

Form follows energy

Energieeffiziente Architektur – Neubau eines Niedrigenergie-Wohngebäudes in Berlin-Marzahn



Autor:

Brian Cody BSc (Eng) CEng
MCIBSE,
Associate bei der Arup GmbH in Berlin, Tochtergesellschaft des internationalen Ingenieurbüros Ove Arup and Partners,
Lehrbeauftragter an der Universität Hannover

Basierend auf energieeffizienter Architektur und intelligenter Gebäudeleittechnik wurde das Klimakonzept für ein Niedrigenergie-Wohngebäude in Berlin-Marzahn entwickelt. Arup Ingenieure waren mit der Durchführung einer Studie beauftragt, welche die optimale Gebäudeform, -ausrichtung und -bauart für die Bauaufgabe feststellen sollte, bevor der Architekt zur Feder griff – eine ganz andere Art der Zusammenarbeit zwischen Architekten und Ingenieuren.

In Berlin-Marzahn, der größten Plattenbausiedlung Deutschlands, ist gerade ein bemerkenswertes Niedrigenergiehaus-Projekt mit 56 Wohnungen realisiert worden. Dieses Projekt unterscheidet sich von anderen Niedrigenergiehäusern aus folgendem Grund – bevor der Architekt mit der Planung anfang, hatten bereits im Vorfeld Ingenieure der Arup GmbH eine Studie durchgeführt, um die aus energetischer Sicht optimale Gebäudeform, Bauart und Ausrichtung festzustellen. Die aus diesen ingenieurtechnischen Überlegungen heraus entwickelte Gebäudeform bildete dann die Grundlage für den weiteren Entwurf durch die Architekten Assmann, Salomon und Scheidt. So konnte aufgrund der energieeffizienten Architektur weitgehend auf den Einbau von technischen Installationen verzichtet werden.

◀ Die Südfassade des Marzahner-Niedrigenergiehauses: Auf der Essener DEUBAU im Januar wurde die Marzahner Wohnungsbau-gesellschaft für dieses innovative Projekt mit dem Bauherrenpreis 98 ausgezeichnet.

▶ Blick in eine der 56 Zwei- und Dreizimmerwohnungen des NE-Hauses.
Fotos: Willi Engel, Berlin



Das Projekt der Wohnungsbaugesellschaft Marzahn wurde von der Berliner Senatsbauverwaltung modellhaft gefördert. Vorgabe war, die Richtwerte der Wärmeschutzverordnung von 1994 um 20 Prozent zu unterschreiten und die energetischen Auflagen des Senats zu erfüllen.

Gebäudeform

Der Heizenergiebedarf eines Gebäudes ist vom Verhältnis der wärmeübertragenden Umfassungsfläche „A“ zum hiervon eingeschlossenen Bauwerksvolumen „V“ beeinflusst. Im Allgemeinen gilt, je weniger Außenfläche ein Gebäude bei konstantem Volumen aufweist, desto niedriger ist der Heizenergiebedarf. Das Verhältnis A/V sollte also für ein Niedrigenergiehaus möglichst gering gehalten werden. Die Orientierung des Gebäudes und seine Fassaden jedoch, sowie die Ausbildung der Fassaden, insbesondere die Größe und Platzierung des transparenten Anteils, können eine noch wichtigere Rolle spielen.

In der bereits erwähnten Studie wurden verschiedene Grundgebäudeformen untersucht. Dabei wurde jeweils eine sechsgeschossige Ausführung mit einer Bruttogeschoßfläche von 6.000 m² betrachtet.

Als erstes wurde ein quadratischer Baukörper berücksichtigt.



Das A/V-Verhältnis beträgt 0,24 und

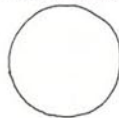
das Gebäude weist einen Jahres-Heizenergiebedarf von 41 kWh/(m²a) auf (unter Berücksichtigung konventioneller k-Werten).

Die zweite untersuchte Form war ein langer schmaler Baukörper.



Bei dieser Variante ist das A/V-Verhältnis um ca. 17 % ungünstiger und der berechnete Jahres-Heizenergiebedarf um ca. 11 % höher als bei quadratischer Bauform. Die schlechtere Leistung dieser Gebäudeform wird von der größeren wärmeübertragenden Umfassungsfläche (größeres A/V Verhältnis) verursacht.

Als nächstes wurde eine zylindrische Gebäudeform untersucht.



Obwohl die nutzbaren solaren Wärme-gewinne bei dieser Variante niedriger sind als bei den zwei vorherigen Beispielen, ist der Jahres-Heizenergiebedarf aufgrund des besseren A/V-Verhältnisses (0,22) wesentlich geringer (35 kWh/(m² a)).



Der daran anschließend untersuchte halbzyklindrische Baukörper benötigt aufgrund des schlechteren A/V-Verhältnisses wiederum mehr Energie pro m² als der zylindrische Baukörper.

Die nächste Variante zeigt den

Versuch, eine größtmögliche Südfassade auszubilden.

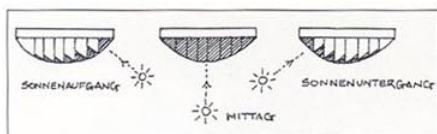


Diese Gebäudeform hat nach der Wärmeschutzverordnung weder Ost- noch Westfassaden. Die bei diesem Baukörper nutzbaren höheren solaren Energie-gewinne werden jedoch von den ebenfalls erhöhten Transmissionswärmeverlusten aufgrund des schlechten A/V-Verhältnisses mehr als ausgeglichen. Der berechnete Jahres-Heizenergiebedarf liegt höher als bei allen vorherigen Varianten.

Die nächste Variante zeichnet sich als energetisch sehr günstige Gebäudeform aus.



Dafür wurde die Nordfassade so klein wie möglich gehalten und die Länge der Ost- und Westfassade variiert, bis ein Optimum erreicht wurde. Der Jahres-Heizenergiebedarf ist mit dem eines zylindrischen Baukörpers vergleichbar (35 kWh/(m² a)). Die durch die größere wärmeübertragende Umfassungsfläche (A/V = 0,23) verursachten Transmissionsverluste werden von den durch die größere Südfassade erzielten solaren Wärmegewinnen ausgeglichen. Vorteil dieser Variante gegenüber dem zylindrischen Baukörper ist, daß alle Wohnungen nach Süden ausgerichtet werden können. Bei der zylindrischen Form wäre dies nicht möglich, so daß die Wohnungen, abhängig von der Ausrich-



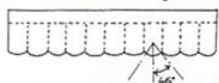
▲ Unterschiedliche solare Wärmegewinne bei der gekrümmten Südfassade.

tung, einen größeren oder kleineren Heizenergiebedarf und eine unterschiedliche Wohnqualität aufweisen würden.

Bei der gekrümmten Südfassade sind jedoch folgende Aspekte zu berücksichtigen:

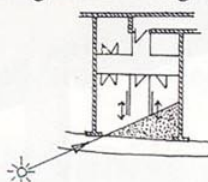
- zu einer bestimmten Uhrzeit erhalten die Wohnungen unterschiedliche solare Wärmegewinne.
- die Wohnungen haben einen unterschiedlichen Wärmebedarf. Manche Wohnungen sind energetisch günstiger als andere.

Eine mögliche Lösung hierfür ist eine gekrümmte Fassade für jede Wohnung.



Aufgrund des höheren A/V-Verhältnisses wäre der Jahres-Heizenergiebedarf bei dieser Variante jedoch ca. 17 % höher.

her. Diese Probleme werden mit dem Einsatz von Schiebewänden innerhalb der Wohnungen zum Teil gelöst.



Nach langen nächtlichen Diskussionen über die Gebäudeform mit den Architekten und intensiven Tagen am Computer in den Arup-Büros Düsseldorf und Berlin entstand die nun ausgeführte Gebäudeform. Abweichungen von der energetisch optimalen Gebäudeform sind auf Bedingungen aus der Stadtplanung – Einhaltung der Abstandsflächen – und der Tatsache, daß nur bis zu einer Tiefe von ca. 6 m natürlich gelüftet und belichtet werden kann, zurückzuführen. Der Fensteranteil der Südfassade sollte dabei möglichst groß sein, der in der Nord-, Ost- und Westfassade minimal.

Thermische Leistung der Gebäudeelemente

Der nächste Schritt war, die thermische Leistung der einzelnen Gebäude-

elemente zu optimieren. Die k-Werte für die ausgeführten Bauteile sind:

Dach	0,15 W/m²K
Wand	0,19 W/m²K
Fenster	1,21 W/m²K
Decke über Kellergeschoß	0,3 W/m²K

Dabei war für die Auslegung der Verglasung neben dem k-Wert auch der g-Wert (0,58) von großer Bedeutung. Dieser Wert bestimmt, wieviel von der auftreffenden Solarenergie durch die Verglasung durchgelassen wird.

Thermische Zonierung

Nun wurde das Gebäude in drei getrennte thermische Zonen zerlegt:

- **Zone 1:** Nördlich ausgerichtete unbeheizte Pufferzone, in der Verkehrsfläche, Treppen und Aufzüge untergebracht sind.
- **Zone 2:** Kernzone, in der sich die Wohnungszugänge, Flure und die mechanisch belüfteten Bäder befinden.
- **Zone 3:** nach Süden ausgerichtete Aufenthaltszone, in der sich Wohn- und Schlafzimmer befinden.

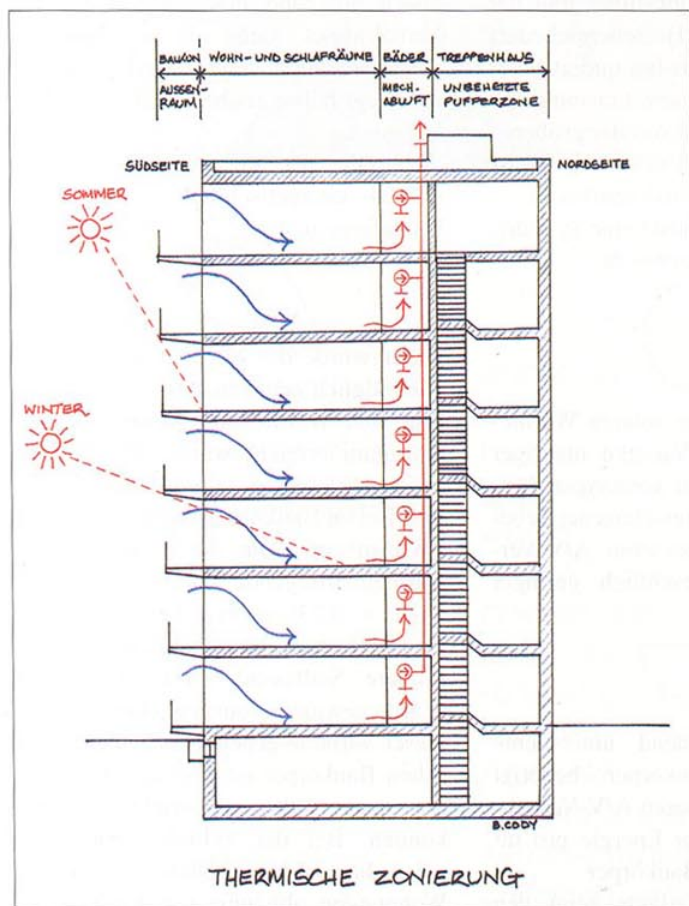
Durch diese Zonierung werden die Bereiche mit unterschiedlichen raumklimatischen Bedingungen getrennt und jeweils der günstigsten Platzierung gemäß der Gebäudeausrichtung zugeordnet.

Lüftung

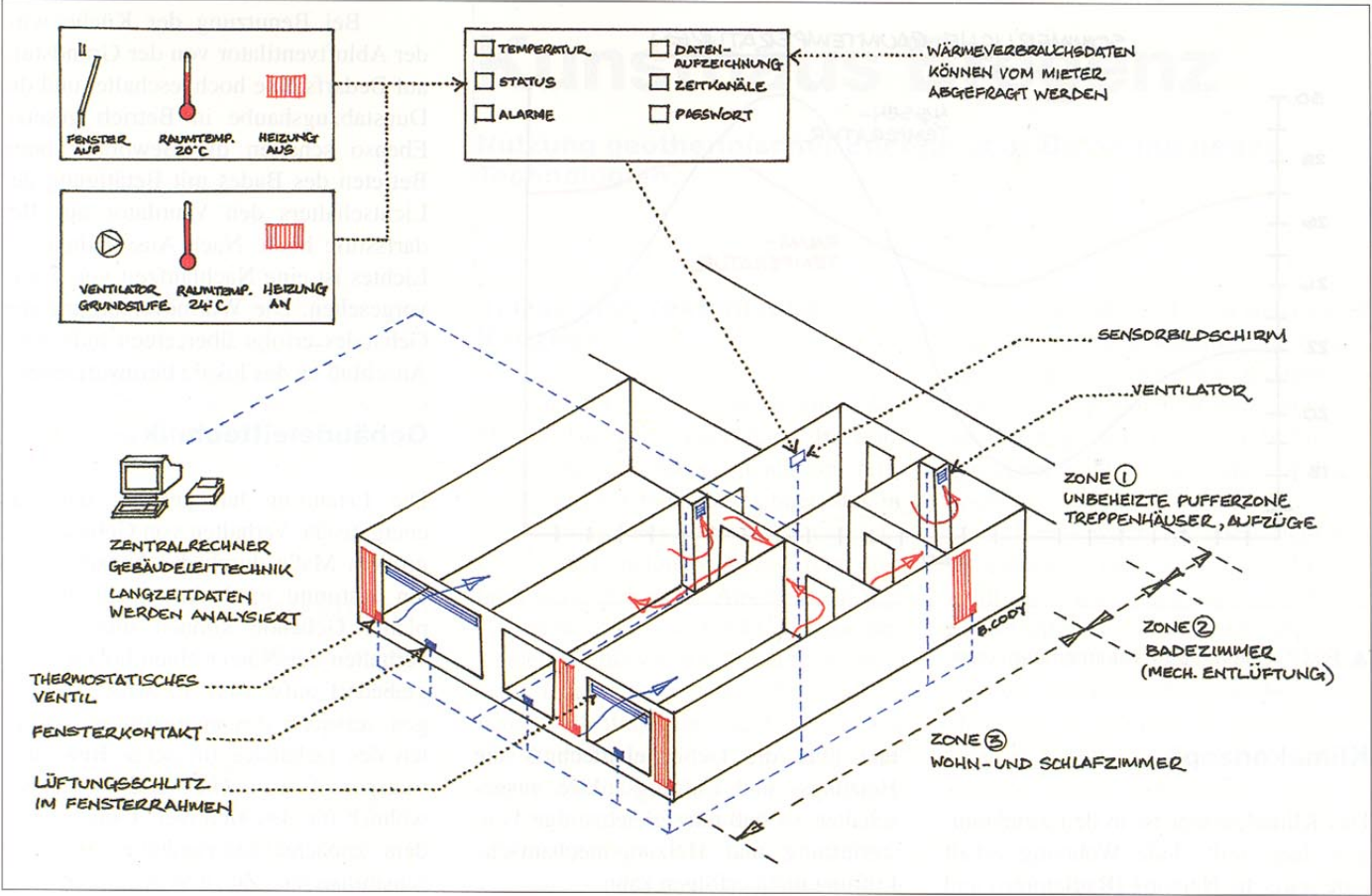
Eine ausreichende Lüftung zur Abführung von Schadstoffen und Wasserdampf ist eine Grundvoraussetzung für hygienisch akzeptable Raumluft und damit gesundes Wohnen. Ungenügende Lüftung führt zur:

- Bildung von Nährböden für Mikroorganismen und Hausstaubmilben,
- Bildung von Schimmel- und Schwäzepilz durch Unterschreitung der Taupunkttemperatur der Raumluft an Wandoberflächen,
- Anreicherung der Raumluft mit Schad- und Geruchsstoffe wie CO₂, Tabakrauch, Ausdünstungen von Farben, Anstrichen, Kunststoffen, Möbeln etc.

Wird die warme Raumluft gegen kalte Außenluft ausgetauscht, entstehen Lüftungswärmeverluste. Bei einem Niedrigenergiehaus ist der Anteil der Lüftungswärmeverluste am gesamten Wär-



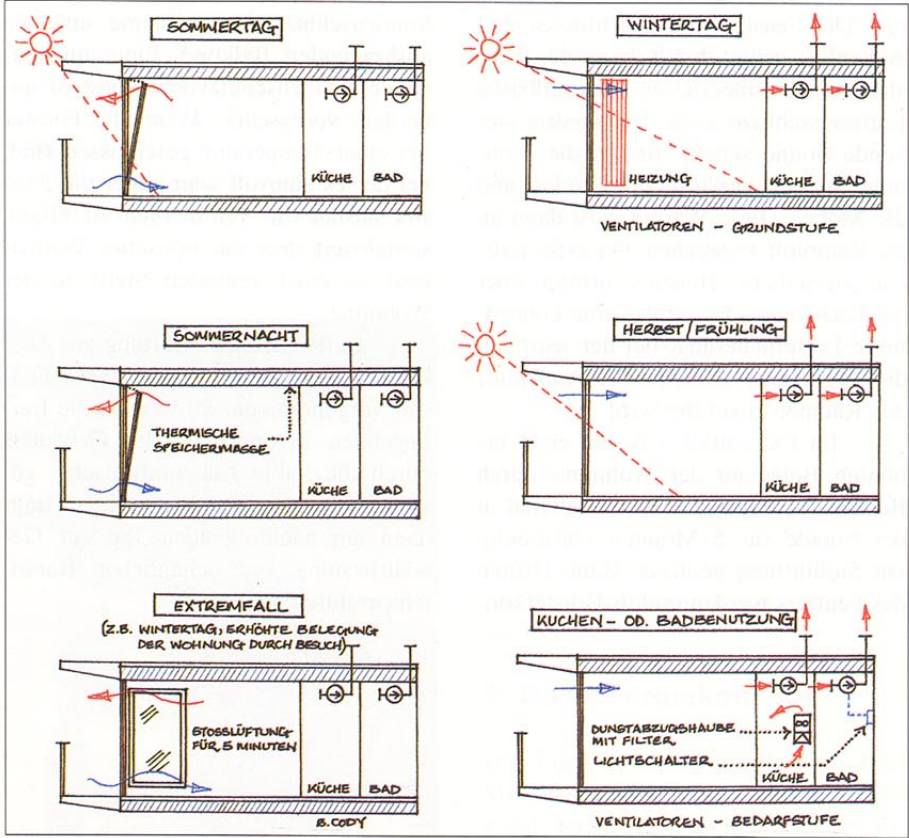
▲ Thermische Zonierung.



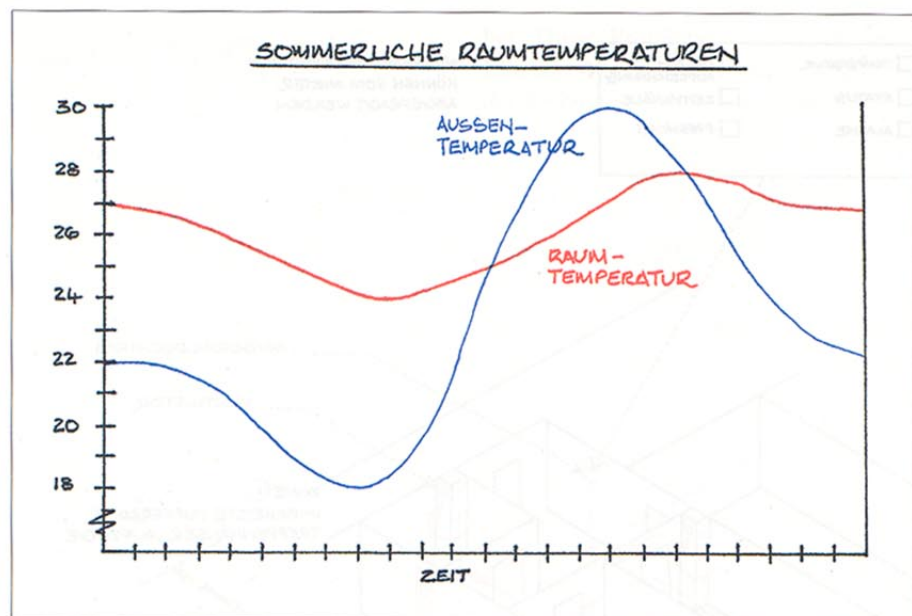
▲ Klima- und Lüftungskonzept.

mebedarf des Gebäudes relativ hoch. Die natürliche Lüftung über die Fenster führt daher während der Heizperiode zu einem hohen Energieverbrauch. Bei starkem Winddruck und mit großer Temperaturdifferenz zwischen Raum und Außenluft, kann die Luftwechselrate um ein Vielfaches höher als notwendig liegen. Ein System, das nur die tatsächlich benötigte Außenluftmenge zuführt, schützt die Baukonstruktion, während die Lüftungswärmeverluste verringert werden.

Für das Marzahrner Projekt wurden anfangs Lüftungsanlagen zur Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung in Erwägung gezogen. Diese Alternative erwies sich jedoch als wirtschaftlich nicht vertretbar. Eine Kompromißlösung wurde dahingehend gefunden, daß lediglich mechanisch entlüftet wird. Die hygienisch erforderliche Außenluft strömt dabei durch entsprechende Elemente in der Fassade nach. Die Wärme aus der Fortluft wird dabei zwar nicht zurückgewonnen, aber eine kontrollierte Lüftung ist dadurch gewährleistet.



▲ Mechanische Entlüftung und kontrollierte Lüftung im Winter; Fensterlüftung im Sommer und bei Bedarf.



▲ Bild 7: Sommerliche Raumtemperaturen.

Klimakonzept

Das Klimakonzept ist in den Zeichnungen dargestellt. Jede Wohnung erhält eine statische Heizung (Radiatoren) und zwei Abluftventilatoren, jeweils in der Küche und im Bad. Im Winter erfolgt eine Grundlüftung über diese Ventilatoren. Die Fenster sind geschlossen und Außenluft strömt durch die in den Fensterrahmen integrierten einstellbaren Lüftungsschlitze nach. Die niedrig stehende Sonne scheint tief in die Wohnung hinein, erwärmt den Boden und die Möbel. Diese Wärme wird dann an die Raumluft abgegeben. Die erforderliche zusätzliche Heizung erfolgt über die Radiatoren. Es erfolgt eine kontrollierte Lüftererneuerung, bei der lediglich die hygienisch erforderliche Außenluft den Räumen zugeführt wird.

Im Extremfall, z.B. bei einer erhöhten Belegung der Wohnung durch Besucher, werden die Fenster einmal in der Stunde für 5 Minuten vollständig zur Stoßlüftung geöffnet. Beim Öffnen des Fensters werden mittels Fensterkon-

takt über die Gebäudeleittechnik die Heizungs- und Lüftungsanlage ausgeschaltet, so daß eine gleichzeitige Fensterlüftung und Heizung/mechanische Lüftung nicht erfolgen kann.

Im Sommer wird über die Fenster natürlich gelüftet. Die Fenster können gekippt oder ganz geöffnet werden. Sonnenschutz bieten Bäume und die auskragenden Balkone. Eine innenliegende Sonnenschutzvorrichtung ist außerdem vorgesehen. Wenn die Fenster bei einer Temperatur geschlossen sind, bei der es sinnvoll wäre, über die Fenster anstatt die Ventilatoren zu lüften, signalisiert dies ein optisches Warnsignal an einer zentralen Stelle in der Wohnung.

Eine nächtliche Lüftung zur Auskühlung der Räume wird über die Fenster vorgenommen. So werden die freiliegenden Betondecken des Gebäudes durch die kühle Außenluft nachts gekühlt. Diese gespeicherte Kälte trägt dann am nachfolgenden Tag zur Gewährleistung von behaglichen Raumtemperaturen bei.

Bei Benutzung der Küche wird der Abluftventilator von der Grundstufe auf Bedarfsstufe hochgeschaltet und die Dunstabzugshaube in Betrieb gesetzt. Ebenso schalten die Bewohner beim Betreten des Bades mit Betätigung des Lichtschalters den Ventilator auf Bedarfsstufe hoch. Nach Ausschalten des Lichtes ist eine Nachlaufzeit von 5 min vorgesehen. Die Wärmeversorgung des Gebäudes erfolgt über einen indirekten Anschluß an das lokale Fernwärmenetz.

Gebäudeleittechnik

Die Erfahrung hat gezeigt, daß das energetische Verhalten von Gebäuden in großem Maße durch das Nutzerverhalten bestimmt wird. Auch sehr gut geplante Gebäude können durch Fehlverhalten der Nutzer einen hohen Energiebedarf aufweisen. Es wurde deswegen versucht, das energetische Verhalten des Gebäudes für seine Bewohner transparent zu machen und so die Bewohner für den richtigen Umgang mit dem zunächst ungewohnten Haus zu sensibilisieren. Zu diesem Zweck wurde ein Gebäudeleittechnik-Konzept entwickelt, das u.a. folgendes vorsieht:

- Auf einem Sensorbildschirm in jeder Wohnung können u.a. die Wärmeverbrauchsdaten in DM abgefragt werden. So wird für den Mieter nachvollziehbar, wie sich sein Verhalten auf das energetische Verhalten der Wohnung auswirkt; er kann ggf. reagieren. Außerdem zeigt der Bildschirm Raumtemperaturen, den jeweiligen Anlagenstatus und Alarmmeldungen an.
- Durch Fensterkontakte wird eine gleichzeitige Fensterlüftung und Heizung/mechanische Lüftung ausgeschlossen.
- Alle Klimadaten werden über einen Zeitraum von 2 Jahren nach Fertigstellung des Gebäudes archiviert und anschließend durch Arup Ingenieure ausgewertet.