



Umsetzungsprojekt: Integrale Planung und Steuerung der nachhaltigen Modernisierung des Gebäudebestands und der Energieversorgung der Evangelischen Stiftung Neuerkerode

Bericht Modernisierung der "Villa Luise"

Der Bericht wurde erstellt von /
Das Projekt wurde bearbeitet von:

Datenstand: 13.02.2012

Die Verantwortung für den Inhalt
des Berichtes liegt bei den Verfassern.

B. Eng. Marius Miehe, Wolfenbüttel
B. Eng Li Ning, Wolfenbüttel
Dr.-Ing. Kati Jagnow, Braunschweig
Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

Inhalt

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Aufgabenstellung und Grunddaten | 3 |
| 2 | Ergebnisse der Modernisierung | 4 |
| 2.1 | Überblick | 4 |
| 2.2 | Beheizter Bereich, Flächen und Volumina | 5 |
| 2.3 | Verbesserungsmaßnahmen und U-Werte | 6 |
| 2.4 | Nutzerverhalten und Klimadaten | 7 |
| 2.5 | Endenergie | 7 |
| 2.6 | Bewertung der Modernisierung | 9 |
| 3 | Detaillierte Stromanalyse | 11 |
| 3.1 | Warmwasserbereitung | 11 |
| 3.2 | Aufzug | 11 |
| 3.3 | Brennofen | 12 |
| 3.4 | Sonstige Verbraucher | 13 |
| 3.5 | Strombedarfsanalyse | 13 |
| 4 | Verbrauchsauswertung für die Medien | 14 |
| 4.1 | Wärme..... | 14 |
| 4.2 | Strom | 15 |
| 4.3 | Wasser | 17 |
| 5 | Fazit und Zusammenfassung | 18 |
| 6 | Anhang | 19 |
| 6.1 | Quellen | 19 |
| 6.2 | Separate Anhänge..... | 19 |

1 Aufgabenstellung und Grunddaten

Die Sanierung der Villa Luise ist eine Erneuerung des fast 100 Jahre alten Baukörpers auf Niedrigenergiehausniveau.

Die im Jahr 2010 durchgeführte Modernisierung beinhaltet eine Wärmedämmung aller wärmeübertragenden Umfassungsflächen und den Einbau neuer hochwertiger Fenster mit Dreifach-Wärmeschutzverglasung. Die Wärmeversorgung des Gebäudes wird durch einen Anschluss an das Nahwärmenetz der Liegenschaft sichergestellt, der den früheren Ölkessel ersetzt.

Die frühere Nutzung des Gebäudes als Wohnhaus wurde durch die Nutzung als Werkstatt- und Galeriegebäude ersetzt.

Der vorliegende Bericht verfolgt folgende Ziele

- Erläuterung der Einzelmaßnahmen und Einschätzung der Modernisierung
- Ermittlung der aktuellen Nutzungsranddaten
- Erstellung/Aktualisierung der IWU-Energiebilanz des modernisierten Zustands
- Vergleich mit der Energiebilanz des Grundlagenprojektes von 2008/09
- Auswertung der Verbrauchsdaten für Wärme, Wasser und Strom, Bildung von Kennwerten und detaillierte Energieanalyse aus dem Verbrauch (EAV)
- gesonderte Betrachtung und Analyse des Stromverbrauchs, incl. Aufzug und Brennofen

Von der Stiftung wurden folgende Materialien für das Gebäude zur Verfügung gestellt

- Pläne (mit Raumbuch)
- EnEV-Nachweis (bzw. Übersicht tatsächlich ausgeführter Dämmung)
- Plandaten zur Heizung
- alte Berichte und Berechnungen nach IWU
- Verbrauchsdaten nach der Modernisierung

2 Ergebnisse der Modernisierung

Im nachfolgenden Abschnitt werden die Modernisierungs- und Umbaumaßnahmen erläutert. Besonderes Augenmerk liegt auf den Änderungen, die energierelevant sind. Die Ergebnisse der Energiebilanz des modernisierten Zustandes werden denen des Ursprungszustands gegenübergestellt. Abschließend werden die Maßnahmen eingeschätzt.

2.1 Überblick

Die Untersuchung betrifft das als Villa Luise (alt: Wohnhaus I) bezeichnete Gebäude der Stiftung Neuerkerode. Es handelt sich hierbei um ein freistehendes dreistöckiges Gebäude mit voller Unterkellerung. Der Grundriss des Gebäudes ist rechteckig; es gibt etliche Vor- und Rücksprünge in der Fassade.

Bis zur Sanierung wurde es als reines Wohnhaus genutzt. Seit dem Abschluss der Sanierungsarbeiten ist es Kunstwerkstatt und Galerie. Das Gebäude ist ungefähr um das Jahr 1900 errichtet worden. Die Sanierung wurde notwendig, da sowohl die Bausubstanz, als auch die technischen Anlagen des Gebäudes baufällig waren.

Das Gebäude hat vier Etagen, die sich in das Kellergeschoss, Erdgeschoss, Obergeschoss und Dachgeschoss gliedern.

Die Kellerräume des ursprünglichen Wohnhauses I dienten als Lagerraum und zur Unterbringung des Ölkessels mit zentraler Warmwasserversorgung. Die restlichen drei Geschosse, mit einer beheizten Fläche von 552,6 m², wurden als Wohnraum genutzt.



Abbildung 1 Wohnhaus I wird zu Villa Luise

Nach dem Umbau dient der Keller weiterhin als Lager für die Kunstgegenstände und zusätzlich zur Unterbringung eines Ofens zum Brennen von Töpferwaren.

Das Erdgeschoss besteht aus einem großen Ausstellungsraum und zwei Kunstwerkstätten. Das Obergeschoss weist einen zentral gelegenen Gruppenraum, sanitäre Einrichtungen und weitere Räume auf. Erdgeschoss und Obergeschoss sind beheizt.

Das Dachgeschoss wird zurzeit nicht benutzt. Die Decke des Obergeschosses wurde mit einer Dämmschicht versehen, welche zu großen Teilen nicht begehbar ist. Die zweite Etage des Dachgeschosses ist über eine kleine Treppe zu erreichen und ist ebenfalls nicht ausgebaut.

Das Treppenhaus liegt im Inneren des Gebäudes. Das Kellergeschoss liegt etwa 1 m im Erdreich und ist über das innenliegende Treppenhaus mit dem Erdgeschoss verbunden. Es wurde im Zuge des Umbaus in das Treppenhaus ein Aufzug installiert, um das Gebäude (außer das Dachgeschoss) barrierefrei erreichen zu können.

Die Hauseingangstür weist in nordwestliche Richtung. Zudem wurde eine Tür in südöstliche Richtung eingebaut, welche auf die Terrasse und den sich daran anschließenden Garten führt.



Abbildung 2 Kessel wird ersetzt durch Übergabestation

Seit der Außerbetriebnahme des Ölkessels wird das Gebäude über einen neu verlegten Nahwärmeanschluss vom Nachbargebäude Emmaus versorgt. Der Hausanschlussraum der Nahwärmeversorgung befindet sich im Keller. Die Nahwärmeleitung wird an der süd-östlichen Seite in das Haus eingeführt. Zwei elektrische Durchlaufwasserheizer erzeugen Trinkwarmwasser in den einzelnen Etagen.

Eine Lüftungsanlage ist, anders als im mit Passivhauskomponenten modernisierten Haus Elm, nicht installiert worden.

2.2 Beheizter Bereich, Flächen und Volumina

Die Nutzfläche der Villa Luise ist im Zuge des Umbaus deutlich verringert wurden. Anstatt drei Geschossen werden nur noch zwei Geschosse beheizt.

Das wirkt sich auf die Größe der beheizten Fläche A_{EB} (Energiebezugsfläche), die wärmeübertragenden Umfassungsflächen des beheizten Bereiches und das umbaute beheizte Volumen aus.

Tabelle 1 zeigt die Kennwerte vor und nach dem Umbau.

| | vorher | nachher |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Beheizter Bereich | EG, OG, DG | EG, OG |
| Nicht beheizter Bereich | KG | KG, DG |
| beheizte Fläche A_{EB} | 552,60 m ² | 349,18 m ² |
| wärmeübertragende Umfassungsflächen A (Hülle) | 1212,0 m ² | 1114,1 m ² |
| umbautes beheiztes Volumen | 2451,6 m ³ | 2071,9 m ³ |
| Kompaktheit des beheizten Bereiches | 0,498 m ² /m ³ | 0,538 m ² /m ³ |

Tabelle 1 Geometrische Kennwerte

Die Verringerung der Größe des beheizten Bereiches verändert die Energiebilanz. Schon aufgrund der Flächenverminderung würde etwa ein Drittel der Energiemenge eingespart. Die Angabe von flächenbezogenen Energiekennwerten beseitigt das Problem.

2.3 Verbesserungsmaßnahmen und U-Werte

Die Maßnahmen, welche für die verbesserten U-Werte entscheidend sind, zeigt Tabelle 2. :

| Bauteil | Modernisierungsmaßnahme |
|-----------------------|---|
| Außenwand | Wärmedämmplatten Mineralwolle WLG 036; 120 mm |
| Kellerdecke | Deckenplatten Mineralwolle WLG 035; 80 mm |
| oberste Geschossdecke | Mineralfaserdämmung WLG 035; 240 mm |
| Fenster | Austausch; Verwendung von Dreischeibenwärmeschutzverglasung |
| Hauseingangstür | Austausch; Verwendung einer gedämmten Tür |

Tabelle 2 Modernisierungsmaßnahmen

Auf der Außenwand wurden 120 mm Wärmedämmplatten WLG 036 aus Mineralwolle mit Dübeln befestigt, verklebt und anschließend mit Fassadenputz verputzt, um die Wärmedämmplatten vor Witterungseinflüssen zu schützen.

Unter die Kellerdecke wurden Mineralwoldeckenplatten WLG 035 mit 80 mm Stärke verklebt und anschließend mit Dübeln gesichert.

Die oberste Geschossdecke wurde mit drei Lagen Mineralfaserdämmung WLG 035 von jeweils 80 mm Dicke ausgelegt. Um den Bereich des Dachgeschosses teilweise begehen zu können, wurden Laufstege mit Handläufen montiert. Die übrigen Bereiche sind nicht mehr begehbar und können nicht weiter genutzt werden.

Die Qualität der Fenster und Eingangstür wurde durch einen Austausch wesentlich verbessert. Die Fenster sind dreifachverglast und weisen einen deutlichen geringeren U- Wert auf.

Tabelle 3 vergleicht die Bauteilqualitäten vor und nach der Modernisierung. Außerdem wird der einzuhaltende U-Wert der EnEV 2009 mit angegeben.

| Bauteil | U- Wert vor der Modernisierung, in W/(m ² K) | U- Wert nach der Modernisierung, in W/(m ² K) | Verbesserung in % | U- Wert nach EnEV, in W/(m ² K) |
|-----------------------|---|--|-------------------|--|
| Außenwand | 1,16 | 0,24 | 79 | 0,24 |
| Kellerdecke | 1,19 | 0,28 | 76 | 0,3 |
| oberste Geschossdecke | 0,49 | 0,12 | 76 | 0,24 |
| Fenster | 2,8 | 0,9 | 68 | 1,3 |
| Hauseingangstür | 3,5 | 1,3 | 63 | 2,9 |

Tabelle 3 Vergleich der U-Werte von Bauteilen

Wie deutlich zu sehen ist, wurden die U- Werte aller maßgeblichen Bauteile der thermischen Hülle um ca. 60 ... 80 % stark verbessert. Die U- Werte wurden dem Wärmeschutznachweis der Firma Hammer + Partner entnommen.

Eine Ausnahme stellen die Fenster dar. Zum Zeitpunkt der Erstellung des Wärmeschutznachweises wurden die Fenster als 2-fach-wärmeschutzverglast mit einem U- Wert von 1,3 W/(m²K) geplant. Jedoch wurde 3-fach-Wärmeschutzverglasung später eingebaut und so der U- Wert auf 0,9 W/ (m²*K) gesenkt.

Den besten Wärmedurchgangskoeffizienten hat, nach der Sanierung, die oberste Geschossdecke mit einem U- Wert von 0,12 W/(m²K). Die anderen U- Werte erfüllen mindestens die Anforderung der Energieeinsparverordnung (EnEV 2009), oder sind teilweise besser ausgeführt. Lediglich die Kellerdecke erfüllt diese Anforderungen nicht ganz, jedoch kann dort eine Ausnahmeregelung getroffen werden, um eine gewisse Kellerraumhöhe zu gewährleisten.

Bei der Energiebilanzierung des modernisierten Objektes wurde der Einfluss von Wärmebrücken mit 0,1 W/(m²K) einbezogen. Die Fenster haben bei Ausstattung mit Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung angenommene Energiedurchlassgrade für Solarstrahlung von $g = 0,5$.

2.4 Nutzerverhalten und Klimadaten

Bei dem betrachteten Gebäude handelt es sich um eine Kunstwerkstatt und Galeriegebäude. Die Nutzeranzahl wird mit 35 bis 45 Personen angegeben. Diese halten sich von Montags bis Freitag insgesamt ca. 35 ... 40 Stunden dort auf. Das Gebäude ist ca. 20 ... 25 % der Zeit genutzt und in den Restzeiten ungenutzt.

Die Innentemperatur der direkt beheizten Räume wird mit durchschnittlich 20°C angenommen. Diese Temperatur ist aufgrund der körperlichen Tätigkeiten ausreichend. Eine Teilbeheizung wird für die Bereiche der Abstellräume, Flure und Bäder berücksichtigt. Zudem wird eine Nacht- und Wochenendabsenkung eingerechnet, da die Einrichtung nur unter der Woche geöffnet ist. Daher ergibt sich eine effektive mittlere Raumtemperatur von 17,1°C.

Bei dem Luftwechsel wird von einer Rate von 0,5 1/h ausgegangen. Das bedeutet, dass das Raumvolumen innerhalb von 2 Stunden ausgetauscht wird. Das ist – in Anbetracht der sehr kurzen effektiven Gesamtnutzungszeit – ein sehr hoher Wert. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich in der Nutzungszeit ein 1- bis 2-facher Luftwechsel ergibt und in den Nebenzeiten ein 0,1-facher.

Der Warmwasserbedarf wird anhand von Schätzwerten ermittelt, da die Versorgung dezentral über zwei Durchlaufwasserheizer gewährleistet wird. Es wird geschätzt, dass jeder Nutzer jeden Tag ca. 7 l Heizwasser mit 60°C verbraucht. Das entspricht heruntergerechnet auf eine 365-tägige Nutzung 5 l/d.

Das Nutzerverhalten in dem Gebäude ist während des Werkstattbetriebs weit intensiver als es früher war. In den Nebenzeiten jedoch weit geringer. Im Mittel ergibt sich aufgrund der geringen Nutzungsphasen eine leicht verminderte Nutzungsintensität.

Das Gebäude wird – wie ganz Neuerkerode – der Klimaregion 5 "Braunschweig" zugeordnet. Repräsentative Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes entstammen den Messstationen in Magdeburg. Im derzeitig sanierten Zustand wird von einer Heizgrenztemperatur von 12°C ausgegangen. Diese kann durch eine Energieanalyse aus Verbrauchsdaten genauer ermittelt werden.

2.5 Endenergie

In der nachfolgenden Abbildung werden die Ergebnisse der Berechnungen miteinander verglichen. Dargestellt sind der gesamte Endenergiebedarf und die Aufteilung in Heizung und Trinkwarmwasserbereitung. Die Werte sind für das Gebäude ermittelt und enthalten keine Nahwärmenetzverluste.

Der Endenergiebedarf des Gebäudes für Heizung wurde auf die Hälfte gesenkt. Neben der besseren Hülle wurden Verteilverluste durch Leitungsdämmung verringert. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Verteilverluste des Nahwärmenetzes nicht in dieser Aufstellung berücksichtigt wurden.

Die Endenergie für Trinkwarmwasser wurde auf ein Drittel des alten Wertes vermindert. Das liegt vor allem an den hohen Verteil- und Speicherverlusten des zentralen Warmwassererzeugers vor der Modernisierung. Diese wurden durch die Dezentralisierung stark reduziert.

| Endenergie Gesamt | | 100% |
|-------------------------------|---|----------------------------|
| Nutzenergie Gesamt | | 169 kWh/(m ² a) |
| Verteil- und Speicherverluste | | 44 kWh/(m ² a) |
| Erzeugerverluste | | 26 kWh/(m ² a) |
| Endenergie | = | 239 kWh/(m ² a) |
| Endenergie Heizung | | 89% |
| Heizwärmebedarf | | 164 kWh/(m ² a) |
| Verteil- und Speicherverluste | | 25 kWh/(m ² a) |
| Erzeugerverluste | | 23 kWh/(m ² a) |
| Endenergie | = | 212 kWh/(m ² a) |
| Endenergie Trinkwarmwasser | | 11% |
| Nutzwärme | | 5 kWh/(m ² a) |
| Verteil- und Speicherverluste | | 19 kWh/(m ² a) |
| Erzeugerverluste | | 3 kWh/(m ² a) |
| Endenergie | = | 27 kWh/(m ² a) |

| Endenergie Gesamt | | 100% |
|-------------------------------|---|----------------------------|
| Nutzenergie Gesamt | | 78 kWh/(m ² a) |
| Verteil- und Speicherverluste | | 25 kWh/(m ² a) |
| Erzeugerverluste | | 0 kWh/(m ² a) |
| Endenergie | = | 103 kWh/(m ² a) |
| Endenergie Heizung | | 91% |
| Heizwärmebedarf | | 70 kWh/(m ² a) |
| Verteil- und Speicherverluste | | 24 kWh/(m ² a) |
| Erzeugerverluste | | 0 kWh/(m ² a) |
| Endenergie | = | 94 kWh/(m ² a) |
| Endenergie Trinkwarmwasser | | 9% |
| Nutzwärme | | 8 kWh/(m ² a) |
| Verteil- und Speicherverluste | | 1 kWh/(m ² a) |
| Erzeugerverluste | | 0 kWh/(m ² a) |
| Endenergie | = | 9 kWh/(m ² a) |

Abbildung 3 - Vergleich des Endenergiebedarfs (Rechenwerte) nach u. vor der Modernisierung

Berücksichtigung der Nahwärmeverluste

Werden die Netzverluste mit berücksichtigt, ändert sich das Bild, wie Tabelle 4 zeigt.

| | Energienmenge vor der Modernisierung, in kWh/a | Energienmenge nach der Modernisierung, in kWh/a | |
|----------------------------|---|--|---------------------|
| | | excl. Netzanschluss | incl. Netzanschluss |
| Endenergie Heizung | 117.000 | 32.700 28 % | 55.900 48 % |
| Endenergie Trinkwarmwasser | 15.000 | 3.300 22 % | 3.300 22 % |
| Endenergie | 132.000 | 36.000 27 % | 59.200 45 % |
| | Energiekennwert vor der Modernisierung, in kWh/(m ² a) | Energiekennwert nach der Modernisierung, in kWh/(m ² a) | |
| | | excl. Netzanschluss | incl. Netzanschluss |
| Endenergie Heizung | 212 | 94 44 % | 160 75 % |
| Endenergie Trinkwarmwasser | 27 | 9 33 % | 9 33 % |
| Endenergie | 239 | 103 43 % | 170 71 % |

Tabelle 4 Energiekennwerte vor und nach der Sanierung

Es ist festzustellen, dass sich in jedem Fall durch die verbesserte Gebäudehülle ein deutlich geringerer Endenergiebedarf nach der Modernisierung ergibt. Die absolute Einsparung des Gebäudes beträgt 73 %; wird der Nahwärmeanschluss berücksichtigt, sind es nur noch 55 %. Ein großer Teil der Einsparung ergibt sich allerdings aus der Flächenreduzierung.

Die flächenbezogene Einsparung des Gebäudes beträgt 47 %; wird der Nahwärmeanschluss berücksichtigt sind es nur noch 29 %.

In Anbetracht der sehr hohen Qualität der modernisierten Bauteile wurde ein geringerer Endenergiebedarf vermutet. Jedoch ist eine Endenergie des Baukörpers von 103 kWh/(m²a) als guter Standard anzusehen. Zu den Netzverlusten und Alternativen gibt der separate Bericht "Untersuchung der Wärmeversorgung der Villa Luise" [4] Auskunft.

2.6 Bewertung der Modernisierung

Die Modernisierungsmaßnahmen sollten in Bezug auf ihre energetische Güte bewertet werden. Falls Maßnahmen nicht den heutigen Standards oder Verordnungen entsprechen, sollen Verbesserungsvorschläge gemacht werden.

Als Bewertungsmaßstab werden die Anforderungen an Wohngebäude der EnEV 2009 gesetzt, da die Villa Luise wie ein Wohnhaus beheizt wird. Zudem werden die Bauteilqualitäten, mit denen des Passivhausinstituts verglichen, da die Anforderungen an ein NEH nicht klar definiert sind.



Abbildung 4 Wohnhaus I und Villa Luise

Dämmung der obersten Geschossdecke

Die oberste Geschossdecke der Villa Luise wurde mit 240 mm Mineralfaserdämmung der WLG 035 gedämmt. Der gesamte Deckenaufbau erreicht so einen U-Wert von $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und erfüllt die Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2009. Laut Vorschlägen des Passivhausinstituts soll die opake Außenhülle einen U-Wert von nicht schlechter als $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ aufweisen. Die oberste Geschossdecke erfüllt diese Anforderungen.

Aus energetischer Sicht gibt es keine Gründe für Verbesserungsvorschläge, jedoch hätte das Dachgeschoss komplett begehbar gemacht werden sollen, um so mehr Lagerraum für Kunstobjekte zu schaffen. Der Keller hat sich im Nachhinein als nicht sehr günstig zur Lagerung erwiesen, weil er zu feucht ist.

Dämmung der Kellerdecke

Die Kellerdecke wurde mit 80 mm Mineralfaserdämmplatten der WLG 035 unterseitig beklebt. Dadurch verbessert sich der U-Wert von $1,19 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auf $0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Damit wurden die Einzelanforderungen der EnEV 2009 an die Sanierung überschritten. Aufgrund einer Ausnahmeregelung für Kellerdeckendämmung ist eine Ausführung mit geringerer Dämmdicke erlaubt, wenn nur so eine ausreichende Deckenhöhe gewährleistet wird. Um den U-Wert zu verbessern, hätte ein Dämmstoff mit einer besseren WLG gewählt werden können (Beispiel: Resol mit WLG 022 führt zu einem U-Wert von $0,20 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$). Es ist anzumerken, dass die Anforderungen der EnEV an die Gebäudehülle insgesamt eingehalten werden, da besser gedämmte Flächen (insbesondere die obere Geschossdecke) im Mittelwert die etwas schlechteren ausgleichen.

Die Anforderungen des Passivhausinstituts wurden deutlich überschritten.

Wärmedämmverbundsystem

Die äußere Gebäudehülle wurde durch ein WDVS mit 120 mm Mineralfaserdämmplatten WLG 036 gedämmt. Im erdberührten Bereich wurde Perimeterdämmung verwendet. Dadurch erreicht die Außenwand insgesamt einen U-Wert von $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und erfüllt die Mindestanforderung der EnEV 2009. Das WDVS erfüllt die Anforderungen des Passiv Haus Instituts nicht.

Die Dämmdicke und WLG der Außenwand entsprechen nicht ganz den heutigen Standards. Bei der Planung hätte eine größere Dämmdicke oder die Verringerung der WLG in Betracht gezogen werden sollen, um die Transmissionswärmeverluste zu verringern. Bis zu einer Dämmdicke von 16 cm gibt es kaum Preissprünge, weil Dübel, Fensterbretter u. ä. Zubehör noch als Serienprodukte gelten. Der U-Wert bei 16 cm Dämmung mit WLG 032 hätte bei $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ gelegen.

Zudem ist nicht klar, aus welchen Gründen die Kellerwand 1,5 m in die Tiefe (Abschätzung auf Basis abgerechneter gedämmter Flächen) mit Perimeterdämmung versehen wurde. Zur Vermeidung von Wärmebrücken wäre es ausreichend gewesen, die Mineralfaserdämmung bis zur Oberkante des Erdreiches weiterzuführen. Eine Berechnung zum vereinfachten Wärmebrückennachweis der DIN 4108 würde darüber Aufschluss geben.

Fenster

Die alten Fenster wurden durch 3-fach-Wärmeschutzglas mit einem U-Wert des gesamten Fensters von $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ersetzt. Dies ist weit besser als in der EnEV 2009 gefordert und etwas besser als der heutige allgemein verwendete Fensterstandard. Die Fenster erfüllen fast die Anforderungen des Passivhausinstituts, welche bei $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ liegen.

Angesichts eines Fehlers bei der Angebotsabgabe, wäre eine Realisierung mit 3-fach-WSV nicht so preiswert möglich gewesen. Dies wird auch beim Vergleich der Kostenkennwerte deutlich. Jedoch sollte trotz der höheren Kosten für zukünftige Ausschreibungen die 3-fach-WSV gewählt werden.

Dämmung der Rohrleitungen

Die Rohr- und Nahwärmeleitungen innerhalb der Gebäude Villa Luise und Emmaus wurden in allen Bereichen mit 100 % Dämmung versehen, wobei auf der Rechnung keine WLG angegeben ist. Eine 100 % Dämmung bedeutet, dass die Dämmdicke gleich dem Innendurchmesser des Rohres ist. Zudem wurden alle Einbauteile mit Dämmkappen versehen. Damit werden die Anforderungen an die Rohrdämmung laut EnEV 2009 eingehalten. Teilweise ist die Ausführung besser als gefordert.

Die ausgeführte Dämmung entspricht den Richtlinien, jedoch hätte diese angesichts der hohen Verteilverluste der Nahwärmeleitungen mit noch größerer Dämmdicke ausgeführt werden sollen, um die Verluste zu verringern.

3 Detaillierte Stromanalyse

Der Stromverbrauch des Gebäudes wurde im Rahmen der Nachuntersuchung der Modernisierung und Umnutzung kritisch untersucht. Anhand von Begehungen und Befragungen der Nutzer wurde versucht, den Verbrauch auf die einzelnen Anwendungen aufzuteilen.

Der nachfolgende Abschnitt plausibilisiert den recht hohen Verbrauchskennwert theoretisch mit Hilfe des Leitfadens Elektrische Energie LEE.

3.1 Warmwasserbereitung

Der gesamte Warmwasserbedarf wird mittels zweier elektrischer Durchlaufwasserheizer sichergestellt. Diese sind im Erdgeschoss mit einer Leistung von je 18 kW installiert.

Da es keine Daten für die Warmwasserbereitung gibt, wurden diese mittels Schätzwerten berechnet.

Dabei wird davon ausgegangen, dass je Person und Tag 5 Liter heißes Wasser zum Auswaschen der Pinsel, das Händewaschen oder sonstiges benötigt werden. Daraus ergibt sich ein Warmwasserbedarf von 3.300 kWh/a. Die erwärmte Wassermenge entspricht ca. 30% des gesamten Wasserbedarfs des Gebäudes.

3.2 Aufzug

Der Aufzug im Haus Villa Luise verfügt über eine 4,66 kW Pumpe und wird hydraulisch angetrieben. Dabei wird der Fahrkorb entweder direkt von einem Stempel bewegt, indem Öl in diesen gepresst wird, oder der Stempel bewegt einen "umgekehrten Flaschenzug", an dem sich die Drahtseile befinden, welche den Aufzug in Bewegung setzen. Das erste Prinzip wird als direkt hydraulisch bezeichnet, das letztere als indirekt hydraulisch.

Er trägt bis zu 630 kg oder 8 Personen. Er wird von Montag bis Freitag während der Arbeitszeit genutzt. Zum Stromverbrauch ist zu sagen, dass hier die Beleuchtung eines Aufzuges eine große Rolle spielt, da diese im Normalfall nie abgeschaltet wird. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, einen Anwesenheitssensor in der Kabine zu installieren, der die Beleuchtung nur anschaltet, wenn sich Personen im Inneren des Aufzuges aufhalten.

Die Grunddaten des Aufzugs können der nachfolgenden Zusammenstellung entnommen werden.

| | |
|-------------------------|---------------------|
| Netzspannung: | 400V |
| Beleuchtungen Spannung: | 230 V |
| Nennstrom: | 10,5 A |
| Anlaufstrom: | 21 A |
| Leistung: | 4,66 kW |
| Förderlast: | 630 kg / 8 Personen |
| Kabinen und Rahmen: | 817 kg |
| Geschwindigkeit: | 1 m/s |
| Anzahl Haltestellen: | 3 |
| Anzahl Zugänge: | 3 |

Tabelle 5 Eigenschaften des Aufzugs

Bis zum Zeitpunkt der Auswertung wurden keinerlei Lastmessungen durchgeführt. Daher wird versucht aus den Messungen vergleichbarer Aufzüge auf den Stromverbrauch für den Aufzug in der Villa Luise zu schließen.

Ein ähnliches Konstruktionsprinzip findet sich im Krankenhaus. Der Aufzug dort hat eine Leistung von 8,8 kW. Bei der Fahrt wird nicht über den ganzen Zeitraum die Nennleistung benötigt. Im Mittel sind es 5,3 kW, also etwa 60 % der Nennleistung. Für Villa Luise wäre die mittlere Betriebsleistung demzufolge ca. 2,8 kW.

Für die Überwindung eines Geschosses im Krankenhaus ist der Aufzug dort ca. 12 Sekunden in Betrieb. In der Villa Luise wird vom Doppelten ausgegangen. Es wird nach anhand einer Befragung des Personals davon ausgegangen, dass der Aufzug ca. 100 Fahrten pro Tag macht (über 2 Geschosse). Das ergibt etwa 111 Vollbetriebsstunden.

Insgesamt wird ein Energiebedarf von 595 kWh/a geschätzt. Dieser Wert enthält auch Betriebsbereitschaftsstrom während der Stillstandszeiten.

3.3 Brennofen

Im Gebäude Villa Luise sind zwei Brennöfen zum Härten von Töpferware untergebracht. Die nachfolgende Tabelle zeigt die wichtigsten Daten der beiden Brennöfen.

| | kleiner Brennofen | großer Brennofen |
|-------------------------|-------------------|-------------------|
| Spannung | 400 V | 400 V |
| Anlaufstrom | 13 A | 16 A |
| Leistung | 6 kW | 10,5 kW |
| Monatliche Nutzfrequenz | 3 ... 4 Mal/Monat | 3 ... 4 Mal/Monat |
| Nutzungsdauer | 8 h/mal | 8 h/mal |

Tabelle 6 Brennöfen



Abbildung 5 - Alter Brennofen (Zoar) und neue Brennöfen (Villa Luise)

Es gibt keine genauen Messwerte für den Lastverlauf der Brennöfen. Da in Haus Zoar ein vergleichbarer Ofen gestanden hat, werden die Lastverläufe des alten Brennofens auf die Funktion der neuen Öfen übertragen.

Der Ofen im Gebäude Zoar hatte einen Anlaufstrom von ca. 22 A. Er ist also noch etwas größer bemessen als der größere der beiden neuen Geräte. Im Mittel dauerte ein Brennvorangang 10 Stunden und die mittlere Betriebsleistung lag bei 8,9 kW. Das ist ca. 50 % der Maximalleistung.

Heruntergerechnet auf die neuen Öfen liegen die Betriebsleistungen bei 3,0 kW und 5,3 kW. Mit der Nutzungszeit hochgerechnet ergibt sich ein Jahresenergiebedarf von 2.900 kWh/a

3.4 Sonstige Verbraucher

Mit Hilfe der Planunterlagen wurde raumweise die installierte Leistung der Beleuchtung bestimmt. Aus der Befragung wurden Betriebszeiten abgeschätzt. Bei einer installierten Lampenleistung von 8,6 kW ergibt sich für die Beleuchtung eine benötigte Energiemenge von ca. 12.800 kWh/a.

Die anderen Elektrogeräte wie die Entfeuchtung im Keller, die PCs, Drucker, Spülmaschine, Radios usw. benötigen zusammen weitere knapp 5000 kWh/a Strom.

Dazu kommt noch die anliegende Garage für die Autos des Fuhrparks. In dieser sind ebenfalls mehrere Leuchtmittel und zwei Elektroheizkörper angebracht. Insgesamt benötigt die Garage eine Energiemenge von ca. 6.900 kWh/a.

3.5 Strombedarfsanalyse

Das Objekt benötigt rechnerisch eine Strommenge von 25 MWh/a plus knapp 7 MWh/a für die benachbarten Garagen. Eine Aufschlüsselung zeigt Abbildung 6.

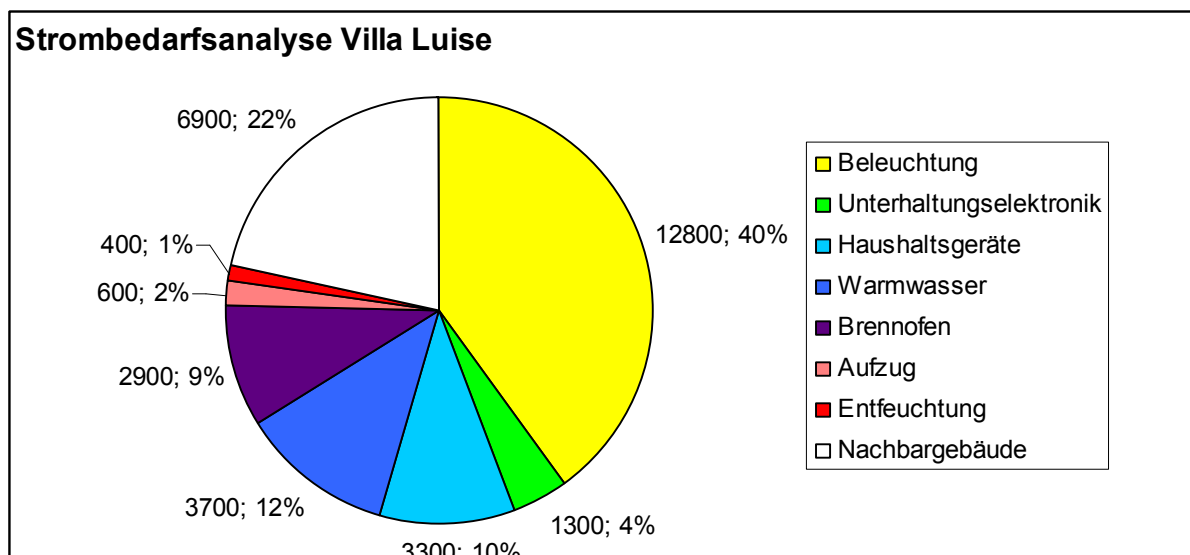


Abbildung 6 Strombedarfsanalyse Villa Luise

Vom Mai 2010 bis zum Mai 2011 wurde eine Energiemenge am Stromzähler der Villa Luise von 37 MWh abgelesen. Unter Anbetracht der notwendigen Schätzungen für die Betriebszeiten und Standby-Verluste ist eine Abweichung von ca. 13% hinreichend.

In Zukunft sollte darauf geachtet werden Standby-Verluste zu vermeiden und die Beleuchtungszeiten zu reduzieren. Vor allem die mit Zeitschaltuhren versehenen Beleuchtungen wiesen sehr lange Laufzeiten auf.

4 Verbrauchsauswertung für die Medien

4.1 Wärme

Den Wärmeverbrauch des Gebäudes im Jahresgang des ersten Jahres nach Modernisierung und Umbau zeigt Abbildung 7.

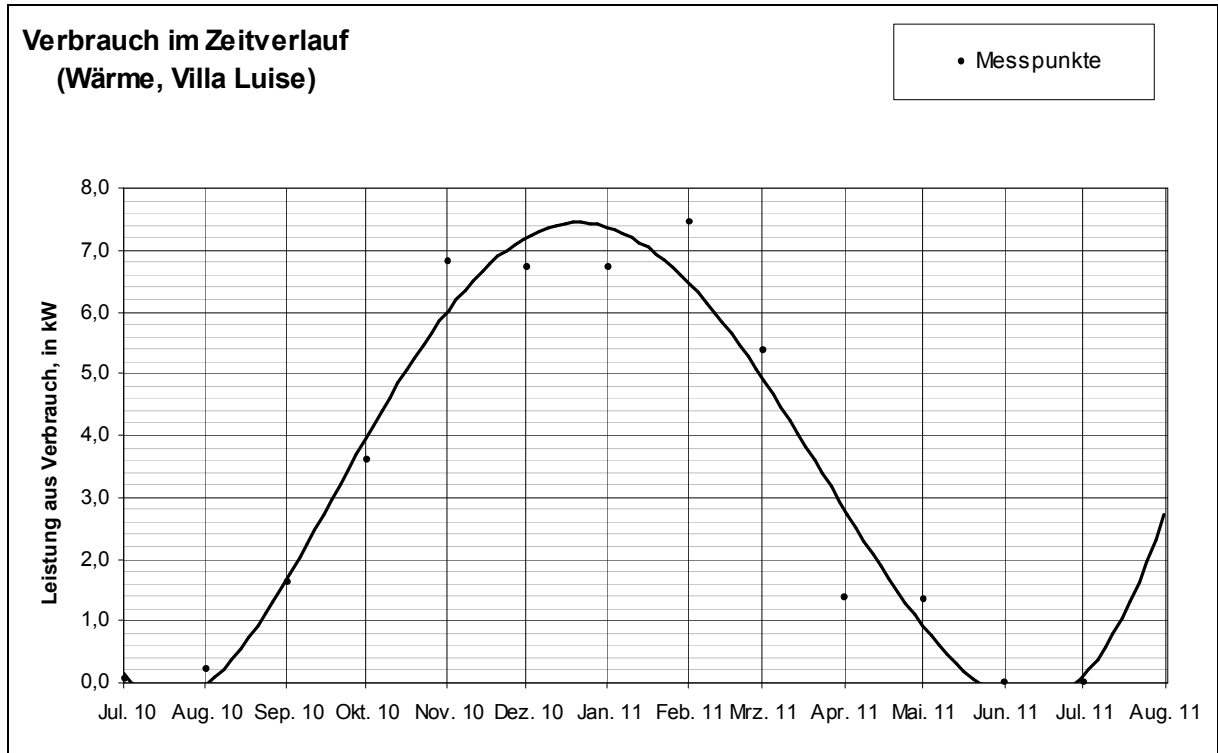


Abbildung 7 Wärmeverbrauch im Jahresgang

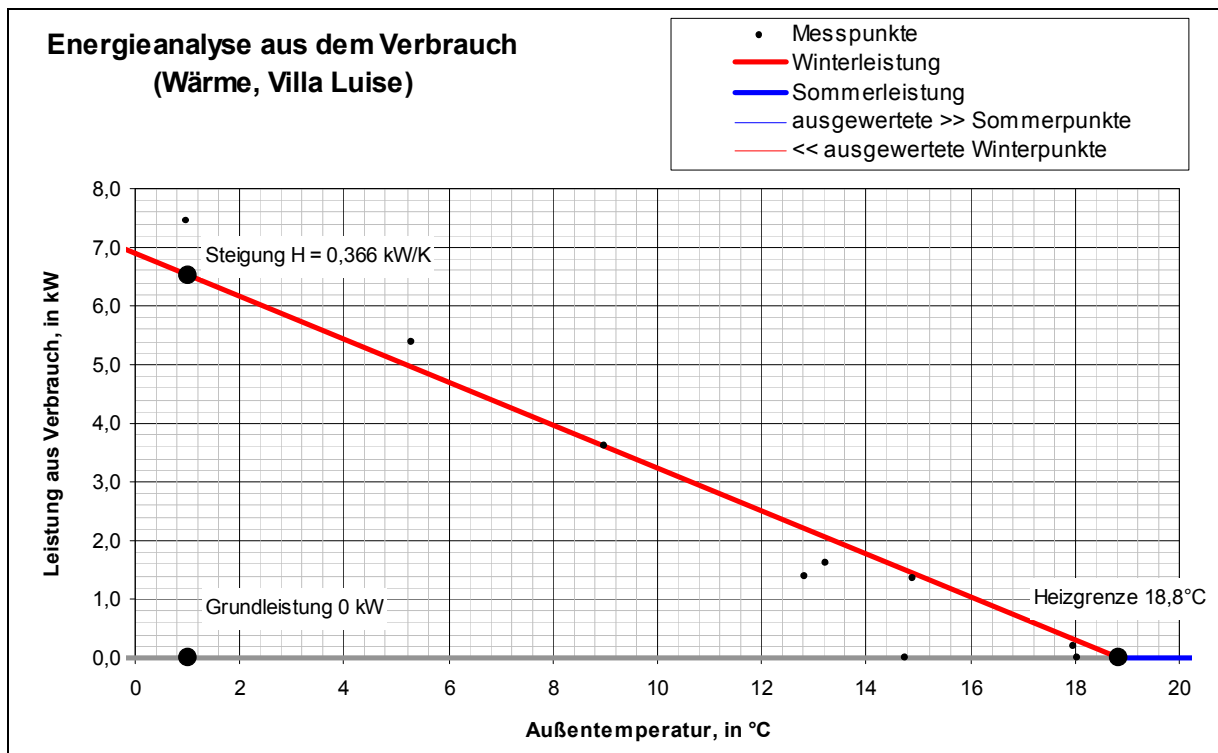


Abbildung 8 EAV für Wärme

EAV

Mit den monatlichen Messdaten des Wärmemengenzählers im Sekundärkreis des Nahwärmeschlusses kann auch eine Energieanalyse aus Verbrauchswerten erstellt werden, siehe Abbildung 8.

Sie zeigt, dass oberhalb einer Außentemperatur von ca. 18,8°C keine Beheizung des Gebäudes mehr erfolgt. Bei Gebäuden mit Warmwasserbereitung würde ab dieser Außentemperatur nur noch Energie für die Trinkwarmwasserbereitung benötigt werden. Dieses wird in diesem Fall dezentral von zwei elektrischen Durchlaufwasserheizern erzeugt.

Anzumerken ist, dass eine Heizgrenztemperatur eines modernisierten Gebäudes von 18,8°C verglichen mit anderen sanierten Bestandsgebäuden relativ hoch ist. Hier kann ggf. eine Nutzerinformation über das Nutzerverhalten in der Übergangszeit künftig zu besseren Werten führen.

Ist es kälter als 18,8°C, erhöht ein Grad Temperaturabfall außen den Leistungsbedarf um jeweils weitere 0,366 kW/K. So dass bei 0°C Außentemperatur etwa 7 kW Dauerleistung benötigt werden.

Vergleich Bedarf und Verbrauch

Der Wärmemengenzähler liegt hinter dem Wärmeübertrager, somit enthält der Messwert von 29.930 kWh im Zeitraum von 1.7.2010 bis 1.7.2011 keine Netzverluste.

Mit Hilfe des IWU-Tools Witterungskorrektur wurden die Daten des Wärmemengenzählers witterungskorrigiert. Der witterungskorrigierte Energieverbrauch für Heizung beträgt 30.700 kWh/a.

Der berechnete Wert liegt bei 32.700 kWh/a für Nahwärme. Dies entspricht ungefähr einer Abweichung von 7 %. Das bedeutet, dass die Verbrauchswerte etwas unter den errechneten Werten liegen. Eine größere Annäherung könnte erreicht werden, wenn die Annahmen zu Innentemperaturen, Lüftung, Wärmeeinträgen usw. noch einmal überarbeitet werden. Darauf wird hier verzichtet, weil die Rechengenauigkeit als ausreichend angesehen wird.

Kennwert

Der Energieverbrauchskennwert für Wärme des Gebäudes (ohne Nahwärmenetz) beträgt 88 kWh/(m²a). Die Modernisierung des Baukörpers ist als gut gelungen einzustufen.

4.2 Strom

Der Stromverbrauch zeigt eine deutliche Abhängigkeit von der Witterung. Das liegt an der mit angeschlossenen Garage, die unterhalb 10 ... 11°C elektrisch beheizt wird.

Vergleich Bedarf und Verbrauch

Die Grundleistung von 2,28 kW führt zu einem Jahresverbrauch der Villa Luise (ohne Beheizung der Garagen) von 20 MWh/a. Das deckt sich gut mit dem theoretischen Wert von 25 MWh/a.

Kennwert

Der Energieverbrauchskennwert für Strom des Gebäudes (ohne Garagen) beträgt 57 kWh/(m²a). Hier sind noch Einsparbemühungen in Zukunft angebracht. Eine Verminderung auf 40 kWh/(m²a) wäre wünschenswert.

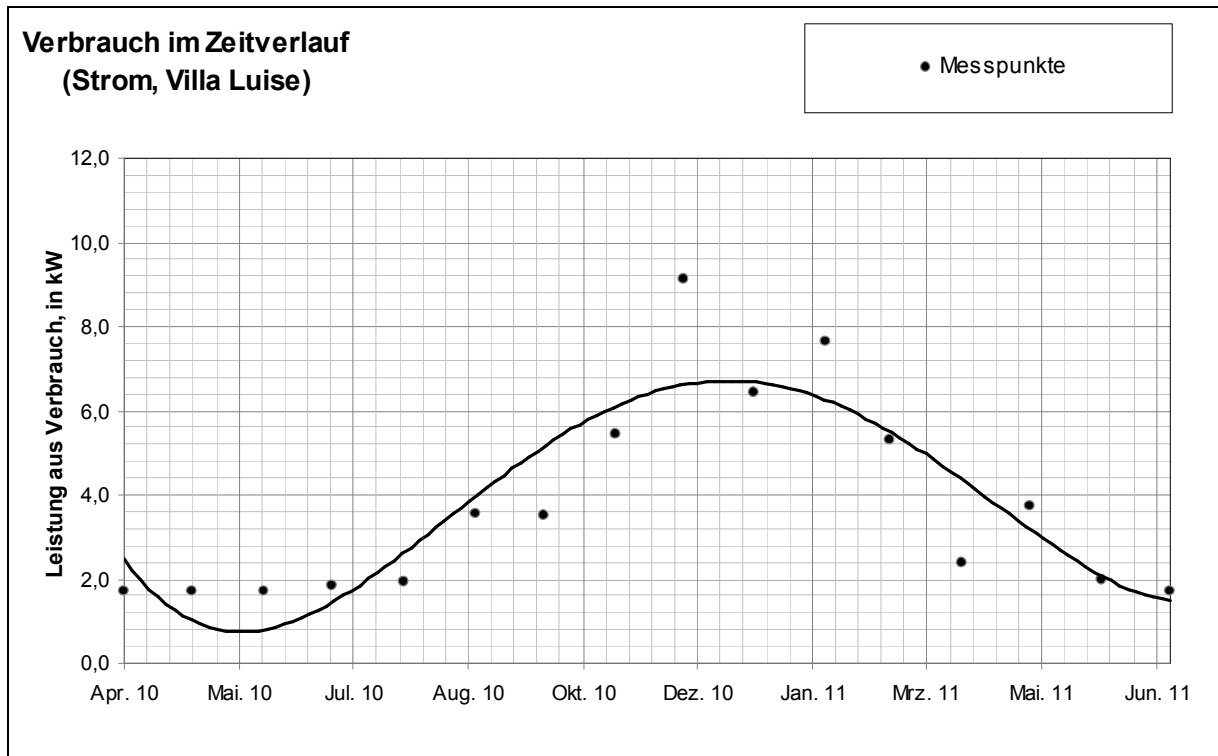


Abbildung 9 Stromverbrauch im Jahresgang

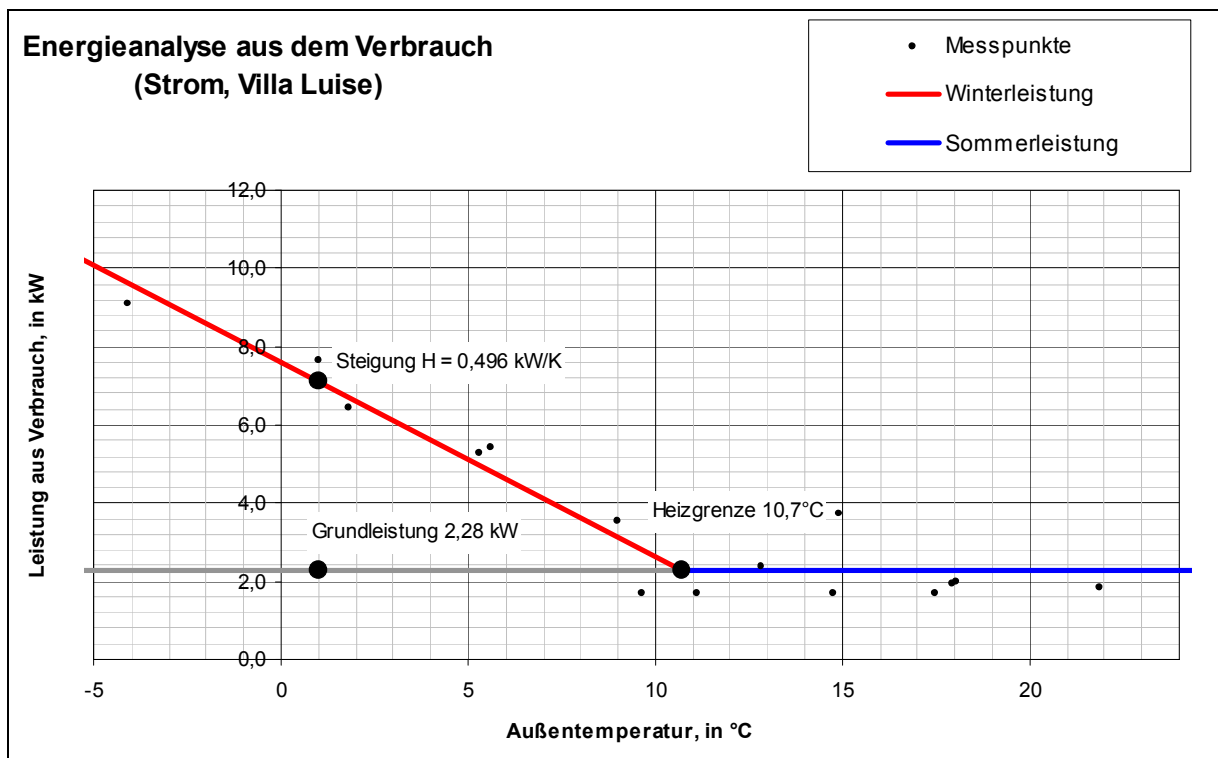


Abbildung 10 EAV für Strom

4.3 Wasser

Der Wasserverbrauch beträgt ca. 171 m³ im Jahr. Das sind etwa 21 l/d je Person bei 200 Arbeitstagen. Dieser Wert ist als gering einzustufen, wenn man davon ausgeht, dass die Bewohner 8 Stunden täglich dort arbeiten.

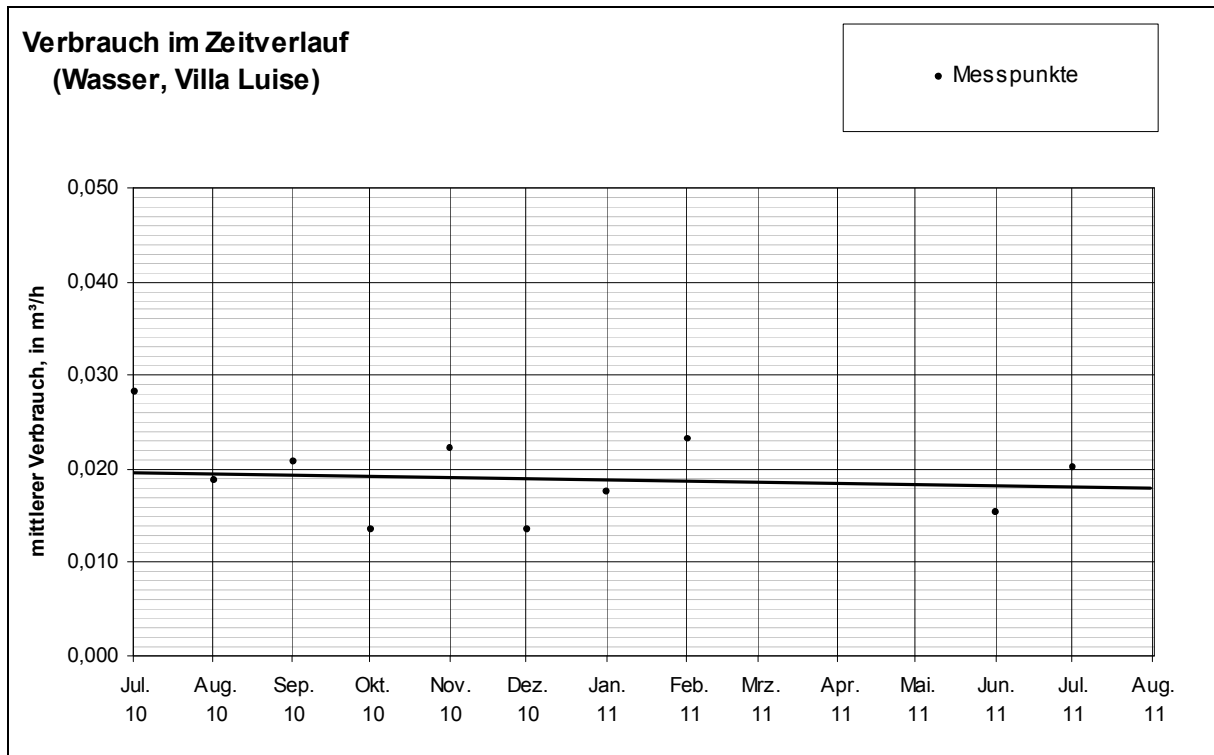


Abbildung 11 Wasserverbrauch im Jahresgang

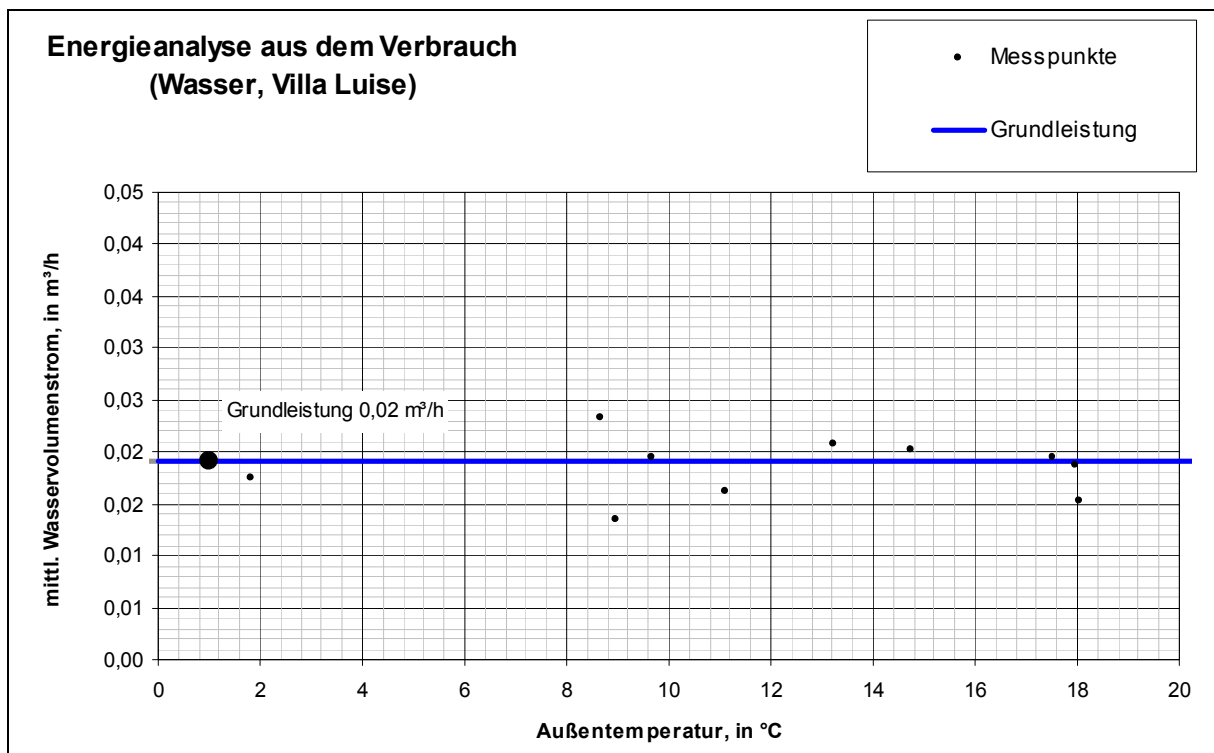


Abbildung 12 EAV für Wasser

Die Tendenz des Verbrauchs ist leicht fallend. Dies wird – kurz nach einer Bauphase – nicht weiter interpretiert. Es können Effekte wirken (Gartenbewässerung nach Bepflanzung, Reinigung usw.), die langfristig nicht wirksam sind.

5 Fazit und Zusammenfassung

Das Gebäude Villa Luise ist das zweite Gebäude in Neuerkerode, nach dem Haus Elm, welches umfassend modernisiert und energetisch saniert wurde. Zu den Kernpunkten dieser Baumaßnahme zählen neben der Umgestaltung des Wohnhauses I in das Künstlerhaus Villa Luise die Dämmung der thermischen Hüllfläche und der Anschluss an die Nahwärmeversorgung.

Mit einem theoretischen Endenergiebedarf von 170 kWh/(m²a) inklusive bzw. 113 kWh/(m²a) exklusive der Verteilverluste des Nahwärmenetzes liegt der Energiebedarf der Villa Luise über den Kennwerten eines Niedrigenergiehauses. Zielwert wäre etwa 100 kWh/(m²a), was durch Nutzerschulung ggf. künftig noch erreichbar ist. Zu der Thematik der künftig zu vermeidenden Nahwärmenetzverluste wird auf den separaten Bericht [4] verwiesen.

Die wärmetechnische Modernisierung der Hülle ist in ihrer Gesamtheit gut gelungen. Hervorzuheben sind die oberste Geschossdecke und die Fenster mit sehr guten Qualitäten. Bei Außenwänden und Kellerdecke hätte die Dämmung jedoch besser sein können, ohne dass hohe Mehrkosten entstanden wären.

Der Stromverbrauch des Gebäudes ist mit 57 kWh/(m²a) ohne die Anteile für die benachbarten Garagen als sehr hoch einzustufen. Hier sind noch Einsparbemühungen in Zukunft angebracht. Eine Verminderung auf 40 kWh/(m²a) wäre für die Nutzung des Gebäudes angemessen. Dazu sollten Betriebszeiten vor allem der Beleuchtung optimiert werden und die elektrische Beheizung der Garage nur im Ausnahmefall eingeschaltet sein.

Der Wasserverbrauch ist als niedrig einzustufen, was positiv hervorgehoben werden soll. Ziel wäre, diesen Kennwert zu halten.

6 Anhang

6.1 Quellen

- [1] Jagnow, K. und Pötschke, C.;
Einzelbericht Wohnhaus I;
DBU-Grundlagenprojekt Neuerkerode; unveröffentlicht; Wolfenbüttel 2008.
- [2] Li, N.
"Einzelbericht Villa Luise"
Projektarbeit; Ostfalia Hochschule; Wolfenbüttel; unveröffentlicht; 2011.
- [3] Miehe, M.
"Analyse der Modernisierungs- und Umbaukosten des Künstlerhauses Villa Luise"
Bachelorarbeit; Ostfalia Hochschule; Wolfenbüttel; unveröffentlicht; 2011.
- [4] Miehe, M., Jagnow, K. und Wolff, D.
"Untersuchung der Wärmeversorgung der Villa Luise"
DBU-Umsetzungsprojekt Neuerkerode; unveröffentlicht; Wolfenbüttel; 2012.

6.2 Separate Anhänge

Als Dateien sind verfügbar

- die Energiebilanzen des Gebäudes nach IWU vor und nach der Modernisierung
- die Energieanalysen der Verbrauchsdaten