

Burkhard Schulze Darup (Hrsg.)

Passivhaus-Projektbericht: Energie & Raumluftqualität

**Messtechnische Evaluierung und Verifizierung
der energetischen Einsparpotentiale und Raumluftqualität
an Passivhäusern in Nürnberg**

**Projekt: Passivhaus-Doppelhäuser, Wachtelstraße 12 /
Prälat-Nicol-Straße 3 - 7, Nürnberg-Wetzendorf**

Gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt

2002

AnBUS e.V.

Projektbericht

Projekt: Passivhaus-Doppelhäuser, Wachtelstraße 12 / Prälat-Nicol-Straße 3 - 7, Nürnberg-Wetzendorf



1. Projektentwicklung und Planung

Im Rahmen der LOKALEN AGENDA 21 wurden auf Initiative der Arbeitsgruppe Passivhaus vier Doppelhaushälften als Passivhäuser verwirklicht. Die Eckdaten des Projekts werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

| |
|--|
| Ort: Wachtelstraße 12 / Prälat-Nicol-Straße 3-7, 90427 Nürnberg |
| 4 DHH, I+D, Satteldach |
| Flächen: Haus 1 / 2: WF 126 m ² , NF 24 m ² ; Haus 3 / 4: WF 138 m ² , NF 28 m ² |
| Grundstücksfläche 296 - 359 m ² |
| Umbauter Raum: Haus 1/2: 684 m ³ , Haus 3/4: 741 m ³ |
| Baukosten: Kostengruppe 300 + 400 (DIN 276) inkl. 16 % MwSt. 895 €/m ² WF; 614 €/m ² NF |
| Bauzeit: Baubeginn Oktober 1999, Fertigstellung Juni 2000 |

1.1 Was ist ein Passivhaus?

Die Weiterentwicklung von Niedrigenergiehäusern mittels Verringerung der Wärmeverluste über die Gebäudehülle und der Rückgewinnung der Wärme aus der Abluft führt zu Gebäuden, die sich weitestgehend "passiv" über Solargewinne beheizen lassen. Die wesentlichen Kriterien für Passivhäuser sind:

- Jahresheizwärmebedarf $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- Maximale Heizwärmelast $\leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$
- Gebäudehülle $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Fenster $U_w \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, $g = 50 \dots 60 \%$
- Weitestgehende Wärmebrückenfreiheit
- Luft- und Winddichtheit: $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
- Lüftungsanlage mit Abluftwärmerückgewinnung
 $\eta_{\text{WBG,t,eff}} \geq 75\%$, Elektroeffizienz $p_{\text{el}} \leq 0,40 \text{ Wh}/\text{m}^3$
- Jahresprimärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Haushaltsstrom $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Der Wohnkomfort ist auf Grund der warmen Hüllflächen, des ausgeglichenen Raumklimas sowie der angenehmen ständigen Frischluftzufuhr sehr hoch.

1.2 Entwurfs- und Gebäudekonzept

Zunächst hatte die AGENDA-Arbeitsgruppe die Errichtung einer zweigeschossigen Reihenhauszeile mit Pultdach geplant, um als Voraussetzung eine möglichst günstige Bauform zu erhalten. Am Ende der langwierigen Grundstückssuche und des weiteren bauordnungsrechtlichen Verfahrens stand die nun durchgeführte Form des eingeschossigen Doppelhauses mit Satteldach. Auf Grund des sehr hohen Grundwasserstandes wurde keine Vollunterkellerung vorgesehen, sondern die Kellerersatzfläche in zweieinhalb Ebenen auf der Nordseite des Gebäudes untergebracht. Daraus ergeben sich als Vorteile: Zonierung (kalte Räume an der Nordseite), sinnvoll gestalteter Windfang und weniger Wohnräume mit Dachschrägen im Obergeschoss.

Die vier Häuser sind individuell unterschiedlich gestaltet: im Erdgeschoss sind Wohn-/Essbereich und Küche untergebracht. Im Dachgeschoss finden neben dem Bad drei Schlafzimmer Platz. Der Spitzboden bietet Raum für weitere Nutzungen

Die konkrete Umsetzung des Passivhaus-Standards bei den Gebäuden in Nürnberg-Wetzendorf wurde durch folgende Maßnahmen erreicht:

1. **Südausrichtung** und **Verschattungsfreiheit** der wesentlichen Fensterflächen;
2. **Gebäudegeometrie** mit hoher Kompaktheit der wärmeübertragenden Flächen durch die Anordnung der Kellerersatzräume auf der Nordseite des Baukörpers,
3. **Außenwand** aus Kalksandstein KS 17,5 cm dick und 30 bis 32 cm PS-Dämmung als Wärmedämmverbundsystem; U-Wert $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

4. **Dach** aus vorgefertigten Elementen mit wärmebrückenarmen Holzstegträgern, Zellulosedämmung 40 cm dick, außenseitig Holzweichfaserplatten, innen emissionsarme Spanplatten als aussteifende und luftdichtende Schicht, U-Wert von $0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.
5. **Bodenplatte** mit folgendem Aufbau: Schotter, 15 cm Bodenplatte, Bitumenabdichtung, 15 cm PS-15 Dämmung und 10 cm druckfestes PS 30, 70 mm Estrich, der U-Wert beträgt $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.
6. **Fenster** mit gedämmten Rahmen und Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung mit Argonfüllung ausgeführt. Der Wärmedurchgangskoeffizient beträgt für die Verglasung $U_g = 0,6 (0,7) \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})^1$ bei einem Energiedurchlassgrad $g = 53 \%$. Für den Rahmen ist $U_f = 0,64 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und für das gesamte Fenster $U_w = 0,77 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
7. Weitgehende **Wärmebrückenfreiheit**, bezogen auf die Außenmaße der Dämmung:
8. **Luft- und Winddichtheit** der Konstruktion; Überprüfung durch Blower-Door-Tests: max. 0,6-facher Luftwechsel bei 50 Pascal Druckdifferenz ($n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$)
9. **Lüftungsanlage mit Abluftwärmerückgewinnung** mit einem Wärmebereitstellungsgrad $\eta_{\text{WRG,eff}} = 85\%$, Stromeffizienz $p_{\text{el}} < 0,4 \text{ Wh}/\text{m}^3$
10. Heizung mit einer **Gas-Brennwerttherme** zentral für alle vier Häuser
11. **Solarkollektor-Anlage** zur Brauchwarmwassererwärmung

Lüftungsanlage

Die Lüftung erfolgt für jedes Haus getrennt durch eine Abluftwärmerückgewinnungsanlage mit Gegenstrom-Plattenwärmetauscher². Die Auslegungs-Luftwechselrate beträgt 30 m^3 pro Stunde und Person, gerechnet für vier Personen pro Gebäude. Da die Gebäude unterschiedlich bewohnt werden - von der vierköpfigen Familie bis zu einem 2-Personen-Haushalt – wurde eine gezielte Regelung für die Luftwechselraten durchgeführt. Die Anlagen können in drei Stufen gefahren werden: Grundlüftung für die Nacht und bei Abwesenheit der Bewohner mit $90 \text{ m}^3/\text{h}$, Standardlüftung mit ca. $120 \text{ m}^3/\text{h}$ und Stoßlüftung für geringe Spitzenzeiten mit $200\text{-}250 \text{ m}^3/\text{h}$.

Die Luftansaugung erfolgt südlich des Gebäudes durch einen Erdreichwärmetauscher zur Nordseite des Gebäudes, wo das Lüftungsgerät im kalten Kellerbereich direkt an der thermischen Hülle des Wohnbereichs positioniert ist. Die Zuluftleitungen innerhalb der Gebäudehülle wurden in Wickelfalzrohr ausgeführt. Die Zuströmung erfolgt über Weitwurfdüsen im Wohnraum und den Schlaf- und Arbeitszimmern. Kurze Leitungsführungen waren das wesentliche Prinzip bei der Rohrnetzauslegung. Insbesondere die Zuluftleitungen sollen die Möglichkeit bieten, ohne besonders hohen Aufwand gereinigt zu werden. Die Luftströmung erfolgt von den Aufenthaltsräumen über die 20 mm hohen unteren Türschlitze durch die Flure zu den Absaugungen in Bad, WC und Küche. Die Abluft wird direkt vom Gerät durch die Giebelwand nach außen geleitet.

Die Einregulierung der Anlage und Bestimmung der tatsächlichen Luftwechselraten erfolgte im Rahmen der Begleitforschung und wurde mit Messungen überprüft. Neben der Luftwechselrate wurde dabei das Hauptaugenmerk auf die Durchströmung der Räume und vor allem auf die Raumluftqualität gelegt.

¹ Wert in Klammern: U-Wert gemäß Bundesanzeiger

² Fabrikat Westaflex WAC Typ 250, Fa. Westaflex, Gütersloh



Abb. 1.2.1 Lüftungsgerät zur Abluftwärmerückgewinnung

Erdreichwärmetauscher

Ein Erdreichwärmetauscher aus HT-Rohren mit einem Durchmesser von 150 mm auf eine Länge von 16 Metern führt von der Südseite des Gebäudes unterhalb der Bodenplatte zum Keller. Da der versetzte Keller nur ca. 1,50 m niedriger als das Erdgeschoss liegt, wurde die Höhe so gewählt, dass die Leitung mit 2% Gefälle knapp oberhalb des Kellerbodens einmündet und die Möglichkeit der Kondensatentwässerung und Reinigung gegeben ist.

Der Erdreichwärmetauscher ist dazu ausgelegt, in den meisten Frostsituationen die angesaugte Luft oberhalb der Frostgrenze zu halten und damit den kontinuierlichen Betrieb der Anlage zu sichern. Nur in sehr strengen Frostperioden über eine längere Zeit besteht Frostgefahr. Die Reinigung kann vom Ansaugrohr her durch Spülen mit Wasser oder mit Kaminkehrerbesen erfolgen. Der Kondensatablauf liegt im frei begehbaren Bereich und kann jederzeit überprüft werden.

Heizung

Die Entscheidung für das Heizsystem fiel pragmatisch aus Kostenerwägungen heraus. Zusätzlich zur heizungsunabhängigen Lüftungsanlage wurde eine konventionelle Zentralheizung mit Gasbrennwertkessel eingebaut. Die Alternative mit Wärmepumpen-Kompaktaggregat hätte höhere Investitionskosten verursacht als die hier ausgeführte Heizungs- und Lüftungsanlage. Als Vorteil für die standardmäßige Heizungsanlage mit Heizkörpern ergibt sich der erhöhte Regelungskomfort. Bei der Planung der Heizung wurden Heizkörper nur für die fünf Aufenthaltsräume und das Bad vorgesehen. Zudem konnte an den Rohrleitungen gespart werden, weil die Heizkörper an zentraler Stelle in den Räumen positioniert sind.

Trinkwassererwärmung

Die vier Gebäude werden gemeinsam durch eine solarthermische Anlage versorgt. Die Flachkollektoren sind oberhalb der Gaube von Haus 1 und 2 in acht Feldern zu je 2,4 m² Absorberfläche untergebracht. Die Speicherung erfolgt in einem 750-Liter Thermosyphon-Pufferspeicher und die Warmwasserversorgung über einen 350-Liter-Warmwasser-Thermosyphonspeicher. Die solare Deckung für die Brauchwarmwasserversorgung wurde mit dieser Anordnung auf etwa 60 % gebracht. Regelungstechnisch ist die Heizungseinbindung beinhaltet. Die Heizungsanlage und Solarspeicher sind in einem Nebengebäude zwischen den beiden Doppelhäusern untergebracht.

Stromverbrauch

Die Bauherrn erhalten ein Strom-Messgerät, um ihre Haushaltsgeräte auf ihren Verbrauch überprüfen zu können. Finanzielle Anreize für Neuinvestitionen in Spargeräte konnten nicht gegeben werden.

Für Wasch- und Spülmaschine wurden Warmwasseranschlüsse installiert, die aus der Solaranlage gespeist werden. Gekocht wird bei zwei Häusern mit Gas.

1.3. Energetische und ökologische Planung

Berechnung der Energiekennwerte

Auf der Grundlage des Passivhaus-Projektierungs-Pakets (PHPP) wurden die Energiekennwerte ermittelt. Eher hohe Transmissionswärmeverluste und geringere solare Gewinne kennzeichnen das Nürnberger Projekt auf Grund der fehlenden Südausrichtung des Spitzbodenbereiches. Durch verbesserte Dämmstärken und gezielte Wärmebrückenreduzierungen wurde der Passivhaus-Kennwert für alle vier Häuser erreicht. Die letzten entscheidenden Kilowattstunden wurden durch die Verlegung des Kellers auf die Nordseite des Gebäudes eingespart, wodurch die Nordwand der thermischen Hülle mit dem Faktor 0,5 beaufschlagt werden konnte. Die Kennwerte für den Heizwärmebedarf liegen zwischen 13,8 und 14,9 kWh/(m²a).

Primärenergiebilanz

Die ökologische Bewertung von Passivhäusern kann nicht nur auf die Betriebsphase beschränkt werden, sondern muss die Gebäudeerstellung mit einbeziehen. Der Primärenergieinhalt des Gebäudes und insbesondere die Mehraufwendungen für die Passivhaus-Komponenten wurden für ein Gebäude detailliert ermittelt (vgl. Kapitel 3.2). In Abbildung 1.3.1 wird die Zusammenfassung nach Gewerken dargestellt. Der Primärenergieinhalt des gesamten Gebäudes beträgt 430.000 MJ. Dazu kommen für die Passivhauskomponenten 48.000 MJ (11,2 %) und für den Anteil an der Solaranlage 14.000 MJ (3,3 %). Der energetische *break-even-point* der passivhausbedingten Mehraufwendungen gegenüber dem „Standard-Bau“ beträgt 1,5 Jahre.

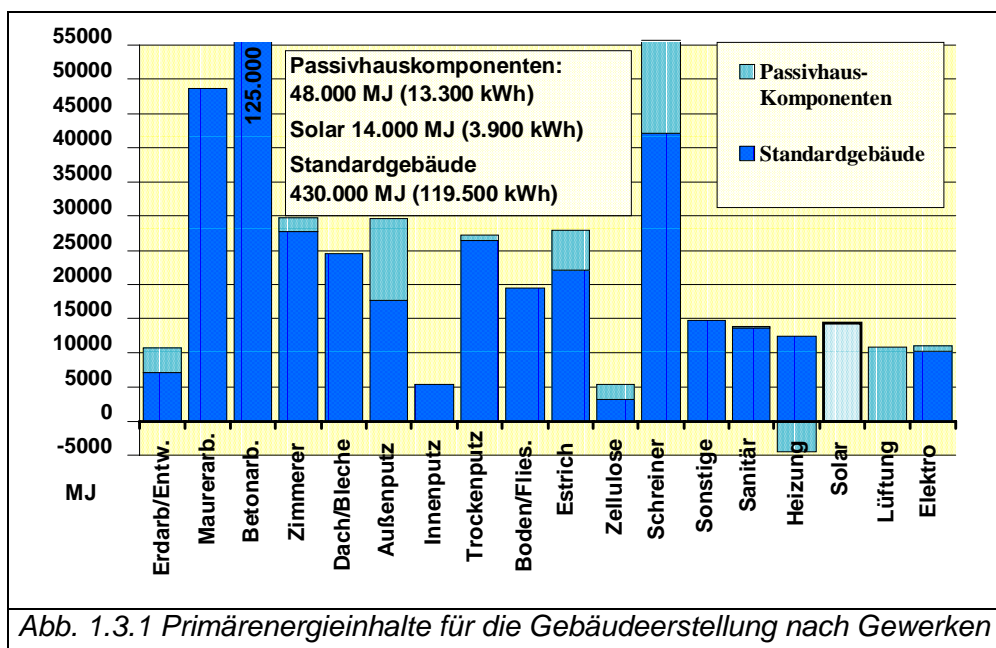


Abb. 1.3.1 Primärenergieinhalte für die Gebäudeerstellung nach Gewerken

Ökologische Betreuung

Die Auswahl der **Baustoffe** wurde möglichst weitgehend nach Kriterien der Umweltentlastung und Ressourcenschonung vorgenommen und mit der Fachkompetenz der Landesgewerbeanstalt Bayern (LGA) begleitet. Dabei wurde auf geringe Emissionen, niedrige Primärenergieinhalte und eine möglichst verträgliche Produktlinie über alle Lebensphasen des Baustoffs geachtet: angefangen von der Rohstoffgewinnung über die Produktion, die Verarbeitung, Nutzung bis hin zur späteren Verwertung. Wichtige Faktoren waren das Kosten-Nutzen-Verhältnis und die Langlebigkeit der Produkte. Zur Qualitätssicherung wurden Baustoffrecherchen vor der Vergabe auf der Grundlage von Herstellerangaben (Zulassungen, Sicherheitsdatenblätter und Gutachten/Messungen) sowie eigene Quellenrecherche vorgenommen. Eine wichtige Ergänzung waren Emissionsmessungen von Baustoffproben mittels Prüfkammermessungen durch die LGA.

1.4 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Die Baukosten nach DIN 276, Kostengruppe 300/400 inkl. MWSt. betragen 895 €/m² Wohnfläche und 614 €/m² Nutzfläche. Die Mehrkosten für die Passivhaus-Komponenten betragen pro Gebäude 13.140 € (10,2% \cong 100 €/m²). In Abbildung 1.4.1 werden die Mehrkosten je Bauteil in Bezug zur erreichten Heizwärmeeinsparung gesetzt.

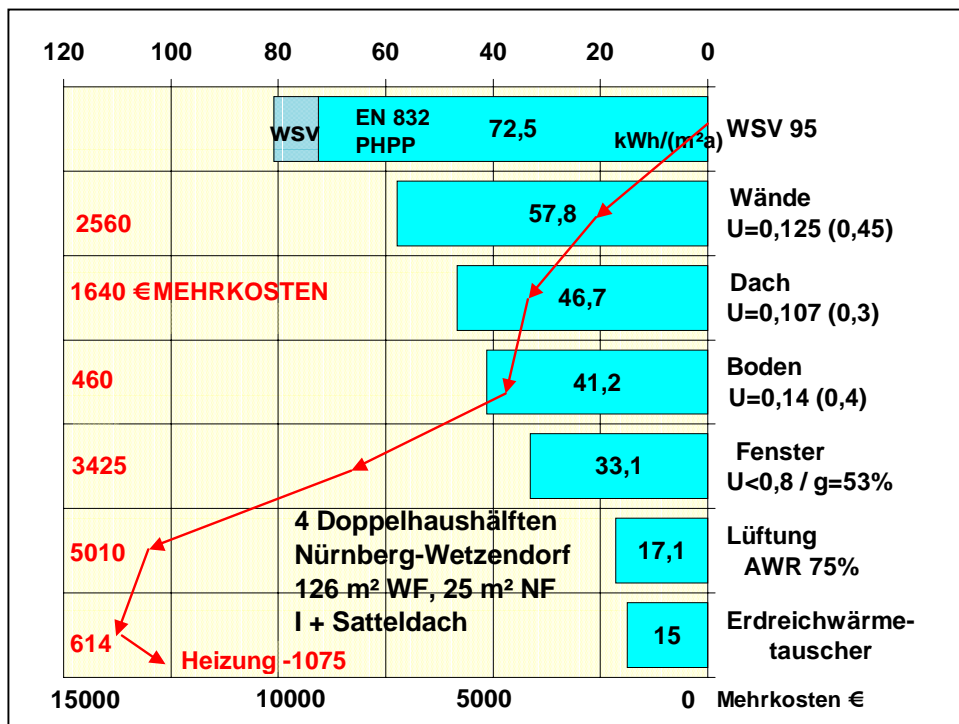


Abb. 1.4.1 Mehrkosten (Minderkosten: -) je Bauteil in Relation zur Energieeinsparung; in Klammern hinter dem ausgeführten U-Wert steht der Vergleichswert der Standardausführung

Tabelle 1.4.1 Berechnung der Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde gegenüber einem Standardgebäude nach WSV0 95

| Bauteil | Investitions-Mehrkosten Gebäude € | Einsparung kWh/(m ² a) | Abschreibungs-Zeitraum a | Beheizte Fläche m ² | Gestehungskosten je eingesparter kWh €/kWh |
|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---|
| Wände | 2560 | 14,8 | 40 | 126 | 0,034 |
| Dach | 1640 | 11,1 | 40 | 126 | 0,029 |
| Boden | 460 | 5,5 | 40 | 126 | 0,017 |
| Fenster | 3425 | 8,1 | 40 | 126 | 0,084 |
| Lüftung | 5010 | 16 | 25 | 126 | 0,099 |
| Erdreichwärme-tauscher | 614 | 2,1 | 40 | 126 | 0,058 |

In Tabelle 1.4.1 wird die Berechnung für die Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde dargestellt. Alle Dämmmaßnahmen liegen bereits heute im wirtschaftlichen Bereich.

Wichtig für die Umsetzung energiesparender Gebäude ist die schlüssige Darstellung der Gesamtkostensicht: nicht nur die Investitionskosten dürfen betrachtet werden. Ausschlaggebend ist die Betrachtung der monatlichen Belastung inklusive Betriebskosten. Abbildung 1.4.2 stellt den Vergleich eines Standardgebäudes zum Passivhaus hinsichtlich der monatlichen Belastung dar. Am dem Beispiel wird deutlich, dass Passivhäuser bei optimierter Planung und geringer Förderung bereits bei heutigen Rahmenbedingungen in der Gesamtsicht wirtschaftlicher sind als Standardgebäude.

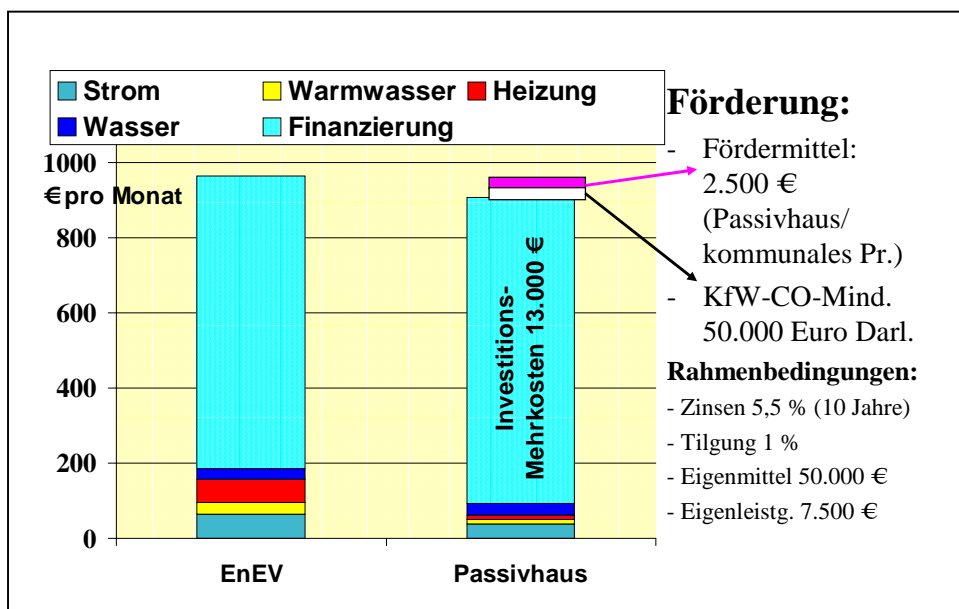


Abb. 1.4.2 Monatliche Belastung im Vergleich Passivhaus (Haus 1) und Standardhaus: schon heute ist bei den Rahmenbedingungen wie in Nürnberg das Passivhaus wirtschaftlicher

1.5 Raumluftqualität

Innenraumschadstoffe

Während der Messungen in der Bauphase wurden zu mehreren Zeitpunkten erhöhte Konzentrationen von leichtflüchtigen Schadstoffen (VOC und VVOC) gemessen. Als ausschlaggebende Substanz wurde hierbei Pentan identifiziert, welches als Treibmittel zum Aufschäumen von Hartschaumdämmplatten eingesetzt wird. Die Gesamtbelastung an TVOC mit Pentan lag sehr hoch. Die höchsten Belastungen traten kurz nach der Estrichverlegung und vor dem Einzug auf.

Anders sieht die Bilanzierung für TVOC ohne Pentan aus: während der Bauzeit wurden etwa folgende mittlere Werte gemessen: Phase Estrich / Putz $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$, während der Ausbaugewerke, die mit Lösemitteln arbeiten (Malerarbeiten, Bodenbelagsarbeiten) schwankten die Werte zwischen 300 und $1.800 \mu\text{g}/\text{m}^3$, bei Einzug im Juni lagen die Werte (bei hohen Temperaturen) zwischen 900 und $1700 \mu\text{g}/\text{m}^3$, was im unteren Spektrum vergleichbarer Neubauten liegt. Anzumerken ist, dass die subjektive Wahrnehmung sehr positiv war: selbst kurz nach Verlegung der Bodenbeläge war die Geruchsbelastung sehr gering im Vergleich zu Standardgebäuden.

Keine verlässliche Aussage lässt sich trotz der hohen Messdichte über die Einwirkungen der Möbel machen. Aus dem Gesamtzusammenhang der Messkurven heraus ist anzunehmen, dass etwa 30 bis 50 % der Belastungen aus Nutzereinflüssen und Möblierung stammen.

Wichtig ist, dass die Abklingkurve durch die Lüftungsanlage relativ schnell zu sehr günstigen TVOC-Werten führt, nach zwei Monaten, im September 2000 lagen die Werte zwischen 340 und $870 \mu\text{g}/\text{m}^3$, danach sanken die Werte weiterhin nahezu linear und lagen ein Jahr nach Einzug zwischen 159 und $382 \mu\text{g}/\text{m}^3$, also im Mittel unterhalb der *Seiferl'schen* Zielwerte.

Die Formaldehyd-Belastung entspricht normaler bis geringer Hintergrundbelastung in Wohnräumen. Sie lag vor Einzug im Mittel bei $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (entspricht $0,0125$ ppm), seit Einzug ist eine geringe Steigerung zu verzeichnen mit einem Mittelwert um $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (entspricht $0,025$ ppm).

Durch den Einsatz der Lüftungsanlage konnten die Schadstoff-Konzentrationen innerhalb weniger Monate (abhängig vom Einzug der Bewohner) auf ein raumlufthygienisch sinnvolles Maß reduziert werden. Ohne Lüftungsanlage wäre die Abklingkurve weniger günstig ausgefallen. Es gilt festzuhalten, dass trotz des hohen Aufwands, der bei diesem Bauvorhaben zur Schadstoffminimierung betrieben wurde, immer noch relevante Mengen an Schadstoffen auftreten. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass bei Standardgebäuden ohne Lüftungsanlage in vielen Fällen ein ernsthaftes Schadstoffproblem besteht.

Fazit: Die Schadstoffkonzentrationen in Passivhäusern mit einer zentralen Lüftungsanlage (Luftwechsel von 0,5 bis 0,7 in den Aufenthaltsräumen) sind deutlich niedriger als die Schadstoffkonzentrationen in Häusern, welche mit vergleichbaren Baustoffen, aber ohne Lüftungsanlage errichtet wurden. Mögliche Fehler bei der Baustoffauswahl gehen so nicht zwangsläufig zu Lasten der gesundheitlichen Vorsorge der Bewohner.

Raumklima

Die Feuchtigkeitswerte in Wohnungen mit konventioneller Fensterlüftung unterliegen starken, witterungs- und jahreszeitlich bedingten Schwankungen. Auch zeigen vergleichende Untersuchungen, dass Feuchtigkeitsprobleme durch aktives Fensterlüften nur mit entsprechend großem Aufwand zu bewältigen sind. Selbst bei ausgiebigem Lüften können in Standardgebäuden Situationen entstehen, die zu Feuchteniederschlag mit der Folge von Schimmelpilzwachstum führen kann. Bei den untersuchten Passivhäusern ergeben sich aus bauphysikalischer Sicht keine Wärmebrückenbereiche, die selbst bei hoher relativer Luftfeuchte zu Feuchtschäden oder gar Schimmelpilzwachstum führen können. Durch die Lüftungsanlage wird darüber hinaus die Raumluftfeuchte in einem sehr komfortablen Rahmen gehalten, in den Kernzeiten der Heizsaison im allgemeinen zwischen 30 und 40 % r.F.

Fazit: Die Lüftungsanlage schafft ein gleichmäßiges Raumklima. Es tritt keine Feuchteproblematik auf, auch „Feuchtespitzen“, welche zu unerwünschtem mikrobiellem Wachstum führen können, werden vermieden.

Schimmelpilze

Der verbreitete Verdacht, Lüftungsanlagen würden möglicherweise mikrobielle Belastungen der Raumluft verstärken oder gar hervorrufen, konnte in den untersuchten Häusern nicht bestätigt werden. Die gemessenen Keimzahlen von Schimmelpilzen in untersuchten Vergleichsgebäuden ohne zentrale Lüftungsanlage liegen nicht unter denen der geprüften Passivhäusern.

Fazit: Passivhäuser schneiden hinsichtlich der Keimzahlen eher besser ab, als konventionelle Häuser. Im Erdreichwärmetauscher konnten keine mikrobiellen Auffälligkeiten festgestellt werden.

Radon

Radongas in Innenräumen gehört zu den gefährlichsten Innenraumschadstoffen. Der Verdacht, dass Radon durch die im Erdreich verlegte Luftzuführung (Erdwärmetauscher) der Lüftungsanlage vermehrt in den Innenraum gelangen könnte, hat sich nicht bestätigt.

Fazit: Die Radonkonzentrationen in Passivhäusern sind durch den effektiveren Luftaustausch eher niedriger als in konventionellen Wohnräumen.

Luftionen

Die exemplarischen Messungen der Luftionisation in zwei Passivhäusern ergaben, dass sowohl die quantitative als auch die qualitative Ionen-Zusammensetzung der Raumluft dort den Werten für konventionelle Häuser entspricht.

Fazit: Die Lüftungsanlagen beeinträchtigen die Qualität der angesaugten Luft in keiner Weise. Auch nach baubiologischen Kriterien unterscheidet sich technisch aufbereitete Frischluft nicht von der unveränderten natürlichen Außenluft.

1.6 Energetische Qualitätssicherung

Baubegleitend wurde eine energetische Qualitätssicherung durchgeführt. Neben den standardmäßigen Bauleitungsaufgaben waren vor allem die Minimierung der Wärmebrücken und die Sicherstellung von Luft- und Winddichtheit eine zentrale Aufgabe.

Die **Luft- und Winddichtheit** wurde mittels Blower-Door-Messungen nach DIN 4108-7 ermittelt mit resultierenden n_{50} -Werten zwischen 0,5 und 0,6 h^{-1} . Die Sollwerte wurden damit eingehalten, aber nicht deutlich unterschritten. (Kap. 6.1)



Abb. 1.6.1 Blower-Door-Messung

Wärmebrücken wurden durch Infrarotthermografie überprüft. Die Ergebnisse dokumentieren eine sehr gute Bauausführung. Die wenigen Mängel konnten identifiziert und behoben werden. Abbildung 1.6.1 zeigt die Südostansicht von Haus C und D. (Kap. 6.2.)

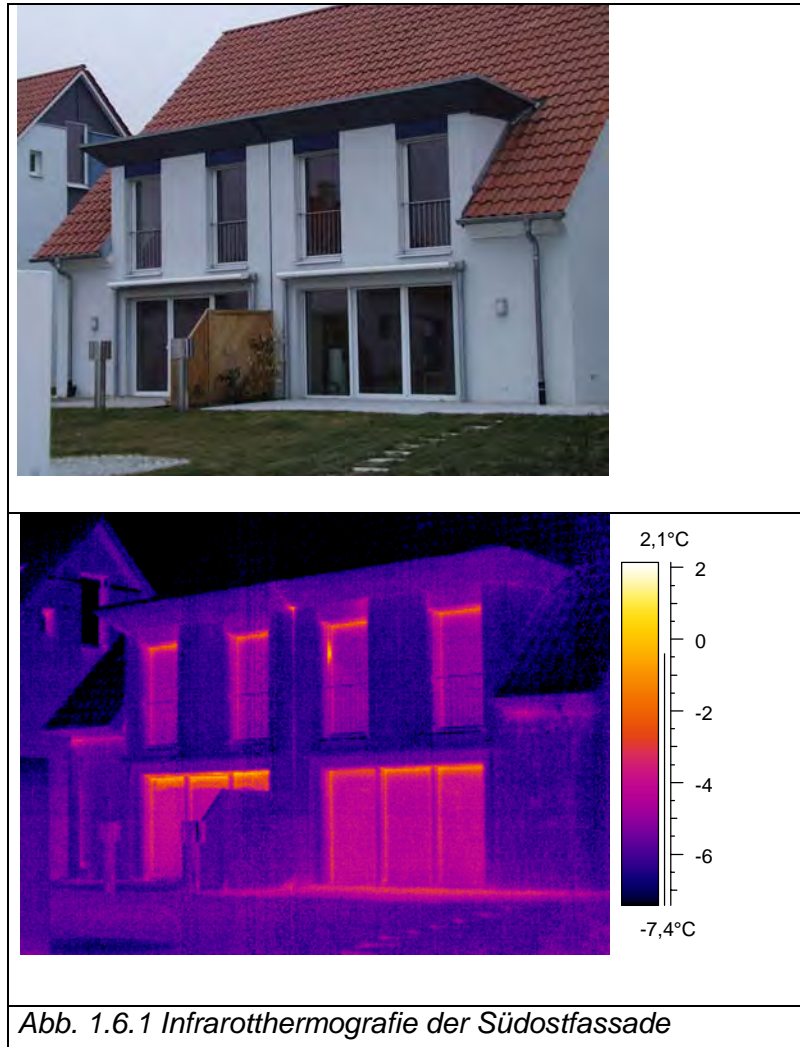


Abb. 1.6.1 Infrarotthermografie der Südostfassade

Energiekennwerte

Die Energieverbrauchswerte wurden durch ein fundiertes Messprogramm durch die Energie und Energieagentur Mittelfranken gemessen. Messeinrichtungen wurden an folgenden Stellen des Heizsystems angebracht:

- Wärmemengenzähler: Heizung Haus A – D, Gasbrennwerttherme gesamt, Speicherladung Trinkwasserspeicher und Solaranlage
- Kaltwasserzähler: Zulauf Trinkwasserspeicher, Trinkwasserzähler gesamt
- Wasserzähler für die Warmwasserzuführungen von Haus A – D (ohne Fernauslesung)
- Gashauptzähler, Zähler Kochgas.

Tabelle 1.6.1 zeigt die Energiekennwerte der vier Häuser für die Heizsaison 2000 / 2001 und 2001 / 2002. Der tatsächliche Verbrauch liegt deutlich unter den projizierten Werten. Im Mittel liegt der Heizwärmeverbrauch bei 10,1 kWh/(m²a). Der projizierte Mittelwert lag bei 14,7 kWh/(m²a).

Tabelle: 1.6.1 Energiekennwerte

| Energieverbrauchswerte 2000/2001 | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------|------------|------------|-------------|--------|--------------|--------------|
| | Heizung | Warmwasser | Strom | Gemeinstrom | Kochen | Summe fossil | Solareintrag |
| | Nutzenergie | | Endenergie | | | | |
| Haus A | 7,9 | 6,0 | 21,1 | 1,8 | | 36,7 | 13,0 |
| Haus B | 9,1 | 2,0 | 9,0 | 1,8 | 1,85 | 23,7 | 13,0 |
| Haus C | 9,4 | 10,5 | 16,6 | 1,8 | 1,68 | 40,0 | 13,0 |
| Haus D | 13,2 | 5,2 | 16,4 | 1,8 | | 36,6 | 13,0 |
| Energieverbrauchswerte 2001/2002 | | | | | | | |
| Haus A | 9,8 | 5,0 | 21,1 | 1,6 | | 37,5 | 12,1 |
| Haus B | 5,2 | 1,9 | 8,0 | 1,6 | 1,85 | 18,6 | 12,1 |
| Haus C | 11,5 | 8,7 | 15,4 | 1,6 | 1,68 | 38,9 | 12,1 |
| Haus D | 14,7 | 4,4 | 15,8 | 1,6 | | 36,5 | 12,1 |

Abbildung 1.6.2 visualisiert die Tabellenwerte für die 4 Häuser in der Heizsaison 2000 / 2001. Es ist deutlich ablesbar, dass die berechneten Werte für den Heizwärmebedarf deutlich unterschritten werden, wenn man die Säulen des Heizwärmeverbrauchs mit den grünen Rauten für die Rechenwerte des Heizwärmebedarfs vergleicht.

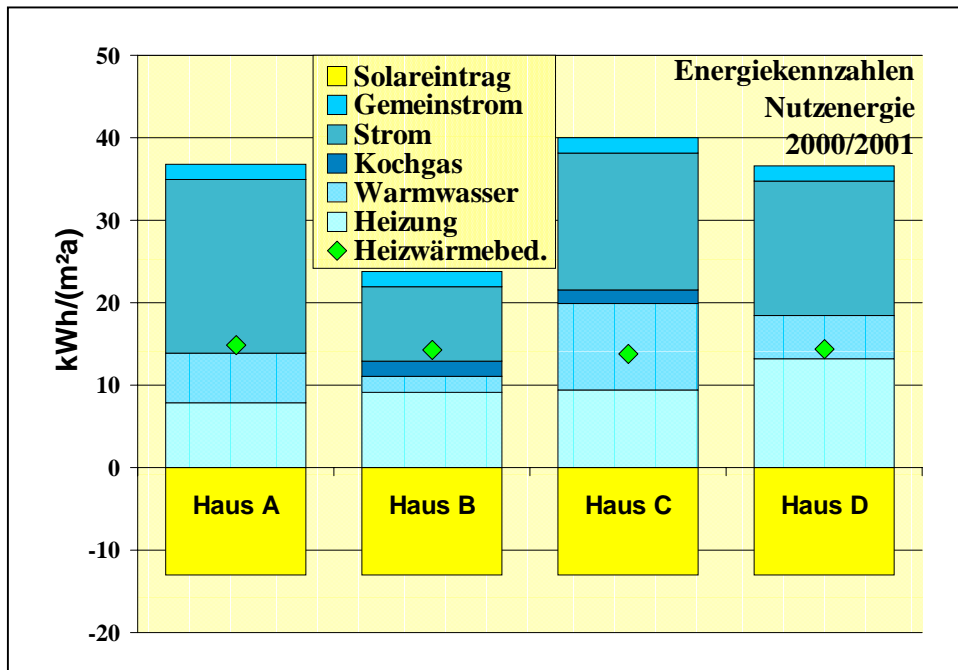


Abb. 1.6.2 Energiekennwerte (Nutzenergie) für die 4 Häuser in der Heizsaison 2000 / 2001;

Die primärenergetische Betrachtung wird in Abbildung 1.6.3 dargestellt. Trotz der nicht gerade minimierten Strom-Verbrauchswerte der Nutzer wird die Primärenergie-Anforderung für Passivhäuser von 120 kWh/(m²a) deutlich unterschritten.

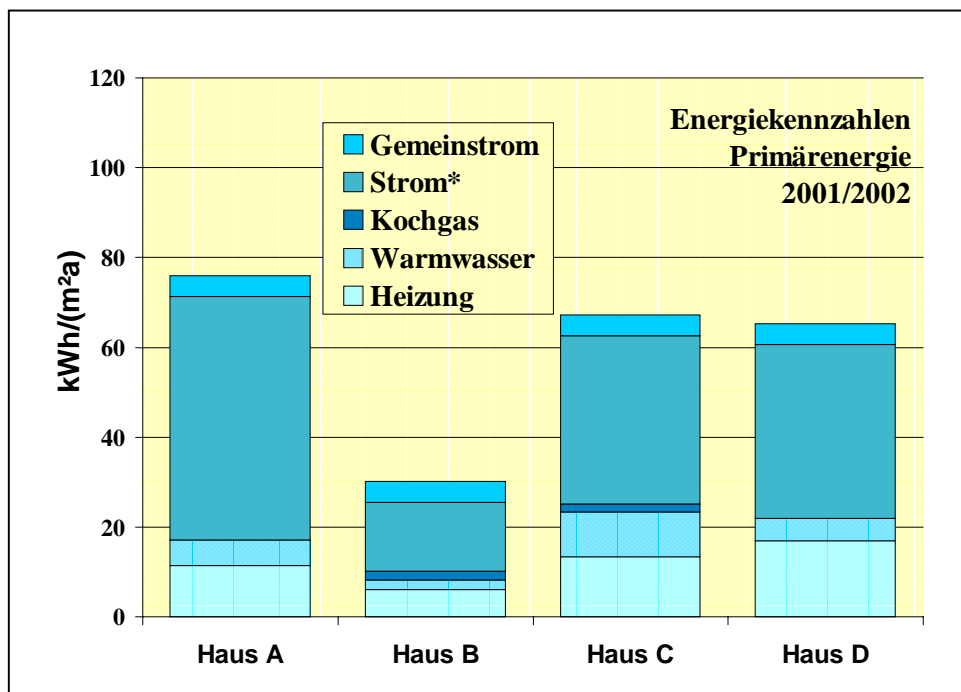


Abb. 1.6.3 Energiekennwerte (Primärenergie) für die 4 Häuser in der Heizsaison 2001 / 2002; Photovoltaische Gewinne einer inzwischen installierten Anlage mit $1,5 \text{ kW}_{peak}$ werden beim Stromverbrauch gegengerechnet

1.7 Information der Eigentümer und Nutzerverhalten

Die Eigentümer und Bewohner wurden während der Planungsphase und bei Einzug über die Besonderheiten des Passivhauses informiert. Hinweise zum Nutzerverhalten wurden schriftlich zusammengestellt und bei der Einzugseinweisung übergeben (Material s. **Kap. 7.1 / 7.2**, Anlage: Gebrauchsanweisung für Passivhäuser).

Eine Befragung zwei Jahre nach dem Einzug brachte ein äußerst positives Ergebnis von den Wohn-erfahrungen: vor allem wurden die Lüftungsanlagen und das gute Raumklima gelobt. Zu Einzelaspekten kamen kritische Anmerkungen und vor allem konstruktive Anregungen. Es war ein Vergnügen, die Gespräche mit den Bauherrn zu führen. Alle leben mit Überzeugung und gutem Gefühl in ihren Häusern und schätzen den Zuwachs an Komfort, den ihr Haus bietet.

Das wirklich schöne Ergebnis der Gespräche liegt darin, dass gutes Raumklima, Komfort und Energie-sparen prächtig zusammenpassen. (**Kap. 7.3**)

1.8 Öffentlichkeitsarbeit

Ein wesentliches Anliegen des Projektes der Lokalen Agenda 21 lag im Sammeln von Erfahrungen sowie der Veröffentlichung von neuen Techniken und Erkenntnissen, um sowohl über Fachleute Multiplikatorwirkung zu erzielen als auch Verbraucher bzw. Bauherrn direkt über energieeffizientes und ressourcensparendes Bauen zu informieren.

Durch die Zusammensetzung der Arbeitsgruppe war auf der regionalen Ebene eine hervorragende Voraussetzung für Außenwirkung gegeben. Als sehr sinnvoll erwies sich die interdisziplinäre Zusammenarbeit auch in Hinsicht auf Informationen, die auf verschiedenen Ebenen nach außen gegeben wurde. So war das Passivhaus eines der ersten Projekte, das in Nürnberg im Rahmen der Lokalen Agenda 21 umgesetzt wurde und wurde von der diesbezüglichen Öffentlichkeitsarbeit sinnvoll unterstützt.

Es fanden Informationsveranstaltungen der Agenda Gruppe, eine Passivhaus-Ausstellung durch die n-ergie und LGA, Veröffentlichungen in der EWAG-Broschüre, Presse- und Informationstermine während der Bauzeit sowie Richtfest und Einweihungsfest statt. Es wurde nach Fertigstellung ein Infoblatt mit einer Kurzdarstellung der vier Passivhaus-Doppelhaushälften erstellt, das Projekt wurde eingebunden in eine Informationswoche der LGA sowie in weitere Veranstaltungen. Zudem wurde das Projekt durch die örtliche Tagespresse intensiv begleitet. (**Kap. 8.1 / 8.2**)



In zahlreichen Vorträgen und Seminaren wurden die Erfahrungen unter verschiedenen Gesichtspunkten vorgetragen und fanden Eingang in verschiedene Fachveröffentlichungen, u. a. bei wissenschaftlichen Kongressen und Informationsveranstaltungen. (**Kap. 8.3 / 8.4**)

1.9 Beteiligte

Arbeitsgruppe Passivhaus im Rahmen der Lokalen Agenda 21:

- Winfried Ciolek, Energieagentur Mittelfranken, 90338 Nürnberg
- Hans-Ulrich Fischer, EWAG, 90338 Nürnberg
- Dr. Stefan Schützenmeier, LGA, 90431 Nürnberg
- Waltraud Feyrer, Dipl. Ing. 90429 Nürnberg
- Burkhard Schulze Darup, Architekt, 90475 Nürnberg

Architekten: Meyer & Schulze Darup, Cadolzburg / Nürnberg, Augraben 96, 90475 Nürnberg, tel 0911 8325262

Bauleitung: Waltraud Feyrer, Dipl. Ing. 90429 Nürnberg

Wissenschaftliche Begleitforschung / Raumlufanalytik:

- Analytik und Beratung: Landesgewerbeanstalt Bayern LGA, Dr. Jungnickel, Hr. Kupfer, Tillystraße 2, 90431 Nürnberg;
- Konzeption Raumklima, Messungen, Analytik und Auswertung: Analyse und Bewertung von Umweltschadstoffe (AnBUS) e. V., Jörg Thumulla und Uwe Münzenberg, Mathildenstraße 48, 90762 Fürth; www.anbus.de
- Koordination: Burkhard Schulze Darup, Architekt, Nürnberg
- Redaktionelle Bearbeitung: Sabine Weber M.A., AnBUS e.V.
- Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, 49007 Osnabrück

Ausführende Firmen

- Rohbau: Sammet GmbH, 90579 Langenzenn
- Zimmerer: Rolf Janker, 90552 Röthenbach
- Flaschner: Gerhard Arzt, 90602 Seligenporten
- Putz: Gulhan Stuck, 90471 Nürnberg
- Fliesen: Mederer 90522 Oberasbach
- Estrich: Fetzner, 90461 Nürnberg
- Zellulosedämmung: Stör & Steinbauer, 91230 Happurg-Thalheim
- Fenster: Pazen GmbH, 54492 Zeltingen-Rachtig
- Innentüren: Giese, 90579 Langenzenn

- Parkett: Bembe, 90441 Nürnberg
- Treppen: Fa. Fuchs, 88516 Herbertingen
- Schlosser: Endres, 90475 Nürnberg
- Maler: Fesel, 90409 Nürnberg
- San./Heizung/Lüftung: Hans Loos, 90475 Nürnberg
- Elektro: Engelhardt, 90419 Nürnberg

Unterstützung durch:

- KS-Bauberatung Nordbayern, 90567 Schwaig
- Lüftungsanlage: Fa. Westaflex, 33334 Gütersloh
- Heizung/Solar: Fa. Buderus35576 Wetzlar

Förderungen:

- Stadt Nürnberg: 10.000 DM pro Haus aus dem CO₂-Minderungsprogramm
- LGA: Durchführung der Baustoff- und Raumluftanalytik inkl. Übernahme der Kosten; Unterstützung der Begleitforschung
- EWAG/Energieagentur Mittelfranken: Unterstützung bei der Projektentwicklung, Messprogramm
- Viterra, Nürnberg: kostenlose Bereitstellung der Wärmemengenzähler
- Deutsche Bundesstiftung Umwelt: Förderung der Wissenschaftlichen Begleitforschung

2. Projektentwicklung und Planung

Autor Burkhard Schulze Darup

2.1 Zielsetzungen der Arbeitsgruppe Passivhaus der Lokalen Agenda 21 in Nürnberg

Am 3. Mai 1995 beschloss der Nürnberger Stadtrat den Beitritt zum Prozess der **Lokalen Agenda 21**. Durch die Unterzeichnung der „Charta von Aalborg“ verpflichtete sich die Stadt Nürnberg, eine zukunftsfähige Entwicklung anzustreben und die Agenda 21 auf kommunaler Ebene umzusetzen.

Im Januar 1997 wurde ein Agenda-Büro im Umweltreferat eingerichtet und in der Folge wurden Verbündete für die Realisierung der Ziele gesucht.

Am 15. März 1997 wurde die Auftaktveranstaltung mit ca. 200 Teilnehmern durchgeführt unter dem Titel „Anstöße, Ansätze, Aufbrüche“ in Verbindung mit einem umfangreichen Kulturprogramm.

Ab Mai 1997 bestehen vier Runde Tische zu den Themenkreisen „Umwelt und Wirtschaft“, „Umweltbildung und Öffentlichkeitsarbeit“, „Energie und Klima“ und „Ökologische Stadtplanung“.

2.1.1 Arbeitsgruppe „Passivhaus“

Die **Arbeitsgruppe „Passivhaus“** gründete sich im Rahmen des Runden Tisches „Ökologische Stadtplanung“ am 26. Juli 1997. Gründungsmitglieder waren: Windfried Ciolek (Energieagentur Mittelfranken), Hans-Ulrich Fischer (EWAG), Dr. Stefan Schützenmeier (LGA), Dr. Stefan Simrock (Greenpeace), Waltraud Feyrer und Burkhard Schulze Darup.

Zielstrebig wurden die Ziele in einer Projektskizze (Anlage LGA/nur als Ausdruck: Ordner 2) formuliert. Sie diente als Grundlage für die Beantragung von Fördermitteln bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt hinsichtlich eines baubegleitenden Forschungsprojektes.

Wichtig war der Arbeitsgruppe das Zusammenwirken mit dem Runden Tisch „Energie und Klima“, in der grundsätzliche Energiefragen und vor allem die energetische Sanierung thematisiert wurden. Die Verbesserung von Neubau-Standards muss immer vor dem Hintergrund des Know-How-Erwerbs für die Sanierung des Gebäudebestandes gesehen werden.

2.2 Projektentwicklung und Vorplanung

2.2.1 Grundlagenermittlung und Vorplanung

Neben der Öffentlichkeitsarbeit und den Grundlagendiskussionen der Arbeitsgruppe Passivhaus wurden konkrete Planungen für das Projekt durchgeführt. Als Planungsziel wurde die Errichtung einer Reihenhauszeile mit etwa fünf Einheiten in zweigeschossiger Bauweise mit Pultdach festgelegt.

Ein Grundlagenpapier zur Planung des „Passivhausmodells“ wurde erstellt, in dem die Ausgangssituation beschrieben wurde. Ein grundsätzliches städtebauliches Modell und ein Gestaltungsvorschlag wurden vorgestellt inklusive Beschreibung der Komponenten und einer ersten ökologischen Bewertung. Abgerundet wurde das Papier durch eine Kosten- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sowie Umsetzungsstrategien.

Aus diesem Konzept wurden für Veranstaltungen Teile als Infoblatt kopiert und veröffentlicht sowie eine Ausstellung mit A-0-Plakaten zusammengestellt. (Anlage 2.2.1.1: EWAG-Ausstellung / 9 Plakate).

Auf planerischer Seite wurde aus dieser Grundlage ein Standard-Haustyp entwickelt: Reihenmittelhaus, zweigeschossig mit einer dritten Pultdach-Ebene mit 22° Dachneigung, die Wohnfläche betrug 114 m². Die Gebäudekosten nach DIN 276 für Kostengruppe 300/400 lagen bei 98.700 € inkl. MWSt. zzgl. 12.800 € für die Passivhaus-Komponenten, woraus sich Gesamtkosten von 111.500 € ergaben. Dies entspricht einem Quadratmeterpreis von 978 € (Anlage 2.2.1.2). Dazu wurden die Standards per Baubeschreibung festgelegt, die auch für die späteren Planungen als Grundlage dienten (Anlage 3.4).

2.2.2 Projektentwicklung und Grundstückssuche

Mit dem Baustein dieses Standard-Reihenhaustyps begann die Suche nach einem konkreten Grundstück. Ziel war die Errichtung einer Reihenhauszeile mit etwa fünf Einheiten. Da das Projekt Öffentlichkeitswirksamkeit im Rahmen der Lokalen Agenda 21 bewirken sollte, lag es nahe, ein Grundstück aus dem Fundus der Stadt Nürnberg für die Passivhäuser zu suchen.

Es folgten Gespräche mit der städtischen Verwaltung wegen der Bereitstellung einer Option für ein städtisches Grundstück. Es wurden etwa 15 mögliche Standorte seitens des Stadtplanungsamtes vorgeschlagen. Die Überprüfung der Bebauungsmöglichkeiten erforderte einen hohen Aufwand. Als Ergebnis blieb nach der Abstimmung mit dem Liegenschaftsamt nur ein einziges Grundstück in Röthenbach-Ost direkt am Kanal und dem Frankenschnellweg übrig. Der Baukörper war Teil des Schallschutzkonzepts für das Gesamtgebiet. Grundsätzlich wäre die Passivhausbebauung dafür prädestiniert gewesen, weil eine völlige Südausrichtung der Aufenthaltsräume weg von den Schallquellen her möglich gewesen wäre. Das Problem lag darin, dass die Anschlussbebauungen für das Schallschutzkonzept zeitlich nicht absehbar waren, sodass für die aktuell zu suchenden Bauherrn möglicherweise über Jahre eine unerträgliche Situation entstanden wäre. Auf Grund dessen entschied sich die Arbeitsgruppe einstimmig gegen dieses Objekt.

Parallel zur Grundstückssuche zur Bereitstellung einer Option für ein städtisches Grundstück wurden Bauträger angesprochen, die für die Durchführung des Projektes in Frage gekommen wären. Außerdem fanden Gespräche mit den Parteien des Stadtrates statt, um das Passivhaus-Konzept zu erläutern und Unterstützung für das Projekt zu erhalten.

Wesentlich für die Verbreitung des Gedankens und mithin auch für den Vertrieb war die öffentliche Darstellung des Konzeptes für das Passivhaus. Dazu erschienen mehrere Presseartikel, und es erfolgte die Durchführung von Veranstaltungen. (s. Kapitel 9)

Ende September 1998 wurde vom Liegenschaftsamt schließlich ein Grundstück in Nürnberg-Wetzendorf in der Wachtelstraße vorgeschlagen. Obwohl dort nur Doppelhaus-Bebauung

möglich war, wurde dieses Objekt sofort von der Arbeitsgruppe präferiert, da die wesentlichen städtebaulichen Voraussetzungen wie Anbindung, Kosten und Ausrichtung stimmig für das Projekt waren.

Mit der Darstellung der Agenda-Projekte im Stadtrat am 14. Oktober 1998 erhielt das Projekt so viel Rückenwind, dass trotz zahlreicher offener Fragestellungen die Entscheidung zu Gunsten des Wetzendorfer Grundstücks fiel.

2.2.3 Städtebauliche Planung

Die Planung wurde sehr kurzfristig erstellt. Geplant wurden vier Doppelhaushälften in zweigeschossiger Bauart mit Pultdach, basierend auf dem oben beschriebenen Konzept der Reihenhäuser. Der resultierende Planungsvorschlag wurde in Vorgesprächen von der Verwaltung gutgeheißen. Insbesondere mit dem Stadtplanungsamt und der Bauordnungsbehörde wurden Vorgespräche geführt. Daraufhin wurden die ersten Bauherren sehr bald gefunden.

Auf Grund von Einsprüchen weiterer Interessenten für Nachbargrundstücke entschied der Stadtplanungsausschuss jedoch gegen das Konzept. Es wurde die kurzfristige Bereitstellung eines Ersatzgrundstückes in der Nähe zugesagt.

Tatsächlich wurden zahlreiche Parzellen seitens des Stadtplanungsamtes benannt, die im März 1998 planerisch untersucht wurden. Bebauungsvorschläge mit der dazugehörigen energetischen Simulation (**Anlage 2.2.3.1**) wurden durchgeführt.

Die vergleichende energetische Analyse der verschiedenen Varianten unter Nutzung des Passivhaus Projektierungs-Pakets war arbeitsaufwendig. Die Ergebnisse sind jedoch im Vergleich sehr interessant.

Das Diagramm zeigt die relativ geringen Abweichungen zwischen den verschiedenen Haustypen. Unter der Voraussetzung des gleichen Baustandards bezüglich der Hüllflächenkonstruktionen und identischer Lüftungsgegebenheiten ergibt sich für die Ausgangsvariante des Reihemittelhauses ein Jahresheizwärmebedarf von 8,3 kWh/(m²a). Die aktuell gebauten Doppelhäuser liegen bei 13-15 kWh/(m²a) und die ungünstigsten Bebauungsvarianten mit Ost-West-Ausrichtung bei 17,9 kWh/(m²a). Andererseits muss beachtet werden, dass die Reduzierung von 18 auf 15 kWh einen erheblichen Kostenaufwand bedeuten kann.

Der lange Entscheidungsprozess endete wiederum mit dem Votum für das Grundstück in Nürnberg-Wetzendorf. Der Nachteil der städtebaulichen Vorgaben musste in Kauf genommen werden, um eine zeitnahe Realisierung zu ermöglichen.



Abb. 2.2.3 Modell der Satteldachgebäude¹

2.2.4 Vertrieb und Bildung der Bauherrengemeinschaft

Wesentlich für die Realisation des Vorhabens war die Bildung einer Bauherrengemeinschaft. Durch die langandauernde Grundstückssuche wurde trotz zahlreicher Interessenten, die durch zahlreiche Artikel in der Tagespresse auf das Projekt aufmerksam wurden, die Realisation offen gehalten. Erst mit der endgültigen Festlegung des Grundstücks konnten konkrete Bauherren geworben werden. Dazu wurde ein Exposé erstellt, das im Laufe der Zeit zweimal überarbeitet werden musste, um sich den ändernden Gegebenheiten anzupassen (Anlage 2.2.4.1 Exposé), die sich durch die Anforderungen aus der städtebaulichen Diskussion und dem Genehmigungsverfahren ergaben. Nach zwei Informationsveranstaltungen (Anlage 2.2.4.2) und den sich daran anschließenden individuellen Planungsgesprächen sagten unüblich schnell vier Bauparteien noch auf Grundlage der ersten Planung mit Pultdach-Doppelhäusern zu. Das Baugenehmigungsverfahren erfolgte mit diesen Bauherren auf der Grundlage der ursprünglichen Planung. Durch die oben beschriebenen Nachbarezinsprüche und die Entscheidungen im Stadtplanungsausschuss wurde die Änderung zur eingeschossigen Bauweise mit Satteldach erforderlich.

Durch diesen Umstand schieden im Mai 1999 zwei Bauherren aus, und das Projekt wurde nochmals vollständig in Frage gestellt. Durch private Bürgschaften wurde dennoch im September 1999 mit dem Bau begonnen. Im November wurden Bauherren für die beiden noch offenen Doppelhaushälften gefunden, nicht zuletzt durch eine Veröffentlichung des Projekts im EWAG (n-ergie)-Jahrbuch.

2.3 Objektplanung

Die endgültige Objektplanung konnte erst im Mai 1999 nach endgültiger Klärung der städtebaulichen Vorgaben für die städtischen Grundstücke in Wetzendorf beginnen. Die Grundlagen nach Abschluss der umfangreichen öffentlichen Diskussion lauteten: vier Doppelhaushälften in eingeschossiger Bauweise mit Satteldach.

¹ Erstellung: Waltraud Feyrer, Nürnberg

Auf Grund des sehr hohen Grundwasserstandes wurde keine Vollunterkellerung vorgesehen, sondern die Kellerersatzfläche in zweieinhalb Ebenen auf der Nordseite des Gebäudes untergebracht. Daraus ergeben sich als Vorteile: Zonierung (kalte Räume an der Nordseite), sinnvoll gestalteter Windfang und weniger Wohnräume mit Dachschrägen im Obergeschoss.

Die vier Häuser sind individuell unterschiedlich gestaltet: im Erdgeschoss sind Wohn-/ Essbereich und Küche untergebracht. Im Dachgeschoss finden neben dem Bad drei Schlafzimmer Platz. Der Spitzboden bietet Raum für weitere Nutzungen.

Die Mehrkosten der gebauten Doppelhaushälften gegenüber dem geplanten Pultdachtyp liegen bei etwa 7.500 – 10.000 € pro Einheit. Der Grund liegt einerseits im höheren konstruktiven Aufwand für die Satteldachform mit den Sonderbauteilen wie der Gaube und auf der anderen Seite an den zusätzlichen energetischen Anforderungen. Zudem sind Detaillösungen zur Winddichtheit bei der Satteldachform deutlich aufwendiger auszuführen als bei einer einfachen Gebäudegeometrie.

In der Anlage wird die Genehmigungsplanung im Massstab 1:100 dargestellt (Anlage 2.3.1). Die Wohn- und Nutzflächenberechnung wird in Anlage 2.3.2 zusammengefasst.

2.3.1 Kriterien für ein Passivhaus

Kriterien für Passivhäuser wurden in der Folge der ersten Passivhäuser in Darmstadt-Kranichstein festgelegt. Sie basieren auf sehr umfangreichen wissenschaftlichen Untersuchungen zu den verschiedenen Komponenten dieser Gebäude und haben sich in ihrem wesentlichen Kerngehalt trotz der zahlreichen Erfahrungen, die inzwischen gesammelt werden konnten, nicht geändert. Die Anforderungen sind in der folgenden Aufstellung zusammengefasst:

- Jahresheizwärmebedarf $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- Maximale Heizwärmelast $\leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$
- Gebäudehülle $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Fenster $U_W \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, $g = 50 \dots 60 \%$
- Weitestgehende Wärmebrückenfreiheit
- Luft- und Winddichtheit: $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
- Lüftungsanlage mit Abluftwärmerückgewinnung
 $\eta_{\text{WBG,t,eff}} \geq 75\%$, Elektroeffizienz $p_{\text{el}} \leq 0,40 \text{ Wh}/\text{m}^3$
- Jahresprimärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Haushaltsstrom $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

2.3.2 Passivhaus-Komponenten des Projektes in Nürnberg-Wetzendorf

Die konkrete Umsetzung des Passivhaus-Standards bei den Gebäuden in Nürnberg-Wetzendorf wurde durch folgende Maßnahmen erreicht:

Südausrichtung und **Verschattungsfreiheit** der wesentlichen Fensterflächen;

Gebäudegeometrie mit hoher Kompaktheit der wärmeübertragenden Flächen durch die Anordnung der Kellerersatzräume auf der Nordseite des Baukörpers,

Außenwand aus Kalksandstein KS 17,5 cm dick und 30 bis 32 cm PS-Dämmung als Wärmedämmverbundsystem; U-Wert 0,12 W/(m²K).

Dach aus vorgefertigten Elementen mit wärmebrückenarmen Holzstegträgern, Zellulosedämmung 40 cm dick, außenseitig Holzweichfaserplatten, innen emissionsarme Spanplatten als aussteifende und luftdichtende Schicht, U-Wert von 0,11 W/(m²K).

Bodenplatte mit folgendem Aufbau: Schotter, 15 cm Bodenplatte, Bitumenabdichtung, 15 cm PS-15 Dämmung und 10 cm druckfestes PS 30, 70 mm Estrich, der U-Wert beträgt 0,14 W/(m²K).

Fenster mit gedämmten Rahmen und Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung mit Argonfüllung ausgeführt. Der Wärmedurchgangskoeffizient beträgt für die Verglasung $U_g = 0,6$ (0,7) W/(m²K)² bei einem Energiedurchlassgrad $g = 53$ %. Für den Rahmen ist $U_f = 0,64$ W/(m²K) und für das gesamte Fenster $U_w = 0,77$ W/(m²K)

Weitgehende **Wärmebrückenfreiheit**, bezogen auf die Außenmaße der Dämmung:

Luft- und Winddichtheit der Konstruktion; Überprüfung durch Blower-Door-Tests: max. 0,6-facher Luftwechsel bei 50 Pascal Druckdifferenz ($n_{50} \leq 0,6$ h⁻¹)

Lüftungsanlage mit Abluftwärmerückgewinnung mit einem Wärmebereitstellungsgrad $\eta_{WRG,eff} = 85\%$, Stromeffizienz $p_{el} < 0,4$ Wh/m³

Heizung mit einer **Gas-Brennwerttherme** zentral für alle vier Häuser

Solarkollektor-Anlage zur Brauchwarmwassererwärmung

2.3.3 Werkplanung unter besonderer Beachtung von Wärmebrücken und Luftdichtheit

Die Werkplanung wurde auf die Belange der Passivbauweise optimiert. Wesentlich ist dabei die kostengünstige Ausführung der gewählten hohen Dämmdicken. Dies wurde im vorliegenden Fall durch das Wärmedämm-Verbundsystem mit 30 cm Dicke im Mauerwerksbereich erfüllt. Die Dämmung zum Grund erfolgte über zwei Dämmlagen von 15 cm Polystyrol-Schaum 15 zzgl. 10 cm Polystyrol-Schaum 30 mit erhöhter dynamischer Steifigkeit unterhalb des Estrichs mit 10 cm Dämmdicke.

Die Dachkonstruktion ist gekennzeichnet durch die Wahl der TJI-Träger: hohe Auflagerweiten kompensieren die erhöhten Kosten für das Material der Stegträger und schaffen zugleich kostenneutral Raum für die Dämmung. Diese erfolgt im Sparrenzwischenraum mit 36 cm Zellulosedämmung WLG 040 zzgl. 4 cm Holzweichfaserplatte WLG 045 als obere Begrenzung.

² Wert in Klammern: U-Wert gemäß Bundesanzeiger

Besonderes Augenmerk wurde auf die Ausführung der Wärmebrücken und der Luftdichtheit gelegt. Die Bilanzierung der Wärmebrücken wird bei der Berechnung des Heizwärmebedarfs durchgeführt. Für die Nürnberger Häuser wurden die Details erstellt und auf ihre Wärmebrückenverlustkoeffizienten Ψ überprüft. Das Problem liegt darin, dass noch keine kostengünstige Methode gegeben ist, die Wärmebrückenverluste zu berechnen. Aus Kostengründen wurde deshalb nur eine überschlägige Gegenüberstellung durchgeführt und auf Ergebnisse anderer Bauvorhaben zurückgegriffen. Eine beispielhafte Aufstellung ist in der Anlage zu sehen³. Aufgrund der außenmaßbezogenen Berechnung und einem hohen Anteil von geometrischen Wärmebrücken mit Außenecken ergab sich in der Summe ein geringfügige Reduzierung des Wärmeübergangs durch die Wärmebrücken. Im Passivhaus-Projektierungs-Paket wurde keine gesonderte Aufstellung durchgeführt, da die konkreten Details nicht gerechnet wurden, sondern aus vergleichbaren Projekten übernommen wurden.

Beim Massivbau hat die Ausführung des Mauerwerksfußes zur Bodenplatte einen wesentlichen Einfluss auf die Wärmebrückenbilanz. Der hängt für dieses Detail v. a. von der Wärmeleitfähigkeit (λ) des Fußpunktsteines ab.



Abb. 2.3.3.1 EG-Mauerwerk mit porosiertem Steinmaterial am Fusspunkt

Am Beispiel eines typischen Anschlussdetails der Außenwand zur Bodenplatte werden mögliche resultierende Werte dargestellt⁴. Die Rahmenbedingungen wurden wie folgt angenommen: nicht unterkellertes Gebäude, Außenwanddämmung 30 cm dick WLG 040 bis 6 cm unterhalb der Kellerdecke, Dämmlage oberhalb der Kellerdecke 25 cm dick, Wand 17,5 cm dick, dämmender Stein 25 cm hoch.

³ ebök, Ingenieurbüro für Energieberatung, Haustechnik und ökologische Konzepte Tübingen: Berechnung der Wärmebrücken für ein Reihenendhaus in Stuttgart-Feuerbach, Schelmenäcker Weg

⁴ Wolfgang Feist: Wärmebrückenfreies Konstruieren beim Passivbau. - In: Wärmebrückenfreies Konstruieren, Protokollband Nr. 16 des AK kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut Darmstadt 1999

Aus der Graphik⁵ lässt sich Ψ ablesen: wird der Fußpunkt mit einem Lambda-Wert $\lambda_R = 0,99$ W/(mK) wie z. B. KS 12/1,8 ausgeführt, so beträgt $\Psi = 0,11$ W/mK. Das entspricht etwa einem 80-100 cm hohen Mauerwerksstreifen mit passivhausgerechter Dämmung. Aus wärmetechnischer Sicht ist das Erdgeschoss also 3,50 bis 3,70 m hoch statt 2,70 m. Bei etwa $\lambda_R = 0,2$ W/(mK) verhalten sich die erhöhten Transmissionswärmeverluste des Fußsteins neutral gegenüber dem Außenmaßbezug bei der Berechnung der Haupttransmissionsflächen. Bei $\lambda_R = 0,1$ W/(mK) beträgt der Wärmebrückenverlustkoeffizient $\Psi = -0,03$ W/mK, wärmetechnisch damit zu vergleichen, dass die Geschosshöhe um 20 bis 30 cm abnimmt. In der Tabelle werden Lambda-Werte von möglichen Fußpunkt-Materialien angegeben. Bei porosiertem Ziegel ist zu beachten, dass der angegebene Wärmedurchgang aufgrund der Lochung nur für die horizontale Richtung gilt. In der vertikalen Richtung, die bei der Fußpunktoptimierung ausschlaggebend ist, gilt ein deutlich höherer λ -Wert.

Ausschlaggebend für die Wahl des Materials sind neben wärmetechnischen Belangen selbstverständlich auch die anderen bauphysikalischen Aspekte wie z. B. Tragfähigkeit und Brandschutz.

In unserem Fall wurde Porenbeton mit $\lambda_R = 0,16$ W/(mK) gewählt und eine tiefer greifende Wärmedämmung der Fundamentdämmung, so dass anzunehmen ist: $\Psi = -0,02$ W/mK,

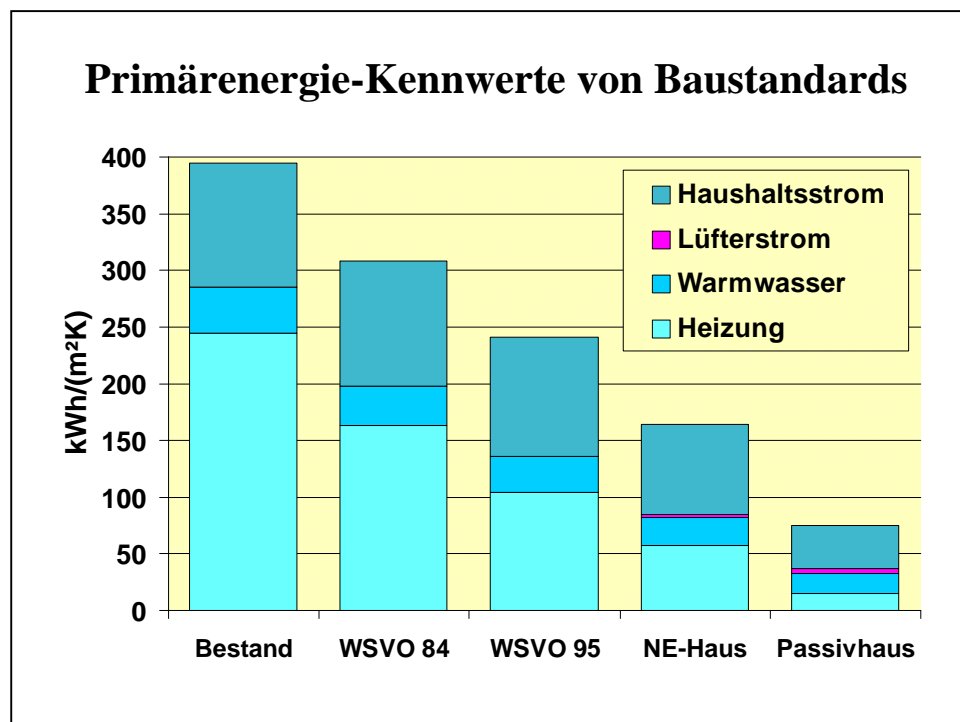
Für lasttragende Innenwände auf einer erdberührten Fundamentierung lässt sich die Passivhaus-Anforderung $\Psi_a \leq 0,01$ W/mK nicht erreichen. Deshalb wurde auf Kosten des Schallschutzes die Innenwände im Erdgeschoss fast vollständig als nichttragende Wände konzipiert und wärmebrückenfrei oberhalb des durchgehenden Estrichs ausgeführt.

Am Beispiel von Haus 2 wird die Werkplanung in der **Anlage 2.3.3.1** mit den Grundriss-, Schnitt- und Ansichtplänen sowie beispielhafte Detailzeichnungen angefügt.

⁵ Feist, W.: Wärmebrückenfreien Konstruieren beim Massivbau. - In: AK kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 16, Hrsg. Passivhaus Institut Darmstadt 1999, S. 46

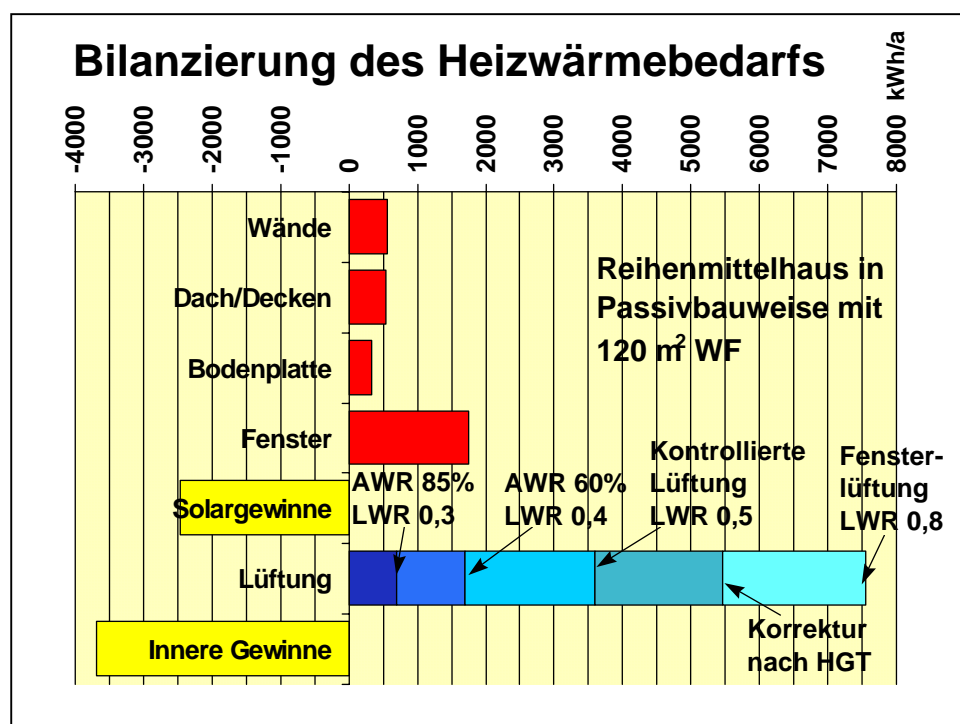
PASSIVHAUSMODELL NÜRNBERG

Passivhäuser haben extrem geringe Transmissions- und Lüftungswärmeverluste. Bei hoher thermischer Behaglichkeit für die Bewohner werden sie weitestgehend durch passive Solargewinne und innere Wärmegewinne geheizt. Die zusätzliche Heizleistung beträgt maximal 10 Watt pro Quadratmeter beheizter Fläche. Zum Vergleich: eine Person erzeugt 100 Watt, in Bewegung sogar deutlich mehr. Die Gebäude haben einen maximalen jährlichen Heizwärmebedarf von 1,5 Litern Öl oder Kubikmeter Erdgas pro m² beheizter Fläche [entspricht 15 kWh/(m²*a)]. Zum Vergleich: Gebäude im Bestand benötigen 150 bis 300, standardmäßige Neubauten 80-100 und Niedrigenergiehäuser 40-70 kWh/(m²*a).

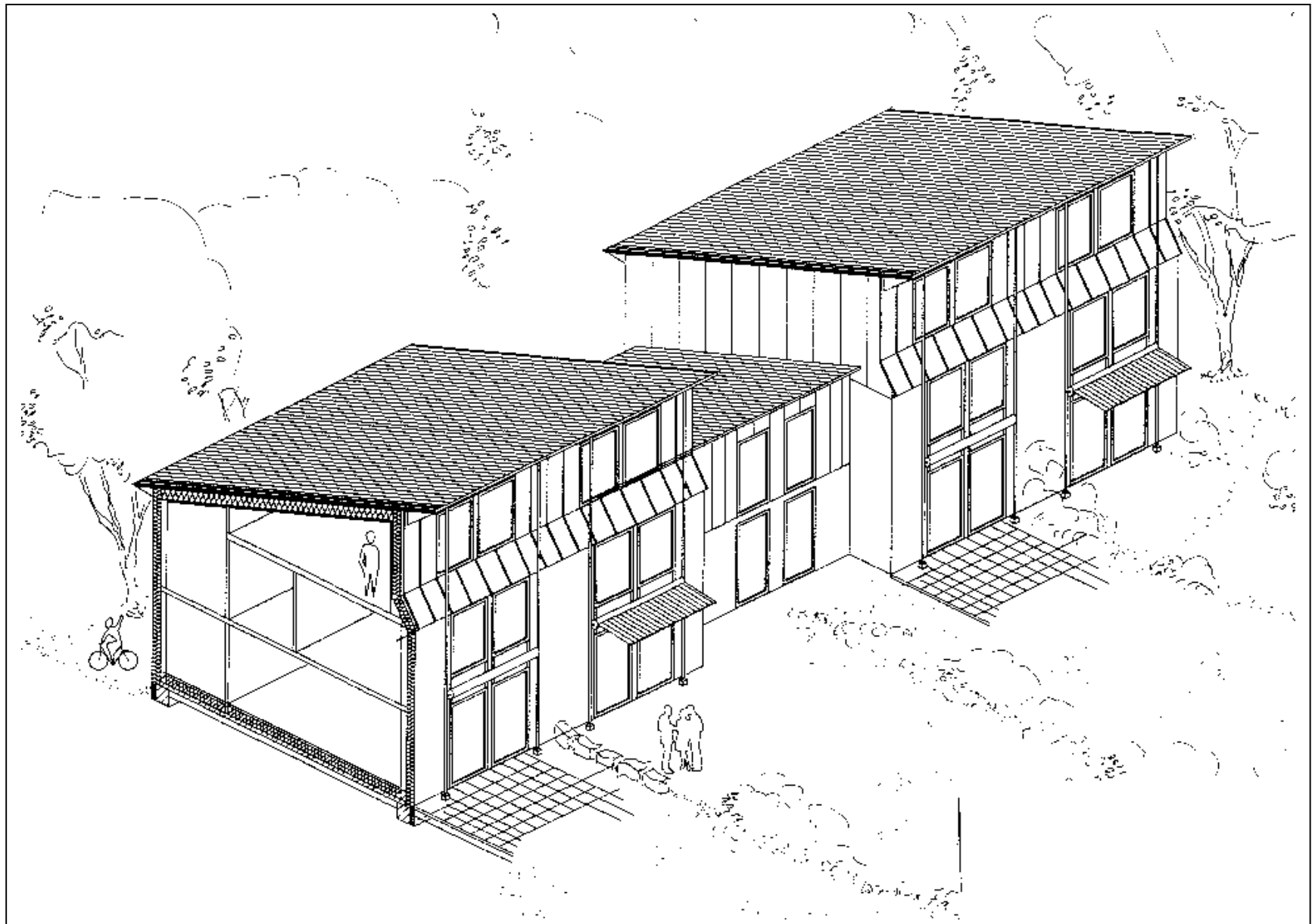


Die **Wirtschaftlichkeit** ist aufgrund der besonders vorteilhaften Rahmenbedingungen für dieses Projekt höher als für vergleichbare Gebäude in Standardbauweise. Es ist davon auszugehen, daß Passivhäuser in zehn Jahren so selbstverständlich sind wie heute die Niedrigenergiebauweise.

Die Gebäude sollen in weitestgehend konventioneller Bautechnik erstellt werden, um heimische Firmen in die Erstellung einzubinden und das Know-how für Passivhaustechnik regional zu verankern.



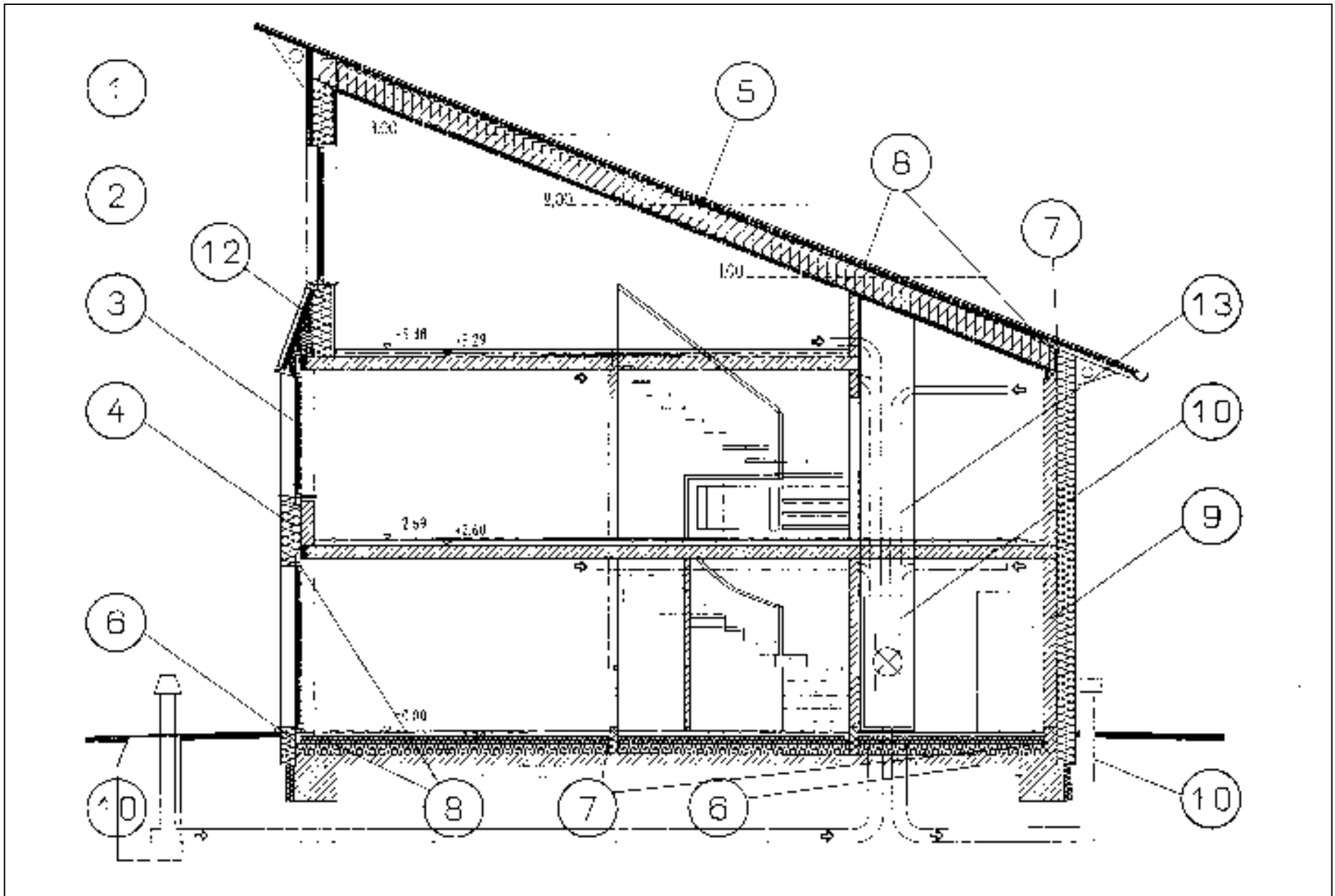
Die bauphysikalischen Rahmenbedingungen sind äußerst vorteilhaft: durch die gute Dämmung der Außenbauteile entsteht eine hohe Temperatur auf deren raumzugewandten Flächen. Die inneren Oberflächentemperaturen liegen nur geringfügig unter der Raumlufthtemperatur. Die Fensterflächen mit einem k_F -Wert unter 0,8 W/(m²K) sorgen dafür, daß keine ungleichförmige Strahlungstemperaturverteilung im Raum entsteht. Dadurch wird eine hohe **Behaglichkeit** sichergestellt, ohne daß durch Heizkörper ein thermischer Ausgleich geschaffen werden muß. Die Art der Restwärmezuführung ist im Passivhaus zweitrangig hinsichtlich der Behaglichkeit.



Die Gestaltung des Gebäudes wird durch folgende Aspekte der Passivbauweise geprägt:

1. Möglichst kompakte Gebäudeform: Vorgegeben sind in dem Bebauungsbereich Doppelhäuser, die zweigeschossige Bauweise mit der Shedform erzielt ein möglichst günstiges Verhältnis von Umfassungfläche zu Gebäudevolumen (A/V-Verhältnis). Das Gebäude hat keine unnötigen Vor- und Rücksprünge im Bereich der gedämmten Hülle.
2. Ausrichtung nach Süden: fast alle Fenster der Aufenthaltsräume mit höherem Raumtemperatur-Niveau sind nach Süden ausgerichtet. Dadurch kann ein Maximum an passiven Solargewinnen erzielt werden. Die Fenstergröße wird mit einem Simulationsprogramm berechnet, es soll möglichst optimaler winterlicher Gewinn bei möglichst geringen Verlusten (die jedes Fenster auch bei bester Verglasung beinhaltet) erzielt werden. Die minimale Abweichung von etwa 8° vom Optimum hat praktisch keine Auswirkung auf den Ertrag. Südfenster stellen auch für den sommerlichen Wärmeschutz die günstigste Ausrichtung dar, weil durch den hohen Sonnenstand deutlich weniger Wärme eingetragen wird als auf Ost- und Westseite bei niedrigem Sonnenstand.
3. Passivhaustaugliche Fensterkomponenten gibt es nur für senkrechte Fenster. Auch deshalb ist es vorteilhaft, daß die Südfassade senkrecht ist (Dachflächenfenster sind nicht geeignet, Gauben bieten Probleme bei der Luftdichtigkeit, Wärmebrücken und dem A/V-Verhältnis)
4. Pultdach-Häuser mit geringer Dachneigung und niedrigem Traufpunkt ermöglichen eine möglichst optimale Besonnung auch für die Gebäude, die nördlich des Gebäudes erstellt werden, wenn die Dachneigung möglichst nah am niedrigsten Sonneneinstrahlungswinkel von etwa $17-18^\circ$ liegt. Dieser Aspekt gilt für Bebauungspläne beim verdichteten Bauen.
5. Die einfache Dachform ermöglicht kostengünstige winddichte Konstruktionen mit minimierten Wärmebrücken.

PASSIVHAUSMODELL NÜRNBERG ENERGIESPAR-KOMPONENTEN

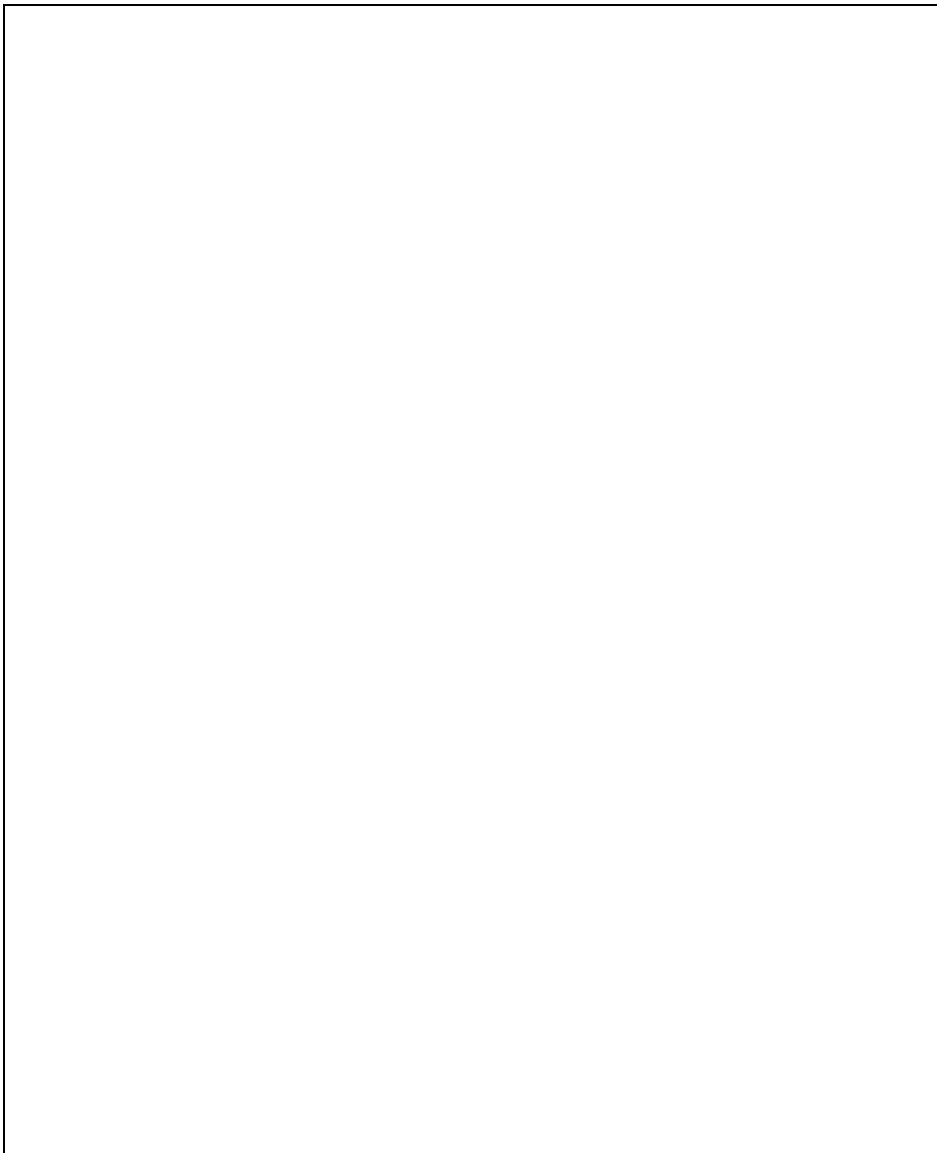


Baubeschreibung und Energiespar-Komponenten

Der Passivhaus-Standard wird durch folgende Maßnahmen erreicht:

1. Optimierte **Gebäudegeometrie** mit hoher Kompaktheit der wärmeübertragenden Flächen, günstigem Verhältnis von Volumen zu Hüllfläche,
2. **Südausrichtung** und **Verschattungsfreiheit** der wesentlichen Fensterflächen;
3. **Südfenster** mit Verglasungs- $k_v = 0,5 - 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, hohem Energiedurchlaßgrad und gedämmten Fensterrahmen
4. **Außenwand** aus Kalksandstein, Wärmedämmverbundsystem mit einem $k\text{-Wert} < 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, das entspricht Dämmdicken von 25 bis 30 cm
5. **Dachkonstruktion** mit innovativer, wärmebrückenarmer Holzbauweise, $k\text{-Wert} < 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, Dämmdicke von ca. 35 cm
6. **Bodenplattenkonstruktion** mit einem $k\text{-Wert} < 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
7. Weitgehende **Wärmebrückenfreiheit**, bezogen auf die Außenmaße der Dämmung
8. **Luft- und Winddichtheit** der Konstruktion; Überprüfung durch einen Blower-Door-Test
9. **Nordfenster** mit Verglasungs- $k_v = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
10. **Abluftwärmerückgewinnung** mit einer Jahresrückwärmezahl von 75 bis 90%, die einströmende Außenluft wird durch die abgeführte Abluft aufgewärmt; sehr geringer Stromeinsatz für den Lüftungsventilator unter $0,4 \text{ Wh}/\text{m}^3$
11. Heizung mit einer **Gas-Brennwerttherme** zentral für alle vier Häuser
12. **Solarkollektor-Anlage** zur Brauchwarmwassererwärmung
13. Kompakte **Installationsführung** zur Kosten- und Energieeinsparung

Die Auswahl der **Baustoffe** wird möglichst weitgehend nach Kriterien der Umweltentlastung und Ressourcenschonung vorgenommen und mit der Fachkompetenz der LGA begleitet. Dabei wird auf geringe Emissionen, niedrige Primärenergieinhalte und eine möglichst verträgliche Produktlinie über alle Lebensphasen des Baustoffs geachtet: angefangen von der Rohstoffgewinnung über die Produktion, die Verarbeitung, Nutzung bis hin zur späteren Verwertung. Dabei ist das Kosten-Nutzen-Verhältnis und die Langlebigkeit ein wesentlicher weiterer Faktor.



Lage

Das Grundstück befindet sich in Nürnberg-Wetzendorf, zentral im Städtedreieck Nürnberg-Fürth-Erlangen. Von der Wetzendorfer Straße über die Alte Parlerstraße biegt man in die Wachtelstraße ein. Das Grundstück liegt nach gut hundert Metern in dem kleinen Neubaugebiet auf der rechten Seite.

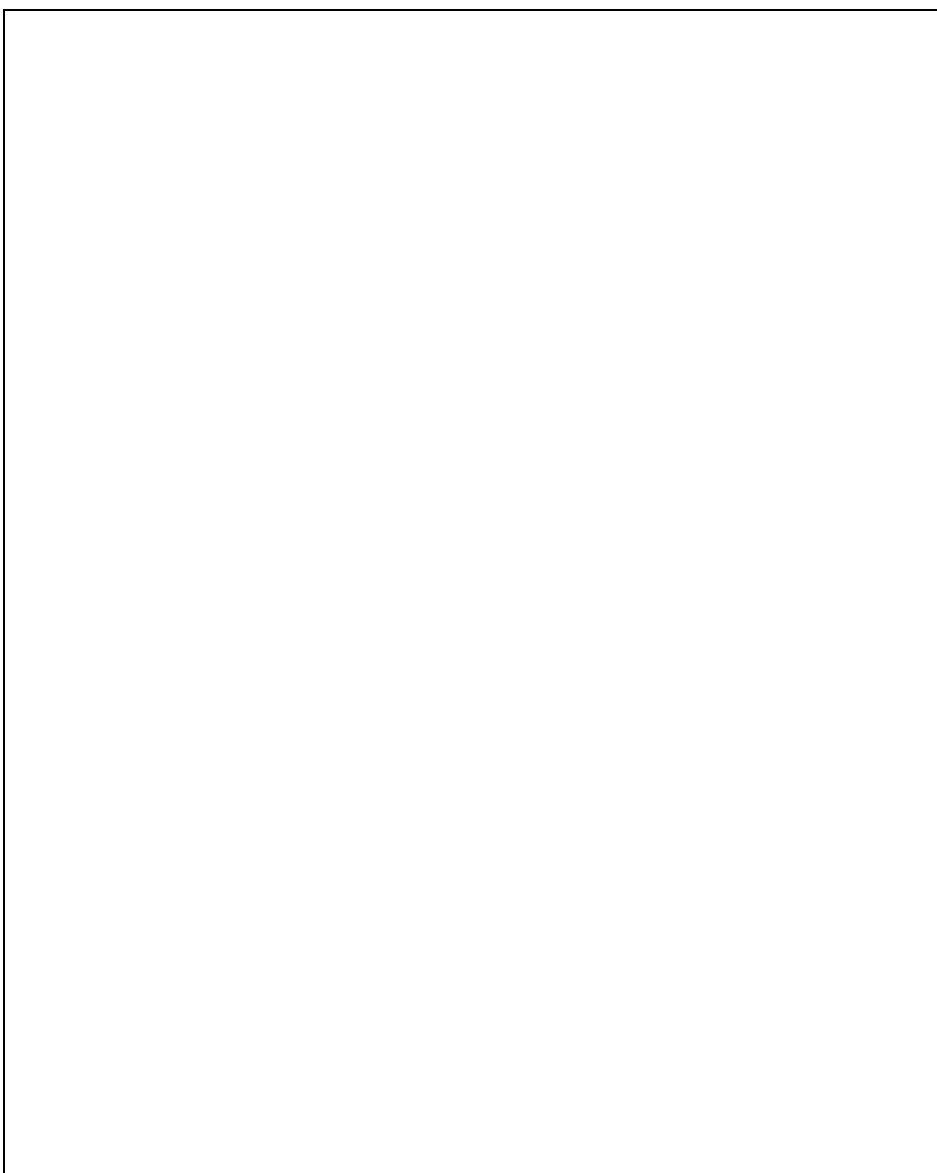
Wetzendorf hat die typische Prägung der kleinen Orte des Knoblauchlands. Es ist umgeben von landwirtschaftlicher Nutzung, bietet ein Wegenetz für Spaziergänge und Radfahren sowie Rad-Anbindung über das Pegnitztal an die Nürnberger Innenstadt. Die Burg ist gut drei Kilometer Luftlinie entfernt.

Durch drei Buslinien ist eine gute Anbindung an das Netz des öffentlichen Nahverkehrs gegeben:

- Bus 32 zur Straßenbahn 4 und 9
- Bus 38 zum U-Bahnhof Maximilianstraße
- Bus 39 zu den U-Bahnhöfen Stadtgrenze und Rothenburger Straße

Die Haltestellen sind ca. 5 Gehminuten entfernt.

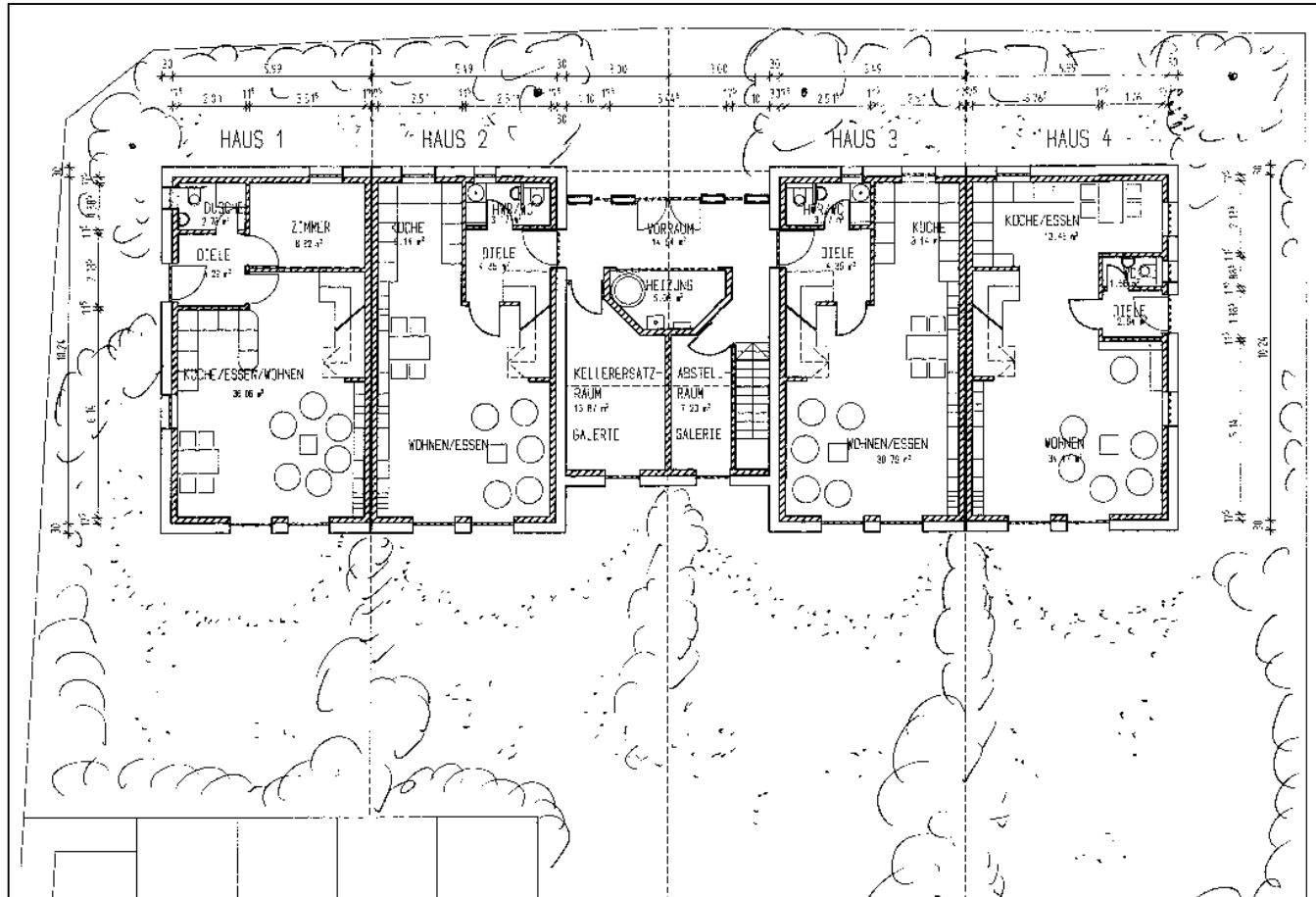
Grundschule und Kindergarten sind in ca. 10 Minuten fußläufig zu erreichen.



Hauskonzept

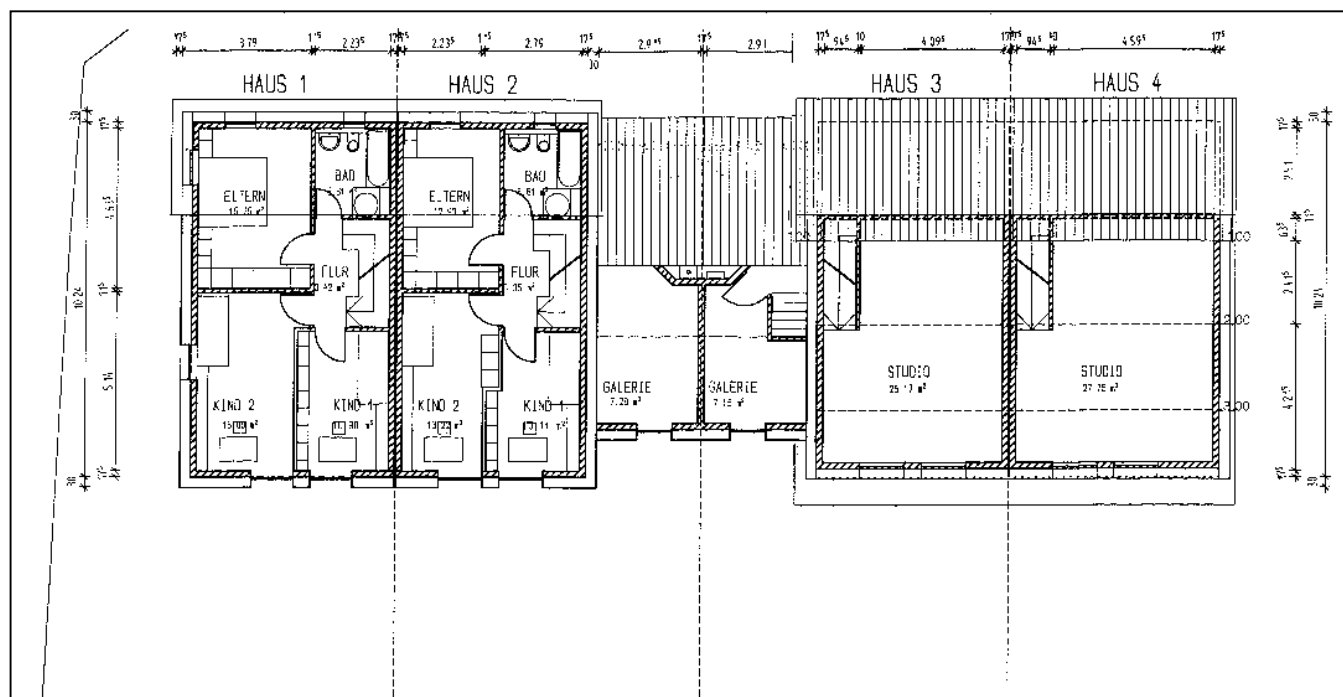
Das Erschließungskonzept des kleinen Neubaugebietes gibt den Rahmen für übliche Doppelhausbebauung vor. Die Grundstücksbreiten von neun bis zehn Metern erlauben bei üblicher Gebäudetiefe Wohnflächen zwischen 110 und 130 m². Die Pultdachform ergibt sich vor allem aus drei Gründen: optimale Gebäudegeometrie für passive Solarenergienutzung, einfache konstruktive Details mit geringen Wärmebrücken und vertikale Verglasungsflächen nach Süden für alle wesentlichen Aufenthaltsräume. Schrägverglasung oder Erkerbildungen würden bei derzeit verfügbarer Technik zu kostenträchtigen energetischen Zusatzmaßnahmen führen.

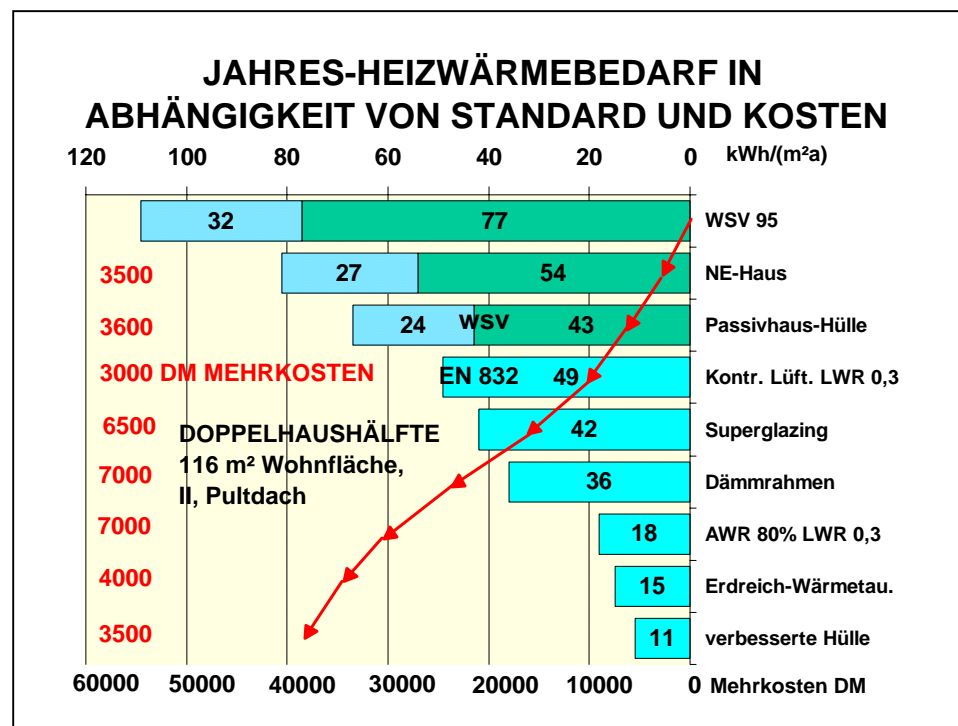
Der Verzicht auf einen Keller ist möglich, es können angemessen dimensionierte Ersatzräume zu geringeren Kosten geschaffen werden.



Die Innenwände des Hauses können aufgrund der klaren Statik sehr flexibel geändert werden. Es sind zahlreiche Grundrißlösungen möglich. Die Gebäude bieten trotz der sparsamen Wohnfläche Grundrißlösungen bis zu sechs Zimmern und sind damit sogar für eine fünfköpfige Familie ausreichend.

Im Erdgeschoß sind Wohn-/Eßbereich, Küche und ggf. ein weiterer Raum (Arbeits-, Hauswirtschafts- oder Kellerersatzraum) untergebracht. Im Dachgeschoß finden neben dem Bad drei Schlafzimmer Platz. Der Spitzboden bietet Raum für weitere Nutzungen, auch Unterteilungen und der Einbau eines weiteren Bades sind möglich.





Das Diagramm zeigt Mehrkosten für energiesparende Maßnahmen in Abhängigkeit von den baulichen Maßnahmen. Für die Doppelhaushälften entstehen Mehrkosten in Höhe von ca. 38.000 DM für den Passivhaus-Standard gegenüber einer üblichen Bauform. Die gesamten Gebäudekosten werden in der Aufstellung gemäß Kostenschätzung nach DIN 276 dargestellt. Im folgenden Anmerkungen zu den Spalten.

1.Grundstückskosten enthalten den Grundstückswert (650 DM/m²) zzgl. ca. 90 DM/m² Erschließung. Weiterhin sind enthalten Kosten für Vermessung, Notar, Grundbucheintragung, Grunderwerbssteuer für das Grundstück und ein Betrag für die Eintragung der Grundschuld.

2.Erschließungskosten beinhalten die Netzbeiträge und Anschlußkosten sowie Zählerkosten, die an die Stadtwerke zu entrichten sind. Ferner sind die Kosten für die Verlegung der Versorgungsmedien vom Haus zum öffentlichen Kanal enthalten, sowie Grabarbeiten für Gas, Wasser etc.

3.Reine Baukosten sind für das Gebäude an die Handwerker zu entrichten. Die Standards entsprechen der Baubeschreibung und umfassen das schlüsselfertige Gebäude mit allen Gewerken inkl. Maler- und Bodenbelagsarbeiten. Eigenleistungen für bestimmte Gewerke sind möglich.

4.Außenanlagenkosten werden aufgeführt für die Erstellung von Terrassen- und Zugangsflächen, Hauseingangsstufe, Einfassung des Gebäudes mit Kiespackung als Spritzschutz, verteilen des Humus.

5.Nebenkosten enthalten Baubetreuung, Planung inkl. Projektanten, Gebühren für die Baugenehmigung und Kosten für die üblichen Versicherungen am Bau. Nicht enthalten sind Zwischenfinanzierungskosten.

| Kosten nach DIN 276 | Haus 1 | Haus 1 (Variante) | Haus 2 | Haus 3 | Haus 4 |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Hausbreite | 6,30 m | 5,80 m | 5,80 m | 5,80 m | 6,30 m |
| Grundstücksfläche (m ²) | 250 | 235 | 295 | 335 | 335 |
| Wohnfläche ohne Keller (m ²) | 128 | 116 | 116 | 116 | 128 |
| 100 Grundstück | 197.600,00 DM | 185.900,00 DM | 233.100,00 DM | 264.600,00 DM | 264.600,00 DM |
| 200 Herrichten/Erschließen | 12.300,00 DM | 12.300,00 DM | 12.300,00 DM | 12.300,00 DM | 12.300,00 DM |
| 300/400 Bauwerk | | | | | |
| Standardgebäude | 236.700,00 DM | 214.500,00 DM | 214.500,00 DM | 214.500,00 DM | 236.700,00 DM |
| Passivhauskomponenten | 38.800,00 DM | 38.000,00 DM | 38.000,00 DM | 38.000,00 DM | 38.800,00 DM |
| Anteil Heizraum | 5.000,00 DM | 5.000,00 DM | 5.000,00 DM | 5.000,00 DM | 5.000,00 DM |
| Windfang/Kellerersatzraum | | | 18.000,00 DM | 18.000,00 DM | |
| 500 Außenanlagen | 10.000,00 DM | 10.000,00 DM | 10.000,00 DM | 10.000,00 DM | 10.000,00 DM |
| 700 Baunebenkosten | 54.500,00 DM | 52.000,00 DM | 52.000,00 DM | 52.000,00 DM | 54.100,00 DM |
| Summe gesamt | 554.900,00 DM | 517.700,00 DM | 582.900,00 DM | 614.400,00 DM | 621.500,00 DM |
| zu erwartende Förderungen | -20.000,00 DM | -20.000,00 DM | -20.000,00 DM | -20.000,00 DM | -20.000,00 DM |
| Summe gesamt ohne Keller | 534.900,00 DM | 497.700,00 DM | 562.900,00 DM | 594.400,00 DM | 601.500,00 DM |
| Option: | | | | | |
| Summe gesamt mit Keller | 604.900,00 DM | 562.700,00 DM | 627.900,00 DM | 659.400,00 DM | 671.500,00 DM |

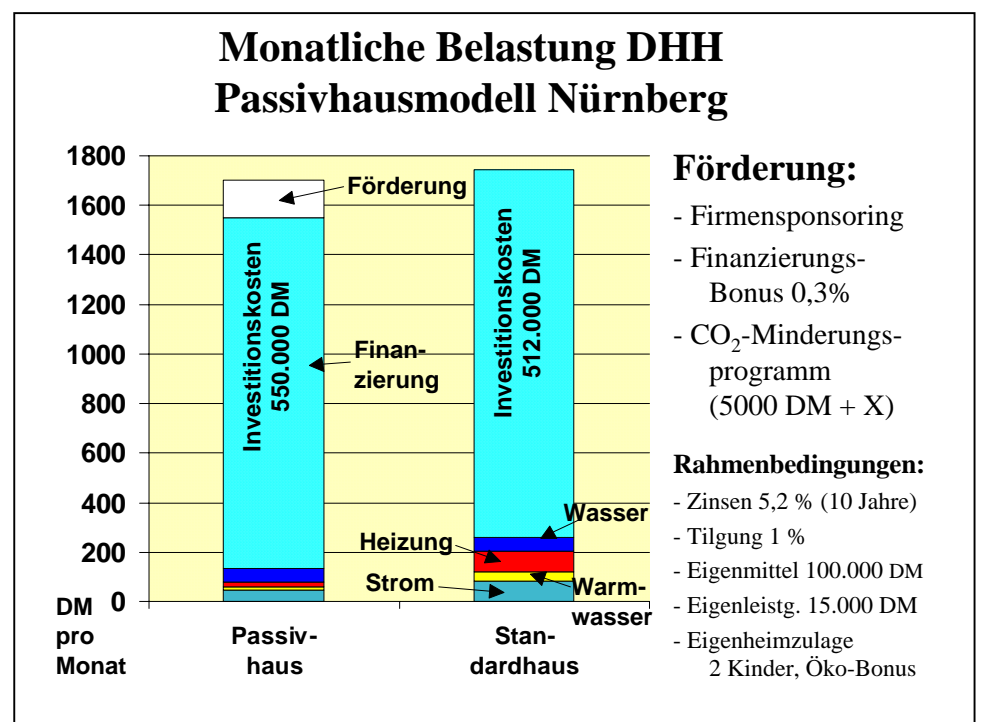
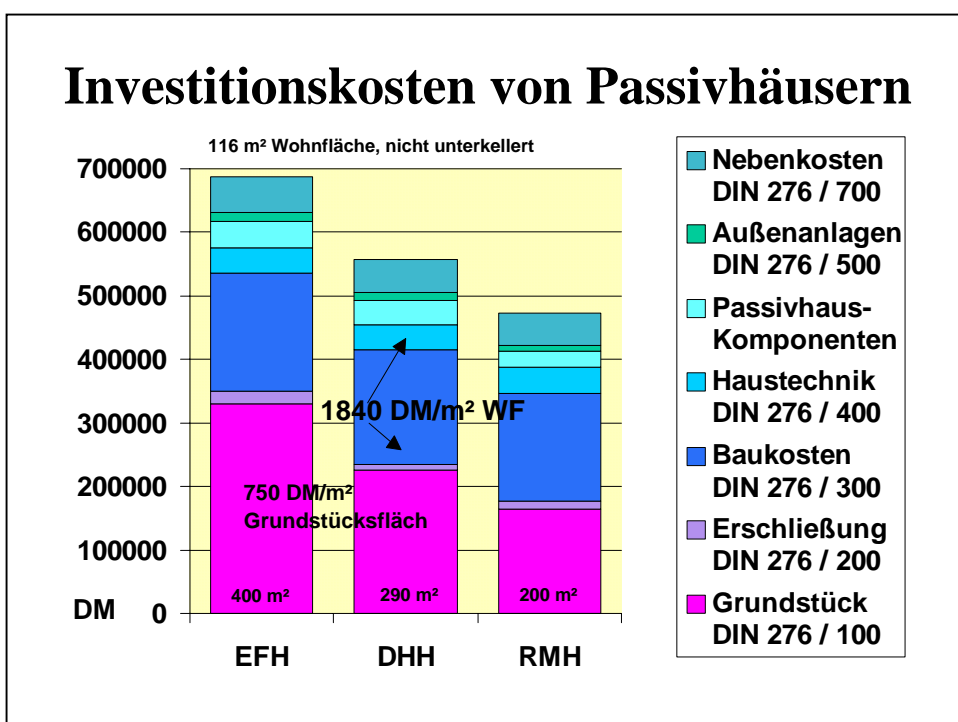
PASSIVHAUSMODELL NÜRNBERG

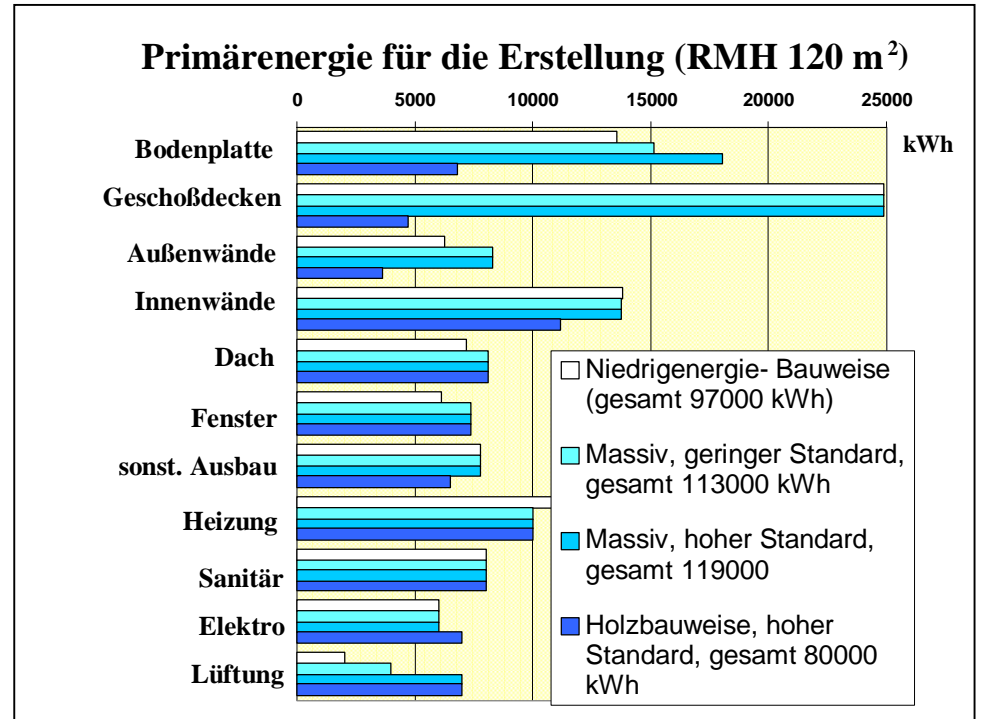
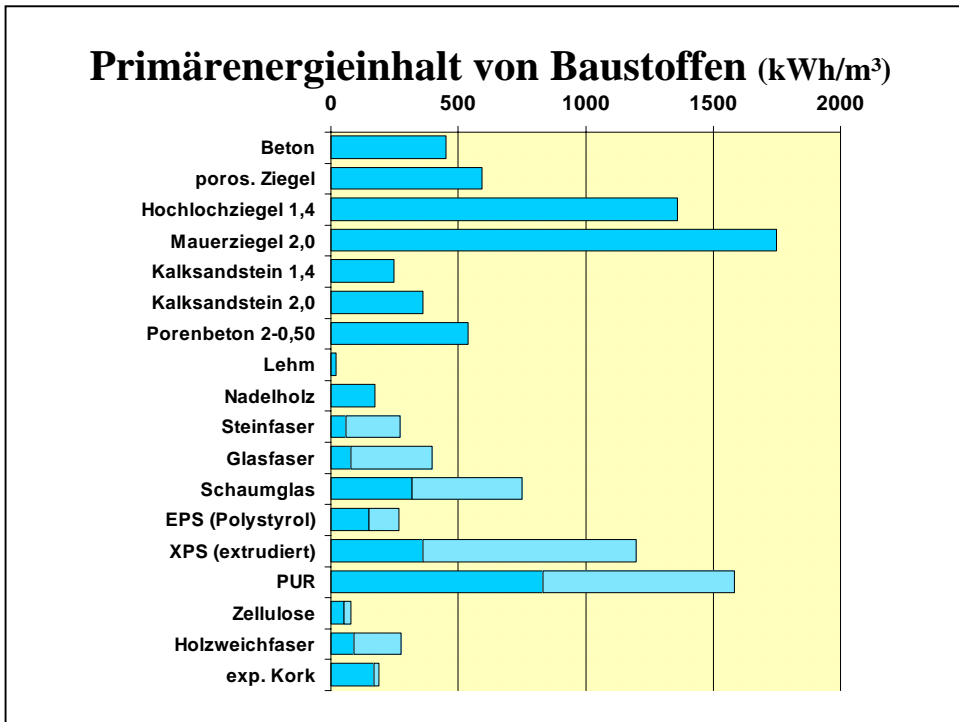
WIRTSCHAFTLICHKEIT

| BERECHNUNG DER MONATLICHEN BELASTUNG | | | | |
|--|--------------------|------------------|--------------------|------------------|
| Energiestandard | | Passivhaus | | Standardhaus |
| Haustyp | | DHH | | DHH |
| Wohnfläche | m ² | 116 | m ² | 116 |
| Kaufpreis | | 550.000 DM | | 512.000 DM |
| Firmen-Sponsoring und Förderung | | 15.000 DM | | |
| Finanzierung: | | | | |
| Eigenmittel (evtl. anteilig Fördermittel) | | 100.000 DM | | 100.000 DM |
| Eigenleistung | | 15.000 DM | | 15.000 DM |
| Zuschuß CO ₂ -Minderungsprogramm | | 5.000 DM | | |
| Fremdmittel | | 415.000 DM | | 397.000 DM |
| Jährliche Belastung: | | | | |
| Zinsen | 5,5% | 22.825 DM | 5,5% | 21.835 DM |
| Tilgung | 1,0% | 4.150 DM | 1,0% | 3.970 DM |
| Finanzierungsbonus | 0,3% | -1.245 DM | 0,0% | - DM |
| Eigenheimzulage | | -5.000 DM | | -5.000 DM |
| Eigenheimzulage für 2 Kinder | | -3.000 DM | | -3.000 DM |
| Öko-Bonus (NEH und Solar) | | -750 DM | | - DM |
| Jährliche Finanzierungskosten | | 16.980 DM | | 17.805 DM |
| Betriebskosten: | | | | |
| Heizung (0,08 DM je kWh, Anlagen und Leitungsverluste 1,3) | kWh/m ² | 15 | kWh/m ² | 80 |
| Brauchwarmwasser (Passivhaus 60 % Solar) | | 14 | | 35 |
| Strom | | 17 | | 30 |
| Wasser (m ³ pro Jahr) * 3,20 DM | | 120 | | 120 |
| Abwasser (m ³ pro Jahr) * 3,40 DM | | 88 | | 88 |
| Jährliche Betriebskosten | | 1.578 DM | | 3.043 DM |
| Belastung pro Jahr | | 18.558 DM | | 20.848 DM |
| Belastung pro Monat | | 1.547 DM | | 1.737 DM |

Das Kostenkonzept basiert auf handwerklicher Gebäudeerstellung in massiver Bauart, um einen hohen Gebäudestandard zu erzielen und die heimische Bauwirtschaft einbinden zu können. Für die wirtschaftliche Beurteilung des Gebäudes sind neben den Investitionskosten und den daraus resultierenden Zins- und Tilgungszahlungen auch die Betriebskosten zu betrachten.

Energetisches Bauen spart bei den verbrauchsabhängigen Kosten gegenüber Standardgebäuden. In der wirtschaftlichen Gesamtbetrachtung kommt das Passivhaus bei optimaler Planung schon heute nah an ein Standardhaus heran. In unserem Fall wird dies unterstützt durch Fördermittel und Firmensponsoring. In naher Zukunft bei fallenden Kosten für Passivhaus-Komponenten wird die Wirtschaftlichkeit auch ohne Förderung möglich sein.





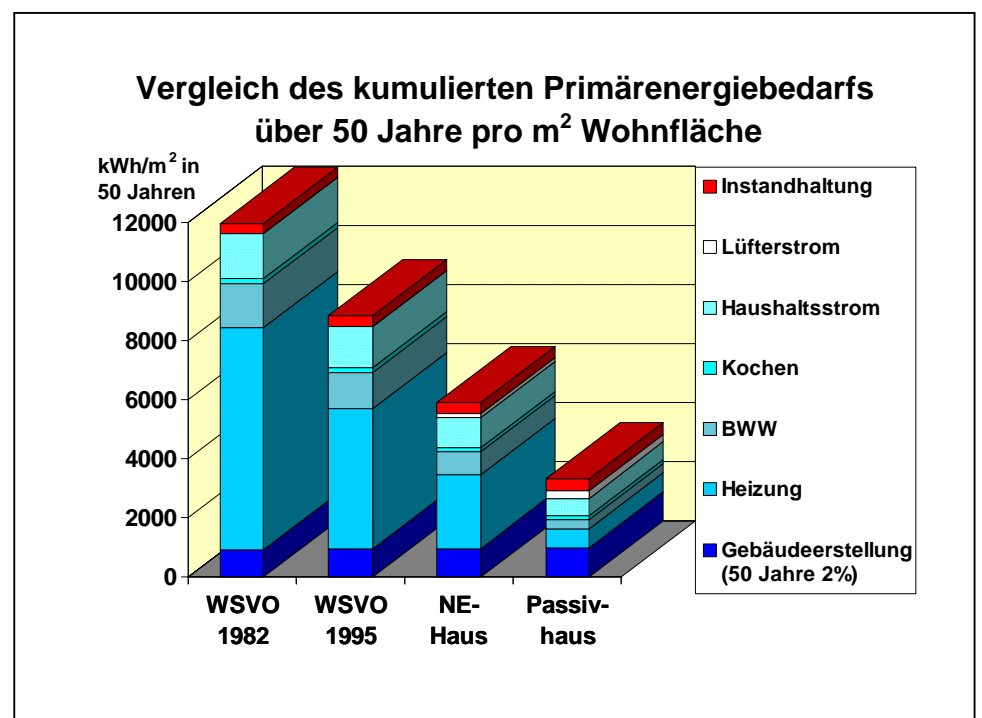
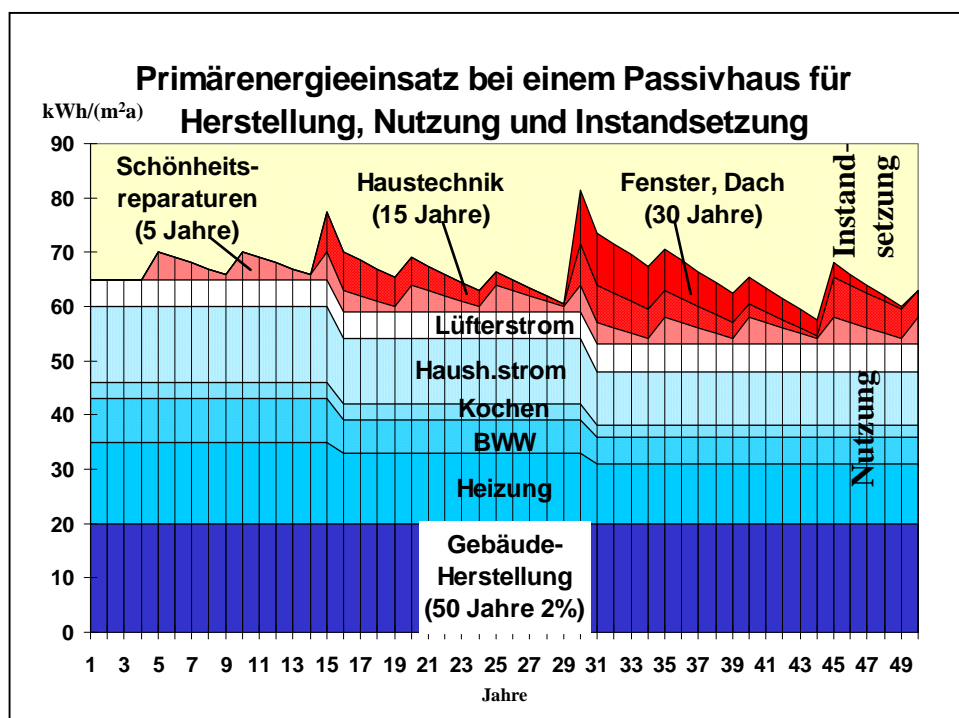
Die Materialien werden auf ihre Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit hinsichtlich ihrer Produktlinie überprüft:

1. Rohstoffgewinnung
2. Produktion
3. Verarbeitung
4. Nutzung
5. Verwertung.

Die Auswahl von verträglichen Baustoffen beginnt bereits bei der Vorplanung. Konstruktionen, die auf umweltschädigende Produkte angewiesen sind, müssen bereits im Vorfeld vermieden werden. Die ökologische Qualitätssicherung begleitet den gesamten Planungsprozeß bei Werkplanung, Ausschreibung, Vergabe und Bauausführung. Als Partner werden hierzu interdisziplinäre Fachleute von der LGA Bayern und Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) herangezogen.

Die Baustoffe werden auf ihre Inhaltsstoffe und das Emissionsverhalten hin überprüft. Langlebigkeit, geringer Wartungsaufwand und geringer Instandsetzungsaufwand sind Grundvoraussetzungen für nachhaltigen Materialeinsatz.

Darüber hinaus kann durch die Planung bereits bei der Gebäudeerstellung in hohem Maße Energie eingespart werden. Durch die Auswahl der Baustoffe und die Optimierung der Bauteile kann der Primärenergieinhalt reduziert werden. Obwohl nicht in Holzbauweise geplant, kommt unser Doppelhaus ohne Unterkellerung mit knapp über 100.000 kWh Primärenergieeinsatz aus. Der Mehraufwand gegenüber Niedrigenergiebauweise beträgt ca. 12%, der in der Gesamtbetrachtung über 50 Jahre jedoch deutlich aufgewogen wird.



Die Bauherrn erwerben die **Grundstücke** von der Stadt Nürnberg, so daß die Grunderwerbssteuer nicht doppelt gezahlt werden muß. Die **Planung** wird durch die Architektengemeinschaft Meyer & Schulze Darup erbracht, die auch für die Durchführung der technischen Abwicklung verantwortlich sind.

Weitere Planungsleistungen wie Statik und Haustechnikplanung werden entsprechend den Angaben in der Kostenschätzung durch separate Verträge vereinbart. Eine wissenschaftliche Betreuung soll durch die beteiligten Fachplaner in Zusammenarbeit mit EWAG und LGA durchgeführt werden. Die hierfür erforderlichen Kosten gehen nicht zu Lasten der Bauherrn.

Die **Verträge für die Bauleistungen** werden direkt zwischen den ausführenden Handwerksbetrieben und den Bauherrn abgeschlossen. Dadurch erhalten die Bauherrn ohne Zwischenschaltung eines Dritten oder Abschöpfen einer Gewinnmarge direkt die günstigen Konditionen des Handwerkers. Die Leistungen gemäß Kostenschätzung werden in Form von Pauschalverträgen mit den einzelnen Firmen vertragsmäßig vorbereitet.

Energetisch effizientes und umweltverträgliches Bauen wird in den nächsten Jahren zunehmend zum Standard werden. Durch diese Bauweise wird Wertbeständigkeit und Zukunftsfähigkeit garantiert. Sie verbindet Ökonomie und Ökologie in hervorragender Weise. Bei der dargestellten Wirtschaftlichkeit wurde die zu erwartende steigende Energiepreisentwicklung über die Lebenszeit des Gebäudes noch nicht eingerechnet.

Vor zehn Jahren befanden sich Niedrigenergiebauten in einer Modellphase wie heute Passivhäuser. Aufgrund der sinkenden Kosten für Energiesparkomponenten ist bereits jetzt abzusehen, daß in weiteren zehn Jahren Passivhäuser einen ebenso selbstverständlichen Baustandard darstellen werden wie heute die Niedrigenergiebauweise.

Weitere **Informationen** erhalten Sie bei:

Dr. Stefan Schützenmeier, LGA, 0911 655-5477

Winfried Ciolek, EnergieAgentur Mittelfranken, 0911 271-3250

Hans-Ulrich Fischer, EWAG, 0911 271-5063

Waltraud Feyrer, Arch. Stud. FH Nürnberg, 0911 289670

Burkhard Schulze Darup, Architekt, 0911 8325262