



# Standard für energetisch vorbildliche Instandsetzungen von Wohnbauten

Stand 26. Februar 2004



## **Inhaltsverzeichnis**

<b>0</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Einflussfaktoren und Fallbeispiele</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Wohnungslüftung - Chancen und Risiken</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>MINERGIE-Anforderungen</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Erkenntnisse und Empfehlungen</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b>	<b>24</b>
<b>A1</b>	<b>Minergie-taugliche Lüftungssysteme</b>	<b>26</b>
<b>A2</b>	<b>Vier Fallbeispiele - Kurzbeschriebe</b>	<b>28</b>



## Impressum

Auftraggeber	Amt für Hochbauten Dr. Heinrich Gugerli Fachstelle nachhaltiges Bauen Amtshaus III 8021 Zürich
	Tel. 01 216 26 81 Email: <a href="mailto:heinrich.gugerli@hbd.stzh.ch">heinrich.gugerli@hbd.stzh.ch</a>
Auftragnehmer	AMSTEIN + WALTHERT AG Andreasstrasse 11 CH-8050 Zürich
	Tel. 01 305 91 11 Fax 01 305 92 14
Kontaktpersonen	Erich Füglistner Email: <a href="mailto:erich.fueglistner@amstein-walthert.ch">erich.fueglistner@amstein-walthert.ch</a> Andreas Baumgartner Email: <a href="mailto:andreas.baumgartner@amstein-walthert.ch">andreas.baumgartner@amstein-walthert.ch</a>
Begleitung	Bruno Bébié Energiebeauftragter, DIB Toni W. Püntener Umweltschutzfachstelle, GUD
Dokument Version	R008_Bericht_Anhang_040226 26. Februar 2004
Freigegeben	Datum: 26. Februar 2004 Visum:



## 0 Zusammenfassung

Instandhaltung – Instandsetzung – Erneuerung sind bauliche Strategien, die fließend ineinander übergehen. Sie sind in jedem Einzelfall unter Abwägung von verschiedensten Aspekten wie mit dem Eingriff angestrebter Lebenszyklus, Denkmalpflege, soziale Überlegungen (insbesondere beim Wohnungsbau) und Kosten (Wirtschaftlichkeit) festzulegen. Eine sinnvolle Gesamtstrategie kann dabei bezüglich Energie von „Keine Massnahme“ bis „Minergie-Sanierung“ gehen. Bei jedem Objekt soll strukturiert belegt werden, aus welchen Gründen ein bestimmter energetischer Standard gewählt wurde.

Festlegung des energetischen Standards als Bestandteil einer nachhaltigen Gesamtstrategie

Gemäss Standard des Hochbaudepartementes der Stadt Zürich werden Neubauten generell im MINERGIE-Standard erstellt, während bei den Sanierungen ein wesentlich geringerer Flächenanteil von 25% angestrebt wird. Für die übrigen 75% der Instandsetzungen bestehen noch keine über die gesetzlichen Vorschriften hinausgehenden energetischen Anforderungen, obwohl dies im Masterplan Energie der Stadt Zürich gefordert wird. Aufgabe der vorliegenden Studie ist es, einen Standard für energetisch vorbildliche Instandsetzungen vorerst im Hinblick auf Wohnbauten (Mehrfamilienhäuser) zu konkretisieren.

Warum ein neuer Standard für energetisch „vorbildliche“ Instandsetzung?

MINERGIE-Sanierung	Energetisch „vorbildlich“ Masterplan Energie Stadt Zürich	Gesetzliche Anforderungen SIA 380/1	
	MINERGIE-Grenzwert	Keine Anforderung	Endenergiebedarf (gewichtet)
MINERGIE-Primär-anforderung 120% H <sub>g</sub> <sup>1</sup>	SIA 380/1 Systemanforderung 140% H <sub>g</sub> <sup>1</sup>		Gebäudehülle
	oder SIA 380/1 Einzelanforderungen		• Systemanforderung
Kontrollierte Lüftung	Lüftungskonzept nach SIA 180		• Einzelanforderung
Empfehlung Energieetikette A	Energieetikette A Empfehlung: A+ / A++		Lüftungskonzept
			Zusatzanforderungen: Haushaltgeräte
25%	25%		Angestrebter Anteil Energiebezugsfläche

<sup>1</sup> Grenzwert Heizenergiebedarf für Neubauten

*Energetisch „vorbildliche“ Instandsetzungen zwischen MINERGIE und gesetzlichen Anforderungen*

Als zentrales Element des neuen Standards zwischen MINERGIE und gesetzlichen Anforderungen wird der MINERGIE-Grenzwert für den gewichteten Endenergiebedarf übernommen. Die zusätzlichen MINERGIE-Vorgaben für die Primäranforderung an die Gebäudehülle und kontrollierte Lüftung sind jedoch nicht zwingend einzuhalten. Die gesetzlichen Vorgaben beinhalten lediglich Anforderungen an die Gebäudehülle (Heizwärmebedarf), jedoch nicht auf Stufe Endenergie.

MINERGIE-Grenzwert als zentrale Anforderung

Um eine breite Anwendung des neuen Standards zu ermöglichen, wird empfohlen, dass die Gebäudehülle lediglich die Anforderungen nach SIA 380/1, jedoch nicht die MINERGIE-Primäranforderung erfüllen muss. Der Nachweis kann sowohl mit System- als auch mit Einzelanforderungen erfolgen, der Heizwärmebedarf muss jedoch auf alle Fälle ausgewiesen werden.

Gesetzliche Anforderungen an die Gebäudehülle



Im Unterschied zum gesetzlichen Standard gelten nicht nur die Anforderungen an die Gebäudehülle gemäss SIA 380/1, sondern es wird auch der Nutzungsgrad der Wärmeerzeugung in die energetische Optimierung einbezogen. Die Wahl des Wärmeversorgungssystems beinhaltet ein energetisches Potenzial von 40 bis 60% auf Stufe Endenergie. Zudem kann der Anteil der erneuerbaren Energie ausgewiesen werden.

**Nutzungsgrad der  
Wärmeerzeugung  
mit hohem energie-  
tischen Potenzial**

Nach dem neuen Standard ist zwingend ein Lüftungskonzept nach SIA 180 zu erstellen. Der Einbau einer kontrollierten Lüftung wird jedoch für Wohnbauten nicht vorausgesetzt. Betreffend Lüftung erlaubt die vorliegende Studie folgende Schlussfolgerungen:

**Kontrollierte  
Lüftung**

- Der Nutzen einer kontrollierten Wohnungslüftung (KWL) ist aus Komfort- und lufthygienischen Gründen unbestritten. In dichten Gebäuden ist eine solche Anlage sehr vorteilhaft, um eine gute Raumluftqualität zu gewährleisten. Zudem wird der Lärmschutz wesentlich verbessert.
- Der energetische Nutzen einer KWL darf jedoch nicht überschätzt werden. Bei den Fallbeispielen reduzierte sich die MINERGIE-Kennzahl um 5 bis 10 kWh/m<sup>2</sup>. Wichtig ist, dass die Wärmeeinsparung nicht durch einen zu hohem Elektrizitätsbedarf einer suboptimal ausgeführten oder betriebenen Lüftungsanlage zunichte gemacht wird.
- Der effektive Energieverbrauch ist stark vom individuellen Lüftungsverhalten des Benutzers abhängig. Im Vergleich zur natürlichen Lüftung kann mit einer mechanischen Lüftungsanlage die durch individuelles Lüftungsverhalten bedingte Streuung verringert werden.

**Nutzen für Raum-  
luftqualität un-  
bestritten**

**Energetischer  
Nutzen beschränkt**

**Benutzereinfluss  
reduzieren**

Die MINERGIE-Zusatzanforderungen für Wohnen MFH enthalten lediglich eine Empfehlung für Haushaltgeräte mit Energie-Etikette Klasse A. Der neue Standard umfasst gemäss den Vorgaben des Hochbaudepartementes<sup>1</sup> die Anforderung Geräte mit Energieetikette A einzusetzen und den Einsatz hocheffizienterer Geräte zu prüfen.

**Zusatzanfor-  
derungen für Haus-  
haltgeräte**

Bei den untersuchten Fallbeispielen kann bei entsprechender Wahl der Wärmeerzeugung ein mit MINERGIE vergleichbarer Energiestandard erreicht werden. Der energetisch erreichbare Standard ist nicht entscheidend von der Realisierung einer kontrollierten Wohnungslüftung abhängig. Gegenüber den gesetzlichen Vorgaben (Systemanforderungen SIA 380/1) wird der Energiebedarf durch den neuen Standard je nach Gebäudekompaktheit und Wärmeversorgungssystem um 10 bis 40% vermindert. Der energetisch „vorbildliche“ Standard soll ähnlich wie der MINERGIE-Standard auf einen massgeblichen Anteil der Instandsetzungen angewendet werden können. Angestrebt wird ebenfalls ein Anteil grösser als 25% der Energiebezugsfläche.

**Beachtlicher  
energetischer  
Nutzen**

Mit dem neuen Standard besteht für die Einhaltung der energetischen Anforderungen eine wesentlich grössere Flexibilität, in dem aus den Bereichen Wärmedämmung der Gebäudehülle, Lüftung und Wärmeerzeugung ein wirtschaftlich optimales Paket zusammengestellt werden kann. Die grössere Bandbreite möglicher energetischer Massnahmen erhöht das wirtschaftliche Potential zur Investitions- und Betriebskostensenkung, bedingt jedoch

**Grösseres Poten-  
zial für wirtschaft-  
liche Optimierung**

<sup>1</sup> 7-Meilenstritte für umwelt- und energiegerechtes Bauen, Hochbaudepartement der Stadt Zürich, Juli 2001 (download [www.energie.stzh.ch](http://www.energie.stzh.ch))



sorgfältige objektspezifische Abklärungen betreffend Wirtschaftlichkeit und Behaglichkeit.

Die Handhabung des neuen Standards ist einfach, da für den Nachweis die bestehenden Verfahren für die MINERGIE- resp. die gesetzlichen Anforderungen verwendet werden können. Dadurch, dass beim vorgeschlagenen Standard die Endenergie ermittelt werden muss, entsteht ein zusätzlicher Anreiz für die energetische Optimierung.

**Einfacher Nachweis und Optimierungsanreiz**

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

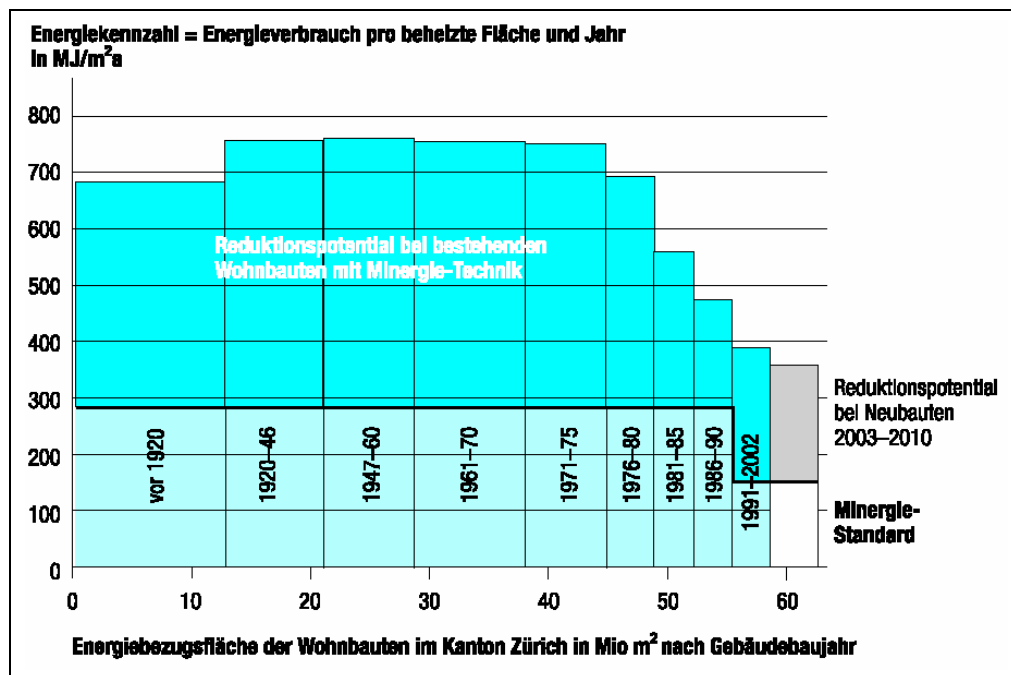
In der Stadt Zürich sind eine grosse Anzahl von Wohnbauten im Besitz der Stadt oder erhalten städtische Unterstützungsleistungen. Für die Erneuerung dieser Bausubstanz sollen zeitgemässe nachhaltige Konzepte zur Anwendung gelangen. Im Masterplan Energie<sup>2</sup> hat sich die Stadt Zürich folgendes Ziel gesetzt.

*"Stadteigene Neubauten und Anlagen sowie deren Instandsetzung sind über das baurechtlich vorgeschriebene Mass hinaus energetisch vorbildlich zu gestalten. Dies gilt auch für Bauten, welche städtische Unterstützungsleistungen (z.B. Baurechte, finanzielle Beiträge etc.) erhalten."*

Der Energiestandard des Hochbaudepartements ist in den „Neuen Massstäben für umwelt- und energiegerechtes Bauen“<sup>3</sup> festgelegt. Während Neubauten generell im MINERGIE-Standard erstellt werden (Ziel: 90% der Energiebezugsfläche) ist bei den Sanierungen ein differenzierteres Vorgehen erforderlich. 25% der Instandsetzungen sollen den MINERGIE-Standard erreichen. Für die übrigen 75% der zu sanierenden Flächen bestehen noch keine über die gesetzlichen Vorschriften hinausgehenden energetischen Anforderungen.

Masterplan Energie der Stadt Zürich:  
Ziel Nr. 10

7-Meilenstritte für umwelt- und energiegerechtes Bauen



Enormes Potential im Bestand

Abb. 1.1: Energiekennzahlen Wärme (Heizung und Warmwasser) in Wohnbauten (Quelle: Energieplanungsbericht Kt. ZH 2002)

<sup>2</sup> Masterplan Energie der Stadt Zürich, Stadtratsbeschluss Nr. 1438 vom Oktober 2002, in Kraft seit 1. Januar 2003 (download [www.energie.stzh.ch](http://www.energie.stzh.ch))

<sup>3</sup> 7-Meilenstritte für umwelt- und energiegerechtes Bauen, Hochbaudepartement der Stadt Zürich, Juli 2001 (download [www.energie.stzh.ch](http://www.energie.stzh.ch))



Das energetische Potential der Wohnbauten, welche vor 1980 erstellt wurden, ist sehr gross (Abbildung 1.1). Bereits mit heutiger Technologie lassen sich die MINERGIE-Grenzwerte bei Sanierungen relativ einfach erreichen. Dies bedingt allerdings eine grosse Eingriffstiefe bei der Instandsetzung der Gebäudehülle und dem Einbau der mechanischen Wohnungslüftung. In der Praxis kann die Instandsetzung auch in mehreren Etappen erfolgen. Dabei stellt sich die Frage, wie eine energetisch gute Lösung auch durch wärmetechnische Massnahmen in mehreren Etappen erreicht werden kann.

## 1.2 Zielsetzung und Aufgabenstellung

In der vorliegenden Studie sollen Vorschläge für energetische Anforderungen bei vorbildlichen Instandsetzungen gemäss Masterplan Energie der Stadt Zürich geprüft werden, welche bei den 75% der zu sanierenden Flächen, welche nicht den MINERGIE-Standard erreichen, angewendet werden können. Diese Anforderungen sollen sich deutlich von den gesetzlichen Vorgaben unterscheiden und ein massgebliches Marktsegment (> 25%) erschliessen. Dabei soll insbesondere die Rolle des Lüftungskonzeptes, dem bei sanierter, dichter Gebäudehülle eine zentrale Bedeutung zukommt, geklärt werden.

Zielsetzungen

Die Studie soll insbesondere folgende Aspekte aufzeigen:

- Darstellung der Einflussfaktoren für den Energieverbrauch von Wohnbauten und Auswahl typischer Fallbeispiele (Kapitel 2)
- Aufzeigen des energetischen Potentials der kontrollierten Wohnungslüftung unter Berücksichtigung der Behaglichkeit (Luftqualität, Lärm) und bauphysikalischer Schwachstellen (Kapitel 3).
- Prüfung der Konsequenzen der Vorgabe der gewichteten MINERGIE-Kennzahl Wärme, wenn auf eine kontrollierte Lüftung verzichtet wird. Der Beitrag unterschiedlicher Wärmeversorgungssysteme (Wärmepumpen, Wärme-Kraft-Kopplung, Abwärmenutzung usw.) ist aufzuzeigen (Kapitel 4).
- Darstellung der Erkenntnisse für energetisch vorbildliche Instandsetzungen und mögliche Anforderungen (Kapitel 4)

Konkrete Aufgaben

## 1.3 Vorgehen / Methodik

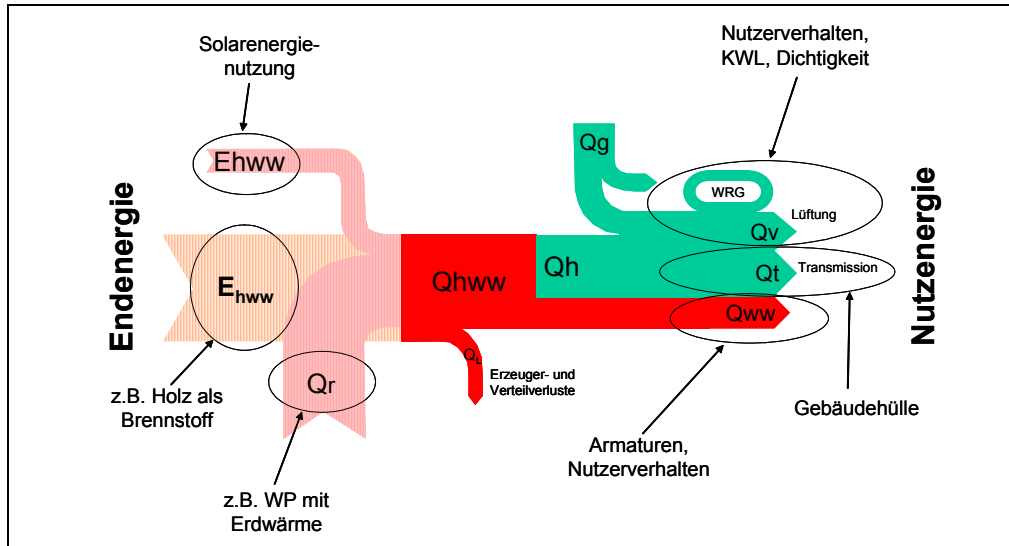
Das Vorgehen mit Schwerpunkt bei der Erneuerung von Wohnbauten wurde in Absprache mit dem Auftraggeber festgelegt:

- 1) Erarbeiten einer Problemanalyse (Einflussfaktoren) zur klaren Eingrenzung der Aufgabenstellung. Startsituation mit Auftraggeber, Definition der Projektorganisation und der Termine.
- 2) Erfassung und Auswertung der thermischen und elektrischen Energiebilanz von vier Wohnbauten als Fallbeispiele, mit Parameterstudie.
- 3) Aufzeigen der energetischen Auswirkungen des Einsatzes unterschiedlicher Wärmeerzeugungssysteme auf Basis der Fallbeispiele.
- 4) Auswertung der Erkenntnisse und Ableitung einer Vorgehensstrategie für normaltypische Gebäude und Wohnsiedlungen der Stadt Zürich.

Vorgehen in vier Schritten

## 2 Einflussfaktoren und Fallbeispiele

### 2.1 Energiebilanz und Einflussfaktoren



$E_{hww}$ : Energiebedarf für Heizung und Warmwasser

$Q_g$ : Wärmegewinne

$Q_h$ : Heizwärmebedarf

$Q_{hww}$ : Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser

$Q_i$ : interne Wärmegewinne

$Q_{iE}$ : interne Wärmegewinne Elektrizität

$Q_{iP}$ : interne Wärmegewinne Personen

$Q_L$ : Wärmeverluste des Heiz- und Warmwassersystems

$Q_r$ : gewonnene Umweltwärme

$Q_s$ : solare Wärmegewinne

$Q_T$ : Transmissionswärmeverlust

$Q_t$ : Gesamtwärmeverlust

$Q_{ug}$ : genutzte Wärmegewinne

$Q_v$ : Lüftungswärmeverlust

$Q_{ww}$ : Wärmebedarf für Warmwasser

WRG: Wärmerückgewinnung

Abb. 2.1: Energieflussdiagramm mit Abkürzungen nach SIA 380/1

Die Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch lassen sich in fünf Punkte zusammenfassen:

1. Bauliche Voraussetzungen, wie z. B. Wärmedämmung der Fassaden, Fenster, passive Solarnutzung usw., minimieren den Wärmebedarf.
2. Wärmerückgewinnungsanlagen (WRG) z.B. bei Lüftungs- oder Abwasseranlagen reduzieren den Wärmebedarf.
3. Durch die effiziente Bereitstellung der Nutzenergie und den Einbezug von erneuerbaren Energiequellen wie z. B. Erdwärme oder Solarenergie wird der Anteil der nicht erneuerbaren Energie minimiert.
4. Effiziente Apparate, z. B. Küchen- und Waschgeräte, Wasser-spararmaturen usw., minimieren den Energieverbrauch.
5. Die Benutzer beeinflussen den Energieverbrauch wesentlich durch ihr Verhalten z. B. beim dem Lüften oder Warmwasserverbrauch.

Gebäudehülle

WRG zur Verbrauchs-minimierung

Wärme- / Energie-versorgung

Geräte und Beleuchtung

Benutzereinfluss

## 2.2 Fallbeispiele von Wohnbauten (Mehrfamilienhäuser)

Für die Untersuchungen in dieser Studie wurden folgende Fallbeispiele von Mehrfamilienhäusern verwendet (ausführlichere Angaben im Anhang A2).

	<p>Energiebezugsfläche: EBF = 1860 m<sup>2</sup></p> <p>Kompaktheit: A/EBF = 1.18</p> <p>Fensterflächenanteil: A<sub>w</sub>/A = 15.8%</p> <p>Heizwärmebedarf: Q<sub>h</sub> = 132 MJ/m<sup>2</sup></p> <p>Grenzwert: H<sub>g</sub> = 261 MJ/m<sup>2</sup></p>	<p><b>Wohnsiedlung</b> <b>„Heugatter“,</b> <b>Dübendorf</b></p>
	<p>Energiebezugsfläche: EBF = 4396 m<sup>2</sup></p> <p>Kompaktheit: A/EBF = 1.03</p> <p>Fensterflächenanteil: A<sub>w</sub>/A = 16.7%</p> <p>Heizwärmebedarf: Q<sub>h</sub> = 179 MJ/m<sup>2</sup></p> <p>Grenzwert: H<sub>g</sub> = 242 MJ/m<sup>2</sup></p>	<p><b>Wohnsiedlung</b> <b>„Heumatt“,</b> <b>Zürich</b></p>
	<p>Energiebezugsfläche: EBF = 1396 m<sup>2</sup></p> <p>Kompaktheit: A/EBF = 1.08</p> <p>Fensterflächenanteil: A<sub>w</sub>/A = 13.7%</p> <p>Heizwärmebedarf: Q<sub>h</sub> = 169 MJ/m<sup>2</sup></p> <p>Grenzwert: H<sub>g</sub> = 249 MJ/m<sup>2</sup></p>	<p><b>Wohnsiedlung</b> <b>„Heuried“,</b> <b>Zürich</b></p>
	<p>Energiebezugsfläche: EBF = 1154 m<sup>2</sup></p> <p>Kompaktheit: A/EBF = 1.31</p> <p>Fensterflächenanteil: A<sub>w</sub>/A = 14.9%</p> <p>Heizwärmebedarf: Q<sub>h</sub> = 191 MJ/m<sup>2</sup></p> <p>Grenzwert: H<sub>g</sub> = 278 MJ/m<sup>2</sup></p>	<p><b>Mehrfamilienhaus</b> <b>„Gstück“,</b> <b>Bülach</b></p>

### 3 Wohnungslüftung - Chancen und Risiken

#### 3.1 Auslöser

Bei einem Fensterersatz wird der natürliche Luftwechsel im Gebäude typischerweise massiv reduziert. Die Abbildung 3.1 [7] zeigt Messungen aus Deutschland vor und nach der Erneuerung der Fenster. Demnach wird die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle durch die Sanierung stark verbessert.

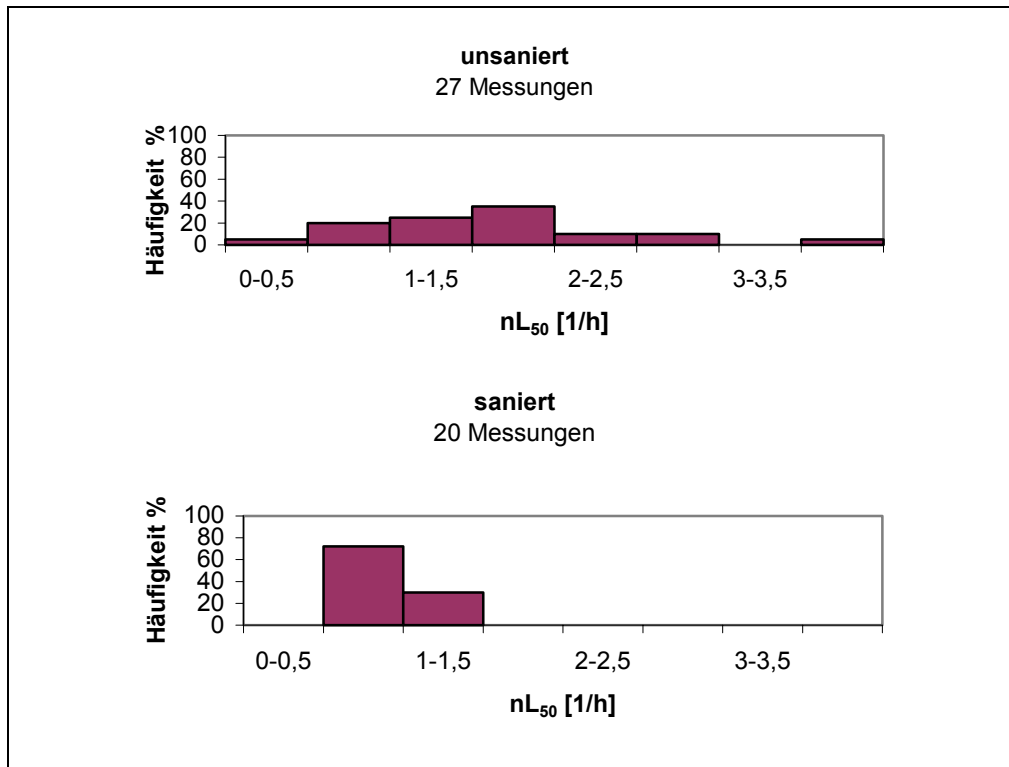


Abb. 3.1: Starke Reduktion des unkontrollierten Luftwechsel nach Sanierungen

Durch den Einbau einer Lüftungsanlage wird eine genügende Aussenluftzufuhr unabhängig vom Benutzerverhalten sichergestellt. Neben einem tieferen Energieverbrauch weisen Lüftungsanlagen im Wohnungsbau zudem folgenden Zusatznutzen auf:

- Schutz vor Aussenlärm
- Kontrollierter Feuchtehaushalt verringert Bauschadenrisiko bei ungenügend gedämmten Bauten (graue Ecken, etc).
- Hohe Behaglichkeit (gute Luftqualität, keine Zugserscheinungen durch offene Fenster, Pollenfilter möglich, etc)

**Auslöser für Lüftungsanlage**



### 3.2 Lüftungssysteme gemäss SIA 180 und MINERGIE

Gemäss SIA 180 muss die Gebäudehülle luftdicht sein. Luftzufuhr von aussen ist erforderlich, um

- die Raumluft zu erneuern
  - die Anreicherung von Schad- und Geruchsstoffen sowie
  - zu hohe Raumluftfeuchte zu vermeiden
- Die möglichen Lüftungssysteme gemäss SIA 180 und MINERGIE sind einander in Tabelle 3.2 gegenübergestellt. MINERGIE verlangt eine kontrollierte Lüftung auch bei der Erneuerung von Wohnbauten; die sechs MINERGIE-tauglichen Lüftungssysteme sind ausführlich im Anhang A1 dargestellt.

Anforderungen  
SIA 180

Lüftungssysteme  
gemäss SIA 180  
und MINERGIE

SIA 180	MINERGIE
Freie Lüftung, d.h. eine Lüftung durch Fenster und andere Öffnungen in der Gebäudehülle ... unter Mitwirkung des Benützers	
Automatisch geregelte Öffnungen (z.B. Lüftungsflügel)	Automatisierte Fensterlüftung einsetzbar
Mechanische Lüftung (lufttechnische Anlage mit Zu- / Abluft oder Abluftanlage mit definierten Eintrittsöffnungen)	Abluftanlage mit Wärmepumpe
	Komfortlüftung mit Wärmepumpe
	Einzelraum-Komfortlüftung
	Abluftanlage mit Aussenluftdurchlässen
	Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung

Tab. 3.2: Lüftungssysteme gemäss SIA 180 resp. MINERGIE

Gemäss SIA 180 ist der Architekt verpflichtet, allenfalls zusammen mit dem Lüftungsplaner, in einer frühen Planungsphase ein Lüftungskonzept zu erstellen. Als wesentliche Varianten sind zu beurteilen:

- Natürliche Lüftung mit Benutzerunterstützung
- Abluftanlage mit geführter Zuluft
- Mechanische Zu- und Abluftanlage

Lüftungskonzept  
gemäss SIA 180

In der vorliegenden Studie wird unter kontrollierter Wohnungslüftung (KWL) der MINERGIE-Lüftungstyp "Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung" verstanden.

## Wärmebedarf von Lüftungsanlagen

Der Wärmebedarf für die Lüfterneuerung ist im Wesentlichen von folgenden Grössen abhängig:

- Wie viel wird gelüftet? Luftwechsel, minimale Aussenluftzufuhr je Person, etc
- Wie wird gelüftet? Lüftungskonzept, Betriebsweise der Anlage

Die folgende Grafik zeigt den Anteil der Lüftungswärmeverluste im Vergleich zu den Transmissionswärmeverlusten berechnet nach SIA 380/1 mit der Standardnutzung (ohne kontrollierte Lüftung). Bei den Fallbeispielen (heutiger Dämmstandard) liegt dieser Anteil bei 25 bis 30 %, bei stärker gedämmten Gebäuden kann dieser Anteil auf über 30 % ansteigen. Der Wärmebedarf kann durch eine Optimierung des Lüftungskonzepts weiter gesenkt werden, zum Beispiel durch den Einbau einer Wärmerückgewinnung aus der Abluft. So lassen sich bis zu 85 % der Wärme rückgewinnen.

Anteil der Lüftungswärmeverluste nach SIA 380/1

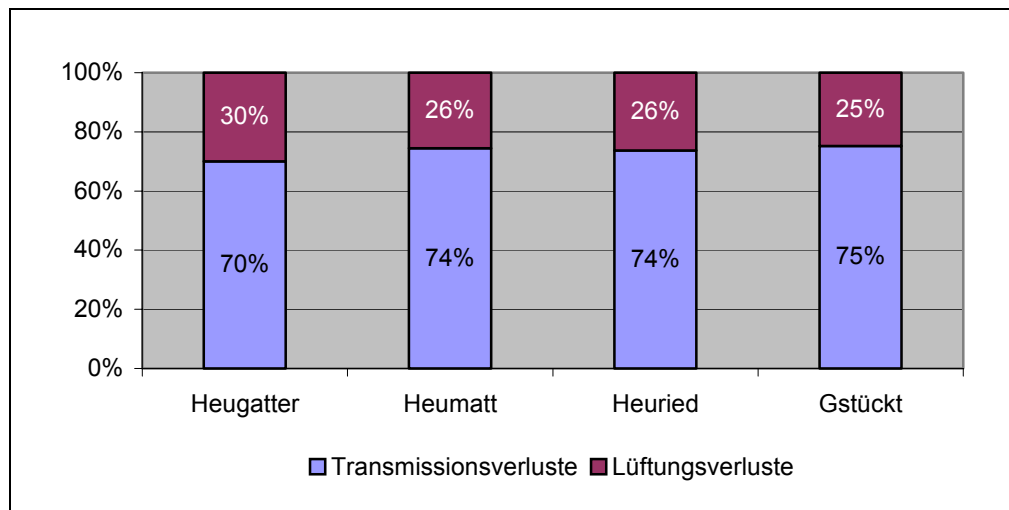


Abb. 3.3: Fallbeispiele: Anteile der Lüftungswärmeverluste am Gesamtverlust  
Berechnet mit SIA Standardnutzung

Der Wärmebedarf für die Lüfterneuerung ist aber nicht nur von der Wärmerückgewinnung abhängig, sondern auch von weiteren Parametern, wie der Gebäudedichtigkeit und dem Einfluss des Nutzers.

Einflussfaktoren auf den Lüftungsenergieverbrauch

Die einfache Sensitivitätsanalyse zeigt die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste der vier Fallbeispiele (Abbildung 3.4) für vier Parametersätze (Tabelle 3.3):

- ein natürlich belüftetes, dichtes Gebäude mit einem energiebewussten Nutzer (NL tief)
- ein natürlich belüftetes, undichteres Gebäude mit einem wenig energiebewussten Nutzer (NL hoch)
- ein kontrolliert belüftetes, dichtes Gebäude mit einem energiebewussten Nutzer und einem hohen WRG-Wirkungsgrad (KWL tief)
- ein kontrolliert belüftetes, weniger dichtes Gebäude mit einem wenig energiebewussten Nutzer und einem tiefen WRG-Wirkungsgrad (KWL hoch)

Parameter Aussenluft-Volumenstrom pro Energiebezugsfläche ( $\text{m}^3/\text{h m}^2$ )	Gebäude mit natürlicher Lüftung (NL)		Gebäude mit kon- trollierter Lüftung (KWL)	
	NL tief	NL hoch	KWL tief	KWL hoch
• durch Benutzereinfluss	0.40	1.30	0.20	0.40
• durch Undichtigkeiten	0.15	0.30	0.15	0.30
• durch Lüftungsanlage	-	-	0.50	0.80
Total	0.55	1.60	0.85	1.50
Standardnutzung SIA 380/1	0.70			

Als Vergleich die Luftwechselrate bei 2.4 m Raumhöhe ( $\text{h}^{-1}$ )	0.23	0.67	0.35	0.62
---	------	------	------	------

Wirkungsgrad der WRG			85%	55%
----------------------	--	--	-----	-----

Vier Szenarien der  
Sensitivitäts-  
analyse

Tab. 3.3: Parameter für Sensitivitätsanalyse Lüftungswärmeverlust

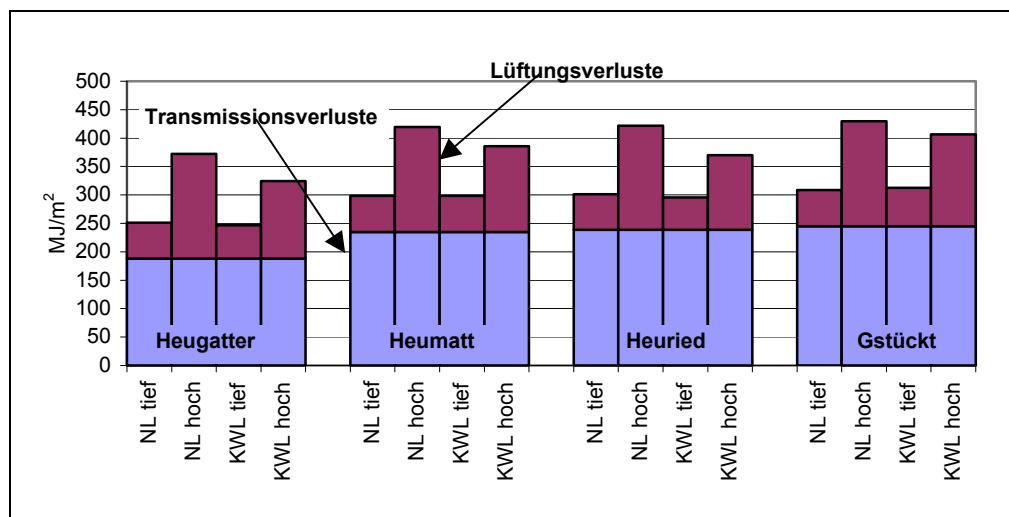


Abb. 3.4: Sensitivität der Lüftungswärmeverluste auf Lüftungskonzept, Luftdichtigkeit der Gebäudehülle und Benutzerverhalten für Fallbeispiele

Der Einfluss des Benutzerverhaltens und der Luftdichtigkeit der Gebäudehülle auf die Lüftungswärmeverluste ist beachtlich. Die auftretenden Unterschiede sind bei einer kontrollierten Wohnungslüftung geringer als bei natürlicher Lüftung, aber dennoch beträchtlich. Bei einem optimal lüftenden Nutzer kann durch eine kontrollierte Wohnungslüftung höchstens eine geringe Wärmeersparnis erzielt werden. Diese rein energetische Betrachtungsweise lässt die unterschiedliche Raumluftqualität ausser acht.

Der Einfluss des  
Nutzers ist be-  
trächtlich

### 3.3 Elektrizitätsbedarf von Lüftungsanlagen

Eine Vergleichsrechnung an den vier Fallbeispielen zeigt, dass der Elektrizitätsbedarf für die kontrollierte Wohnungslüftung stark von der Planungs- und Ausführungsqualität der Anlage abhängig ist. Eine Verschlechterung des Motorwirkungsgrades und eine leichte Erhöhung des Druckverlustes führen im MINERGIE-Nachweis zu einer starken Zunahme des Elektrizitätsbedarfes. Bei ungünstiger Auslegung übersteigt der gewichtete Elektrizitätsbedarf die Einsparung bei den Lüftungswärmeverlusten.

Elektrizitätsbedarf  
kann bei ungüns-  
tiger Auslegung  
Wärmeersparnis  
übersteigen

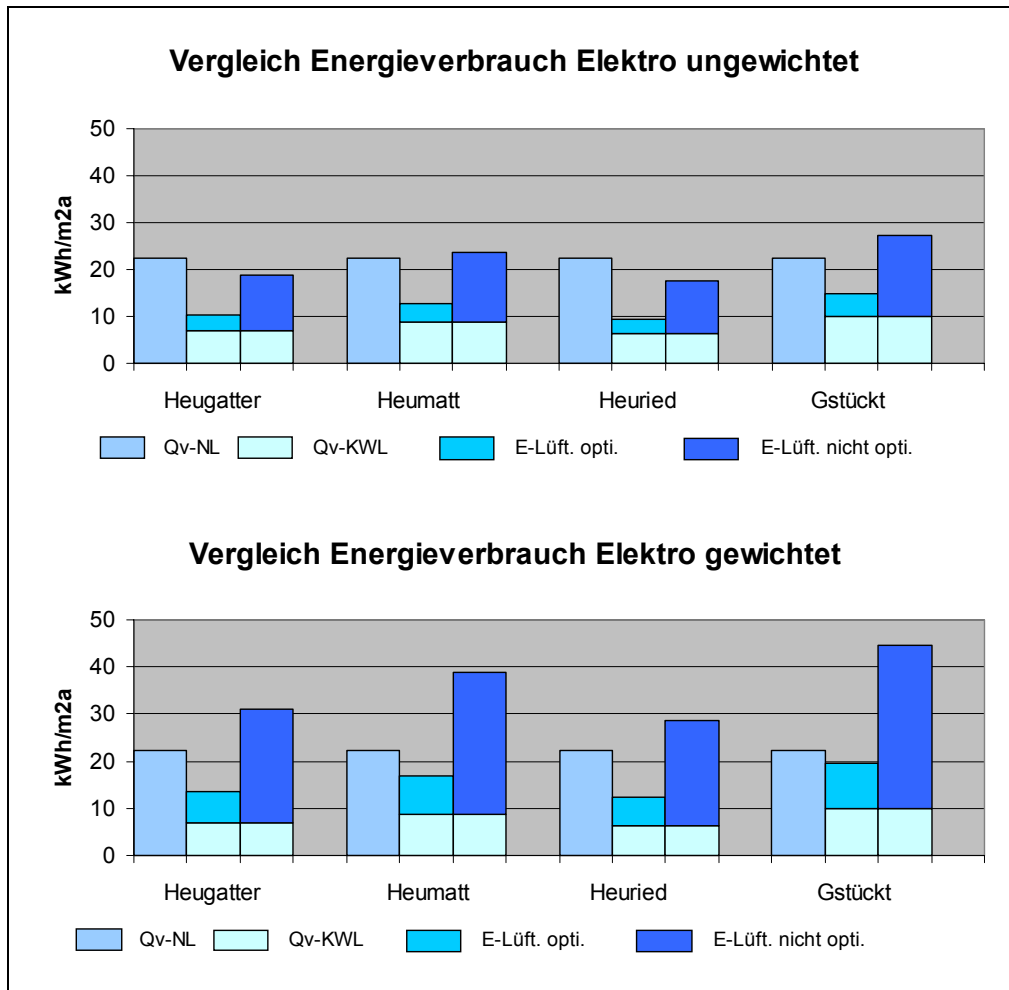


Abb. 3.5: Wärmebedarfsreduktion durch kontrollierte Lüftung im Vergleich zum zusätzlichen Elektrizitätsbedarf der Luftförderung bei optimaler resp. nicht optimaler Auslegung gemäss MINERGIE-Nachweis

Die folgende Tabelle zeigt einen Vergleich des Elektrizitätsbedarfs der unterschiedlichen Lüftungskonzepte berechnet nach MINERGIE am Fallbeispiel Heugatter (Energiebezugsfläche 1860m<sup>2</sup>).

Lüftungskonzept	Spezifischer Elektrizitätsbedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Spezifischer Elektrizitätsbedarf gewichtet (kWh/a)	Elektrizitätsbedarf (kWh/a)
Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung	3.3	6.6	6138
Abluftanlage mit Aussenluftdurchlässen	4.2	8.4	7812
Einzelraum-Komfortlüftung	1.9	3.6	3534
Komfortlüftung mit Wärmepumpe	2.4	4.8	4464
Abluftanlage mit Wärmepumpe	3.3	6.6	6138
Automatische Fensterlüftung	0.1	0.2	186

Tab. 3.6: Elektrizitätsbedarf von unterschiedlichen Lüftungskonzepten



### 3.4 Lärmschutz

Die kontrollierte Wohnungslüftung ermöglicht den ständigen Aufenthalt in Räumen bei geschlossenen Fenstern. An lärmbelasteten Standorten bietet daher der Einbau einer Lüftungsanlage eine markante Steigerung der Wohnqualität.

Lärmschutz ist oft Hauptkriterium

Eine Lüftungsanlage kann aber selber zur relevanten Lärmquelle werden. Die folgenden Problempunkte sind durch entsprechende Massnahmen bei der Planung und Ausführung zu vermeiden:

Lüftung als Lärmquelle

- Luftströmungsgeräusche,
- Ventilationsgeräusche (Motoren),
- Telephonieeffekte von Raum zu Raum.

Bei Abluftanlagen mit Nachströmöffnungen in der Fassade sind zusätzlich folgende Punkte zu beachten:

- Schallschutz der Nachströmöffnung gegen Aussenlärm.
- Verminderter Schallschutz von Zimmern z. B. in den Korridor durch die notwendigen Nachströmöffnungen z.B. in Form eines grösseren Türschlitzes.

### 3.5 Feuchtehaushalt

Die Feuchteproduktion in einer typischen Wohnung ist abhängig von den Gewohnheiten der Nutzer. Pro Tag werden durchschnittlich ca. 12 Liter Wasser freigesetzt. Die grössten Quellen sind: Duschen, Baden, Kochen, Wäschetrocknen, Bewohner, Pflanzen etc. (vgl. Tabelle 3.7).

Feuchtehaushalt muss beachtet werden.

Feuchtequelle	Feuchteproduktion G (g/h oder Einheit)
Person, leichte Arbeit	30 - 60
Person, Hausarbeit	60 - 90
Person, schwere Arbeit	100 - 200
Trocknende Wäsche 4.5 kg geschleudert	50 - 200
Waschmaschine	200 - 350
Kochen	400 - 800
Geschirrspüler	200 - 400
Duschen	1500 - 3000
Wannenbad	600 - 1200
Offene Wasserfläche (pro m2)	30 - 50
Topfpflanze	7 - 15
Gummibaum (Ficus)	10 - 20

Tab. 3.7: Feuchteproduktion

Die Bedeutung der Luftwechselrate zeigt die Abschätzung am Beispiel einer Wohnung von 75 m<sup>2</sup> Wohnfläche und 2,4 m Raumhöhe. Bei 20°C Innenlufttemperatur, 50% Innenluftfeuchte, 0°C Aussenlufttemperatur, 50% Aussenluftfeuchte und einer durchschnittlichen Luftwechselrate im Winter von 0,4 h<sup>-1</sup> werden täglich rund 10 Liter Wasser<sup>4</sup> abgeführt. Dies bedeutet, dass sich die relative Raumluftfeuchtigkeit bei einer Luftwechselrate, die im Durchschnitt kleiner ist als ca. 0.4 h<sup>-1</sup> (vgl. Abschnitt 3.3), laufend erhöht. Dies kann in der Folge zu Oberflächenkondensat an ungenügend gedämmten Oberflächen führen.

In dichten Gebäuden wird es schnell "feucht".

<sup>4</sup> 75m<sup>2</sup> \* 2,40 m \* (8,7 g/m<sup>3</sup> - 2,4 g/m<sup>3</sup>) \* 0,4 h<sup>-1</sup> \* 24 h = 9980 g



### 3.6 Luftqualität

Der Mensch verbraucht je nach Art der Tätigkeit permanent Frischluft. Die folgende Tabelle zeigt die Grössenordnungen.

Luftqualität /  
Frischlufbedarf

Art der Tätigkeit	Ausgeatmetes Kohlendioxid (l/h)	Notwendige Frischluftmenge (m <sup>3</sup> /h)
Schlafen / Ruhen	10 - 13	17 - 21
Lesen / Fernsehen	12 - 16	20 - 26
Schreibtischarbeit	19 - 26	32 - 42
Hausfrau /-mann	32 - 43	55 - 72
Handwerker/in	55 - 75	90 - 130

Tab. 3.8: Kohlendioxidproduktion und Frischluftmenge

Beispielrechnung: In einem Schlafzimmer von 15m<sup>2</sup> Bodenfläche, einer Raumhöhe von 2,4 m (Volumen = 36 m<sup>3</sup>) und einem natürlichen Luftwechsel bei geschlossenen Fenstern von 0.15 h<sup>-1</sup> das von einer Person belegt ist (Frischlufbedarf ca. 20 m<sup>3</sup>/h) ist die Frischluft nach etwas mehr als 2 Stunden verbraucht.

Das bedeutet: Bei den heute dicht gebauten Gebäuden müsste eine schlafende Person ca. alle 2 Stunden aufstehen und kurz lüften, damit sie nicht in ihrer eigenen schlechten Luft schlafen muss.

Je nach Anlagentyp können Zuluftfilter die Luftqualität z.B. für Allergiker verbessern. In Feinfiltern können Pollen, Russ und Staubteilchen aus der Zuluft herausgefiltert werden.

Bessere Zuluft-  
qualität

Aus anlagentechnischer Sicht ist ein Filter kurz nach der Luftfassung zwingend, um die Verschmutzung der Zuluftkanäle zu minimieren.

Jede Lüftungsanlage - auch eine Wohnungslüftung - muss gewartet werden. Dies bedeutet, dass es möglich sein muss die Kanäle periodisch zu reinigen. Dies muss bei der Planung beachtet werden, da sonst die Lüftungskanäle längerfristig verschmutzen.

Hygienische An-  
forderungen:  
Wartung und Rei-  
nigung

### 3.7 Weitere Aspekte

Dank der kontrollierten Wohnungslüftung müssen im Winter die Fenster nur noch in Ausnahmefällen geöffnet werden. Ständig geöffnete Kippfenster und dauernd ausströmende feuchte Luft gehören somit der Vergangenheit an. Dadurch entfällt einer der Risikofaktoren für die lästige Algenbildung an der Fassade.

Reduktion der Al-  
genbildung an den  
Fassaden

Um die Risiken beim Einbau einer kontrollierten Lüftung zu minimieren, sind in der Planung entsprechende Qualitätssicherungsmassnahmen vorzusehen.

Qualitäts-  
sicherung ist  
zwingend

Zwingend ist sowohl bei natürlicher als auch bei kontrollierter Lüftung die Benutzerorientierung mit schriftlichen Unterlagen "Wie funktioniert die kontrollierte Lüftungsanlage?". Ebenso sollte der zuständige Hauswart instruiert sein und auf Fragen der Benutzer kompetent Antwort geben können.

Benutzer informie-  
ren

## 4 MINERGIE-Anforderungen

### 4.1 Vergleich von MINERGIE- mit gesetzlichen Anforderungen

Zuerst wird mittels einer Parameterstudie der MINERGIE-Standard für Mehrfamilienhäuser mit den gesetzlichen Anforderungen (SIA 380/1) verglichen. Als Vereinfachung wird der Unterschied zwischen Standardluftwechsel und kontrollierter Lüftung vernachlässigt. Der gesetzlich zulässige Grenzwert (Systemanforderung 140% des Neubau-Grenzwertes  $H_g$ ) wie auch die MINERGIE-Primäranforderung an die Gebäudehülle (120%  $H_g$ ) nehmen mit zunehmendem Verhältnis von Oberflächen zu Energiebezugsfläche ( $A/EBF$ ) zu. Die MINERGIE-Kennzahl wird für verschiedene Wärmeversorgungssysteme (gewichteter Nutzungsgrad nach MINERGIE) ermittelt und mit dem Grenzwert von  $80 \text{ kWh/m}^2$  für Mehrfamilienhäuser verglichen.

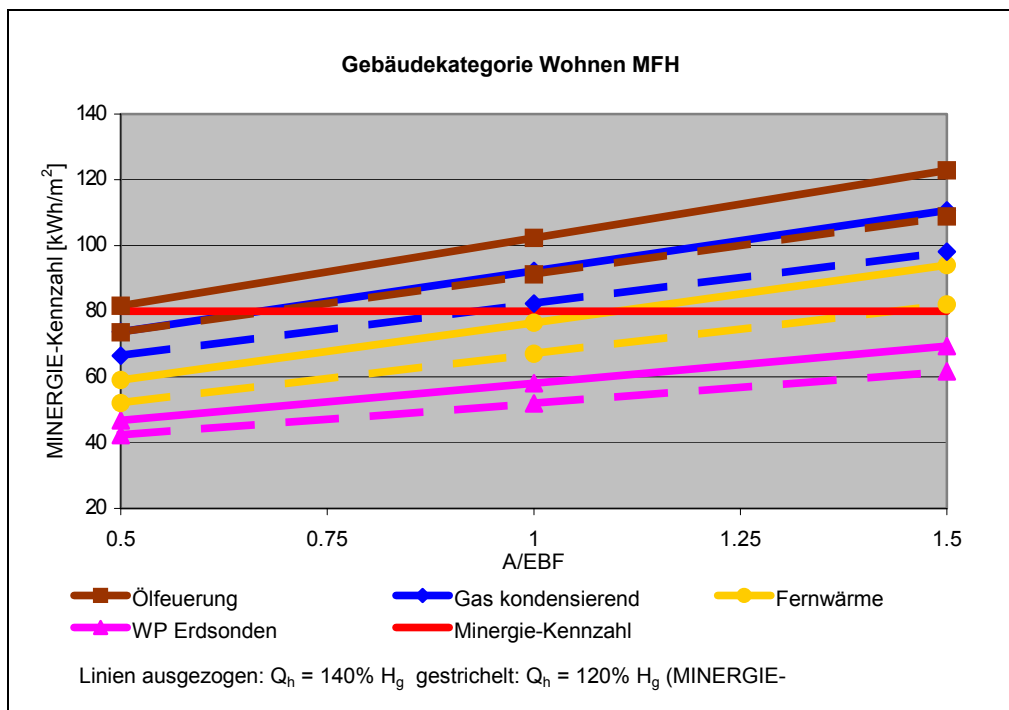


Abb. 4.1: Vergleich von MINERGIE- und gesetzlichen Anforderungen für verschiedene Wärmeversorgungssysteme

Bei den gesetzlichen Anforderungen steigt der Endenergiebedarf mit abnehmender Kompaktheit linear an. Dies gilt auch für kompakte Gebäude, bei denen die Primäranforderung massgebend ist, bis der konstante MINERGIE-Grenzwert erreicht wird. Für  $A/EBF$  von 1.0 z.B. liegen die MINERGIE-Anforderungen für Wärmepumpe, Fernwärme und kondensierende Gasfeuerung bei 86 bis 89% der gesetzlichen Anforderungen, für Ölfeuerung bei 78%. Für  $A/EBF$  von 1.3 bleiben die Verhältnisse bei Wärmepumpe und Fernwärme unverändert und sinken für kondensierende Gaskessel auf 77% und Ölfeuerung auf 70%. Dies zeigt, dass die Differenz zwischen den gesetzlichen Anforderungen und MINERGIE sowohl von der Kompaktheit des Baukörpers als auch vom Wärmeversorgungssystem abhängig ist.

## 4.2 Fallbeispiele

### 4.2.1 Gebäudehülle: MINERGIE-Primäranforderung

Der nachfolgende Vergleich zeigt die MINERGIE Primäranforderung der vier Fallbeispiele. Die Anforderungen nach MINERGIE liegen bei 120% des Grenzwertes des Heizwärmebedarfes  $H_g$  nach SIA 380/1; also 20 Prozentpunkte tiefer als die gesetzlichen Vorgaben von 140%  $H_g$ .

Primäranforderung  
120% von  $H_g$

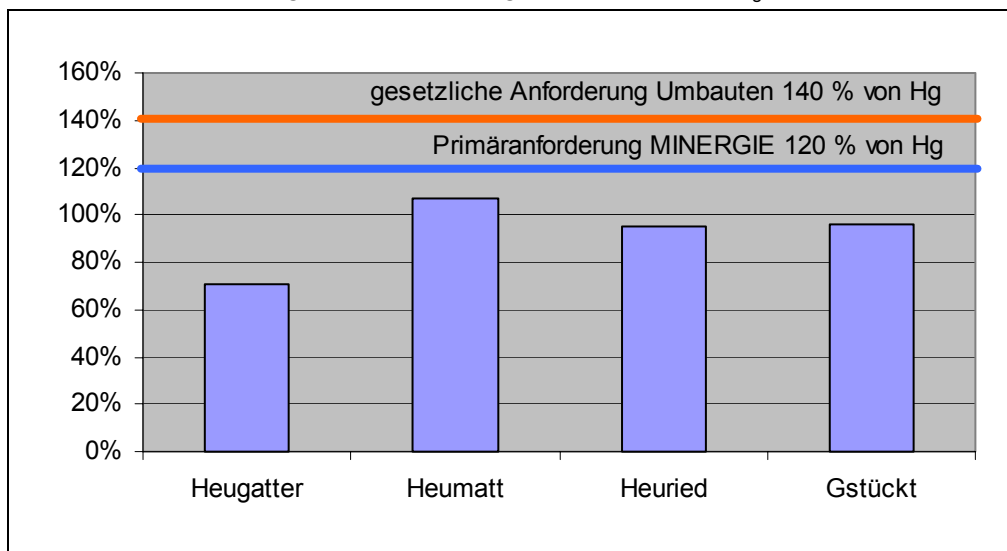


Abb. 4.2: Heizwärmebedarf der Fallbeispiele im Vergleich zu den Anforderungen

Die Grafik zeigt, dass die MINERGIE-Primäranforderung von allen Fallbeispielen eingehalten wird. Der effektive Heizwärmebedarf schwankt zwischen 71% des Grenzwertes  $H_g$  (Heugatter) und 104% (Heumatt). Alle Gebäude werden mit einer Aussenwärmedämmung versehen, welche das Erreichen der Primäranforderung relativ einfach ermöglicht. Gleichzeitig wird ein erheblicher Komfortgewinn (höhere Oberflächentemperatur) erzielt und somit die Gefahr von Bauschäden (z.B. Schimmelpilzbildung in Innenräumen) verringert. Für Bauten, welche nicht mit einer Aussenwärmedämmung versehen werden können, ist diese Aussage nicht repräsentativ.



## 4.2.2 Wärmeerzeugung

Der Endenergiebedarf kann auch mit der Wahl des Wärmeversorgungskonzeptes beeinflusst werden. Die Voraussetzungen für die einzelnen Konzepte müssen in der Vorprojektphase geprüft und die Kosten ermittelt werden.

Der folgende Vergleich zeigt - unabhängig von den tatsächlichen Rahmenbedingungen der einzelnen Fallbeispiele - das Optimierungspotenzial durch eine entsprechende Wahl der Wärmeerzeugung. Der Vergleich wurde mit den MINERGIE-Vorgaben für den Nutzungsgrad und die Gewichtung der Energieträger durchgeführt. Aus der Vielzahl von Möglichkeiten wurden 13 Varianten ausgewählt.

Reduktion des Endenergiebedarfes durch Wahl der Wärmeversorgungskonzeptes

Heizungsvarianten n/g	V0	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12
Öl oder Gasfeuerung normal	0.85	0.85			0.85								
Ölfeuerung kondensierend			0.91				0.91						
Gasfeuerung kondensierend				0.95		0.95		0.95					
Fernwärme KVA										1			
Holzfeuerung									1.25				
WP mit Oberflächengewässer indirekt											1.35		
WP mit Erdwärmesonde												1.55	
WP Grundwasser direkt													1.6
BHKW mit 60% Deckung						1.15							
<b>Warmwasservarianten n/g</b>													
Sonnenkollektoranlage mit 50% Deckung	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein
Elektro-Wassererwärmer	0.45												
Öl oder Gasfeuerung normal		0.85			0.85								
Ölfeuerung kondensierend			0.88				0.88						
Gasfeuerung kondensierend				0.92		0.92		0.92					
Fernwärme KVA										2			
Holzfeuerung									1.25				
WP mit Oberflächengewässer indirekt											1.35		
WP mit Erdwärmesonde												1.35	
WP Grundwasser direkt													1.45
BHKW mit 60% Deckung						1.15							

13 Varianten

Tab. 4.3: 13 Varianten von Wärmeerzeugungskonzepten mit dem Verhältnis "Nutzungsgrad / Gewichtung"

Die folgende Grafik zeigt, am Fallbeispiel Heuried, das Optimierungspotenzial gegenüber der Variante „0“. Je nach Verhältnis von Heizwärmebedarf zu Wärmebedarf Warmwasser verschiebt sich die unten dargestellte Kurve leicht von Fallbeispiel zu Fallbeispiel.

Optimierungspotenzial bis 55%

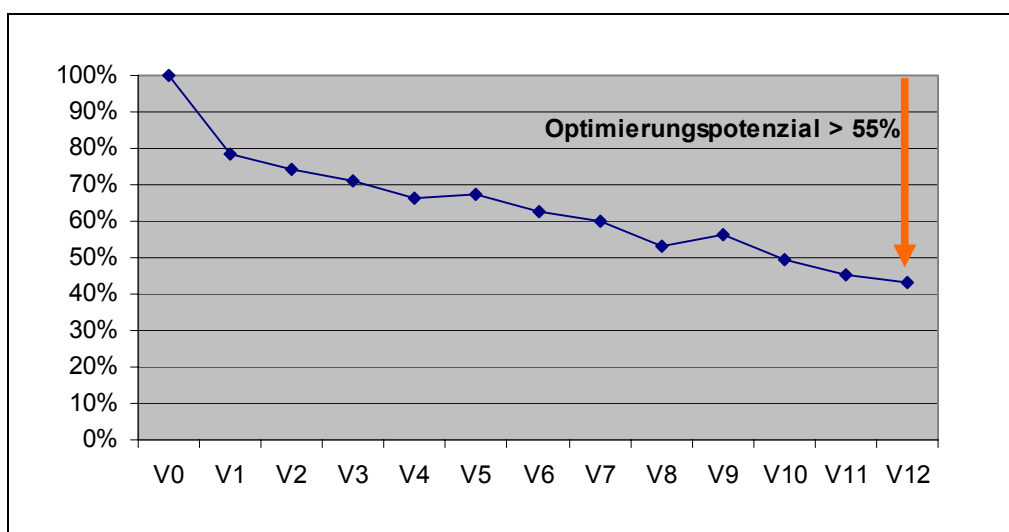
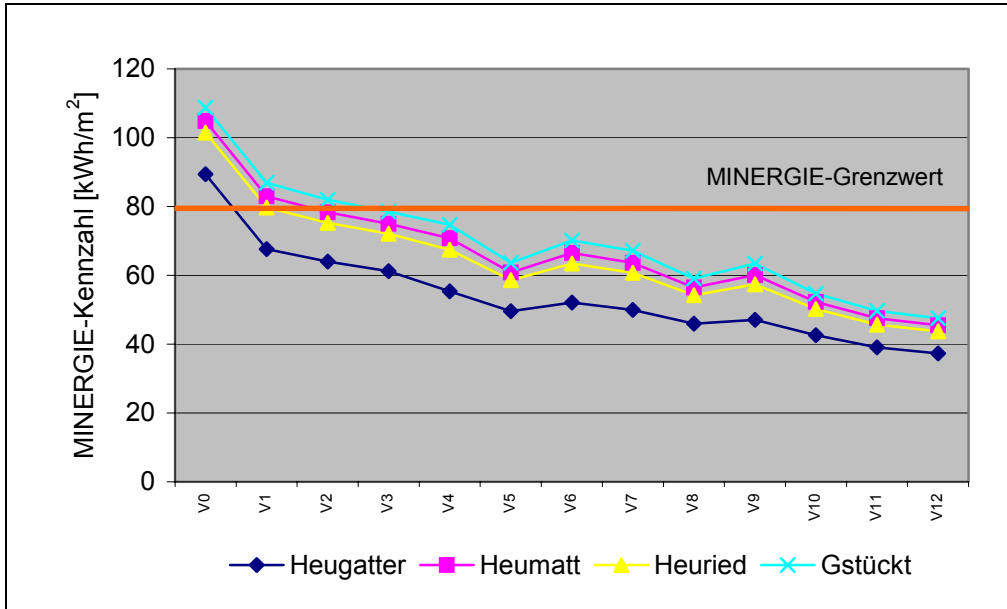


Abb. 4.4: Gewichteter Endenergiebedarf für die Wärmeerzeugungsvarianten am Fallbeispiel Heuried

### 4.3 MINERGIE-Kennzahl

Der aus Wärmebedarf und Nutzungsgrad ermittelte gewichtete Endenergiebedarf wird mit dem MINERGIE-Grenzwert für Sanierungen verglichen.



MINERGIE-Grenzwert wird in diesen Objekten auch ohne kontrollierte Lüftung erreicht

Abb. 4.5: MINERGIE-Kennzahl der Fallbeispiele ohne kontrollierte Wohnungslüftung

Der Grenzwert MINERGIE kann auch ohne kontrollierte Wohnungslüftung bei den allermeisten Varianten eingehalten werden.

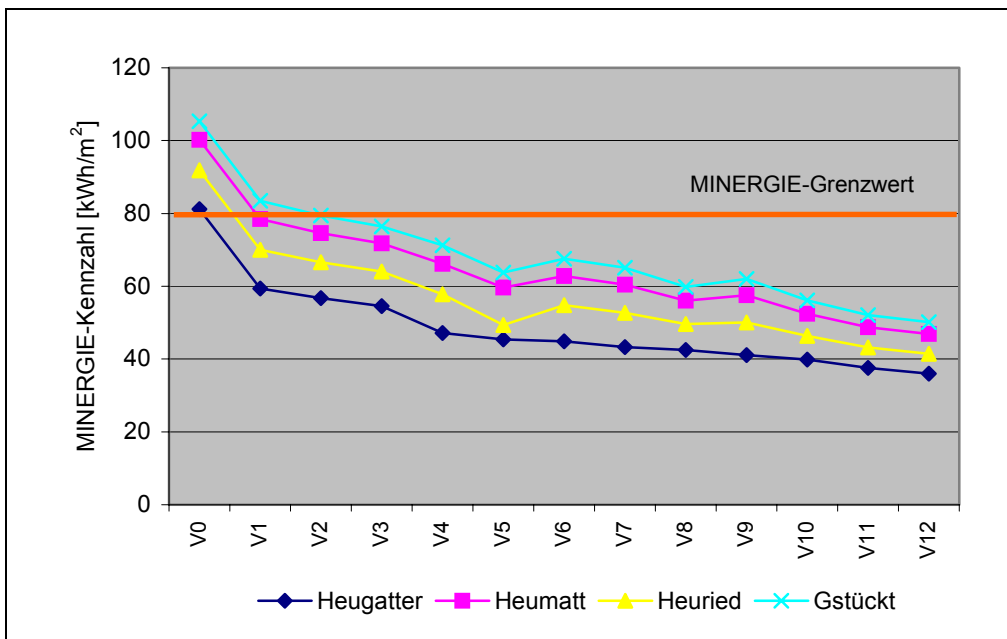


Abb. 4.6: MINERGIE-Kennzahl der Fallbeispiele mit kontrollierter Wohnungslüftung

Mit der kontrollierten Lüftung wird der MINERGIE-Grenzwert bei weiteren Varianten eingehalten.

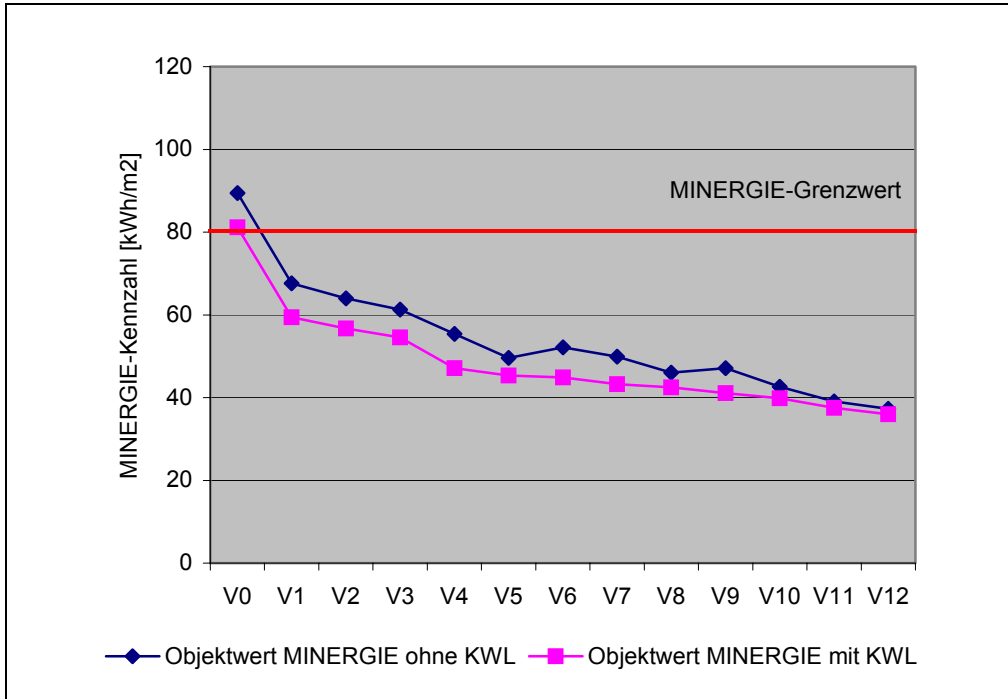


Abb. 4.7: Vergleich des Fallbeispiels „Heugatter“ mit und ohne kontrollierte Lüftung

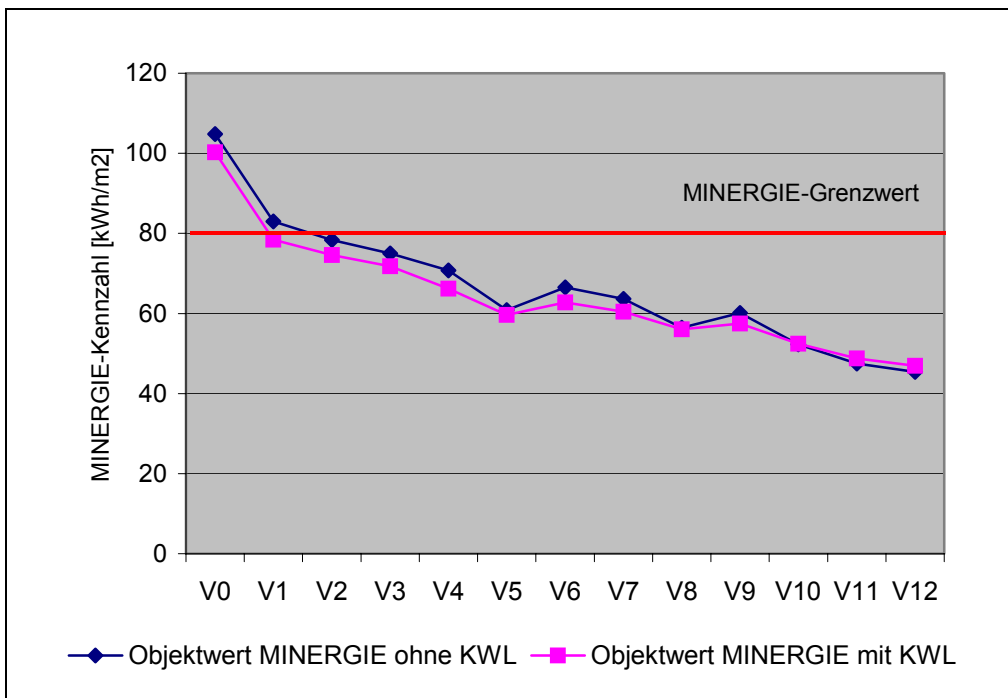


Abb. 4.8: Vergleich des Fallbeispiels „Heumatt“ mit und ohne kontrollierte Lüftung

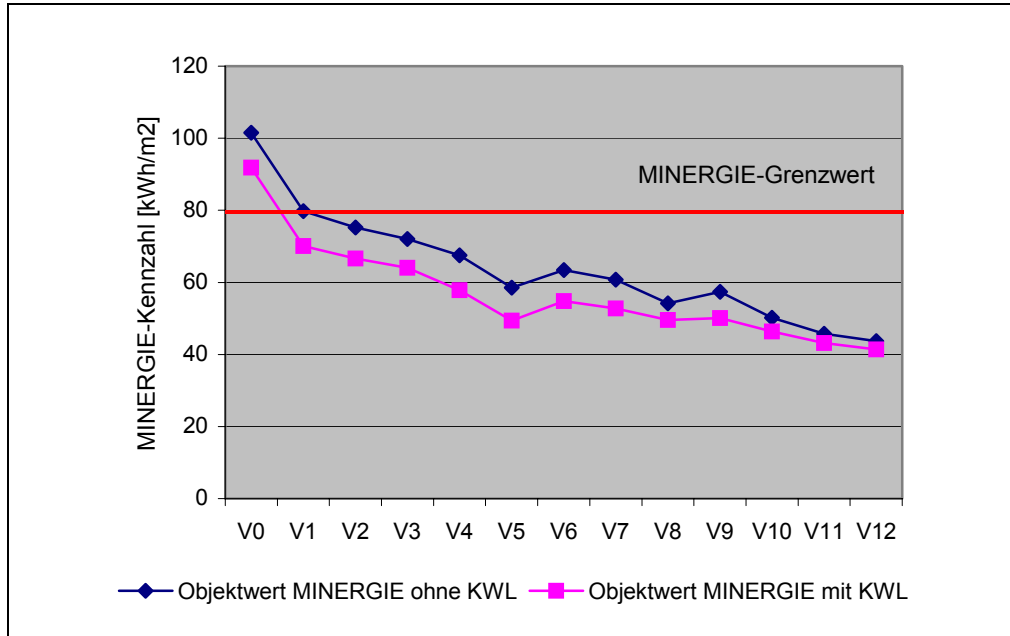


Abb. 4.9: Vergleich des Fallbeispiels „Heuried“ mit und ohne kontrollierte Lüftung

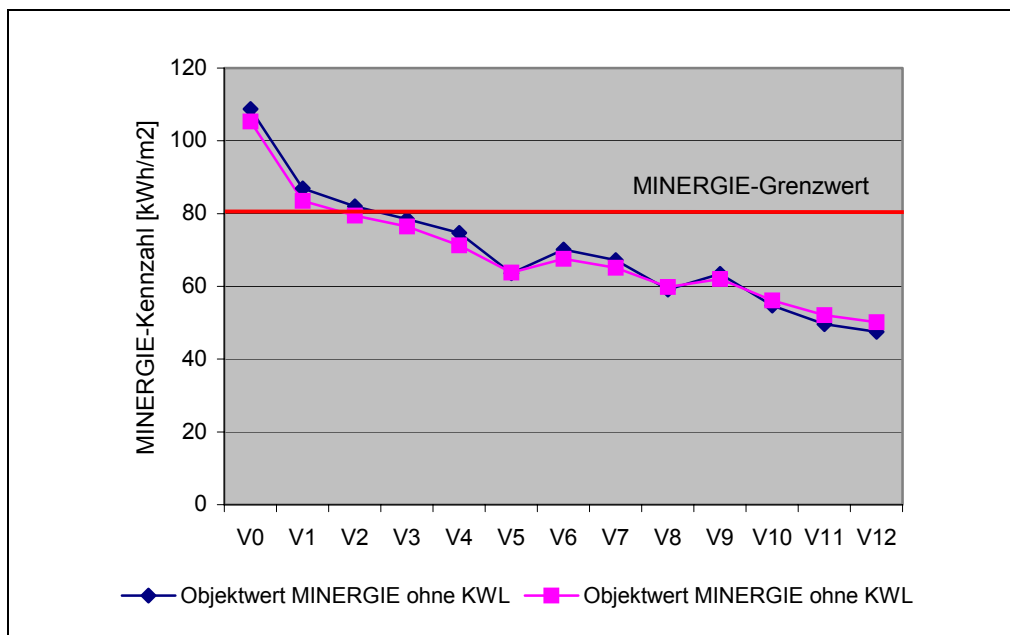


Abb. 4.10: Vergleich des Fallbeispiels „Gstückt“ mit und ohne kontrollierte Lüftung

Bei allen vier Beispielobjekten zeigt sich ein ähnliches Bild. Der Grenzwert MINERGIE kann mit den vorgesehenen Dämmstärken relativ einfach eingehalten werden. Die Optimierungsmöglichkeiten auf der Wärmeversorgungsseite müssen dazu nicht ausgeschöpft werden. Sie bieten aber die Möglichkeit, bei geeigneten Voraussetzungen, einen zusätzlichen Beitrag zur Energieeffizienz zu leisten.



## 5 Erkenntnisse und Empfehlungen

### 5.1 Erkenntnisse

Der MINERGIE-Standard fördert nachweisbar die nachhaltige Bauweise und durch die Festsetzung einfacher Energiestandards wird das Thema Energie frühzeitig im Projektablauf diskutierbar. Die Vorgabe, dass auch bei Erneuerungsprojekten im Wohnungsbau eine mechanische Komfortlüftung zwingend vorzusehen ist, bewirkt bei vielen Projekten gute Gesamtlösungen dadurch dass,

- der Wohnkomfort an lärmgeplagten Standorten gesteigert werden kann,
- das Bauschadenrisiko ungenügend gedämmter Baukonstruktionen minimiert wird und
- der energetisch ungünstige Benutzereinfluss bei Fensterlüftung tendenziell vermindert wird (Begrenzung des Verbrauchs gegen oben).

**MINERGIE fördert die Energieeffizienz und Behaglichkeit**

Die von MINERGIE an die Gebäudehülle gestellte Primäranforderung kann bei Mehrfamilienhäusern, welche sich für eine Aussenwärmedämmung eignen, ohne weiteres eingehalten werden (vgl. Fallbeispiele). Allerdings sind auch Fälle bekannt, bei denen dies einen grösseren Aufwand bedingt (z.B. denkmalgeschützte Fassaden, grosse unterirdische Gebäudeteile).

**Primäranforderung ist erreichbar**

Die Untersuchungen zeigen, dass die Energieverbrauchsreduktion durch eine kontrollierte Wohnungslüftung (KWL) bei Berücksichtigung des zusätzlichen Elektrizitätsbedarfes der Luftförderung in der Regel relativ bescheiden ausfällt. Da die ganze Technologie der KWL noch in der Entwicklung steht, sind hier aber sicher noch Fortschritte zu erwarten.

**KWL hilft primär Bauschäden zu vermeiden und die Behaglichkeit zu verbessern**

Ein effizientes Wärmeversorgungskonzept kann einen substanziellen Beitrag zur Erreichung des MINERGIE-Grenzwertes leisten. Die Palette der möglichen Systeme beinhaltet ein energetisches Potential von 45-60%. Dabei stehen Fernwärmeanschluss, thermische Solaranlagen, Wärmepumpen, Holzheizungen und Blockheizkraftwerke im Vordergrund. Diese Möglichkeiten sind vor allem bei Objekten mit erschwerten Bedingungen zur Realisierung einer Aussendämmung konsequent zu nutzen.

**Wärmeerzeugung bietet grosses Effizienzpotenzial**

Bei Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben (Systemanforderung SIA 380/1) wird für fossile Wärmeerzeugung je nach Energieträger und Gebäudekompaktheit Endenergiebedarf von 320 bis 420 MJ/m<sup>2</sup> erreicht. D.h. der neue Standard bewirkt eine energetische Verbesserung von 10 bis 40%. Gegenüber den gesetzlichen Vorgaben (Einzelanforderung) kann die Einsparung sogar noch höher ausfallen.

**Energetische Hebelwirkung**

Obwohl in dieser Studie nicht weiter thematisiert, haben von der Stadt Zürich veranlasste Untersuchungen<sup>5</sup> gezeigt, dass in Wohnbauten auch bei der Wahl der Haushaltgeräte ein beachtliches energetisches Potenzial besteht. Die Beschaffung derartiger Geräte ist wirtschaftlich sehr günstig und stösst bei Betreibern und Nutzern auf grosse Akzeptanz.

**Grosses Energieeffizienzpotenzial auch bei Haushaltgeräten**

---

<sup>5</sup> Einflussnahme institutioneller Bauherrschaften: Stadt Zürich, H. Gugerli, Vortrag, Appliance Summit 03, 30.10.2003, Zürich  
AHB Stadt Zürich  
Standard für energetisch vorbildliche Instandsetzungen von Wohnbauten



## 5.2 Energiestandards für Instandsetzungen

- Die Stadt Zürich setzt auch bei den Sanierungen mit einem angestrebten Flächenanteil von 25% nach wie vor auf den MINERGIE-Standard, welcher neben den energetischen Anforderungen eine hohe Behaglichkeit gewährleistet und die langfristige Werterhaltung sicherstellt.

**MINERGIE-Sanierungen**

Für die Instandsetzung von stadteigenen Bauten wird empfohlen, die Einführung eines energetisch „vorbildlichen“ Standards, welcher über das baurechtlich vorgeschriebene Mass hinausgeht, zu prüfen. Ein derartiger Standard könnte auch für Bauten, welche städtische Unterstützungsleistungen (z.B. Baurechte, finanzielle Beiträge etc.) erhalten, angewendet werden. Zentrales Element dieses Standards ist – abgesehen von den baurechtlichen Anforderungen - die Einhaltung des MINERGIE-Grenzwertes. Die weiteren Vorgaben für MINERGIE-Bauten (Primäranforderung, kontrollierte Lüftung) sind jedoch kein zwingender Bestandteil dieses Standards. Dies erlaubt eine Entkopplung der Umweltvorgaben von den Behaglichkeitsanforderungen, wobei die Vorgaben der SIA 180 einzuhalten sind. Für die Einhaltung der energetischen Anforderungen besteht eine wesentlich grössere Flexibilität, in dem ein wirtschaftlich optimales Paket aus den folgenden Massnahmen zusammengestellt werden kann:

**Energetisch „vorbildliche“ Instandsetzung**

- Wärmedämmung der Gebäudehülle
- Kontrollierte Lüftung (insbesondere auch zur Vermeidung von Bauschäden bei nichtgedämmter Gebäudehülle oder Wärmebrücken)
- Wärmeerzeugung inkl. erneuerbarer Energien (durch die in den letzten 10 Jahren durchgeführten LRV-Sanierungen erfolgt heute die Sanierung der Wärmeversorgung allerdings oft entkoppelt von der baulichen Erneuerung)

Bauten, bei denen lediglich Massnahmen mit einer geringeren Eingriffstiefe geplant sind (Instandhaltung), werden in der Regel nur die baurechtlichen Anforderungen erfüllen (oft Einzelanforderungen). Im Sinne einer langfristigen Strategie ist zu prüfen, ob derartige Objekte über eine MINERGIE-Modullösung zu einem späteren Zeitpunkt den MINERGIE-Standard oder zumindest den energetisch „vorbildlichen“ Standard erfüllen können.

**Gesetzliche Anforderungen**



### 5.3 Empfehlungen

Im Sinne eines strategischen und nachhaltigen Portfoliomanagements wird ein differenzierter Ansatz bei energetischen Erneuerungen auf den MINERGIE-Grenzwert empfohlen. Die Stadt Zürich als professionelle Bauherren hat die organisatorischen und personellen Voraussetzungen, um Erneuerungsvorhaben differenziert beurteilen zu können.

**Differenziertes Vorgehen bei energetischen Erneuerungen**

Die Einführung des neuen Standards für Instandsetzungen stellt eine Massnahme im Rahmen des Masterplanes Energie dar und wird in diesem Sinne den Entscheidungsträgern im Hochbaudepartement und in weiteren städtischen Departementen unterbreitet. Für die Anwendung auf Bauten, welche städtische Unterstützungsleistungen erhalten, ist das Finanzdepartement federführend.

**Vorgehen bei Entscheidung zur Einführung des neuen Energiestandards**

Zur Vorbereitung der Einführung des neuen Standards sind noch weitere Abklärungen erforderlich:

**Abklärungen zur Vorbereitung der Einführung**

- Die vorliegende Studie behandelt nur Wohnbauten (Mehrfamilienhäuser). Für weitere Nutzungen müssen die Grundlagen erst noch geschaffen werden.
- Als Hilfsmittel für Projektleitende und Planer soll eine Checkliste erarbeitet werden, welche auf einfache Art und Weise die Beurteilungskriterien und einen standardisierten Entscheidungsablauf aufzeigt.

Bei der Planung, Ausführung und Inbetriebsetzung von Instandsetzungen mit grösserer Eingriffstiefe - sei dies nach MINERGIE oder dem in dieser Untersuchung vorgeschlagenen energetisch „vorbildlichen“ Standard - gelten grundsätzlich erhöhte Anforderungen:

**Erhöhte Anforderungen für Planung, Ausführung und Inbetriebsetzung von Instandsetzungen**

- Frühzeitiges integrales Variantenstudium betreffend Gebäudehülle und Lüftungskonzept
- Qualitätssicherung bei der Planung und Ausführung (insbesondere auch für mechanische Lüftungsanlagen: Schallprobleme, Elektrizitätsbedarf)
- Nachweis der vereinbarten Behaglichkeit und des Energieverbrauchs im Betrieb (z.B. durch eine einjährige Erfolgskontrolle nach Abschluss der Mängelbehebung)



## 6 Literatur

- [1] Wohnungslüftung, Kap. 16 [Dokumentation PDF]
- [2] Wohnungslüftung mit und ohne Wärmerückgewinnung, Dipl.-Phys. Johannes Werner, ebök, D-Tübingen
- [3] Dichtheit der Umfassungsflächen und Wohnungslüftung, Heinz Ehrenfried, IEMB Info 8, 2001
- [4] Nutzerakzeptanz von Lüftungsanlagen in Österreich, bmvit, Mai 2001
- [5] Heizung- und Lüftungssteuerung im Mehrfamilienhaus, BINE Informationsdienst, 9. 2000
- [6] Komfortlüftung im Wohnblock, Energie Innovation, INFOENERGIE + Synthèse Développement et Conception s.a.r.l.
- [7] Zur Zuluftsicherung von nahezu fugendichten Gebäuden mittels dezentraler Lüftungseinrichtungen, Dipl.-Ing. Dirk Reichel, Dissertation 1999
- [8] Der Einfluss des Nutzerverhaltens, Dipl.-Ing. Werner EickeHennig, IMPULS-Programm Hessen, D-Darmstadt
- [9] Mechanische Lüftungsanlagen im Wohnungsbau, Merkblatt UGZ, März 2001
- [10] Ein Jahr in der "Gartenhofsiedlung Lummerlund" – Messergebnisse aus 22 Passivhäusern in Wiesbaden, IWU, Loga, Groskloss, Feist, D-Darmstadt
- [11] Gekippt oder geregelt ? bauphysikalische Erkenntnisse über das Lüften, U. Münzenberg und J. Thumulla, Wohnung + Gesundheit, Heft Sommer 2002
- [12] Lüftung im Wohngebäude, Energiesparinformationen 8, IWU D-Darmstadt
- [13] Kontrollierte Wohnungslüftung, Energiesparinformationen 9, IWU D-Darmstadt
- [14] Das Passivhauskonzept – Innovative Entwicklungen für den aktiven Umweltschutz, Dr. W. Feist
- [15] Untersuchungen zur Luftdichtheit von Mehrfamilienhäusern in massiver Bauweise, W. Richter und D. Reichel, GI Gesundheits-Ingenieur, Heft 5, 1998
- [16] Grenzkosten bei forcierten Energie-Effizienzmaßnahmen in Wohngebäuden, CEPE + ETHZ, September 2002
- [17] Mehrfamilienhaus Holinger, Oberdorf BL Messungen und Simulationen, M. Blatter und D. Brühwiler, Dezember 2000
- [18] Wohnungslüftung – Notwendigkeit, Außenluftbedarf und Realisierung, E: Heinz, Informationsblatt IEMB 5/97 : Luftaustausch in Wohnungen
- [19] Innenraumklima, Wohngesundheit.de
- [20] Minergie und Passivhaus : zwei Standards im Vergleich, K. Viriden, J. Wydler, ZHW, Oktober 2001
- [21] Kontrollierte Wohnungslüftung, Infoblatt INFOENERGIE, 1997
- [22] Lüftungs- und Abgassystem (LAS) für Niedrigenergiehäuser, P. Häusler, HTA Luzern, EMPA
- [23] Feuchtigkeitsabfuhr aus Wohnungen durch natürliche Lüftung, Dipl.-Ing. R. Daler, ift Rosenheim
- [24] Luftbedarf – Nutzerverhalten / Akzeptanz, B. Doll
- [25] Lüftungsaustausch, Ingenieurbüro Peter Rauch, [www.ib-rauch.de](http://www.ib-rauch.de)
- [26] Experimentelle Quantifizierung des Luftwechsels bei Fensterlüftung, A. Maas, Dissertation, Kassel 1995



- [27] Mehrfamilien Focus in Uster, Erfolgskontrolle [Messbericht.pdf]
- [28] Das MINERGIE-Haus, Planungshilfe für Baufachleute, MINERGIE
- [29] MINERGIE Bewährte Lösungen, MINERGIE Ratgeber Wohnungs-Sanierungen
- [30] Ökologische Nachhaltigkeit im Wohnungsbau, A. Binz, M. Erb, G. Lehmann, FBB Muttenz, April 2000
- [31] Die optimale Heizung Empfehlungen zur Systemwahl, Energieschweiz
- [32] Lüftung im Passivhaus : höchste Effizienz ist unverzichtbar, Passivhaustagung, März 2003
- [33] Abluftanlage mit Außenluftdurchlässen, MINERGIE, 2002
- [34] Abluftanlage mit Wärmepumpe, MINERGIE, 2002
- [35] Automatisiertes Fenster, MINERGIE, 2002
- [36] Einzelraum Komfortlüftung, MINERGIE, 2002
- [37] Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung, MINERGIE, 2002
- [38] Sanieren nach Maß, Energieschweiz
- [39] Schimmelpilze, Wohngesundheit.de, März 2003
- [40] MINERGIE Anforderungen, MINERGIE
- [41] Neuerungen 2003, MINERGIE
- [42] Kritische Anmerkungen zur Zuluftversorgung von Etagenwohnungen, Dipl.-Ing. Dirk Reichel, Technik am Bau Dezember 1998
- [43] Umwelt, Gebäude & Gesundheit von Energieeffizienz zur Raumluftthygiene, AGÖF D-Springen-Eldagsen, 2001
- [44] Standard-Lüftungssysteme, MINERGIE
- [45] Mehrfamilienhäuser Wehntalerstrasse der Baugenossenschaft Waidmatt, Sanierung einer großen Wohnsiedlung nach MINERGIE, W. Hässig, Basler & Hoffmann Ingenieure und Planer AG, Zürich
- [46] Bau Dir dein Luftschloss ! Besteller-Kit für Komfortlüftungen, Energieschweiz
- [47] Luftwechsel: Wirkung und Verantwortung unseres Handelns, H. Preisig, Vortrag, Schweiz. Fachverband Fenster- und Fassadenbranche, 18.09.2003, Wettingen

## A1 Minergie-taugliche Lüftungssysteme

Prinzipschema	Beschreibung
	<p><b>Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung</b></p> <p><b>Beschrieb</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Häufigstes Lüftungssystem in MINERGIE-Häusern.</li> <li>• Geeignet für Altbauten und Neubauten.</li> <li>• Wärmerückgewinnung (WRG) zur Reduktion der Lüftungswärmeverluste und zur Vorwärmung der Zuluft.</li> <li>• Bei Mehrfamilienhäusern zentrale oder wohnungsweise Anlagen.</li> <li>• Einstufiger oder mehrstufiger Betrieb.</li> </ul> <p><b>Anforderungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sämtliche beheizten Räume einer Wohnung oder eines Gebäudes müssen mechanisch belüftet werden.</li> </ul> <p><b>Empfehlung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kombination mit Luft-Erd-Register oder verlängertem Luftansaug: garantiert Vereisungsschutz beim Lüftungsgerät und komfortable Zulufttemperaturen.</li> </ul>
	<p><b>Abluftanlage mit Aussenluftdurchlässen</b></p> <p><b>Beschrieb</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfache Abluftanlage ohne Wärmerückgewinnung.</li> <li>• Einsatz vorwiegend in bestehenden Wohnbauten, bei denen der Einbau eines Kanalnetzes für die Zuluft unmöglich ist.</li> <li>• Kostengünstige Verbesserung von herkömmlichen Abluftsystemen für Nasszellen.</li> <li>• Elektrizitätsverbrauch der Ventilatoren gegenüber Komfortlüftung reduziert.</li> <li>• Kein Luft-Erd-Register möglich.</li> </ul> <p><b>Anforderungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sämtliche Wohn-, Schlaf- und Arbeitsräume des Gebäudes müssen einen Aussenluft-Durchlass mit Filter aufweisen.</li> </ul> <p><b>Empfehlung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trotz dem einfachen Konzept ist eine sorgfältige Planung erforderlich.</li> </ul>
	<p><b>Einzelraum-Komfortlüftung</b></p> <p><b>Beschrieb</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• System für die Komfortlüftung einzelner Räume.</li> <li>• Einsatz in peripheren Räumen von Bauten mit klassischer Mehrraum-Lüftungsanlage.</li> <li>• Nachrüstung von Altbauten ohne gleichzeitige Renovation.</li> <li>• Mehrstufiger Betrieb.</li> <li>• Kombination mit Luft-Erd-Register oder Abluftwärmepumpe nicht möglich.</li> <li>• Reduzierter Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung.</li> </ul> <p><b>Anforderungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sämtliche Wohn-, Schlaf- und Arbeitsräume sowie die Nasszellen des Gebäudes müssen mechanisch belüftet werden.</li> </ul> <p><b>Empfehlung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In Schlafräumen sollten die Geräte die erhöhten Anforderungen an die Standard-Schallpegeldifferenz (<math>D_{nT,w}</math>) gemäss SIA-Norm 181 einhalten.</li> </ul>

Prinzipschema	Beschreibung
	<p><b>Komfortlüftung mit Wärmepumpe</b></p> <p><b>Beschrieb</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• System mit Wärmerückgewinnung.</li> <li>• Zusätzliche Nutzung der Abluftwärme zur Wassererwärmung oder Zuluftnachwärmung mittels Wärmepumpe.</li> <li>• Anlagen mit Luft-Wasser- oder mit Luft-Luft-Wärmepumpe.</li> <li>• Die auf dem Markt erhältlichen Luft-Luft-Wärmepumpen für Einfamilienhäuser fördern mehr Luft, als aus hygienischen Gründen notwendig wäre. Der Elektrizitätsverbrauch der Ventilatoren liegt bei diesen Systemen daher höher als bei einer Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung.</li> </ul> <p><b>Anforderung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sämtliche beheizten Räume einer Wohnung oder eines Gebäudes müssen mechanisch belüftet werden.</li> </ul> <p><b>Empfehlung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kombination mit Luft-Erd-Register.</li> </ul>
	<p><b>Abluftanlage mit Wärmepumpe</b></p> <p><b>Beschrieb</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abluftanlage mit Abluftwärmenutzung.</li> <li>• Einsatz vorwiegend in bestehenden Wohnbauten, bei denen der Einbau eines Kanalnetzes für die Zuluft unmöglich ist.</li> <li>• Wärmepumpe zur Wassererwärmung.</li> <li>• Elektrizitätsverbrauch der Ventilatoren gegenüber Komfortlüftung reduziert.</li> <li>• Kein Luft-Erd-Register möglich.</li> </ul> <p><b>Anforderungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sämtliche Wohn-, Schlaf- und Arbeitsräume des Gebäudes müssen einen Aussenluft-Durchlass mit Filter aufweisen.</li> </ul> <p><b>Empfehlung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trotz dem einfachen Konzept ist eine sorgfältige Planung erforderlich.</li> </ul>
	<p><b>Automatisiertes Fenster</b></p> <p><b>Beschrieb</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fenster mit motorischem Antrieb als Alternative zur mechanischen Lüftung.</li> <li>• Steuerung z.B. mittels Zeitprogramm oder anhand der Raumluftfeuchte.</li> <li>• Keine Filterung der Aussenluft.</li> <li>• Reduzierter Schallschutz und thermischer Komfort gegenüber Komfortlüftung.</li> </ul> <p><b>Anforderungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Minergie-Standard für Wohnbauten (insbesondere Sanierungen) an Standorten der Empfindlichkeitsstufe I oder II nach Lärmschutzverordnung und für Verwaltungsgebäude, bei denen eine Doppelfassade den Schallschutz wahrnimmt.</li> <li>• Sämtliche Wohn-, Schlaf- und Arbeitsräume sowie die Nasszellen des Gebäudes müssen mit automatischen Fenstern ausgerüstet sein.</li> </ul> <p><b>Empfehlung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Fenster sollten so angeordnet sein, dass eine effiziente, diagonale Stosslüftung möglich wird.</li> <li>• Um einen guten Komfort zu erreichen, sollten die Schallimmissionen tagsüber unter 55 dB(A) und nachts unter 45 dB(A) liegen.</li> <li>• Für Schulhäuser eignet sich die automatische Fensterlüftung in der Regel nicht, da eine wirksame Stosslüftung während des Unterrichts aus Gründen des thermischen Komforts und der internen Schallübertragung (über das Treppenhaus) nicht gewährleistet ist.</li> </ul>

Tab. 5.2 Standards, Gebäudetechnik, Lüfterneuerung

Quelle: [www.MINERGIE.ch](http://www.MINERGIE.ch)



## **A2 Vier Fallbeispiele - Kurzbeschriebe**

Zur Erläuterung der vielfältigen Abhängigkeiten wurden anhand von vier Fallbeispielen umfangreiche Vergleichsrechnungen durchgeführt.

## A2.1 Fallbespiel Mehrfamilienhaus „Heugatter“



Abb. A2.1: Objekt Heugatter

EBF	A/EBF	Fenster anteil	Qh stand.	Qh KWL	Hg 140%	Vol. KWL	Boden / Erde	Dach	Aussenf assade	Fenster
m <sup>2</sup>	-	%	MJ/m <sup>2</sup> a	MJ/m <sup>2</sup> a	MJ/m <sup>2</sup> a	m <sup>3</sup> /h	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K
1860	1.18	15.8	132	87	261	2010	1.83	0.12	0.17	1.37

Tab. A2.2: projizierte Werte für das Objekt Heugatter

Das Objekt mit Baujahr 1971 befindet sich in Dübendorf und umfasst insgesamt zwei Gebäude und eine Tiefgarage. Das Grundstück liegt an einer stark befahrenen Strasse sowie in den Anflugschneisen des Flughafens Zürich-Kloten und des Militärflugplatzes Dübendorf. Das Objekt befindet sich in einer Grundwasserschutzzone und verfügt über einen Gasanschluss. Die beiden Häuser weisen vier resp. sieben Etagen und ein Kellergeschoss auf. Die Wärmeabgabe erfolgt über eine Deckenheizung. Dieses Objekt erhielt im Jahr 2001 den MINERGIE-Preis der Ostschweiz und des Fürstentums Lichtenstein.

**2 MFH, Baujahr  
1971**

Das Gebäude soll mit einer sehr guten Wärmedämmung und einer kontrollierten Wohnungslüftung nachgerüstet werden. Die Wärmeerzeugung erfolgt mit einem kondensierenden Gaskessel. Eine Wärmepumpe ist im Grundwasserschutzgebiet nicht zugelassen. Die Warmwassererzeugung soll nach Möglichkeit durch Sonnenkollektoren unterstützt werden.

**Absichten der  
Bauherrschaft**

## A2.2 Fallbeispiel Wohnsiedlung „Heumatt“



Abb. A2.3: Objekt Heumatt Langhaus

EBF	A/EBF	Fenster anteil	Qh stand.	Qh KWL	Hg 140%	Vol. KWL	Boden / Erde	Dach	Aussenf assade	Fenster
m <sup>2</sup>	-	%	MJ/m <sup>2</sup> a	MJ/m <sup>2</sup> a	MJ/m <sup>2</sup> a	m <sup>3</sup> /h	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K
4396	1.03	16.7	237	192	242	5940	3.07	0.24	0.25	1.4

Tab. A2.4: projizierte Werte für das Objekt Heumatt Langhaus

Das Objekt mit Baujahr 1968 befindet sich in Zürich Seebach und umfasst insgesamt drei Gebäude (Hochhaus, Langhaus und Kurzhaus). Das Grundstück liegt an einer ruhigen Strasse aber in der Nähe des Flughafens Zürich-Kloten. Die Objekte sind an die Fernwärmeversorgung angeschlossen. Die drei Häuser weisen zweimal sechs und einmal 18 Etagen und ein Kellergeschoss auf. Die Wärmeabgabe erfolgt über Heizkörper.

**3 MFH, Baujahr  
1968**

Alle drei Gebäude werden mit einer guten Wärmedämmung versehen. Das Hochhaus wird zudem mit einer kontrollierten Wohnungslüftung nachgerüstet, beim Langhaus und dem in dieser Studie untersuchten Kurzhaus wird darauf verzichtet. Die Wärmeversorgung erfolgt unverändert mit Fernwärme. Gegenwärtig wird noch abgeklärt, ob dieses Objekt mit einer Solaranlage mit Saisonspeicher ausgerüstet werden soll. Das Hochhaus erfüllt den MINERGIE-Standard.

**Absichten der  
Bauherrschaft**

## A2.3 Fallbeispiel Wohnsiedlung „Heuried“



Abb. A2.5: Objekt Heuried

EBF	A/EBF	Fenster anteil	Qh stand.	Qh KWL	Hg 140%	Vol. KWL	Boden / Erde	Dach	Aussenf assade	Fenster
m <sup>2</sup>	-	%	MJ/m <sup>2</sup> a	MJ/m <sup>2</sup> a	MJ/m <sup>2</sup> a	m <sup>3</sup> /h	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K
1396	1.08	13.7	169	121	249	1385	0.34	0.19 / 0.24	0.28 bis 0.71	1.7

Tab. A2.6: projizierte Werte für das Objekt Heuried

Das Objekt mit Baujahr 1973 / 75 befindet sich in Zürich Wiedikon und umfasst mehrere aneinander gebaute Gebäude. Das Grundstück liegt in der Nähe einer stark befahrenen Strasse. Die Objekte sind an die Gasversorgung angeschlossen. Die Häuser weisen vier bis acht Etagen und ein Kellergeschoss auf. Die Wärmeabgabe erfolgt über Radiatoren.

**MFH's mit Baujahr  
1973**

Die Gebäude sollen mit einer guten Wärmedämmung und einer kontrollierte Wohnungslüftung nachgerüstet werden. Die Wärmeversorgung wird unverändert mit einem Gaskessel sichergestellt. Das Objekt erfüllt den MINERGIE-Standard.

**Absicht der Bau-  
herrschaft**

## A2.4 Fallbeispiel Mehrfamilienhaus „Gstück“



Abb. A2.7: Objekt Gstück

EBF	A/EBF	Fenster anteil	Qh stand.	Qh KWL	Hg 140%	Vol. KWL	Boden / Erde	Dach	Aussenf assade	Fenster
m <sup>2</sup>	-	%	MJ/m <sup>2</sup> a	MJ/m <sup>2</sup> a	MJ/m <sup>2</sup> a	m <sup>3</sup> /h	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K
1154	1.31	14.9	191	152	278	1800	0.46	0.29 (Deck/Un b.)	0.26	1.4

Tab. A2.8: projizierte Werte für das Objekt Gstück

Das Objekt mit Baujahr 1958 befindet sich in Bülach an der John-Brunnerstrasse 1. Das Grundstück liegt in der Nähe einer mittelstark befahrenden Strasse in der Nähe des Flughafens Zürich-Kloten. Die Häuser weisen vier bis acht Etagen und ein Kellergeschoss auf. Die Wärmeabgabe erfolgt über Heizkörper.

**MFH mit Baujahr  
1958**

Das Gebäude wird mit einer guten Wärmedämmung versehen. Auf eine kontrollierte Wohnungslüftung soll jedoch verzichtet werden. Die Wärmeversorgung bleibt unverändert mit einem Oelkessel sichergestellt. MINERGIE ist bei diesem Objekt nicht vorgesehen.

**Absicht der Bau-  
herrschaft**