

Luftdurchlässigkeitsmessung: Momentaufnahme oder langfristiges Qualitätsmerkmal?

Beda Bossard und Urs-Peter Menti

Hochschule Luzern – Technik & Architektur, Zentrum für Integrale Gebäudetechnik,
Technikumstrasse 21, CH-6048 Horw; beda.bossard@hslu.ch

Kurzfassung

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 Erfüllung als langfristiges Qualitätsmerkmal bezeichnet werden.

In 25 Objekten (mehrheitlich nach MINERGIE-P zertifiziert) wurde die nach Bauvollendung durchgeführte Luftdurchlässigkeitsmessung 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, langfristiges Qualitätsmerkmal. Wenn sich die Luftdichtigkeit mit zunehmendem Gebäudealter verschlechtern sollte, verliert die Messung nach Bauvollendung an Bedeutung, weil es dann nur eine Momentaufnahme darstellt. 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“. Die Deutschschweiz ist mit 22 Objekten, die Westschweiz mit zwei Objekten und das Tessin mit einem Objekt vertreten. Die Erstmessungen fanden zwischen 1996 und 2012 statt. Nach Möglichkeit wurden die neuerlichen Messungen durch die gleichen Personen ausgeführt, welche schon die erste Messung vorgenommen haben.

Schlüsselwörter

Luftdurchlässigkeitsmessung, Qualitätsmerkmal, Momentaufnahme, MINERGIE-P

EINLEITUNG

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 die letzte grosse „Hürde“ vor der definitiven Zertifizierung. Häufig müssen während der Messung letzte Verbesserungsmaßnahmen vorgenommen werden (Abkleben von undichten Stellen), damit die strengen Luftdurchlässigkeitsanforderungen erfüllt werden können. Kurzfristig dient das dazu, dass die Grenzwerte erreicht werden, die Dauerhaftigkeit solcher Massnahmen hingegen ist aber unklar. Die Luftdurchlässigkeitsmessung ist jedoch die einzige Massnahme im Bauprozess, welche mit geringem

Aufwand qualitative und quantitative Aussagen zur Qualität der Gebäudehülle liefert. Sie geniesst deshalb bei Bauträgerschaften und bei Käufern eine hohe Akzeptanz.

Idee / Zielsetzung

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. 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.

RESULTATE

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.

Untersuchungssample (25 Objekte)

Im November/Dezember 2012 wurden total 25 Objekte von acht verschiedenen Messtechnikern nachgemessen.

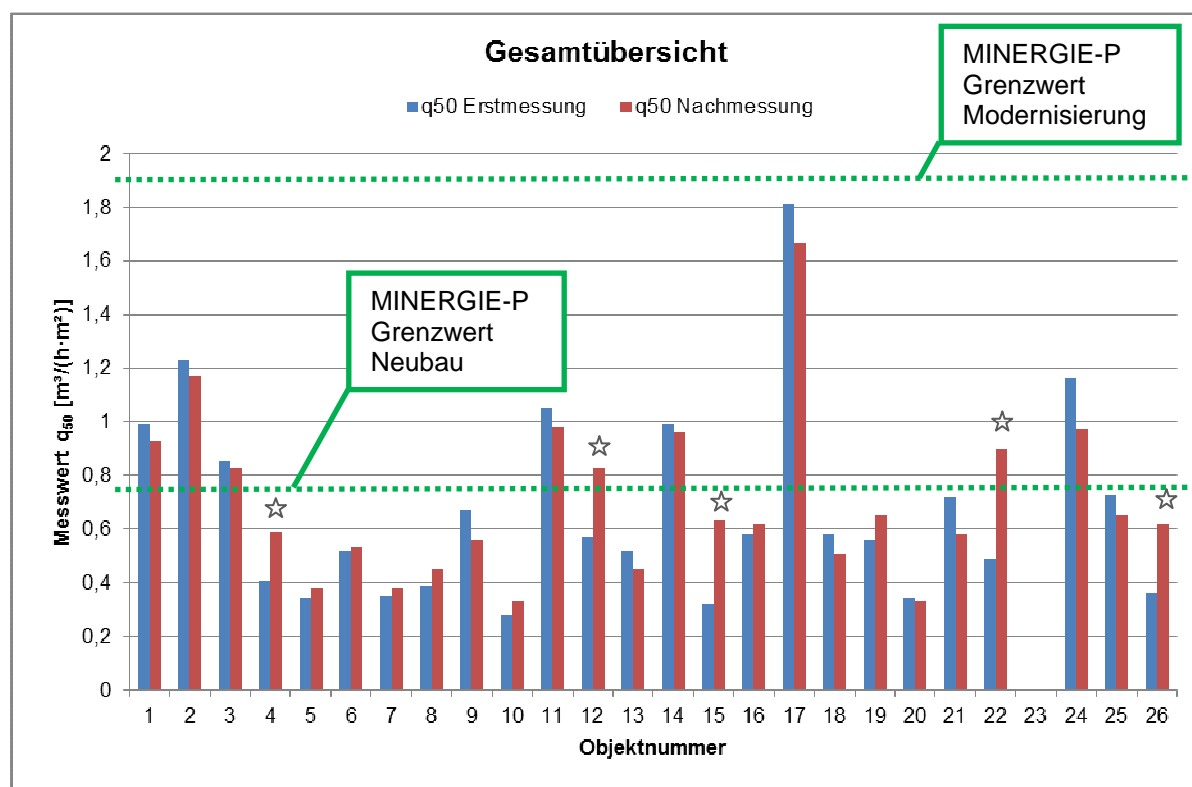
Abbildung 1: Gebäudekategorien/Bauweisen der 25 Objekte

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

Bei der Auswahl der Objekte wurde darauf geachtet, dass Objekte aus der SIA-Gebäudekategorie „I Mehrfamilienhaus“, „II Einfamilienhaus“ in etwa gleich häufig vorkommen, aber auch Gebäude aus den Kategorien „III Verwaltung“ und „IV Schulen“ vertreten sind (Abbildung 1).

Nebst diesen 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: 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.

Der MINERGIE-P-Grenzwert $n_{50, \text{st}}$ 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 Leakagestrom 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. 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 Leakagestrom V_{50} . Sieben Objekte wurden mit leicht erhöhten, schlechteren Werten (2-18%, 3-44 $\text{m}^3\text{/h}$) und 13 Objekte mit leicht tieferen, besseren Werten (-2 bis -19%, -3 bis -145 $\text{m}^3\text{/h}$) gemessen. 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 Leakagebeschrieb aus der Erstmessung, inklusive der Behebung der Schwachstellen, zu leicht verbesserten, tieferen Nachmesswerten.

Einem Mittelwert der Luftdurchlässigkeit q_{50} aller Erstmessungen $0.74 \text{ m}^3\text{/(h}\cdot\text{m}^2\text{)}$ steht ein leicht tieferer Mittelwert aller Nachmessungen 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.

Abbildung 3: Mittelwerte verschiedener Kennzahlen zur Überprüfung der Plausibilität

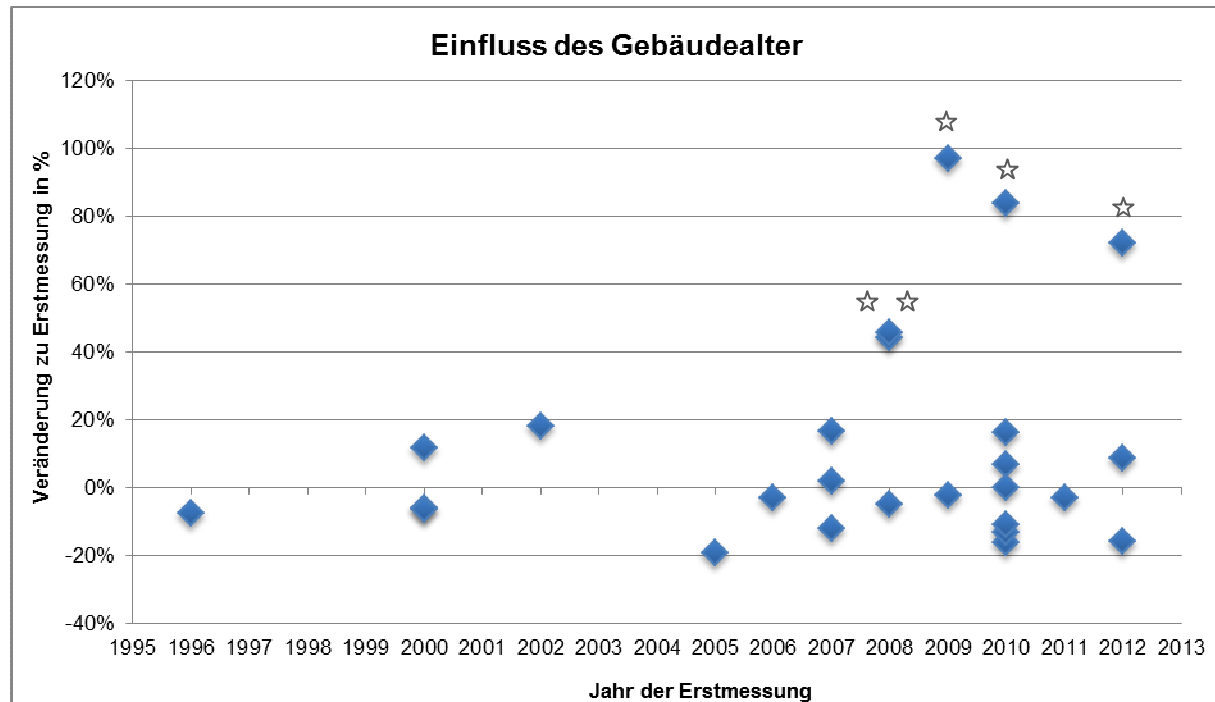
	Formfaktor $F = A_E / V_T$ (Hüllfläche/Volumen) [m^{-1}]	Korrelationskoeffizient r	Strömungsexponent n
I Mehrfamilienhaus (10 Objekte)	1.18	0.99	0.67
II Einfamilienhaus (11 Objekte)	0.76	0.99	0.72
Alle 25 Objekte	---	0.99	0.73

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 4: Gebäudealter / Veränderung zu Erstmessung der 25 Objekte



Ein Zusammenhang zwischen älter werdenden Gebäuden und abnehmender Luftdichtheitsqualität lässt sich aufgrund dieser Stichprobengruppe nicht erkennen (Abbildung 4). 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 schon erwähnten Gründen ausser Betracht.

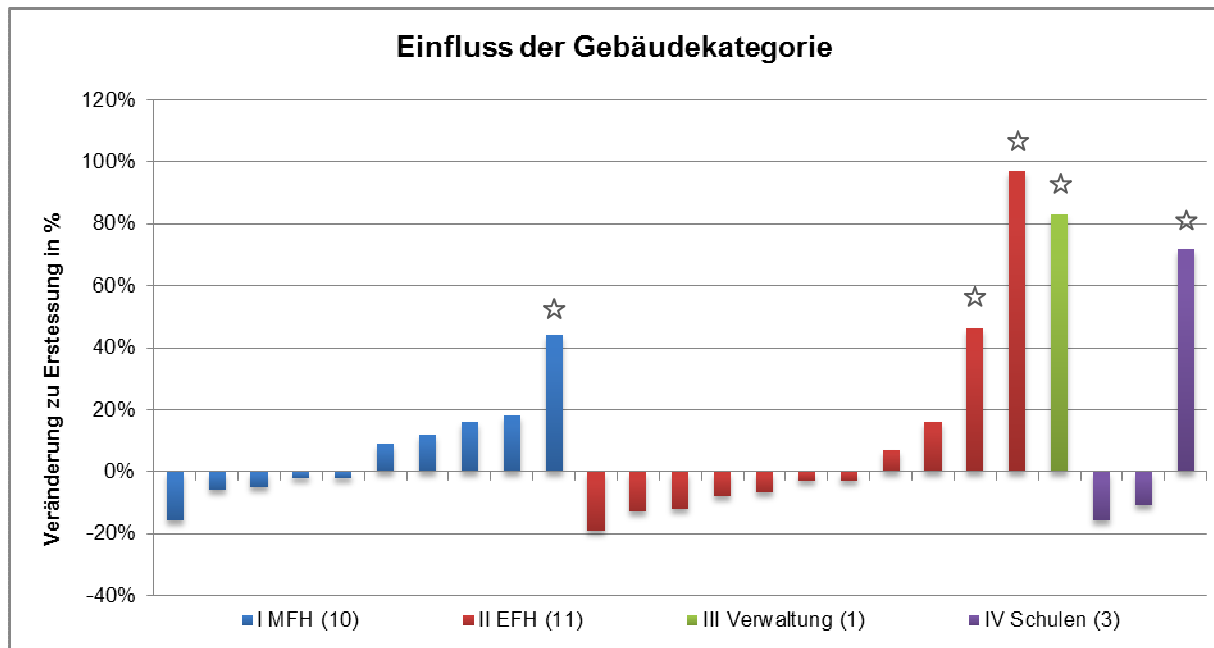
Einfluss der Gebäudekategorie

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.

Aufgrund der vorliegenden Untersuchung lässt sich keine Tendenz feststellen, dass eine bestimmte Gebäudekategorie eine markant schlechtere Dauerhaftigkeit der Luftdichtheit (Abbildung 5) 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 schon erwähnten Gründen ausser Betracht.

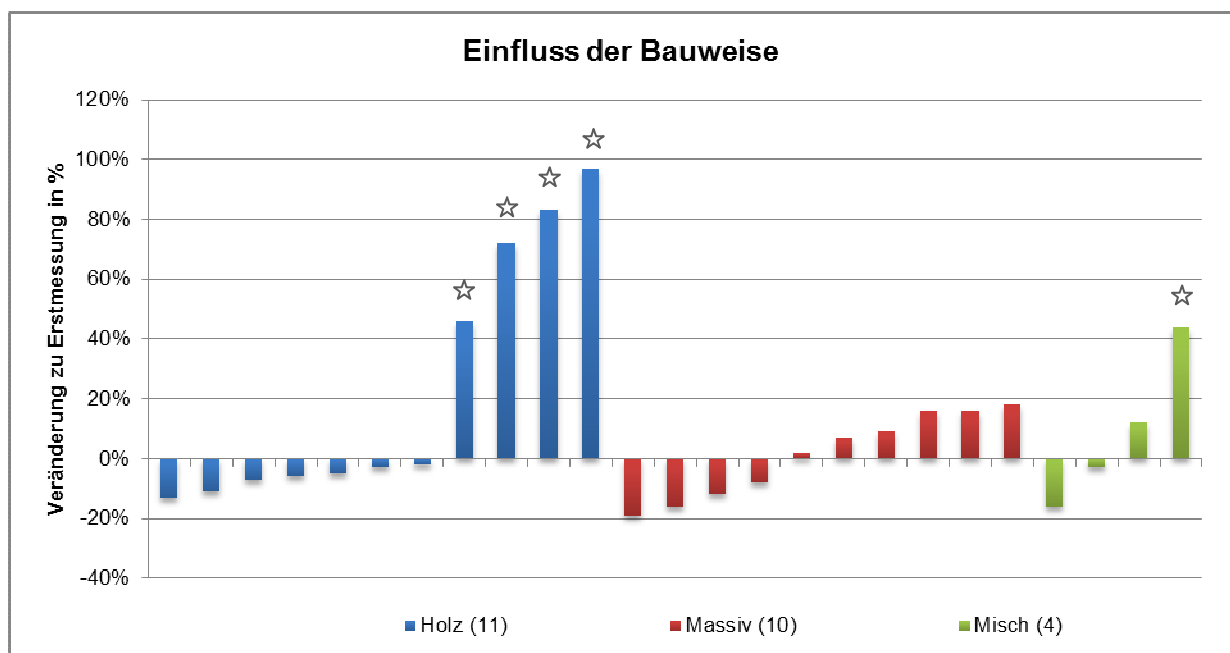
Abbildung 5: Gebäudekategorie / Veränderung zu Erstmessung der 25 Objekte



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 6: Bauweise / Veränderung zu Erstmessung der 25 Objekte

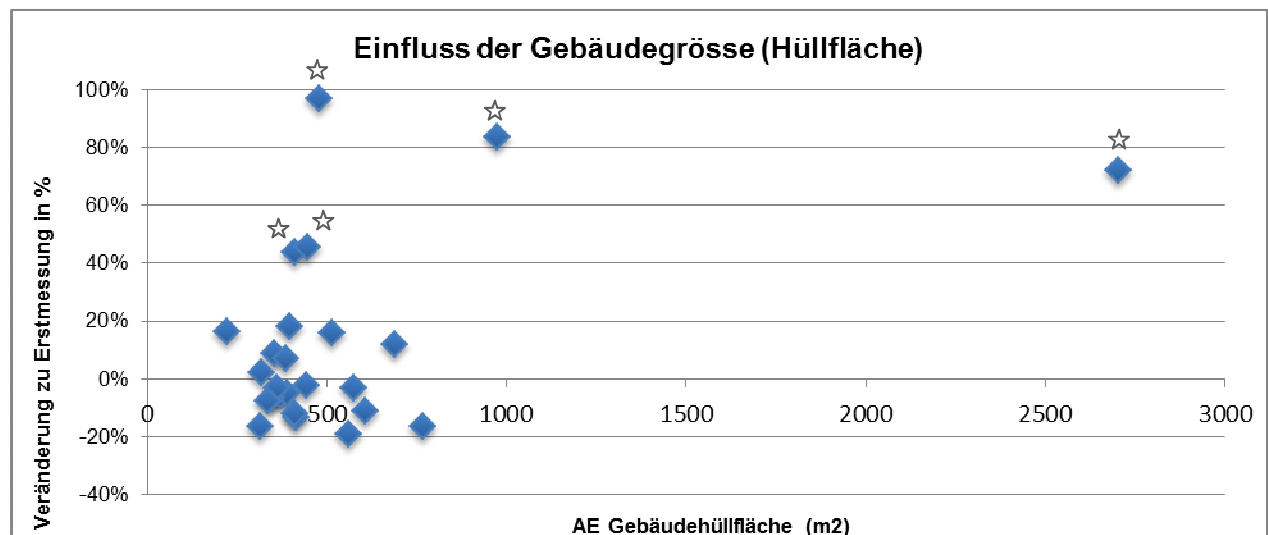


Eindeutige Nachteile oder Vorteile bezüglich der Dauerhaftigkeit der Luftdichtheit für eine bestimmte Bauweise lassen sich nach dieser Messkampagne nicht erkennen (Abbildung 6). Alle drei Bauweisen zeigen höhere, wie auch tiefere Nachmess-Werte auf. Wir gehen davon aus, dass es Zufall ist, dass vier von fünf ☆ - Objekten mit Veränderungen grösser +40%, bei der Kategorie „Holzbauten“ vorkommen. Die ☆ - Objekte fallen für die Interpretation der Resultate aus den schon erwähnten Gründen ausser Betracht.

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 Messzonen 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 Projektes sprengen.

Abbildung 7: Gebäudegrösse / Veränderung zu Erstmessung der 25 Objekte



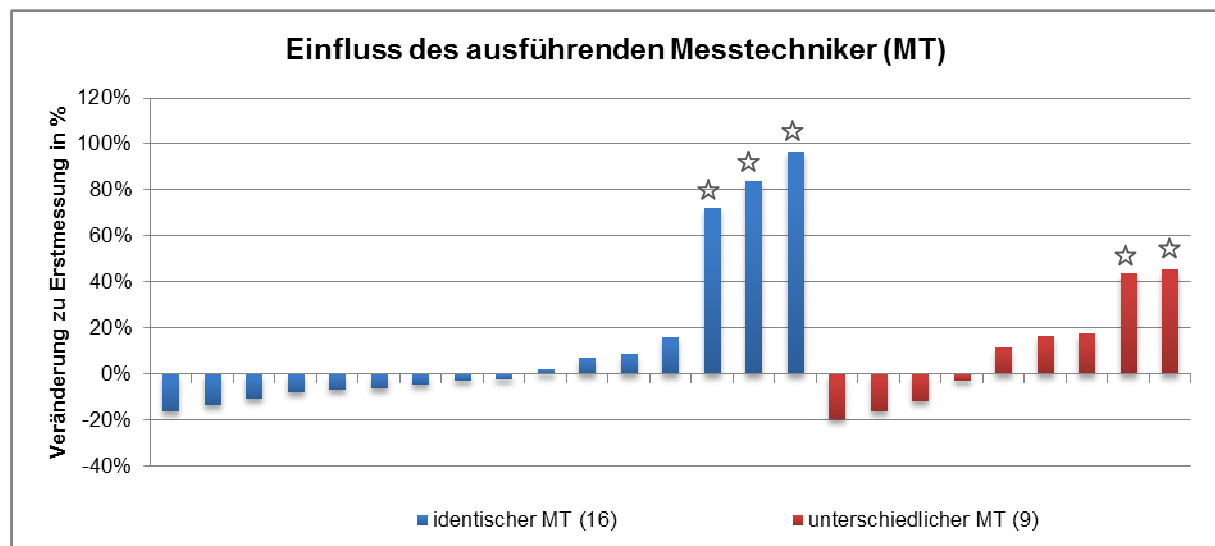
Die Mehrzahl der untersuchten Objekte (23 Messzonen) verfügen über eine Gebäudehüllfläche A_E von 220-770 m^2 . Innerhalb dieser Spreizung ist keine Abhängigkeit zwischen Messzonengrösse und Veränderung der Messresultate sichtbar (Abbildung 7). Höhere und tiefere Nachmess-Werte verteilen sich über die ganze Bandbreite.

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

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 Zweitmessung von der gleichen Person durchgeführt, wie die frühere Erstmessung. Neun Nachmessungen wurde von unterschiedlichen Messtechnikern getätigt.

Abbildung 8: Messtechniker / Veränderung zu Erstmessung der 25 Objekte



Ein systematischer Einfluss des ausführenden Messtechnikers auf die Ergebnisse der Nachmessungen ist aufgrund dieser Studie nicht ersichtlich (Abbildung 8). Höhere und tiefere Nachmess-Werte wechseln sich bei beiden Ausführungsvarianten fast gleichmässig ab, allenfalls mit einem leichten Hang zu grösseren Abweichungen bei unterschiedlichem Messtechniker. Die - Objekte fallen für die Interpretation der Resultate aus den schon erwähnten Gründen ausser Betracht.

RESULTATE ZUSATZFRAGEN

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.

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.

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

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 m³/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.

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.).

FAZIT

Die Untersuchung von 25 Objekten zeigt für die vorliegenden Ausführungen der Luftdichtheitsschicht 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 Erfüllung als langfristiges Qualitätsmerkmal bezeichnet werden.

Eine genaue Reproduzierung einer Erstmessung gestaltet sich allerdings oft als schwierig und lässt sich, wenn überhaupt, häufig nur mit grossem Aufwand bewerkstelligen (provisorische Abdichtungen, Auswirkung Endausbau, Einfluss haustechnischer Installationen etc.). So musste bei 20% der Nachmessungen (5 Objekte) 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 durchaus 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“ angehört.

Referenzen

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