

Passivhäuser um jeden Preis?

Ein ganzheitliches Energiekonzept für eine Wohnanlage mit 40 Wohneinheiten in Konstanz

Dipl.-Ing. Markus Pfeil
Dipl.-Ing. Holger Koch

PKi
Pfeil & Koch ingenieure
Beratende Ingenieure VBI
Marienstr. 37
D-70178 Stuttgart
Tel.: 49-7 11-674474 - 0
Fax: 49-7 11-674474 -10
e-mail: energie@pk-i.de
internet: www.pk-i.de

1. Einleitung

Der Passivhausstandard avanciert zum Markenzeichen für eine energiesparende Bauweise. Schlagzeilen erhalten aus diesem Grund kaum mehr gute Niedrigenergiehäuser, da dieser Begriff bereits zum Standardvokabular bei der Vermarktung von Neubauimmobilien geworden ist. Heißt die nächste Stufe also zwingend Passivhaus?

Dass mit dem Sprung zum Passivhausstandard ein neues Terrain im Grenzbereich des physikalisch Machbaren betreten wird, mögen Bauherren von Einfamilien-Passivhäusern vielleicht vor der Entscheidung zum Passivhaus noch erkennen. Für Wohnungsbaugesellschaften stellt sich jedoch die Frage, ob die Technik des Passivhauses uneingeschränkt auch auf größere Objekte übertragen werden kann. Dies ist besonders vor dem Hintergrund zu betrachten, dass ein bestimmter Anteil von Mietern keine oder nur eine geringe Identifikation mit dem Passivhausstandard erlangen wird.

Für den in Konstanz ansässigen Spar- und Bauverein eG stellte sich für den Neubau von fünf Mehrfamilienhäusern mit jeweils acht Wohneinheiten eben diese Frage nach dem energetischen Standard für die Umsetzung der Gebäude.

Passivhäuser um jeden Preis oder gute Niedrigenergiehäuser mit innovativer Technik?



Gebäude der Wohnanlage in Konstanz mit Solarfassade und Wettbewerbsentwurf des Architekturbüros Frei

2. Planungs- und Entscheidungsphase

Der im Architektenwettbewerb durchgeführte einfache Nachweis nach PHPP (Passivhaus-Projektierungs-Paket) hatte die Gebäude mit der Hauptausrichtung nach Westen als Passivhäuser bestätigt. Eine mit TRNSYS durchgeführte **dynamische Gebäudesimulation** ergab jedoch, dass die ausschließliche Beheizung über ein Luftsystem und der Verzicht auf Heizflächen zu Einschränkungen bei der thermischen Behaglichkeit geführt hätte. Neben einer spezifischen Jahreswärmearbeit von $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ war auch das Passivhaus-Kriterium einer maximalen spezifischen Heizleistung von 10 W/m^2 im Auslegungsfall für eine ausschließliche Beheizung durch ein Luftsystem ausschlaggebend.

Der hohe Fensterflächenanteil nach West-Nordwest, der unter dem Gesichtspunkt einer hohen Wohnraumqualität („Feierabendqualität“) positiv zu bewerten ist, hätte für die Umsetzung von Passivhäusern nicht beibehalten werden können. Die TRNSYS-Simulation zeigte, dass eine Reduktion des Fensterflächenanteils und/oder eine Drehung der Häuser um 90° notwendig gewesen wäre.

Solche Änderungsanforderungen an das städtebauliche bzw. architektonische Konzept sowie die Unsicherheiten bezüglich der Mieterakzeptanz bei einem ausschließlichen Luftheizungssystem, ohne Einzelraumregelbarkeit der Raumtemperaturen, waren für Bauherr und Architekt ausschlaggebende Gründe, das zunächst anvisierte Ziel Passivhaus zu verlassen.

Als neues Ziel wurde das Energiesparhaus 60, welches durch die KfW mit einem zinsgünstigen Darlehen gefördert wird, definiert. In der weiteren Planung wurde daher ein **Primärenergiekennwert nach Energieeinsparverordnung EnEV von $60 \text{ kWh/m}^2\text{a}$** angestrebt.

Mit der Bewertung des Primärenergiekennwertes für die Beheizung von Gebäuden folgt die EnEV der Philosophie, sowohl die Gebäudehülle als auch die Art der Wär-

meerzeugung für Raumheizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung sowie Hilfsenergien primärenergetisch zu berücksichtigen. Der bisherige Passivhauskennwert von 15 kWh/m²a, bei dem ausschließlich die Jahreswärmearbeit aus Raumheizung und Lüftung Berücksichtigung fand, ist daher für den Vergleich von Gebäuden heute nicht mehr ausreichend. Vielmehr sind auch für Passivhäuser unter Ermittlung der jeweiligen Anlagenaufwandszahlen e_p die Primärenergiekennwerte anzugeben. Unter diesen Umständen liegen diese bei Passivhäusern im Bereich von 30-50 kWh/m²a.

Für die Wohnanlage in Konstanz wurde im Verlauf der integralen Planung ein ganzheitliches Gebäudeenergiekonzept entwickelt. Ein Jahresprimärenergiebedarf von 55 - 56 kWh/m²a und damit eine Unterschreitung des KfW-Standards wird erreicht durch eine thermisch hochwertige Gebäudehülle in Kombination mit einer innovativen Gebäudetechnik.

3. Gebäude



Sorgfältig ausgeführte Anschlüsse von Fenstern und Türelementen

Die Gebäude besitzen neben einer sehr kompakten Bauform einen überdurchschnittlichen Wärmeschutz. Die Kennwerte der Gebäude und der Bauteile können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden.

Weiterhin wurde einer luftdichten Gebäudehülle während der Planung und Ausführung große Aufmerksamkeit geschenkt. Eine Prüfung der Luftdichtheit mittels **Blower-Door-Messung** aller Gebäude hat dieses Vorgehen bestätigt. Die n_{50} -Werte liegen unter 0,5 1/h.

Kennwerte der Gebäude

	Einheit	Typ 1	Typ2
A/V-Verhältnis	1/m	0,43	0,43
flächenbezogener Jahresheizwärmebedarf $Q_{h''}$	kWh/m ² a	39,2	39,4
Anlagenaufwandszahl e_p	-	1,07	1,08
Jahresprimärenergiebedarf $Q_{p''}$	kWh/m ² a	55,5	56,0

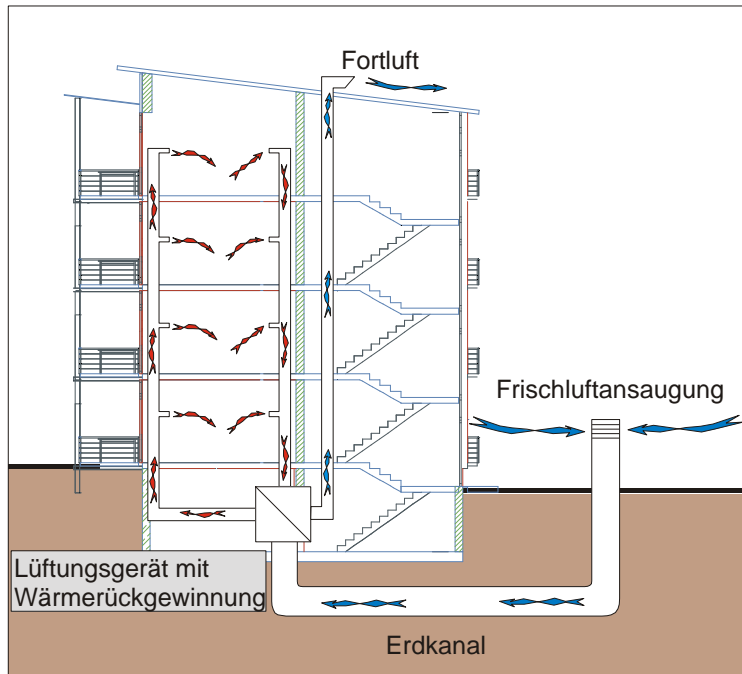
Kennwerte der Bauteile (U-Werte)

Bauteil	Einheit	U-Wert
Außenwand 1	W/m ² K	0,13
Außenwand 2		0,19
Fenster		1,40
Dach		0,12
Boden gegen Erdreich		0,36
Wand gegen Erdreich		0,18

Prüfung der Luftdichtheit

Gebäude	Haus 1	Haus 2	Haus 3	Haus 4	Haus 5
n_{50} – Wert [1/h]	0,49	0,42	0,41	0,36	0,40

4. Haustechnikkonzept

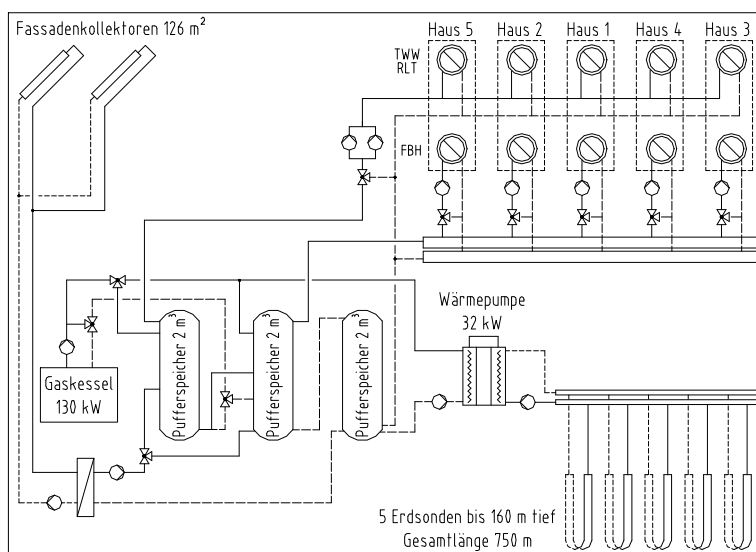


Zentrale Lüftung mit Erdkanal und Wärmerückgewinnung je Gebäude

angesaugt. Der Erdkanal ist als verschweißtes PE-Register mit Bypassschaltung ausgeführt. Ebenso verfügt das Lüftungsgerät über einen Sommerbypass. Die zentrale Anordnung der Lüftung bietet Vorteile hinsichtlich des Raumbedarfs und der Wartungsfreundlichkeit (z.B. Filterwechsel).

Alle Wohnungen werden kontrolliert be- und entlüftet. Die Lüftung wurde auf einen hygienischen Luftwechsel von 0,4 1/h ausgelegt. Aus Komfortgründen erfolgt im Bedarfsfall eine zentrale Nacherwärmung der Zuluft auf 19°C, um Zegerscheinungen in den Wohnungen zu verhindern. Die Lüftung wird nicht zur Beheizung eingesetzt.

Jedes Gebäude verfügt über ein zentrales **Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung** im Untergeschoß. Die Frischluft wird über einen **Erdkanal**, der im Winter der Außenluftvorwärmung und im Sommer einer Außenluftkühlung dient,



Prinzipalschaltbild der Wärmeerzeugung in der Technikzentrale

Die Wärmeerzeugung erfolgt für alle fünf Gebäude zentral aus einer in der Tiefgarage positionierten Technikzentrale.

Dort werden die solaren Wärmegewinne aus zwei **fassadenintegrierten Kollektoren** mit jeweils 60 m² Kollektorfläche in 3 in **Kaskade geschaltete Pufferspeicher** mit jeweils 2 m³ Inhalt eingespeichert. Neben der Solaranlage dient eine

Wärmepumpenanlage mit vertikalen Erdwärmesonden (Gesamtlänge 750 m) der Grundlastwärmeversorgung. Ein **Gaskessel** übernimmt die Spitzenlastwärmeversorgung.



Erdsondenbohrungen bis in 160 m Tiefe

Die Wärme wird in den Wohneinheiten mittels **Fußbodenheizungen** und **Badheizkörpern** übergeben. Die **Trinkwassererwärmung** erfolgt in allen Wohneinheiten im **Durchflußprinzip**, so dass auf eine zentrale Trinkwasserbereitung, die eine Legionellenproblematik nach sich zieht, verzichtet werden konnte.

Den unterschiedlichen Temperaturniveaus auf der Bedarfsseite sind zwei getrennte Versorgungsnetze zugeordnet. Für die Versorgung der Fußbo-

denheizung werden außentemperaturgeführt maximal 40°C geliefert. Für die Trinkwassererwärmung sind ganzjährig 60°C Prozesstemperatur notwendig.

Auf der Erzeugerseite werden diese unterschiedlichen Temperaturniveaus über die in Kaskade geschalteten Pufferspeicher den drei Wärmeerzeugern zugeordnet.

Technische Daten

Wärmeerzeugung:	eine gemeinsame Technikzentrale in der TG
Fassadenkollektoren:	2 x 60 m ²
Wärmepumpe:	32 kWth
Erdwärmesondenanlage:	Tiefe bis 160 m Gesamtlänge: 750 m
Gas-Spitzenkessel:	130 kWth
Pufferspeicher:	3 x 2 m ³
Trinkwassererwärmung:	Frischwasserstation je Wohneinheit
Heizsystem:	Fußbodenheizung + Badheizkörper
Lüftung:	kontrollierte Be- und Entlüftung zentrale Lüftungsgeräte je Gebäude mit WRG Luft-Erdreich-Register
Regenwassernutzung:	Mulden-Rigolen-System Grauwasserverteilung

5. Erfahrungen bei der Umsetzung und aus dem Betrieb

Die Umsetzung eines komplexen Energiekonzepts erfordert als **Qualitätssicherung** eine besonders intensive Objektüberwachung, damit Mängel in der Ausführung frühzeitig erkannt und behoben werden.

Besonders problematisch war die Umsetzung des Luft-Erdreich-Registers für das ausführende Heizungsbau-Unternehmen. Aus Gewährleistungsgründen ist es sinnvoll, diese Leistungen an das mit der übrigen Lüftungstechnik beauftragte Unternehmen zu vergeben. Die hohen Anforderungen an ein konstantes Gefälle des Registers im Erdreich zur sicheren Entwässerung gestalteten sich hier als problematisch.

Ein immer wieder auftretendes Umsetzungsproblem für innovative Heizsysteme ist der geforderte exakte hydraulische Abgleich der „konventionellen“ Wärmeverbraucher. Erst nachdem diese Mängel behoben waren und sowohl die Heizungsanlage als auch die Trinkwasserstationen einreguliert waren, konnten geringe Rücklauftemperaturen im System erreicht werden. Die gemessenen Rücklauftemperaturen liegen seitdem durchgängig bei 30°C.

6. Befragung der Gebäudenutzer

Nachdem eine erste Heizperiode im März 2004 fast abgelaufen war, wurde eine Befragung der Gebäudenutzer zur Haustechnik durchgeführt. Hierzu wurde an alle 40 Mietparteien ein Fragebogen zu den Themenkomplexen Raumheizung, Trinkwassererwärmung und Lüftung ausgegeben. 27 Parteien haben diesen Fragebogen beantwortet.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Fußbodenheizung überwiegend als ein komfortables Beheizungssystem empfunden wird (Durchschnittsnote 3).

Bei dem Komfort der Trinkwassererwärmung fiel das Ergebnis ebenfalls positiv aus (Durchschnittsnote 2,6). Insbesondere die Zapftemperatur, die bei der Erwärmung im Durchfluß maximal 45°C beträgt, wird als ausreichend angegeben. Als Komforteinbuße wird von einigen Mietern die fehlende Warmwasserzirkulation innerhalb der Wohnung angegeben. An ungünstig gelegenen Zapfstellen kann es zeitweise zu Wartezeiten kommen, bis die Zapftemperatur erreicht ist.

Das kontrollierte Lüftungssystem wird mit einem Notendurchschnitt von 2,9 bewertet. Geräusche oder Zugerscheinungen werden nicht kritisiert. Es läßt sich feststellen, dass die Frage, ob zusätzlich zur kontrollierten Lüftung zeitweise noch Fenster geöffnet werden, mit großer Mehrheit bejaht wird (77%). Begründen läßt sich dieses Ergebnis mit dem geringen Luftwechsel von 0,4 1/h. Diese Auslegung dient einem hygienischen Grundluftwechsel in den Wohnungen und kann sinnvollerweise nicht jeden Betriebsfall, wie starke Geruchsquellen, Raucher etc. abdecken.

7. Energetische Bilanzierung des Systems

Aufgrund von Fehlfunktionen bei den Wärmemengenzählern kann für die Betriebsperiode Winter 2003/2004 keine detaillierte energetische Bilanzierung des Gesamtsystems durchgeführt werden.

Eine Ablesung der Zählerstände Gas und Strom läßt eine erste grobe Bewertung für den Zeitraum 22.10.2003 bis 09.03.2004 zu. Bei einer primärenergetischen Bewertung der Energieverbräuche für Gas und Strom, beträgt der spezifische Primärenergieverbrauch für diesen Zeitraum ca. 47 kWh/m².

Setzt man voraus, dass Einregulierungen der Heizanlage sowie Bautrocknungseffekte im ersten Betriebsjahr regelmäßig zu erhöhten Energieverbräuchen führen, so kann damit gerechnet werden, dass die Werte des EnEV-Nachweises im weiteren Betrieb bestätigt werden.

Eine weitergehende Anlagenvermessung, beginnend in 2004, soll durch Solar- und Wärmetechnik Stuttgart (SWT - ein Forschungsinstitut der Steinbeis-Stiftung) durchgeführt werden.

8. Zusammenfassung

Der Spar- und Bauverein Konstanz, eine Wohnungsbaugenossenschaft hat sich beim Bau einer Wohnanlage mit 40 Einheiten für die Umsetzung eines sehr guten Gebäudewärmeschutzes in Kombination mit einer innovativen Wärmeerzeugungsanlage entschieden.

Die Gebäude besitzen eine überdurchschnittliche Wärmedämmung und eine luftdichte Hülle. Kontrollierte Lüftungen sorgen für hohen Nutzerkomfort, vermeiden Bauwerksschäden (Schimmel) und reduzieren Lüftungswärmeverluste.

Die Wärmeerzeugung erfolgt in einer zentralen Anlage, bei der aus Sonnenenergie, aus Erdwärme und aus Ergas Wärme erzeugt wird. In den Wohnungen erfolgt die Wärmeabgabe einzelraumregelbar über Fußbodenheizung und Badheizkörper.

Der Jahresprimärenergiebedarf $Q_{p'}$ nach EnEV beträgt 55 kWh/m²a und liegt damit auf einem sehr niedrigen Niveau, welches die Gebäude als Energiesparhäuser 60 (KfW-60 Standard) ausweist. Bei dieser primärenergetischen Bewertung nach EnEV sind die Gebäude der Wohnanlage in Konstanz gegenüber Passivhäusern kaum unterlegen.

Eine Befragung der Bewohner zeigt eine hohe Akzeptanz für die in den Wohnungen installierte Haustechnik.