

# Passivhaus<sup>+</sup>

Kompodium 2016

Die Effizienzhaus-Meister

**IDEEN** Projekte & Konzepte

**IDEALE** Fakten & Standpunkte

**IDOLE** Macher & Experten

Alle Rechte an diesem e-Magazine bei

€ A 8,90 €  
B/LUX 9 € CH

## EIN HAUS VOLLER IDEEN

Wenn ein Passivhauspezialist in eigener Sache baut

Andreas Nordhoff ist in der Passivhauszene bekannt wie ein bunter Hund. Mit seinem Kölner Büro IBN – Institut für Bauen und Nachhaltigkeit hat er schon eine Vielzahl von Passivhausprojekten als Consultant begleitet, unzählige Passivhausplaner aus- und fortgebildet und nicht zuletzt das Passivhaus Kompendium als wissenschaftlicher Berater unterstützt.

Jetzt hat Andreas Nordhoff für sein eigenes Büro, für ein paar Mieter und, um selbst darin zu wohnen, im Kölner Norden ein Passivhaus gebaut. Dabei greift der Begriff Passivhaus zu kurz; Nordhoff selbst spricht vom „ersten Kölner Plusenergiehaus aus nachhaltigen Baustoffen“, aber auch das ist nur die halbe Wahrheit. Eher schon ist ihm die eierlegende Wollmilchsau in Form eines Hauses geglückt.



Andreas Nordhoff: Auf die vielen Innovationen in und an seinem Gebäude ist der Passivhausexperte durchaus stolz. Zu Recht!

Von Anfang an wollte der Passivhauspezialist ein Gebäude realisieren, das alles vereint, was ihm selbst wichtig, richtig und nachhaltig erschien. Die Wunschliste war lang, folgende Attribute sollte das Haus haben:

- Passivhaus
- Sonnenhaus
- Wärmepumpe mit COP 10
- 1800 m<sup>3</sup> Lehm Boden als Saisonalwärmespeicher
- Mehrgenerationenwohnen unter einem Dach in vier Wohneinheiten
- barrierefrei und schwellenlos nach DIN 18040
- Betonkerntemperierung und Naturkühlung durch Erdreich
- Luftdichtheitsmessung mit  $n_{50} < 0,3 \text{ h}^{-1}$
- 150 m<sup>2</sup> Glasfläche ohne Überhitzung
- KNX-Vernetzung – soweit sinnvoll
- Photovoltaik und Elektromobilität
- Hybridbauweise: Erdgeschoss massiv, Obergeschoss in Holz
- möglichst umweltfreundliche Dämmstoffe
- Spitzboden statt Keller
- Baukosten KG 300 und 400 für unter 1500 Euro netto je m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche
- und nicht zuletzt: eine ansprechende Architektur.

Die „eierlegende Wollmilchsau“ wurde selbst für den Entwickler und Kenner der Materie eine Herausforderung, zudem der Leiter des IBN auch noch auf Nachhaltigkeit großen Wert legt. Nordhoff setzte viele Ideen um und fand für manches Problem eine kreative Lösung bzw. das bestmögliche Produkt. Alles in allem ist das Gebäude eine Sammlung von Pfiffigkeiten, von denen die wichtigsten hier beschrieben werden sollen.

### Wärmebrückenfreies Erdgeschoss

Die kontrovers diskutierten Bautypen Holz und Stein ließen sich wunderbar verbinden. Für das kellerlose Gebäude erschien es sinnvoll, die erdberührten Bauteile aus Stein zu errichten. Der Standort in Erdbebenzone 1 erfordert bei Porenbeton die Festigkeitsklasse P4. Die nachhaltigste, rein mineralische Lösung ohne Schaumdämmstoffe bestand in 20 cm Ytong P4 mit  $\lambda = 0,12$  und zusätzlich 28 cm Multipor mit  $\lambda = 0,045$ . Gedämmt wurde auf der Bodenplatte mit 18 cm Cellulose ( $\lambda = 0,040$ ). Die Wohnungstrennwände, welche ebenfalls auf der Betonbodenplatte stehen, wurden aus 24 cm Kalksandstein errichtet. Der besonders schwere Stein mit einer Rohdichte von 2,6 t/m<sup>3</sup> ermöglicht bei der recht schlanken Bauweise – unter Verzicht auf die aufwendige zweischalige Bauweise – den erhöhten Luftschallschutz nach DIN 4109.

Durch den natürlichen Lehmsaisonalpeicher unter der Bodenplatte, welcher durch solare Überschusswärme auf 22 °C (bis 16 °C am Ende des Winters) erwärmt wird, können die auf der Bodenplatte stehenden KS-Wände kaum Wärme verlieren; die Wärmebrücken „sterben“ mangels Temperaturdifferenz. Im Bereich der Erdgeschoss-Fensterbrüstungen wurde der 48-cm-Ytongstein mit  $\lambda = 0,07$  gewählt. Im Ergebnis gibt es keine Einbauwärmebrücken, eine einfache Rahmenbefestigung, keine aufwendige Zweischaligkeit – und auch dies wieder rein mineralisch.

### Treppenhaus als Herausforderung

Das Holzhaus sollte ursprünglich auf die Erdgeschossdecke gestellt werden, doch musste ob des innen liegenden Treppenhauses und der in Nordrhein-Westfalen geltenden F90-Feuerwiderstandsanforderung an Treppenhauswände das Treppenhaus im Obergeschoss dann doch massiv errichtet werden. Im Nachhinein sind dies zusätzliche Speichermassen, die sinnvolle thermische Puffer darstellen. Die Treppenhauswände sind bis Unterkante Dachhaut (und damit meint die Landesbauordnung bis unter die Pfanne!) in F90 AB ausgeführt. Das Treppenhausdach hingegen darf scheinbar brennen. Eine wenig sinnvolle Regelung, die noch auf den Erfahrungen des 2. Weltkriegs basiert: Wenn bei einem Bombenangriff das Haus abgebrannt ist, ermöglichen zumindest die stehengebliebenen Treppenhäuser wieder den schnellen Aufbau eines Gebäudes ...

Problematisch für das IBN-Haus war auch die Schallschutzforderung für Wohnungstrennwände in Kombination mit den Brandschutzanforderungen. Schallschutz erfordert schwere Steine, die naturgegeben keine Wärmedämmung darstellen. Die Idee, die letzten 40 cm unter der Dachhaut mit Mineralwolle



Das neue Gebäude der Passivhausexperten von IBN im November 2015

zu dämmen, um dem Brandschutz gerecht zu werden ( $> 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$  beständig), funktionierte nicht, da die Mineralwolle nicht den notwendigen Schallschutz bietet. Die Lösung fand Andreas Nordhoff in Porenbeton mit  $\lambda = 0,07$ . Dieser bietet den gewünschten Wärmeschutz und im Dachaufbau auch den Schallschutz und löst nebenbei die Taupunktunterschreitung. Eine Herausforderung für die Bauausführenden liegt dann lediglich noch in der sauberen Abdichtung zur Gewährleistung der Luftdichtheit.

### Obergeschoss aus Holz

Vom Treppenhaus abgesehen wurde das komplette Obergeschoss aus Holz gefertigt, mit CAD geplant, mit CAM gefertigt. Auch die Innenwände wurden aus Holz hergestellt, jedoch wurde eine Seite zu Installationszwecken offen gelassen. Bei der Verankerung des Schwellholzes musste darauf geachtet werden, dass die 100 m REHAU-VPXa-Rohrschlangen, die in die 22 cm starke Deckenplatte eingegossen wurden, nicht getroffen wurde. Dabei ging es weniger um die Ankerbolzen als vielmehr um die Bohrtiefe. Da die Planung der Rohrschlange naturgegeben von der Ausführung abweicht, wurde ein photometrisches Aufmaß angefertigt, sodass die Bohrlöcher des Schwellholzes angepasst werden konnten.

Warum aber entschied sich Nordhoff gegen FJI-Träger? Zwei Gauben mit Flachdach, eine Terrasse sowie eine Schlepptgaube mit Fassadenrücksprung hätten bei FJI-Trägern einerseits hohe Konstruktionsaufwendungen erfordert – andererseits ist die mit Cellulose von Isocell ( $\lambda = 0,040$ ) gedämmte Vollholzkonstruktion 6/28 cm mit 81,5-cm-Raster im Dach und 30 mm Steico-Universal ( $\lambda = 0,040$ ) außen und 60 mm Superglas-Mineralwolle  $\lambda = 0,035$  auf der Innenseite dann auch wärmebrückenfrei.

### Fenster mit variablen Gläsern

Eines der wichtigsten Bauteile in jedem Passivhaus ist das Fenster, das gilt auch für das neue Gebäude von IBN! Entschieden hat sich Andreas Nordhoff für das VADB von Hilzinger, das 2014 den Passivhaus Award für das weltbeste Fenster gewann. Durch seine schlanke Bauweise mit 7,5 cm Ansichtsbreite und seinen sehr guten  $U_f$ -Werten zwischen 0,56 und 0,9  $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$  (Stahlinnenkern) wurden mehrere Fliegen mit einer Klappe geschlagen:

- geringe Rahmenbreite = geringer Rahmenanteil = geringer Wärmeverlust
- geringer Rahmenanteil = großer Glasanteil = hohe Strahlungsgewinne und hohe Tageslichtnutzung
- geringer U-Wert = geringer Wärmeverlust.

Das VADB weist außerdem eine sehr gute Luftdichtheit auf. Auf dem Prüfstand wurde die Klasse 4 der DIN EN 12207 um 70 % unterschritten. Dieser Wert half nicht nur, das Ziel eines BlowerDoor-Werts von unter  $0,3\text{ h}^{-1}$  zu erreichen, sondern beschert den Bewohnern auch einen hohen Schallschutz. VADB weist mit RC 3 eine hohe Einbruchsicherheit auf.

Die Gläser sollten folgende Anforderungen erfüllen:

- hohe Energie- und Lichtdurchlässigkeit ( $g > 0,6$  und Tau-Wert  $> 0,7$ )
- geringe Wärmeverluste ( $U_g < 0,53\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ )
- Wirtschaftlichkeit, d. h. unter 50 Euro/ $\text{m}^2$  brutto
- warme Kante
- maximal 48 mm Gesamtdicke
- Argonfüllung.

Bei raumhoher Verglasung (2,6 m Raumhöhe) und einer unverschatteten Süd-Südwest-Seite konnten – bis auf wenige Ausnahmen – folgende Gläser der Firma Fandel eingesetzt werden:

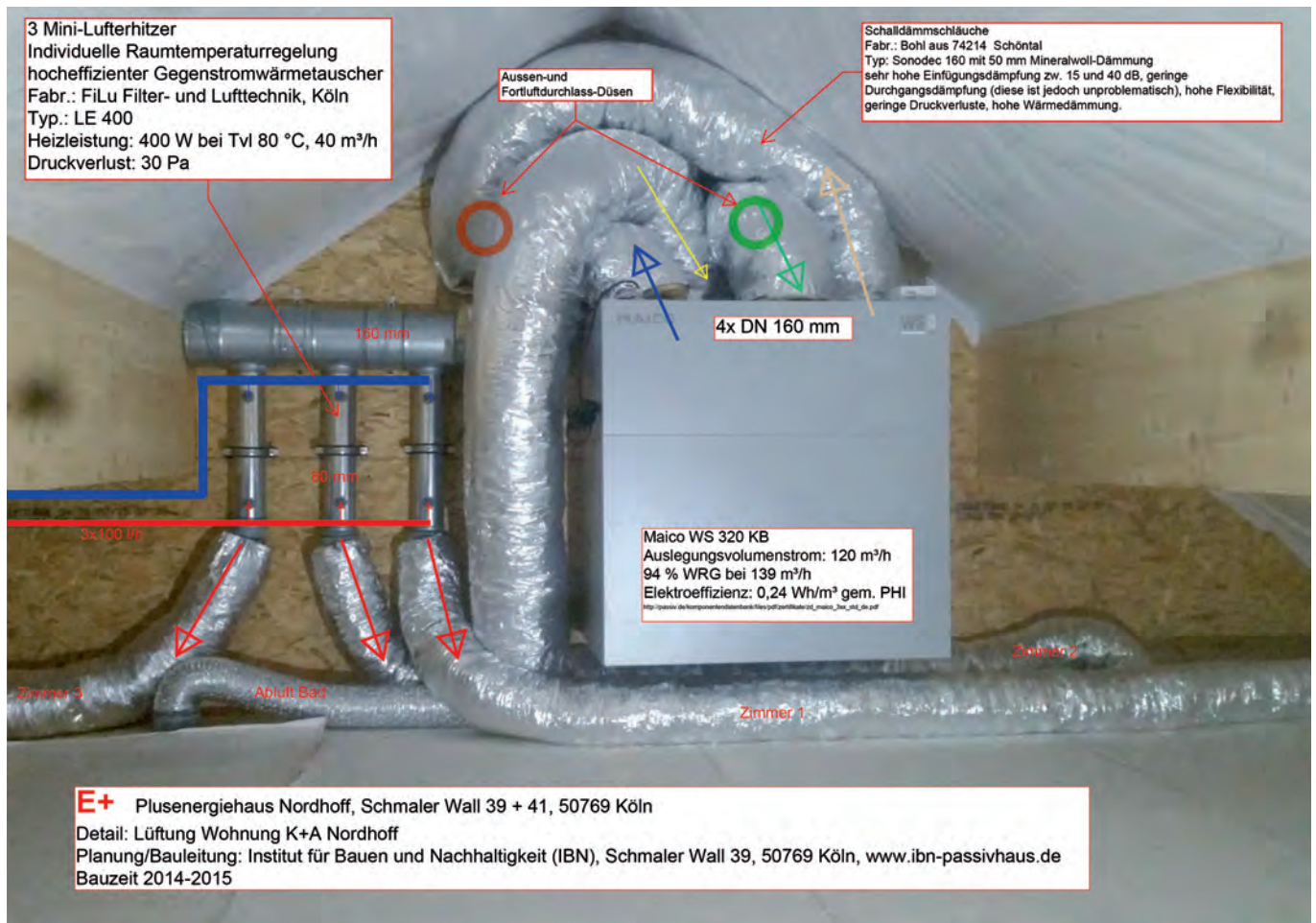
- sonnenreiche Seiten:  $g = 0,63$ ;  $U_g = 0,64\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- sonnenarme Seiten:  $g = 0,53$ ;  $U_g = 0,53\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Bis 2,5 m Glashöhe können in vielen Regionen Deutschlands 4 mm schlanke Glasstärken verwendet werden. Dafür hat sich auch Nordhoff entschieden, denn jeder Millimeter weniger an Glasstärke bringt Vorteile:

- Erhöhung des Scheibenzwischenraums und damit der Gasfüllung und in Folge Reduzierung des U-Werts
- geringeres Gewicht und damit geringere Probleme und niedrigere Kosten beim Einbau
- höherer g-Wert und damit höhere Strahlungsgewinne.

### Highlight Wärmekonzept

Das Energiekonzept im neuen Kölner IBN-Plusenergiehaus ist beeindruckend: Die Wärmepumpenlösung überzeugt mit COP 10. Herzstück ist eine große solarthermische Anlage, die einen Pufferspeicher füllt. Überschüssige Wärme wärmt im Sommerhalbjahr über Rohrschlangen das Erdreich unterhalb des Hauses auf. Alternativ kann auch der Betonkern der Bodenplatte oder der Geschossdecke aktiviert werden, etwa dann, wenn an sonnenintensiven Wintertagen der Pufferspeicher bereits erwärmt ist. Im Winter wird aus dem Wärmesee unter der Bodenplatte über das Rohrsystem Wasser zu einer Wärmepumpe geführt, die dann Warmwasser zu Heizzwecken produziert und dieses in die Betondecke einbringt. Das Medium für die Wärmepumpe hat rund  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , zum Heizen in der Decke werden



rund 24 °C benötigt; somit braucht die Wärmepumpe nur einen geringen Temperaturhub von 4 K zu leisten. Tatsächlich liegt das Verhältnis der eingebrachten Wärme zur benötigten elektrischen Energie dann bei etwa Faktor 10. Die Details erläutert sehr anschaulich ein empfehlenswerter Film: auf [www.youtube.de](http://www.youtube.de) suchen nach „IBNPassivhaus“. Entwickelt und geplant wurde das Wärmekonzept in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro EUKON (siehe Artikel Seite 150f.).

### Passivhaus und Sonnenhaus

Zwei verschiedene Energiekonzepte unter einem Dach? Das Passivhaus wäre Andreas Nordhoff auch ohne Photovoltaik und Solarkollektoren gelungen. Doch erschien es ihm sinnvoll, den Bedarf an Strom (ca. 10 000 kWh/a) sowie an Restheizung und Warmwasser (ebenfalls ca. 10 000 kWh/a) selbst zu produzieren. Eine 10-kW-PV-Anlage und 43 m² Vakuumröhren wurden dafür verbaut. Die Röhrenkollektoren bieten gegenüber den Flachkollektoren den Vorteil, dass bereits seitlich eintreffende Sonnenstrahlung genutzt wird, die sonnenreichen Wintertage gute Erträge liefern und natürlich die Kollektortemperaturverluste dank Vakuum minimal sind. Die Überschussproduktion von ca. 20 000 kWh/a erwärmt die 4 m mächtige Lehmschicht unter dem Gebäude und bildet einen sehr großen Saisonalpeicher auf niedriger Temperatur (18-25 °C). Die Wärmeverluste der Bodenplatte an das Erdreich sind dadurch so gering, dass im Winter immer noch 22-16 °C (November bis März) warmes Erdreich vorhanden ist, welches als Wärmequelle der Wärmepumpe zur Verfügung steht.

Dank Paradigma-Aquasystem fließt durch die 43 m² Vakuumröhren reines Wasser. Es wird im gesamten System kein Glykol

verwendet, mit den Vorteilen einer geringeren Pumpenleistung, keinem Temperaturverlust durch den Wärmetauscher und einer besseren Wärmetransportleistung. Das Einfrieren der Anlage im Winter wird durch minimale Zwangserwärmung der Röhren mit Erdreichwärme verhindert. Die Verluste sind im Standort Köln bei weitem geringer als der Mehrertrag.

### Lüftungskonzept

In den zwei kleinen Wohnungen dient jeweils ein freeAir 100 (WBG 87 %) von bluMartin der bedarfsabhängigen Lüftung. Durch die Temperatur- und Feuchtesteuering rechnet Andreas Nordhoff bei der 1- bis 2-Personen-Nutzung je Wohneinheit mit einem mittleren Luftwechsel von nur 0,15 h<sup>-1</sup>. Eine der anderen Einheiten wird durch ein Gerät von Maico WS 320 mit einem Wärmebereitstellungsgrad von 93 % versorgt. Auf einen Erdwärmetauscher wurde bewusst verzichtet, da Köln einerseits nur wenige Stunden im Jahr den Frostschutz fordert und andererseits die sommerliche Vorkühlung durch die Betondecke gegeben ist. Minilufttherhitzer der Firma FiLu Filter- und Lufttechnik sichern die Möglichkeit der individuellen raumweisen Nacherhitzung.

### Kosten

Tatsächlich gelang es Andreas Nordhoff, für sein neues Gebäude den ambitionierten Kostenrahmen einzuhalten: Mit unter 1500 Euro/m² inkl. MwSt. für die Kostengruppen 300 und 400 liegen die Erstellungskosten bei hochwertiger Ausstattung, barrierefreien Grundrissen, Solarthermie und Photovoltaik, Einzelraumregelung und gehobenem Schallschutz für ein Passivsolarhaus in einem durchaus günstigen Bereich.