

P+D – Projekt

Umbau Nietengasse 20

mit bestehender Sichtbacksteinfassade



Ausgearbeitet durch Viridén + Partner AG, Zürich

Im Auftrag des Bundesamtes für Energie

Oktober 2004

Auftraggeber:

Bundesamtes für Energie
Forschungsprogramm Rationelle Energienutzung in Gebäuden

Auftragnehmer:

Viridén + Partner AG, Zweierstrasse 35, 8004 Zürich. Tel. 043 456 80 80, Fax. 043 456 80 00

Autoren:

Karl Viridén, Dipl. Arch. FH, e-mail: viriden@viriden-partner.ch
Thomas Ammann, Dipl. Arch. HTL, e-mail: ammann@viriden-partner.ch
Andreas Büsser, Dipl. Arch. FH, e-mail: buesser@viriden-partner.ch
Katrín Pfäffli, Dipl. Arch. ETH/SIA, e-mail: pfaeffli@viriden-partner.ch
Hansruedi Preisig, Prof. Arch. SIA, Zweierstrasse 35, Zürich, e-mail: preisig@hansruedipreisig.ch

Begleitgruppe:

M. Zimmermann / H. Bertschinger, Programmleitung BFE, EMPA, Dübendorf

2004

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungsprogrammes „Rationelle Energienutzung in Gebäuden“ des Bundesamtes für Energie erarbeitet. Für den Inhalt ist alleine der/die Studiennehmer/in verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • office@bfe.admin.ch • www.admin.ch/bfe

Vertrieb: EMPA ZEN, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf, www.empa-ren.ch
ENET, Egnacherstrasse 59. 9320 Arbon, enet@temas.ch, www.energieforschung.ch

Inhaltsverzeichnis

Resumé	2
1. Pilot- und Demonstrationsprojekt Nietengasse 20	3
1.1 Ausgangslage P+D- Projekt	3
1.2 Zielsetzung P+D- Projekt	3
1.3 Vorgehen und Erfolgskontrolle	3
2. Umbauprojekt Nietengasse 20	4
2.1 Ausgangslage Umbauprojekt	4
2.2 Zielsetzung Umbauprojekt	4
2.3 Sanierungskonzept	4
2.4 Haustechnik	6
3. Durchgeführte Arbeiten und Resultate	7
3.1 Energiehaushalt	7
3.2 Luftdichtigkeit	10
3.3 Thermische Behaglichkeit	11
3.4 Innenwärmedämmung mit Vakuum-Isolations-Paneelen (VIP)	14
3.5 Luke mit Vakuum-Isolations-Paneelen (VIP)	18
3.6 Aussenwärmedämmung mit 28cm Mineralwollplatten	20
4. Bewertung und Ausblick	22
4.1 Bewertung	22
4.2 Ausblick	23
5. Nationale Zusammenarbeit	24
6. Internationale Zusammenarbeit	24
7. Referenzen	25

Resumé

Das Umbauprojekt Nietengasse 20 wurde als Pilot- und Demonstrationsprojekt gewählt, weil es den Passivhausstandard in einem Umbau anstrebt, der aufgrund denkmalpflegerischer Auflagen keine Standardlösungen zulässt. Neue, noch nicht erprobte Konstruktionen kamen zum Einsatz. Sie sollten auf ihre Tauglichkeit geprüft und ihr Potential für die Umsetzung des Passivhausstandards im Umbau geklärt werden.

Rechnerisch konnte der Bau in der Planungsphase relativ nahe an den Minergie-P – Standard herangeführt werden. Mit Ausnahme der Luftdichtigkeit, die bei Umbauten mit ihren bestehenden An- und Abschlüssen nicht überall in der notwendigen Konsequenz ausgebildet werden kann, sind die in der Planung errechneten Werte betreffend Energiehaushalt für einen Umbau hervorragend.

Während der einjährigen Messphase stellte sich heraus, dass der effektive Energieverbrauch am realisierten und bewohnten Objekt doch deutlich über den Planungswerten liegt. Hier wird ersichtlich, wie entscheidend das Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer ist. Die den Berechnungen zugrunde gelegten Standardwerte bilden gerade beim Objekt Nietengasse 20, dessen Bewohnerinnen und Bewohner sehr hohe Ansprüche an den Komfort stellen, keine Grundlage für eine Abschätzung des effektiven Verbrauchs im Alltag.

An der Nietengasse kamen Vakuum-Isolations-Paneele (VIP), ein hochleistungsfähiger Dämmstoff zum Einsatz. VIP wurde als Innenwärmedämmung eingesetzt. Der Einsatz der sehr sensiblen und leicht verletzbaren Paneele auf der Baustelle war nicht einfach. Auch bauphysikalisch stellen sich Fragen, da sich die bekannten Anschlussprobleme, welche Innenwärmedämmungen eigen sind, durch die hohe Dämmleistung der Paneele noch verstärken.

VIP wurde an der Nietengasse auch in eine Lukarne eingebaut, welche im Holzelementbau im Werk gefertigt wurde. In der geschützten und gut überblickbaren Werkhalle einer Zimmerei ist der Einsatz von VIP wesentlich einfacher und sicherer als der Einbau auf der Baustelle. Hier öffnen sich Perspektiven und Wege, wie die Vorteile der neuen Dämmstoffe relativ effizient und effektiv genutzt werden können. Es bleibt nichtsdestotrotz die Frage offen, wie sich VIP langfristig bewährt, eine Qualitätssicherung am realisierten Gebäude ist schwierig.

Die Hoffassade der Nietengasse 20 wurde mit einer Aussenwärmedämmung in Mineralwolle gedämmt. Mit 28cm Dämmstärke wurde eine Vorgabe gewählt, für die auf dem Markt kein Produkt und keine Systemgarantien bestanden. Die Nachfrage bei den Produzenten von Wärmedämmstoffen hat erstaunlich schnell zur Entwicklung eines entsprechenden Angebots geführt. Während an der Nietengasse 20 noch in mühsamen Verhandlungen um Systemlösungen mit Dämmplatten in zwei Schichten gerungen werden musste, sind heute bereits entsprechende Dämmplatten in Mineralwolle mit grossen Dämmstärken erhältlich.

1. Pilot- und Demonstrationsprojekt Nietengasse 20

1.1 Ausgangslage des P+D - Projektes

Das Gesuch um die Gewährung für Finanzhilfe betreffend Umbau Nietengasse 20, 8004 Zürich wurde am 20.11.2002 eingereicht und im gleichen Monat bewilligt.

Das Umbauprojekt Nietengasse 20 eignet sich als Pilot- und Demonstrationsprojekt, weil es den Passivhausstandard in einem Umbau anstrebt, der aufgrund denkmalpflegerischer Auflagen keine Standardlösungen zulässt. Es kamen neue, noch nicht erprobte Konstruktionen zum Einsatz, für die keine Systemlösungen verfügbar sind, wie Vakuum-Isolations-Paneele (VIP) als Innenwärmedämmung und eine Aussenwärmedämmung in Steinwolle mit einer Dicke von 28cm. Diese innovativen konstruktiven Lösungen können für die Umsetzung des Passivhausstandards im Umbau wegweisend werden.

1.2 Zielsetzung des P+D - Projektes

Für das Pilot- und Demonstrationsprojekt wurden folgende Zielsetzungen vereinbart:

- Mit dem Umbau soll das ehrgeizige Ziel erreicht werden, einen Altbau mit einer teilweise denkmalgeschützten Fassade möglichst nahe zum Standard des Passivhauses zu führen. Die Erreichung des Ziels soll bezüglich Wärmebilanz, Luftdichtigkeit und thermischer Behaglichkeit (Temperatur und Feuchte) mit Messdaten überprüft, mit Soll- und Planungswerten verglichen und kommentiert werden.
- Exemplarische konstruktive Lösungen insbesondere der neue Einsatz von Vakuum-Isolations-Paneele sowie die Planung und Ausführung einer Aussenwärmedämmung mit Überdicke von 28cm sollen dokumentiert und kommentiert werden.

1.3 Vorgehen und Erfolgskontrolle

Um das erste Ziel, die Annäherung an den Passivhausstandard, zu überprüfen, wurden in folgenden drei Themenbereichen Messdaten gesammelt, dokumentiert und kommentiert:

- Energiehaushalt: Die Energiebezüge für Heizung, Warmwasser und Elektro wurden während eines Jahres gemessen, den Planungswerten gegenüber gestellt und mittels eines Energieflussdiagramms veranschaulicht.
- Luftdichtigkeit: Es wurde eine Luftdichtigkeitsmessung vorgenommen und mit Sollwerten verglichen.
- Thermische Behaglichkeit in den Wohnungen: Temperaturen und die relative Feuchtigkeit der Raumluft in den Wohnungen wurden während eines Jahres aufgezeichnet, grafisch ausgewertet und mit Sollwerten verglichen.

Um das zweite Ziel, die Innovation exemplarischer konstruktiver Lösungen, zu dokumentieren, werden die gewählten Detaillösungen gezeigt, deren Planung und Realisierung beschrieben und die Lösungen kritisch hinterfragt:

- VIP-Dämmung als Innenwärmedämmung bei der denkmalgeschützten Strassenfassade.
- VIP-Dämmung in Fertigelement des Daches.
- Aussenwärmedämmung mit Mineralwolle, 28cm dick, an der Hoffassade.

Die insgesamt sechs Themenbereiche werden im Kapitel 3 ‚Durchgeführte Arbeiten und Resultate‘ als Unterkapitel behandelt und anschliessend im Kapitel 4 ‚Bewertung und Ausblick‘ noch einmal in einen etwas grösseren Rahmen gestellt und die Lehren für zukünftige Umbauprojekte gezogen.

2. Das Umbauprojekt Nietengasse 20

2.1 Ausgangslage Umbauprojekt

Das 1907 erbaute Gebäude an der Nietengasse 20 in Zürich war sehr sanierungsbedürftig. Die Wohnungsgrundrisse waren kleinteilig, verschachtelt und für heutige Ansprüche nicht mehr genügend. Der Dachstock befand sich in desolatem Zustand, der Estrich mit 2m Raumhöhe und die nur wenige Quadratmeter grosse Dachterrasse waren schlecht nutzbar.

2.2 Zielsetzung Umbauprojekt

Die neuen Eigentümer entschieden sich für das Erstellen grosszügiger, individueller Wohnungen mit hohen ästhetischen Ansprüchen an die Architektur. Der Umbau sollte zur Aufwertung des belasteten Quartiers beitragen.

Auf die Wahl ökologischer Materialien wurde grosser Wert gelegt. Energetisch sollte das Gebäude mindestens den Minergie-Standard für Neubauten erreichen und möglichst weit Richtung Minergie-P gehen.

2.3 Sanierung

Das Gebäude wurde fast vollständig ausgehöhlt und die tragenden Innenwände durch Stahlträger ersetzt. Das Dachgeschoss wurde vollständig abgebrochen und neu in Holzelementbauweise aufgerichtet.

Die Form des Gebäudes weist ein Verhältnis von Oberfläche zu Energiebezugsfläche von 1.36 auf ($A/EBF = 1.36$) – eine mittelmässige Voraussetzung für die Annäherung an den Minergie-P Standard. Die Gebäudehülle wurde wärmetechnisch überdurchschnittlich verbessert:

Wo möglich wurde das Prinzip einer Aussenwärmedämmung angewendet. Für die Dämmung wurden vor allem Mineralwollplatten (Produkte der Firma Flumroc AG) verwendet. Die Untergeschossdecke ist mit 20cm Mineralwolle, die Aussenwände zum Innenhof sind mit 28cm und die Elemente des Dachgeschosses mit 36cm gedämmt.

Bei der vom Denkmalschutz als erhaltenswert eingeschätzten Backsteinfassade auf der Strassenseite musste auf eine Innen-



Fig.1: Hoffassade vor der Sanierung



Fig.2: Hoffassade nach der Sanierung

wärmedämmung gewechselt werden. In den Obergeschossen wurde eine 8cm dicke Korkdämmung angebracht. Im Erdgeschoss kamen Vakuum-Isolations-Paneele (VIP) zum Einsatz. Diese dämmen fünf- bis achtmal besser als andere Wärmedämmstoffe. (Um mit Kork die gleiche Dämmleistung zu erreichen, wie mit 3cm VIP, wäre eine Dämmstärke von rund 24cm notwendig gewesen).

Der alte Dachstuhl inklusive Kniestock wurde vollständig abgebrochen. Dank der im Werk der Zimmerei vorgefertigten Elemente, war der neue Dachstock innerhalb eines Tages aufgestellt. Die Anforderungen an diese Methode sind hoch und erfordern eine sorgfältige Planung. In die fertigen Teile wurden im Werk bereits die Dämmung (36cm Mineralwolle), diverse Elektro- und Lüftungsinstallationen und der gesamte Dachaufbau bis zur Unterdachfolie und Konterlattung eingebaut. Die Übergänge zwischen den Elementen wurden mit speziellen Eckverbindungen ausgebildet und auf der Baustelle zusätzlich mit Kompribändern abgedichtet. Das Dach war damit bereits nach dem Aufsetzen der Elemente witterungsfest.

Das in Holzbauweise gefertigte, aussenseitig wärmedämmte Aussenwandelement des Dachgeschosses ist zur Erhöhung der Speichermasse mit Sand gefüllt.

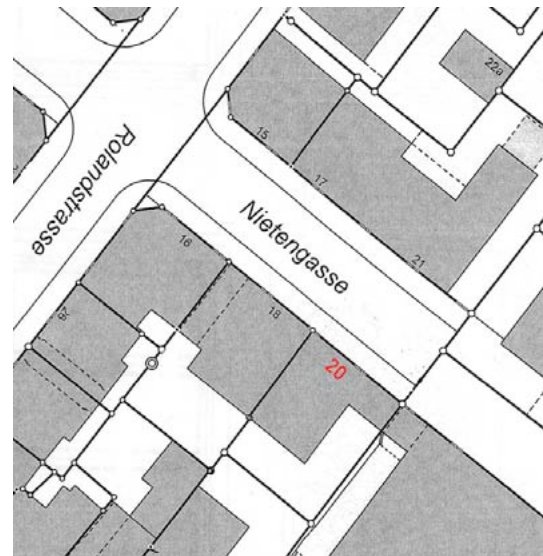


Fig.3: Situationsplan

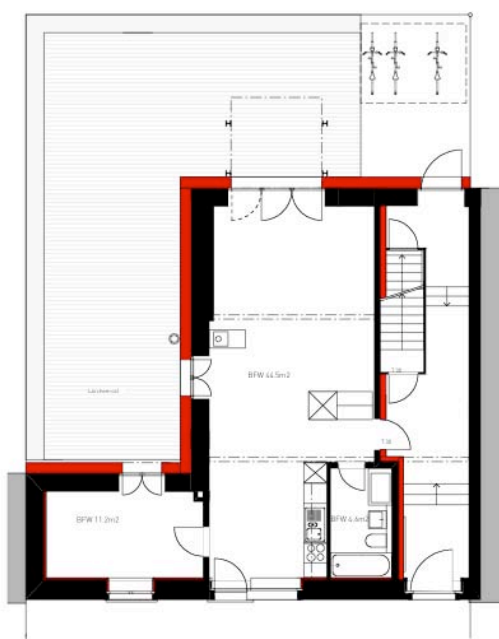


Fig.4: Grundriss Erdgeschoss

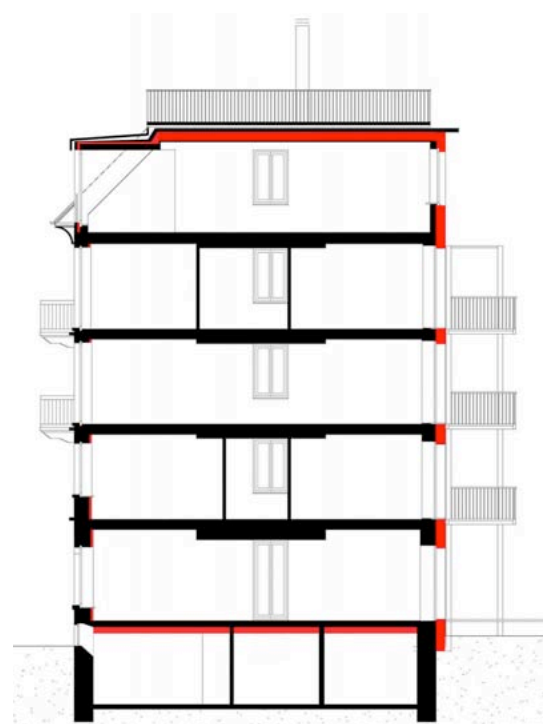


Fig.5: Gebäudeschnitt

2.4 Haustechnik

Aufgrund der guten Dämmung und den Holzfenstern mit 3-fach-Isolierverglasung (U -Wert Fenster $0.9 \text{ W/m}^2\text{K}$), konnte der Heizwärmebedarf der Wohnungen drastisch reduziert werden. Drei dezentrale Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sorgen für genügend Frischluft auch bei geschlossenen Fenstern. In den beiden Maisonettewohnungen in den Obergeschossen ist der Wärmebedarf so klein, dass keine Radiatoren notwendig sind. Die Heizung erfolgt alleine über die Erwärmung der Zuluft. In den Badezimmern wurden Heizkörper montiert.

Aus den Erfahrungen des P+D Projektes Magnusstrasse [10] war bekannt, dass der thermische Komfort im Erdgeschoss ein heikler Punkt ist. Es ist nicht möglich, alle Wärmebrücken zum Untergeschoss zu eliminieren. Auch beim Umbau Nietengasse konnte bei der Sockelpartie an der Strassenfassade keine Wärmedämmung angebracht werden. Aus diesem Grund haben gewisse Wandpartien im Erdgeschoss eine Wandheizung.

Die Wärme für Heizung und Brauchwarmwasser liefert ein im Keller platziertes mit Erdgas betriebenes Mini-Blockheizkraftwerk (BHKW) mit einer Leistung von 10 kW. Der dabei erzeugte Strom wird für den Eigenbedarf genutzt, überschüssige Elektrizität wird ins öffentliche Netz gespeist.

Die Heizleistung ist auf den Aussentemperaturwert von minus $4 \text{ }^\circ\text{C}$ ausgelgt. Bei kälteren Tagen kann mit einem Holzspeicherofen nachgeheizt werden.

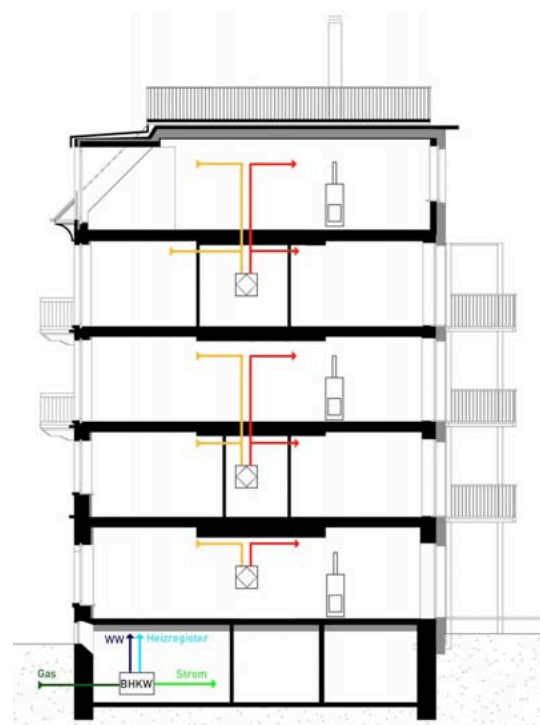


Fig.6: Schnitt mit schematischer Haustechnik

Projektdaten / Gebäudekennwerte

Baujahr	1907
Gebäudevolumen (SIA 116)	2432 m^3
Beheiztes Volumen	1715 m^3
Energiebezugsfläche (EBF)	574 m^2
Heizwärmebedarf (SIA 380/1)	$104 \text{ MJ/m}^2\text{a}$

U-Werte (in $\text{W/m}^2\text{K}$):

Aussenwand Strasse 1.OG bis 3.OG	0.38
Aussenwand Strasse EG	0.16
Aussenwand Hof	0.11
Dach	0.09
Boden zu UG	0.16
Fenster	0.9

Heizsystem:

System: Mini-BHKW, Erdgas

Speicher: 1200 l

Zusatzheizung fakultativ: Holzspeicheröfen

Lüftung: drei dezentrale Anlagen mit Heizregister

3. Durchgeführte Arbeiten und Resultate

3.1 Energiehaushalt

Die Messungen zum Thema Energiehaushalt umfassen die effektiven Verbräuche für Heizung, Warmwasser und Elektro. Sie werden den geplanten Werten gegenübergestellt. Die Energiekennzahlen werden anschliessend mit den Gewichtungen nach Minergie-P bewertet und den Anforderungswerten Minergie-P gegenübergestellt.

Messdaten

Die Werte für Energie- und Elektrizitätsverbrauch wurden vom Juli 2003 bis Juni 2004 monatlich abgelesen. Die mit * markierten Werte der Lüftungsanlagen und Hilfsapparate sind nach Herstellerangaben und der effektiven Laufzeit abgeschätzt. Alle restlichen Werte wurden durch Viridén + Partner AG gemessen. Es fand keine Bereinigung aufgrund der effektiven Heizgradtage und der Innenraumtemperaturen statt. Das Messjahr weist rund 94 % der „Norm“-HGT auf. Die Raumtemperaturen dagegen liegen während der Heizsaison im Durchschnitt bei 22°C. Diese beiden Parameter vermögen sich nicht auszugleichen, es ergibt sich ein höherer Verbrauch.

Nutzenergie	geplant	effektiv 2003/04
Heizwärmebedarf Q_h	63 MJ/m ² EBFa	100 MJ/m ² EBFa
Wärmebedarf Warmwasser Q_{ww}	75 MJ/m ² EBFa	49 MJ/m ² EBFa

Energiekennzahl (ungewichtet)	geplant	effektiv 2003/04
Energiekennzahl Wärme E_{Gas}	192 MJ/m ² EBFa	292 MJ/m ² EBFa
Energiekennzahl Holz $E_{h\ Holz}$	17 MJ/m ² EBFa	14 MJ/m ² EBFa
Energiekennzahl elektrisch E_{elHH} (Haushaltstrom, Lüftung, Hilfsapparate)	60 MJ/m ² EBFa	96 MJ/m ² EBFa
Energiekennzahl elektrisch E_{elBHKW} (Produktion BHKW)	- 64 MJ/m ² EBFa	- 62 MJ/m ² EBFa
Total zugeführte Energie	204 MJ/m²EBFa	339 MJ/m²EBFa

Anteil el. Energie für Lüftung $E_{Lü}$	6.7 MJ/m ² EBFa*	6.7 MJ/m ² EBFa*
Anteil el. Energie für Hilfsapparate E_{Hil}	2.5 MJ/m ² EBFa*	2.5 MJ/m ² EBFa*

Gewichtete Energiekennz. Wärme und Lüftung nach Minergie-P (Strom x 2/ Gas x 1/ Holz x 0.6)	91 MJ/m ² EBFa 25.3 kWh/m ² EBFa	194 MJ/m ² EBFa 54.0 kWh/m ² EBFa
---	---	--

Total gewichtete Energie (Wärme und Haushaltstrom) (Strom x 2/ Gas x 1/ Holz x 0.6)	193 MJ/m ² EBFa	367 MJ/m ² EBFa
---	----------------------------	----------------------------

Fig. 7: geplante und gemessene Energiewerte für Heizung, Warmwasser und Haushaltstrom

Die gemessenen Daten sind in einem Energieflussdiagramm zusammengestellt worden, welches die Jahresenergiebilanz zeigt. So können die Energieflüsse besser nachvollzogen werden.

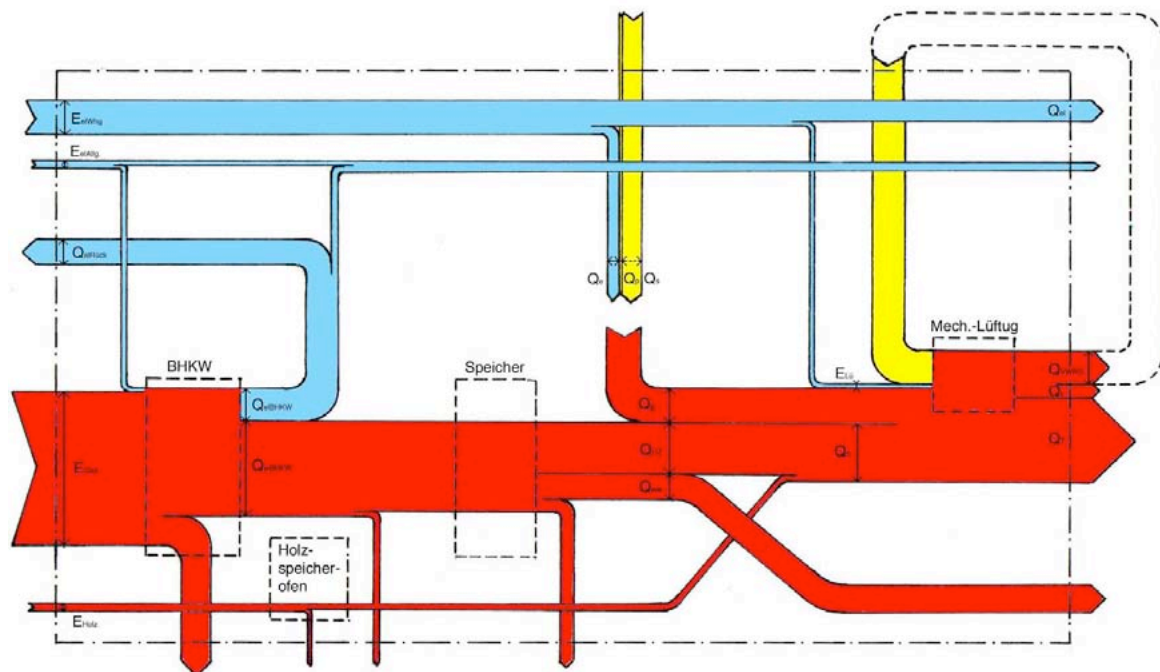


Fig. 8: Energieflussdiagramm, Jahresenergiebilanz Juli 2003 bis Juni 2004

Kommentar

Die Messungen haben gezeigt, dass der effektive Heizwärmebedarf einiges höher liegt als geplant. Die Hauptgründe liegen im Benutzerverhalten: Die Mieter und Eigentümer wünschten zum Teil hohe Raumtemperaturen und legten zudem ein fast herkömmliches Lüftungsverhalten an den Tag, welches bei Liegenschaften mit derart gut gedämmten Gebäudehüllen nicht angemessen ist (vgl. auch thermische Behaglichkeit).

Im Winterhalbjahr wurden die Wohnungen auf durchschnittlich 22°C aufgeheizt. Dieser Wert liegt heute wohl im Bereich des schweizerischen Mittels. Allerdings schwankten die Temperaturen in den einzelnen Wohnungen sehr stark. Während im Erdgeschoss stark überhöhte Temperaturen (bis zu 27°C!) durch zusätzliches Einheizen mit den Holzspeicheröfen erreicht wurden, musste im Gegenzug im 1. Obergeschoss nachts das Fenster offen gelassen werden um die aufsteigende Wärme abzuführen. Ein ähnliches Problem ergab sich durch den bei offenen Fenstern Sport treibenden Bewohner des Dachgeschosses (vgl. auch thermische Behaglichkeit). Während also die Räume immer wieder manuell durch Fensterlüftung ausgekühlt wurden, arbeitete die Gasheizung auf Hochtouren, um die verlorene Wärme wett zu machen.

Der Heizenergiebedarf könnte rein theoretisch deutlich gesenkt werden, wenn das Raumtemperaturniveau auf 20°C reduziert und ein angemessenes Lüftungsverhalten erreicht werden könnte. Schon die Senkung der Durchschnittstemperatur um 2°C würde den Heizwärmebedarf Q_h um 30 MJ/m²a verringern.

Der Energiebedarf für Warmwasser liegt mit 49 MJ/m²EBFa deutlich tiefer als die nach SIA 380/1 üblichen 75 MJ/m²EBFa. Der Wert täuscht allerdings. Er liegt hauptsächlich deshalb so tief, weil die luxuriösen Wohnungen im Vergleich zur Norm stark unterbelegt sind. Pro Person werden rund 140 m²EBF genutzt, anstelle der 40 m²EBF gemäss Standardnutzung nach SIA 380/1. Legt man die Standardwerte nach SIA 380/1 auf den Verbrauch per Person um, errechnet sich eine durch-

schnittliche Warmwassermenge von 40 Liter / Person und Tag. An der Nietengasse erreichen die vier Personen einen Durchschnittswert von 90 Liter / Person und Tag.

Die verbrauchte Haushaltselektrizität entspricht in etwa dem Standardverbrauch für Mehrfamilienhäuser. Die angestrebten $60 \text{ MJ/m}^2\text{EBFa}$ konnten nicht erreicht werden. Andere Umbauten nach Minergie-P, z. B. die Sanierung des Mehrfamilienhauses Magnusstrasse 23 zeigen, dass die angestrebten Werte realistisch wären.

Der erreichte Energiegewinn an Elektrizität durch das BHKW entspricht in etwa den Planungswerten. Im Vergleich mit der effektiven Energiemenge, welche in Form von Erdgas gebraucht wurde, zeigt sich, dass der errechnete elektrische Nutzungsgrad nicht bei 25 % sondern nur bei rund 22 % liegt. Mehrmaliges Einregulieren der Anlage und Tests haben bis heute noch zu keiner Verbesserung des Nutzungsgrades geführt.

Die Anforderungen für das Minergie-P Label liegen für den Heizenergiebedarf bei $56 \text{ MJ/m}^2\text{EBFa}$ (20% vom Grenzwert bei der Berechnung nach SIA 380/1), also etwas tiefer als geplant und beinahe halb so hoch wie im ersten Betriebsjahr gemessen. Die bewertete Energiekennzahl (Heizung, Warmwasser und Strom für Hilfsapparate) von $54.0 \text{ kWh/m}^2\text{EBFa}$ liegt beinahe doppelt so hoch wie die Anforderungen von Minergie-P ($30 \text{ kWh/m}^2\text{EBFa}$). Durch die hohen elektrischen Gewinne durch das BHKW hätte gemäss Planung rechnerisch in diesem Bereich der Minergie-P Standard mit $25.3 \text{ kWh/m}^2\text{EBFa}$ erreicht werden können. Die höheren Heizenergien gekoppelt mit dem tieferen Wirkungsgrad des BHKW führen jedoch auch in diesem Bereich zu einem weniger guten effektiven Resultat.

3.2 Luftdichtigkeit

Messdaten

Die Luftdichtigkeitsmessung ist durch die Firma I&T Bauphysik, Mühlethal durchgeführt worden (Zuständige Sachbearbeiterin: Frau Izaldi Tzinoglou Wolf). Die Luftdichtigkeitsmessung erfolgte mit dem System Blower Door nach SIA 180 am 24. Oktober 2003 (ganzes Gebäude inklusive Untergeschoss). Durch Infrarotaufnahmen wurde die Messung vervollständigt.

Luftdichtigkeit	Forderung Minergie-P	Forderung SIA 180	Messung effektiv
$n_{L,50}$ -Wert	0.6 h^{-1}	1 h^{-1} (oberer Grenzwert)	1.5 h^{-1}
$V_{a,4}$		$1.5 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ (Grenzwert)	$0.7 \text{ m}^3/\text{hm}^2$

Aufgrund der Erfahrungen mit dem Projekt Magnusstrasse war bereits im Vorneherein klar, dass die durch den Minergie-P - Standard vorgegebenen Werte betreffend Luftdichtigkeit in einem derartigen Umbau mit Holzbalkendecken nicht erreicht werden können.

Kommentar

Im Hinblick auf einen optimalen Wärmeschutz sind eine konsequente Abdichtung der Hülle und ein Vermindern möglicher Wärmebrücken besonders wichtig. Bei der Sanierung wurde darauf geachtet, die Luftdichtigkeit möglichst gut auszuführen. Sämtliche Fugen an der Aussenhülle wurden zusätzlich abgedichtet. Der gemessene Wert ist über das ganze Gebäude einer der bis heute besten Luftdichtigkeitswerte von Altbausanierungen mit Holzbalkendecken. Trotzdem sind die erreichten Werte im Vergleich zu den Vorgaben von Minergie-P zu hoch.

Das im Rahmen der Luftdichtigkeitsmessung erstellte Protokoll der Leckagen weist auf Schwachstellen in der Gebäudeaussenhülle hin. Insbesondere sind dies:

- Ausbildung der bestehenden, innenliegenden Rolladenkästen im ehemaligen Ladengeschoss an der Strassenseite
- Elektroinstallationen der Sonnenschutz- und Verdunkelungselemente durchdringen die Luftdichtigkeitsschicht
- nicht ganz dichte Klappen an den Holzspeicheröfen
- mangelnde Dichtigkeit der Glasleisten zum Fensterflügel sowie zum Teil ungenügender Anpressdruck von Fensterflügel an den Rahmen

Das Dachgeschoss wurde in Elementbauweise neu aufgebaut. Hier hat sich gezeigt, dass die Luftdichtigkeit sehr gut erreicht werden konnte: Speziell ausgebildete Elementstösse und eine konsequente Abdichtung der Elementstösse mit Kompribändern haben hier zu keinen feststellbaren Leckagen geführt.

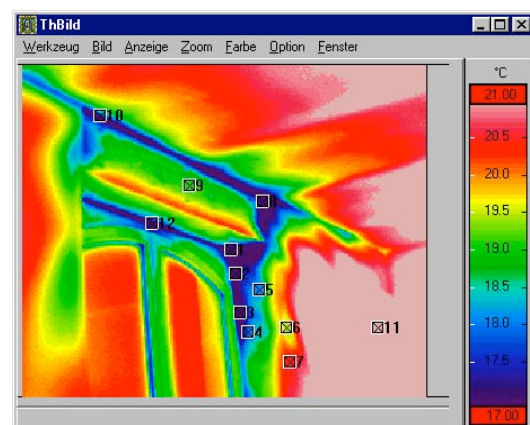


Fig. 9: Infrarotaufnahme Erdgeschoss Schlafzimmer: Leckagen beim best. innenliegenden Rolladenkasten und beim Fenster

3.3 Thermische Behaglichkeit

Messdaten

Während eines Jahres wurden in den Wohnungen die Raumlufttemperaturen und relativen Raumluftfeuchtigkeiten gemessen. Die Messungen wurden durch Viridén + Partner AG durchgeführt mit Geräten der Firma Rotronic AG, Bassersdorf. In jedem Geschoss wurde ein Datenlogger aufgestellt und zwar jeweils im Wohnbereich, ca. ein Meter über Boden. Die Temperaturen und Feuchtigkeiten gehen aus den grafischen Darstellungen auf den folgenden beiden Seiten hervor. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen.

Temperatur	Durchschnitt	maximal / minimal
Sommerhalbjahr	24 °C	32 °C / 19 °C
Winterhalbjahr	22 °C	27 °C / 19 °C
Feuchtigkeit	Durchschnitt	maximal / minimal
Sommerhalbjahr	44 %	68 % / 17 %
Winterhalbjahr	33 %	61 % / 18 %

Kommentar

Im Sommerhalbjahr (Messreihe Juli bis November 2003) erreichen die Temperaturen in den Wohnungen rund 24°C im Schnitt und befinden sich damit für sommerliche Verhältnisse im behaglichen Bereich. Ausreisser in den Temperaturverläufen ist insbesondere das Dachgeschoss, welches deutlich über den Werten in den anderen Geschossen liegt. Die überhöhten Werte mit bis zu 32°C sind auf ein falsches Benutzerverhalten bezüglich Beschattung zurück zu führen. Im zweiten Sommerhalbjahr stiegen dank angepasstem Verhalten die Temperaturen nicht mehr über 28°C.

Die relative Feuchtigkeit im Sommerhalbjahr liegt bei durchschnittlich 44 %. Mit den überhöhten Temperaturen im Dachgeschoss erklärt sich die umgekehrt proportionale niedrige relative Feuchte in diesem Geschoss.

Im Winterhalbjahr (Messreihe November 2003 bis Mai 2004) erreichen die Temperaturen durchschnittliche 22°C. Die Überhöhung über den „Norm-Wert“ von 20°C ist nicht nur in diesen Eigentumswohnungen festzustellen, sondern entspricht einem schweizerischen Trend der letzten Jahre. Auch hier erklären sich die Ausreisser über das Benutzerverhalten: Während die Mieter im Erdgeschoss während der Wintermonate den Holzspeicherofen oft zum Vergnügen einfeuerten und damit Raumtemperaturen bis zu 27°C erreichten, musste die Bewohnerin im 1.Obergeschoss in der Nacht zum Teil die Fenster öffnen, weil die Erwärmung über das Erdgeschoss zu gross wurde. Auch im 3. Obergeschoss und Dachgeschoss waren die Fenster öfters tagsüber geöffnet. Weil hier ein Bewohner sein Training als Profisportler oft bei offenem Fenster durchführte, schwankte bei ihm die Raumtemperatur erheblich: Während des Sports kühlte er die Räume aus.

Bedeutungsvoll - und kein Einzelfall an der Nietengasse - ist die Tatsache, dass die relativen Raumluftfeuchtigkeiten im Winterhalbjahr längerfristig unter 30 % liegen. Dies, weil viel Aussenluft gefördert wird, in den Wohnungen mindestens im Bereich von einem Luftwechsel von 0,5 pro Stunde. In den Wohnungen wird zwar oft gekocht, die Feuchtigkeitsgewinne verteilen sich aber auf sehr grosse Flächen. Die tiefsten Werte finden sich im Erdgeschoss, sie erklären sich durch die stark überhöhten Temperaturen in dieser Wohneinheit.

Während also die sommerlichen Werte im behaglichen Bereich liegen, sind die winterlichen Werte für Temperatur und Feuchtigkeit eher unbehaglich. Die zu hohen Raumlufttemperaturen erklären sich über das Benutzerverhalten, die tiefen Raumluftfeuchtigkeiten im Winter sind hingegen ganz klar auch systembedingt.

Grafische Darstellung der Messdaten im Sommerhalbjahr

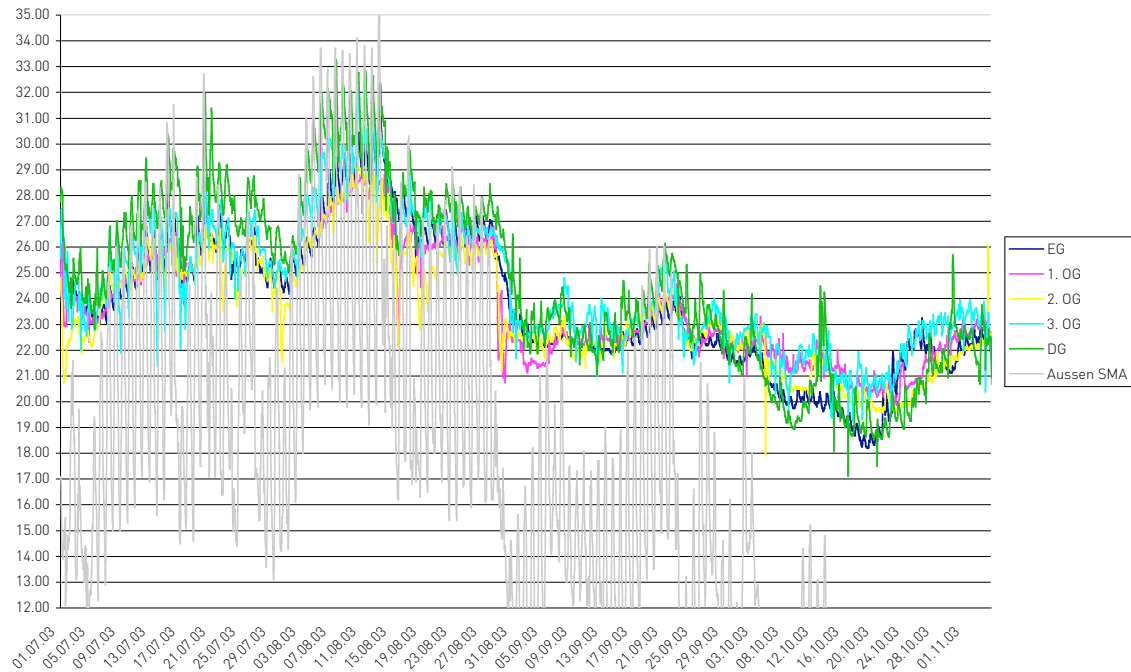


Fig. 10: Gemessene Raumlufttemperaturen in °C in den Wohnungen vom 1.07.03 bis 1.11.03 (Sommerperiode). Aussentemperaturen in °C nach Schweizerischer Meteorologischer Anstalt SMA.

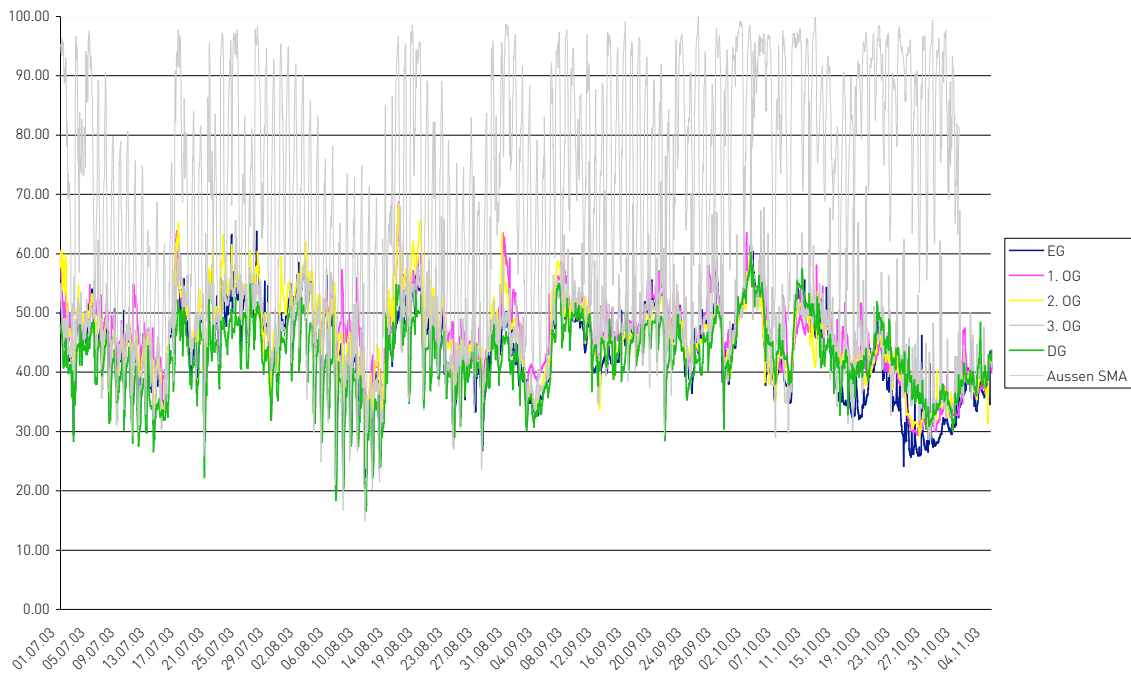


Fig. 11: Gemessene relative Raumluftfeuchtigkeiten in % in den Wohnungen vom 1.07.03 bis 1.11.03 (Sommerperiode). Relative Feuchtigkeiten aussen nach Schweizerischer Meteorologischer Anstalt SMA.

Grafische Darstellung der Messdaten im Winterhalbjahr

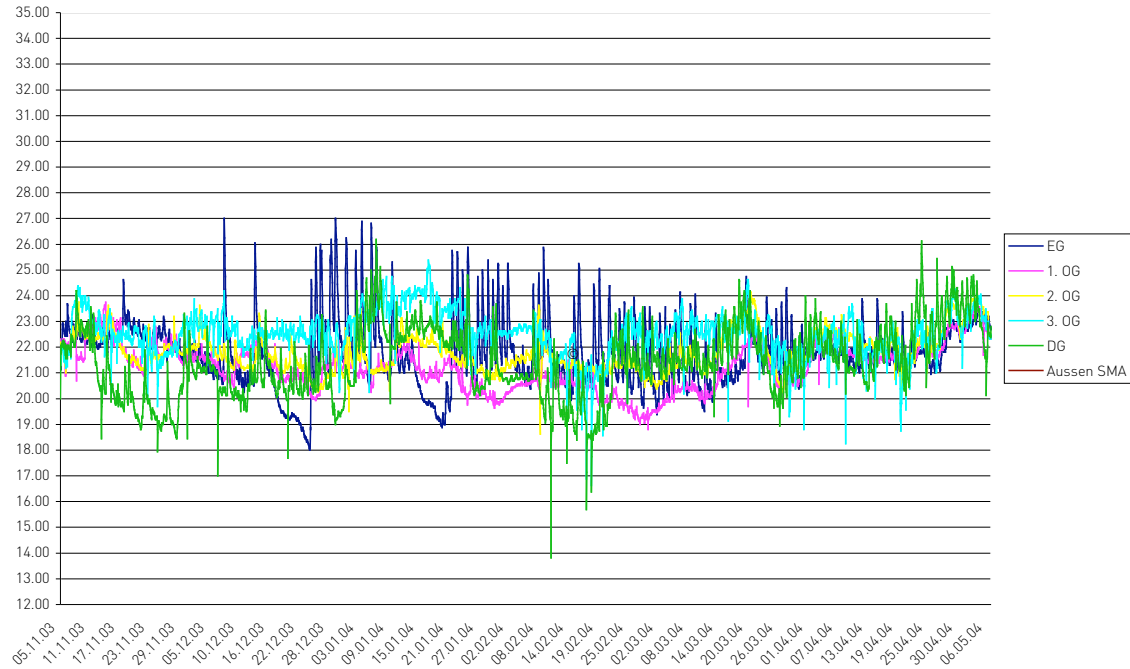


Fig. 12: Gemessene Raumlufttemperaturen in °C in den Wohnungen vom 05.11.03 bis 05.05.04 (Winterperiode). Aussentemperaturen in °C nach Schweizerischer Meteorologischer Anstalt SMA fehlen.

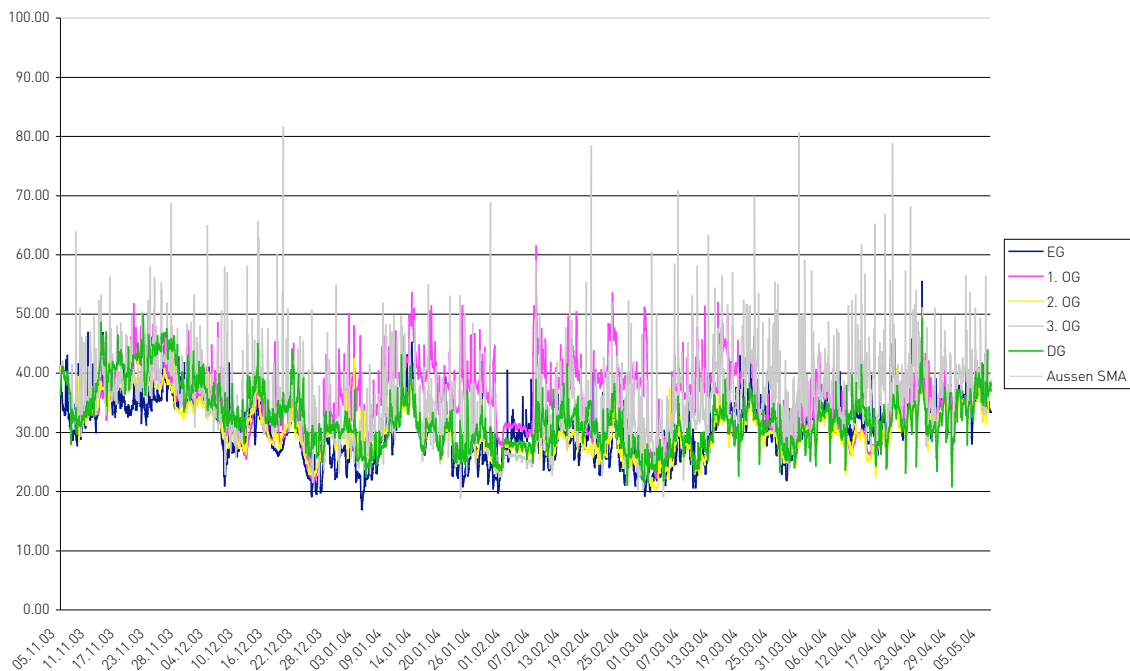


Fig. 13: Gemessene relative Raumluftfeuchtigkeiten in % in den Wohnungen vom 05.11.03 bis 05.05.04 (Winterperiode). Relative Feuchtigkeiten aussen nach Schweizerischer Meteorologischer Anstalt SMA.

3.4 Innenwärmedämmung mit Vakuum-Isolations-Paneeelen (VIP)

Während man mit Vakuum-Isolations-Paneeelen bei Flachdachterrassen bereits auf gewisse Erfahrung zurückgreifen kann [11], wurden VIP an der Nietengasse zum ersten Mal für die Innendämmung eingesetzt. Prof. H.R. Preisig, Zürich, begleitete die Planungsphase kritisch und lieferte aufschlussreiche Berechnungen zum Temperaturverlauf in den Bauteilen (Software: Flixo).

Ausgeführte Konstruktion

- Vakuum-Isolations-Paneele
- Kork

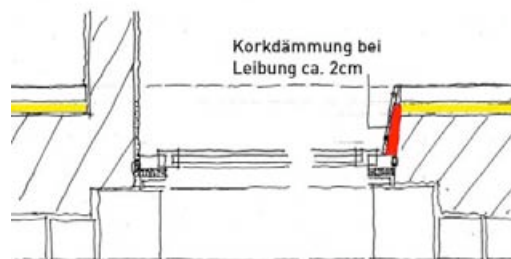


Fig. 14: Grundriss mit Fensterleibung

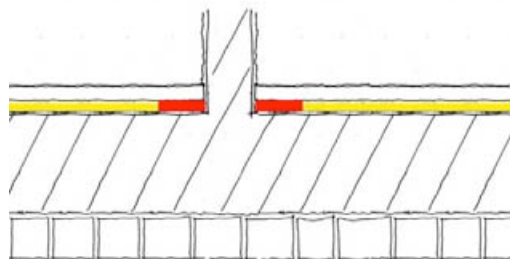


Fig. 15: Grundriss mit Anschluss Innenwand

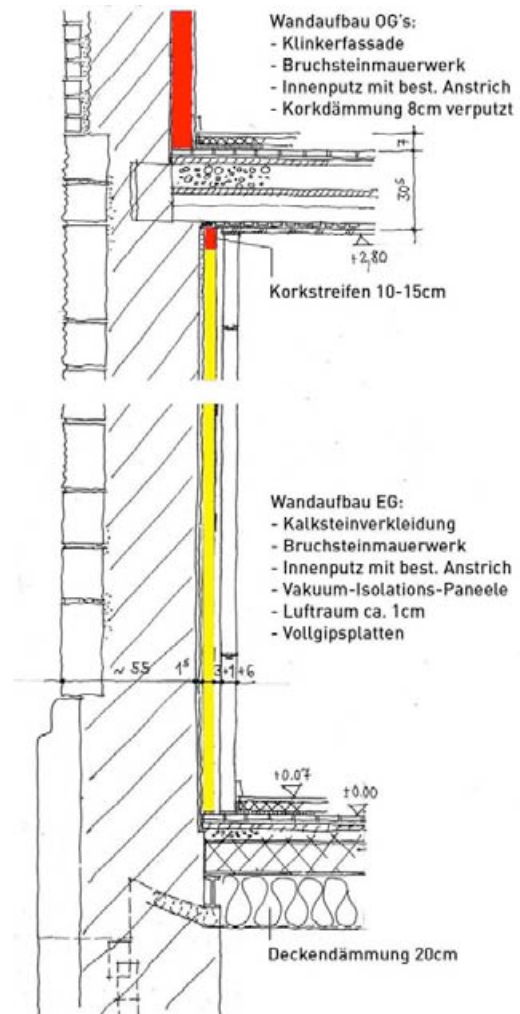


Fig. 16: Schnitt mit Anschluss Decke

Kommentar

Planung VIP-Innenwärmedämmung

Vakuum-Isolations-Paneele in Normabmessungen sind für einfache, rechteckige Flächen gut einsetzbar, für Anschlüsse und Übergänge sind massgefertigte Platten notwendig. Da die VIP auf der Baustelle nicht auf die gewünschte Grösse zugeschnitten werden können, müssen exakte Verlegepläne mit Stückliste erstellt werden.

Kleine Stücke mit komplizierten Formen lohnen sich nicht nur finanziell nicht, sie haben laut einem Bericht der Empa auch eine kleinere Lebensdauer als grössere Paneele [11]. Für alle Anschlüsse an Innenwände, Decken und bei Fenstern wurde deshalb ein Streifen Kork eingesetzt, mit dessen Hilfe Unregelmässigkeiten, wie sie bei Umbauten gegeben sind, aufgenommen werden können.

Der Einsatz der Paneele konfrontierte die Planer auch mit bauphysikalischen Fragestellungen. Durch die sehr gute Dämmleistung der Paneele kühlt die ‚aussenliegende‘ Mauer im Winter stark aus. Durch den direkten Kontakt der Decken, Innenwände und Fenster mit der kalten Aussenwand fliesst in diesen Anschlussbereichen vermehrt Wärme ab. Befürchtet werden tiefere Oberflächentemperaturen und dadurch ein erhöhtes Risiko der Kondenswasserbildung. Der Einsatz von VIP verschärft damit die bekannten Anschlussprobleme bei nicht lückenlosen Innenwärmedämmungen [12].

Dass in diesen Bereichen sowieso ein Streifen Kork eingefügt wurde, vermindert das Risiko der Kondensation ein wenig: Kork kann im Gegensatz zu VIP Feuchtigkeit absorbieren. Da Kork eine geringere Dämmleistung aufweist, wird die Aussenwand in diesen Bereichen auch minim weniger stark ausgekühlt, als wenn sie mit VIP gedämmt wären. Berechnungen zeigten, dass die damit in Kauf genommenen Wärmebrücken kaum Auswirkungen auf den Temperaturverlauf in der Aussenwand zeigen.

Realisation VIP-Innenwärmedämmung

Die Bestellung der Stückliste mit Positionsnummern der VIP erfolgte direkt über den Hersteller [13]. Die Paneele wurden in grossen Kartonschachteln geliefert um sie während des Transports zu schützen. Nach der Anlieferung mussten die VIP kontrolliert werden. Mangelhafte Platten konnten sehr schnell an der ‚schrumpelnden‘ Folie erkannt werden und wurden umgehend dem Lieferanten gemeldet. Wenn eine Platte verletzt wird, dringt Luft ein, das Vakuum zerfällt und die Dämmwirkung lässt empfindlich nach. Die VIP mussten deshalb auf der Baustelle sehr sorgfältig geschützt werden. Die Platten durften auch für die Zwischenlagerung nicht einfach in den Baustaub gelegt werden.

Die Anforderungen an den Untergrund sind bei einer VIP höher als bei konventionellen Wärmedämmplatten. Die Arbeitsfläche musste gereinigt und von jeder scharfkantigen Unebenheit befreit werden. Ein Gipsverputz auf der bestehenden Mauer bildete eine glatte Oberfläche zum Anbringen der Paneele.

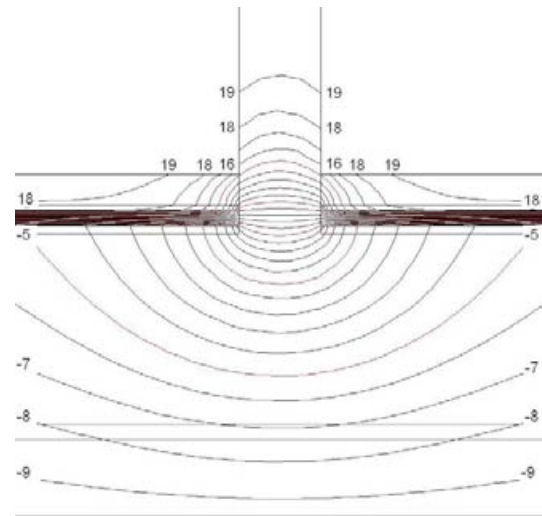


Fig.17: Verlauf der Isothermen in der Wand ohne Kork

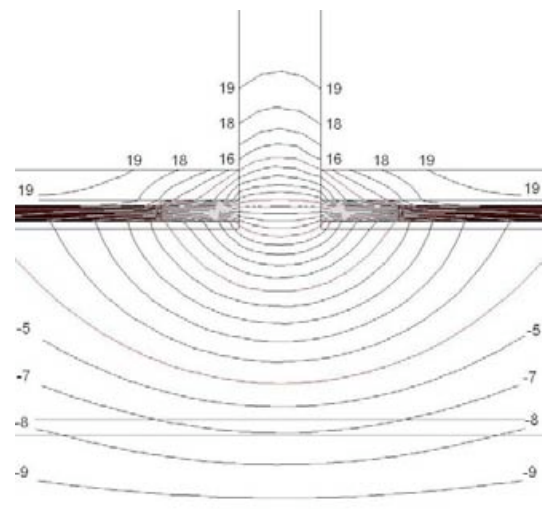


Fig.18: Verlauf der Isothermen in der Wand mit Kork

Für die Befestigung der VIP an den Wänden wurde ein Spezialleim verwendet. Wie sich der Klebstoff unter den stark variierenden Temperaturverhältnissen bewährt, ob Ablösungen oder eine Reaktion mit der Alu-Folie der Paneele auftreten, konnte noch nicht geklärt werden.

Um eine gute, durchgängige Luft- und Dampfdichtigkeit zu erreichen, mussten die Fugen und Ränder mit Alu-Klebebändern verklebt werden. Sofort nach dem Anbringen und Verkleben der Vakuumpplatten wurde eine 6cm dicke, freistehende Vollgipswand hochgezogen, um die Platten vor Beschädigungen zu schützen. Sie ermöglicht es auch, dass Bewohner später Bilder aufhängen können, ohne die Paneele zu beschädigen.

Auswertung VIP-Innenwärmedämmung

Die Planung und Realisation einer Innendämmung mit Vakuum-Isolations-Paneelen bietet einerseits bauphysikalisch eine grosse Herausforderung. Der Temperaturverlauf in der Aussenwand und damit die Kondensation bei Anschlüssen sind sehr genau zu beachten, insbesondere bei Holzbalkendecken. Andererseits ist die Verarbeitung der sensiblen Paneele auf der Baustelle eine logistische und handwerkliche Herausforderung. Bauleiter und Handwerker müssen mit dem neuen Baustoff vertraut gemacht werden und ihre Arbeitsweise entsprechend anpassen.

Für kleinere Flächen und Randstreifen macht die Ausführung in VIP finanziell und konstruktiv keinen Sinn. Kleinere Vakuum-Isolations-Paneele haben laut Empa auch eine kürzere Lebensdauer [14].

Bei einer guten Vorbereitung der Untergründe, der Bereitstellung aller benötigten Werkzeuge und Klebemittel erfolgt die Montage in kurzer Zeit, da weder ein Einmessen noch Zuschneiden von Platten notwendig ist.

Zwei jederzeit zugängliche Kontrollöffnungen in der mit VIP gedämmten Aussenwand an der Nietengasse sollen eine Überprüfung der Vakuumpplatten ermöglichen. Bereits kurz nach Bauabschluss zeigte sich hier, dass eine Platte beschädigt worden war und kein Vakuum mehr aufweist. Der Zeitpunkt wann die Platte undicht geworden ist, konnte nicht festgestellt werden.



Fig 19: Kleben der Vakuum-Dämmplatten



Fig 20: VIP aufgezogen, Leibung mit Kork gedämmt



Fig. 21: Gipswand wird als Schutz vor der VIP hochgezogen.

In den Thermografieaufnahmen von aussen und von innen zeigen sich keine Schwachstellen in der VIP-gedämmten Aussenwand. Dies ist allerdings nicht erstaunlich, da von aussen das Mauerwerk und innen der Luftspalt zwischen VIP und Gipsplatte allfällige Temperaturunterschiede ausgleichen.

In den Ecken und beim Deckenanschluss sind bisher keine Dunkelfärbungen oder sogar Kondensationsprobleme aufgetreten. Es ist zu vermuten, dass der Kork an diesen Stellen die erhoffte Wirkung zeigt. Eine entscheidende Entschärfung der Kondensationsproblematik beim Einsatz der VIP-Dämmung an der Nietengasse bringt sicher auch die niedrige Raumluchtfeuchtigkeit als unmittelbare Folge des ständigen Luftwechsels durch die Lüftungsanlage. Unklar ist, wie sich langfristig die starke Auskühlung der Balkenköpfe auswirken wird.

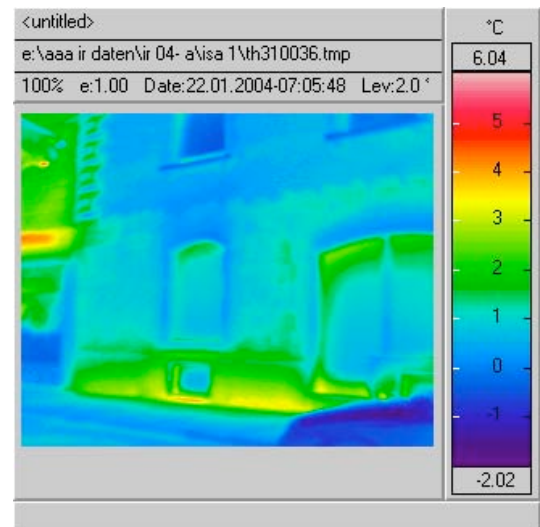



Fig. 22: Thermografieaufnahme EG von aussen. Gut sichtbar ist der ungedämmte Sockelbereich.

3.5 Lukarnen mit Vakuum-Isolutions-Paneeelen (VIP)

Weniger problematisch bezüglich Planung und Realisierung zeigte sich der Einbau von VIP als Dämmstoff bei der im Werk vorgefertigten Lukarne.

Ausgeführte Konstruktion

 Vakuum-Isolutions-Paneele

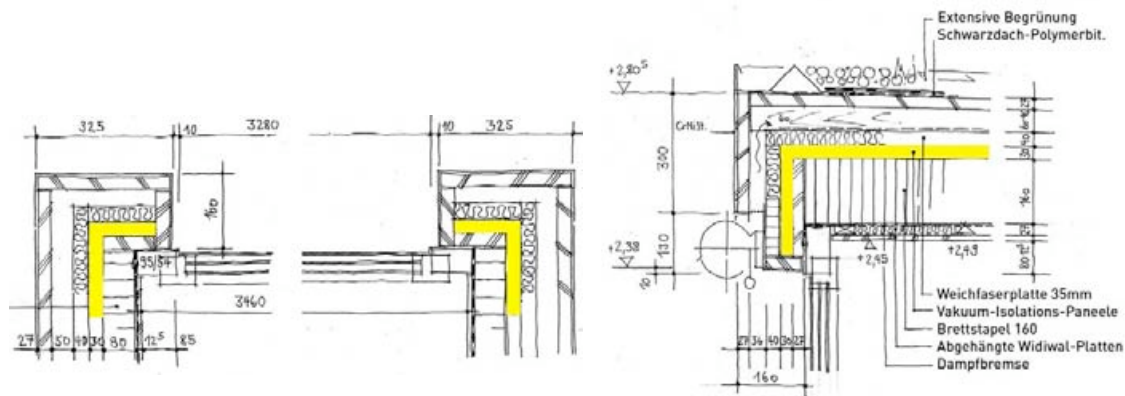


Fig. 23: Horizontalschnitt Lukarne mit seitlichem Fensteranschlag

Fig. 24: Vertikalschnitt Lukarne mit oberem Ortanschluss und Detail Storenkasten

Kommentar

Planung VIP in Lukarne

Da der vorfabrizierte Holzbau in der Planung und Herstellung sowieso sehr genaues Arbeiten voraussetzt und die Arbeit im Werk und nicht auf der Baustelle erfolgt, ist hier der Einbau von Vakuum-Isolutions-Paneeelen nahe liegender und wesentlich einfacher.

Die Stückliste konnte anhand der Planunterlagen des Zimmermanns präzise und frühzeitig bestellt werden. Die Paneele wurden bereits im Werk unter sauberen Bedingungen in das vorfabrizierte Lukarnen-Element eingebaut. Die Herausforderung war es, eine Konstruktionslösung zu finden, die es ermöglicht die VIP auf der Kaltseite so zu befestigen, dass eine durchgehende Wärmedämmschicht erreicht und diese bei der Befestigung nicht verletzt wird. Die aussen angebrachte Konstruktion musste genügend gesichert sein, damit kein Abheben bei Windlasten möglich ist.



Fig. 25: Montage der VIP-Platten auf mit Klebeband vorbereitete Flächen im Werk

Als Lösung wurde die äussere Verkleidung wie ein Hut über die Dämmschicht gestülpt und nur an den Rändern an der Unterkonstruktion befestigt. Die eigentliche Tragstruktur wurde in Massivholz ausgeführt. Als Vorsichtsmassnahme, falls die Dämmwirkung der Vakuum-Isolations-Paneele nachlassen sollte, wurde an der Decke innenliegend zusätzlich eine 3cm dicke Wärmedämmung aufgebracht.

Realisation VIP in Lukarne

Die präzisen Planunterlagen der Lukarnenkonstruktion ergaben ohne grossen Aufwand den Verlegeplan für die Vakuum-Isolations-Paneele, die in nummerierten Vierecken und Dreiecken geliefert wurden. Die Platten konnten unter idealen Bedingungen in der Werkstatt montiert und geschützt werden. Bei den Abschlussarbeiten auf der Baustelle (wie die Spenglerarbeiten, die Fenstermontage und die Befestigung des Sonnenschutzes) musste stets auf eine Befestigung geachtet werden, welche die nunmehr nicht mehr sichtbare Dämmschicht nicht verletzt.

Auswertung VIP in Lukarne

Der Einbau von Vakuum-Isolations-Paneeelen in ein vorgefertigtes Element ist viel einfacher zu realisieren als der Einsatz der Paneele direkt auf der Baustelle. Der Einbau in der Werkstatt kann in überschaubarem Rahmen mit der notwendigen Präzision und Sorgfalt ausgeführt werden.

Die Tatsache, dass im Lukarnenelement eine sensible Dämmung eingebaut ist, war für die Handwerker auf der Baustelle nicht mehr richtig fassbar. Vor Ort musste stets ein wachsames Auge auf die Arbeiten im Bereich der Lukarne gelegt werden.

Die Konstruktion mit VIP als Wärmedämmung im vorgefertigten Holzelementbau hat sich, abgesehen vom relativ hohen Planungsaufwand, bewährt. Sie erlaubte es, eine optisch schlanke Wandkonstruktion mit hervorragenden Wärmedämmwerten zu verwirklichen. Allerdings bleibt die längerfristige Qualitätssicherung eine offene Frage.



Fig. 26: Zusammensetzspiel mit durchnummerierten VIP-Platten im Werk



Fig. 27: Montage der Lukarne auf der Baustelle



Fig. 28: Die fertig verkleidete Lukarne bei Bauabschluss

3.6 Aussenwärmedämmung mit 28cm Mineralwollplatten

Die Hoffassade wurde mit 28cm Aussenwärmedämmung in zwei Lagen ausgeführt. Die Anfrage nach einer Aussenwärmedämmung in ‚Überdicke‘ hat bei den verschiedenen Anbietern eine Entwicklung ausgelöst. Als Experte wurde Jürg Pfefferkorn beigezogen, Bauchemiker und Präsident der Kommission SIA 243 ‚Verputzte Aussenwärmedämmungen‘.

Ausgeführte Konstruktion

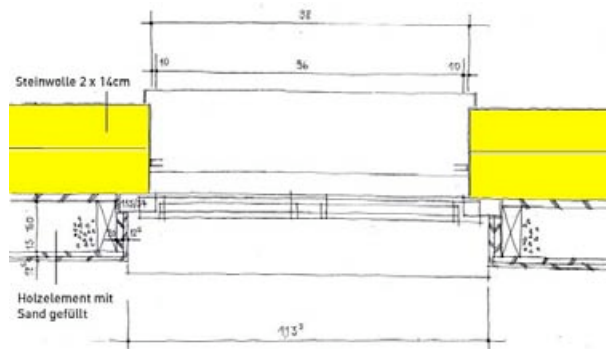


Fig. 29: Grundriss AWD bei Holzelement

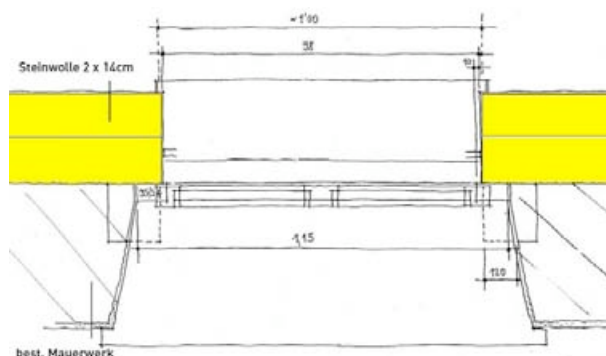


Fig. 30: Grundriss AWD bei best. Mauerwerk

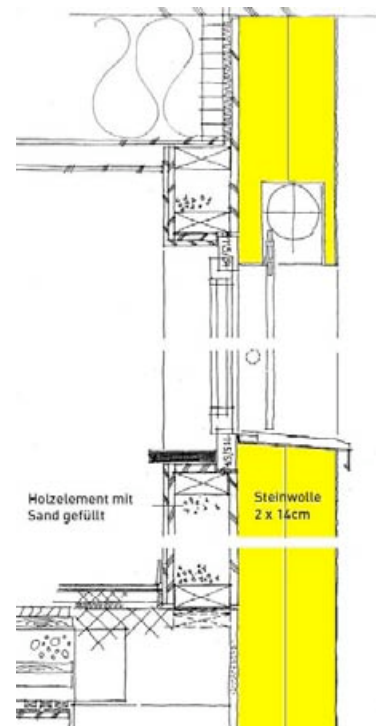


Fig. 31: Schnitt AWD bei Holzelement

Kommentar

Planung AWD 28cm

Da die Strassenfassade nicht optimal wärmetechnisch verbessert werden konnte (Sichtbacksteinfassade mit denkmalpflegerischen Auflagen), drängte es sich auf, die Hoffassade maximal zu dämmen. Zur Zeit der Planung und Ausführung des Objektes Nietengasse 20 mass die dickste erhältliche Dämmplatte in Steinwolle 20cm.

Nach diversen Abklärungen mit Systemhalter und Fachpersonen wurde folgender Aufbau geplant: Zuerst sollte eine 20cm dicke Dämmplatte auf das bestehende Mauerwerk geklebt und mechanisch befestigt werden. Anschliessend sollte eine weitere, 8cm dicke Platte geklebt werden - diese zweite Dämmschicht sollte nicht mechanisch befestigt werden. Diese Ausführungsvariante wurde aus der anerkannten Regeln abgeleitet, dass Aussenwärmedämmplatten mit maximal 8cm Dicke ohne mechanische Befestigung auf ein Mauerwerk montiert werden dürfen, entsprechend schien auch die Montage auf eine erste befestigte Dämmschicht in der gleichen Art und Weise möglich. Eine mechanische Befestigung der zweiten Dämmschicht wäre allerdings schon deshalb nicht möglich gewesen, weil keine Dübel von der notwendigen Länge verfügbar waren.

Realisation AWD 28cm

Bei der Ausführungsplanung wurde die geplante Konstruktion wieder verworfen. Der Systemanbieter der ausführenden Unternehmung bevorzugte eine Ausführung mit zwei je 14cm dicken Schichten. Da unterdessen Dübel mit einer Länge von über 30cm auf dem Markt gebracht wurden, bot sich diese Ausführungsvariante an. Nach diversen Abklärungen und nachdem eine Systemgarantie zugesichert werden konnte, wurde die Aussenwärmedämmung wie folgt ausgeführt: Die erste Dämmschicht von 14cm wurde geklebt und mechanisch befestigt. Die zweite Dämmschicht von ebenfalls 14cm wurde auf die erste Dämmschicht geklebt und mechanisch mit langen Dübeln durch die erste Schicht hindurch bis ins bestehende Mauerwerk verdübelt. Auf diese Dämmschichten folgt der konventionelle Aufbau mit Netzeinbettung und Deckputz (mineralisches System).

Die Fenster wurden in der Leibung fassadenbündig zur Aussenmauer angeschlagen. Die Wärmedämmung konnte über die Fensterrahmen geführt werden, wodurch ein optimaler wärmetechnischer Anschluss erreicht werden konnte.

Auswertung AWD 28cm

Die Anfrage des Planungsbüros nach einer 28cm dicken Aussenwärmedämmung hat bei den Systemanbietern eine Entwicklung ausgelöst.

Heute ist die entsprechende Entwicklung weit fortgeschritten. Die überlangen Dübel sind im Vergleich zwar teuer, aber sie sind erhältlich. Einzelne Systemanbieter können heute auch bereits Wärmedämmplatten mit über 20cm Dicke anbieten. Die Platten werden im Werk aus zwei Normplatten verklebt und bereits in der gewünschten Dicke geliefert. Damit entfällt die doppelte mechanische Befestigung. Dafür stellt sich das Problem des Handlings der schweren Platten auf der Baustelle.

Bis jetzt zeigen sich die Fassaden in tadellosem Zustand. Es sind keine Abzeichnungen, Risse, Verfärbungen oder andere Probleme aufgetreten.



Fig. 32: Schichtweises Aufbringen der Dämmplatten



Fig. 33: Ausbildung der Rollladenkasten



Fig. 34: Verputzen der Aussenwärmedämmung

4. Bewertung und Ausblick

4.1 Bewertung

Minergie-P im Umbau

Der Umbau an der Nietengasse 20 in Zürich erreicht den Minergie-Standard für Neubauten knapp. Der Minergie-P-Standard wurde rechnerisch in gewissen Bereichen knapp, effektiv am bewohnten Gebäude gemessen klar nicht erreicht. Es sind hauptsächlich zwei Gründe, die dazu führten. Zum einen ist die Erreichung der geforderten Luftdichtigkeit bei Umbauten mit Holzbalkendecken kaum zu erreichen, die bestehenden Bauteile mit ihren An- und Abschlüssen lassen sich nicht genügend luftdicht ausbilden. Nur mit einer vollständig neu konzipierten und sorgfältig ausgeführten Gebäudehülle können die anspruchsvollen Werte erfüllt werden. Zum anderen haben die Benutzer auf den effektiven Energieverbrauch einen sehr hohen Einfluss. Der im Vergleich zu den Planungswerten deutlich höhere effektive Energiebedarf ist auf das sehr individuelle Verhalten der Bewohnerinnen und Bewohner zurück zu führen, deren Komfortansprüche weit über den vereinfachenden Standardannahmen liegen.

Neue Konstruktionen

Für einen breiten Einsatz der Vakuum-Isolations-Paneele als Innenwärmedämmung sind noch viele Punkte zu klären. Einerseits sind die bauphysikalischen Eigenschaften einer Fassadenkonstruktion mit VIP-Innenwärmedämmung äusserst heikel, wie insbesondere die Temperaturverläufe bei Anschlüssen an die kalte Aussenwand zeigen. Andererseits sind aber auch sehr praktische Aspekte der Verarbeitung der Paneele auf einer Baustelle zu beachten. Planer, Unternehmer und Handwerker sind für den Einsatz noch wenig gerüstet. Das Produkt selbst ist noch nicht genügend ‚baustellentauglich‘. Die Kombination mit Kork an den Anschlussstellen um die An- und Abschlussthematik zu bewältigen und der Schutz der Konstruktion mit einer Vollgipsplatte zeigen mögliche Lösungsansätze.

Der Einsatz von VIP im vorgefertigten Holzelementbau dagegen hat sich als ungleich einfacher herausgestellt. In diesem Bereich haben die Erfahrungen an der Nietengasse ermutigende Resultate gebracht, die durchaus neue Perspektiven, insbesondere auch grössere Freiheiten für die architektonische Gestaltung eröffnen. Der Einbau der Paneele im Werk kann gut kontrolliert werden.

Die dicke Aussenwärmedämmung an der Nietengasse hat in der Wärmedämmstoffindustrie relativ schnell eine Entwicklung ausgelöst. Während sich die Planung an der Nietengasse noch als hindernisreich zeigte und der Aufwand für eine Konstruktionslösung, für welche eine Systemgarantie erreicht werden konnte, sehr hoch war, hat heute der Markt auf die neue Nachfrage bereits ein Angebot geschaffen. Bei einem späteren Bauprojekt konnte Viridén + Partner AG bereits Dämmplatten in Steinwolle von 28cm Dicke am Stück beziehen.

4.2 Ausblick

Eine Quelle für die schlechte Übereinstimmung von Planungswerten und effektiv gemessenen Werten bei den Energieverbräuchen sind offensichtlich die den Berechnungen zugrunde gelegten Standardwerte. Die Abweichungen haben einen massiven Einfluss auf die gemessenen Werte. An der Nietengasse zeigt sich, dass beispielsweise das Q_h ziemlich genau an die Planungswerte herankommen würde, wäre die Durchschnittstemperatur in den Räumen entsprechend den Standardwerten nur 20°C statt 22°C. Es kann heute davon ausgegangen werden, dass Raumtemperaturen von 20°C in Wohnbauten als zu tief empfunden werden. Mit derselben Unsicherheit sind auch die Standardwerte für den Warmwasserverbrauch behaftet. Das hat zur Folge, dass Bauten, die rechnerisch den Minergie- oder gar Minergie-P – Standard erreichen, effektiv massiv andere Energieverbräuche aufweisen. Es muss deshalb bewusst bleiben, dass planerische Berechnungen, welche auf europäischen Standardannahmen beruhen, und der effektive Verbrauch am gebauten und individuell genutzten Objekt zwei verschiedene paar Schuhe sind. Je besser die Gebäude auf einen niedrigen Energieverbrauch getrimmt werden, desto entscheidender wird das Verhalten der Benutzer. Ob sich das Benutzerverhalten durch eine weitere Sensibilisierung beeinflussen lässt, ist fraglich; der sparsame Umgang mit Energie ist und bleibt im Alltag nicht besonders attraktiv.

Die Konstruktionen mit neuen Dämmstoffen, welche an der Nietengasse zum Einsatz kamen, haben viel versprechende Perspektiven aufgezeigt. Für einen Einsatz auf der Baustelle wäre es wünschenswert, dass Vakuum-Isolations-Paneele in Zukunft in einer weniger sensiblen Verpackung angeboten werden - eingeschweisst in eine verletzliche Folie sind sie schlecht an die rauen Bedingungen auf einer Baustelle angepasst. Hier ist Entwicklungsbedarf vorhanden. Unklar bleibt auch, wie sich die Paneele langfristig bewähren. Da es nicht möglich ist, die effektiven U-Werte am realisierten Gebäude zu messen, bleibt eine längerfristige Qualitätssicherung in diesem Bereich schwierig.

Im Falle der realisierten dicken Aussenwärmedämmung mit Mineralwollplatten scheint die Tatsache bemerkenswert, dass das Angebot der Wärmedämmindustrien relativ schnell auf eine Nachfrage reagiert - dass die Entwicklung von neuen Angeboten aber ausbleibt, solange keine konkreten Anfragen eingehen.

5. Nationale Zusammenarbeit

Zusammenarbeit im Bereich Haustechnik mit der Hochschule für Technik und Architektur (HTA), Luzern, Heinrich Huber.

Zusammenarbeit und ständiger Informationsaustausch mit der Fachhochschule beider Basel Muttens (FHBB), André Moosmann.

Einige Erfahrungen aus diesem P+D Projekt fliessen bereits in die Arbeit des Projektes vip-bau.ch und der IEA Tasks ein.

Das erarbeitete Wissen aus diesem P+D Projekt fliesst in verschiedene Normen und Hilfsmittel des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins SIA ein.

Als Experte und Vertreter der Kommission SIA 243 ‚Verputzte Aussenwärmedämmungen‘ arbeitete Jürg Pfefferkorn am Projekt mit.

Die Luftdichtheitsmessungen wurden durch die Firma I&T Bauphysik in Mühlethal, Izaldi Tzi-noglou Wolf, durchgeführt.

6. Internationale Zusammenarbeit

Im Laufe des Projektes wurde die Internationale Zusammenarbeit mit folgenden Instituten und Organisationen gepflegt:

- Energieinstitut Vorarlberg in Dornbirn, Bauökologischer Lehrgang, Tagungsleitung (2. Juli 2004)
- Plattformtag Partnerbetriebe, Dornbirn, Partnerbetriebe Traumhaus, Besichtigung Nietengasse 20 am 23. Mai 2003
- SUBURET Workshop in St. Moritz, Internationale Tagung zu Advanced Concepts for Sustainable Building Retrofit, 15. - 17. Jan. 2003

7. Referenzen

Auswahl von Artikeln zur Sanierung Nietengasse 20, Zürich

- [1] K. Viridén, et al: **Herausforderung Gebäudehülle bei Passivhäusern im Umbau**, Status-Seminar 2004, Zürich, Beitrag in Tagungsband, September 2004
- [2] A. Moosmann, et al: **Vakuumdämmung im Praxiseinsatz**, Status-Seminar 2004, Zürich, Beitrag in Tagungsband, September 2004
- [3] H. Huber, et al: **Haustechnik-Konzepte bei Passivhäusern im Umbau**, Status-Seminar 2004, Zürich, Beitrag in Tagungsband, September 2004
- [4] K. Prehoda: **Zukunftsorientierter Altbau**, archithese Nr. 4, Seite 40-43, Juli/ August 2004
- [5] I. Bättig: **Neue Vakuumdämmstoffe im Praxistest**, Hauseigentümer, Seite 25, 15. März 2004
- [6] **Minergie – der zukunftstaugliche Baustandard**, Bauherrenmagazin, Seite 16 - 18, 18. Mai 2004
- [7] I. Bättig: **Auf tiefem Verbrauch getrimmt**, Häuser modernisieren, Seite 52-56, Nr. 3/2003 September/Okttober/November

Literatur

- [10] Viridén + Partner, et al: **P+D – Projekt Passivhaus im Umbau**, Bundesamt für Energie, Schlussbericht, Oktober 2003
- [11] Homepage: **www.vip-bau.ch**
- [12] H. R. Preisig: **Innenwärmedämmungen – Einfluss von Innendämmungen auf angrenzende Bauteile**, smgv, Separatdruck aus ‚applica‘ Nr.2/1983
- [13] ZZ Wancor: Herr Bründler, 8105 Regensdorf
- [14] H. Simmler, S. Brunner: **Kann die Lebensdauer von Vakuumisolationssystemen vorausgesagt werden?**, Vortrag am 13. Schweizerischen Status-Seminar 2004