



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und  
Kommunikation UVEK

**Bundesamt für Energie BFE**



**Stadt Zürich**  
Amt für Hochbauten

**Stadt Zürich**  
Hochbaudepartement (HBD)

Amt für Hochbauten

**Schlussbericht 25. Januar 2013, ergänzt 30. März 2013**

---

# **Luftdurchlässigkeitsmessung: Momentaufnahme oder langfristiges Qualitätsmerkmal?**

---

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE  
Sektion Öffentliche Hand und Gebäude  
Herr Olivier Meile  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Kofinanzierung:**

Stadt Zürich  
Amt für Hochbauten  
Herr Franz Sprecher  
CH-8021 Zürich  
[www.ahb.ch](http://www.ahb.ch)

**Auftragnehmer:**

Hochschule Luzern – Technik & Architektur  
Zentrum für Integrale Gebäudetechnik (ZIG)  
Technikumstrasse 21  
CH-6048 Horw  
[www.hslu.ch](http://www.hslu.ch)

**Messtechniker**

- Harald Siegrist, InfraBlow.Siegrist, Lutertalstrasse 39, CH-3065 Bolligen
- Christoph Tanner, Bauchek-Tanner, Irchelstrasse 28, CH-8400 Winterthur
- Christof Höltschi, schaerholzbau ag, Kreuzmatte 1, CH-6147 Altbüron/LU
- Hansjörg Fäh, Clicon AG, Rebhaldenstrasse 63, CH-8625 Gossau/ZH
- Otmar Spescha, Ingenieurbüro für energieeffizientes Bauen, Untere Mangelegg 3, CH-6430 Schwyz
- Milton Generelli, Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (supsi), Campus Trevano, CH-6952 Canobbio
- Philipp Truffer, Truffer Ingenieurberatung AG, Gewerbestrasse 10, CH-3931 Lalden
- Beda Bossard, Hochschule Luzern – Technik & Architektur, Zentrum für Integrale Gebäudetechnik (ZIG), Technikumstrasse 21, CH-6048 Horw

**Autoren:**

Beda Bossard, Hochschule Luzern – Technik & Architektur, [beda.bossard@hslu.ch](mailto:beda.bossard@hslu.ch)  
Urs-Peter Menti, Hochschule Luzern – Technik & Architektur, [urs-peter.menti@hslu.ch](mailto:urs-peter.menti@hslu.ch)

**BFE-Programmleiter:** Daniel Büchel  
**BFE-Projektbegleiter:** Olivier Meile  
**BFE TP-Nummer:** 8100050-01  
**BFE Bestellnummer:** 810000162  
**BFE Vertragsnummer:** SI/400786-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

## **Dank**

Folgenden Personen und Institutionen gilt ein besonderer Dank. Ohne diese hätte das Projekt nicht im vorliegenden Rahmen durchgeführt werden können.

Herr Olivier Meile, Bundesamt für Energie und Herr Franz Sprecher, Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, als Vertreter der Auftraggeber für die Ermöglichung des Projekts.

Allen HauseigentümerInnen, die Ihre Räumlichkeiten für eine Nachmessung zur Verfügung gestellt haben.

Meinen Kollegen „Messtechniker“, die mich bei den Nachmessungen und bei der Vollendung dieses Schlussberichtes mit grossem Engagement und Fachwissen unterstützt haben.

## Zusammenfassung

Die Luftdurchlässigkeitsmessung, inklusive ihrer hohen Anforderungen bei MINERGIE-P- und MINERGIE-A-Gebäuden, kann aufgrund dieser Untersuchung, durchaus als sinnvolles Instrument im Bauprozess und deren Durchsetzung als langfristiges Qualitätsmerkmal bezeichnet werden.

In 25 (mehrheitlich) MINERGIE-P-Objekten wurde die nach Bauvollendung durchgeführte Luftdichtigkeit nach einer gewissen Nutzungszeit wiederholt. Damit sollte untersucht werden, ob die Luftdichtigkeit einer Gebäudehülle sich im Laufe der Zeit verändert oder nicht. Wenn sich die Luftdichtigkeit im Laufe der Zeit nicht verändert, ist die entsprechende Messung nach Bauvollendung ein wichtiges Qualitätsmerkmal. Wenn sich die Luftdichtigkeit mit zunehmendem Gebäudealter verschlechtern sollte, verliert die Messung nach Bauvollendung an Bedeutung. Ziel dieser Messkampagne war also, die Dauerhaftigkeit von Luftdichtheitskonzepten, respektive Luftdichtheitsschichten zu überprüfen.

Untersucht wurden Gebäude der Kategorien „I Mehrfamilienhaus“, „II Einfamilienhaus“, „III Verwaltung“ und „IV Schulen“. Bei diesen Gebäuden wurde zwischen 1996 und 2012 bereits einmal eine Luftdichtigkeitsmessung durchgeführt (meist im Rahmen einer Zertifizierung). Unter möglichst ähnlichen Randbedingungen wurden die Messungen wiederholt. Nach Möglichkeit wurden die neuerlichen Messungen durch die gleichen Personen ausgeführt, welche schon die erste Messung vorgenommen haben.

Die Untersuchung zeigt für die geprüften Objekte ein erfreulich positives Bild. Das Bewusstsein und die Sensibilität von Planenden und Ausführenden für das Thema „Luftdichtheit“, sowie die praktische Überprüfung scheinen sich auf die Qualität, inklusive die Dauerhaftigkeit der Massnahmen positiv auszuwirken. Bei der grossen Mehrzahl der Objekte ist die Differenz zwischen der ersten und der zweiten Messung kleiner  $\pm 20\%$ , mit zum Teil sehr geringem, absolutem Leakagestrom. Sieben Objekte wurden mit leicht erhöhten, schlechteren Werten (2-18%, 3-44 m<sup>3</sup>/h) und 13 Objekte mit leicht tieferen, also besseren Werten (-2 bis -19%, -3 bis -145 m<sup>3</sup>/h) gemessen.

Ein Zusammenhang zwischen dem Alter des Gebäudes und der Qualität der Luftdichtheit ist aufgrund dieser Stichproben nicht erkennbar. Weiter lässt sich feststellen, dass die gemessenen Abweichungen keinen offensichtlichen Zusammenhang mit der Gebäudekategorie, mit der Bauweise oder mit der Messzonengrösse haben. Zudem ist ein systematischer Einfluss des ausführenden Messtechnikers auf die Ergebnisse nicht ersichtlich. Höhere und tiefere Nachmesswerte kommen bei beiden Ausführungsvarianten (identische und unterschiedliche Messtechniker) fast gleichmässig vor.

## Résumé

La mesure de l'étanchéité à l'air y compris ses exigences sévères pour la certification de bâtiments Minergie-P et Minergie-A peuvent être qualifiées, de part cet examen, d'outil judicieux lors de la mise en œuvre ainsi que pour la réalisation d'un ouvrage de qualité durable.

La mesure de l'étanchéité à l'air d'un échantillon de 25 bâtiments Minergie-P (pour la plupart) effectuée à la fin de la construction, a été renouvelée après un certain temps d'utilisation. Ainsi, il a pu être observé si la qualité de l'étanchéité à l'air des ouvrages examinés s'est dégradée au cours du temps ou non. Si aucune dégradation n'est observée, cela veut dire que la mesure après réception de l'ouvrage est appropriée et atteste effectivement de la qualité de l'étanchéité à l'air d'un bâtiment. Dans le cas contraire, la mesure en question perd de sa valeur. Le but de cette campagne de mesure est donc d'examiner la durabilité de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe de bâtiments au cours du temps ainsi que des différentes couches d'étanchéité à l'air.

Les bâtiments mesurés appartiennent aux catégories d'ouvrages « I habitat collectif », « II habitat individuel », « III administration », ainsi que « IV écoles ». La première mesure d'étanchéité à l'air a été effectuée sur ces bâtiments entre 1996 et 2012 dans le cadre d'une certification. Les mesures ont été renouvelées si possible dans les mêmes conditions et par la même personne qui avait déjà effectué la première mesure.

L'étude montre des résultats positifs pour les ouvrages examinés. Les connaissances ainsi que la sensibilité des planificateurs et des exécutants dans le domaine de l'étanchéité à l'air ainsi que les tests pratiques ont une influence positive sur la qualité ainsi que sur la durabilité des ouvrages. Pour la majorité des bâtiments, la différence entre la première et la deuxième mesure est inférieure à  $\pm 20\%$ , avec parfois de très faibles inétanchéités à l'air. Des valeurs légèrement plus élevées (2-18%, 3-44 m<sup>3</sup>/h) ont été mesurées pour 7 objets et des valeurs légèrement plus faibles donc meilleures (-2 bis -19%, -3 bis -145 m<sup>3</sup>/h) ont été mesurées parmi 13 objets.

Vu la faible quantité d'ouvrages sélectionnés, une relation entre l'âge des bâtiments et la qualité de l'étanchéité à l'air n'a pas pu être établie.

En revanche, il a pu être constaté que la différence entre les valeurs mesurées n'est pas dépendante du type de construction ou de la catégorie d'ouvrage.

De plus, on observe que la surface de la zone mesurée variant de 220-770 m<sup>2</sup> ainsi que l'influence de l'exécutant des mesures avaient une faible influence sur les résultats.

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung .....	7
1.1.	Ausgangslage .....	7
1.2.	Idee .....	7
1.3.	Zielsetzung .....	7
2.	Vorgehen / Methodik .....	8
3.	Resultate .....	9
3.1.	Messergebnisse .....	9
3.1.1.	Untersuchungssample (25 Objekte) .....	9
3.1.2.	Einfluss des Gebäudealters .....	13
3.1.3.	Einfluss der Gebäudekategorie .....	14
3.1.4.	Einfluss der Bauweise .....	15
3.1.5.	Einfluss der Gebäudegrösse (Hüllfläche) .....	16
3.1.6.	Einfluss des ausführenden Messtechnikers .....	17
3.2.	Ergebnisse aus den Zusatzfragen .....	17
3.2.1.	Kurzbeschreibung Luftdichtheitskonzept .....	17
3.2.2.	Unterhaltsarbeiten .....	18
3.2.3.	Bauliche Veränderungen .....	18
3.2.4.	Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse .....	18
3.2.5.	NutzerInnenbefragung bezüglich Komfort .....	18
4.	Fazit .....	19
5.	Literaturverzeichnis .....	20
5.1.	MINERGIE-Dokumente .....	20
5.2.	Normen .....	20
5.3.	Weitere Literatur .....	20
6.	Anhang Objektdatenblätter 1-26 .....	21

# 1. Einleitung

## 1.1. Ausgangslage

Seit 2003 (Einführung MINERGIE-P) ist die Luftdurchlässigkeitsmessung ein integrierender Bestandteil des Zertifizierungsprozesses bei MINERGIE-P und neu auch bei MINERGIE-A. Ambitiöse Grenzwerte sind definiert und deren Einhaltung muss für eine Zertifizierung mittels Messung nachgewiesen werden (MINERGIE-A, MINERGIE-P, zertifiziertes Passivhaus). Fördergelder werden meist nur ausbezahlt, wenn ein entsprechendes Zertifikat vorgelegt werden kann.

Die Luftdurchlässigkeitsmessung bildet oft den letzten grossen „Meilenstein“ vor der definitiven Zertifizierung. Zur Erfüllung der strengen Luftdurchlässigkeitsanforderungen müssen während der Messung nicht selten undichte Stellen abgeklebt oder nachgebessert werden. Die Dauerhaftigkeit solcher Massnahmen ist unklar. Kurzfristig ist die Messung ein enorm wichtiges Thema. Erkenntnisse, wie sich die Luftdurchlässigkeit einer Gebäudehülle mittel oder langfristig verändert, fehlen jedoch weitgehend.

Die Luftdurchlässigkeitsmessung ist die einzige Massnahme im Bauprozess, welche mit geringem Aufwand, qualitative und quantitative Resultate liefert. Sie geniesst deshalb bei Bauträgerschaften und bei Käufern eine hohe Akzeptanz.

## 1.2. Idee

Mittels einer systematischen Untersuchung soll überprüft werden, wie sich die Luftdichtigkeit eines Gebäudes im Laufe der Zeit (Messung Rohbau – Bauvollendung – Nutzung) verändert.

Aufgrund der Ergebnisse können Empfehlungen für die Optimierung von Luftdichtigkeitskonzepten abgegeben und eine Aussage zur Relevanz von Luftdichtigkeitsmessungen in einer Lebenszyklusbetrachtung gemacht werden.

## 1.3. Zielsetzung

Aktuelle Konstruktionen/Ausführungen von Luftdichtheitsschichten werden bezüglich Dauerhaftigkeit überprüft und falls nötig hinterfragt. Die Erkenntnisse sollen entweder gängige Konstruktionen bestätigen (Sicherheit liefern) oder vermeintlich gute Lösungen bei realisierten Konstruktionen aufdecken.

Zudem soll in dieser Studie überprüft werden, ob es Sinn macht, die Einhaltung des Grenzwertes der Luftdurchlässigkeit konsequent einzufordern.

## 2. Vorgehen / Methodik

Die Untersuchung wird an Holz-, Massiv- und Mischbauten durchgeführt und es werden Objekte aus den SIA Gebäudekategorien „I Mehrfamilienhaus“, „II Einfamilienhaus“, „III Verwaltung“ und „IV Schule“ nachgemessen.

Es werden wenn möglich Objekte ausgewählt, bei denen die Erst- und die Nachmessung durch den gleichen Messtechniker ausgeführt werden können, damit der Einfluss des ausführenden Messtechnikers auf die Messergebnisse möglichst minimiert werden kann.

In dieser Dokumentation werden die Ergebnisse der Erst- und der Nachmessungen aufgelistet und allfällige Unterschiede analysiert. Die Messungen werden gemäss der „Richtlinie für Luftdurchlässigkeitsmessungen bei Minergie-A<sup>®</sup>-, MINERGIE-P<sup>®</sup> und MINERGIE<sup>®</sup>-Bauten“ (RILUMI) [1] durchgeführt.



### 3. Resultate

#### 3.1. Messergebnisse

Nachfolgend werden die Messungen beschrieben und die Resultate interpretiert. Dabei ist immer zu berücksichtigen, dass jedes Messresultat einen Unsicherheitsbereich/Messfehler beinhaltet. Allgemein liegen Messunsicherheiten bei BlowerDoor-Messungen im Bereich von  $\pm 10\%$  und können bei starkem Wind bis gegen  $\pm 40\%$  steigen. Details zur Messunsicherheit sind nachzulesen in der SN EN 13829 [2] (Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren) und in der RILUMI [1] (Richtlinie für Luftdurchlässigkeitsmessungen bei MINERGIE-Bauten, 2011).

Die meisten Erstmessungen in den analysierten Objekten wurden als „vorgezogene Messungen“ (vor Bauvollendung) ausgeführt. Mit der Fertigstellung des Gebäudes wird vor allem durch Gipser- und Malerarbeiten die Luftdichtigkeit eher noch verbessert. Infolge nachträglicher Installationsarbeiten oder durch die Montage der Lüftungsanlage können aber auch wieder zusätzliche Leckagen geschaffen werden. Eine „vorgezogene Messung“ ist wegen der fehlenden Berücksichtigung der Massnahmen während der Bau-Fertigstellung nie ganz genau reproduzierbar.

Zudem ist festzuhalten, dass aufgrund der Stichprobengrösse keine statistisch repräsentativen Aussagen gemacht, sondern lediglich Tendenzen festgestellt werden können.

In der vorliegenden Studie wurden alle Massnahmen getroffen, um die oben erwähnten Unsicherheiten möglichst zu minimieren. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse und Erkenntnisse eine hohe Verlässlichkeit aufweisen.

##### 3.1.1. Untersuchungssample (25 Objekte)

Im November/Dezember 2012 wurden total 25 Objekte von acht verschiedenen Messtechnikern nachgemessen. Bei 16 Objekten wurde die Nach- von der gleichen Person durchgeführt, wie die Erstmessung. Bei neun Objekten wurden die Erst- und die Nachmessung nicht von der gleichen Person durchgeführt.

	Holzbauten	Massivbauten	Mischbauten	<b>Total Messobjekte</b>
I Wohnen MFH	3	5	2	<b>10</b>
II Wohnen EFH	5	4	2	<b>11</b>
III Verwaltung	1			<b>1</b>
IV Schulen	2		1	<b>3</b>
<b>Total Messobjekte</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>25</b>

Abbildung 1: Gebäudekategorien/Bauweisen der 25 Objekte

Bei der Auswahl der Objekte wurde darauf geachtet, dass Objekte aus der SIA-Gebäudekategorie „I Mehrfamilienhaus“ (10), „II Einfamilienhaus“ (11) in etwa gleich häufig vorkommen, aber auch Gebäude aus den Kategorien „III Verwaltung“ (1) und „IV Schulen“ (3) vertreten sind (Abbildung 1). Total wurden elf Holzbauten, zehn massive Bauten und vier Mischbauten untersucht. Die Deutschschweiz ist mit 22 Objekten, die Westschweiz mit zwei Objekten und das Tessin mit einem Objekt vertreten.

Nebst den obenstehenden Auswahlkriterien spielten bei der Definition der Messobjekte vor allem auch die Bereitschaft der NutzerInnen und die Messterminfindung eine Rolle.

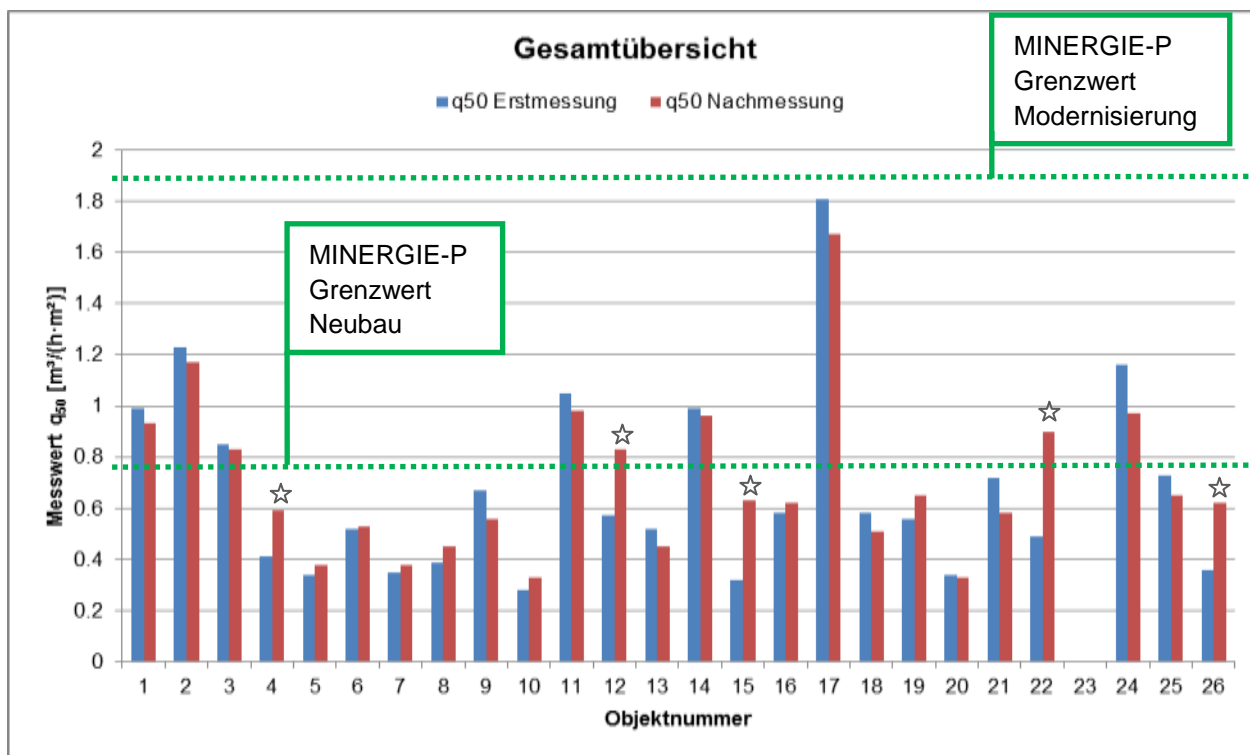


Abbildung 2: Messergebnisse der 25 Objekte (Erstmessung / Nachmessung), ☆- Objekte werden im Kapitel 3.1.1 speziell beschrieben

☆ - **Objekte:** Bei diesen fünf Objekten treten (relativ gesehen) grosse Differenzen bei den Messwerten auf, die gemäss Überprüfung durch die Messtechniker während der Nachmessung nicht auf systematische Undichtheiten der Gebäudehülle zurückgeführt werden können, sondern mit spezifischen Veränderungen in der Nutzungsphase zu tun haben bzw. mit unterschiedlichen Situationen bei Erst- und Nachmessung (zum Beispiel: unterschiedliche provisorische Abdichtungen).

Eine Interpretation bezüglich Alters-, Nutzungs-, Bauweisen- oder Gebäudegrössenaspekten kann deshalb aus diesen fünf Nachmessungen nicht abgeleitet werden.

Die Differenzen zwischen Erst- und Nachmessungen (> + 40%) bei diesen Objekten werden durch die ausführenden Messtechniker wie folgt beschrieben (Objektblatt: Zusatzfragen 2a, 2b, 7):

Objekt 4: + 44% (+ 71 m<sup>3</sup>/h). Leckagen bei stark verformten Fenstern und nachträglich eingebautem Cheminée. Ansonsten keine offensichtlichen Leckagen gefunden. Trotzdem sehr gute Luftdichtheit. Der MINERGIE-P Grenzwert wird noch um 25% unterschritten.

Objekt 12: + 46%, (+ 118 m<sup>3</sup>/h). Geringe Luftundichtheiten im Bereich der Balkon-Fenstertüre, der beiden grossen, liegenden Kippfenster, sowie der beiden Eckpfosten beim grossen Wohnzimmer-Fenster. Ansonsten keine offensichtlichen Leckagen gefunden. Holzofen und Lüftungsanlage wurden bei der Erstmessung zentral, perfekt entkoppelt, bei der Nachmessung provisorisch „nur“ mit Ballondichtungen versehen. Diese Details dürften für die Zunahme des Leckagestroms verantwortlich sein. Der MINERGIE-P Grenzwert wird bei der Nachmessung ganz knapp überschritten (3%).

Objekt 15: + 97%, (+ 148 m<sup>3</sup>/h). Unterschiedliche Messverfahren (Handmessung/automatische Messung) könnten für die Differenzen mitverantwortlich sein. Keine offensichtlichen Leckagen gefunden. Sehr dichtes Gebäude. Der MINERGIE-P Grenzwert wird noch um 20% unterschritten.

Objekt 22: + 83%, (+ 397 m<sup>3</sup>/h). Erhebliche Undichtheiten bei Eingangs- und Fluchttüre, die bei der Erstmessung noch provisorisch abgeklebt waren. Ansonsten keine Leckage-Auffälligkeiten. Der MINERGIE-P Grenzwert wird noch knapp überschritten (12%).

Objekt 26: + 72%, (+ 710 m<sup>3</sup>/h). Die raumhohen Eingangs- und Terrassentüren bilden (wesentliche) Leckagen. Die Eingangstüren waren bei der Erstmessung noch provisorisch abgeklebt. Unklarheiten vorhanden bezüglich Oblichter, Entlüftungsklappe Aufzug und Lüftungsanlage. Ansonsten keine Leckage-Auffälligkeiten. Der MINERGIE-P Grenzwert wird noch um 20% unterschritten.

Der MINERGIE-P-Grenzwert  $n_{50, st}$  von  $0.6 \text{ (h}^{-1}\text{)}$  bei Neubauten, respektive  $1.5 \text{ (h}^{-1}\text{)}$  bei Modernisierungen führt, unter Berücksichtigung des in der Schweiz gültigen Gebäudeformfaktors von  $0.8$ , zu einer Luftdurchlässigkeit  $q_{50}$  von  $0.75 \text{ m}^3\text{/(h}\cdot\text{m}^2\text{)}$  bei Neubauten, respektive  $1.88 \text{ m}^3\text{/(h}\cdot\text{m}^2\text{)}$  bei Modernisierungen (Abbildung 2).

Die Luftdurchlässigkeit  $q_{50}$  (Verhältnis von Leckagestrom  $V_{50}$  über Gebäudehüllfläche  $A_E$ ) ist in der Fachdiskussion (auch in Deutschland) die relevante Grösse als Beurteilungskriterium für die Luftdichtheit, vor allem bei grossen Gebäuden (Referat „Bemessung zu fördernder Volumenströme bei grossen Gebäuden – Diskussion der Bezugsgrößen“; Paul Simons, [3]).

16 der 25 Objekte erfüllen den MINERGIE-P Grenzwert Neubau, ein Objekt (24) den MINERGIE-P Grenzwert Modernisierung, ein Objekt (1) ist MINERGIE zertifiziert, ein Objekt (11) ist Passivhaus zertifiziert und 6 Objekte (2, 3, 14, 17, 25, 26) verfügen über kein spezielles Energielabel (Abbildung 2). Die älteste Erstmessung stammt aus dem Jahr 1996, die neueste aus dem Jahr 2012.

Nach diesen Messungen zeigt sich für aktuelle Ausführungen der Luftdichtheitsschicht und deren Dauerhaftigkeit ein positives Bild, weil die Veränderungen über die Zeit meist sehr gering sind.

Die grosse Mehrzahl der Messungen (20 von 25) weist zwischen Erst- und Nachmessung Differenzen von weniger als  $\pm 20\%$  auf, mit zum Teil sehr geringem Leckagestrom  $V_{50}$  (Abbildung 4). Sieben Objekte wurden mit leicht erhöhten, schlechteren Werten ( $2\text{-}18\%$ ,  $3\text{-}44 \text{ m}^3\text{/h}$ ) und 13 Objekte mit leicht tieferen, besseren Werten ( $-2$  bis  $-19\%$ ,  $-3$  bis  $-145 \text{ m}^3\text{/h}$ ) gemessen. Bei fünf  $\star$ -Objekten (4, 12, 15, 22, 26) ergab die Nachmessung deutlich höhere Luftdurchlässigkeiten (Veränderung grösser  $+40\%$ ). Auf diese Messungen wurde vorgängig schon speziell eingegangen.

Meist sind für diese relativ geringen Veränderungen kleine Undichtheiten bei einzelnen Fenstern und Türen verantwortlich, in drei Fällen (7, 8, 19) sind es Leckagen bei elektrischen oder haustechnischen Installationen. In mindestens drei Objekten (9, 24, 25) führte vermutlich der Leckagebeschrieb aus der Erstmessung, inklusive der Behebung der Schwachstellen, zu leicht verbesserten, tieferen Nachmesswerten.

Einem Mittelwert der Luftdurchlässigkeit  $q_{50}$  aller Erstmessungen (ohne  $\star$ -Objekte) von  $0.74 \text{ m}^3\text{/(h}\cdot\text{m}^2\text{)}$  steht ein leicht tieferer Mittelwert aller Nachmessungen (ohne  $\star$ -Objekte) von  $0.71 \text{ [m}^3\text{/(h}\cdot\text{m}^2\text{)]}$  gegenüber. Dies kann als Indiz für die Dauerhaftigkeit der Qualität der Gebäudehülle betreffend Luftdichtheit angesehen werden.

	Formfaktor $F = A_E / V_T$ (Hüllfläche/Volumen) $[\text{m}^{-1}]$	Korrelationskoeffizient $r$	Strömungsexponent $n$
I Mehrfamilienhaus (10 Objekte)	1.18	0.99	0.67
II Einfamilienhaus (11 Objekte)	0.76	0.99	0.72
Alle 25 Objekte	---	0.99	0.73

Abbildung 3: Mittelwerte verschiedener Kennzahlen

Aus den 25 Nachmessungen wurden Mittelwerte verschiedener Kennzahlen gebildet (Abbildung 3), um die Plausibilität der Messungen zu überprüfen und Erfahrungszahlen herauszuschälen.

Nr	Gebäudekategorie	Bauweise	Jahr der Erstmessung	Messwert q50 Erstmessung m <sup>3</sup> /(h*m <sup>2</sup> )	Messwert q50 Nachmessung m <sup>3</sup> /(h*m <sup>2</sup> )	Veränderung relativ	Veränderung absolut	Bemerkungen	
1	IMFH	Holz	2000	0.99	0.93	-6%	-23 m <sup>3</sup> /h	Nur Unterdruckmessung. Beide Messungen mit altem Blow er-Door Typ 3, inkl. alter Auswertesoftware.	
2	IMFH	Holz	2008	1.23	1.17	-5%	-25 m <sup>3</sup> /h	Messungen absolut vergleichbar (Messtechniker, Messinventar, äussere Bedingungen).	
3	IMFH	Holz	2009	0.85	0.83	-2%	-11 m <sup>3</sup> /h	Nur Unterdruckmessung. Messungen absolut vergleichbar (Messtechniker, Messinventar, äussere Bedingungen).	
☆ 4	IMFH	Misch	2008	0.41	0.59	44%	+71 m <sup>3</sup> /h	Messungen vergleichbar. Leckagen bei nach der Erstmessung eingebautem Cheminée und einem verzogenem Fenster.	
5	IMFH	Misch	2000	0.34	0.38	12%	+27 m <sup>3</sup> /h	Unterschiedliches Messinventar und Messtechniker. Identische Abdichtungen. Kleine Undichtheiten bei Fenster und Türen.	
6	IMFH	Massiv	2007	0.52	0.53	2%	+3 m <sup>3</sup> /h	Messungen absolut vergleichbar (Messtechniker, Messinventar, äussere Bedingungen). Z.T. identische Leckagen.	
7	IMFH	Holz	2012	0.35	0.38	9%	+10 m <sup>3</sup> /h	Messungen vergleichbar. Storenkurbeln nachträglich eingebaut. Kleine Leckagen bei elektrischen Installationen.	
8	IMFH	Massiv	2007	0.39	0.45	15%	+20 m <sup>3</sup> /h	Z.T. unterschiedliches Messinventar und Messtechniker. Undichtheiten bei Fenster und Türen. Vermutlich Einfluss von trockenem Dusche-Abfluss.	
9	IMFH	Massiv	2010	0.67	0.56	-16%	-32 m <sup>3</sup> /h	Messungen vergleichbar (ausser Messtechniker). Schwachstellen aus Erstmessung wurden behoben.	
10	IMFH	Massiv	2002	0.28	0.33	18%	+16 m <sup>3</sup> /h	Unterschiedliches Messinventar und Messtechniker. Kleine Undichtheiten bei einzelnen Fenster und Fenstertüren.	
11	II EFH	Holz	2000	1.05	0.98	-7%	-25 m <sup>3</sup> /h	Nur Unterdruckmessung. Beide Messungen mit altem Blow er-Door Typ 3, inkl. alter Auswertesoftware.	
☆ 12	II EFH	Holz	2008	0.57	0.83	46%	+118 m <sup>3</sup> /h	Messungen vergleichbar bez. Messinventar, nicht aber bez. Messtechniker und prov. Abdichtungen. Undichtheiten bei einzelnen Fenster und Fenstertüren.	
13	II EFH	Holz	2010	0.52	0.45	-13%	-31 m <sup>3</sup> /h	Messungen vergleichbar (Messtechniker, Messinventar, äussere Bedingungen). Hohe Luftdichtheit.	
14	II EFH	Holz	2011	0.99	0.96	-3%	-13 m <sup>3</sup> /h	Nur Unterdruckmessung. Messungen vergleichbar (Messtechniker + -inventar, äus. Bedingungen). Identische kleine Leckagen.	
☆ 15	II EFH	Holz	2009	0.32	0.63	97%	+148 m <sup>3</sup> /h	Messungen vergleichbar bez. Messtechniker + -inventar, nicht vergleichbar ist die Messanordnung. Erstmessung= Handmessung. Nachmessung= autom. Messung!	
16	II EFH	Massiv	2010	0.58	0.62	7%	+15 m <sup>3</sup> /h	Messungen vergleichbar (Messtechniker, Messinventar, äussere Bedingungen). Grössere Leckagen bei Schiebefenster.	
17	II EFH Sanierung	Misch	1996	1.81	1.67	-8%	-45 m <sup>3</sup> /h	Nur Unterdruckmessung. Beide Messungen mit altem Blow er-Door Typ 3, inkl. alter Auswertesoftware. Z.T. nachträgliche Innendämmung.	
18	II EFH	Massiv	2007	0.58	0.51	-12%	-28 m <sup>3</sup> /h	Unterschiedliches Messgerät und Messtechniker. Messunsicherheit bei Nachmessung minimal tiefer.	
19	II EFH	Massiv	2010	0.56	0.65	16%	+44 m <sup>3</sup> /h	Messungen vergleichbar (Messtechniker, Messinventar). Ev. zusätzliche Leckagen bei Elektrodoesen.	
20	II EFH	Misch	2006	0.34	0.33	-3%	-3 m <sup>3</sup> /h	Unterschiedliches Messgerät und Messtechniker. Messunsicherheit bei Nachmessung leicht höher.	
21	II EFH	Massiv	2005	0.72	0.58	-19%	-82 m <sup>3</sup> /h	Unterschiedliches Messgerät und Messtechniker. Äusserst sensibilisierte Hauseigentümer-NutzerInnen.	
☆ 22	III Verwaltung	Holz	2010	0.49	0.90	83%	+397 m <sup>3</sup> /h	Messungen vergleichbar bez. Messtechniker + -inventar, nicht vergleichbar sind prov. Abdichtungen! Erhebliche Leckagen bei Eingangs- und Fluchttüren.	
23	III Verwaltung	Holz	2010	0.22	Aufgrund einer Kombination von objektspezifischen Gegebenheiten, äusseren Bedingungen und messtechnischen Gründen, ist es nicht gelungen, eine erfolgreiche Messung durchzuführen!				
24	IV Schulen Sanierung	Misch	2012	1.16	0.97	-16%	-145 m <sup>3</sup> /h	Messungen vergleichbar (Messtechniker, Messinventar). Schwachstellen aus Erstmessung wurden behoben.	
25	IV Schulen	Holz	2010	0.73	0.65	-11%	-48 m <sup>3</sup> /h	Messungen vergleichbar (Messtechniker, Messinventar). Schwachstellen aus Erstmessung wurden behoben.	
☆ 26	IV Schulen	Holz	2012	0.36	0.62	72%	+710 m <sup>3</sup> /h	Messungen vergleichbar bez. Messtechniker + -inventar, nicht aber bez. Nutzungsstand (Erstmessung mit grossen prov. Abdichtungen). Oblichter nicht kontrolliert.	

Abbildung 4: Messergebnisse der 25 Objekte (Erstmessung / Nachmessung), ☆ - Objekte werden im Kapitel 3.1.1 speziell beschrieben

### 3.1.2. Einfluss des Gebäudealters

Das Gebäudealter der untersuchten Objekte liegt zwischen einem Jahr (Erstmessung 2012) und 17 Jahren (Erstmessung 1996). 19 Nachmessungen stammen aus den letzten sechs Jahren (2007-2012).

Bei Gebäuden, die vor 2007 gemessen wurden, existierte die RILUMI [1] noch nicht. Bei Gebäuden, die vor 11/2000 gemessen wurden, existierte die SN EN 13829 [2] noch nicht. Es war damals bezüglich Messanordnungen für verschiedene Situationen noch nicht klar geregelt, wie damit umzugehen ist. Dies kann bei der späteren Reproduzierung der Messungen zu Abweichungen der Messresultate führen, die unter Umständen grösser als die Messunsicherheit sind. Innerhalb dieser Studie wurden Messanordnung und Auswertung für die Nachmessung dieser „alten“ Objekte deshalb möglichst identisch zur Erstmessung ausgeführt.

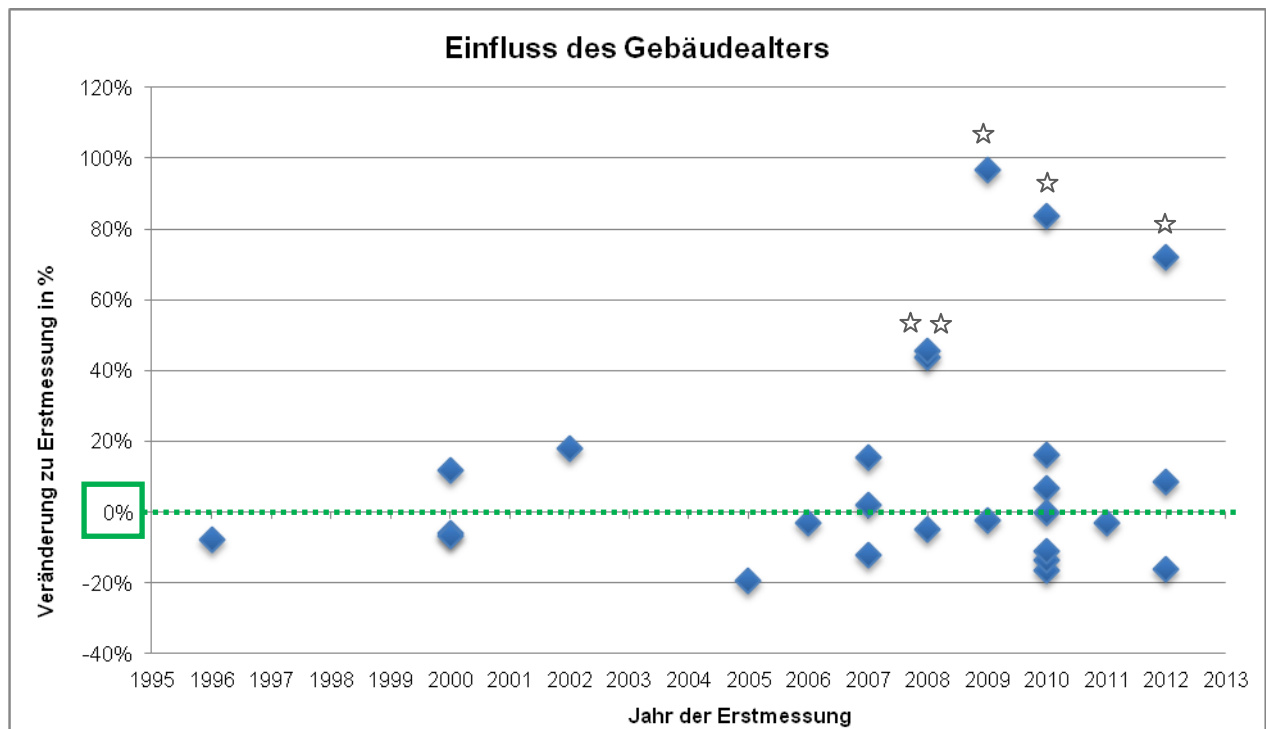


Abbildung 5: Gebäudealter / Veränderung zu Erstmessung der 25 Objekte, ☆ - Objekte werden im Kapitel 3.1.1 speziell beschrieben

Ein Zusammenhang zwischen älter werdendem Gebäude und abnehmender Luftdichtheitsqualität lässt sich aufgrund dieser Stichprobengruppe nicht erkennen (Abbildung 5). Leicht höhere und leicht tiefere Nachmesswerte verteilen sich über die ganze Beobachtungsperiode relativ gleichmässig.

Bei den sieben „alten“ Stichproben von 1996-2006 wurden drei Objekte von den gleichen Messtechniker und vier Objekte von unterschiedlichen Messtechniker untersucht.

Die ☆ - Objekte fallen für die Interpretation der Resultate aus den in Kap. 3.1.1 erwähnten Gründen ausser Betracht.

### 3.1.3. Einfluss der Gebäudekategorie

Die überwiegende Mehrzahl der MINERGIE-P Zertifikate in der Schweiz, total 1'714 Stück, (Stand Januar 2013) betrifft die SIA-Gebäudekategorien „I Wohnen Mehrfamilienhaus“ und „II Wohnen Einfamilienhaus“. Den Gebäudekategorien „III Verwaltung“ und „IV Schulen“ sind aktuell 133 Zertifikate zugeteilt. Diese Verteilung wurde bei der Objektauswahl berücksichtigt.

Bei der vorliegenden Studie wurden elf Einfamilienhäuser, zehn Wohnungen in Mehrfamilienhäuser und je eine Messzone in einem Verwaltungsbau und drei Schulbauten untersucht.

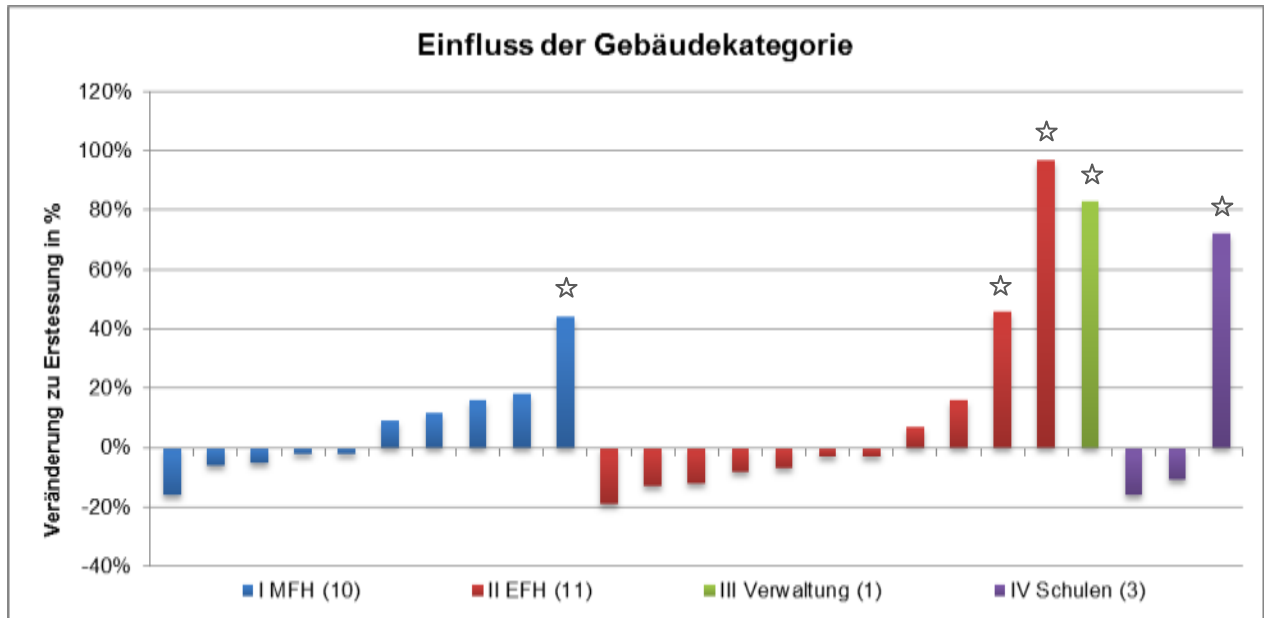


Abbildung 6: Gebäudekategorie / Veränderung zu Erstmessung der 25 Objekte, ☆ - Objekte werden im Kapitel 3.1.1 speziell beschrieben

Aufgrund der vorliegenden Untersuchung lässt sich keine Tendenz feststellen, dass eine bestimmte Gebäudekategorie eine markant schlechtere Dauerhaftigkeit der Luftdichtheit (Abbildung 6) aufweist.

Alle Gebäudekategorien weisen gegenüber der Erstmessung sowohl höhere, als auch tiefere Nachmess-Werte auf. Diese halten sich, bezüglich Anzahl, innerhalb der Kategorie in etwa die Waage.

In der Gebäudekategorie „III Verwaltung“, konnte nur eine Messung erfolgreich abgeschlossen werden, was hier keine Aussage zulässt.

Die ☆ - Objekte fallen für die Interpretation der Resultate aus den in Kap. 3.1.1 erwähnten Gründen ausser Betracht.

### 3.1.4. Einfluss der Bauweise

Das Luftdichtheitskonzept oder die Konstruktion der Luftdichtheitsschicht wird bei Massiv- und Holzbauten meistens sehr unterschiedlich geplant und ausgeführt. Um allfällige Unterschiede der Dauerhaftigkeit aufgrund der Bauweise aufzuzeigen, sind die verschiedenen Bauweisen in dieser Untersuchung in etwa gleich stark vertreten: elf Holzbauten, zehn Massivbauten und vier Mischbauten (Holz/Massiv).

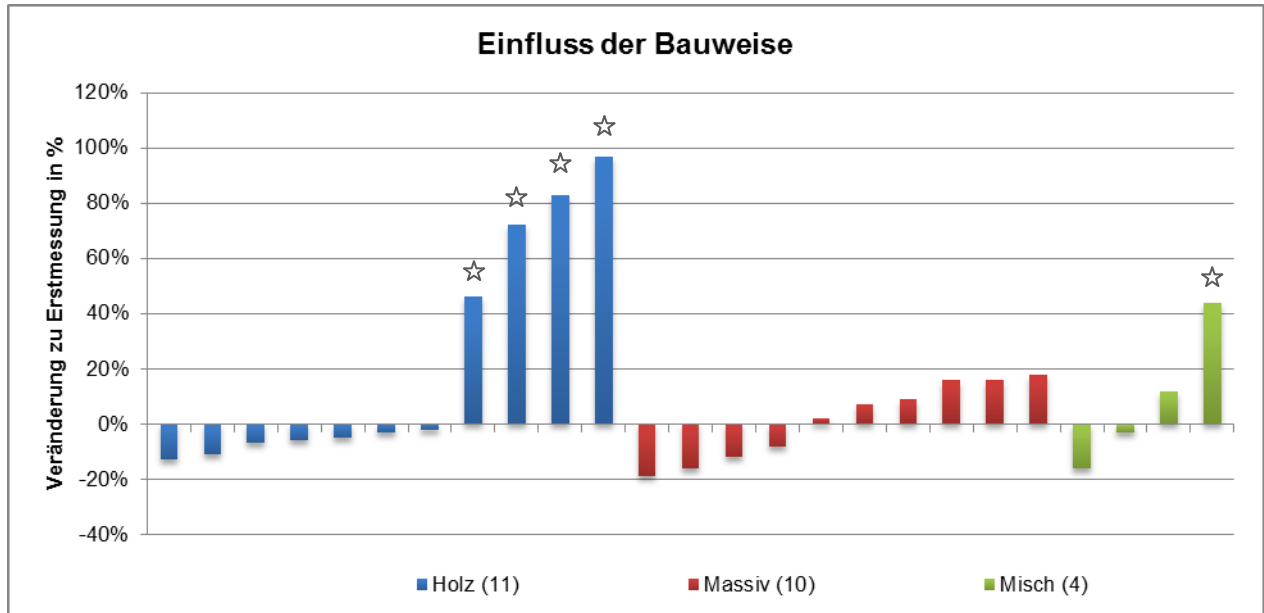


Abbildung 7: Bauweise / Veränderung zu Erstmessung der 25 Objekte, ☆ - Objekte werden im Kapitel 3.1.1 speziell beschrieben

Eindeutige Nachteile oder Vorteile bezüglich der Dauerhaftigkeit der Luftdichtheit für eine bestimmte Bauweise lassen sich nach dieser Messkampagne nicht erkennen (Abbildung 7). Alle drei Bauweisen zeigen höhere, wie auch tiefere Nachmess-Werte auf.

Wir gehen davon aus, dass es Zufall ist, dass vier von fünf ☆ - Objekten mit Veränderungen größer +40%, bei der Kategorie „Holzbauten“ vorkommen.

Die ☆ - Objekte fallen für die Interpretation der Resultate aus den in Kap. 3.1.1 erwähnten Gründen ausser Betracht.

### 3.1.5. Einfluss der Gebäudegrösse (Hüllfläche)

In der RILUMI [1] wird definiert, dass jede Wohneinheit im Wohnungsbau und jede Nutzungseinheit bei Verwaltungs- und Schulbauten als eine eigene Messzone zu betrachten und auch separat zu messen ist. Für unsere Untersuchung wurden 21 Wohneinheiten und vier Messzonen in Schul- und Verwaltungsbauten gewählt. Deshalb ist die Spreizung bezüglich Gebäudegrösse (Hüllfläche) für die Mehrzahl der Objekte relativ klein.

Der Aufwand für die Nachmessung von grossen Objekten ( $A_E > 3'000 \text{ m}^2$ ) mit mehreren Messzonen würde den Rahmen dieses Forschungsprojektes sprengen.

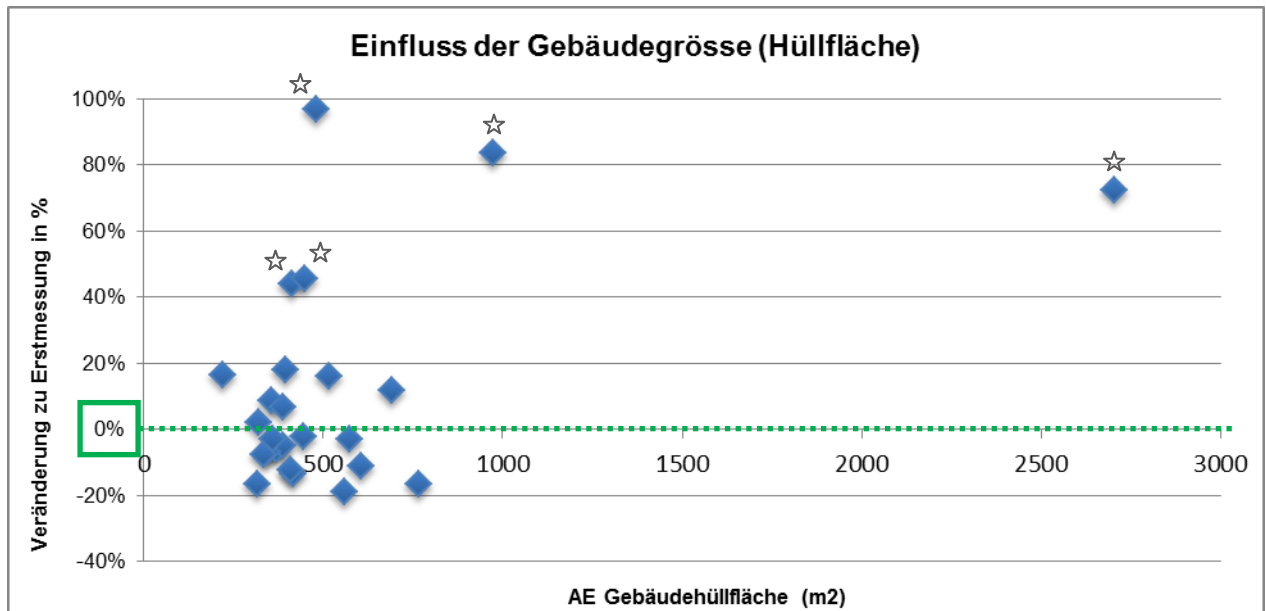


Abbildung 8: Gebäudegrösse / Veränderung zu Erstmessung der 25 Objekte, ☆ - Objekte werden im Kapitel 3.1.1 speziell beschrieben

Die Mehrzahl der untersuchten Objekte (23 Messzonen) verfügen über eine Gebäudehüllfläche  $A_E$  von 220-770  $\text{m}^2$ . Innerhalb dieser Spreizung ist keine Abhängigkeit zwischen Messzonengrösse und Veränderung der Messresultate sichtbar (Abbildung 8). Höhere und tiefere Nachmess-Werte verteilen sich über die ganze Bandbreite.

Die ☆ - Objekte fallen für die Interpretation der Resultate aus den in Kap. 3.1.1 erwähnten Gründen ausser Betracht.



### 3.1.6. Einfluss des ausführenden Messtechnikers

Damit die Erst- und die Nachmessung unter möglichst ähnlichen Bedingungen durchgeführt werden, wurden primär Objekte ausgewählt, die vom gleichen Messtechniker für beide Messungen betreut werden können. Bei 16 Objekten wurde die Nach- oder Zweitmessung von der gleichen Person durchgeführt, wie die frühere Erstmessung. Neun Nachmessungen wurde von unterschiedlichen Messtechnikern getätigt.

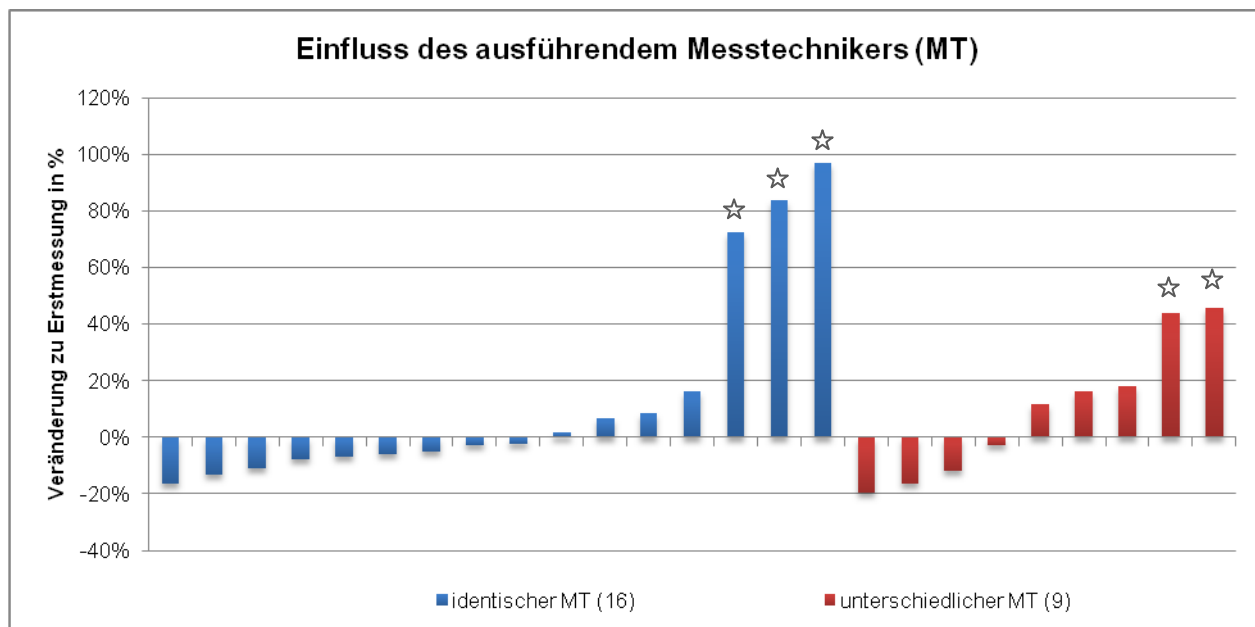


Abbildung 9: Messtechniker / Veränderung zu Erstmessung der 25 Objekte, ☆ - Objekte werden im Kapitel 3.1.1 speziell beschrieben

Ein systematischer Einfluss des ausführenden Messtechnikers auf die Ergebnisse der Nachmessungen ist aufgrund dieser Studie nicht ersichtlich (Abbildung 9). Höhere und tiefere Nachmesswerte wechseln sich bei beiden Ausführungsvarianten fast gleichmässig ab, allenfalls mit einem leichten Hang zu grösseren Abweichungen bei unterschiedlichem Messtechniker.

Auch die Veränderungen der ☆ - Objekte mit Veränderungen grösser + 40%, sind gleichmässig verteilt.

## 3.2. Ergebnisse aus den Zusatzfragen

### 3.2.1. Kurzbeschreibung Luftdichtheitskonzept

Bei den 25 Objekten kommen sehr unterschiedliche Luftdichtheitskonzepte zur Anwendung. Allen Objekten gemeinsam ist, dass das Thema sehr ernst genommen, sowie meist bis ins Detail geplant und ausgeführt wird. Die Luftdichtheitsebene stimmt vielfach mit der Wärmedämmebene überein und kritische Durchdringungen werden möglichst vermieden. Bei zwei Objekten (6,11) wurden vorgängig, während der Bauphase, sogar Test- oder Orientierungsmessungen durchgeführt.

Bei Massivbauten kommt meist (10 Objekte) das System mit verputzter, massiver Aussenwand, mit massiver Betondecke und luftdicht angeschlossenen Fenster und Türen zur Anwendung.

Die Mehrheit der Holzbauten (10) verfügt über stossverklebte Holzwerkstoffplatten, verspachtelte Gipsfaserplatten oder eine umlaufende Luftdichtheits- oder Dampfbremeschicht, inklusive der luftdichten Fenster- und Türanschlüsse.

Bei zwei Holzbauten (3/14) wurde ein Kraftpapier statt einer Dampfbremse eingesetzt, die Stösse und Fugen mit Filzstreifen gedichtet und an Aussenwänden ein massiver Lehmputz angebracht.

### **3.2.2. Unterhaltsarbeiten**

Gemäss Umfrage bei den Hausbesitzern und NutzerInnen wurden bei 20 der 25 Objekte bis anhin keine Unterhaltsarbeiten bezüglich Luftdichtheit (z.B. Fenster und Türen richten/einstellen) durchgeführt.

Bei vier Objekten (5, 6, 12, 17) fand innerhalb von vier Jahren nach der Erstmessung eine einmalige Justierung aller Fenster und Türen statt. Bei einem (17) dieser Objekte wurden dann auch verbesserte Luftdurchlässigkeitswerte festgestellt.

Einzelmassnahmen wie: Schiebetüre richten (16), Planet Kellertüre einstellen (14) oder Hauseingangstüre richten (8, 24) wurden bei total vier Objekten getätigt. Hier ist die Bilanz ausgeglichen, während zwei Objekte (14, 24) leicht verbesserte Nachmesswerte aufweisen, haben zwei Objekte (8, 16) leicht schlechtere Messwerte bei der Nachmessung auf.

Bei einem Objekt (21) wird diese Qualitätssicherung sehr ernst genommen und Fenster und Türen werden regelmässig kontrolliert und gerichtet. Dieses Vorgehen scheint sich auszuzahlen. Hier wurden klar tiefere, bessere Messwerte (-19%) erreicht.

### **3.2.3. Bauliche Veränderungen**

Bauliche Veränderungen mit Beeinträchtigung der Luftdichtigkeitsebene wurden nur bei 5 der 25 untersuchten Objekte durchgeführt. Bei 20 Objekten wurde an der luftdichten Gebäudehülle nichts verändert.

Die nachträgliche Innendämmung der Giebfassade (17) und die nachträglich ausgeführte Aussendämmung (21) haben sich bezüglich Luftdichtheit dieser Wohnungen positiv ausgewirkt. Die anderen Veränderungen, wie Cheminée einbau (20) und Durchbrüche für Elektro-, Druckluft- oder Zirkulationsleitungen (18, 21) wurden sorgfältig ausgeführt, abgedichtet und führten zu keiner spürbaren Verschlechterung der Luftdichtheit der Gebäude.

### **3.2.4. Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse**

Risse in der Gebäudehülle, die im Lauf der Zeit entstehen, können sich direkt auf die Qualität der Luftdichtheit eines Gebäudes auswirken. Deshalb wurde dieses Thema bei der Begehung vor Ort nachgefragt und begutachtet.

Lediglich bei einem (6) der 25 untersuchten Objekte sind Setzungsrisse im Mauerwerk vorhanden, bei denen ein (geringer) Leakagestrom von ca. 6-7 m<sup>3</sup>/h quantifiziert werden konnten. Bei vier Objekten (9, 16, 18, 22) wurden kleine Spannungs- und Schwundrisse beobachtet, die aber keinen nachweisbaren Einfluss auf die Luftdichtheit haben. Die überwiegende Mehrheit von 20 Messzonen verfügt über eine offensichtlich rissfreie Gebäudehülle.

### **3.2.5. NutzerInnenbefragung bezüglich Komfort**

Je dichter die Gebäudehülle, desto kleiner ist die Gefahr, dass sich bauphysikalische, energetische oder komfortrelevante Probleme ergeben. Eine Veränderung, respektive Verschlechterung der Luftdichtheit könnte sich verschiedentlich negativ auswirken. Deshalb wurden die NutzerInnen im Rahmen der Nachmessung zu folgenden Themen befragt: Schadstoff/Geruch, Schallproblematik, Zugluft und Raumtemperatur.

Aus der Umfrage lässt sich bei keinem der Messobjekte ein Zusammenhang der veränderten Luftdichtheit mit einem der Komfortthemen erkennen, inklusive der Objekte mit grossen Veränderungen. Diverse Rückmeldungen wurden aufgenommen, die aber eher haustechnische, hausinterne Gründe haben (Schall Komfortlüftung, trockene Luft, mangelnder Sonnenschutz etc.).

## 4. Fazit

Die Untersuchung von 25 Objekten zeigt für die vorliegenden Ausführungen der Luftdichtheitschicht und deren Dauerhaftigkeit ein positives Bild. Das Bewusstsein und die Sensibilität von Planenden und Ausführenden für das Thema „Luftdichtheit“, sowie die praktische Überprüfung scheinen sich auf die Qualität, inklusive die Dauerhaftigkeit der Massnahmen positiv auszuwirken.

So gesehen kann die Luftdurchlässigkeitsmessung, inklusive ihrer hohen Anforderungen bei MINERGIE-P- und MINERGIE-A-Gebäuden, durchaus als sinnvolles Instrument im Bauprozess und deren Durchsetzung als langfristiges Qualitätsmerkmal bezeichnet werden.

Eine genaue Reproduzierung einer Erstmessung gestaltet sich allerdings äusserst schwierig und lässt sich, wenn überhaupt, häufig nur mit grossem Aufwand bewerkstelligen (provisorische Abdichtungen, Auswirkung Endausbau, Einfluss haustechnischer Installationen etc.). Bei 20% der Nachmessungen (5 Objekte) musste leider aufgrund von „nicht vergleichbaren Mess-Situationen“ auf eine Interpretation der Nachmess-Resultate verzichtet werden.

Der Einfluss der Lüftungsanlage auf die Luftdurchlässigkeits-Messwerte, vom kleinen Einzelgerät in der Wohnung bis zur grossen zentralen Lüftungsanlage im Mehrfamilien- oder Schulhaus, bleibt nach dieser Untersuchung zu wenig geklärt und müsste in einem Folgeprojekt detaillierter angeschaut werden. Die unterschiedlichen, mehr oder weniger aufwendigen provisorischen Abdichtungen der Lüftungsanlage sind ausschlaggebend und können auf die Luftdurchlässigkeits-Messwerte grossen Einfluss haben.

Ein immer wichtigeres Thema wird die Luftdichtheit, respektive deren Dauerhaftigkeit und Überprüfung in grossen Gebäuden. Hier kann die Studie keine Antworten liefern, weil die grosse Mehrheit der interpretierbaren Messresultate den SIA-Gebäudekategorien „I Wohnen Mehrfamilienhaus“ und „II Wohnen Einfamilienhaus“ angehören.

## **5. Literaturverzeichnis**

### **5.1. MINERGIE-Dokumente**

[1] RILUMI: Richtlinie für Luftdurchlässigkeitsmessungen bei Minergie-A®, MINERGIE-P® und MINERGIE®-Bauten, Verein MINERGIE; Stand März 2011

### **5.2. Normen**

[2] SN EN 13829 (SIA 180.206): Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren (ISO 9972:1996, modifiziert); Stand November 2000

[3] Norm SIA 180, „Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau“ (1999)

[3a] Norm SIA 180, „Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau“ (Vernehmlassung 2010)

[3b] Norm SIA 180, „Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau“ (Vernehmlassung 2012)

### **5.3. Weitere Literatur**

[4] BFE-Schlussbericht „Praxistest Luftdichtigkeits-Messungen bei Minergie-P®-Bauten“, G. Notter, B. Bossard, U-P. Menti, C. Tanner, 21.11.2011

[5] Referat „Bemessung zu fördernder Volumenströme bei großen Gebäuden – Diskussion der Bezugsgrößen“; Paul Simons; 6. Buildair-Symposium 06.05.2011 Berlin

[6] Endbericht „Zur Dauerhaftigkeit von Luftdichtheitskonzepten bei Passivhäusern“, Feldmessungen, S. Peper, O. Kah, W. Feist; Juni 2005

[7] IP Holz, Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle, Unterlagen zum Seminar, 30.08.1990

## 6. Anhang Objektdatenblätter 1-26

Die detaillierten Messberichte der Nachmessungen sind vorhanden, aber im Schlussbericht nicht integriert. In Absprache mit den Autoren können sie eingesehen oder bestellt werden.

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 1</b>	MFH Attika	Winterthur
Gebäudekategorie	I Wohnen MFH	Bauweise	Holz
Status/Label	MINERGIE	Hüllfläche $A_E$	371 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	? m <sup>2</sup>	Volumen $V_T$	354 m <sup>3</sup>

	1. Messung		2. Messung	
Datum	01.03.2000 (Winter)		25.10.2012 (Herbst)	
Messtechniker	Christoph Tanner		Christoph Tanner	
Messgeräte	BlowerDoor Typ3 mit Druckmessdosen		BlowerDoor Typ3 mit DG 700	
Messverfahren, - zeitpunkt	B kurz vor Wohnungsbezug		B nach 12.5 Jahren Wohnen	
Wind (Beaufort)	1		1	
Messunsicherheit	+- 10 %		+- 10 %	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	366	---	343	418
Korrelationskoeffizient r	0.9884	---	0.9996	1.0000
Exponent n	0.820	---	0.867	0.715
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.99	---	0.93	1.13
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ aus Mittelwert	(0.99) nur Unterdruck = 100 %		(0.93) nur Unterdruck = 94 %	
Luftwechselrate $n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	(1.03) nur Unterdruck = 100 %		(0.97) nur Unterdruck = 94 %	

Zusatzfragen	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	Gemäss Architekt war es ein spezielles Ziel, eine besonders gute Luftdichtheit zu erreichen und dies auch überprüfen zu lassen.
2. Messungen vergleichbar? 2a. prov. Abdichtungen?	Ja - aber wie oben gezeigt nur Unterdruck (Das war ohne RILUMI noch zulässig). Alle Luftdurchlässe in der Wohnung (3 x Abluft / 6 x Zuluft) Ventilator-Tuch zu Türrahmen (Küchenventilator = Umluft)
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	Nichts Besonderes, Fenster von Hand OK.
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	Nein

4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	Keine relevanten bezüglich Luftdurchlässigkeit. <ul style="list-style-type: none"> <li>- neuer Bodenbelag aus Kork</li> <li>- Decke gestrichen</li> </ul>
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	Nein, jedenfalls nichts sichtbares
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nein</li> <li>- Ja, Strömungsgeräusche der Lüftung stören</li> <li>- Ab und zu. Wenig</li> <li>- Nein</li> <li>- Bewohner würde kein MINERGIE mehr machen! Luft ist im Winter viel zu trocken.</li> </ul>
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	Die 1. Messung aus dem Jahr 2000 wurde durchgeführt, bevor die RILUMI und die EN 13829 vorlagen! Die neue Messung wurde mit dem alten, damaligen BlowerDoor durchgeführt. Auch die Auswertung wurde im alten Empa-Auswertefile vorgenommen. Das führt gegenüber der heutigen Messtechnik zu Differenzen (je nach Messbedingungen möglicherweise bis zu +- 20 %).

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 2</b>	MFH Küsterhaus, Wohnung OG	Meggen
Gebäudekategorie	I Wohnen MFH	Bauweise	Holz
Status/Label	-	Hüllfläche $A_E$	389 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	134 m <sup>2</sup>	Volumen $V_T$	400 m <sup>3</sup>

	<b>1. Messung</b>		<b>2. Messung</b>	
Datum	05.02.08		02.10.2012	
Messtechniker	Christof Höltschi		Christof Höltschi	
Messgeräte	Mineapolis BlowerDoor 4, DG 700		Mineapolis BlowerDoor 4, DG 700	
Messverfahren, - zeitpunkt	B, vorgezogene Messung		B, bewohnt	
Wind (Beaufort)	0		0	
Messunsicherheit	+/- 8%		+/- 8%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	435	529	433	481
Korrelationskoeffizient r	0.999	0.999	0.999	0.998
Exponent n	0.73	0.77	0.77	0.77
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	1.12	1.36	1.11	1.24
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ aus Mittelwert	1.23		1.17	
Luftwechselrate $n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	1.21		1.14	

<b>Zusatzfragen</b>	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dreigeschossiges MFH mit 4 Wohnungen</li> <li>- keine Komfortlüftung eingebaut,</li> <li>- Luftdichtigkeit durch Dreischichtplatten im Steildach und OSB-Platten mit verklebten Stössen in den Aussenwänden,</li> </ul>
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	Ja, absolut Dampfabzug Küche abgeklebt
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	Keine Leckagen gefunden, Klappe der WC-Lüftung ging bei Überdruck auf, deshalb der kleine Unterschied
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	Nicht bekannt
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	nein
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	nein
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Nein</li> <li>b. Nein</li> <li>c. Nein</li> <li>d. Nein</li> <li>e. nein</li> </ul>
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	Vergleichbare Messung, leichte Verbesserung bei der Unterdruckmessung evtl durch einstellen der Fenster

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 3</b>	MFH Steiner, EG links	Dagmersellen
Gebäudekategorie	I Wohnen MFH	Bauweise	Holz
Status/Label	-	Hüllfläche $A_E$	445 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	174 m <sup>2</sup>	Volumen $V_T$	371 m <sup>3</sup>

	1. Messung		2. Messung	
Datum	07.07.09		17.10.2012	
Messtechniker	Christof Höltschi		Christof Höltschi	
Messgeräte	Mineapolis BlowerDoor 4, DG 700		Mineapolis BlowerDoor 4, DG 700	
Messverfahren, - zeitpunkt	B, vorgezogene Messung		B, bewohnt	
Wind (Beaufort)	2		0	
Messunsicherheit	+/- 11%		+/- 8%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	379	-	368	384
Korrelationskoeffizient r	1.000	-	1.000	0.998
Exponent n	0.75	-	0.80	0.95
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.85	-	0.83	0.86
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ aus Mittelwert	0.85		0.85	
Luftwechselrate $n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	1.02		1.01	

Zusatzfragen	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zweistöckiges MFH mit 4 Wohnungen, unterkellert</li> <li>- Flachdach kompakt, begrünt</li> <li>- keine Komfortlüftung eingebaut,</li> <li>- keine Dampfbrems- Folie, Aussenwände mit 6 cm Lehmputz</li> <li>- Luftdichtigkeit durch Dreischichtplatten im Flachdach und Kraftpapier in Aussenwänden,</li> <li>- Stösse mit Filzstreifen gedichtet</li> </ul>
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	Ja, absolut Keine temporäre Abdichtungen
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	Keine Leckagen gefunden, Klappe der WC-Lüftung ging bei Überdruck auf, deshalb der kleine Unterschied
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	Nicht bekannt
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	nein
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	nein
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	<ul style="list-style-type: none"> <li>f. Nein</li> <li>g. Nein</li> <li>h. Nein</li> <li>i. Nein</li> <li>j. nein</li> </ul>
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	Vergleichbare Messung, leichte Verbesserung bei der Unterdruckmessung evtl. durch einstellen der Fenster



<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 4</b>	MFH / Wohnung 2	Bennau
Gebäudekategorie	I Wohnen MFH	Bauweise	Hybrid
Status/Label	definitiv/ Minergie-P-Eco	Hüllfläche $A_E$	412 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	170 m <sup>2</sup>	Volumen $V_T$	343 m <sup>3</sup>

	1. Messung		2. Messung	
Datum	25.11.2008		22.11.2012	
Messtechniker	Otmar Spescha		Daniel Sigg	
Messgeräte	Mineapolis Model 4, APT8		Mineapolis Model 4, APT8	
Messverfahren, -zeitpunkt	B, vorgezogene Messung		B, bewohnt	
Wind (Beaufort)	1		0	
Messunsicherheit	±4%		±4%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	161	181	224	260
Korrelationskoeffizient r	1.000	1.000	0.997	0.999
Exponent n	0.69	0.80	0.71	0.61
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.39	0.44	0.54	0.63
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ aus Mittelwert	0.41		0.59	
Luftwechselrate $n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	0.50		0.71	

Zusatzfragen	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	Geschossdecken aus Stahlbeton Wände mit Luftdichtheitsfolie
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	Zum Teil, während der 1. Messung war das Cheminée noch nicht eingebaut und man hat das Kamin prov. abgedichtet. Bei der 2. Messung konnten die Leckagen des Cheminée nicht voll abgedichtet werden. Diese Leckagen sind aus unserer Sicht ein Grund für die höheren Volumenströme.
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	Undichtheiten bei Fenstern und Cheminée (siehe Bericht)
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	Nein
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	keine
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	Im Umfang der Leckagenortung sind keine Risse entdeckt worden.
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	Mieterwohnung, Mieterin war während Messung nicht anwesend. Aus unserer Sicht sind alle Antworten mit Nein zu beantworten.
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	Die Differenz der Messungen kommt ziemlich sicher durch die Undichtheit des Cheminée und des stark verformten Fensters zustande. Wenn man diese Faktoren beachtet ist die Messung aus unserer Sicht vergleichbar und auch als langfristiges Qualitätsmerkmal zu betrachten

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 5</b>	MFH / 1 Zone	Muotathal
Gebäudekategorie	I Wohnen MFH!?	Bauweise	Misch
Status/Label	definitiv/ Passivhaus	Hüllfläche $A_E$	690 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	494 m <sup>2</sup>	Volumen $V_T$	1071 m <sup>3</sup>

	<b>2. Messung</b>		<b>6. Messung</b>	
Datum	28.11.2000		30.10.2012	
Messtechniker	Gian Boazzo		Daniel Sigg	
Messgeräte	Mineapolis Model 3, Messdose		Mineapolis Model 4, APT8	
Messverfahren, - zeitpunkt	B, vorgezogene Messung		B, bewohnt	
Wind (Beaufort)	1		0	
Messunsicherheit			±4%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	232	234	267	253
Korrelationskoeffizient r	0.999	1.000	0.992	0.999
Exponent n	0.63	0.70	0.62	0.71
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.34	0.34	0.39	0.37
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ aus Mittelwert	0.34		0.38	
Luftwechselrate $n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	0.22		0.24	

<b>Zusatzfragen</b>	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	Wände UG aus Beton Wände EG-DG Kalksandstein verputzt Dach Luftdichtheitsfolie
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	Ja, die prov. Abdichtungen sind gleich: Aussenluft in Ansaugschacht mit 6 Gummiblasen abgedichtet Fortluft Wetterschutzgitter abgedichtet
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	Undichtheiten bei Fenstern und Türen (siehe Bericht)
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	Fenster wurden z.T. justiert oder auch Dichtung ausgewechselt
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	keine
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	Im Umfang der Leckagenortung sind keine Risse entdeckt worden.
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	Gefühl vorhanden, Luft sei nicht mehr gleich gut wie zu Beginn Nein Nein Nein
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	Aus unserer Sicht ist die Luftdichtheitsmessung bezogen auf dieses Objekt ein langfristiges Qualitätsmerkmal. Die Ergebnisse sind über 12 Jahre sehr nahe bei einander. Siehe auch Anhang im Bericht Energieverbrauch.

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 6</b>	MFH Mittelwohnung	Winterthur
Gebäudekategorie	I Wohnen MFH	Bauweise	Massiv
Status/Label	MINERGIE-P-ECO	Hüllfläche $A_E$	320 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	? m <sup>2</sup>	Volumen $V_T$	261 m <sup>3</sup>

	<b>1. Messung</b>		<b>2. Messung</b>	
Datum	09.02.2007 (Winter)		19.10.2012 (Herbst)	
Messtechniker	Christoph Tanner		Christoph Tanner	
Messgeräte	BlowerDoor Typ4 mit APT		BlowerDoor Typ4 mit DG 700	
Messverfahren, - zeitpunkt	B Ende der Ausbauphase		B nach 5.5 Jahren Wohnen	
Wind (Beaufort)	1		1	
Messunsicherheit	+- 10 %		+- 11 %	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	169	162	169	169
Korrelationskoeffizient r	0.999	0.998	1.000	1.000
Exponent n	0.72	0.71	0.67	0.66
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.52	0.51	0.53	0.53
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ aus Mittelwert	0.52 = 100 %		0.53 = 102 %	
Luftwechselrate $n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	0.63 = 100 %		0.65 = 103 %	

<b>Zusatzfragen</b>	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	Grossüberbauung. Alle möglichen Fragen wurden vorher geklärt. Es wurde bei Baubeginn eine Testmessung im Musterraum durchgeführt.
2. Messungen vergleichbar? 2a. prov. Abdichtungen?	Ja - sie sind gleichwertig - Alle Luftdurchlässe in der Wohnung (4 x Abluft / 4 x Zuluft) - Ventilator-Tuch zu Türrahmen (Küchenventi = Umluft)
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	- Airbox (2 Stk.) Undichte Deckendeckel! (1 x 5 m <sup>3</sup> / 1 x 20 m <sup>3</sup> /h @ 50Pa, für Messung <b>nicht</b> abgeklebt!) - Bei den Sanitärapparaten (zum Schacht): Leckstellen. Genau wie früher schon! - Risse in Mauern (6 - 7 m <sup>3</sup> /h) - Fenster: von Hand OK.
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	Fenster wurden nach ca. 1 Jahr justiert.
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Kazentürchen, Aussensteckdose etc)?	Nein
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	Ja, Mauerrisse Zimmer NW-Seite (6 - 7 m <sup>3</sup> /h) Ursache: Wahrscheinlich Setzungen

<p>6. Nutzerbefragung:  6a. Schadstoff/Geruch?  6b. Schallproblem?  6c. Zugluft?  6d. Zu tiefe Temperaturen?  6e. weiteres?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nein</li> <li>- Nur anfänglich, jetzt hat sich Mieter an Schall gewöhnt.</li> <li>- Nein</li> <li>- Anfänglich T zu hoch, jetzt eher zu tief (Verwaltung will 20°C einhalten)</li> <li>- Bewohner ist Erstmieter!</li> </ul>
<p>7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.</p>	<p>Zunahme der Dichtigkeit durch Baufertigstellung.  Abnahme der Dichtigkeit durch Risse und Airbox-Deckel, sowie Nutzungsverbleiss diverser Dichtungsfugen.  Es liegt jedoch alles innerhalb der technischen Messunsicherheiten!</p>

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 7</b>	MFH 3.OG	Winterthur
Gebäudekategorie	I Wohnen MFH	Bauweise	Holz
Status/Label	Minergie-P_ECO	Hüllfläche A <sub>E</sub>	356 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	119.35 m <sup>2</sup>	Volumen V <sub>T</sub>	304 m <sup>3</sup>

	1. Messung		2. Messung	
Datum	24.04.2012		26.10.2012	
Messtechniker	Herr Hansjörg Fäh		Herr Hansjörg Fäh	
Messgeräte	DG-700 / BlowerDoor 4		DG-700 / BlowerDoor 4	
Messverfahren, - zeitpunkt	B, Rohbau, LDM fertiggestellt		B, Innenausbau fertig	
Wind (Beaufort)	1		1	
Messunsicherheit	+/- 9%		+/- 9%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom V <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /h]	123	128	135	137
Korrelationskoeffizient r	1.00	1.00	0.999	0.999
Exponent n	0.73	0.63	0.74	0.68
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.34	0.36	0.38	0.38
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> aus Mittelwert	0.35		0.38	
Luftwechselrate n <sub>50</sub> [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	0.41		0.45	

Zusatzfragen	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	. Aussenwände und Decken mittels Holzwerkstoffplatten (OSB und Spanplatten). . Brand- und Wohnungstrennwände mit Gipsfaserpl, gespachtelt.
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	2. > ja 2a > Lüftungsauslässe in der Wohnung . Lavabo, Badewanne und Küche mit Klebeband . WC mit Wasser gefüllt.
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	. Abdichtungen beim Elektrisch nicht abschliessend erstellt. . Storenkurbeln nach der Messung eingebaut (Absprache Zertifizierungsstelle!), Schwachstelle.
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	. Fenster für die Übergabe der Wohnung endeingestellt.
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	. keine Massnahmen
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	. keine Risse vorhanden
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	. keine Angaben, da die Wohnung noch nicht bewohnt ist.
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	. Messgerät DG-700, kalibriert 04.09.2012 . Abdichtungen beim Elektrisch nicht abschliessend erstellt. . Storenkurbeln nach der Messung eingebaut (Absprache Zertifizierungsstelle!), Schwachstelle. . unauffällig, Unter- und Überdruck praktisch vergleichbar.

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 8</b>	MFH	Willisau
Gebäudekategorie	I Wohnen MFH	Bauweise	massiv
Status/Label	MINERGIE-P	Hüllfläche A <sub>E</sub>	310 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	91 m <sup>2</sup>	Volumen V <sub>T</sub>	221 m <sup>3</sup>

	<b>1. Messung</b>		<b>2. Messung</b>	
Datum	20.09.2007		23.10.2012	
Messtechniker	B. Albert		B. Bossard, G. Notter	
Messgeräte	Minneapolis BD Mod. 4, APT 8		Minneapolis BD Mod 4, DG-700	
Messverfahren, -zeitpunkt	B, vorgezogene Messung		B, bewohnt	
Wind (Beaufort)	1		1	
Messunsicherheit	8%		8%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom V <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /h]	119	123	135	146
Korrelationskoeffizient r	1.00	1.00	1.00	0.99
Exponent n	0.63	0.64	0.78	0.72
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.38	0.40	0.43	0.47
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> aus Mittelwert	0.39		0.45	
Luftwechselrate n <sub>50</sub> [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	0.55		0.64	

<b>Zusatzfragen</b>	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	Massive Bauweise, Betondecken, Backsteinwände verputzt mit Aussendämmung, Fensteranschluss Dichtungsband und sichtbaren Kittfugen.
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	Ja, alle ZUL und FOL-Auslässe in der Wohnung abgeklebt.
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	Kleine Undichtheiten bei Fenster/Fenstertüren.
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	Wohnungs-Eingangstüre wurde gerichtet
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	nein
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	nein
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	a) i.O. b) nein c) z.T. spürbar, hörbar im Schlafzimmer, Ohrendruck! d) eher zu tiefe Temperaturen, 2011 PTC-Elemente nachgerüstet!
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	Leckagen vermutlich über trockenen Dusche-Abfluss (Geruchsimmissionen bei Unterdruckmessung).

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 9</b>	MFH	Zofingen
Gebäudekategorie	I Wohnen MFH	Bauweise	massiv
Status/Label	MINERGIE-P	Hüllfläche $A_E$	315 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	102 m <sup>2</sup>	Volumen $V_T$	245 m <sup>3</sup>

	1. Messung		2. Messung	
Datum	07.04.2010		23.10.2012	
Messtechniker	R. Niedermann		B. Bossard	
Messgeräte	Minneapolis BD Mod 4, DG-700		Minneapolis BD Mod 4, DG-700	
Messverfahren, -zeitpunkt	B, vorgezogene Messung		B, bewohnt	
Wind (Beaufort)	1		2	
Messunsicherheit	7%		8%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	207	213	198	157
Korrelationskoeffizient r	0.99	0.99	1.00	0.99
Exponent n	0.62	0.65	0.63	0.85
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.66	0.68	0.63	0.50
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ aus Mittelwert	0.67		0.56	
Luftwechselrate $n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	0.86		0.73	

<b>Zusatzfragen</b>	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	Massive Bauweise, Betondecken, Backsteinwände verputzt mit Aussendämmung, Fensteranschluss mit Dichtungsband.
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	Ja, alle ZUL und FOL-Durchlässe in der Wohnung abgeklebt.
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	Keine offensichtlichen Undichtheiten vorhanden.
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	nein
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	nein
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	Kleine Spannungsrisse vorhanden. Keine Auswirkungen auf Luftdichtheit.
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	a) i.O. b) nein c) i.O. d) eher zu hohe Temperaturen.
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	Leckage Steigzone bei 1. Messung wurde nachträglich behoben.

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 10</b>	MFH	Rothenburg
Gebäudekategorie	I Wohnen MFH	Bauweise	massiv
Status/Label	MINERGIE-P	Hüllfläche A <sub>E</sub>	498 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	177 m <sup>2</sup>	Volumen V <sub>T</sub>	456 m <sup>3</sup>

	1. Messung		2. Messung	
Datum	02.12.2002		20.11.2012	
Messtechniker	O. Spescha		B. Bossard	
Messgeräte	Minneapolis BD Mod. 4/DG-3E		Minneapolis BD Mod 4/DG-700	
Messverfahren, -zeitpunkt	B, vorgezogene Messung		B, bewohnt	
Wind (Beaufort)	0		1	
Messunsicherheit	6%		9%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom V <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /h]	109	116	157	101
Korrelationskoeffizient r	0.99	0.99	0.99	0.99
Exponent n	0.67	0.66	0.66	0.69
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.28	0.29	0.40	0.25
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> aus Mittelwert	0.28		0.33	
Luftwechselrate n <sub>50</sub> [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	0.25		0.28	

Zusatzfragen	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	Massive Bauweise, Betondecken, Backsteinwände verputzt mit Aussendämmung, Fensteranschluss mit Dichtungsband.
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	Ja, alle ZUL und FOL-Durchlässe abgeklebt.
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	Kleine Undichtheiten bei Fenster/Fenstertüren.
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	nein
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	nein
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	Kleine Schwundrisse in Decke > kein LD-Einfluss
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	a) i.O. b) nein c) nein d) i.O. e) Luftmengen angepasst, reduziert
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	Die kleine „Verschlechterung“ (Unterdruck) auf sehr tiefem Niveau, kann den Fensterleckagen zugeschrieben werden. Kann mit einstellen/richten behoben werden.



<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 11</b>	REFH	Nebikon
Gebäudekategorie	II Wohnen EFH	Bauweise	Holz
Status/Label	Passivhaus	Hüllfläche $A_E$	346 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	? m <sup>2</sup>	Volumen $V_T$	316 m <sup>3</sup>

	<b>1. Messung</b>		<b>2. Messung</b>	
Datum	06.01.2000 (Winter)		02.11.2012 (Herbst)	
Messtechniker	Christoph Tanner		Christoph Tanner	
Messgeräte	BlowerDoor Typ3 mit Druckmessdosen		BlowerDoor Typ3 mit DG 700	
Messverfahren, - zeitpunkt	B nach Bauvollendung, unbewohnt		B nach 12.5 Jahren Wohnen	
Wind (Beaufort)	1		1	
Messunsicherheit	+- 10 %		+- 10 %	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	333	432	308	292
Korrelationskoeffizient r	0.999	1.000	0.999	0.997
Exponent n	0.77	0.56	0.74	0.60
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	1.05	1.37 (Fehler!)	0.98	0.93
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ aus Mittelwert	(1.05) nur Unterdruck = 100 %		(0.98) nur Unterdruck = 93 %	
Luftwechselrate $n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	(0.96) nur Unterdruck = 100 %		(0.89) nur Unterdruck = 93 %	

<b>Zusatzfragen</b>	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	Alle möglichen Fragen wurden vorher geklärt. Es wurde während der Bauphase auch eine „Orientierungsmessung“ durchgeführt.
2. Messungen vergleichbar? 2a. prov. Abdichtungen?	Ja - aber wie oben gezeigt nur Unterdruck (Das war ohne RILUMI noch zulässig). - Alle Luftdurchlässe in der Wohnung (4 x Abluft / 8 x Zuluft) - Ventilator-Tuch zu Türrahmen - (Küchenventilator = Umluft)
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	Nichts Spezielles feststellbar. Die Fenster müssen aber richtig geschlossen sein! Das Problem des nicht richtig Schliessens tauchte schon 2000 auf! Dichtigkeit der geschlossenen Fenster: von Hand OK.
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	Nein
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	Dichtungsrelevantes: Nein Aber: Zusatzheizung wurde in Zuluft montiert (PTC)
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	Nein, jedenfalls nichts sichtbares

<p>6. Nutzerbefragung:</p> <p>6a. Schadstoff/Geruch?</p> <p>6b. Schallproblem?</p> <p>6c. Zugluft?</p> <p>6d. Zu tiefe Temperaturen?</p> <p>6e. weiteres?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nein</li> <li>- Nein</li> <li>- Nein</li> <li>- Sehr knapp dimensioniert, deshalb Montage einer Zusatzheizung.</li> <li>- Bewohner sind Erstmieter.</li> </ul>
<p>7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.</p>	<p>Die 1. Messung aus dem Jahr 2000 wurde durchgeführt, bevor die RILUMI und die EN 13829 vorlagen!</p> <p>Die neue Messung wurde mit dem alten, damaligen BlowerDoor durchgeführt. Auch die Auswertung wurde im alten Empa-Auswertefile vorgenommen. Das führt gegenüber der heutigen Messtechnik zu Differenzen (je nach Messbedingungen möglicherweise bis zu +- 20 %).</p>

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 12</b>	EFH	Beckenried
Gebäudekategorie	I Wohnen EFH	Bauweise	Holz
Status/Label	MINERGIE-P	Hüllfläche $A_E$	447 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	251 m <sup>2</sup>	Volumen $V_T$	581 m <sup>2</sup>

	1. Messung		2. Messung	
Datum	04.10.2008		20.11.2012	
Messtechniker	M. Schöni		B. Bossard	
Messgeräte	Minneapolis BD Mod 4, DG-700		Minneapolis BD Mod 4, DG-700	
Messverfahren, -zeitpunkt	B, vorgezogene Messung		B, bewohnt	
Wind (Beaufort)	1		1	
Messunsicherheit	11%		8%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	246	261	364	379
Korrelationskoeffizient r	1.00	1.00	0.99	0.99
Exponent n	0.82	0.81	0.85	0.82
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.55	0.58	0.81	0.85
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ aus Mittelwert	0.57		0.83	
Luftwechselrate $n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	0.44		0.64	

Zusatzfragen	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	Holzelementbauweise mit Luftdichtheitsschicht und innenliegender Installationsebene. Fensteranschlüsse umlaufend geklebt.
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	Alle ZUL und FOL-Durchlässe in der Wohnung mit Ballonen verstopft. Wäscheabwürfe prov. abgeklebt. Nachträglich erstellter Holzofen im Wohnraum nicht spez. abgedichtet.
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	Luftundichtheiten im Bereich der Küchen-Fenstertüre und der grossen, liegenden Kippfenster, sowie der Eckpfosten beim grossen Wohnzimmer-Fenster. Sonst keine offensichtlichen Leckagen.
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	Im Zusammenhang mit Garantiarbeiten einmalig nachgerichtet.
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	nein
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	nein
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	a) i.O. b) nein c) i.O. d) nein
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	Holzofen und Lüftungsanlage wurden bei der 1. Messung zentral, perfekt entkoppelt. Die Summierung der einzelnen provisorischen, nicht 100% dichten Ballonabdichtungen, sowie die schon erwähnten Leckagen führen vermutlich zur „Verschlechterung“. Die eigentliche Luftdichtheitsebene ist nicht sichtbar.

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 13</b>	EFH Protopapa	3426 Aefligen
Gebäudekategorie	II Wohnen EFH	Bauweise	Holz
Status/Label	Minergie BE-134-P	Hüllfläche AE	416 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	212 m <sup>2</sup>	Volumen VT	574 m <sup>3</sup>

	1. Messung		2. Messung	
Datum	20.12.2010		1.11.2012	
Messtechniker	Harald Siegrist		Harald Siegrist	
Messgeräte	Minneapolis BlowerDoor 4.1		Minneapolis BlowerDoor 4.1	
Messverfahren, -zeitpunkt	vorgezogene Messung		Nutzungszustand	
Wind (Beaufort)	2 leichte Brise		2 sehr leichte Brise	
Messunsicherheit	± 8%		± 8%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom V <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /h]	219	215	182	189
Korrelationskoeffizient r	0.997	0.984	0.998	1.000
Exponent n	0.70	0.72	0.67	0.66
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.53	0.52	0.44	0.45
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> aus Mittelwert	0.52		0.45	
Luftwechselrate n <sub>50</sub> [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	0.38		0.32	

Zusatzfragen	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	Das gesamte Gebäude ist innerhalb des Dämmperimeters, keine kritischen Durchdringungen!
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	Die Messungen sind vergleichbar (identischer Perimeter, Bedingungen, keine Umbauten etc.) bei beiden Messungen wurden die Zu- und Abluftöffnungen mit Ballonen abgedichtet. Bei Kamin konnte bei der 2. Messung nur die Zuluft abgedichtet werden.
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	Die Hebeschiebetüre im Wohnzimmer ist nicht luftdicht, weitere Leckagen wurden nicht (mehr) festgestellt.
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	Nein.
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	Nein.
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	Nein, nur innerhalb der LD-Schicht, also nicht massgebend.
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	a) Keine Bemerkungen b) Nein, jedoch sei die Schalldämmung der Hülle eher enttäuschend, für so viel Dämmung. c) Keine Probleme durch Lüftung etc. Strömungsgeräusche bei den Auslässen. d) Nein, eher zu hoch...
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	Die Verbesserung erstaunt, da z.B. der Kamin nicht abgedichtet werden konnte, andererseits ist dies nun der Nutzungszustand... Abweichung liegt über der Messunsicherheit von ± 8%, bei ca. 14%. Leckstellen wurde lediglich (wieder) bei der Schiebetüre festgestellt, ansonsten keine.

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 14</b>	EFH Hunziker	Schötz/LU
Gebäudekategorie	II Wohnen EFH	Bauweise	Holz
Status/Label	-	Hüllfläche $A_E$	361 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	180 m <sup>2</sup>	Volumen $V_T$	386 m <sup>3</sup>

	1. Messung		2. Messung	
Datum	25.01.11		15.11.2012	
Messtechniker	Christof Höltschi		Christof Höltschi	
Messgeräte	Mineapolis BlowerDoor 4, DG 700		Mineapolis BlowerDoor 4, DG 700	
Messverfahren, - zeitpunkt	B, bewohnt		B, bewohnt	
Wind (Beaufort)	2		0	
Messunsicherheit	+/- 11%		+/- 8%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	359	-	346	398
Korrelationskoeffizient r	1.000	-	0.999	0.999
Exponent n	0.80	-	0.81	0.87
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.99	-	0.96	1.10
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ aus Unterdruck	0.99		0.96	
Luftwechselrate $n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ] aus Unterdruck	0.93		0.90	

Zusatzfragen	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zweistöckiges Haus, unterkellert</li> <li>- Flachdach kompakt, begrünt</li> <li>- keine Komfortlüftung eingebaut,</li> <li>- keine Dampfbrems- Folie, Aussenwände mit 6 cm Lehmputz</li> <li>- Luftdichtigkeit durch Dreischichtplatten (Flachdach) und Kraftpapier in Aussenwänden,</li> <li>- Stösse mit Filzstreifen gedichtet</li> </ul>
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	Ja, absolut Kamin mit Ballblase, Wäscheabwurf abgeklebt im UG
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	Ähnliche Leckagen bei beiden Messungen
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	Planet bei Kellertüre wurde besser eingestellt
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	nein
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	nein
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	k. Nein l. Nein m. Nein n. Nein o. nein
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	Vergleichbare Messung, leichte Verbesserung durch einstellen des Planeten der Kellertüre

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 15</b>	EFH	Chamoson
Gebäudekategorie	EFH Neubau	Bauweise	Holzbau
Status/Label	Minergie-P	Hüllfläche A <sub>E</sub>	479 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	284 m <sup>2</sup>	Volumen V <sub>T</sub>	541 m <sup>3</sup>

	1. Messung		2. Messung	
Datum	26.09.2009		17.12.2012	
Messtechniker	Truffer		Truffer	
Messgeräte	Minneapolis BlowerDoor Modell 4, Druckmessgerät APT 4		Minneapolis BlowerDoor Modell 4, Druckmessgerät DG-700	
Messverfahren, -zeitpunkt	B		B	
Wind (Beaufort)	1		1	
Messunsicherheit	+/- 6 %		+/- 8 %	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom V <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /h]	108	202	309	296
Korrelationskoeffizient r	0.999	0.999	0.995	0.999
Exponent n	0.4	0.6	0.72	0.67
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.22	0.42	0.64	0.62
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> aus Mittelwert	0.32		0.63	
Luftwechselrate n <sub>50</sub> [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	0.29		0.56	

<b>Zusatzfragen</b>	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	Luftdichtigkeitsebene entspricht Dämmebene Luftdichtigkeit wurde mittels Holzwerkstoffplatten (verklebte Stöße) und einer Dampfbremse (Dachbereich) ausgeführt.
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	Grundsätzlich vergleichbar mit dem Hinweis unter 7.
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	Es wurden bei keinem der beiden Messungen Leckagen vorgefunden.
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	Nein.
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	Nein.
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	Nein.
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	Keine Probleme.

<p>7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.</p>	<p>Das Gebäude ist sehr dicht. Im Rahmen der ersten Messung musste daher auf eine händische Messung umgestellt werden. Dabei wurden vergleichsweise wenige Messpunkte pro Stufe erfasst. Bei der zweiten Messung wurde ebenfalls eine hohe Dichtigkeit festgestellt. Durch Anpassungen im Messablauf (Anpassung der Drehzahländerung) konnten dieses Mal genauere Werte gemessen werden. Es wurde beim zweiten Mal je zwei Unter- und Überdruckmessungen durchgeführt. Es wurden dabei die gleichen Kennwerte ermittelt.</p> <p>Aus unserer Einschätzung hat sich grundsätzlich die Luftdichtigkeit beim untersuchten Gebäude nicht verschlechtert. Die baulichen Abdichtungsmassnahmen haben sich bewährt.</p>
--	---

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 16</b>	EFH	Gordola
Gebäudekategorie	EFH	Bauweise	Massiv
Status/Label	MINERGIE-P	Hüllfläche $A_E$	387 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	214.5 m <sup>2</sup>	Volumen $V_T$	410 m <sup>3</sup>

	1. Messung		2. Messung	
Datum	23.07.2010		26.11.2012	
Messtechniker	A. Giovio		A. Giovio	
Messgeräte	Blowerdoor GmBH – Minneapolis 4		Blowerdoor GmBH – Minneapolis 4	
Messverfahren, -zeitpunkt	B, schönes Wetter 14.00 Uhr		B, schönes Wetter 17.00 Uhr	
Wind (Beaufort)	2		1	
Messunsicherheit	8%		9%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	221	231	228	253
Korrelationskoeffizient r	1	1	1	1
Exponent n	0.66	0.67	0.69	0.68
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.57	0.60	0.59	0.65
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ aus Mittelwert	0.58		0.62	
Luftwechselrate $n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	0.55		0.50	

Zusatzfragen	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	Massivbau, nach aussen gedämmt, Innenputz gilt als Dichtheitsebene. Fenster Rohbau aussen bündig, Windabdichtung von aussen. Decken aus Beton.
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	100%, wurde genau so gemessen, wie am ersten Versuch, mit prov. Abdichtung der Küchenhaube und Komfortlüftung, gleicher Ort. Die 2. Messung war etwas schlechter, aber nicht viel. Was Interessant ist, ist der schlechtere Wert bei der Überdruckmessung, gegenüber die 1. Messung, bei welcher die Unter- und Überdruckmessung fast deckungsgleich waren.
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	Die grosse Schiebefenster im EG sind schlechter geworden. Die waren schon bei der ersten Messung schwach.
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	Eine Einregulierung der Schiebefenster, die aber nichts gebracht hat.
4. Wurden baul. Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	Nein.
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	Setzungsrisse bei interne Wände, wegen Typologie des Erdreiches (Steine).
6. Nutzerbefragung:	
6a. Schadstoff/Geruch?	Nein.
6b. Schallproblem?	Nein.
6c. Zugluft?	Nein.
6d. Zu tiefe Temperaturen?	Nein.
6e. weiteres?	Nein.
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	Beeindruckt, dass keine grössere Abweichung zwischen erste und zweite Messung gab. Schiebefenster enttäuschend schlecht.



<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 17</b>	OG/DG EFH	Winterthur
Gebäudekategorie	II Wohnen EFH (Wohnung 1.OG/DG)	Bauweise	Mischbauweise
Status/Label	Kein Label	Hüllfläche $A_E$	336 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	? m <sup>2</sup>	Volumen $V_T$	397 m <sup>3</sup>

	<b>1. Messung</b>		<b>2. Messung</b>	
Datum	07.02.1996 (Winter)		12.10.2012 (Herbst)	
Messtechniker	Christoph Tanner		Christoph Tanner	
Messgeräte	BlowerDoor Typ3 mit Druckmessdosen		BlowerDoor Typ3 mit DG 700	
Messverfahren, - zeitpunkt	B nach Bauvollendung, unbewohnt		B nach 16.5 Jahren Wohnen	
Wind (Beaufort)	1		1	
Messunsicherheit	+- 10 %		+- 10 %	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	607	---	562	548
Korrelationskoeffizient r	0.999	---	0.999	0.999
Exponent n	0.673	---	0.704	0.727
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	1.81	---	1.67	1.63
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ aus Mittelwert	(1.81) nur Unterdruck = 100 %		(1.67) nur Unterdruck = 92 %	
Luftwechselrate $n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	(1.53) nur Unterdruck = 100 %		(1.41) nur Unterdruck = 92 %	

<b>Zusatzfragen</b>	
1. Kurzbeschrieb/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	Totalsanierung 1995 mit neuem Dach. Anschlüsse so gut wie möglich. 1996 (vor der Erstmessung) auch neue Fenster und Wohnungstür. Rest ist und bleibt Altbau.
2. Messungen vergleichbar?  2a. prov. Abdichtungen?	Ja - aber wie oben gezeigt nur Unterdruck (Das war ohne RILUMI noch zulässig). - Ventilator-Tuch zu Türrahmen - Küchenventi (Abluft)
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	Diverse Leckstellen bei Fenstern. Dachanschlüsse (Giebel Süd) besser als 1996
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	Ja, Justierung der Fenster (2010).
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	Ja. Innendämmung der Giebelfassade Süd.
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	Nein, jedenfalls nichts sichtbares.

<p>6. Nutzerbefragung:</p> <p>6a. Schadstoff/Geruch?</p> <p>6b. Schallproblem?</p> <p>6c. Zugluft?</p> <p>6d. Zu tiefe Temperaturen?</p> <p>6e. weiteres?</p>	<p>- Nein</p> <p>- Nein</p> <p>- Nein</p> <p>- Nein</p> <p>---</p>
<p>7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.</p>	<p>Die 1. Messung aus dem Jahr 1996 wurde durchgeführt, bevor die RILUMI und die EN 13829 vorlagen!</p> <p>Die neue Messung wurde mit dem alten, damaligen BlowerDoor durchgeführt. Auch die Auswertung wurde im alten Empa-Auswertefile vorgenommen. Das führt gegenüber der heutigen Messtechnik zu Differenzen.</p> <p>(je nach Messbedingungen möglicherweise bis zu +- 20 %).</p>

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 18</b>	EFH Frei	Winterthur
Gebäudekategorie	II Wohnen EFH	Bauweise	Massiv
Status/Label	Minergie-P	Hüllfläche A <sub>E</sub>	410 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	224.70 m <sup>2</sup>	Volumen V <sub>T</sub>	482 m <sup>3</sup>

	1. Messung		2. Messung	
Datum	26. September 2007		25. Oktober 2012	
Messtechniker	Herr Bruno ALBERT		Herr Hansjörg Fäh	
Messgeräte	APT / BlowerDoor 4		DG-700 / BlowerDoor 4	
Messverfahren, -zeitpunkt	B, vor Bezug		B, bewohnt	
Wind (Beaufort)	3		1	
Messunsicherheit	+/- 12%		+/- 9%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom V <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /h]	234	239	204	213
Korrelationskoeffizient r	1.000	0.999	1.000	1.000
Exponent n	0.69	0.69	0.74	0.70
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.57	0.58	0.50	0.52
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> aus Mittelwert	0.58		0.51	
Luftwechselrate n <sub>50</sub> [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	0.49		0.43	

Zusatzfragen	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	. Mauerwerk mit Innenputz . Aussendämmung auf Mauerwerk
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	2. ja, Ausbau fertig gestellt bis auf Gehbelag. 2a. Lüftungsgerät unterbrochen, Zu- und Abluft im UG
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	. Elektroinstallationen bei Aussenwänden . Türe Cheminée . Anschluss Fensterrahmen zu Sims . Fenstermittelbereich
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	. keine . Kernbohrung für Zirkulation (WC-EG)
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	. Elektroschrank angepasst (von AP auf UP) . Durchgang Musikanlage im Schrank des EG in das UG
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	. Dachaufbau mit leichten Rissen (Betonboden zeichnet sich ab).
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	. nein . nein . nein . nein . 2 Jahre mit Baufeuchtigkeit, dann eher trocken
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	. Messgerät DG-700, kalibriert 04.09.2012 (2007 APT) . Messergebnis leicht besser als 2007 . neue Blache (BlowerDoor)

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 19</b>	EFH Bechler	3045 Grächwil
Gebäudekategorie	II Wohnen EFH	Bauweise	Massiv
Status/Label	Minergie BE-114-P	Hüllfläche AE	515 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	231 m <sup>2</sup>	Volumen VT	558 m <sup>3</sup>

	1. Messung		2. Messung	
Datum	26.6.2010		31.10.2012	
Messtechniker	Harald Siegrist		Harald Siegrist	
Messgeräte	Minneapolis BlowerDoor 4.1		Minneapolis BlowerDoor 4.1	
Messverfahren, -zeitpunkt	vorgezogene Messung		Nutzungszustand	
Wind (Beaufort)	1 kaum spürbar		1 kaum spürbar	
Messunsicherheit	± 7%		± 7%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom V <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /h]	295	285	341	326
Korrelationskoeffizient r	0.999	0.997	0.999	0.996
Exponent n	0.70	0.59	0.75	0.67
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.57	0.55	0.66	0.63
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> aus Mittelwert	0.56		0.65	
Luftwechselrate n <sub>50</sub> [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	0.52		0.60	

<b>Zusatzfragen</b>	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	entspricht dem Dämmerimeter, viele resp. 3 Türen im UG gegen unbeheizt, Technikraum innerhalb des Dämmerimeters, LD-Verlauf ist insgesamt "umständlich".
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	Die Messungen sind vergleichbar (identischer Perimeter, Bedingungen, keine Umbauten etc.) bei der 1. Messung mussten grosse Öffnungen prov. abgeklebt werden und die Elektroden waren abgeklebt. bei der 2. Messung wurden vorallem die Lüftungen abgeklebt.
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	keine wesentlichen Leckagen festgestellt.
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	Nein.
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	Nein.
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	Nein.
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	a) Keine Bemerkungen b) Nein, Aussenlärm ist viel besser als früher.... c) Keine Probleme durch Lüftung etc. d) eher zu hoch...
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	Die Abweichung liegt in etwa innerhalb der Messunsicherheit von ± 7%. Bei einzelnen inneren Elektroden über der Kellerdecke war Zugluft spürbar, ev. ist die geringe Abweichung oder Verschlechterung darauf zurückzuführen.

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 20</b>	EFH Metzler	Hüttwilen
Gebäudekategorie	II Wohnen MFH	Bauweise	Holzbau (Misch)
Status/Label	Minergie/ Passivhaus	Hüllfläche A <sub>E</sub>	575 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	289.80 m <sup>2</sup>	Volumen V <sub>T</sub>	784 m <sup>3</sup>

	1. Messung		2. Messung	
Datum	20. Mai 2006		01. November 2012	
Messtechniker	Herr René Bruggisser		Herr Hansjörg Fäh	
Messgeräte	DG-3 / BlowerDoor 4		DG-700 / BlowerDoor 4	
Messverfahren, -zeitpunkt	B, EFH bewohnt		B, EFH bewohnt	
Wind (Beaufort)	2		3	
Messunsicherheit	+/- 8%		+/- 14%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom V <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /h]	191	195	185	194
Korrelationskoeffizient r	0.988	0.997	0.993	0.993
Exponent n	0.72	0.76	0.72	0.73
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.32	0.34	0.32	0.34
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> aus Mittelwert	0.34		0.33	
Luftwechselrate n <sub>50</sub> [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	0.25		0.24	

Zusatzfragen	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	UG, Wände und Boden in Sichtbeton erstellt. OG, In Holzelemente, Abdichtung mit Holzwerkstoffplatte (OSB)
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	2 > ja 2a . Frischluft-/ Fortluft . Überdruckventil
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	. Türe des Cheminée UG verzogen/ Frischluftzufuhr leicht Leck... . 2. Cheminée im OG sehr dicht, ohne Auffälligkeiten . Fenster und Rahmen mit markanten Gebrauchsspuren, Leckstellen bei Rahmenstössen und der Mittelpartie der 2-flügeligen Fenstertüren.
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	Nein, keine
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	Nein . Einbau 1. Cheminée im UG, 2005/2006 . Einbau 2. Cheminée im OG, 2010
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	Nein
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	Nein Nein, keine Nein Mit Unterstützung der Cheminée kein Problem, ansonsten in Spitzen zu knapp.
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	. Messgerät DG-700, kalibriert 04.09.2012 . Türe des Cheminée UG verzogen/ Frischluftzufuhr leicht Leck... . 2. Cheminée im OG sehr dicht, ohne Auffälligkeiten . Fenster und Rahmen mit markanten Gebrauchsspuren, Leckstellen bei Rahmenstössen und der Mittelpartie der 2-flügeligen Fenstertüren.

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 21</b>	EFH	Luzern
Gebäudekategorie	II Wohnen EFH	Bauweise	massiv
Status/Label	MINERGIE-P	Hüllfläche $A_E$	560 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	387 m <sup>2</sup>	Volumen $V_T$	820 m <sup>3</sup>

	1. Messung		2. Messung	
Datum	06.09.2005		16.11.2012	
Messtechniker	M. Schöni		B. Bossard	
Messgeräte	Infiltec Modell E3		Minneapolis BD Mod 4/DG-700	
Messverfahren, -zeitpunkt	B, vorgezogene Messung		B, bewohnt	
Wind (Beaufort)	0		0	
Messunsicherheit			9%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	424	386	441	204
Korrelationskoeffizient r			0.99	0.99
Exponent n			0.71	0.89
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.76	0.69	0.79	0.36
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ aus Mittelwert	0.72		0.58	
Luftwechselrate $n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	0.49		0.39	

<b>Zusatzfragen</b>	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	Massive Bauweise, Betondecken, Backsteinwände verputzt mit Aussendämmung, Fensteranschluss mit Dichtungsband. 1. Messung ohne Aussendämmung!
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	Ja, ZUL und FOL im Gerät, Kamin aussen über Dach und Zuluft Heizung mit Ballon verstopft. Bei 1. Messung ein Fenster prov. abgedichtet.
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	Kleine Undichtheiten bei Balkon-Fenstertüre, inkl. Zylinder.
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	Werden regelmässig vom Bauherr ausgeführt.
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	Kompressor/Luftdruckleitung vom Aussenraum, vom Bauherr systematisch, perfekt abgedichtet.
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	nein
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	Alles i.O. Keine Beanstandungen/Probleme.
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	Bessere Werte vermutlich dank Aussendämmung und optimaler Fenstereinstellungen. Die minimale Verschlechterung im Unterdruck könnte ev. dem internen Fallstrangbelüftungsventil zugeordnet werden.

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 22</b>	Chatillon Prêles	3045 Grächwil
Gebäudekategorie	III Verwaltung	Bauweise	Holz
Status/Label	Minergie BE-002-P-ECO	Hüllfläche AE	974 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	353 m <sup>2</sup>	Volumen VT	949 m <sup>3</sup>

	1. Messung		2. Messung	
Datum	5.3.2010		21.11.2012	
Messtechniker	Harald Siegrist		Harald Siegrist	
Messgeräte	Minneapolis BlowerDoor 4.1		Minneapolis BlowerDoor 4.1	
Messverfahren, -zeitpunkt	vorgezogene Messung		Nutzungszustand	
Wind (Beaufort)	2 geringe Brise		2 geringe Brise	
Messunsicherheit	± 8%		± 8%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom V <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /h]	498	458	799	950
Korrelationskoeffizient r	0.993	0.995	1.00	0.999
Exponent n	0.78	0.67	0.67	0.74
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.51	0.47	0.82	0.98
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> aus Mittelwert	0.49		0.90	
Luftwechselrate n <sub>50</sub> [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	0.50		0.92	

Zusatzfragen	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	entspricht dem Dämmperimeter, einfacher rechteckiger Grundriss, 1 Geschoss, die Lüftungsanlage hat Brandschutzklappen zwischen den Geschossen.
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	Die Messungen sind vergleichbar (identischer Perimeter, Bedingungen, keine Umbauten etc.) bei der 1. Messung mussten grosse Öffnungen prov. abgeklebt, siehe auch Messprotokoll. bei der 2. Messung wurde die Lüftungen abgestellt, die Brandschutzklappen geschlossen, weitere Massnahmen wurden nicht vorgenommen.
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	Die Türen bilden wesentliche Leckagen.
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	Nein.
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	Nein.
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	Das Gebäude weist einige Risse von innen auf, ob die relevant sind bezweifle ich, da die LD nicht sichtbar ist.
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	Die Direktorin hat den Standard Min-P bemängelt.... a) Keine Bemerkungen b) Nein. c) zu trockene Luft d) eher zu hoch... ungenügender Sonnenschutz e) Risse in den Massivholzmöbeln, sind sogar mir aufgefallen!
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	Die Verschlechterung führe ich auf die ungenügende Luftdichtigkeit der Eingangstüre und der Fluchttüre zurück. Während der Messung wurden bei beiden Türen erhebliche Leckagen festgestellt! Vor den Lüftungsöffnungen wurde kein Luftzug festgestellt. Auch sonst keine Auffälligkeiten.

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 24</b>	Schulhaus Krumbach	Geuensee
Gebäudekategorie	IV Schulen	Bauweise	Sanierung Holz/Massiv
Status/Label	Minergie A/ P mod.	Hüllfläche A <sub>E</sub>	767 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	194.50 m <sup>2</sup>	Volumen V <sub>T</sub>	1256 m <sup>3</sup>

	1. Messung		2. Messung	
Datum	13.1.12		31.10.12	
Messtechniker	Herr Hansjörg Fäh		Herr Hansjörg Fäh	
Messgeräte	DG-700 / BlowerDoor 4		DG-700 / BlowerDoor 4	
Messverfahren, - zeitpunkt	B, kurz vor Fertigstellung		B, in Betrieb	
Wind (Beaufort)	1		1	
Messunsicherheit	+/- 9%		+/- 9%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom V <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /h]	848	929	701	786
Korrelationskoeffizient r	1.000	1.000	1.000	1.000
Exponent n	0.71	0.74	0.69	0.72
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	1.11	1.21	0.91	1.02
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> aus Mittelwert	1.16		0.97	
Luftwechselrate n <sub>50</sub> [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	0.71		0.59	

Zusatzfragen	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Bestehendes Gebäude modernisiert &gt; Min-P +A + ECO</li> <li>&gt; Wände; Mauerwerk bestehend mit neuem Grundputz</li> <li>&gt; Boden; Beton bestehend mit div. Flickstellen</li> <li>&gt; Dach; Bindersystem mit neuen</li> <li>. Leichtbauelemente umschliessen gesamtes Gebäude. Alle Wände und Dachflächen.</li> </ul>
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	2 ja, unproblematisch, vergleichbar 2a, Zu- und Abluft bei zwei Komfortgeräten demontiert und mit Klebeband temporär abgedichtet (Fotos).
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Eingangsfrent in Metall mit Schwachstellen</li> <li>. Leckstellen zwischen Glas und Flügel (Trockenverglasung)</li> <li>. Elektroinstallationen im UG</li> </ul>
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Eingangstüre wurde neu eingestellt.</li> <li>. ging zu Beginn zu hart in das Schloss</li> </ul>
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	. keine
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	. keine
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	<ul style="list-style-type: none"> <li>. nein</li> <li>. nein</li> <li>. nein</li> <li>. nein (Sommer und Winter konstant 22°C).</li> </ul>
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Messgerät DG-700, kalibriert 04.09.2012</li> <li>. Aufgedeckte Schwachstellen der ersten Messung wurden nach Möglichkeit optimiert.</li> </ul>



<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 25</b>	Kindergarten Pavillon Steinerschule	Adliswil/ZH
Gebäudekategorie	IV Schulen	Bauweise	Holz
Status/Label	-	Hüllfläche $A_E$	606 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	296 m <sup>2</sup>	Volumen $V_T$	657 m <sup>3</sup>

	<b>1. Messung</b>		<b>2. Messung</b>	
Datum	19.05.2010		16.10.2012	
Messtechniker	Christof Höltschi		Christof Höltschi	
Messgeräte	Mineapolis BlowerDoor 4, DG 700		Mineapolis BlowerDoor 4, DG 700	
Messverfahren, - zeitpunkt	B, vorgezogene Messung		B, bewohnt	
Wind (Beaufort)	0		2	
Messunsicherheit	+/- 8%		+/- 8%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	420	465	382	408
Korrelationskoeffizient r	1.000	0.999	0.999	0.998
Exponent n	0.71	0.76	0.71	0.82
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.69	0.77	0.63	0.67
Luftdurchlässigkeit $q_{50}$ aus Mittelwert	0.73		0.65	
Luftwechselrate $n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	0.67		0.60	

<b>Zusatzfragen</b>	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einstöckiger Pavillon auf Einzelfundamenten,</li> <li>- Flachdach kompakt, begrünt</li> <li>- keine Komfortlüftung eingebaut,</li> <li>- keine Dampfbrems- Folie,</li> <li>- Luftdichtigkeit durch Dreischichtplatten und verklebte Fermacellplatten,</li> <li>- Stösse mit Filzstreifen gedichtet</li> </ul>
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	Ja, absolut, Kamin wurde bei Erster Messung mit Ballblase geschlossen, bei 2. Messung keine zusätzliche Abdichtung
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	Bei 1. Messung wurde bei der Elektrozuleitung ein Leck entdeckt, welches bei der 2. Messung geschlossen war.
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	nein
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gasheizung und Sanitäre Anlagen wurden nach Messung 1 eingebaut</li> <li>- Leckage bei Elektroanschluss wurde nach Messung 1 noch abgedichtet</li> </ul>
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	nein
6. Nutzerbefragung:	
6a. Schadstoff/Geruch?	Nein
6b. Schallproblem?	Nein
6c. Zugluft?	Boden manchmal für Kindergarten etwas kalt, (keine Bodenheizung, Radiatoren)
6d. Zu tiefe Temperaturen?	
6e. weiteres?	nein
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	Nach Messung 1 wurde das Abdichten des Elektroanschlusses empfohlen. Dies hat offensichtlich zu einer Verbesserung von ca. 10% geführt.

<b>Datenblatt</b>	<b>Objekt Nr. 26</b>	Neubau Schultrakt 3	6210 Sursee
Gebäudekategorie	IV Schulen	Bauweise	Holz
Status/Label	Norm SIA 380/1	Hüllfläche AE	2'704 m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	1'739 m <sup>2</sup>	Volumen VT	5'586 m <sup>3</sup>

	1. Messung		2. Messung	
Datum	27.01.2012		3.11.2012	
Messtechniker	Harald Siegrist		Harald Siegrist	
Messgeräte	Minneapolis BlowerDoor 4.1		Minneapolis BlowerDoor 4.1	
Messverfahren, - zeitpunkt	vorgezogene Messung		Nutzungszustand	
Wind (Beaufort)	2 geringe Brise		2 geringe Brise	
Messunsicherheit	± 8%		± 8%	
	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Überdruck
Leckagestrom V <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /h]	975	968	1632	1732
Korrelationskoeffizient r	0.987	0.986	0.999	0.996
Exponent n	0.54	0.76	0.60	0.67
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.36	0.36	0.60	0.64
Luftdurchlässigkeit q <sub>50</sub> aus Mittelwert	0.36		0.62	
Luftwechselrate n <sub>50</sub> [h <sup>-1</sup> ] aus Mittelwert	0.17		0.30	

<b>Zusatzfragen</b>	
1. Kurzbeschreibung/Stichworte zum Luftdichtheitskonzept.	Gesamte Gebäudehülle inkl. Untergeschoss.
2. Messungen vergleichbar bez. 2a. prov. Abdichtungen?	bei der 1. Messung wurden grosse Öffnungen prov. abgeklebt (Eingangstüren und Lüftungsöffnungen) bei der 2. Messung wurde die Lüftung abgestellt, die Brandschutzklappen geschlossen und die Fugen der inneren Türen prov. abgeklebt, um ähnliche Bedingungen wie bei der 1. Messung zu simulieren.
2b. Hinweise zu Leckagen? (grobe Lecksuche nach EN)	Die Eingangstüren und die hohen Terrassentüren bilden (wesentliche) Leckagen > siehe Punkt 7, sonst keine wesentlichen Leckagen festgestellt.
3. Wurden Unterhaltsarbeiten vorgenommen (Fenster/Türen einstellen/richten)?	Nein.
4. Wurden bauliche Massnahmen vorgenommen (Katzentürchen, Aussensteckdose etc.)?	Nein.
5. Sind Spannungs-, Setzungs- oder Schwundrisse vorhanden? Mögliche Ursachen?	keine Angaben.
6. Nutzerbefragung: 6a. Schadstoff/Geruch? 6b. Schallproblem? 6c. Zugluft? 6d. Zu tiefe Temperaturen? 6e. weiteres?	a) Keine Bemerkungen b) Ja/nein > durch Lüftungsrohre, aber nicht störend c) keine Angaben d) eher zu hoch..Anfängliche Steuerungsprobleme
7. Persönliche Wertung/Kommentar. Begründung allfälliger Differenzen.	Die Verschlechterung ist schwer nachzuvollziehen, eine Unklarheit ist z.B. die Entlüftungsklappe des Aufzugs (eigentlich mit Rauch kaum was festgestellt bei der Lifttüre). Die Fenster resp. die Türfronten sind Raumhoch > 3m, da hat es teilweise gepfiffen! Die Oberlichter konnten nicht kontrolliert werden. Zum Schluss habe ich die Klebebänder bei den Türen entfernt > Verschlechterung V50 um 265m <sup>3</sup> /h (siehe Bilder).