

Erfahrungsbericht über Planung, Bau und Betriebsverhalten eines Niedrigenergiehauses

# Einfach energiebewußter bauen



Abb. 1: Niedrigenergiehaus Ganderkesee

Foto: Röer

Das Niedrigenergiehaus (NEH) Ganderkesee ist seit fünf Jahren bewohnt und wird seitdem meßtechnisch begleitet. Im folgenden Artikel soll gezeigt werden, wie mittels energiebewußter Planung und Detailausführung – mit bauüblichen Methoden und geringen Mehrkosten – sehr niedrige Verbrauchswerte erzielt werden können.

Das Grundstück in Ganderkesee bot mit seiner Süd/West-Randlage und der damit verbundenen Verschattungsfreiheit nach Osten, Süden und Westen zwar gute Voraussetzungen für die geplanten aktiven und passiven Maßnahmen zur Sonnenenergienutzung. Die vom Bebauungsplan vorgegebene Nord-Südausrichtung des Firstes bedeutete jedoch eine erhebliche Einschränkung sowohl für eine sinnvolle Integration der Kollektoren und PV-Module, als auch für die Grundrißplanung.

## Wärmedämmung als wichtige Energiesparmaßnahme

Bei der Planung wurde der Schwerpunkt auf eine gegenüber der Wärmeschutzverordnung (WSVO '82) wesentlich verbesserte Wärmedämmung gelegt. Das tragende Mauerwerk besteht aus Kalksandstein. Der 15 cm breite Hohlraum zwischen der 17,5 cm dicken Außen- und der 11,5 cm dicken Innenwand ist als Kerndämmung mit Mineralwolle-Dämmplatten ausgefüllt.

Das gesamte tragende Mauerwerk – auch die Innenwände – steht auf einer 10 cm dicken Foamglasschicht. Damit konnte eine geschlossene Wärmedämmung im Übergangsbereich Wand/Boden gestaltet werden. Außer im gefliesten Bereich wurde auf Estrich verzichtet. Dafür

wurde ein Holzfußboden eingebaut, zwischen dessen Lagerhölzer eine Zelluloseflocken-Schüttdämmung (Isfloc) eingebracht wurde.

Beim Dachaufbau verlängerte man durch längs angenagelte Bohlen die aus statischen Gründen erforderliche Sparrenhöhe von 18 auf 30 cm. Damit konnte eine dickere Isfloc-Dämmschicht im Dachbereich verwirklicht werden.

Eine weitverbreitete konstruktive Wärmebrücke befindet sich üblicherweise im Übergang Dach/Giebelwand. Deshalb ist eine 10 cm dicke Hartschaumauflage auf die Giebelwand aufgebracht. Um keinen schlecht abzudichtenden Spalt zwischen der Giebelwand und dem ersten Sparren zu bekommen, wurde dieser mit einem Wandabstand von 10 cm angeordnet. Dadurch konnte auch hier eine Zellulosedämmung eingeblasen werden.

Die Abgrenzung der Pufferzonen Hauswirtschafts- und Schlafraum zu den normal beheizten Wohnräumen ist ebenfalls mit einer Wärmedämmung versehen.

## Angebot an Heizkessel ungeeignet für Niedrigenergiestandard

Paradoxerweise sind die größten Schwierigkeiten bei der Planung der Heizungsanlage für ein Niedrigenergiehaus im geringen Restwärmebedarf begründet. Die

handelsüblichen Aggregate und Systeme eignen sich besser für Häuser mit einem hohen Energieverbrauch. Das zum Zeitpunkt der Planung erhältliche Brennwertgerät mit der niedrigsten Wärmeleistung verfügte über eine Nennleistung von 17 kW. Die Abgabeleistung dieses Geräts liegt auch bei einem gleitenden Betrieb herunter auf 7 kW noch um 50 % über der erforderlichen maximalen Heizleistung von 4,6 kW. Deshalb taktet der Brenner selbst bei einer Außentemperatur von  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Bei der Festlegung der Vorlauftemperatur galt es, einen Kompromiß zwischen möglichst niedriger Vorlauftemperatur (bessere Regelbarkeit, höherer Nutzungsgrad von passiven Gewinnen, geringere Luftbewegung und damit angenehmeres Raumklima mit weniger Staubaufwirbelung) und möglichst geringer Heizkörperfläche (geringere Kosten, weniger Platzbedarf) zu finden. Schließlich wurde eine mittlere Heizmitteltemperatur von  $45^{\circ}\text{C}$  (Vorlauf  $50^{\circ}\text{C}$ , Rücklauf  $40^{\circ}\text{C}$ ) gewählt. Daraus resultierte eine gegenüber Heizmitteltemperaturen von  $80^{\circ}\text{C}$  etwa dreimal größere Heizkörperfläche. Sie ist aber kleiner als bei einem Haus nach WSVO mit Vor- und Rücklauftemperaturen von  $90^{\circ}\text{C}$  bzw.  $70^{\circ}\text{C}$ .

Aufgrund der höheren inneren Oberflächentemperatur der Wärmeschutzverglasung war es zur Vermeidung des „Strahlungszugs“ nicht wie bei üblichen Isolierverglasungen erforderlich, die Heizkörper jeweils unter den Fenstern anzuordnen. Dadurch und durch das Weglassen von Heizkörpern in den Pufferräumen (Hauswirtschaftsraum, Windfang, Diele, Flur), ließ sich die erforderliche Verrohrungslänge für die Heizwasserverteilung deutlich verringern.

## NEH Ganderkesee: Die wichtigsten Daten

Wohn-/Nutzfläche nach DIN 283:	247 m <sup>2</sup>
k-Wert Wand:	0,23 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert Boden:	0,28 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert Dach:	0,15 W/m <sup>2</sup> K
k-Wert Fenster (Glas):	1,3 W/m <sup>2</sup> K
Sonnenkollektoranlage:	7,5 m <sup>2</sup> , Speicher 500 l
Photovoltaikanlage:	1,35 kW <sub>p</sub>
Regenwasseranlage:	10 m <sup>3</sup> Zisterne
Brennwertkessel:	7 bis 17 kW (gleitender Betrieb)
spez. Nettoheizenergieverbrauch	42,3 kWh/m <sup>2</sup> a
durchschnittl. Stromverbrauch:	2.224 kWh/a
Ertrag der PV-Anlage:	870 kWh/a

**Wichtig für die Energiebilanz: Strom sparen**

Für die gesamtenergetische Bewertung von Gebäuden ist der Heizenergieverbrauch zwar eine bedeutende Größe, erfaßt aber bezüglich der CO<sub>2</sub>-Problematik nur einen Teilaspekt. Speziell bei NEH mit mechanischer Be- und Entlüftung erfordern die Ventilatoren oftmals einen erheblichen Stromverbrauch, der bezüglich des Primärenergieeinsatzes mit dem Faktor 3 zu bewerten ist.

Aus der Gegenüberstellung in Abb. 2 wird der starke Einfluß des Stromverbrauchs auf den Primärenergieverbrauch deutlich. Neben dem Wärmeschutz besteht also auch bei Stromsparmaßnahmen die Möglichkeit einer effektiven Verringerung des Primärenergieverbrauches – denn jede eingesparte „elektrische“ kWh spart drei kWh Primärenergie.

Der relativ niedrige Stromverbrauch des NEH Ganderkesee (2.224 kWh/a minus 870 kWh/a selbsterzeugtem Solarstrom) kommt durch folgende Maßnahmen zustande:

- Solare Warmwasserbereitung, Nachheizung mit Gas
- Kochen und Backen mit Gas
- Einsatz von Energiesparlampen
- Verwendung stromsparender Haushaltsgeräte
- Vermeidung von Standby-Betrieb bei elektrischen Geräten

**Energieeinsparung durch massive Bauweise**

Das NEH Ganderkesee zeichnet sich durch eine große Speichermasse aus, deren erste Auswirkung zunächst Bedenken an der Heizungsauslegung aufkommen ließ. Denn nach Inbetriebnahme der Heizung im November 1991 dauerte es

mehrere Tage bis eine Raumtemperatur von 20° erreicht wurde.

Außer dieser ersten Erfahrung wurden keine weiteren Nachteile durch die schwere Bauart festgestellt. Im Gegenteil: Die große Speicherfähigkeit erwies sich als angenehm für das Raumklima und wichtige Voraussetzung für einen niedrigen Primärenergieverbrauch.

- Schwankungen der Heizenergiegewinne aus Sonneneinstrahlung und internen Gewinnen führen nicht zu unangenehmen Überhitzungen, die weggelüftet werden müssen, sondern gehen mit hohem Nutzungsgrad positiv in die Wärmebilanz ein.
- Schlechtwetterperioden im Sommer können ohne Heizung überbrückt werden.
- Kurzzeitig hohe Außentemperaturen wirken sich nicht nennenswert aus. (Während der bisherigen Beobachtungszeit betrug die maximale Außentemperatur 35 °C, die maximale Innentemperatur dagegen lag während dieser Hitzeperiode bei 25 °C).
- Während der Nacht kann die Heizung ausgeschaltet werden, ohne daß eine nennenswerte Abkühlung erfolgt.

Die mittlere nächtliche Abkühlung während der Heizperiode liegt bei etwa 1 K. Der größte Wert wurde bei einer mittleren Außentemperatur von -9 °C mit 2,1 K gemessen. Durch die nächtliche Abschaltung der Heizung wird ein erheblicher Teil an Hilfsenergie für Umwälzpumpen und den Abgasventilator eingespart. Bei einer elektrischen Leistungsaufnahme der Heizungsanlage von 170 W, einer nächtlichen Abschaltung von acht Stunden, einer Heizperiode von 270 Tagen und einer Einschaltdauer von 50 % errechnet sich die jährliche Strom-

Jahr	Nettoheizenergieverbrauch [kWh/a]	spez. Nettoheizenergieverbrauch [kWh/m²a]
1992	9.793	39,6
1993	11.303	45,8
1994	10.244	41,5
1995	10.123	41,0
1996	10.804	43,7

Tab. 1: Nettoheizenergieverbräuche des NEH Ganderkesee der Jahre 1992 bis 1996

einsparung zu 184 kWh. Das sind immerhin 13,6 % des durchschnittlichen Stromverbrauchs.

In der Literatur wird meist die Heizenergieeinsparung durch eine schwere Bauweise verneint. Lediglich bei der Berechnung des Wärmebedarfs nach DIN 4701 wird eine Anhebung der Normalaußentemperatur in Abhängigkeit von der Schwere der Bauart vorgenommen. Im NEH Ganderkesee stellt man neben der oben erwähnten Einsparung an elektrischer Energie eine weitere Einsparung durch die hohe Speicherfähigkeit des Gebäudes fest.

Die Aussage, daß eine schwere Bauweise keinen Einfluß auf den Jahreswärmeverbrauch hat, beruht auf der Überlegung, daß die Energie, die aus der Abkühlung gezogen werden kann, gleich der erforderlichen Aufheizenergie ist. Das ist im Prinzip richtig. Allerdings nur für konventionelle Heizungsanlagen während der Heizperiode.

Wird die Aufheizung dagegen von der Sonne übernommen, treten vor allem während der Übergangszeit Einsparungen auf. Dann nämlich, wenn die Gebäudemasse vor einer kälteren Periode um einige Grad über 20 °C aufgeheizt war. Durch die hohe Speicherfähigkeit des NEH muß die Heizung erst einige Tage später angeschaltet werden als bei einem Haus mit vergleichbarem Dämmstandard, aber leichter Bauweise.

Der Energiegewinn aus der schweren Bauweise kann auf 450 kWh/a abgeschätzt werden. Zusammen mit der Strom-einsparung von 184 kWh/a ergibt sich damit eine Primärenergieeinsparung von insgesamt etwa 1.000 kWh/a – entsprechend 5 % des jährlichen Primärenergieverbrauches.

**Lüftung: Ja oder Nein?**

In der Literatur zu NEH wie auch in der neuen WSVO wird im allgemeinen von einer mechanischen Be- und Entlüftung ausgegangen, meistens mit einer Wärmerückgewinnung (WRG). In der Planung des NEH Ganderkesee verzichtete man wegen des großen Aufwandes einer raumweisen Verrohrung darauf. Aber auch nach fünf Heizperioden wurde kei-

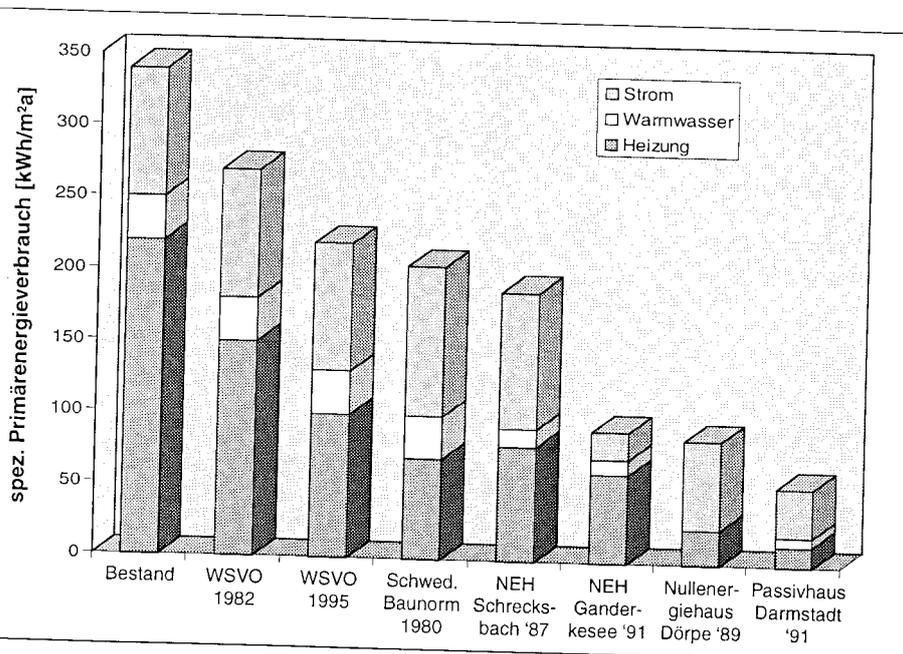


Abb. 2: Spezifischer Primärenergieverbrauch im Einfamilienhausbereich

ne zwingende Notwendigkeit für eine mechanische Lüftungsanlage deutlich.

Zwar ist eine getrennte Erfassung des Nettoheizenergieverbrauches in Lüftungs- und Transmissionswärmebedarf mit der vorhandenen Meßtechnik nicht möglich. Mit dem durchschnittlich gemessenen Heizenergieverbrauch von 10.577 kWh und dem errechneten Transmissionswärmeverbrauch von etwa 14.100 kWh dürfte der Lüftungsenergieverbrauch aber bei etwa 4.600 kWh/a liegen. Hieraus errechnet sich mit der Grad-tagszahl von Bremen (3.703 Kd/a) und dem vorhandenen Raumluftvolumen von 651 m<sup>3</sup> eine Luftwechselrate von 0,22 l/h. Das entspricht einem Volumenstrom von 143 m<sup>3</sup>/h, der damit der bedarfsgerechten Lüftung von 25 m<sup>3</sup>/h/Person recht nahe kommt.

Gegen Fensterlüftung spricht allerdings die schlechte Anpassung an den tatsächlichen Bedarf. Es besteht die Gefahr von Feuchteschäden (bei zu wenig Lüftung) bzw. eines zu hohen Lüftungsenergieverbrauchs (bei zuviel Lüftung).

Eine große Unsicherheit besteht auch bezüglich des erforderlichen Lüftungsenergieanteils durch Gebäudeundichtigkeiten. Je nach klimatischen Gegebenheiten können hierdurch erhebliche Luftwechsel entstehen. Die diesbezüglichen Beobachtungen beim NEH Ganderkesee sind positiv. Die Gebäudedichtigkeit scheint gerade den richtigen Wert zu haben. So wurde während einer mehrere Tage dauernden Kälteperiode Anfang 1996 (-6 bis -10 °C) bei starkem Wind, ohne die Fenster zu öffnen, eine gleichbleibende relative Luftfeuchtigkeit von ca. 60 % gemessen. Ansonsten ist bei durchschnittlichen Wetterlagen und geschlossenen Fenstern ein langsamer Anstieg der Luftfeuchtigkeit zu verzeichnen.

Die erwähnten Undichtigkeiten rühren ausschließlich von den Spalten zwischen den Blendrahmen und Fensterflügeln her. Weitere Undichtigkeiten speziell im Dachbereich wurden durch sorgfältige

Verlegung der Winddichtung (Dampfbremse, BI-Papier) vermieden.

Um gegenüber dem zwar grob abgeschätzten aber realistischen Lüftungsenergieverbrauch von fast 4.600 kWh/a mit Hilfe einer mechanischen Lüftungsanlage mit WRG bei gleicher Luftwechselzahl einen Vorteil – bezogen auf den Primärenergieverbrauch – erzielen zu können, darf eine solche Anlage einen Stromverbrauch von höchstens 914 kWh/a haben. Unter Berücksichtigung der Herstellungenergie, der Kosten, der Planungseinschränkung durch Verlegung großvolumiger Röhre, möglicher Lüftergeräusche, des Wartungsaufwands muß dieser Wert sogar deutlich reduziert werden, damit ein ausreichender Anreiz besteht, solch eine Anlage einzubauen.

Ausgeführte Anlagen haben zum Teil erheblich höhere Stromverbräuche (Niedrigenergiehäuser Heidenheim: 1.800 kWh/a /1/). Mit großem technischen Aufwand (Erdwärmetauscher, Gegenstromwärmetauscher, CO<sub>2</sub>-Regelung, elektronisch kommutierte Gleichstromventilatoren) ist auch ein niedrigerer Verbrauch von 444 kWh/a möglich /2/.

### Wirkung der Pufferzonen

Während der Heizperiode stellt sich im NEH Ganderkesee eine recht gleichmäßige Temperaturverteilung ein. Eine Teilbeheizung, beispielsweise der Schlafräume, ist nur eingeschränkt möglich, da bei den Innenwänden aus Kalksandstein der k-Wert um den Faktor 10 oberhalb der Außenwände liegt. Deshalb wird der Schlafraum auch bei abgestelltem Heizkörper und bei einer Außentemperatur von -10 °C durch die umliegenden, 20 °C warmen Räume immer noch auf 16 °C temperiert.

Die Zusatzdämmung der Innenwände des Hauswirtschaftraums und des Windfangs zeigt ebenso die gewünschte Wirkung. So wurde bei einer Außentemperatur von -10 °C Raumtemperaturen von 11 °C gemessen. Um den Einspareffekt durch nutzungsangepaßte Teilbeheizung zu erhöhen, wäre eine bessere Dämmung der Innenwände und der Geschoßdecke notwendig.

Es ist allerdings zu beachten, daß als Folge der normalen Nutzungsabläufe im Inneren, sowie durch Undichtigkeiten der Konstruktion, die Luft der warmen Kernzone in die Pufferzone gelangen kann. Dort kann es dann an den inneren Oberflächen zu Tauwasserproblemen kommen.

Dieser Effekt tritt vor allem im Windfang auf, wo sich während kalter Perioden an den Scheiben und auf dem gefliesten Boden im Bereich der Haustürschwelle Kondensat bildet. Im Bodenbe-

reich konnte dieses Problem gelöst werden, nachdem eine Wärmebrücke festgestellt und behoben wurde. Für die Haustürverglasung ist noch keine praktikable Lösung gefunden.

### Rechnet sich das?

Die ökonomische Amortisation bezeichnet die erforderliche Zeitdauer, bis der finanzielle Mehraufwand für die Energie-sparmaßnahmen über die eingesparten Energiekosten ausgeglichen ist. Entsprechend beziffert die energetische Amortisation die Zeitspanne, die für den Ausgleich des Primärenergieaufwands bestimmter Energiesparmaßnahmen (z. B. bessere Wärmedämmung) über die bei der Nutzung eingesparte Primärenergie erforderlich ist.

Mit dieser vereinfachten Betrachtungsweise liegt die energetische Amortisation für das NEH Ganderkesee bei etwa 0,17 Jahren. In der Literatur hierzu angegebene Werte streuen sehr stark. Das liegt an der Komplexität der erforderlichen ganzheitlichen, primärenergiebezogenen Bewertung des gesamten Prozesses von der Rohstoffgewinnung bis zur Entsorgung. Unbestritten ist dagegen die sehr kurze energetische Amortisationszeit von Dämmstoffen allgemein.

Die Ergebnisse für die ökonomische Amortisation sehen weniger günstig aus. Bei Mehrkosten für die Wärmedämmung von ca. 25.000 DM und jährlichen eingesparten Energiekosten von etwa 1.200 DM liegt sie bei etwa 21 Jahren. Solche Zeitspannen werden nach herkömmlichen Bewertungskriterien als Amortisationszeiten nicht akzeptiert. Berücksichtigt man dagegen die lange Nutzungsdauer der Dämmung (etwa 50 Jahre) sind die angegebenen Maßnahmen aus betriebswirtschaftlicher Sicht sinnvoll und aus sozialer, volkswirtschaftlicher und ökologischer Sicht von großer Bedeutung. Sie sollten aus diesem Grunde gezielt staatlich gefördert werden.

Es ist außerdem zu wünschen, daß wir bald zu „ehrlichen“ Energiepreisen kommen. Dann wird auch ohne Förderung und Idealismus das Niedrigenergiehaus zum Normalstandard bzw. zum Passivhausstandard weiterentwickelt werden.

Joachim Röer

### Literatur

- /1/ BINE Fachinformationszentrum Karlsruhe: Niedrigenergiehäuser Heidenheim, Bonn 1993.  
/2/ Wolfgang Feist: Das Haus ohne Heizung ist keine Utopie, VDI Nachrichten, 17.11.1995.

Über den Autor:

Dipl.-Ing. Joachim Röer ist Energieberater. Für das NEH Ganderkesee plante er die Gebäudetechnik.

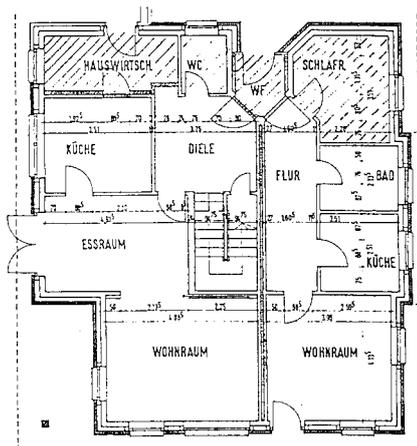


Abb. 3: Grundriß EG mit Pufferzonen