen sichergestellt</li> <li>- Leerrohre werden mit Stopfen abgedichtet</li> <li>- Brandabschottung in Geschossdecke je Etage im Installationsschacht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alle Anschlüsse aus dem Keller in Technikraum und von dort in Wohnungen verteilt</li> <li>- Luftdichtheit vom Keller zum Technikraum und Technikraum zu den Wohnungen sicherstellen</li> <li>- Leerrohre werden mit Stopfen abgedichtet</li> <li>- Brandabschottung in Geschossdecke je Etage im Technikraum</li> </ul>	<p>Brandabschottung in geschossdecke je Etage im Installationsschacht</p>	<p>Keine speziellen Massnahmen</p>	<p>Keine speziellen Massnahmen</p>
<p>Luftdichtheit der Wohnungen</p>	<p><math>q_{a50} = 0.2-0.4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)</math></p>	<p><math>q_{a50} = 0.3-0.4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)</math></p>	<p><math>q_{a50} = 0.8-1.0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)</math></p>	<p><math>q_{a50} \text{ ca. } 1.5 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)</math></p>	<p><math>q_{a50} = 11.0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)</math></p>

## **Anhang B. Leckageliste**

Tabelle 3 Leckageliste.

Haus	Balkontüre		Fenster	Rolladen	Elektrokabel			Heizungs-verteilung	Installations-wand	Installations-schacht (Wasser)
	flexibler/ Festteil	Glaseinbau Dichtung/Glas	Scharniere	Gurtdurch- führung	Leerrohre/Steckdo- sen in Innenwand	Steckdose in Aussenwand	Installations- schacht (Elektro)	Anschluss Zu-/Ab- lauf	Wohnung zu Wohnung (horz.)	Wohnung zu Wohnung (verti.)
H1	Hebe- schiebe- türe: oben und unten	Hebeschiebe- türe: an einer Scheibe der Festver-gla- sung	z.T. undicht	nicht vor- handen	Verbindung Aus- senstoren (z.T. noch ohne Stop- fen) Anschluss für Ge- gensprechanlage an Wohnungstüre zum Treppenhaus	z.T. undicht	Zwischen den Leerrohren und z.T. durch die Leerrohre	z.T. undicht	nicht vorhanden	i.O
H2	Hebe- schiebe- türe: oben und unten	Hebeschiebe- türe: i.O.	z.T. undicht	nicht vor- handen	i.O.	z.T. undicht	undichte Brand- abdichtung bei den Elektroka- beln im Technik- raum	z.T. undicht	WC-Spülkasten, Wasservertei- lung	i.O
H3	i.O	i.O	i.O	dicht (nur in Küche), sonst Kur- beln	i.O.	z.T undicht	Tablo im Flur hat direkte Verbin- dung zum Steigschacht, undicht	ist auch im Steigschacht, un- dicht	nicht vorhanden	sehr undicht (Haupteingang der Leckagen) Von hier nachher in die ganze Woh- nung verteilt
H4	z.T. feh- lende Dich- tung im Rahmen der Fenstertüre	T-Stösse der Fensterflügel z.T. undicht	i.O.	undicht	i.O.	z.T undicht	Haupteinspei- sung zwischen Gang und Woh- nung i.O	i.O	nicht vorhanden	Direkte Verbin- dung zwischen WC Spülkasten, Waschbecken im Badezimmer und Steigschacht
H5	nicht vor- handen	i.O	Fenster i.O., Dichtung Fenster- bank nicht immer gut	Undicht	undicht	undicht	Tablo im Flur hat direkte Verbin- dung zum Steigschacht vom Keller, un- dicht	Anschluss Steig- rohre: undicht in Zimmern mit Par- ket, bei Fliesen gefugt => dicht	nicht vorhanden	Direkte Verbin- dung zwischen Wohnungen. Hier in der Küche.

## Anhang C. Photos



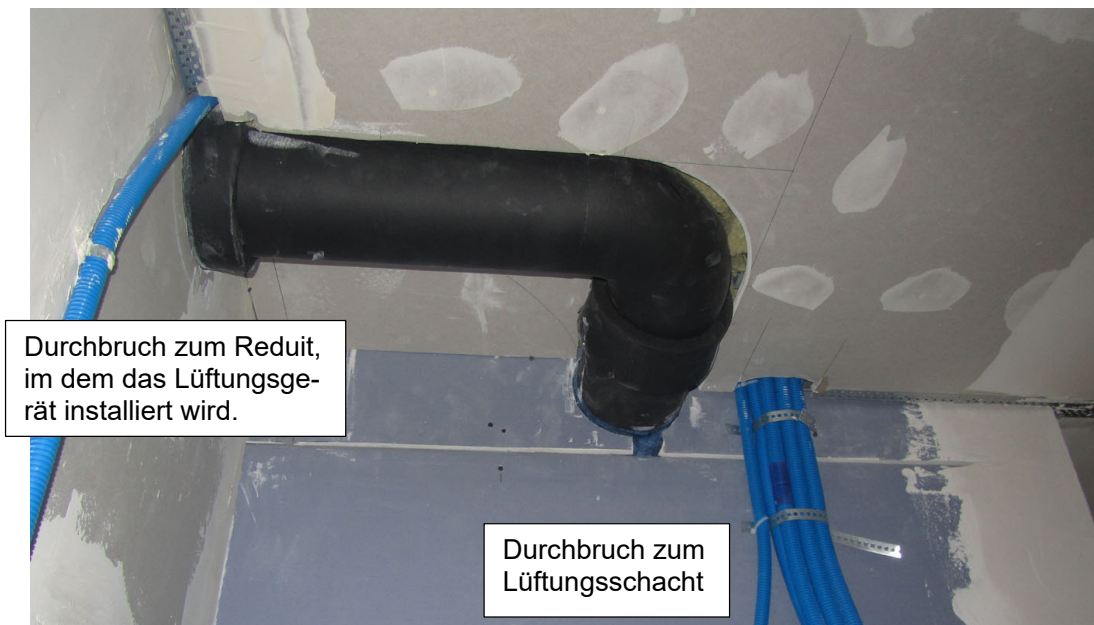
Bild 5 Luftdichte Ausführung der Brandschutzabschottung für Wasserrohre in der Geschosdecke.



Bild 6 Brandschutzabschottung in Geschosdecke für Elektrokabel mit/ohne Leerrohr und weiteren Rohren. Um die Elektrokabel ist es luftdicht abgedichtet, aber zwischen Rohr und Wand gibt es eine Lücke in der Brandschutzabschottung. Wenn der Wandabstand nicht gross genug ist, ist es sehr schwer zwischen Kabel/Rohre und Wand die Brandabschottung luftdicht einzubringen.



**Bild 7** Beispiele für eine gute Abdichtung von Durchbrüchen für Leerrohre und die Verwendung von Dichtstopfen für un-/benutzte Leerrohre. Das rechte Bild zeigt die Situation für ein noch nicht montierten Storenmotor. Der Dichtstopfen, um im Endzustand das Leerrohr abzudichten ist schon vorhanden.



Durchbruch zum Reduit, im dem das Lüftungsgerät installiert wird.

Durchbruch zum Lüftungsschacht

**Bild 8** Luftdichter Anschluss des Lüftungsrohres zum Lüftungsschacht. Hier wird i.d.R. schon aus Schallschutzgründen sehr gut abgedichtet.

## Anhang D. Literatur zum Thema Luftdichtheit

Tabelle 4 Literatur zum Thema Luftdichtheit. Die Liste ist nicht umfassend.

Titel	Jahr	Herausgeber/Autoren/Bezug
Luftdichtheit von Gebäuden Schnittstellen zur Qualitätssicherung	2003	Landesgewerbeamt Baden-Württemberg, Stuttgart luftdichtheit.pdf (akbw.de)
Luft- und winddichte Gebäudehülle	2013	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung V/2 – Umweltökonomie und Energie, Wien www.klimaaktiv.at/bildung
Bautechnik der Gebäudehülle	2016	Marco Ragonesi et al Bautechnik der Gebäudehülle (enbau-online.ch)
Luftdichte und wärmebrückenfreie Elektroinstallationen	2020	GED Gesellschaft für Energiedienstleistung GmbH & Co. KG, Berlin www.elektro-plus.com
Richtlinie Luftdichtheit bei Minergie-Bauten (RiLuMi)	2020	Gregor Notter, Michael Wehrli www.minergie.ch
FLiB - Luftdichtheitskonzept (inkl. Checkliste für den Mauerwerksbau)	2019	Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V. luftdicht.info
Gebäude-Luftdichtheit (Band 1+2)	2012 2015	Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V. www.flib.de/publikationen