



Luftverteilung und Dichtigkeit in Minergiebauten

Aus dem Inhalt:

Überprüfung der haustechnischen Anlagen (Ausführungskontrolle)

Messung von Luftmengen und Schallpegeln

Validierung eines vereinfachten Messverfahrens zur Bestimmung der Gebäudedichtigkeit mit dem Komfortlüftungsgerät

Vergleich: Vereinfachtes Messverfahren mit Blower-Door Test

Nutzerbefragung

**Baudirektion
Kanton Zürich**

AWEL Amt für
Abfall, Wasser, Energie und Luft

Dezember 2004

Impressum

Herausgeber



**Baudirektion
Kanton Zürich**

AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
Abteilung Energie
Adresse: Stampfenbachstrasse 12, Zürich
Postadresse: Postfach, 8090 Zürich
Internet: www.energie.zh.ch
Email: energie@bd.zh.ch
Projektverantwortung: Christoph Gmür

Verfasser

forum **energie** zürich

durch die Arbeitsgemeinschaft:

- Zehnder Comfosystems AG, Dr. Ruedi Kriesi
(Messungen, fachliche Begleitung)
- Lemon Consult GmbH, Daniel Gilgen
(Projektleitung, Redaktion Bericht)
- Energa GmbH, Urs Gadola
(Analysen Technik)
- Wichser Akustik & Bauphysik AG, Christoph Gassmann
(Blower Door Messungen)

Dank

Das Projektteam dankt den Hauseigentümern für die Gastfreundschaft und die zur Verfügung gestellten Unterlagen und das sorgfältige Durchlesen des Berichtes. Dank gilt auch Herrn Christoph Tanner (EMPA), welcher an 3 Messungen teilgenommen und verschiedene Messgeräte zur Verfügung gestellt hat.

Dezember 2004

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	5
1.1. Ausgangslage.....	5
1.2. Ergebnisse Anlagenprüfung	5
1.3. Luftvolumenströme und Schallpegel.....	6
1.4. Luftdichtigkeit Gebäudehülle	6
1.5. Minergie Kennzahl.....	7
1.6. Nutzerumfrage.....	7
1.7. Empfehlungen zum vereinfachten Messverfahren	8
1.8. Empfehlungen zu Planungsaufgaben	9
2. Objektübersicht.....	10
2.1. Energiebezugsflächen und Volumen	10
2.2. Technische Ausrüstung	11
2.3. Erfahrungsbericht Objekte	11
3. Ergebnisse Luftdichtigkeitsmessungen.....	12
3.1. Blower Door Tests.....	12
3.2. Vereinfachtes Verfahren	14
3.2.1. Vorgehen.....	14
3.2.2. Messergebnisse Lüftungsgerät bei höchster Stufe.....	14
3.3. Umrechnung auf n_{50}	16
3.3.1. Exponenten effektiv	17
3.3.2. Differenzen Messverfahren	17
3.4. Blower-Door Test versus vereinfachtes Verfahren.....	18
3.5. Vorgehen bei der Dichtigkeitsprüfung	20
4. Luftverteilung	21
4.1. Übersicht Luftmengenüberprüfung	21
4.2. Auffälligkeiten Zuluft / Abluftsystem	23
4.3. Spezialfälle Küchenventilator und Cheminée	23
4.4. Betrieb	23

5.	Schallemissionen.....	24
5.1.	Beurteilungspegel	24
5.2.	Messverfahren	24
5.3.	Beurteilung im Raum.....	24
5.4.	Anmerkungen Lüftungsanlage	26
5.5.	Anmerkungen sonstige Installationen.....	26
5.6.	Bewertung der Messresultate.....	27
6.	Kommentare pro Haus	28
6.1.	Haus 1	28
6.2.	Haus 2.....	30
6.3.	Haus 3.....	33
6.4.	Haus 4.....	35
6.5.	Haus 5.....	37
6.6.	Haus 6.....	39

1. Zusammenfassung

1.1. Ausgangslage

Die Minergie Zertifizierungsstelle des Kantons Zürich hat bislang zur Verifizierung der Ausführungsqualität von Minergie-Bauten lediglich Stichproben zur erfolgten Installation der deklarierten Bauteile und Anlagen durchgeführt, auf Funktionskontrollen mit Messung von Luftmengen, Energieverbräuchen etc. aber verzichtet.

In den Medien wird immer wieder behauptet, die Abweichungen zwischen den Nachweisen und der effektiven Ausführung seien gross und das Minergie Label als Standard zu wenig verbindlich. In der Fachgruppe Minergie des Forum Energie Zürich (FEZ) wurde deshalb ein Vorschlag für eine systematische Prüfung von Minergie-Bauten erarbeitet. Die Abteilung Energie des Amts für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) hat ein Projekt in Auftrag gegeben, um an 6 Einfamilienhäusern das Vorgehen zur Qualitätsüberprüfung zu testen. Zusätzlich möchte sie die Erkenntnisse über den Praxisbetrieb von Lüftungsanlagen auch für die Weiterbildung nutzen, etwa im Rahmen der „EnergiePraxis“.

Dazu wurde an den Objekten folgendes geprüft:

- Vergleich der effektiv vorhandenen Anlagen mit dem Minergienachweis
- Luftvolumenströme und Schallpegel im Lüftungssystem und in den Räumen
- Luftdichtigkeit der Gebäudehülle im Betriebszustand
- Zufriedenheit der Nutzer während Planungs-, Bau- und Betriebsphase durch Befragung

Zur Erfassung der Luftdichtigkeit wurden einerseits traditionelle Blower Door Messungen durchgeführt. Zusätzlich wurde ein einfaches, von Zehnder Comfosystems vorgeschlagenes Grobverfahren geprüft, das die in Minergie-Bauten fest installierten Lüftungsgeräte verwendet.

Daraus können Empfehlungen für Prüfstellen und Bauherren oder Artikel für Fach- und Endverbraucherzeitungen abgeleitet werden. Die Grundlagen eignen sich auch als Basis für die Durchführung späterer systematischer Untersuchungen an einer grösseren Zahl von Minergie-Bauten.

1.2. Ergebnisse Anlagenprüfung

Die vorgefundenen Anlagen entsprechen in ihrer Konfiguration den Angaben gemäss Minergienachweis. Die dort meist sehr rudimentär beschriebenen Anlagen verwenden die deklarierten Energieträger und funktionieren nach zum Teil längeren Einstellungsarbeiten zum grossen Teil zur Zufriedenheit der Nutzer.

**Prüfungen
Ausführungsqualität**

Auftrag

Ziele der Prüfung

**Messverfahren Ge-
bäudedichtigkeit**

**Verwendung der
Ergebnisse**

1.3. Luftvolumenströme und Schallpegel

In den Nachweisen ist häufig nicht ersichtlich, wie die Luftverteilung funktioniert und in welchen Räumen welche Zuluft- resp. Abluftmengen geplant sind. Für die Nachkontrolle wären verbindlichere Angaben der Anlagenplaner wünschenswert, wobei im weiteren Planungsfortschritt häufig noch Änderungen vollzogen werden.

Die im Minergienachweis deklarierten Gesamtluftmengen werden von den Geräten an sich eingehalten, die Bewohner entschieden sich jedoch häufig, meist zur Reduktion der Ventilatorgeräusche, die Anlagen auf einer niedrigeren Luftmenge zu fahren als deklariert. Dies senkt wohl den Energieverbrauch, kann aber auch die Luftqualität und somit die langfristige Zufriedenheit der Nutzer mit der Anlage beeinträchtigen.

Bei der Luftverteilung ist aufgefallen, dass Zu- und Abluft resp. Aussen- und Fortluftmengen nicht immer gut abgestimmt sind. Dauernde Unter- resp. Überdrücke und damit verbundenen Lüftungswärmeverluste über die Gebäudehülle können problematisch sein; entsprechende Untersuchungen werden von der EMPA erwartet.

Die Luftmengen pro Auslass liegen mit 15 bis 45 m³/(Stk.·h) teilweise sehr tief, für Schlafzimmer mit 2 Personen zum Teil deutlich zu tief. Dies ist aber ein generelles Problem bei der Auslegung von Lüftungsanlagen in Wohnbauten, da die Belegung der Räume im Planungsstadium meist unbekannt ist.

Die Schallpegel liegen zum Teil deutlich über den Anforderungen gemäss SIA Norm 181 (1988). Eine Sensibilisierung der Planer und der ausführenden Firmen ist dringend notwendig. Tiefe Schallpegel sind mit geeigneten Komponenten erreichbar, wie die Messungen zeigen.

1.4. Luftdichtigkeit Gebäudehülle

Die Aussenluftwechselrate n_{50} der Gebäude liegt zwischen 1 bis 2. Gut dichte Gebäude sollten eine solche von ca. 1.0 oder tiefer erreichen. In 3 von 6 Fällen sind offensichtliche Luftlecks vorhanden, welche eine Verbesserung erfordern. In anderen Untersuchungen waren die Gebäude im Durchschnitt dichter.

Die Erfahrungen aus einer Vielzahl von Messungen auch ausserhalb unserer Messkampagne zeigen, dass die meisten Minergie-Bauten aus energetischer Sicht genügend dicht sind. Es gibt jedoch Ausreisser, bei denen die Undichtigkeiten meist aus wenigen grösseren Leckstellen bestehen.

Anlagenbeschriebe

Luftmengen

**Abstimmung
Luftmengen**

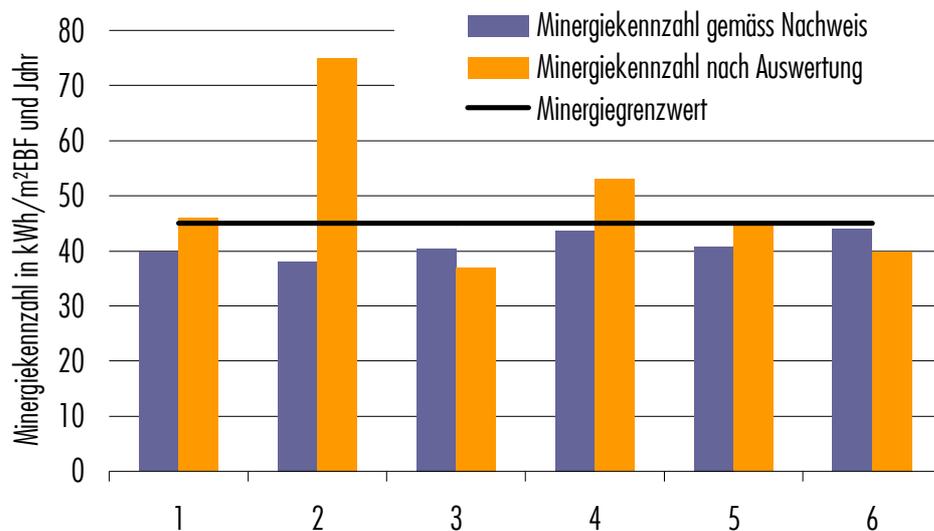
Einzelluftmengen

Schallpegel

Luftwechselrate n_{50}

**Erfahrungen in
anderen Bauten**

1.5. Minergiekenzahl



Bei den Objektbesichtigungen wurden auch die Energieverbräuche der vorangegangenen Heizsaison abgefragt und mit den theoretischen Werten gemäss Minerienachweis verglichen. Die Minergiekenzahl ist ein theoretischer Planungskennwert, welcher aufgrund zahlreicher Standardparameter berechnet gemäss SIA Norm 380/1 berechnet wird. Zudem werden die Energieträger gemäss ihrer Umweltbelastung gewichtet. Einen entscheidenden Einfluss auf den Energieverbrauch hat das Nutzerverhalten. Insbesondere wird in den Nachweisen eine Raumtemperatur von 20°C veranschlagt, in der Praxis aber sehr häufig auf 22°C oder mehr geheizt. Eine um 10 bis 15 % höhere Energiekenzahl - als gemäss Nachweis vorausberechnet - kann damit erklärt werden. Eine deutliche Überschreitung des Minergie-Grenzwertes ist bei Haus 2 zu sehen, die Ursache kann nicht exakt bezeichnet werden. Denkbar ist, dass die Luftheizung einen Anteil zur Überschreitung beiträgt. Die Häuser 1 und 4 liegen auch höher als gewünscht, aber noch knapp am Grenzwert. Die Häuser 3, 5 und 6 verhalten sich bezüglich des Energieverbrauches ungefähr so wie prognostiziert.

1.6. Nutzerumfrage

Die Nutzer sind nach Anfangsschwierigkeiten zufrieden mit ihren Minergie-Bauten und würden wieder gemäss diesem Standard bauen. In Gebäude 2 hat der Einsatz einer Luftheizung zu Schwierigkeiten geführt, welche sich nicht optimal lösen lassen. Der Einbau einer Lüftungsanlage und der generelle thermische Komfort werden positiv gewürdigt. Generell bestehen Defizite im Planungsablauf, viele Nutzer wünschen sich eine bessere fachliche Einführung zum Anlagenbetrieb und -unterhalt.

1.7. Empfehlungen zum vereinfachten Messverfahren

Die einfache Messmethode zur Abschätzung der Gebäudedichtheit hat erstaunlich präzise Resultate ergeben und lässt sich deshalb für die Grobanalyse der Luftdichtigkeit von Minergie Einfamilienhäusern einsetzen. Sie kann verwendet werden, um die wenigen Bauten mit stark erhöhten Undichtigkeiten zu erkennen. Sie ist jedoch ungeeignet, um an diesen Bauten kleinere Leckstellen zu finden. Dazu sind grössere Luftmengen nötig, als sie von den Komfortlüftungsgeräten gefördert werden. Kann die Dichtigkeit also nicht sofort durch Reparatur weniger grösserer, offensichtlicher Lecks verbessert werden, ist eine präzise Analyse mit Hilfe des Blower Door Verfahrens angezeigt.

Auch bei Uneinigheiten beispielsweise über die Gründe für zu kühle Wohnungen, zu hohen Energieverbrauch oder ungenügende Ausführungsqualität ist die zuverlässigere Blower Door Methode mit grösseren Luftmengen und Druckdifferenzen einzusetzen.

Wenn sich das vereinfachte Messverfahren in der Praxis auch in anderen Bauprojekten bewährt, kann es in einem späteren Schritt für die Zertifizierung von Minergie-P Bauten eingesetzt werden. Da diese eher eine bessere Luftdichtigkeit erwarten lassen, liefert die Grobmethode genauere Resultate. Auf die aufwändigen Blower Door Tests könnte dann bei guten Resultaten verzichtet werden.

Zu beachtende Randbedingungen zum vereinfachten Verfahren:

- Das maximale Luftvolumen der Bauten soll kleiner sein als 800 m^3 , wenn ein übliches Lüftungsgerät mit max. ca. $200 \text{ m}^3/\text{h}$ Kapazität eingebaut ist. Mit grösseren Geräten kann das Verfahren für proportional erhöhte maximale Luftvolumen eingesetzt werden.
- Es eignet sich für abgeschlossene Wohneinheiten mit eigenem Lüftungsgerät. Bei mehreren Wohneinheiten in einem Gebäude dürfen keine Luftverbindungen (z.B. bei Schächten, Dachsparren, Wasser-, Elektroleitungen) zwischen den Einheiten bestehen.
- Mit dem Einbau von Öffnungen und Klappen in die Anlage gemäss Figur in Kapitel 3.2.2 (Empfehlung an die Anlagenplaner) können die erreichbaren Luftmengen erhöht, die Messungen vereinfacht und präziser gemacht werden.
- Die Messungen können erst dann durchgeführt werden, wenn die Hülle dicht, das heisst der Innenausbau weitgehend abgeschlossen ist.
- Alle ohne Hilfsmittel verschliessbaren Öffnungen, wie Küchenabluft, Cheminéeeklappe, Fenster, Aussentüren und Türen zu undichten Estrich- und Kellerbereichen sind zu schliessen.

**Grobanalyse-
instrument**

**Grenzen des
Verfahrens**

**Zertifizierungstool
Minergie-P?**

Randbedingungen

- Die Messungen dürfen nur bei Windgeschwindigkeiten von 0 – 1 Beaufort durchgeführt werden. Dies ist feststellbar an möglichst geringen Schwankungen der erreichbaren Druckdifferenzen.
- Die Umrechnung der gemessenen Druckdifferenzen und Luftvolumenströme auf den n_{50} -Wert erfolgt gemäss Figur in Kapitel 3.4.

1.8. Empfehlungen zu Planungsaufgaben

In die Ausbildung von Architekten, Fachplanern, Unternehmern und Bauherren sollten folgende Punkte integriert werden:

- Für Bauherren: Anleitung zur Wahl und zum Umgang mit Planungsteams, was kann ich erwarten, was kostet das, welche Entscheide muss ich selber treffen.
- Für Planer und Unternehmer: Besserer Austausch von Fachinformationen und Erfahrungswerten, konkretere Hinweise zu Komponenten (Vor- und Nachteile). Standardisierung von Planungstools wie z.B. Anlagenbeschriebe, Lüftungsschemata, Abnahmeprotokolle.
- Standardisierung von Betriebsanleitungen.

2. Objektübersicht



Objekt 1



Objekt 2



Objekt 3



Objekt 4

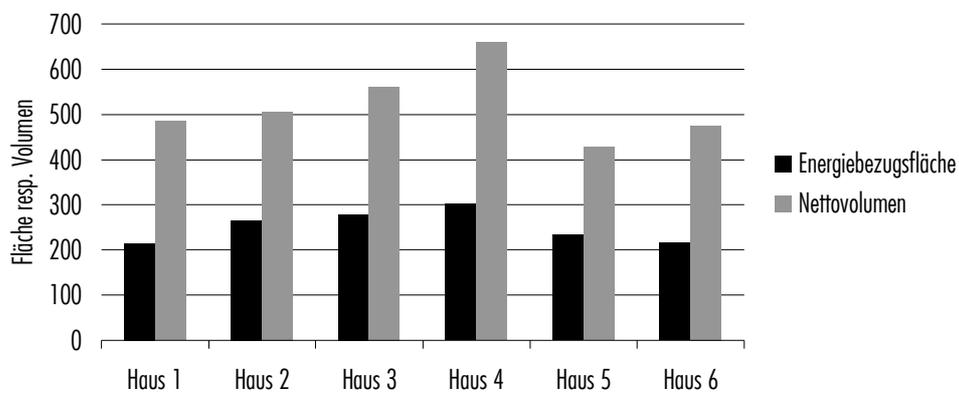


Objekt 5



Objekt 6

2.1. Energiebezugsflächen und Volumen



	1	2	3	4	5	6
EBF m ²	215	266	278	302	233	216
Nettovolumen m ³	485	507	562	659	427	476
Baujahr	2002	1999	2002	2001	2001/02	2001

Figur 1. Energiebezugsflächen und Volumen der 6 Projekte

2.2. Technische Ausrüstung

	Haus 1	Haus 2	Haus 3	Haus 4	Haus 5	Haus 6
Bauweise	Holzbau	Massivbau	Holzbau	Holzbau, Decken massiv	Holzbau	Holzbau
Luftvorwärmung und Kühlung mit Erdregister	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Heizung	Wärmepum- penboiler	Gastherme Solarkollektor	Pellets- Zimmerofen Solarkollektor	Fernwärme aus Holzhei- zung	Erdsonden- Wärme- pumpe	Gastherme Solarkollektor
WW	Luft-Wasser Wärmepumpe Solarkollektor	Gastherme Solarkollektor	Solarkollektor Pellets	Fernwärme aus Holzhei- zung	Wärme- pumpen- Boiler	Gastherme Solarkollektor
Elektroeinsatz im WW-Speicher	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
Zu-Abluft	Ja	Ja + Luftheiz.	Ja	Ja	Ja	Ja
Cheminee	Nein	Ja (Heiz- einsatz)	Nein	Vorb.	Ofen	Ofen

Figur 2. Übersicht Ausstattung Gebäude

Die im Gebäude vorgefundene technische Ausstattung entsprach in allen Fällen den deklarierten Anlagen gemäss Minergienachweis oder die Anlagen wurden aus energetischer Sicht sogar optimiert. Es ist aufgefallen, dass die Angaben im Nachweis naturgemäss auf System- und nicht auf der Produkteebene aufbauen und damit relativ unpräzise sind. Der Planungsspielraum wurde aber nicht ausgenutzt, eine Verschlechterung zuungunsten der Minergie Kennzahl wurde, vielleicht auch wegen der einfachen Überprüfbarkeit nicht angetroffen.

2.3. Erfahrungsbericht Objekte

Siehe Kapitel 7.

3. Ergebnisse Luftdichtigkeitsmessungen

3.1. Blower Door Tests

In allen Gebäuden wurde durch Christoph Gassmann (Wichser AG) ein Blower Door Test durchgeführt. Die Blower Door wurde jeweils in einer Aussentüre eingebaut. Die Messungen wurden bei 3 der 6 Bauten durch Christoph Tanner (EMPA) begleitet.

Es wurden folgende Geräte eingesetzt:

Geräte und Software

Blower Door Kit Minneapolis Blower Door Typ 3 bestehend aus:

- Blower Door Textil mit Einbaurahmen, jeweils mit Klebeband abgedichtet
- Ventilator drehzahlreguliert
- Mechanische Manometer für parallele Druckablesung innen und aussen

Die Messungen wurden gemäss EN 13829 mit folgenden Randbedingungen durchgeführt und ausgewertet:

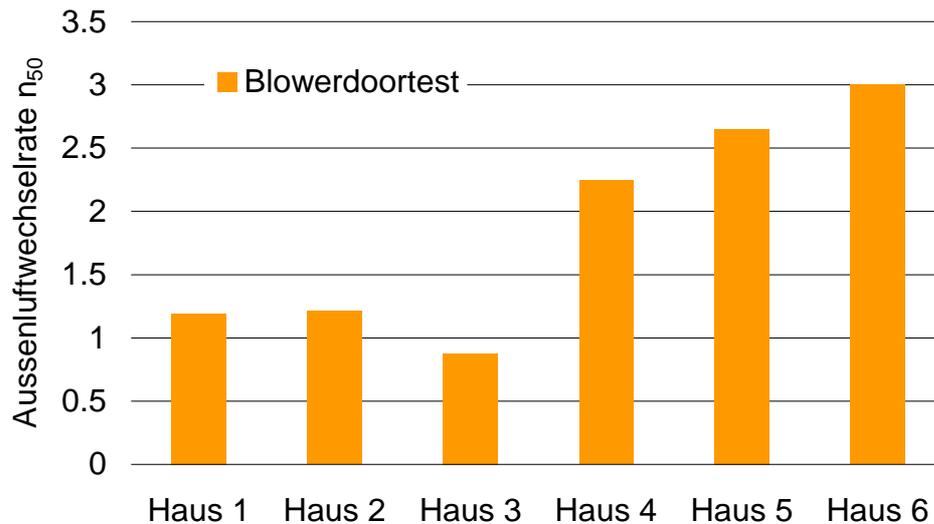
Messverfahren

- Über- und Unterdruck bis 60 Pa
- Reduktion in Stufen à 10 Pa im Bereich von 60 Pa bis 10 Pa

Gemessen wurde unter folgenden Betriebsbedingungen:

Betriebsbedingungen Messung

- Alle Fenster und Aussentüren wurden geschlossen (auch Kellertüre)
- Cheminée- und Kaminofenklappen wurden geschlossen
- Öffnungen im Luftdichtigkeitsperimeter, z.B. in unbeheizte Keller, z.B. Wäscheabwurf wurden mit den dafür vorgesehenen Klappen etc. geschlossen, aber nicht zusätzlich abgeklebt.
- Küchenventilatoren wurden ausgeschaltet
- Alle Innentüren wurden offen belassen
- Offensichtliche Leckstellen wurden nicht abgeklebt (Cheminées, Fugen ...)



Figur 3. Aussenluftwechselraten n_{50} nach Gebäuden

Die ersten 3 Projekte liegen im für Minergie-Bauten üblichen Bereich, die Objekte 4 bis 6 haben offensichtliche Leckstellen, welche mit relativ geringem Aufwand geschlossen werden können.

Die folgenden offensichtlichen Leckstellen wurden gefunden:

- Fugen rund um Kellerabgänge (z.B. Treppenwange-Wand)
- Dichtungen Kellertüren, verzogene Türblätter
- Undichte Schiebefenster
- Undichte Elektrorohre gegen Keller/Aussenklima
- Undichte Heizverteiler und Schächte zum Keller
- Anschlüsse zwischen Holzbauelementen
- Übergänge zwischen Holz und Massivbauteilen
- Fugen rund um die Fenster

Gut dicht waren:

- Zentrale Staubsaugeranlagen
- Wäscheabwürfe

3.2. Vereinfachtes Verfahren

3.2.1. Vorgehen

Blower Door Messungen erfordern mit Messprotokoll und den meist langen Anfahrtswegen einen finanziellen Aufwand von ca. 2'000 - 3'000.- Franken.

Es wurde deshalb geprüft, ob mit den bereits eingebauten Lüftungsanlagen erste Aussagen über die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle gemacht werden können.

Unter den gleichen Betriebsbedingungen wie beim Blower Door Test wurde mit dem Lüftungsgerät durch Abkleben des Abluftkanals vor dem Lüftungsgerät oder im Gerät ein Überdruck im Gebäude erzeugt. Die Druckdifferenz bei ein- und ausgeschaltetem Gerät wurde durch einen in den Keller (offenes Kellerfenster) oder im EG ins Freie führenden Schlauch erfasst. Der Luftvolumenstrom wurde mit einer Messsonde im Zuluftkanal bestimmt.

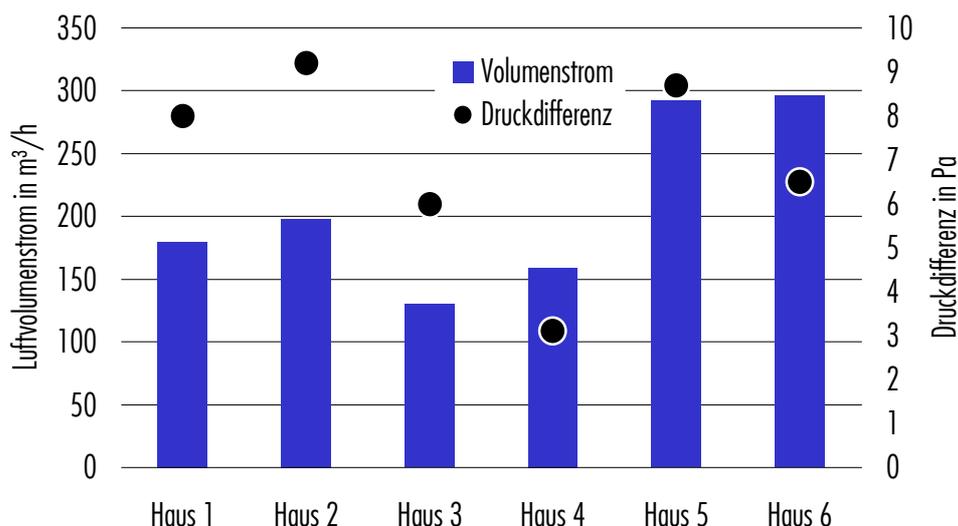
Für die Messungen der Luftmengen im Kanal und die Druckdifferenzen wurden folgende Messgeräte eingesetzt.

- Elektronisches Druckmessgerät mit 2 Messeingängen
- Mano Air 100 (Schildknecht)
- Flügelradanemometer

Weg

Messgeräte

3.2.2. Messergebnisse Lüftungsgerät bei höchster Stufe



Figur 4. Druckdifferenz und Volumenstrom

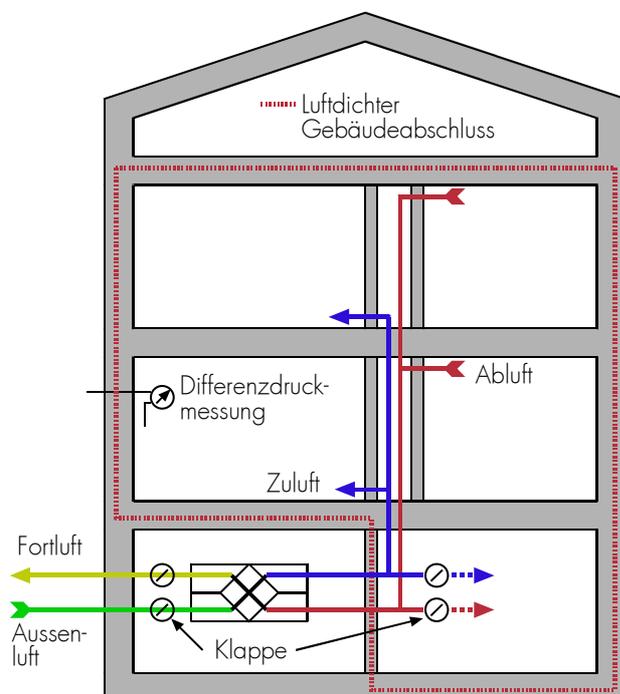
Aus der obigen Grafik lassen sich im relativen Vergleich folgende Aussagen ableiten:

- Die Häuser 1 bis 3 erreichen relativ hohe Druckdifferenzen bei kleiner Luftmenge, sie sind somit tendenziell dicht.
- Die Häuser 5 und 6 erreichen relativ hohe Druckdifferenzen bei grosser Luftmenge, sie sind weniger dicht.
- Das Haus 4 erreicht eine geringe Druckdifferenz bei durchschnittlicher Luftmenge, es hat relevante Luftlecks im Verhältnis zur verfügbaren Luftleistung des Lüftungsgeräts.

Ob diese qualitativen Aussagen belastbar sind, soll in den folgenden Ausführungen aufgezeigt und in Kapitel 3.4 bewertet werden.

Zusätzliche Erkenntnisse:

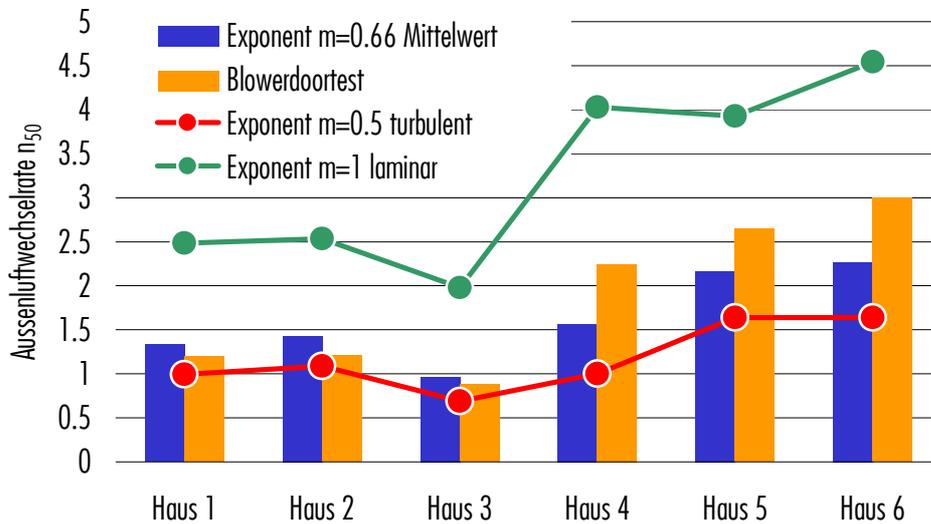
- Das Spektrum der Ergebnisse für die Luftmengen ist mit 130 bis 290 m³/h relativ breit, abhängig von den Ventilator Kennlinien der Geräte und den Druckverlusten im Luftverteilsystem.
- Das Verfahren liesse sich weiter vereinfachen, wenn das Luftverteilsystem unmittelbar nach den Geräteanschlüssen Öffnungen zum Raum und die Geräte selbst Absperrklappen in den Aussenluft- und Fortluftanschlüssen aufweisen würden (siehe nachfolgende Darstellung). In diesem Falle würden die Druckverluste der Luftverteilsysteme entfallen und die Luftmengen entsprechend ansteigen. Zudem liessen sich die Luftmengen an den Austrittsöffnungen einfach messen.



3.3. Umrechnung auf n_{50}

Für die präzise Umrechnung von Luftmenge und Differenzdruck auf den Referenzwert n_{50} ist die Kenntnis des Fugenkoeffizienten m notwendig. Die Ermittlung dieses Koeffizienten ist beim Blower Door Test Bestandteil des Standard-Messverfahrens mit mehreren Aufnahmepunkten. Bei den geringen Drücken von Standardlüftungsgeräten wird für diesen Koeffizienten ein Mittelwert angenommen.

In der Literatur wird für energetische Berechnungen ein Exponent m von 0.66 empfohlen. Um die mögliche Bandbreite der Resultate in Abhängigkeit vom Fugenexponenten m darzustellen, wurden auch die Extremwerte 0.5 und 1 in die Berechnung einbezogen.



Figur 5. Bandbreite Umrechnung auf n_{50} mit verschiedenen Gebäudeexponenten

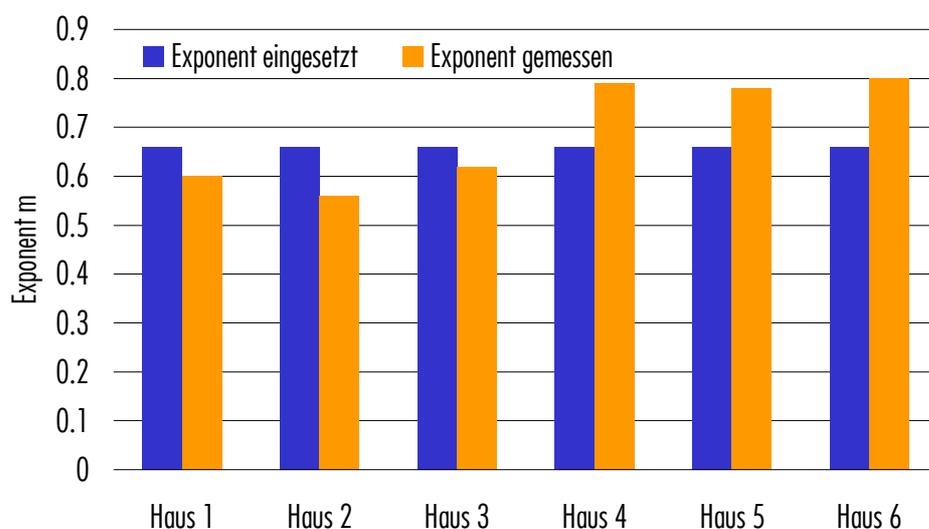
Die Umrechnung der gemessenen Luftvolumina und Drücke auf die Luftwechsellrate n_{50} erfolgt gemäss folgender Formel:

$$n_{50} = \frac{V_L}{V_{net}} \cdot \left(\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} \right)^m$$

- V_L = Luftvolumenstrom der Anlage m^3
- V_{net} = Nettovolumen Gebäude m^3
- Δp_1 = Referenzdruckdifferenz 50 Pa
- Δp_2 = gemessene Druckdifferenz Pa

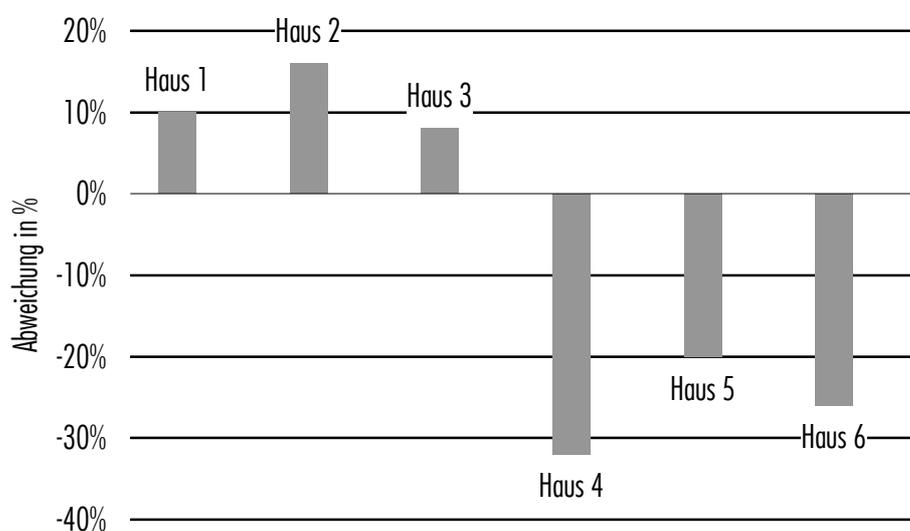
Umrechnung

3.3.1. Exponenten effektiv



Figur 6. Vergleich des angenommenen Gebäudeexponenten m mit dem aus den Luftmengenmessungen berechneten Gebäudeexponenten.

3.3.2. Differenzen Messverfahren



Figur 7. Abweichungen der Luftmengen zwischen gerechneten ($m = 0.66$) und den mit dem Blower Door Test gemessenen Werten.

In den 6 gemessenen Projekten scheint sich der Exponent m von 0.66 mit genügender Genauigkeit für die Grob beurteilung der Dichtigkeit eines Gebäudes“) zu bewähren. Ob bei einer erweiterten Untersuchung grössere Abweichungen festgestellt werden, bleibt offen.

Fazit zum Exponenten m

3.4. Blower-Door Test versus vereinfachtes Verfahren

Die qualitativen Aussagen der beiden Messverfahren sind im relativen Vergleich verlässlich:

- Die Häuser 1 bis 3 sind tatsächlich dicht
- Die Häuser 4 bis 6 sind undichter als die Häuser 1 bis 3

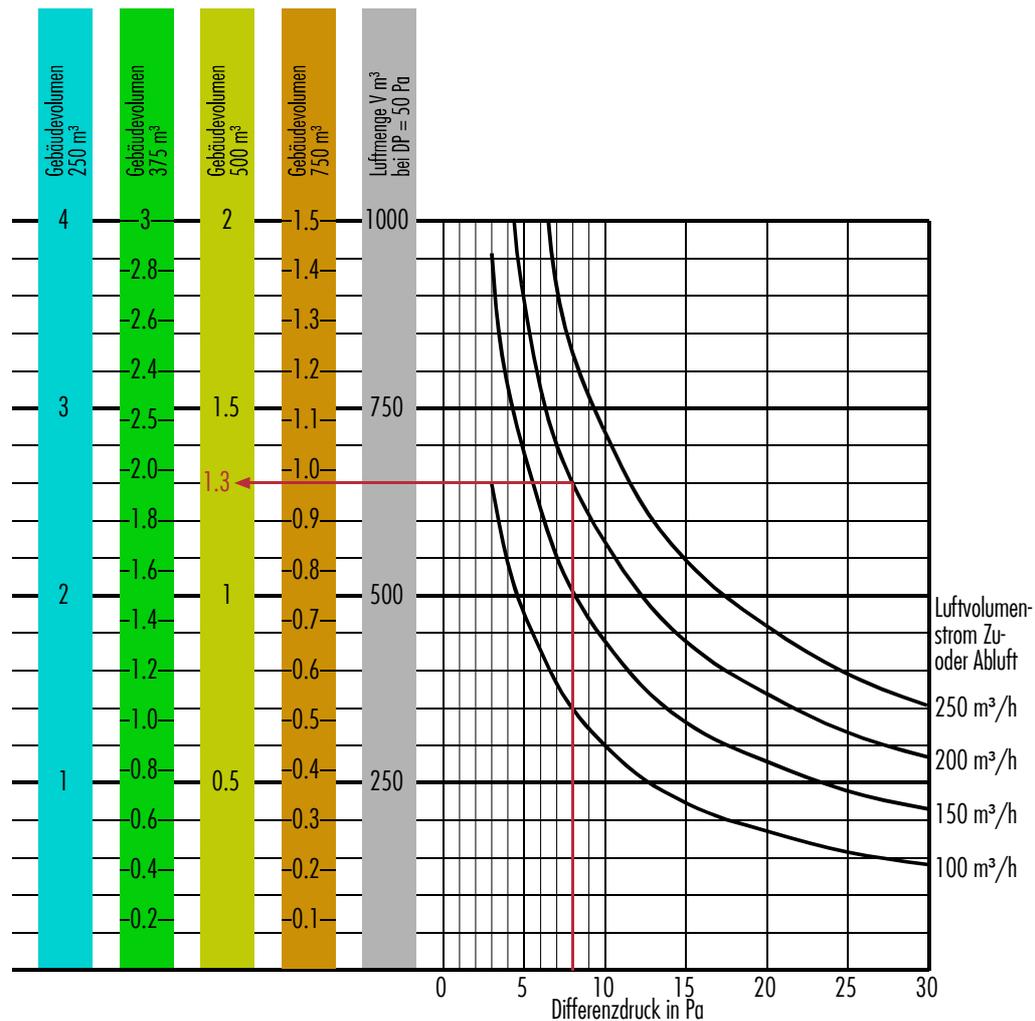
Die quantitativen Aussagen mit der Extrapolation auf n_{50} sind mit Abweichungen von 15 bis 20 % brauchbar in Anbetracht der Fehlermöglichkeiten, welche auch bei einem Blower Door Test bestehen. Bei Haus 4 besteht eine Abweichung von 30 %, welche über dem wünschbaren Bereich liegt. Dies lässt sich mit einer aus technischen Gründen fehlerbehafteten Messung begründen (Zugänglichkeit zu Messstellen war schlecht).

Hinweise zum vereinfachten Messverfahren.

- Kleinlüftungsgeräte erzeugen mit den erreichbaren Volumenströmen in den gemessenen Einfamilienhäusern Drücke von 3.1 bis 9.2 Pa. Die Differenzdruckmessung erfordert deshalb Messgeräte mit einem Auflösungsvermögen von 1 Pa.
- Bereits leichter Wind kann zu starken Verfälschungen führen. Deshalb muss während den Messungen beobachtet werden, ob genügend stationäre Verhältnisse erreicht werden. Der Differenzdruck zwischen ein- und ausgeschaltetem Gerät sollte um Faktor 1.5 grösser sein als die natürlichen Druckschwankungen.
- Die Kaminwirkung des Hauses bei grösseren Temperaturdifferenzen zwischen innen und aussen führt zu einer konstanten Druckdifferenz auf verschiedenen Höhen im Haus. Bei ein- oder ausgeschaltetem Lüftungsgerät bleibt diese Differenz konstant, da sie allein temperaturabhängig ist. Entsprechend kann die Differenz zwischen Innen- und Aussendruck bei ein- bzw. ausgeschaltetem Lüftungsgerät an jeder Stelle im beheizten Raum erfasst werden.
- Die Extrapolation von Luftmenge und Druck auf n_{50} ist wegen der fehlenden Kenntnisse über die Charakteristik der Leckstellen und dem damit verbundenen Gebäudeexponenten m nicht verlässlich möglich. Bei den erfassten Bauten hat der Mittelwert von $m = 0.66$ zu guten Resultaten geführt.
- Messfehler bei der Bestimmung des Drucks wirken sich bei der Extrapolation auf n_{50} für undichte und grosse Häuser aufgrund der dann sehr geringen gemessenen Druckdifferenzen deutlich aus. Das Verfahren ist deshalb mit Geräten von maximal 200 m³/h Kapazität auf n_{50} - Werte \times Gebäudevolumen von ca. 800 m³/h beschränkt (siehe nachfolgende Darstellung).

- Bei den geringen geförderten Luftmengen ist ein manuelles Auffinden von Leckstellen schwieriger als bei Blower Door Tests mit grossen Volumenströmen. Bei 1'000 – 2'000 m³/h können grössere Leckluftströme meist mit der Hand gespürt werden. Bei 200 - 300 m³/h sind Lecks allenfalls mit Rauchtests oder Infrarotkameraaufnahmen erfassbar.
- Umrechnung von gemessenem Differenzdruck Δp bei verschiedenen Volumenströmen auf Leckvolumenstrom und Luftwechselzahl bei $\Delta p = 50$ Pascal für verschiedene Nettovolumina (Exponent 0.66).

Umrechnung Messwerte auf Luftwechselzahl



Ablesebeispiel:
 Bei einem Differenzdruck von 8 Pa und einem Luftvolumenstrom von 200m³/h ergibt sich bei einem Gebäude mit 500 m³ Nettovolumen eine Luftwechselzahl n₅₀ von 1.3.

Mit dem einfachen Messverfahren kann abgeschätzt werden, ob zum Suchen und Schliessen von Lecks in der Gebäudehülle eine aufwändige (und damit auch relativ teure) Blower Door Messung sinnvoll ist.

Fazit

3.5. Vorgehen bei der Dichtigkeitsprüfung

Schritt 1 – Visuelle Kontrolle

Luftlecks sind oftmals ziemlich offensichtlich und bei starkem Wind durch die Bewohner klar zu spüren. Vor jeder Messung, sei es mit Blower Door oder mit dem vereinfachten Verfahren sind deshalb die wesentlichen Schwachstellen zu prüfen und gegebenenfalls abzudichten.

Häufige Schwachstellen sind:

- Fugen rund um Kellerabgänge (z.B. Treppenwange- Wand)
- Dichtungen Kellertüren, verzogene Türblätter
- Unsauber eingestellte Schiebefenster
- Undichte Elektrorohre gegen Keller/Aussenklima
- Undichte Heizverteiler und Schächte zum Keller
- Anschlüsse zwischen Holzbauelementen oder zu Massivbauteilen und rund um die Fenster

Schritt 2 - Qualitative Überprüfung

- Wenn offensichtliche Leckstellen genügend abgedichtet sind, kann mit dem vereinfachten Messverfahren innerhalb der Standard Abnahmeprozedur durch den Lüftungsingenieur oder den Lüftungsunternehmer eine Dichtigkeitsprüfung stattfinden. Wir empfehlen dem Verein Minergie, verlässliche Messstandards zu evaluieren und dann zu definieren.
- Wenn das Gebäude tendenziell undicht ist, sollte nochmals eine Schwachstellenanalyse durchgeführt werden.
- Für die Suche nach Luftlecks ist das Lüftungsgerät zu schwach, da kein oder ein nur sehr schwach spürbarer Luftstrom bei Leckstellen entsteht. Eine Blower Door (Aufwand Fr. 1'000.- bis 2'000.- je nach Standort und ohne Messprotokoll) oder zumindest ein FOL Küchenventilator bringen einfacher prüfbare Ergebnisse.

Schritt 3 - Rechtsverbindliche Abnahmemessungen

Rechtsverbindliche Abnahmemessungen mit quantitativen Aussagen erfordern zwingend den standardisierten Blower Door Test mit detailliertem Messbericht (Aufwand Fr. 2'500 bis 3'000.-).

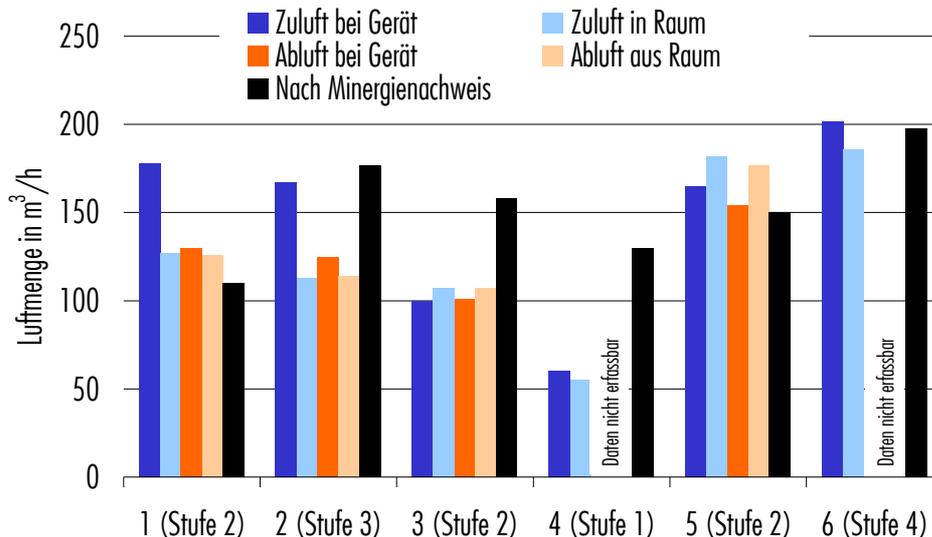
Im Rahmen des vorliegenden Berichtes verzichten wir auf die Beurteilung des Sinns von Dichtigkeitsprüfungen im Allgemeinen und des geeigneten Kennwertes $V_{a,4}$ oder n_{50} . Es sei hier angemerkt, dass nur sehr wenige Gebäude so undicht sind, dass die ungewollten „Lüftungswärmeverluste“ durch Leckstellen in der Gebäudehülle zu einem dominierenden Faktor des Energiehaushaltes werden.

4. Luftverteilung

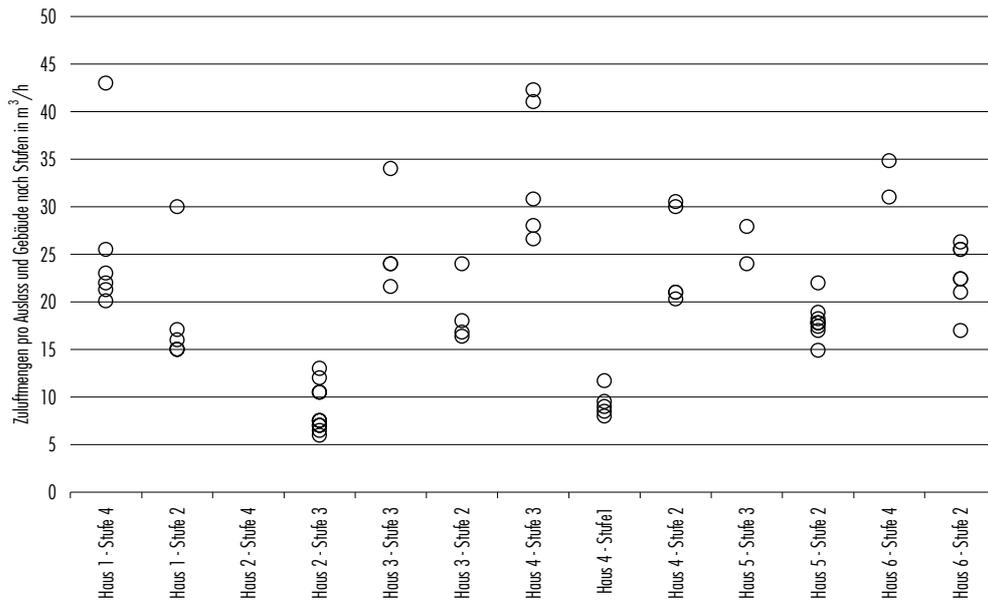
Die Messungen im Kanalsystem und an den einzelnen Zu- und Abluftöffnungen fanden aus folgenden Gründen statt:

- Eine gute Luftqualität in einzelnen Räumen kann bei geschlossener Türe nur dann erreicht werden, wenn die Zuluftmengen stimmen.
- Grössere Unterschiede bei der Zu- und Abluftmenge führen zu einem dauerhaften Über- oder Unterdruck im Gebäude und damit zu Falschluftrömen, welche die Wärmerückgewinnungsanlage der Lüftung umgehen und damit zu einem erhöhten Energieverlust führen.
- Ein Ungleichgewicht zwischen der Luftmenge vor und nach dem Gerät respektive den Öffnungen in den Räumen deutet auf ein undichtes Kanalsystem hin.

4.1. Übersicht Luftmengenüberprüfung

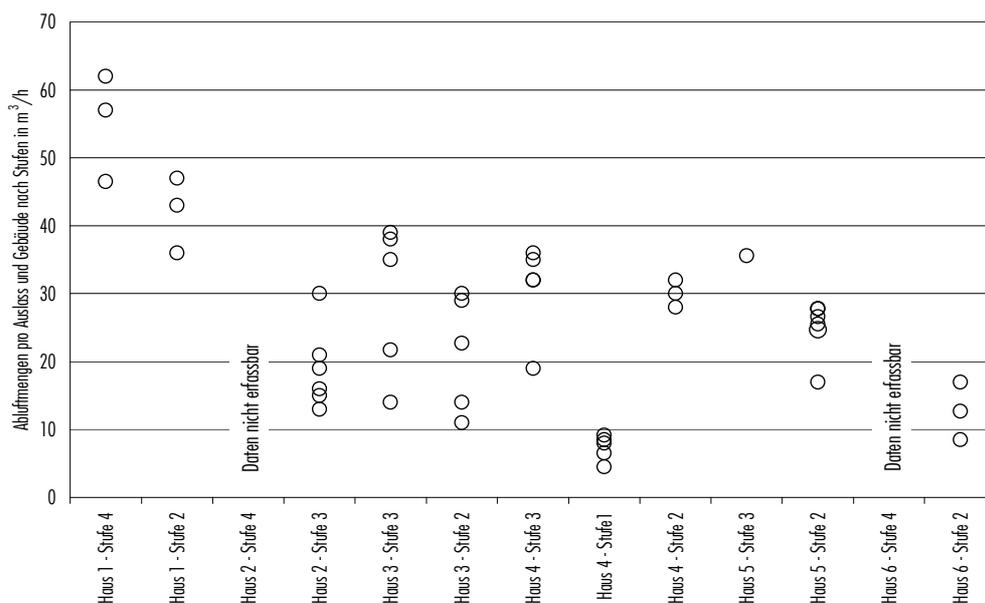


Figur 8. ZUL/ABL auf Normalbetriebstufe



Figur 9. Luftmengen pro Zuluftauslass

Wenn bei Normalbetriebsstufe eine Zuluftmenge von ca. 15 m³/h und Auslass vorausgesetzt wird, liegt die Zuluftmenge bei Haus 2 auf Stufe 3 zum Teil deutlich unter dem Durchschnitt. Es wird jedoch keine schlechte Luftqualität beklagt. Die Häuser verfügen generell über grosse Luftvolumina pro Bewohner und sind deshalb weniger heikel, weil auch Türen offen gelassen werden und so ein Luftaustausch über alle Räume wirksam wird. Bei abgeschlossenen Räumen mit 2 Personen liegt der Zuluftstrom deutlich unter der wünschbaren Menge von 22 bis 36 m³/Person und Stunde gemäss SIA Merkblatt 2023 „Lüftung in Wohnbauten“ Ziffer 6.1.2.



Figur 10. Luftmengen pro Abluftöffnung

4.2. Auffälligkeiten Zuluft / Abluftsystem

- Die Luftmengenmessung im Kanalsystem war teilweise schwierig, weil längere gerade Kanalstrecken mit beruhigtem Luftstrom fehlten und die Luftgeschwindigkeit über den ganzen Kanalquerschnitt wegen Turbulenzen schwankte.
- Die Zugänglichkeit der Lüftungsöffnungen war nicht immer gegeben, zum Teil waren sie durch Möbel verstellt oder technisch so gelöst, dass das Messgerät nicht adaptiert werden konnte.
- Die Bilanzen der Luftmengen sind oft nicht ganz ausgeglichen (Messungenauigkeit, Leckstellen Kanalsystem).
- Generell sind die Luftmengen bei einbetonierten Verteilleitungen aus Standard Komponenten ausgeglichener als bei individuell konstruierten Lösungen zum Beispiel aus offen verlegten Wickelfalzrohren.
- Die Zuluftöffnungen waren zum Teil ungünstig positioniert, was zu Zugercheinungen geführt oder die Möblierbarkeit eingeschränkt hat.

4.3. Spezialfälle Küchenventilator und Cheminée

- Die vorgefundenen Cheminées (Cheminée mit Rauchklappe und Glaschieber) und Cheminéeöfen sind gemäss Hand-Test genügend dicht.
- 5 von 6 Küchenventilatoren funktionieren im Umluftbetrieb und stellen bezüglich Luftdichtigkeit kein Problem dar.
- Der vorgefundene FOL Küchenventilator war dicht.

4.4. Betrieb

Die Filterwartung bei den Geräten und bei den Abluftgittern sowie die Kanalwartung brauchen eine sorgfältigere Instruktion von den Spezialisten. Die Bewohner waren hier zum Teil überfordert.

5. Schallemissionen

5.1. Beurteilungspegel

Das Messverfahren für Geräusche aus haustechnischen Anlagen ist in der Norm SIA 181 „Schallschutz im Hochbau“ geregelt. Die Norm ist momentan in Überarbeitung.

- Nach alter Norm gilt ein Beurteilungspegel L_r von 30 dB(A)
- Nach neuer Norm gilt ein Beurteilungspegel L_r von 25 dB(A)

Breitbandige Geräusche werden störend wahrgenommen, wenn sie um 3 bis 5 dB über dem Grundgeräuschpegel liegen. Tonhaltige Geräusche (Geräusche mit einer dominanten Tonhöhe) werden schon wahrgenommen, wenn nach A Bewertung keine objektive Geräuschpegelerhöhung gemessen werden kann.

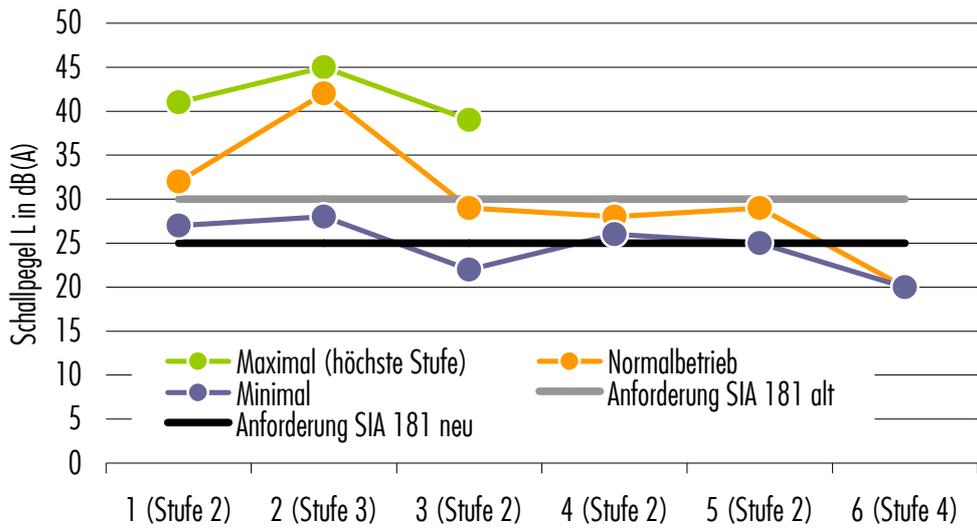
5.2. Messverfahren

Gemäss SIA Norm ist der Schallpegel L_r an Stellen zu messen, an welchen sich normalerweise Personen aufhalten. In Raummitte lagen die Schallpegel während der Prüfzeiten zum Teil so tief, dass sie im Grundgeräuschpegel verschwanden. Der grössere Teil der Schallpegel wurde deshalb nicht in Raummitte, sondern direkt am Lüftungsgitter in einer Distanz von ca. 10 cm aufgenommen. Üblicherweise halten sich in dieser Distanz keine Personen auf.

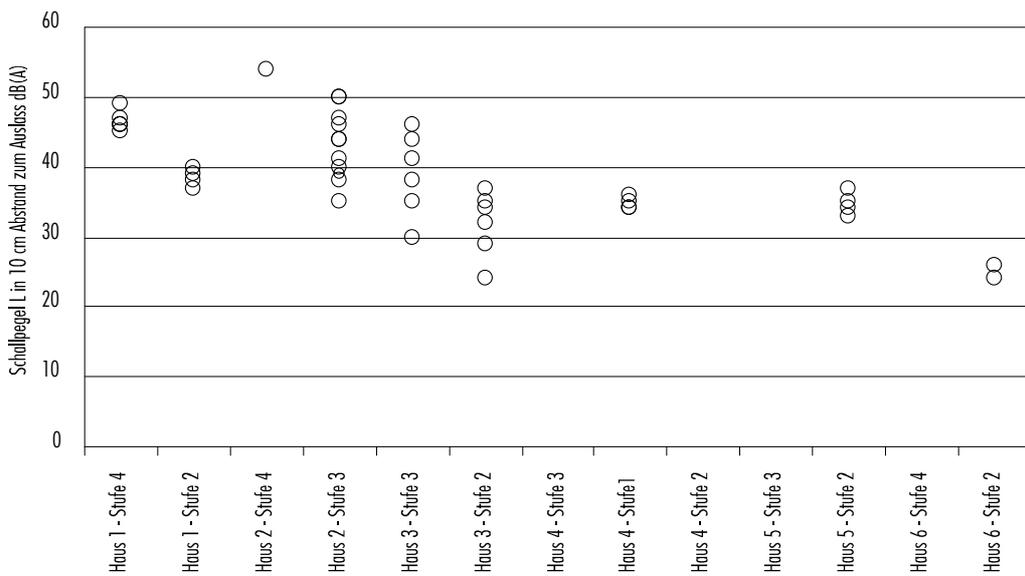
Gemäss SIA Merkblatt 2023 ist in Wohnräumen Tag und Nacht ein Schalldruckpegel von 25 dB(A) einzuhalten. Frequenz- und Pegelkorrekturen sind zusätzlich zu berücksichtigen.

5.3. Beurteilung im Raum

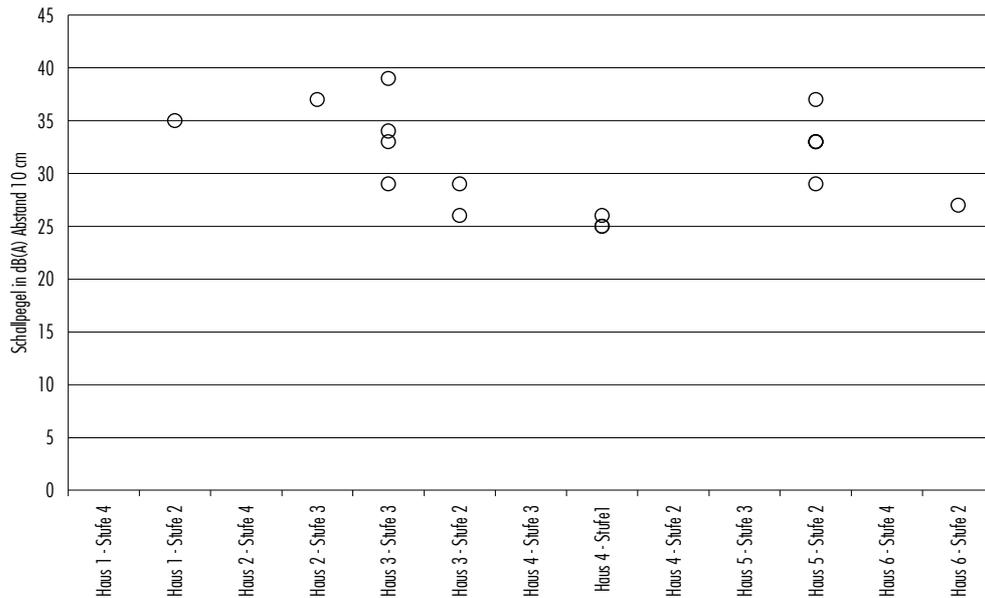
Die Schallpegel wurden deshalb mit einem Korrekturwert von - 8 dB auf einen Raumpegel umgerechnet. Dies gilt für Messorte in 1 bis 1.5 m Distanz zur Lüftungsöffnung. Es ist zu beachten, dass bei ungünstig platzierten Lüftungspegeln z.B. am Kopfende des Bettes an der Empfangsstelle höhere Werte relevant werden.



Figur 11. Schallpegel in den 6 Häusern, auf die Aufenthaltszone im Raum umgerechnet, für Räume mit maximalen und minimalen Werten.



Figur 12. Schallpegel pro Luftauslass direkt am Auslass gemessen



Figur 13. Schallpegel pro Abluftöffnung direkt am Auslass gemessen

5.4. Anmerkungen Lüftungsanlage

- Die Messung war wegen hoher Grundschaallpegel oft nur direkt am Auslass möglich. Tiefere Grundschaallpegel können häufig nur mitten in der Nacht gemessen werden.
- Der Geräuschpegel ist für die Bewohner sehr relevant; sie richten die Lüftungsstufe mehr nach den Schallemissionen als nach der Luftqualität.
- Standard-Systemanlagen sind wegen sorgfältiger aufeinander abgestimmter Komponenten und damit geringerem Strömungsrauschen leiser als selbst gebastelte Lösungen.
- Bei der Positionierung der Auslässe sind verschiedene Möblierungsvarianten zu beachten. Insbesondere bei Wandgittern können die Auslässe durch Schränke verstellt werden oder sie können direkt in der Aufenthaltszone zu Zugluft führen (z.B. Bett an der Wand)

5.5. Anmerkungen sonstige Installationen

Der Pelletsofen im Wohnraum war deutlich zu laut (Ventilator Verbrennungsluft).

5.6. Bewertung der Messresultate

Die Schallpegel liegen häufig deutlich über den Anforderungen. Es bedarf einer sauberen Auslegung der Anlage und korrekt eingebauter Schalldämpfer, um den gewünschten Schallpegel L_r von 25 dB(A) einzuhalten. Bei sehr tiefen Grundgeräuschpegeln - gemessen werden bis 18 dB(A) - wäre eine weitere Senkung der Geräuschpegel aus Lüftungsanlagen auf bis zu 20 dB(A) sinnvoll. Hier ist eine weitere Sensibilisierung von Planern und Unternehmern notwendig.

Dem Verein Minergie empfehlen wir hierzu folgende Schritte:

- Erhebung von weiteren Messdaten zur Bewertung des aktuellen Standards (Stichprobenmessungen)
- Akustische Bewertung verschiedener Lüftungssysteme und Komponenten durchführen und Merkblatt erstellen (z.B. mit EMPA)
- Checkliste für Planung bereitstellen
- Formular Abnahmemessung bereitstellen
- Anordnen von weiteren Stichprobenmessungen zur Bestätigung

6. Kommentare pro Haus

6.1. Haus 1



Das Gebäude besteht aus einer aussen verputzten Leichtbaukonstruktion in Holzbauweise mit ziegelgedecktem Holzsteildach. Der Kellerabgang mit Vorplatz liegt im Dämmperimeter. Der Ausbau im unbeheizten Kehlboden ist noch nicht fertig gestellt.

Bauliches

Die Wärme wird über eine Luft-Wasser-Wärmepumpe bereitgestellt. Der Energieverbrauch liegt bei ca. 23 kWh/m²a exkl. Warmwasser. Der Grenzwert wird nach der Gewichtung und der Berücksichtigung des Warmwasserverbrauchs minimal überschritten. Die Wärmepumpe ist so programmiert, dass sie den Nachtstrom optimal auszunutzen kann. Die Leistung der Anlage reicht zur Deckung des Wärmebedarfs gut aus.

Energie / Wärme

Die Wärmeabgabe erfolgt über Bodenheizung, die individuelle raumweise Beeinflussbarkeit ist nicht ganz befriedigend.

Der Sonnenkollektor mit 4.3 m² Fläche liefert die gewünschten Erträge. Im Winter wird das Warmwasser über eine Luft-Wasser-Wärmepumpe (Wärmepumpenboiler) mit einem Speicher von 280 l Inhalt bereitgestellt. Die Wärme wird aus der Raumluft im Wasch- und Technikraum bezogen, wobei auch die latente Feuchte der Luft genutzt wird. Durch den Entzug der Wärme aus dem Raum kühlt dieser stark aus. Dies hat zur Folge, dass die Wäsche schlecht trocknet und die Transmissionsverluste aus beheizten Nachbarräumen grösser werden. Wir erachten diese Lösung weder energetisch noch

praktisch für sinnvoll. Die Bauherrschaft schaltet das Gerät manuell ein und aus, die Leistung reicht offenbar aus für die Erwärmung des Wassers. Bei Betrieb wird eine Reduktion der Raumtemperatur um ca. 3°C gemessen. Das Gerät nutzt auch die Abwärme aus Waschmaschine und Tumbler.

Im heissen Sommer 03 konnte das Gebäude dank optimierter Nachtlüftung, einer konsequenten Bedienung des Sonnenschutzes normalerweise auf 24 °C (kurzzeitiger Spitzenwert 26°C) gehalten werden.

Ein Kamin für den nachträglichen Einbau eines Zimmerofens oder Cheminées ist vorhanden.

In den Aussenwandecken im Obergeschoss und bei den Dachfenstern wurden feine Risse als Luftlecks geortet. Luftströmungen wurden auch über die Steckdosen festgestellt.

Auf ein Luft-Erdregister wurde verzichtet. Die Luftansaugöffnung liegt an der Schwelle des Ausgangs zur Terrasse und ist daher im Sommer häufig sonnenexponiert. Das Lüftungsgerät Typ Nilan Comfort befindet sich im Technikraum. Ein Sommerbypass ist vorhanden.

Die Luft wird in den Wohnräumen über Wandauslässe oberhalb der Sockelleiste eingeblasen und über die Nassräume abgeführt. Bei der Fortluftöffnung wird die Luft aus einem Schacht direkt an die Fassade geblasen, dort sind bereits Verfärbungen des Verputzes zu sehen.

Die Schallpegel liegen mit bis zu 40 dB deutlich über den geforderten Werten. Die Bewohner fahren die Anlage aber ausschliesslich auf Stufe 1 und erachten dann den Schallpegel der Lüftungsanlage als nicht störend

Das Gebäude wurde als „Fertighaus“ mit entsprechenden Minergiemodulen bestellt. Die Bauherrschaft hat sich ein Referenzobjekt mit Lüftung angeschaut. Anfänglich hatte die Bauherrschaft mehr Kenntnisse zum Thema Minergie als die Planer, der Einsatz des Projektleiters war aber in Ordnung, so dass die Zusammenarbeit funktionierte. Die Übergabe der technischen Einrichtungen war nicht optimal, die Bauherrschaft musste sich die Anlagenkenntnisse autodidaktisch erarbeiten und die Anlage optimieren.

- Nachbesserung Luftlecks Aussenwände OG
- Fortluft mit Umlenklech vom Haus wegleiten
- Anlage mittelfristig so anpassen, dass Wärmepumpenboiler stillgelegt werden kann
- Schalldämpfer in Zuluftkanal einbauen

Luftdichtigkeit

Lufttechnik

Projekterfahrungen

Verbesserungsmöglichkeiten

6.2. Haus 2



Die Aussenwände sind aus wärmedämmenden Backsteinen mit einem U-Wert von 0.21 gemäss Katalogangabe erstellt. Der Keller ist mit Ausnahme des Bastelraumes nicht beheizt.

Bauliches

Das Gebäude wird durch die Bewohnerschaft seit längerer Zeit intensiv ausgemessen; die Kennwerte sind deshalb verlässlich bekannt. Die Minergie-kennzahl liegt alleine für den Gasverbrauch bei $73 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ und damit deutlich über dem Grenzwert. Zusätzlich ist der Elektrizitätsverbrauch für die Lüftungsanlage und die Pumpen zu rechnen. Der Grund für die Abweichung ist noch nicht abschliessend bekannt.

Energie / Wärme

Die Vakuumröhrenkollektoren mit einer Fläche von 8.5 m^2 speisen einen Speicher mit 1340 l Inhalt. Ergänzt wird über eine kondensierende Propan-Gastherme.

Die Wärmeabgabe erfolgt primär über die Luftheizung, in den Bädern über Handtuchradiatoren. Im Dachgeschosszimmer musste ein Heizkörper nachgerüstet werden, weil die Luftheizung, ungenügend wärmegeklämt, zu wenig Heizleistung erbringen konnte.

Das Obergeschoss kann mit einem Cheminée mit Umlufteinsatz zusätzlich geheizt werden.

Im Sommer ergeben die Investitionen in Minergie aus Sicht des Nutzers keine Vorteile; er hätte sich hier einen besseren Komfort erwünscht.

An der Gebäudehülle wurden keine spezifischen Luftlecks festgestellt. Bei den Cheminéeclappen bei der Dichtigkeitsmessung ist ein geringer Luftzug von Hand spürbar.

Luftdichtigkeit

Das Luft-Erdregister bezieht die Aussenluft am Garagenvorplatz. Als Lüftungsgerät wird ein Zu- und Abluft/Umluftgerät mit einem Aluminium-Gegenstromwärmetauscher eingesetzt. Die Wärmeabgabe erfolgt mit einem Heizregister im Zuluftkanal. Im Heizbetrieb kann die Zuluftmenge über einen Umluftventilator erhöht werden. Die gemessenen Einzelluftmengen weichen stark von der Gesamtluftmenge ab (Zuluft). Mögliche Gründe dafür sind:

Lufttechnik

- a) Zuluft wird direkt über den Umluftkanal in die Wohnung gestossen, sofern der Umluftventilator nicht läuft, eigentlich sollte zwar eine Rückschlagklappe eingebaut sein (konnte nicht überprüft werden)
- b) eventuell undichtes Kanalnetz
- c) ungenaue Messung.

Die Lüftungsöffnungen befinden sich in den Böden. Die Überströmung von den Zimmern in die Korridore erfolgt über Schalldämpferschikanen im Sturz der Zimmertüren.

Die Schallpegel sind auf allen Stufen und insbesondere im Heizbetrieb eindeutig zu hoch. Es ist anzunehmen, dass die Geräusche vom Lüftungsgerät über das Leitungsnetz in die Räume gelangen, trotz den installierten Schalldämpfern nach dem Gerät. Die Schalldämpfer sind mit flexiblen Rohren mit ca. 1 m Länge ausgeführt.

Das Gebäude wurde erst während der Planungsphase auf Minergie-Standard getrimmt. Schwierig war die Zusammenarbeit mit der Bauleitung. Vom Lüftungsunternehmer fehlen noch immer die Abnahmeunterlagen. Am Lüftungsgerät war die Klappe des Sommerbypasses falsch beschriftet, das Gerät wurde deshalb während längerer Zeit falsch betrieben. Der Umluftventilator hat bereits einen Lagerschaden. Nach der Reparatur wurde der Schallpegel subjektiv reduziert.

Projekterfahrungen

Wegen der Schallprobleme wurde die Luftheizung mit möglichst kleiner Luftmenge gefahren. Diese Reduktion musste durch höhere Zulufttemperaturen kompensiert werden, was sich negativ auf den Nutzungsgrad des Gaskessels (ungenügende Kondensation) und die Sonnenenergienutzung auswirkte.

Typische Probleme mit Luftheizungssystemen zeigen sich auch in diesem Objekt:

- Das System ist wenig tolerant bei konzeptionellen oder nutzungsbedingten Änderungen oder Abweichungen von den Planungswerten, z.B. erhöhtem Heizleistungsbedarf infolge höherer Innentemperatur oder ungenügend kalkulierter Wärmebrücken etc.
 - Die individuelle Temperaturregelung einzelner Räume ist schwierig.
 - Der Heizenergieverbrauch liegt tendenziell höher als bei wassergeführten Systemen.
 - Die Schallemissionen können zu Problemen führen, welche sich nur mit grossem Aufwand lösen lassen.
 - Luftheizsysteme bedürfen einer ausreichend dicken und vollständigen thermischen Wärmedämmung des Kanalnetzes.
-
- Einbau von effektiveren Schalldämpfern in Zuluft, Abluft und Umluft
 - Luftmenge erhöhen, Heizkurve senken
 - Einbau einer Rückschlagklappe im Umluftkanal

Verbesserungsmöglichkeiten

6.3. Haus 3



Das Gebäude besteht aus einer Holz-Leichtbaukonstruktion mit Holzbekleidung aussen. Der Keller ist nicht beheizt. Das Dach ist bis unter den Giebel genutzt. Erdgeschoss und Obergeschoss sind durch Lufträume miteinander verbunden. Manchmal werden ungemütliche Luftzugerscheinungen verspürt.

Die Wärme wird mit einem Holzpellets-Zimmerofen im Wohnzimmer bereitgestellt und in einem Speicher im unbeheizten UG gepuffert. An kalten Tagen sind 2 Kessel Pellets aus dem Keller heraufzutragen. Der Energieverbrauch (ungewichtet) liegt bei ca. 43.7 kWh/m²a für das Holz. Nach Gewichtung und Berücksichtigung des Stromverbrauchs für Umwälzpumpen und die Lüftungsanlage liegt die Minergie-Kennzahl unter dem Grenzwert.

Die Wärmeabgabe erfolgt teilweise über Bodenheizung (Plattenboden im EG, Nasszellen), teils über Radiatoren oder Kombinationen von Radiatoren und Bodenheizung. Die Regulierbarkeit ist unbefriedigend.

Der Sonnenkollektor mit einer Fläche von 14.8 m² und einem Pufferspeicher (1'365 l) mit einem integrierten Warmwasserspeicher (185 l) reicht im Sommerhalbjahr auch für das Nachbarhaus. Der Elektroheizeinsatz mit 4 kW Leistung im Warmwasserspeicher wurde bisher noch nicht benutzt.

Im heissen Sommer 03 konnte das Gebäude dank optimierter Nachtlüftung, einer konsequenten Bedienung des Sonnenschutzes und nach Anpassungen an der Lüftungsanlage auf 24 bis 25 °C gehalten werden.

Bauliches

Energie / Wärme

Das Haus ist gemäss Messung genügend dicht. Ein mit der Hand spürbarer Luftstrom wurde festgestellt bei den Fugen zwischen Fensterrahmen und Sturz. Diese Fuge kann relativ einfach nachgedichtet werden, was den Energieverlust nochmals reduzieren kann. Der Wäscheabwurf in den Keller und auch der Zimmerofen bilden keine Schwachstellen.

Luftdichtigkeit

Ein Luft-Erdregister ist vorhanden. Die Luftansaugöffnung befindet sich im äusseren Kellerabgang und ist gut beschattet. Das Lüftungsgerät ist mit Kreuz-Gegenstrom-Wärmetauscher ausgerüstet. Die Position der Zuluftöffnungen ist im unteren Bereich von Innenwänden teilweise unbefriedigend, weil die Möblierbarkeit darunter leidet. In einem Zimmer musste beispielsweise ein Schrank davor gestellt werden. In einem anderen Zimmer befindet sich die Kopfstelle des Bettes genau neben der Lüftungsöffnung. Die Überströmung in die Korridore erfolgt mit sturzintegrierten Lüftungselementen, wobei ein grösserer Teil der Luft durch die Türfugen strömt. Eine Zuluftstelle konnte aus Platzgründen nicht gemessen werden. Berücksichtigt man die entsprechenden Werte für diese Zuluftstelle analog den anderen, ergibt sich eine gute Übereinstimmung mit der Totalmessung an der Fassung (Zuluft). Auf der Normalbetriebsstufe 2 ist der Luftumsatz eher zu gering.

Lufttechnik

Im Lüftungsgerät in der Standardversion fehlt ein Sommerbypass. Ein solcher wurde durch den Bauherrn nachträglich selbst eingebaut, wobei diese Lösung starr ist und deshalb nicht auf kühlere Perioden im Sommer reagieren kann.

Die Schallpegel liegen mit bis zu 38 dB am Auslass gemessen deutlich über den geforderten Werten.

Die Nutzer haben sich intensiv auf den Minergie-Bau vorbereitet. Für den Architekten mit Erfahrung mit Holzbauten war dies das erste Objekt gemäss Minergie-Standard. Er hat sich mit einem Fachplaner verstärkt und auch persönlich dafür engagiert. Seitens der Handwerker schien wenig Bewusstsein für Minergie vorhanden; beispielsweise waren Zu- und Abluftkanal zuerst vertauscht.

Projekterfahrungen

- Fugen bei Fensterrahmen abdichten
- Pelletsofen längerfristig in Keller verschieben oder leiseres Modell suchen. Nachteilig wirkt sich dabei aus, dass der Ofen nicht mehr seine ganze Wärme in den Raum abgeben wird.
- Lüftungsgerät mit automatischem Sommerbypass ausrüsten

Verbesserungsmöglichkeiten

6.4. Haus 4



Das Gebäude ist Bestandteil einer grösseren Minergie Siedlung, steht aber frei. Aussenwände, Decken und Dach bestehen aus Leichtbauelementen in Holzbauweise. Im Untergeschoss liegt nur der eigentliche Lagerkeller ausserhalb des Dämmperimeters.

Bauliches

Die Wärme wird über einen Nahwärmeverbund mit einer Holzheizung einer Schreinerei bereitgestellt. Der Energieverbrauch liegt bei ca. $60 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ allein für die Fernwärme. Unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors für Holzenergie wird der Minergie Grenzwert überschritten. Zusätzlich gemessen wurde ein Gesamtstromverbrauch von ca. $10 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Energie / Wärme

Die Wärmeabgabe erfolgt über Bodenheizung, zum Teil über Radiatoren.

Die Warmwasserproduktion erfolgt über die Holz-Fernheizung in einen 300 l Speicher. Ein Kaminzug für die Nachrüstung eines Kaminofens oder Chemi-nées ist vorbereitet.

Das Haus ist relativ undicht. Bei den Blower-Door Tests wurde ein mit der Hand spürbarer Luftstrom bei den Fugen in der südwestseitigen Fensterfront und entlang des Dachrandes festgestellt. Die Türen zwischen Technikraum und Keller resp. Entrée sind undicht. Diese Schwachstellen können relativ einfach nachgedichtet werden. Undicht waren auch die Elektroinstallationen. Die Steckdosen durchdringen die innere Holzplatte und somit besteht eine Verbindung direkt zur Aussenluft. Die Dosen müssten ausgebaut und neu eingedichtet werden. Der Wäscheabwurf in den Keller ist bei geschlossenen Klappen genügend dicht. Im Sommer wird es im Haus trotz Nachtlüftung deutlich zu warm, weil ein aussen liegender Sonnenschutz an der ca. 10 m^2 grossen Südwestverglasung fehlt.

Luftdichtigkeit

Ein Luft-Erdregister ist vorhanden. Die Luftansaugöffnung befindet sich im Lichtschacht an der Westfassade. Als Lüftungsgerät wird ein Stork-Air-Gerät mit Kreuz-Gegenstrom-Wärmetauscher und Sommerbypass eingesetzt.

Lufttechnik

Die Position der Zuluftöffnungen ist im oberen Bereich der Wände komfortabel. Die Überströmung in die Korridore erfolgt über die Türschlitze. Die Lüftungsanlage wird permanent auf der untersten Stufe betrieben. Im Vergleich zu anderen Minergie-Bauten ist dies wenig, aus Sicht der Bewohner jedoch ausreichend. Inwiefern hier der natürliche Luftwechsel über Undichtigkeiten der Gebäudehülle mitwirkt, wurde nicht im Detail analysiert.

Verschiedene Zu- und Abluftstellen konnten aus Platzgründen nicht richtig gemessen werden. Die Messung der Gesamtluftmenge konnte nur in krummen und damit Rohrstücken mit ungenügend beruhigtem Luftstrom durchgeführt werden. Aufgrund der Verrohrungsart (hauptsächlich Spirorohre mit nicht optimal abgeklebten Übergängen) sind einige Leckverluste im Verteilnetz zu erwarten. Die Messungen der Luftmengen sind in diesem Fall mit Fehlern behaftet.

Die Schallpegel liegen mit 26 bis 28 dB unter den Anforderungen gemäss aktueller Norm SIA 181.

Keine Anmerkungen

- Sonnenschutz an der Südwestfassade einbauen
- Wesentliche Leckstellen nachdichten

Projekterfahrungen

Verbesserungsmöglichkeiten

6.5. Haus 5



Das Untergeschoss des Gebäudes ist nicht beheizt. Der Dämmperimeter liegt an der Decke des UG's. Tragkonstruktion, Decken, Aussenwände und auch Innenwände bestehen aus Leichtbaukonstruktion in Holzbauweise. Das Gebäude ist aussen verputzt.

Die Wärme wird über eine Erdsonden-Wärmepumpe bereitgestellt. Der ungewichtete Energieverbrauch liegt bei ca. 20 kWh/m²a für die Wärmepumpe. Nach Gewichtung und zusammen mit dem Antriebsstrom für die Lüftung und Umwälzpumpen kann der Minergie-Grenzwert knapp eingehalten werden.

Die Wärmeabgabe erfolgt über Bodenheizung. Die Räume können individuell reguliert werden, die Feineinstellung brauchte aber viel Fingerspitzengefühl.

Die Warmwasserversorgung erfolgt über die Erdsonden-Wärmepumpe in einen 400 l Speicher. Der Elektroeingang mit 5.3 kW ist ausgeschaltet. Ein Cheminéeofen mit Speichermantel kann das Gebäude zusätzlich erwärmen.

Die Fugen zwischen Treppenwange und der Treppenhauswand zum kalten UG sind undicht. Ebenso die Schiebefenster im Glaszimmer im Dachgeschoss. Durch die Anordnung der Undichtigkeiten zuunterst und zuoberst im Gebäude kann durch den thermischen Auftrieb über lange Zeit gesehen eine deutliche Auskühlung des Gebäudes stattfinden.

Das Lüftungsgerät Stork-Air befindet sich im Technikraum. Die Luftverteilung erfolgt mit Kunststoffschläuchen in der Holzkonstruktion. Die Platzierung der

Bauliches

Energie / Wärme

Luftdichtigkeit

Lufttechnik

Zu- und Abluftöffnungen oberhalb der Fenster wird durch den Nutzer als komfortabel betrachtet. Wegen des Strassenverkehrslärms bleiben die Fenster weitgehend geschlossen. Auf Stufe 2 steht genügend Luft zur Verfügung. Die Summe der Luftmengen-Einzelmessungen liegt wegen einer Messungenauigkeit höher als die beim Gerät gemessene Gesamtluftmenge. Der Luftwechsel liegt im Normalbetrieb mit einer Luftwechselrate $n = 0.42$ eher zu hoch.

Die Schallpegel liegen im günstigen Bereich.

Die Bauherrschaft hat sich vor dem Bau an der Minergie-Messe informiert. Das Gebäude ist ein Fertighaus eines bekannten Herstellers und es wurde mit einem TU-Vertrag erstellt. Nach einem Projektleiterwechsel ist das Projekt besser gelaufen. Der Bauherr fühlte sich durch die Planer und Unternehmer nicht optimal beraten. Die Abnahmen H/L/E haben stattgefunden. Die erste Bohrung der Erdsonde wurde versehentlich auf dem Nachbargrundstück abgeteufelt, es musste eine Zusatzbohrung auf Kosten des Unternehmers durchgeführt werden.

- Fuge Treppe-Wand zu Untergeschoss abdichten
- Schiebefenster überprüfen und einstellen lassen

Projekterfahrungen

Verbesserungsmöglichkeiten

6.6. Haus 6



Das Gebäude ist Bestandteil einer Überbauung aus 3 Einfamilienhäusern und wurde in Holzelementbauweise erstellt. Der Keller ist nicht beheizt, der Wärmedämmperimeter verläuft über die Kellerdecke.

Die Wärme wird über einen Gaskessel bereitgestellt und solar unterstützt. Der Energieverbrauch liegt bei ca. 35.8 kWh/m²a für das Gas. Zusammen mit dem Stromverbrauch für die Pumpen und die Lüftungsanlage wird der Grenzwert eingehalten.

Die Wärmeabgabe erfolgt über Bodenheizung.

Ein Cheminéeofen mit Speichermantel kann das Gebäude zusätzlich erwärmen.

Die Solaranlage mit 16.5 m² Kollektorfläche speist einen Speicher mit 950 Liter Pufferspeichereinhalt mit integriertem Warmwasserspeicher mit 215 l Volumen.

Es wurden verschiedene Luftlecks an Lüftungsanlage, bei den Elektrodozen und Störschaltern, beim Giebelfenster und bei den Heizverteilern gefunden.

Die Aussenluft zum Erdregister wird an einem aussenstehenden Holzschopf gefasst und in den Technikraum geleitet. Die Lüftungsanlage mit einem Gerät Heat Hunter 500 ist sehr sauber gestaltet und ausgeführt. Alle Abgänge aus dem Hauptkanal sind mit Irisblenden regulierbar. Die Zuluftleitungen und die Drallauslässe sind in der Balkendecke verlegt.

Bauliches

Energie / Wärme

Luftdichtigkeit

Lufttechnik

Die Zuluftmessung konnte ohne Beeinträchtigungen durchgeführt werden. Die Abluftmessung kann nicht verwendet werden sowohl bei den Einzelmessungen, wie auch die Gesamtmessung (schlechte Messstrecke). Die Resultate der Zuluftmessung machen Sinn. Für Normalstufe eher hoher Luftwechsel $n = 0.39$.

Die Anlage ist schalltechnisch sehr gut gebaut. Im Keller sind grosse Kanalschalldämpfer eingebaut und die Verteilung ist strömungstechnisch optimiert. Deswegen wurden auch nur einzelne Auslässe gemessen.

Planung und Ausführung der Lüftungsanlage sind sehr gut. Bei der Instruktion wurde aber offensichtlich ein Filter vergessen. Bei der Messung der Abluftöffnungen wurde festgestellt, dass keine oder eine nur sehr geringe Abluftmenge abgezogen wird. Bei einer Überprüfung zusammen mit dem Lüftungsingenieur wurde der Abluftfilter ausgebaut, welcher so stark verschmutzt war, dass der Luftdurchsatz gegen 0 lief. Es ist deshalb anzunehmen, dass das Gebäude die letzten paar Monate im Überdruck und ohne WRG betrieben wurde.

Luftlecks insbesondere bei den Durchführungen in das UG abdichten.

Projekterfahrungen

Verbesserungsmöglichkeiten



Luftverteilung und Dichtigkeit in Minergiebauten

Anhänge zum Bericht

- Anhang 1 – Benutzerumfrage
- Anhang 2 – Luftdichtigkeitsmessungen
- Anhang 3 - Haustechnik

 **Baudirektion
Kanton Zürich**

AWEL Amt für
Abfall, Wasser, Energie und Luft

Dezember 2004

Anhang 1 - Umfrage zur Nutzerzufriedenheit in Minergie-Bauten

Das Forum Energie Zürich führt im Auftrag der Energiefachstelle des Kantons Zürich eine Erfolgskontrolle an Minergie-Bauten durch und möchte Ihre persönlichen Erfahrungen in neue Projekte einfließen lassen. Sie werden gebeten, die folgenden Fragen gesamthaft durchzulesen und nachher zu beantworten. Die Spalte Anmerkungen dient dazu, auffällige Punkte näher auszuführen.

Nr	Frage				Anmerkungen
Planung					
1.	Wie sind Sie auf MINERGIE aufmerksam geworden Bitte alle zutreffenden Antworten ankreuzen	<input type="checkbox"/> Publikationen / Fachartikel	<input type="checkbox"/> Architekt		Die Bauherren sind hauptsächlich durch Publikationen und Fachartikel auf Minergie aufmerksam geworden, In 2 Fällen wurde auch www.minergie.ch konsultiert. In je einem Fall wurde ein Bauherrnseminar besucht, ein Referenzobjekt besichtigt oder 2 mal eine Fachmesse besucht.
		<input type="checkbox"/> Internetseite www.minergie.ch	<input type="checkbox"/> Freunde / Bekannte		
		<input type="checkbox"/> Bauherrnseminare	<input type="checkbox"/> Fachmessen		
		<input type="checkbox"/> Referenzobjekte	<input type="checkbox"/> durch Bücher Holzhäuser		
2.	Wer gab den Anstoss zum Bau eines MINERGIE-Objektes	<input type="checkbox"/> Nutzer	<input type="checkbox"/> Bauherr		In allen Fällen kam der Anstoss für Minergie von der Bauherrschaft selber. In einem Fall hat der GU Minergie ausgeschrieben und ist der Bauherrschaft auch finanziell entgegengekommen.
		<input type="checkbox"/> Architekt	<input type="checkbox"/> Unternehmer		
		<input type="checkbox"/> Haustechnik-Planer	<input type="checkbox"/> andere		
3.	Wurden Sie bei der Umsetzung von MINERGIE durch Fachpersonen unterstützt	<input type="checkbox"/> durch den Architekten	<input type="checkbox"/> nein		Die fachliche Unterstützung aus dem Planungsteam war recht dürftig. In 3 Fällen waren es die ersten Minergie-Bauten der Architekten und in einem Fall wurde ein Energieplaner beigezogen.
		<input type="checkbox"/> durch den Unternehmer			
		<input type="checkbox"/> durch: Energieplaner			
4.	Die Zusammenarbeit mit folgenden Partnern war				Die Architekten wurden in 4 Fällen als gut, in 2 Fällen als durchschnittlich bezeichnet. Die Haustechnikplaner waren in einem Fall gut, in einem zweiten durchschnittlich, in den anderen 4 Fällen gab es keinen Kontakt. Schlechter weg kam die Bauleitung, welche in 3 Fällen gut, in 2 Fällen durchschnittlich und in einem weiteren als schlecht bezeichnet wurde. Störend war eine ungenügende Begleitung während der Bauphase. Die Haustechnikunternehmer traten selten gegenüber der Bauherrschaft in Erscheinung, Nur einmal wurde der Lüftungsunternehmer als gut bezeichnet.
	1. Architekt	<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> durchschnittlich	<input type="checkbox"/> schlecht	
	2. Haustechnik-Planer	<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> durchschnittlich	<input type="checkbox"/> schlecht	
	3. Bauleiter	<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> durchschnittlich	<input type="checkbox"/> schlecht	
	4. Kant. MINERGIE- Zertifizierungsstelle	<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> durchschnittlich	<input type="checkbox"/> schlecht	
	5. Systemhersteller Lüftung etc.	<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> durchschnittlich	<input type="checkbox"/> schlecht	

Nr	Frage				Anmerkungen
5.	Unser Anteil an der Planung war	<input type="checkbox"/> > 50%	<input type="checkbox"/> 10 – 50%	<input type="checkbox"/> 0 – 10%	Der Mehraufwand für Minergie seitens Bauherrschaft (Eigenengagement) wurde als gering bezeichnet. Ein besonders engagierter Bauherr hat seinen Aufwand auf 100 bis 200 Stunden geschätzt.
6.	Der zusätzliche Aufwand als Bauherr für MINERGIE war	<input type="checkbox"/> hoch	<input type="checkbox"/> realistisch	<input type="checkbox"/> niedrig	In 5) beantwortet
7.	Wir besichtigten vorgängig Referenzhäuser	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		Die meisten Bauherren (5) haben vorgängig Minergie-Bauten angeschaut. Der persönliche Eindruck scheint wichtig für die Entscheidungsfindung. Nur 2 Bauherren wurden schon selber von Bauinteressierten besucht.
8.	Wir hatten in diesem Objekt schon Besuch von MINERGIE-Interessenten	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> Anfragen	In 7) beantwortet
9.	Die Reaktionen aus der Umgebung betreffend MINERGIE waren	<input type="checkbox"/> positiv	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> negativ	Die persönliche Umgebung der Bauherrschaften hat mehrheitlich positiv oder neutral auf Minergie reagiert.
10.	Bei der Wahl der Wärme- und Warmwassererzeugung konnten wir mitbestimmen	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> teilweise	<input type="checkbox"/> nein	Bei der Wahl der Wärme- und Warmwassererzeugung konnte teilweise mitbestimmt werden, In 2 Fällen waren die Systeme schon vorgegeben.
11.	Wir wurden vorgängig auf allfällig störende Geräusche der mechanischen Lüftung aufmerksam gemacht	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		Nur in einem Fall war der Bauherrschaft nicht bekannt, dass die Lüftungsanlage Geräusche verursachen kann.
12.	Wie hoch waren die Mehrkosten gegenüber einer konventionellen Bauweise	<input type="checkbox"/> > 10%	<input type="checkbox"/> 0 – 10%	<input type="checkbox"/> weiss nicht	Die konkreten Mehrkosten von Minergie sind den Bauherren meist nicht bekannt. In 3 Fällen wurde der Mehraufwand auf max. 10 % geschätzt, in einem Fall wegen spezieller Wünsche der Bauherrschaft (grosse Kollektoranlage) darüber.
13.	Wir empfinden die Kosten für Planung MINERGIE und Zertifizierung als	<input type="checkbox"/> hoch	<input type="checkbox"/> realistisch	<input type="checkbox"/> niedrig	Die Labelkosten wurden von 4 Bauträgern als zu hoch oder nutzlos eingestuft, in einem Fall als realistisch. In einem Fall bestand kein Bewusstsein zu dieser Frage.

Nr	Frage				Anmerkungen
14.	Für die Hypothek erhielten wir Spezialkonditionen bei der Bank	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		3 Bauträgerschaften haben von günstigeren Konditionen bei der Hypothekenbeschaffung profitiert. Bei anderen waren die Konditionen bei ihrer Hausbank auch ohne Minergiesubventionierung günstiger.
15.	Wir informieren uns weiterhin über MINERGIE (Aktuelles, Neuerungen, neue Bauten)	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> selten	<input type="checkbox"/> nein	Die Hälfte der Bauherren informiert sich noch hin und wieder über Minergie.

Betrieb

16.	Wir belegen das Objekt im Durchschnitt mit	<input type="checkbox"/> 2 Pers	<input type="checkbox"/> 3 - 4 Pers	<input type="checkbox"/> 5 + Pers	Die durchwegs grossen Häuser sind im Durchschnitt mit 3 Personen belegt. In 4 Fällen waren die Besitzer kinderlose Paare.
17.	Wir sind im Durchschnitt pro Tag zuhause	<input type="checkbox"/> > 22h: ... Pers	<input type="checkbox"/> > 16h: ... Pers	<input type="checkbox"/> > 10h: ... Pers	Längere Präsenzzeiten sind nur bei den 2-von Familien bewohnten vorhanden.
18.	Wir haben Haustiere (Bitte mit Anzahl)	<input type="checkbox"/> Kleintiere (Hamster, Meerschweinchen...)	<input type="checkbox"/> 0 Hunde		Haustiere leben wenige in den Häusern (1 Katze, 3 Meerschweinchen)
19.	Wir wurden gut über den Umgang mit der mechanischen Lüftung informiert	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> mässig	<input type="checkbox"/> nein	Die Instruktionen zur Lüftungsanlage waren in den 2 Fällen unbefriedigend und in 2 Fällen mässig befriedigend. Nur in 2 Fällen fand eine solche statt.
20.	Wurde an diesem Objekt schon einmal eine Luftdichtigkeitsmessung (Blower Door) durchgeführt	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> weiss nicht	<input type="checkbox"/> nein	Ein Blower-Door Test hat nur in einem Objekt stattgefunden.
21.	Vermuten Sie Stellen am Objekt, die nicht luftdicht sind	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		In 3 Fällen hat die Bauherrschaft selber Leckstellen in der Gebäudehülle geortet.
22.	Interessiert es Sie, ob das Warmwasser, das Sie brauchen von der Sonne erwärmt wurde oder anderweitig	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> keine Kollektoren	Für 3 Bauträgerschaften war die Nutzung von Solarenergie von besonderer Bedeutung.
23.	Wir haben in diesem Objekt schon ‚angelaufene‘ Fenster erlebt	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		Angelaufene Fenster wurden nur in einem Fall erlebt. Das Problem ist aber nach Bauaustrocknung nicht mehr aufgetreten.
24.	Wir finden die Lüftung im Sommer angenehm, weil die heisse Luft draussen bleibt	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		3 Bauherren fühlen sich auch im Sommer in ihrem Haus wohl. In 2 Fällen sind sie etwas enttäuscht von Minergie, weil ihnen ein kühleres Haus versprochen wurde.

Nr	Frage				Anmerkungen
25.	Im Winter empfinden wir die Temperatur der Raumluft im Aufenthaltsbereich Schlafen Bad, WC	<input type="checkbox"/> zu warm <input type="checkbox"/> zu warm <input type="checkbox"/> zu warm	<input type="checkbox"/> gerade angenehm <input type="checkbox"/> gerade angenehm <input type="checkbox"/> gerade angenehm	<input type="checkbox"/> zu kühl <input type="checkbox"/> zu kühl <input type="checkbox"/> zu kühl	Die Raumtemperaturen werden durchwegs als sehr angenehm empfunden. In einem Fall dauerte die Einregulierung der Heizung sehr lange.
26.	Wir schätzen die Raumlufttemperatur (empfohlen, nicht gemessen) in Grad Celsius	<input type="checkbox"/> höher als 20	<input type="checkbox"/> gerade 20	<input type="checkbox"/> tiefer als 20	4 Bauherren heizen über 21 °C. 2 Häuser werden konsequent auf 20 °C betrieben.
27.	Wir heizen bei sehr tiefen Aussentemperaturen mit einem Elektroöfen nach	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> teilweise	<input type="checkbox"/> nein	Der Einsatz zusätzlicher Heizgeräte war nicht notwendig.
28.	Wir schätzen die monatlichen Heizkosteneinsparungen auf Fr.	<input type="checkbox"/> > 50.-	<input type="checkbox"/> 20 – 50.-	<input type="checkbox"/> 0 – 20.-	Über die Heizkosteneinsparung konnte keine Bauträgerschaft eine Aussage machen.
29.	Im Winter empfinden wir die Luft im Objekt	<input type="checkbox"/> zu trocken	<input type="checkbox"/> gerade angenehm	<input type="checkbox"/> zu feucht	2 Bauherren fanden die Raumluft als zu trocken, in 4 Fällen angenehm.
30.	Wir können die Raumtemperatur nach unseren Bedürfnissen beeinflussen	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> teilweise	<input type="checkbox"/> nein	Die Beeinflussbarkeit der Raumtemperatur wurde in 3 Fällen als günstig beurteilt. In einem Fall teilweise. In 2 Fällen wurde die Regulierbarkeit als ungenügend taxiert (keine raumweise Steuerung).
31.	Wir fühlen uns bei tiefen Aussentemperaturen in der Nähe der Fenster behaglich	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		Die Behaglichkeit am Fenster wurde nur in einem Fall bemängelt.
32.	Wir merken im Objekt etwas von der besseren Wärmedämmung	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> teilweise	<input type="checkbox"/> nein	Die dicke Wärmedämmung wird als komfortabel betrachtet. In einem Fall wurde in einem Holzhaus die lange Aufwärmzeit im Frühling bemängelt.
33.	Wir haben das Gefühl, dass die bessere Wärmedämmung Innenraumplatz wegnimmt	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nicht aufgefallen	<input type="checkbox"/> nein	Der zusätzliche Platzbedarf für die Dämmung gemäss Minergie wurde nur in einem Fall beanstandet.
34.	Wir lüften einzelne Zimmer über die Fenster	<input type="checkbox"/> selten bis nie	<input type="checkbox"/> in der Nacht	<input type="checkbox"/> meistens	Eine Fensterlüftung findet in 5 Fällen selten bis nie statt. Nur in einem Fall besteht das Bedürfnis, im Schlafzimmer nachts die Fenster zu öffnen.
35.	Wir nehmen störende Geräusche der Lüftungsanlage wahr	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		In 5 Fällen wurden die Geräusche aus der Lüftungsanlage als relevant betrachtet, insbesondere auf den höheren Betriebsstufen.

Nr	Frage				Anmerkungen
36.	Wir hören über die Lüftungsanlage Geräusche aus den Nachbarzimmern	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		Die Schallübertragung über die Lüftungsanlage von Zimmer zu Zimmer wird nur in einem Fall als störend empfunden.
37.	Wir hören bei geschlossenen Fenstern Verkehrslärm	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		Trotz Lüftungsanlage wird in 3 Häusern Verkehrslärm wahrgenommen, aber nicht in störendem Umfang.
38.	Wir hören bei geschlossenen Fenstern Fluglärm	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		Trotz Lüftungsanlage wird in 3 Häusern Fluglärm wahrgenommen, aber nicht in störendem Umfang.
39.	Wir empfinden die Raumakustik (Halligkeit, Sprachverständlichkeit) als	<input type="checkbox"/> zu laut/hallig	<input type="checkbox"/> gerade angenehm	<input type="checkbox"/> zu dumpf	Die Raumakustik in den Häusern wird als angenehm empfunden.
40.	Wir beurteilen die Raumluftqualität (stickige, abgestandene Luft) gegenüber früher, falls ohne mechanische Lüftung, als				Die Luftqualität in den Minergie-Häusern gegenüber den früheren Wohnobjekten wird überwiegend gelobt.
	Aufenthaltsbereich	<input type="checkbox"/> besser	<input type="checkbox"/> etwa gleich	<input type="checkbox"/> schlechter	
	Schlafen	<input type="checkbox"/> besser	<input type="checkbox"/> etwa gleich	<input type="checkbox"/> schlechter	
	Bad, WC	<input type="checkbox"/> besser	<input type="checkbox"/> etwa gleich	<input type="checkbox"/> schlechter	
41.	Wir finden, dass die Luftqualität während des Tages abnimmt	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		Die Luftqualität bleibt über den Tag gut ausser in einem Fall.
42.	Wir empfinden die Behaglichkeit unseres Objektes im Vergleich mit dem früheren	<input type="checkbox"/> besser	<input type="checkbox"/> etwa gleich	<input type="checkbox"/> schlechter	In den Häusern werden keine störenden Gerüche wahrgenommen. Die Behaglichkeit wird meist besser taxiert als in den vorher bewohnten Objekten. In einem Fall etwa gleich.
43.	Den Anteil an Frischluft erachten wir als	<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> genügend	<input type="checkbox"/> ungenügend	Die Behaglichkeit in den Minergie-Häusern wird gegenüber den früheren Wohnobjekten als besser empfunden.
44.	Wir leiden weniger unter Erkältungskrankheiten als im alten Objekt ohne mechanische Lüftung	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> gleich	<input type="checkbox"/> nein	Der Frischluftanteil stimmt für alle Bewohner. Die Situation ist für die Bewohner weder besser noch schlechter als in den Wohnobjekten von vorher. In einem Fall besser.
45.	Falls Sie an Allergien leiden: Im Vergleich mit früheren Objekten ohne mechanische Lüftung ist eine Besserung eingetreten	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> gleich	<input type="checkbox"/> nein	Positive Wirkungen auf die Gesundheit werden in einem Fall festgestellt (Pollenallergiker). In den anderen Fällen sind keine Allergiker vorhanden, die Möglichkeiten des Filters werden aber geschätzt.

Nr	Frage				Anmerkungen
46.	Wir haben Beschwerden, die mit Zugluft zusammenhängen, seit wir im mechanisch gelüfteten Objekt wohnen	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> gleich	<input type="checkbox"/> nein	In 5 Fällen nein, in einem Fall keine Veränderung gegenüber früher. Beschwerden infolge Zugluft (Lüftungsanlage) traten nicht auf.
47.	Wir denken, dass mit diesem Lüftungskonzept die Gefahr aus einem Fenster zu stürzen für Kinder reduziert ist	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> gleich	<input type="checkbox"/> nein	Frage war nicht relevant.
48.	Wir empfinden die Einbruchsicherheit mit einer mechanischen Lüftung als	<input type="checkbox"/> höher	<input type="checkbox"/> gleich	<input type="checkbox"/> niedriger	Die Einbruchsicherheit durch geschlossene Fenster wird in 3 Fällen positiv beurteilt.
49.	Wir finden, dass mit mechanischer Lüftung weniger Staub anfällt	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> gleich	<input type="checkbox"/> nein	Ob dank Lüftungsanlage weniger Staub in der Wohnung liegt, da waren sich die Nutzer nicht einig. 2 antworteten mit ja und 2 Nutzer eher nein. 2 sehen keine Veränderung.
50.	Die BewohnerInnen können die Fenster problemlos öffnen und schliessen	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		Die Fenster können in allen Fällen gemäss Nutzerwunsch geöffnet werden.
51.	Wir finden, dass die Lüftungsöffnungen die freie Möblierung und die Ablage von Gegenständen einschränken	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		Durch die Anordnung der Lüftungsöffnungen fühlen sich 3 der Nutzer bei der Möblierung eingeschränkt.
52.	Wir wissen wie die Filter der Lüftungsanlage zu wechseln sind und welche Wartungsarbeiten wann anstehen	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> teilweise	<input type="checkbox"/> nein	In 4 Fällen wissen die Nutzer über den Filterwechsel und andere Wartungsarbeiten Bescheid, in einem nur teilweise. In einem Fall war die Instruktion unbefriedigend.
53.	Wir halten den Sonnenschutz bei entsprechender Sonneneinstrahlung geschlossen	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> teilweise	<input type="checkbox"/> nein	Der Sonnenschutz wird im Sommer in 4 Fällen korrekt genutzt. In 1 Fall übernimmt die Automatik und in einem Fall existiert am Wohnzimmerfenster kein Sonnenschutz.
54.	Die Durchsicht des aktiven Sonnenschutzes empfinden wir als	<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> genügend	<input type="checkbox"/> schlecht	In 53) oder dann kein Kommentar nötig.) beantwortet.
55.	Wir können den Sonnenschutz folgendermassen öffnen und schliessen	<input type="checkbox"/> automatisch	<input type="checkbox"/> manuell	<input type="checkbox"/> fix installiert	In 53 beantwortet.
56.	Falls vorhanden: Wir sind mit der automatischen Steuerung des Sonnenschutzes zufrieden	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		In 53) beantwortet.
57.	Wir finden, dass bei geschlossenem Sonnenschutz	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> teilweise	<input type="checkbox"/> nein	Nur in einem Fall wird im Sommer teilweise die Beleuchtung

Nr	Frage	Anmerkungen
	die künstliche Beleuchtung in den Räumen eingeschaltet sein sollte	eingeschaltet, weil es sonst mit dem Sonnenschutz zu dunkel ist.
58.	Sind die Beleuchtungskörper mehrheitlich mit Sparlampen oder Fluoreszenzröhren bestückt	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> teilweise <input type="checkbox"/> nein Die Auswahl der Beleuchtung erfolgte nicht bewusst in Richtung Energieoptimierung. Beliebte bei den Nutzern sind Niedervolt-Halogenleuchten. Stromsparleuchten kommen nur in 3 Fällen und auch da nur teilweise zum Einsatz.
59.	Unsere Haushaltgeräte haben Energieetikette Klasse	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C Auf die Energieetiketten bei Grosshaushaltsgeräten wird in den meisten Fällen geachtet. Meist ist Label A im Einsatz.
60.	Wir achten beim Kochen/Backen auf eine optimale Energieausnutzung der Geräte	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> teilweise <input type="checkbox"/> nein Beim Kochen wird wenig oder nur teilweise auf energiesparendes Verhalten geachtet.
61.	Wir würden aus folgenden Gründen wieder ein Objekt mit MINERGIE wählen Bitte alle zutreffenden Antworten ankreuzen	<input type="checkbox"/> wegen dem Komfort <input type="checkbox"/> wegen der mechanischen Lüftung <input type="checkbox"/> wegen dem Lärmschutz <input type="checkbox"/> wegen dem Energiesparen <input type="checkbox"/> wegen dem Umweltschutz <input type="checkbox"/> wegen der Werterhaltung <input type="checkbox"/> wenn andere Gründe welche: CO2 Warum würden die Bauherren wieder nach Minergiestandard bauen? 3 wegen des Komforts 3 wegen der mechanischen Lüftung 2 wegen des Lärmschutzes 4 wegen des Energiesparens 4 wegen des Umweltschutzes 4 wegen der Werterhaltung 1 wegen der niedrigeren CO ₂ Emissionen
62.	Wir werden MINERGIE weiterempfehlen	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> bedingt <input type="checkbox"/> nein Alle Bauherren würden Minergie weiter empfehlen

Ergänzungen aus den Interviews

- Eine Bauträgerschaft würde das nächste Gebäude nach Minergie Plus bauen wollen
- Es wird als störend empfunden, dass im Kanton Zürich keine finanzielle Unterstützung geboten wird (2 Stimmen)
- Um Kollektorfläche muss immer noch gekämpft werden (Bewilligungsbehörden) (1 Stimme)
- Der Vorteil von Minergie ist aus finanzieller Sicht zu wenig einsichtig (3 Stimmen)
- Ein Beraterlink auf der Minergiewebsite wäre wünschenswert (2 Stimmen)
- Bei der Wahl von Küchenventilatoren und Schiebefenstern wären klarere Planungshinweise seitens Minergie hilfreich (1 Stimme)
- Durch die Zertifizierungsstelle sollte ein optionaler Abnahmetest angeboten werden, für den die Bauherren auch gerne etwas zahlen. Der Nutzen würde hier besser erkannt als für die Plakette. (1 Stimme)
- Es sollten mehr Nachkontrollen (auch in der Bauphase) durchgeführt werden. (1 Stimme)
- Minergie bietet zu viel Werbung – zu wenig Inhalt (1 Stimme)

Anhang 2 – Luftdichtigkeitsmessungen

Blower-Door Messprotokoll

Berechnungsgrundlage ISO 9972

Minneapolis Blower Door Modell 3

Objekt : 23.172-1
Adresse : Objekt 1

Auftraggeber : FEZ / AWEL
Tel : _____
Ansprechpartner : _____
Tel : _____

Messdaten :

Messung ausgeführt von : Christoph Gassmann am 28.11.03

Belüftetes Volumen	<u>452</u> m ³
Beheizte Fläche	_____ m ²
Gebäudehüllfläche	_____ m ²
Innentemperatur	<u>22.0</u> °C
Außentemperatur	<u>2.0</u> °C

Bemerkungen : _____

Unterdruck

Überdruck

Reduzier- blende	Gebäude- druck	Gebläse- druck	Volumen- strom	Abwei- chung
O ABCDE	[Pa]	[Pa]	[m ³ /h]	[%]
Gebläse geschlossen	0.0	_____	_____	_____
b	57.0	43.0	666	-0.23
b	38.0	25.0	507	-3.51
b	30.0	21.0	464	1.61
b	47.0	36.0	609	2.24
b				
b				
b				
b				
Gebläse geschlossen	0.0	_____	_____	_____

Reduzier- blende	Gebäude- druck	Gebläse- druck	Volumen- strom	Abwei- chung
O ABCDE	[Pa]	[Pa]	[m ³ /h]	[%]
Gebläse geschlossen	0.0	_____	_____	_____
b	51.0	37.0	617	1.14
b	59.0	40.0	642	-3.61
b	39.0	30.0	555	6.89
b	29.0	17.0	418	-4.03
b				
b				
b				
b				
Gebläse geschlossen	0.0	_____	_____	_____

Korrelationskoeff. (mind. 0,998)	r =	0.98748
Gebäudekoeffizient [m ³ /hPa], norm.	C ₀ =	59.1
Gebäudeexponent	n =	0.589

Korrelationskoeff. (mind. 0,998)	r =	0.96570
Gebäudekoeffizient [m ³ /h*Pa], norm	C ₀ =	60.0
Gebäudeexponent	n =	0.599

Ergebnis, Kenngrößen :

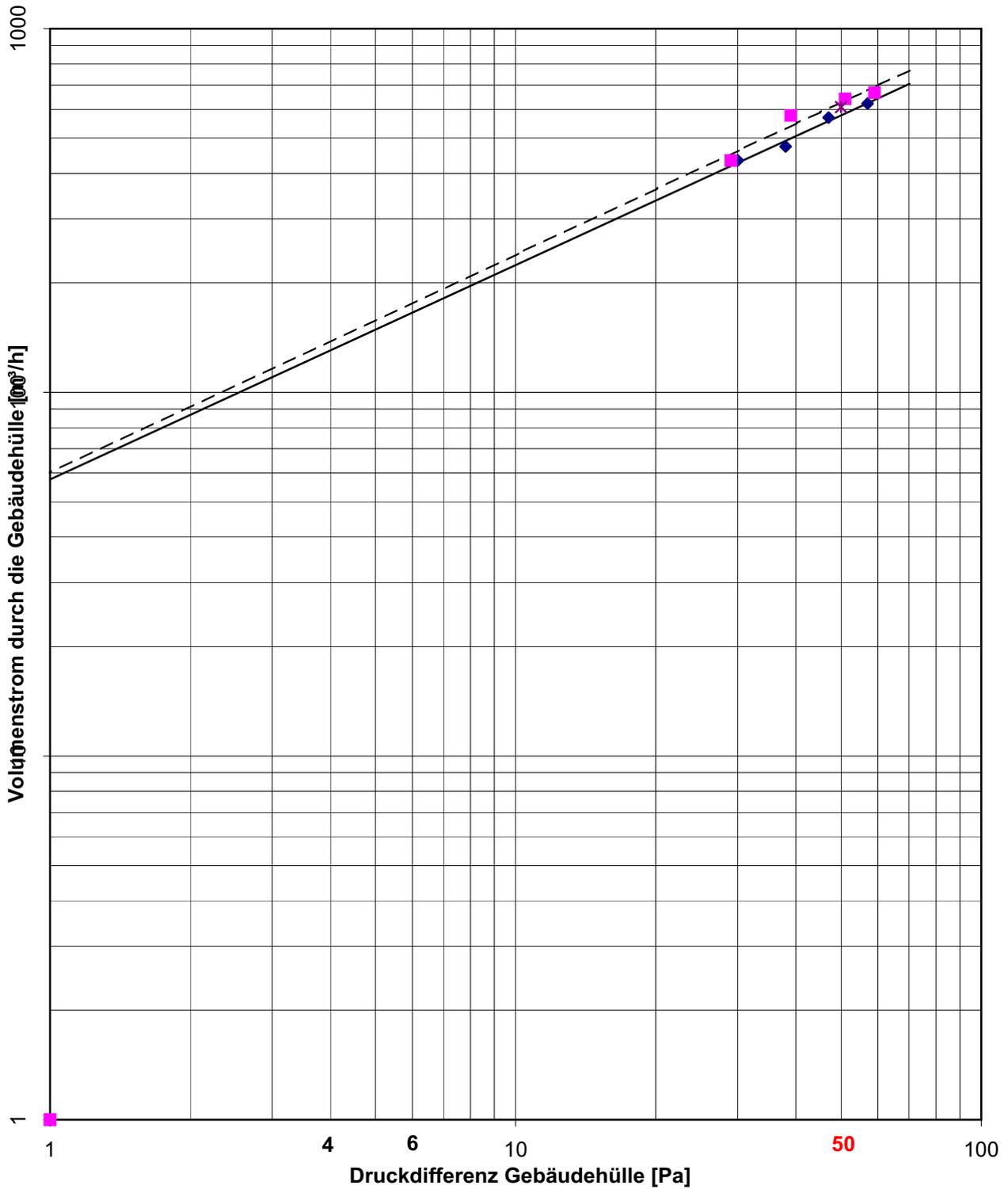
	n ₅₀ h ⁻¹	Regression Abweichg.	V ₅₀	NBV ₅₀	q ₅₀	ELA _{4Pa}
		%	m ³ /h	m ³ /m ² h	m ³ /m ² h	cm ²
Unterdruck	1.3	+/- 5.19	593			144
Überdruck	1.4	+/- 9.24	625			148
Mittelwert aus Unter- & Überdruck	1.3		609			146
Grenzwert						

Das Gebäude entspricht nicht den Anforderungen der Vorschrift _____

Auftragnehmer :
Wichser Akustik & Bauphysik AG
Schaffhauserstr. 550
8052 Zürich

Bearbeiter/in : Christoph Gassmann
Tel : 043 299 66 33

Objekt: 23.172-1



- ◆ Volumenstrom Unterdruck [m³/h]
- ◆ Volumenstrom Überdruck [m³/h]
- Regressionsgerade Unterdruck [m³/h]
- - - Regressionsgerade Überdruck [m³/h]
- * Volumenstrom (gemittelt) bei 50 Pa [m³/h]

Blower-Door Messprotokoll

Berechnungsgrundlage ISO 9972

Minneapolis Blower Door Modell 3

Objekt : 23.172-2
Adresse : Objekt 2

Auftraggeber : FEZ / AWEL
 _____ **Tel :** _____
Ansprechpartner : _____
 _____ **Tel :** _____

Messdaten :

Messung ausgeführt von : Christoph Gassmann am 28.11.03

Belüftetes Volumen 424 m³
Beheizte Fläche _____ m²
Gebäudehüllfläche _____ m²
Innentemperatur 21.0 °C
Außentemperatur 4.0 °C

Bemerkungen : _____

Unterdruck

Überdruck

Reduzier- blende	Gebäude- druck	Gebläse- druck	Volumen- strom	Abwei- chung
O ABCDE	[Pa]	[Pa]	[m ³ /h]	[%]
Gebläse geschlossen	0.0	—	—	—
b	24.5	20.0	453	3.46
b	29.5	22.0	475	-3.61
b	44.5	39.0	634	-1.17
b	53.5	52.0	732	1.52
b	60.0	60.0	787	1.38
b	50.0	45.0	681	-1.42
b				
b				
Gebläse geschlossen	0.0	—	—	—

Reduzier- blende	Gebäude- druck	Gebläse- druck	Volumen- strom	Abwei- chung
O ABCDE	[Pa]	[Pa]	[m ³ /h]	[%]
Gebläse geschlossen	0.0	—	—	—
b	56.6	47.5	700	-0.90
b	52.0	45.0	681	1.11
b	48.0	40.0	642	-0.31
b	43.0	35.0	600	-0.82
b	37.0	31.0	565	1.55
b	26.0	20.0	453	-0.60
b				
b				
Gebläse geschlossen	0.0	—	—	—

Korrelationskoeff. (mind. 0,998) $r = 0.99375$
 Gebäudekoeffizient [m³/hPa], norm. $C_0 = 54.7$
 Gebäudeexponent $n = 0.639$

Korrelationskoeff. (mind. 0,998) $r = 0.99780$
 Gebäudekoeffizient [m³/h*Pa], norm $C_0 = 75.0$
 Gebäudeexponent $n = 0.563$

Ergebnis, Kenngrößen :

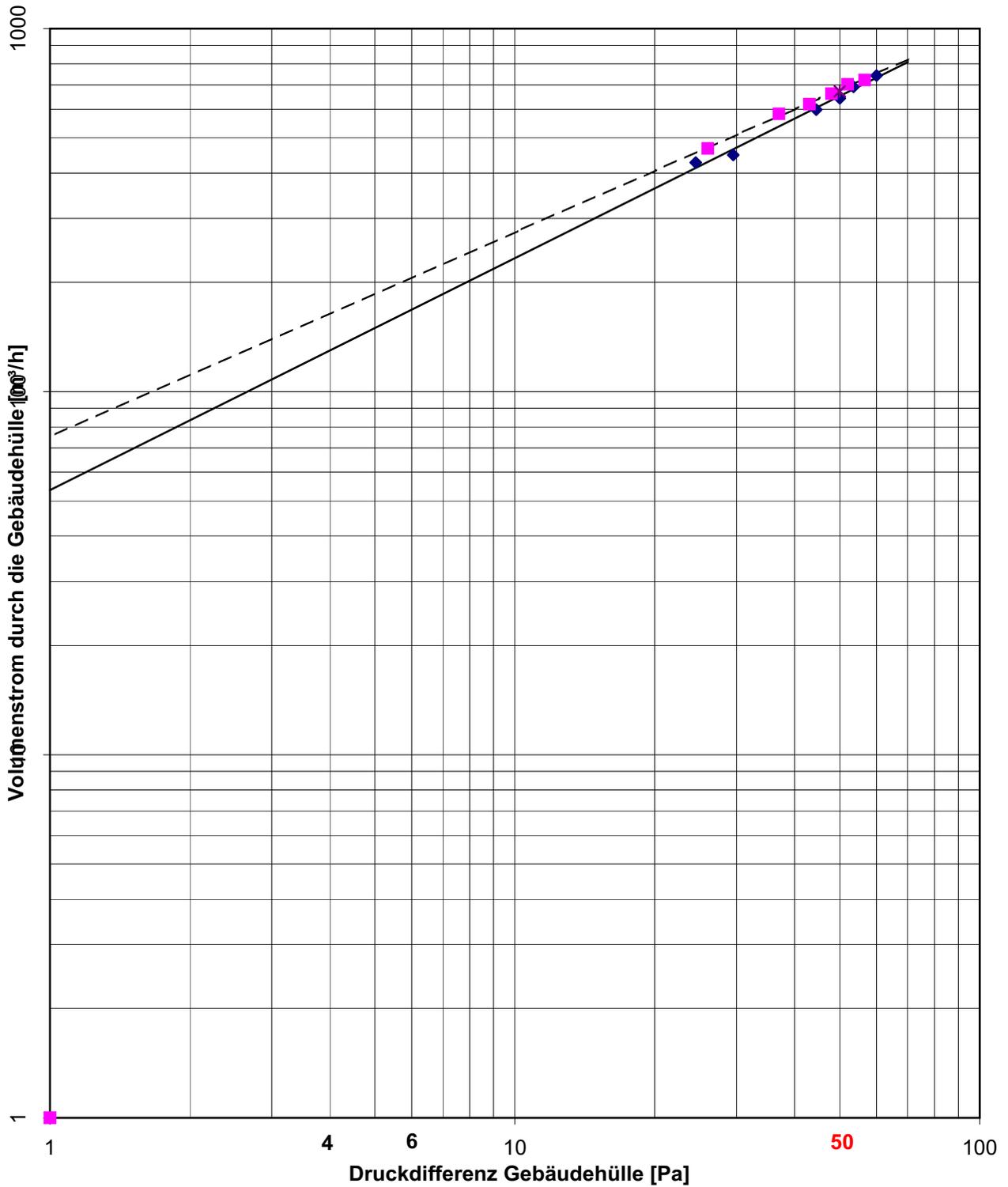
	n₅₀ h ⁻¹	Regression	V ₅₀	NBV ₅₀	q ₅₀	ELA _{4Pa}
		Abweichg. %	m ³ /h	m ³ /m ² h	m ³ /m ² h	cm ²
Unterdruck	1.6	+/- 3.12	665			143
Überdruck	1.6	+/- 1.32	679			176
Mittelwert aus Unter- & Überdruck	1.6		672			159
Grenzwert						

Das Gebäude entspricht nicht den Anforderungen der Vorschrift _____

Auftragnehmer :
 Wichser Akustik & Bauphysik AG
 Schaffhauserstr. 550
 8052 Zürich

Bearbeiter/in : Christoph Gassmann
Tel : 043 299 66 33

Objekt: 23.172-2



- ◆ Volumenstrom Unterdruck [m³/h]
- ◆ Volumenstrom Überdruck [m³/h]
- Regressionsgerade Unterdruck [m³/h]
- - - Regressionsgerade Überdruck [m³/h]
- ✱ Volumenstrom (gemittelt) bei 50 Pa [m³/h]

Blower-Door Messprotokoll

Berechnungsgrundlage ISO 9972

Minneapolis Blower Door Modell 3

Objekt : <u>23.172-3</u>
Adresse : <u>Objekt 3</u>

Auftraggeber : <u>FEZ / AWEL</u>
Tel : _____
Ansprechpartner : _____
Tel : _____

Messdaten :

Messung ausgeführt von : Christoph Gassmann am 03.12.03

Belüftetes Volumen	<u>549</u> m ³
Beheizte Fläche	_____ m ²
Gebäudehüllfläche	_____ m ²
Innentemperatur	<u>21.0</u> °C
Außentemperatur	<u>4.0</u> °C

Bemerkungen : _____

Unterdruck

Überdruck

Reduzier- blende	Gebäude- druck	Gebläse- druck	Volumen- strom	Abwei- chung
O ABCDE	[Pa]	[Pa]	[m ³ /h]	[%]
Gebläse geschlossen	0.0	_____	_____	_____
b	61.0	50.0	718	1.32
b	58.0	45.0	681	-0.23
b	54.0	40.0	642	-0.83
b	48.5	34.0	591	-1.00
b	44.3	30.0	555	-0.56
b	39.0	26.0	517	1.74
b	32.5	19.0	442	-0.48
b	27.5	15.0	392	0.07
Gebläse geschlossen	0.0	_____	_____	_____

Reduzier- blende	Gebäude- druck	Gebläse- druck	Volumen- strom	Abwei- chung
O ABCDE	[Pa]	[Pa]	[m ³ /h]	[%]
Gebläse geschlossen	0.0	_____	_____	_____
b	25.0	15.0	392	0.31
b	32.0	20.5	459	0.82
b	59.5	44.5	677	1.60
b	56.5	41.5	654	1.27
b	51.5	35.0	600	-1.58
b	46.0	30.0	555	-2.36
b	_____	_____	_____	_____
b	_____	_____	_____	_____
Gebläse geschlossen	0.0	_____	_____	_____

Korrelationskoeff. (mind. 0,998)	r =	0.99887
Gebäudekoeffizient [m ³ /hPa], norm.	C ₀ =	31.9
Gebäudeexponent	n =	0.743

Korrelationskoeff. (mind. 0,998)	r =	0.99712
Gebäudekoeffizient [m ³ /h*Pa], norm	C ₀ =	55.6
Gebäudeexponent	n =	0.615

Ergebnis, Kenngrößen :

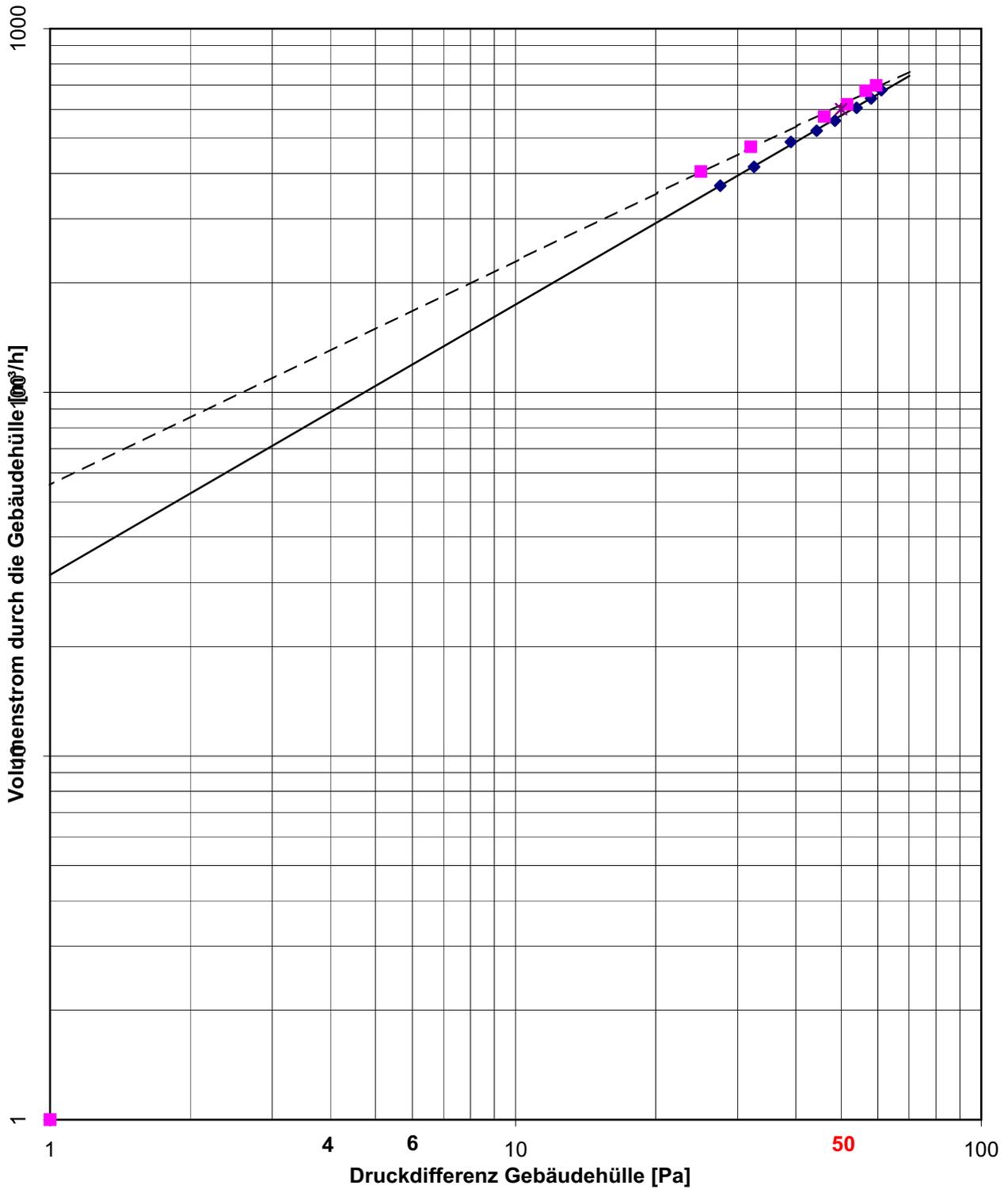
	n ₅₀ h ⁻¹	Regression Abweichg.		V ₅₀	NBV ₅₀	q ₅₀	ELA _{4Pa}
		%		m ³ /h	m ³ /m ² h	m ³ /m ² h	cm ²
Unterdruck	1.1	+/-	0.93	585			96
Überdruck	1.1	+/-	1.88	617			140
Mittelwert aus Unter- & Überdruck	1.1			601			118
Grenzwert							

Das Gebäude entspricht nicht den Anforderungen der Vorschrift _____

Auftragnehmer :
Wichser Akustik & Bauphysik AG
Schaffhauserstr. 550
8052 Zürich

Bearbeiter/in : Christoph Gassmann
Tel : _____

Objekt: 23.172-3



- ◆ Volumenstrom Unterdruck [m³/h]
- ◆ Volumenstrom Überdruck [m³/h]
- Regressionsgerade Unterdruck [m³/h]
- - - Regressionsgerade Überdruck [m³/h]
- * Volumenstrom (gemittelt) bei 50 Pa [m³/h]

Blower-Door Messprotokoll

Berechnungsgrundlage ISO 9972

Minneapolis Blower Door Modell 3

Objekt : 4
Adresse : _____

Auftraggeber : FEZ / AWEL
Tel : _____
Ansprechpartner : _____
Tel : _____

Messdaten :

Messung ausgeführt von : Christoph Gassmann am 10.12.03

Belüftetes Volumen	<u>637</u> m ³
Beheizte Fläche	_____ m ²
Gebäudehüllfläche	_____ m ²
Innentemperatur	<u>21.4</u> °C
Außentemperatur	<u>1.8</u> °C

Bemerkungen : _____

Unterdruck

Überdruck

Reduzier- blende	Gebäude- druck	Gebläse- druck	Volumen- strom	Abwei- chung
O ABCDE	[Pa]	[Pa]	[m ³ /h]	[%]
Gebläse geschlossen	4.0	_____	_____	_____
b	61.0	230.0	1545	0.20
b	57.5	200.0	1440	-1.68
b	49.0	150.0	1247	-2.12
b	41.0	120.0	1114	2.49
b	37.0	100.0	1017	2.55
b	32.5	75.0	880	-0.14
b	26.0	50.0	718	0.24
b	18.5	25.0	507	-1.43
Gebläse geschlossen	3.0	_____	_____	_____

Reduzier- blende	Gebäude- druck	Gebläse- druck	Volumen- strom	Abwei- chung
O ABCDE	[Pa]	[Pa]	[m ³ /h]	[%]
Gebläse geschlossen	-2.0	_____	_____	_____
b	55.0	275.0	1690	1.48
b	53.0	250.0	1611	-0.52
b	45.5	200.0	1440	-0.26
b	37.5	150.0	1247	-0.31
b	33.0	125.0	1138	-0.03
b	28.5	100.0	1017	-0.53
b	23.5	75.0	880	-1.08
b	17.0	50.0	718	1.29
Gebläse geschlossen	-3.0	_____	_____	_____

Korrelationskoeff. (mind. 0,998)	r =	0.99887
Gebäudekoeffizient [m ³ /hPa], norm.	C ₀ =	53.2
Gebäudeexponent	n =	0.817

Korrelationskoeff. (mind. 0,998)	r =	0.99955
Gebäudekoeffizient [m ³ /h*Pa], norm	C ₀ =	70.3
Gebäudeexponent	n =	0.790

Ergebnis, Kenngrößen :

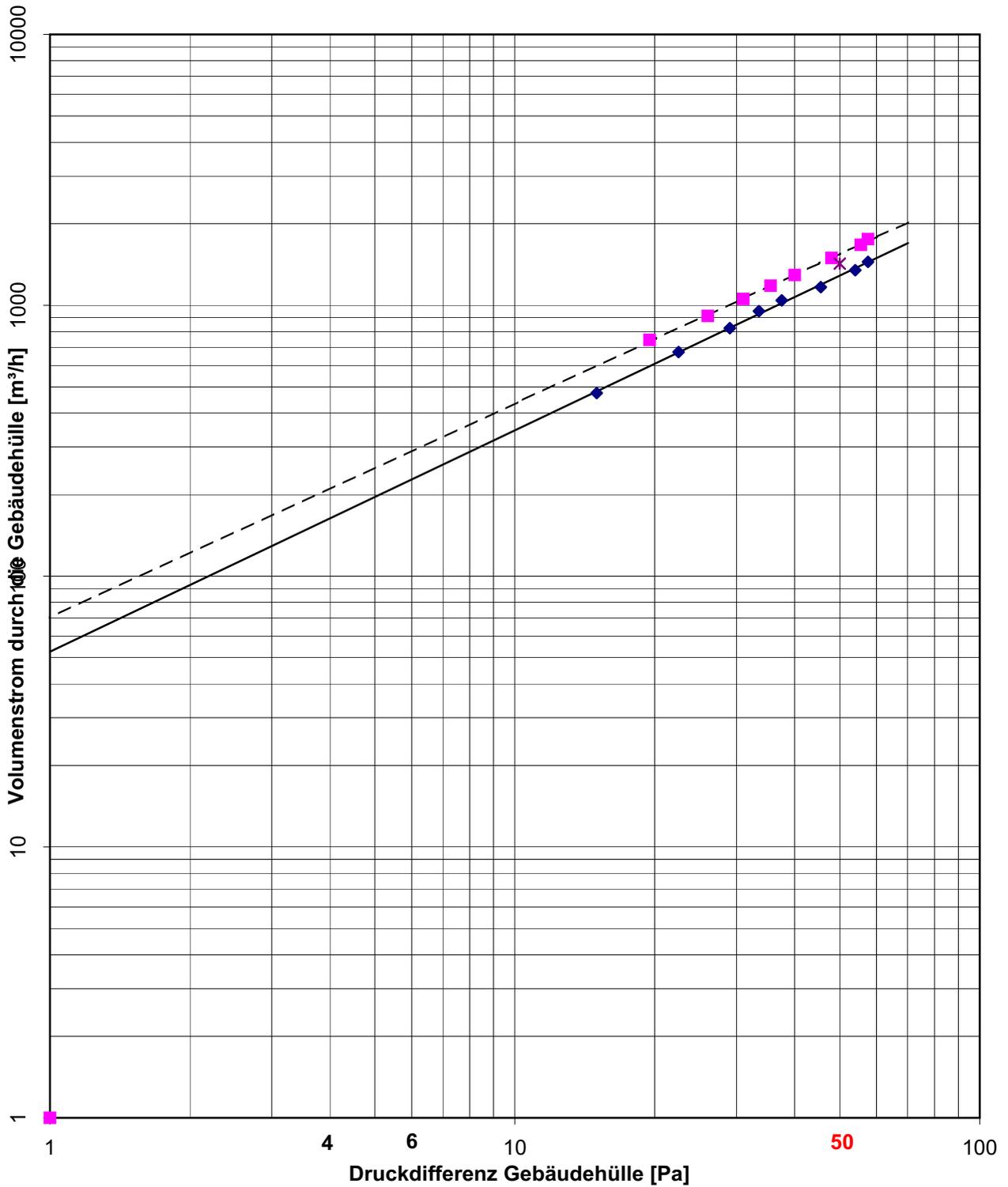
	n ₅₀ h ⁻¹	Regression Abweichg.		V ₅₀	NBV ₅₀	q ₅₀	ELA _{4Pa}
		%		m ³ /h	m ³ /m ² h	m ³ /m ² h	cm ²
Unterdruck	2.0	+/-	2.06	1302			178
Überdruck	2.4	+/-	1.01	1546			226
Mittelwert aus Unter- & Überdruck	2.2			1424			202
Grenzwert							

Das Gebäude entspricht nicht den Anforderungen der Vorschrift _____

Auftragnehmer :
 Wichser Akustik & Bauphysik AG
 Schaffhauserstr. 550
 8052 Zürich

Bearbeiter/in : _____
Tel : _____

Objekt: 4



- ◆ Volumenstrom Unterdruck [m³/h]
- ◆ Volumenstrom Überdruck [m³/h]
- Regressionsgerade Unterdruck [m³/h]
- - - Regressionsgerade Überdruck [m³/h]
- ✱ Volumenstrom (gemittelt) bei 50 Pa [m³/h]

Blower-Door Messprotokoll

Berechnungsgrundlage ISO 9972

Minneapolis Blower Door Modell 3

Objekt : 23.172-5
Adresse : Objekt 5

Auftraggeber : FEZ / AWEL
Tel : _____
Ansprechpartner : _____
Tel : _____

Messdaten :

Messung ausgeführt von : Christoph Gassmann am 10.12.03

Belüftetes Volumen	427 m ³
Beheizte Fläche	m ²
Gebäudehüllfläche	m ²
Innentemperatur	25.2 °C
Außentemperatur	3.0 °C

Bemerkungen : _____

Unterdruck

Überdruck

Reduzierblende	Gebäude- druck	Gebläse- druck	Volumen- strom	Abwei- chung
O ABCDE	[Pa]	[Pa]	[m ³ /h]	[%]
Gebläse geschlossen	1.0	—	—	—
b	60.0	140.0	1204	2.74
b	59.0	125.0	1138	-1.79
b	50.0	100.0	1017	-1.24
b	44.0	85.0	937	-0.26
b	36.5	67.0	832	1.29
b	30.7	50.0	718	-0.77
b	24.0	35.0	600	-0.40
b	19.0	25.0	507	0.50
Gebläse geschlossen	3.5	—	—	—

Reduzierblende	Gebäude- druck	Gebläse- druck	Volumen- strom	Abwei- chung
O ABCDE	[Pa]	[Pa]	[m ³ /h]	[%]
Gebläse geschlossen	-2.0	—	—	—
b	53.0	115.0	1091	1.78
b	49.0	97.0	1001	-0.88
b	41.0	76.0	886	0.23
b	35.5	60.0	787	-0.91
b	29.0	46.0	688	0.71
b	22.5	30.0	555	-2.17
b	12.5	14.0	379	1.29
Gebläse geschlossen	-1.0	—	—	—

Korrelationskoeff. (mind. 0,998)	r = 0.99888
Gebäudekoeffizient [m ³ /hPa], norm.	C ₀ = 70.3
Gebäudeexponent	n = 0.681

Korrelationskoeff. (mind. 0,998)	r = 0.99928
Gebäudekoeffizient [m ³ /h*Pa], norm	C ₀ = 50.6
Gebäudeexponent	n = 0.775

Ergebnis, Kenngrößen :

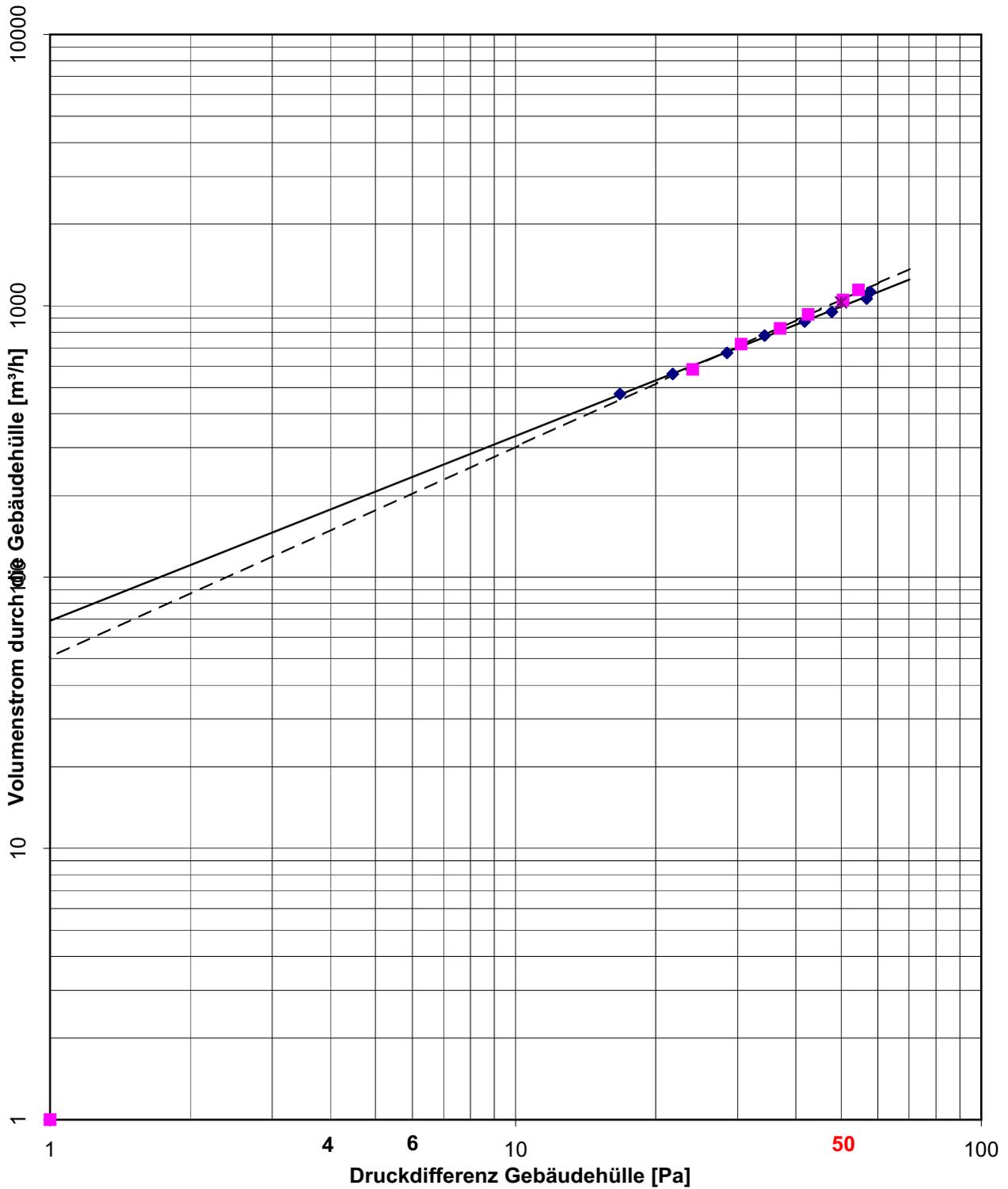
	n ₅₀ h ⁻¹	Regression Abweichg.		V ₅₀	NBV ₅₀	q ₅₀	ELA _{4Pa}
		%		m ³ /h	m ³ /m ² h	m ³ /m ² h	cm ²
Unterdruck	2.4	+/- 1.62		1011			195
Überdruck	2.5	+/- 1.81		1047			159
Mittelwert aus Unter- & Überdruck	2.4			1029			177
Grenzwert							

Das Gebäude entspricht nicht den Anforderungen der Vorschrift _____

Auftragnehmer :
 Wichser Akustik & Bauphysik AG
 Schaffhauserstr. 550
 8052 Zürich

Bearbeiter/in : _____
Tel : _____

Objekt: 23.172-5



- ◆ Volumenstrom Unterdruck [m³/h]
- ◆ Volumenstrom Überdruck [m³/h]
- Regressionsgerade Unterdruck [m³/h]
- - - Regressionsgerade Überdruck [m³/h]
- * Volumenstrom (gemittelt) bei 50 Pa [m³/h]

Blower-Door Messprotokoll

Berechnungsgrundlage ISO 9972

Minneapolis Blower Door Modell 3

Objekt : 23.172-6
Adresse : Objekt 6

Auftraggeber : FEZ / AWEL
Tel : _____
Ansprechpartner : _____
Tel : _____

Messdaten :

Messung ausgeführt von : Christoph Gassmann am 12.12.03

Belüftetes Volumen	501 m ³
Beheizte Fläche	m ²
Gebäudehüllfläche	m ²
Innentemperatur	19.1 °C
Außentemperatur	8.5 °C

Bemerkungen : _____

Unterdruck

Überdruck

Reduzier- blende	Gebäude- druck	Gebläse- druck	Volumen- strom	Abwei- chung
O ABCDE	[Pa]	[Pa]	[m ³ /h]	[%]
Gebläse geschlossen	-1.0	—	—	—
b	60.0	198.0	1433	1.67
b	50.8	150.0	1247	1.87
b	47.2	124.0	1133	-1.44
b	37.0	80.0	909	-2.67
b	30.0	60.0	787	0.78
b	26.0	47.0	696	0.79
b	23.0	35.0	600	-3.42
b	15.5	20.0	453	2.60
Gebläse geschlossen	2.0	—	—	—

Reduzier- blende	Gebäude- druck	Gebläse- druck	Volumen- strom	Abwei- chung
O ABCDE	[Pa]	[Pa]	[m ³ /h]	[%]
Gebläse geschlossen	0.0	—	—	—
b	60.0	202.0	1448	0.29
b	50.0	147.0	1234	-1.01
b	41.5	107.0	1052	-1.94
b	35.0	83.0	926	-0.95
b	26.5	60.0	787	5.42
b	23.5	45.0	681	0.60
b	20.0	35.0	600	1.14
b	15.0	20.0	453	-3.32
Gebläse geschlossen	1.0	—	—	—

Korrelationskoeff. (mind. 0,998)	r = 0.99834
Gebäudekoeffizient [m ³ /hPa], norm.	C ₀ = 43.7
Gebäudeexponent	n = 0.842

Korrelationskoeff. (mind. 0,998)	r = 0.99776
Gebäudekoeffizient [m ³ /h*Pa], norm	C ₀ = 56.6
Gebäudeexponent	n = 0.797

Ergebnis, Kenngrößen :

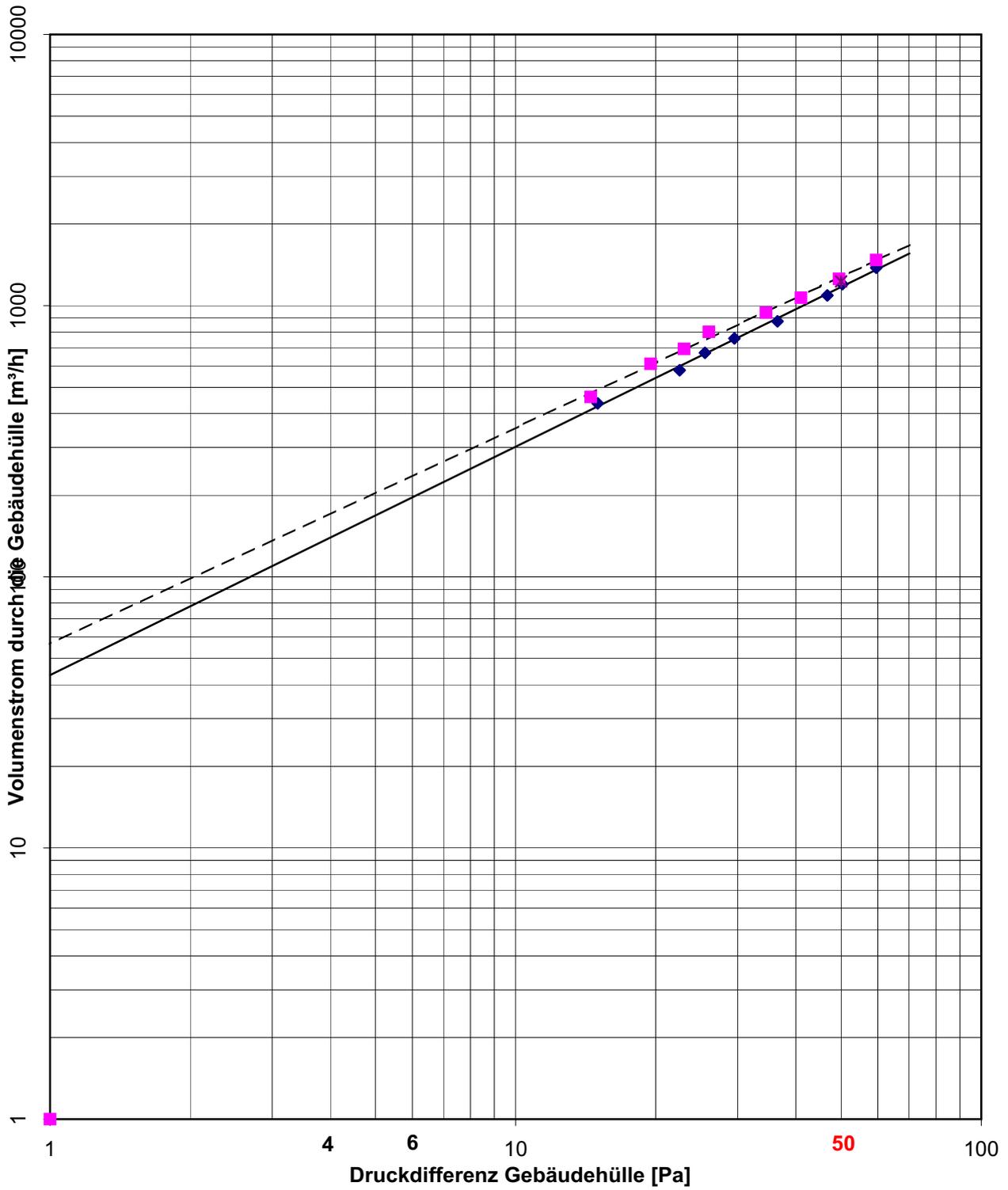
	n ₅₀ h ⁻¹	Regression Abweichg.	V ₅₀	NBV ₅₀	q ₅₀	ELA _{4Pa}
		%	m ³ /h	m ³ /m ² h	m ³ /m ² h	cm ²
Unterdruck	2.4	+/- 2.73	1179			151
Überdruck	2.6	+/- 3.36	1279			184
Mittelwert aus Unter- & Überdruck	2.5		1229			168
Grenzwert						

Das Gebäude entspricht nicht den Anforderungen der Vorschrift _____

Auftragnehmer :
 Wichser Akustik & Bauphysik AG
 Schaffhauserstr. 550
 8052 Zürich

Bearbeiter/in : Christoph Gassmann
Tel : 043 299 66 33

Objekt: 23.172-6



- ◆ Volumenstrom Unterdruck [m³/h]
- ◆ Volumenstrom Überdruck [m³/h]
- Regressionsgerade Unterdruck [m³/h]
- Regressionsgerade Überdruck [m³/h]
- * Volumenstrom (gemittelt) bei 50 Pa [m³/h]

Anhang 3 – Haustechnik

Überprüfung Minergiebauten - Analyse Anlagen

Haus Nr.	1	2	3	4	5	6
Objekt Kurzbeschreibung						
Gebäudeart	(Angaben gemäss Nachweis) EFH mit Schrägdach	(Angaben gemäss Nachweis) EFH	(Angaben gemäss Nachweis) EFH mit Schrägdach	(Angaben gemäss Nachweis) EFH mit Schrägdach	(Angaben gemäss Nachweis) EFH mit Flachdach	(Angaben gemäss Nachweis) EFH mit Schrägdach
Baujahr	2002	1999	2002	2001	2001/02	2001
Konstruktionsart	Leichtbau mit Betonboden im EG	Massivbauweise Betondecken, Wände Einsteinauwerk	Leichtbau mit Betonboden im EG	Leichtbau mit Betonboden im UG	Leichtbaubau, mit Betonböden, Aussenwände Holzständer	Leichtbau mit Betonboden im EG
Wärmeerzeugung	Luft/Wasser-Wärmepumpe	Gastherme, Solaranlage	Holzpelletsofen im Raum / Sonnenkollektoren	Fernwärme ab Holzschnitzelheizung	Erdsondenwärmepumpe	Gastherme kombiniert mit Solaranlage
Wärmeabgabe	Bodenheizung	Luftheizung	Bodenheizung/Radiatoren	Bodenheizung/Radiatoren	Bodenheizung	Bodenheizung
Lüftungsart	Zu-Abluftanlage Zentral	kombiniert mit Zu-Abluftanlage, Erdreg.	Zu-Abluftanlage mit WRG, Erdregister	Zu-Abluftanlage mit WRG, Erdregister	Zu-Abluftanlage mit WRG, Erdregister	Zu-Abluftanlage mit WRG, Erdregister
EBF / Volumen	m2 m3	215.1 485	266.5 507	278 562	302.1 659.5	233 427
Anlageprüfung Bau						
Trennung beheizt/unbeheizt	Dämmperimeter: Boden EG zu UG, Treppenabgang und Vorraum zu den Kellerräumen im beizten Teil Decke OG zu Estrichraum gedämmt.	Trennung Boden Erdgeschoss gegen Keller. Ausgenommen Bastelzimmer in UG, das beheizt ist, aber thermisch gedämmt gegen Kellerräume.	Untergeschoss nicht beheizt Dämmperimeter Boden EG zu UG	Untergeschoss beheizt ausser Technikraum und Keller. Der Technikraum liegt innerhalb des Dämmperimeters, Keller ist ungedämmt.	Untergeschoss unbeheizt Technikraum ist im Keller und liegt ausserhalb des Dämmperimeters, Dämmung Boden EG, Aussenwanddämmung im Erdrreich weitergezogen	Untergeschoss unbeheizt Der Technikraum im UG liegt ausserhalb des Dämmperimeters, der Keller ist ungedämmt. Dämmperimeter ist der Boden EG zum Keller
Fenstertyp	2-fach IV Wärmeschutzbeschicht. Holzrahmen	Holz/Metallrahmen Rahmen isoliert 2-fach Wärmeschutzglas mit IR Beschichtung und Kryptongasfüllung (Heat Mirror)	2-Fach IV Wärmeschutzbeschichtung, Holz- Alurahmen	k.A.	2-fach IV Wärmeschutzbeschicht., Holzrahmen	2-fach-IV Wärmeschutzbeschicht.
U-Wert gemäss Nachweis	W/m2K	1.5 ja	1.5 ja	k.A. ja	1.32 ja	k.A. ja
Anmerkungen				Dito : Türe Entrée zu Technikraum nicht dicht, auch Türe Technikraum zu Keller grosser Luftspalt. Fenster wahrscheinlich DV - IV mit Wärmeschutzbeschichtung. Holzrahmen.	Türe Entrée zu Kellerabgang keine untere Abdichtung, Kellerfenster unten offen.	

Haus Nr.	1	2	3	4	5	6							
Energie Daten aus Minergienachweis													
Minergie-Kennzahl	kWh/m2	39.8	38.1	40.4	43.8	40.7	44						
Stromverbrauch Lüftung	kWh/m2	1.5	3.2	1.7	0.9	3.7	2.6						
nicht gewichtet	kWh/m2	18.4	WP strom	42.1	Gas	46	Holz	52	Fernwärme	16.7	WP H+WW	38.6	Gas
Energie Daten ausgeführt													
Endenergiebedarf/Verbrauch	kWh/m2	23	73	43.7	60.35	20.4*	35.8						
nicht gewichtet			Gas 01/02	Holzpellets* Strom ges.	Fernwärme	WP H+WW Haushalt	Gas 02/03						
Strom gesamthaft					10.3	18.9*							
Bemerkungen		Jahresverbrauch inkl.Haushalt ca. 8000 kWh Haushalt ca. 3000 kWh: H+WW = 5000kWh/a		*Anhand von Füllstatistik Bauherr	El.Strom Standardnutzung : 22.2 kWh/m2. 16% Mehrverbrauch Fernw.	*zurückgerechnet aus 15 Mt Betriebszeit							
Haustechnik Heizung / Warmwasser Minergienachweis													
Art der Wärmeerzeugung:		Luft/Wasserwärmepumpe	Kondensierende Gastherme Vacuumröhrenkollektoren 8.5 m2	Holzpelletsofen mit Wasserregister Standort Wohnzimmer 15 m2 Thermische Sonenkollektoren	Fernwärme Holz	Erdsonden Wärmepumpe	Kondensierende Gastherme Therm.Sonnenkollektoren 6.5 m2Kombispeicher mit integr. Boiler 950/215 Li Solaranlage für						
Gerätetyp:	--	Grünenwald ZR 40L	k.A.	Hasler	Plattenwärmetauscher	k.A.	Brennwald THR 9						
Nennleistung	kW	WP L2W35	8 bis 13 Gaskessel	2-10	k.A.	k.A.	9.5						
Art der Wärmeabgabe		Bodenheizung	Luftheizung mit UmluftanteilHandtuchrad. In 2 Bädern, 1 Rad. Bastelraum	Bodenheizung EG und Nasszellen. Radiatoren OG, Radiatoren und Bodenheizung DG	k.A.	Bodenheizung	Bodenheizung						
Einzelraumregulierung:	ja/nein	nein	teilweise Raumthermost. Lüftung	2 Raumtemp.fühler	k.A.	k.A.	ja/nein						
Badzimmerheizkörper	ja/nein	nein	ja	nein	k.A.	k.A.	k.A.						
mit Elektroheizeinsatz	ja/nein	nein	nein	nein	k.A.	k.A.	k.A.						
Art der Brauchwarm- wassererzeugung:		Luft/Wasser Wärmepumpe Solarkoll. 4.3 m2	Mit Gastherme und Solarkoll. Speicherboiler (Rossnagel Jenni)	Kombispeicher/Solar mit Register Jenni Rossnagel	k.A.	k.A.	Solar + Gas						
Speicher / Inhalt	l		1340/160	1365/185 Liter	keine Ang.	keine Ang.	950/215						
Elektroheizeinsatz	ja/nein	ja	nein	4 kW	keine Ang.	keine Ang.	nein						
Leitungsämmung gemäss Vorschrift	ja/nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja/nein						

Haus Nr.	1	2	3	4	5	6
Haustechnik Heizung / Warmwasser ausgeführt						
Art der Wärmeerzeugung:	dito dito	dito dito	dito dito	dito dito	dito dito 125 m, Durchm.32 Calmothem Alphainnotec SW 70-1	dito dito
Gerätetyp:			dito	dito	6.8 B0/W35 mit kl.Pufferspeicher, Erdsonde 125 m Dim. 32mm	
Nennleistung kW	6.9	8 bis 13	2-10	k.A.		9.5
Leistung Strom kW	2.3		dito	Regulierung Hoval. Ladegrupp WW primär abgenommen.Heizgruppen sekundär nach WT. Rad. Un gemischt, Bodenheiz. Gem. Bodenheizung UG, Radiatoren E		dito
Art der Wärmeabgabe	dito	dito	dito		Bodenheizung	Bodenheizung
Einzelraumregulierung:	dito nein	dito teilweise Raumtherm. Lüftung	Raumfühler in Pilotraum plus Thermostatventile an Radiatoren	Thermostatventile	teilweise Raumthermostaten	nein
Badzimmerheizkörper mit Elektroheizeinsatz	nein nein	ja nein	nein nein	ja nein	ja ja	nein nein
Art der Brauchwarmwassererzeugung:	WP-Boiler mit Wärmeentzug aus Technik/ Waschraum, Solarkoll. 4.3 m2	dito dito	Kombispeicher/Solar mit Register Jenni Rossnagel	mit Fernwärme So. und Winter	mit Wärmepumpe	Gastherme und Solar So. und Winter
Speicher / Inhalt Elektroheizeinsatz	283 1.5	1340/160 nein -----	1365/185 4 Zuschaltung über Thermostat im Speicher	300 nein	400 5.3 ist so eingestellt, dass El.Einsatz nie kommt	950/215 nein ---
Wärmeverteilung Leitungsämmung gemäss Vorschrift	ja	ja	ja	ja	ja, nicht alles: BH-Verteiler im Kaltbereich nicht isoliert	ja in Heiz.keller teilweise unisoliert

Haus Nr.	1	2	3	4	5	6
Lüftung gemäss Minergienachweis						
Komfortlüftungsanlage	Zu/Abluftanlage mit WRG	Zu-Abluftanlage mit	Zul/Abl. Mit Wärmerückgewinnung	Zul/Abl. Mit Wärmerückgewinnung	k.A.	Zul/Abl. Mit Wärmerückgewinnung
Gerätetyp:	keine Angabe	Themovex VU 600	Westflex HR-CF WTW4	Stork G90-300	k.A.	HeatHunter300
WRG-Wärmetauscher Typ	keine Angabe	Platten-Gegenstrom- Wärmetauscher	Kreuzgegenstroplattent. Aus Kunststoff	Kreuzgegenstroplattent. Aus Kunststoff	k.A.	Aluplattentauscher, Gegenstrom
Wirkungsgrad WRG	%	80	80	85	85	70
Stromaufnahme	W	42	170	28-150	30 gem. Kennlinien eher knapp -> 50W real.	112
Luftleitungen Dimensionen	mm		DN 150	keine Ang.	keine Ang.	keine Ang.
	mm		208,129/52	keine Ang.	keine Ang.	keine Ang.
Erdregister	ja/nein	ja	ja	ja	ja	ja
Material		Pe-hart schwarz	Pe-Schlauch	Pe-Schlauch	Pe-Schlauch	k.A.
Länge	m	60	ca. 3x 22	ca. 4x 20	ca. 4x 20	k.A.
Registerrohr Dimension	mm	140	DN 100	k.A.	k.A.	k.A.
Luftmenge	m3/h	130	180	130	160	200
Dunstabzug Küche		keinen Angabe	Stufe 2	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 1
		Umluft mit Aktivkohlefilter nicht notwendig	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Frischlufersatz wie ? Klappe	k.A. ?	nein	k.A. keine Anagabe	k.A. keine Anagabe	k.A. keine Anagabe	k.A. keine Anagabe

Haus Nr.	1	2	3	4	5	6
Lüftung wie ausgeführt						
Komfortlüftungsanlage	dito	dito	dito	dito	Zul/Abl. Mit Wärmerückgewinnung	dito
Gerätetyp:	Nilan comfort 300T	dito	dito	dito	Stork G90-300	dito
WRG-Wärmetauscher Typ	Kunststoff-Platten Kreuz-Gegenstrom	dito	dito	dito	Kreuzgegenstroplattentw. Aus Kunststoff	dito
Wirkungsgrad WRG	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt
AUL °C	k.A.	k.A.	k.A.	7.2 gemessen	k.A.	7.3 gemessen
FOL °C	k.A.	k.A.	k.A.	10.8 bei St.2	k.A.	9.8 bei St.4
ZUL °C	k.A.	k.A.	k.A.	18	17.3 gemessen	13.5
ABL °C	k.A.	k.A.	k.A.	21.2	19.6 bei St.2	16.2
Stromaufnahme W	106 Stufe 2	nicht gemessen	nicht gemessen	nicht gemessen	nicht gemessen	nicht gemessen
Luftleitungen Hauptleit. Durchm.	160 mm	160-200 mm	150 mm	150-160 mm	150 Durchm.	versch Eckkanäle
Luftleit. Feinverteilt Durchm.	mm	50/100 mm	129/52 mm	70-100 mm	75 Durchm.	70-100 Spirorohre
Erdregister	ja/nein nein	ja/nein ja	ja/nein ja	ja/nein ja	ja/nein ja	ja/nein ja
Typ / Material		PE-Hart Rohr	Pe-Schlauch	Pe-Schlauch	keien Angaben	??
Länge		52 m	ca. 3x22 m	ca. 4x20 m	4x20 m	k.A. m
Registerrohr Querschnitt mm	k.A.	160	100	k.A.	k.A.	k.A.
Luftmenge Zuluft m3/h	122 Stufe 2	167	117 Stufe 2	ca. 55 Stufe 1	165 Stufe 2	205 Stufe 4
Luftmenge Abluft m3/h	130	114	101 stufe 2	ca. 45 stufe 1	154 Stufe 2	160 Stufe 4
Anmerkungen				Stufe 1 reicht nicht für 130 m3/h: Normalstufe		Erst konnte nur wenig Abluft gemessen werden-> Filter total verdreckt, nach Ersatz besser
Dunstabzug Küche	Umluft mit Aktivkohlefilter	dito	Umluft mit Aktivkohlefilter	Umluft mit Aktivkohlefilter	Abluft nach aussen: Gaggenau 180190CH FD8009	Umluft
Frischluftersatz wie ? Klappe	keine ?	keine nein	keine keine	Nachströmung Ritzen ev.Rückstauklappe ??	keine	keine
Zusatzinstallationen gemäss Minergienachweis						
Cheminée/Zimmerofen Art	keine Angabe	ja , Heiz-Cheminée Verbrennungsluft von aussen	keine Angabe	keine Angabe	keine Angabe	keine Angabe
Kaminklappe Dichtheit	ja/nein	ja/nein ja relativ gut	ja/nein ----	ja/nein ----	ja/nein ----	ja/nein ----
Zusatzinstallationen wie ausgeführt						
Cheminée/Zimmerofen	nein	ja		Kaminrohr eingebaut	Zimmerofen eingebaut	ja
Kaminklappe		ja	ja	----		ja
Dichtheit	relativ gut					