

Jahrhundertwende-Altbau im EnerPHit-Standard Einfache Wege zur Luftdichtheit und Hindernisse

Friedemann Stelzer

*Energiebuendel – Unabhängiges Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Friedemann Stelzer
72764 Reutlingen, Deutschland*

ABSTRACT

Praxisbericht der energetischen Modernisierung eines Gründerzeit-Mehrfamilienhauses in Holzbauweise. Dabei wurde der Passivhaus-Standard im Altbau angestrebt (EnerPHit). Vorstellung des Projektes in Bildern mit Überblick, Planung von Details und Bericht von interessanten Erfahrungen.

Die Luftdichtungsebene wurde außen auf der alten Außenhülle ausgeführt. Die Fenster wurden mit vorkomprimierten Dichtbändern in vorgefertigten Holz-Fensterkästen eingebaut, die jeweils in sich und mit Folien auf den Außenputz gedichtet wurden. Auf die alten Sparren wurden OSB-Platten als Dichtheitsebene ausgeführt. Die Dämmung der Gefache erfolgte mit Zellulose.

Die Messergebnisse der Luftdichtheit haben folgendes gezeigt:

- 1.) Die Modernisierung auf sehr gute Energiestandards mit hoher Luftdichtheit auch von sehr alten Gebäuden bei Dämmung von außen ist gut möglich. Das Ergebnis ist $n_{50} = 0,75$ 1/h
- 2.) Ohne die Abklebung der alten, vorläufig erhaltenen Eingangstüren ergibt sich ein Wert von $n_{50} = 1,1$ 1/h.
- 3.) Die vorkomprimierten Fenster-Dichtungsbänder sind nicht dicht. Die Luftströmungen sind zwar sehr gering, aber Rauch geht durch die Bänder hindurch. Auch die Auswahl der Bänder durch ungleichmäßige Fugenbreiten ist praktisch sehr schwer, da der Einsatzbereich jeweils sehr eng ist.
- 4.) Interessant sind die Verbrauchswerte des ersten Nutzungsjahres, die bereinigt unter den erwarteten Werten nach PHPP liegen. Dies hängt vermutlich mit der ungleichen Verteilung der Leckagen zusammen.

KEYWORDS

Altbaumodernisierung, Luftdichtheitsebene außen, große Einzelleckage, Dichtungsband

EINFÜHRUNG

Ein Gründzeit-Mehrfamilienhaus von 1903, im Krieg ausgebombt und danach wieder aufgebaut wurde jetzt im EnerPHit-Standard in Holzbauweise modernisiert. Nach über 60 Jahren waren Dach, Fenster und Jalousien marode, die Fassade konnte einen neuen Anstrich gut vertragen (Bild 1). Deswegen wurde das „Gesamtpaket“ gemacht – und das so gut es ging.

Bild 1: Gebäude vor Modernisierung



Motivation dabei war der Gedanke, die Klimaschutzziele, die das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) vorgegeben hat, also die Begrenzung der anthropogenen Klimaerwärmung auf 2K, einzuhalten. Der dazu mögliche CO₂-Ausstoß beträgt auf Basis einer Weltbevölkerung von 9-10 Milliarden Menschen ca. 1,5 Tonnen CO₂ pro Person und Jahr. Wenn man sich nun überlegt, dass das Wohnen mit dem dabei anfallenden Stromverbrauch neben Mobilität, Konsum und Ernährung einen großen Teil des individuellen CO₂-Ausstoßes ausmacht, sollte dieser Teil auf keinen Fall mehr als 50% übersteigen sollte. Die statistischen Wohnungs- und Haushaltsgrößen in Deutschland sagen, dass im Durchschnitt ca. 2 Personen in jeder Wohnung leben, was dazu führt, dass jede Wohnung nicht mehr als 1,5 Tonnen CO₂-Ausstoß pro Jahr verursachen sollte.

Das also war das Ziel.

PLANWERTE DES GEBÄUDES

Das Gebäude wurde dann entsprechend geplant. Da nicht alle Maßnahmen, die kein Gerüst erfordern, direkt umgesetzt wurden, ergeben sich die Werte im Ist-Zustand wie in den Tabellen 1 und 2 dargestellt.

TABELLE 1: U-Werte

Bauteil	W/(m ² K)
Außenwand	0,12
Dach	0,10
Fenster	0,75
Kellerdecke	0,11

TABELLE 2: Energie-Bedarfswerte

Bedarf (PHPP)	kWh
Heizwärmebedarf (Ist-Zustand)	34
Heizwärmebedarf (projekt. End-Zustand)	25
Warmwasserbedarf	12
Strombedarf mit/ohne Haushaltsstrom	16 / 3
Solarertrag thermisch (Polysun-Sim.)	11
Endenergie- bzw. Gasverbrauch	37

LUFTDICHTHEITSEBENE

Das Gebäude wird in Bildern vorgestellt und die wichtigsten Details der Luftdichtheitsplanung aufgezeigt. Das Gebäude wird in bewohntem Zustand saniert und die Dämmhülle außen aufgebracht, das heißt es ist gut möglich die Luftdichtheitsebene auf der alten Außenoberfläche zu planen.

Der alte Putz wird an allen Anschlussstellen wie Sockel, um die Fenster, entlang Traufe und Ortgang neu glatt gezogen, um Anschlussstellen für Luftdichtheitsfolien zu schaffen. Die Fenster werden in Holzkästen in die Mitte der Dämmebene geführt, mit Folien werden die Kästen auf den Außenputz gedichtet.

Spannend war die Frage, ob die Luftdichtheitsebene durch die Holzständer, die auf die Fassade aufgebracht und mit ca. 2400 Schrauben befestigt wurden, nicht zu sehr perforiert werden würde.

Im Dach wird eine OSB-Platte auf die alten Sparren als zusätzliche Aussteifungsebene gebracht, die auch als Luftdichtheitsebene dient. Von dort werden an First, Ortgang und Traufe sowie zu allen Gaubenaschlüssen wieder Folienstreifen angebracht, die dann auf den anderen Bauteilen angeklebt werden können. Die Gauben werden innen über eine OSB-Platte oder Folie luftdicht ausgebildet.

Fenster werden mit dafür vorgesehenen, vorkomprimierten Dichtungsbändern in die Holzkästen eingebaut. Elektrokabeldurchführungen werden mit den vorgefertigten Manschetten auf die Luftdichtungsebene abgedichtet. Die Jalousien werden elektrisch mit Funk bedient, wodurch nur eine Kabeldurchführung pro Wohnung notwendig wurde.

Die alte Haustür mit eingebautem Briefkasten, die vorerst erhalten wird, ist leider nicht luftdicht. Diese Leckage wird mit nachträglich eingebauten einfachen Gummidichtungen im Türfalz sowie absenkbaren Bodendichtungen verringert, aber nicht ganz eliminiert.

Installationen im Gebäude werden gegenüber dem Keller abgedichtet an der Stelle der Leitungsdurchführungen aus den Steigeschächten (=alten Kaminen) im Keller. Lüftungsanlagen werden wohnungsweise eingebaut, pro Wohnung waren also zwei Luftleitungen nach außen zum Außenputz abzukleben.

LUFTDICHTHEITSMESSUNG

Es wurden zwei Luftdichtheitsmessungen durchgeführt: Eine mit offen zugänglichen innerer (Dach) und äußerer (Außenwand) Luftdichtheitsebene und eine Abnahmemessung.

Die gefundenen Leckagen sind übliche Baufehler, aber auch ein systematisches Problem: Die vorkomprimierten Fensterdichtbänder sind nicht ausreichend luftdicht! Es kann eine Luftgeschwindigkeit von 0,04 – 0,06 m/s gemessen werden, Rauch geht durch die Bänder hindurch. Das verwendete Dichtband (Firma Würth) ist also eindeutig nicht geschlossenzellig sondern offenporig und damit als Luftdichtheitsebene nicht geeignet!

Es mussten zusätzliche Abklebungen der Fenster-Fugen vorgenommen werden, was leider nur außen erfolgen konnte, da die Fenster innen bereits verkleidet waren. Die Wohnungen waren bei der Umsetzung der Maßnahme größtenteils bewohnt.

Bei der Messung zur Qualitätssicherung wurde die Haustür abgeklebt und ein Wert von $n_{50} = 1,2$ 1/h erreicht.

Bei den Abnahmemessungen wurde nach Abdichtung der gefundenen Leckagen zwei Werte ermittelt, einmal der Wert ohne abgeklebter Haustür, einmal mit diesen Abklebungen. Die Ergebnisse:

$$\begin{aligned} n_{50, \text{HT abgeklebt}} &= 0,75 \text{ 1/h} \\ n_{50, \text{HT nicht abgeklebt}} &= 1,10 \text{ 1/h} \end{aligned}$$

Diese Werte sind durchaus befriedigend, da die Hauseingangstür trotz Abklebung nicht wirklich dicht war und etliche kleine Leckagen vermutlich aufgrund begrenzter Zeit gar nicht erfasst wurden. Die zusätzliche Abklebung der Fensterfugen hat ebenso funktioniert wie die Befestigung der Holzstegträger auf der Fassade. In einem zukünftigen Endzustand könnte das Gebäude sogar die Passivhaus-Kriterien mit $n_{50} = 0,6$ 1/h einhalten, sofern die aktuelle Luftdichtheit sich als dauerhaft erweist.

Wenn man die Differenz der beiden Messungen oben mit und ohne abgeklebter Haustür betrachtet, stellt man fest, dass bei 1700 m³ Gebäudevolumen eine hohe Einzelleckage im Eingangsbereich vorhanden ist:

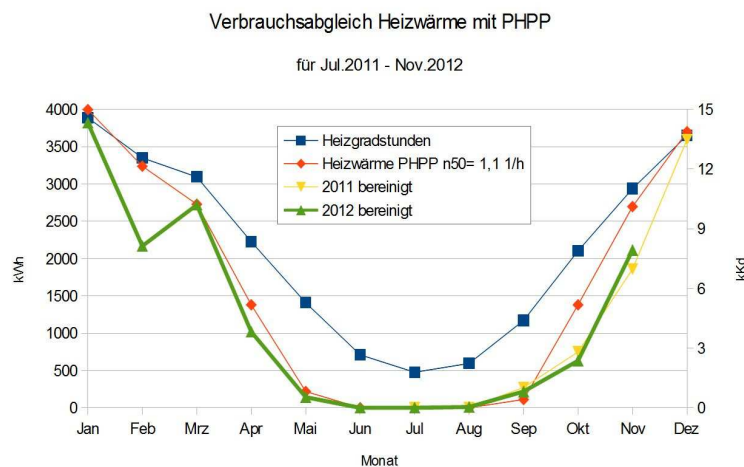
$$\begin{aligned} \Delta n_{50} &= 0,35 \text{ 1/h} \\ \Delta V_{50} &= 600 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

Die Frage ist, wie diese Leckage zu bewerten ist? Da es sich um kein Forschungsvorhaben handelt, kann diese Frage nicht im Detail beantwortet werden, aber ein Erklärungsversuch ergibt sich aus den gemessenen Verbrauchswerten des Gebäudes im ersten Nutzungsjahr.

HEIZWÄRMEBEDARF- UND -VERBRAUCHSABGLEICH

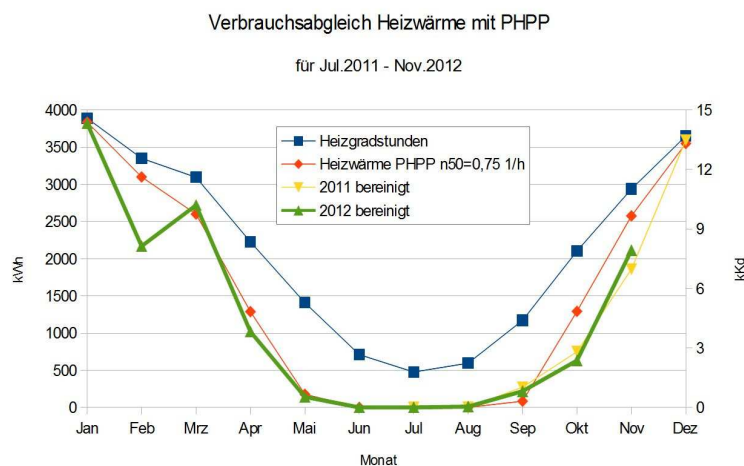
Die Wärmebedarfsberechnung wurde gemäß Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP) durchgeführt (siehe auch Tabelle 2). Entsprechend dem aktuellen Ist-Zustand und der gemessenen Luftwechselrate von $n_{50} = 1,1$ 1/h ist ein Heizwärmebedarf gemäß der roten (◆) Linie im Diagramm auf Bild 2 zu erwarten. Dem gegenüber sind die wetterbereinigten Kurven des Heizwärmeverbrauchs (Messpunkt Wohnungsübergabestation) in gelb (▼) und grün (▲) dargestellt. Zum Vergleich sind die Heizgradstunden in der blauen (■) Kurve dargestellt.

Bild 2: Diagramm des Heizwärmebedarfs gemäß PHPP und gemessenen Verbrauchs von Sep. 2011 bis Nov. 2012 mit $n_{50} = 1,1$ 1/h.



Man sieht, dass vor allem im Herbst die Bedarfskurve deutlich über der gemessenen Kurve liegt. Wenn man nun im PHPP den Wert der Luftdichtheit mit abgeklebter Tür eingibt, sinkt logischerweise der rechnerische Bedarf, bleibt aber noch immer über dem gemessenen, wie im Diagramm in Bild 3 dargestellt ist!

Bild 3: Diagramm des Heizwärmebedarfs gemäß PHPP und gemessenen Verbrauchs von Sep. 2011 bis Nov. 2012 mit $n_{50} = 0,75$ 1/h.



Eine erste These zur Erklärung könnte nun sein, dass bei der Energiebilanzierung einzelne große Leckagen im unteren Gebäudebereich hinsichtlich ihrer Auswirkung auf den Heizwärmebedarf überschätzt werden. Bei den Energiebilanzierungen wird in der Regel von „üblich“ verteilten Leckagen ausgegangen, die einen zusätzlichen Infiltrationslüftungsstrom stärker begünstigen als einzelne größere Leckagen in „Gebäude-Randzonen“.

In diesem Fall ist es sogar so, dass das Treppenhaus und der Eingangsbereich mit alter Tür mit Einscheibenverglasung keine Heizkörper hat und die Temperatur bei kalten Außentemperaturen dort im Eingangsbereich deutlich abfällt, es wird also nicht gegen die erhöhten Verluste aktiv angeheizt. Insofern geht der Autor davon aus, dass in solchen Sonderfällen die statischen Energiebilanz-Berechnungen hinsichtlich zusätzlicher Infiltrationsluftwechsel nicht exakt sind und die Bedarfswerte tendenziell überschätzt werden.

Bild 4: Gebäude nach Modernisierung



FAZIT

Luftdichtungsebene

Die vorgestellte Methode zur Luftdichtung eines Bestandsaltbaus von außen ist

- 1.) zielführend und
- 2.) auch bei bewohnten Gebäuden gut durchführbar.

Die Methode ist auch mit Befestigungsdübeln von Fassadendämmungen und bei schrittweisen Modernisierungen anwendbar, dort wird allerdings darauf hingewiesen, dass in den Übergangszonen evtl. Flankendämmungen erforderlich sein können.

Besonders hinsichtlich Abdichtungsarbeiten, Leckagesuche etc. ist die Zugänglichkeit der Luftdichtheitsebene von außen baupraktisch sehr hilfreich. Auch fallen komplizierte Durchdringungen von Sparrenebenen oder undichtem Mauerwerk weitgehend weg. Diese Methode der Luftdichtung kann also grundsätzlich bei Altbau-Außendämmmaßnahmen empfohlen werden.

Leckagen

Die alleinige Abdichtung von Fenstern mit vorkomprimierten Dichtbändern ist derzeit noch nicht mit Bändern aller Herstellern möglich. Hier sind die Entwicklungen zu verfolgen und unabhängige Prüfergebnisse zu beachten.

Große Einzelleckagen im unteren Gebäudebereich führen nicht zwingend zu entsprechend erhöhten Heizwärmeverlusten. Hier sind evtl. Abschläge auf die Wärmebedarfsberechnungen vorzunehmen.

Energiestandard

Für die meisten Gebäude ist für eine langfristig nachhaltige Modernisierung im Sinne der Einhaltung der Klimaziele des IPCC ein sinnvoller Energiestandard der, der sich auf den CO₂-Ausstoß inkl. Haushaltsstrom bezieht. Dabei dürfen keine Kompensationsrechnungen über ins Netz eingespeisten Solar- oder Kraftwärmekopplungsstrom vollführt werden. Nur der Direktverbrauch zählt!

Der Energiestandard für Altbau-Sanierungen ist demnach in den allermeisten Fällen sinnvoll anzugeben mit:

Kennwert CO₂-Emission ☉ 1,5 t CO₂ / (WE a)
(mit WE: Wohneinheit)