

Objekt: VHS Starnberg, Bahnhofplatz 14

Titel

**Energiegutachten**  
Bestimmung des energetischen  
Sanierungspotentials und Bewertung der  
Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen

Auftraggeber

Stadt Starnberg  
Gebäudemanagement

Umfang

19 Seiten

Bearbeitung

Dipl.-Ing. A.Münch / Dr.-Ing. J.Morhenne  
**ISC** INFRA STRUKTUR CONSULTING GmbH  
Lindberghstrasse 10  
82178 Puchheim  
Tel. 0 89 / 32 36 33 0

Puchheim,  
den

12. November 2012



**Inhalt:**

<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>AUFGABE UND ZIEL.....</b>	<b>3</b>
<b>VORGEHENSWEISE .....</b>	<b>4</b>
<b>ISTZUSTAND.....</b>	<b>5</b>
<b>BAULICHE BESCHREIBUNG IM ÜBERBLICK .....</b>	<b>5</b>
<b>BAULICHER ZUSTAND IM DETAIL .....</b>	<b>5</b>
<b>ISTZUSTAND DER TECHNIK.....</b>	<b>6</b>
<i>Beleuchtung</i> .....	6
<i>Heizung</i> .....	6
<i>Warmwasserbereitung</i> .....	6
<i>Lüftung</i> .....	6
<i>Elektrische Verbraucher</i> .....	7
<b>ENERGIEBEDARF DES GEBÄUDES .....</b>	<b>7</b>
<b>MAßNAHMEN IM BAULICHEN BEREICH .....</b>	<b>8</b>
<b>AUßENWAND DÄMMEN .....</b>	<b>9</b>
<b>ERNEUERUNG DER FENSTER .....</b>	<b>11</b>
<b>DACH- BZW. DECKENDÄMMUNG .....</b>	<b>13</b>
<b>MAßNAHMEN IM TECHNISCHEN BEREICH .....</b>	<b>14</b>
<b>HEIZUNGSVERTEILUNG.....</b>	<b>14</b>
<b>HEIZUNGSANLAGE.....</b>	<b>14</b>
<b>ÄNDERUNG DER WARMWASSERBEREITUNG .....</b>	<b>15</b>
<b>ÄNDERUNG DER BELEUCHTUNG.....</b>	<b>15</b>
<b>ALTERNATIVE HEIZWÄRMERZEUGUNG .....</b>	<b>16</b>
<b>BETRIEBSÄNDERUNGEN.....</b>	<b>16</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG VON EINSPARUNG UND KOSTEN .....</b>	<b>17</b>
<b>DURCHFÜHRUNGSPRIORITÄTEN UND ABHÄNGIGKEITEN .....</b>	<b>18</b>
<b>ANHANG: WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNGEN EINZELMAßNAHMEN UND GESAMT .....</b>	<b>19</b>

## **Zusammenfassung**

Das VHS-Gebäude Starnberg weist erhebliches energetisches Sanierungspotential auf, das wirtschaftlich erschlossen werden kann.

Eine umfassende Sanierung ermöglicht eine Energieeinsparung

- von 73% Wärme
- und 58% Strom

Wesentliche Maßnahmen sind, über die Verbesserung der Wärmedämmung der Gebäudehülle (mit Dämmung der Außenwände, neue Fenster und Zusatzdämmung im Dach) hinaus, die Verbesserung der Beleuchtung und die Erneuerung der Heizung.

Die Prioritäten der Sanierung und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen werden aufgezeigt.

## **Aufgabe und Ziel**

Unter dem Druck steigender Energiekosten und der Verantwortlichkeit für den Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgasen, hervorgerufen durch das Verbrennen fossiler Brennstoffe, gilt es mit beschränkten finanziellen Ressourcen ein Maximum an Energieeinsparung und Sanierungseffekten zu erreichen.

Dies bedeutet eine grundlegende Betrachtung der Energieverluste und der baulichen Substanz, um Synergien zu erreichen und langfristige Konzepte zu entwickeln um den Gebäudebestand zukunftsfähig zu machen.

Zukunftsfähigkeit bedeutet, die Gebäude in einer Weise zu ertüchtigen, dass sowohl der finanzielle Spielraum für zu erwartende Steigerungen der Energiekosten erreicht wird, als auch gegen Verknappungen im Energiesektor gerüstet zu sein.

Mit der vorliegenden Studie wird dem Rechnung getragen, in dem der Bestand analysiert wird und auf dieser Betrachtung basierend Konzepte entwickelt werden, die zu einer effektiven Reduktion des Energieverbrauchs führen

## Vorgehensweise

Basierend auf den vorhandenen Bauunterlagen und Baubeschreibungen<sup>1</sup>, enthalten in den Bauakten, aber im Wesentlichen basierend auf einer umfassenden Begehung, wurden Gebäudeinformationen aufgenommen<sup>2</sup>.

Eine Bewertung des Ist-Zustandes wurde mit Berechnungsverfahren DIN V 18599<sup>3</sup> vorgenommen. Die Wahl diese Berechnungsverfahren beruht auch auf der Notwendigkeit, Energiepässe für öffentliche Gebäude zu erzeugen, um den gesetzlichen Auflagen gerecht zu werden.

Da dieses Verfahren in der Regel (dies ist die Erfahrung aus bisher durchgeführten Berechnungen) höhere Verbräuche ausweist, als gemessen wurden, wird die Bewertung der Maßnahmen nicht nach EN 18599, sondern bauteilbezogen vorgenommen. Ein Abgleich mit den Messwerten wird auf Basis von Gradtagszahlkorrekturen für Absenkbetrieb etc. vorgenommen.

Die Berechnung der Fenster erfolgt analog dem PHPP<sup>4</sup>-Verfahren, in dem die solaren Gewinne realistischer bezüglich ihrer Nutzbarkeit gewertet werden, als dies durch das EnEV Verfahren möglich ist. Dies führt dazu, dass keine unrealistischen Einsparungen Berücksichtigung finden.

Die wesentlichen betrachteten Bereiche bezüglich des Energieverbrauchs sind:

1. Bauliche Wärmeverluste durch Transmission
2. Beleuchtung
3. Technische Installationen (Heizung, Warmwasserbereitung)

Im Rahmen der wirtschaftlichen Betrachtung wurde auch die Funktion und Zustand der Anlagen und Bauteile berücksichtigt.

---

<sup>1</sup> Baubeschreibungen sind nicht vorhanden

<sup>2</sup> Planunterlagen original 1939

<sup>3</sup> Das Verfahren der DIN V18599 ist sehr komplex, hat jedoch den Vorteil nicht nur den Bereich der Wärmeversorgung und -verluste zu erfassen, sondern auch die durch andere Anlagen im Gebäude erzeugten Energieverbräuche wie Beleuchtung und Lüftung oder Klimatisierung zu berücksichtigen. Erfahrungsgemäß sind die gemessenen und berechneten Verbräuche jedoch nicht deckungsgleich, da es sich um ein standardisiertes Verfahren handelt. Der gemessene Verbrauch ist in der Regel erheblich niedriger als der berechnete

<sup>4</sup> PHPP -Passivhaus Projektierungsprogramm

## **Istzustand**

Das VHS-Gebäude der Stadt Starnberg ist als Schulgebäude 1939 errichtet worden. Es ist sehr großzügig villenartig erbaut und erinnert vom äußeren wenig an eine Schule sondern - auch durch seine Lage - eher an ein Herrschaftshaus.

## **Bauliche Beschreibung im Überblick**

Das Gebäude ist als fast quadratischer Baukörper mit 3 Vollgeschossen und einem DG als Mansardgeschoß ausgeführt. Es ist nicht unterkellert.

Die Mansarde ist verschiefert und wurde ca. im Jahre 2000 bereits erneuert.

Ein Treppenaufgang zum 1 OG ist rückseitig vorgesetzt.

Zusätzlich wurden nachträglich Metallleitern und Podeste als ergänzende Rettungswege an die Fassade angesetzt.

Auf der Südseite sind auf ganzer Breite Balkone im 1. und 2 OG errichtet.

Im EG ist der Raum unter dem Balkon geschlossen worden. Er dient als Lager / Abstellraum, ist nur von Außen zugänglich und unbeheizt.

Kleinere Balkone existieren auf der Ost- und Nord- und Westseite.

Die Heizung wurde als Schwerkraftanlage gebaut und befindet sich im EG.

Die Heizkörper sind in tiefen Nischen unter den Fenstern untergebracht.

Die Fenster sind teilweise noch im Originalzustand als Kastenfenster mit Sprossenverglasung.

Der Zustand der Fassaden ist gut, es besteht kein augenscheinlicher Sanierungsbedarf, der Anstrich wurde kürzlich erneuert.

Der Wärmeschutz der Fassaden entspricht dem der Erstellung und ist damit unter Berücksichtigung heutiger Anforderungen unzeitgemäß.

Die Fenster wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach Erfordernis erneuert.

Die oberen Fenster in den Gauben der Mansarde wurden Mitte der 90iger Jahre mit der Dacherneuerung getauscht. Teilweise sind noch die ursprünglichen Kastenfenster vorhanden.

Im Dach sind Bauschäden erkennbar. Die innere Bekleidung weist in den Gauben oberhalb der Fenster deutliche Wasserflecken und Durchfeuchtungsschäden auf.

Mögliche Ursache: Kondensat auf Grund von Wärmebrücken oder mangelnde Luftdichtigkeit.

## **Baulicher Zustand im Detail**

Aufgrund fehlenden Datenmaterials wurde der Aufbau der Wände nach Plan und die verwendeten Materialien nach Verfügbarkeit im Erstellungsjahr berücksichtigt. Die U-

Werte der Fassaden sind niedrig und entsprechen nicht mehr heutigen Anforderungen. Sie liegen im Bereich von  $1,2 - 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Sanierungsbedarf ist nicht augenscheinlich erkennbar.

Putz und der Anstrich sind intakt, Nacharbeit ist an Stellen erforderlich, die wegen heute nicht mehr vorhandener Fassadenbegrünung nicht saniert wurden.

Putz-Schäden sind nicht erkennbar.

Die alten Fenster haben keine Dichtung und mangelhaften Anstrich.

Das Dachgeschoss ist im Zuge der Erneuerung verschiefert und wärmegeklämt worden. Der U-Wert wurde mit  $0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$  errechnet. Es bestehen hier Wasserschäden oberhalb der Gaubenfenster.

Zusammenfassend ist festzustellen:

- Wärmedämmung unzureichend
- Baumängel erkennbar

## **Istzustand der Technik**

### **Beleuchtung**

Die Beleuchtung besteht aus unterschiedlichen konventionellen Leuchten und Leuchtmitteln unterschiedlichen Alters und Zustand. Die Beleuchtungsstärke konnte nicht überprüft werden. Es besteht Einsparpotential.

### **Heizung**

Die Beheizung erfolgt über eine zentrale Kesselanlage bestehend aus einem gasbefeueten Niedertemperaturkessel mit 130 kW Baujahr 1994.

Schornsteinfegerprotokolle wurden übergeben und weisen Abgasverluste von 6 % aus. Die Anlage wird mit einer standard witterungsgeführten Regelung betrieben. Es existiert ein Heizkreis für das gesamte Gebäude der über eine Pumpe mit 120Watt bedient wird. Die Anlageneffizienz der Kessel ist bauart- bzw. alterstypisch noch über dem Grenzwert.

### **Warmwasserbereitung**

Die Warmwasserbereitung erfolgt dezentral elektrisch in den WC-Bereichen. Der Verbrauch ist von untergeordneter Größe.

Da es hierzu keine separate Erfassung gibt, lässt sich ein Einsparpotenzial nur schätzen.

### **Lüftung**

Die Lüftung erfolgt über Fensterlüftung. Maschinelle Lüftungstechnik ist nicht vorhanden.

**Elektrische Verbraucher**

Verbraucher mit hohem Stromverbrauch sind nicht vorhanden. Es existiert lediglich Standardbüroausstattung in der Verwaltung und ein PC-Übungsraum. Der Hauptstromverbrauch kommt mit der Beleuchtung zustande, da der Betrieb der VHS auch abends stattfindet.

**Energiebedarf des Gebäudes**

Der gemessene Energiebedarf des Gebäudes beträgt, über drei Perioden gemittelt, für Wärme 143,5 MWh/a, Hierin ist der Erzeugungsverlust der Heizung enthalten  
Umgerechnet auf die Gesamtfläche ergibt sich ein Verbrauch, der mit 143 kWh/m<sup>2</sup>a für die Schule im durchschnittlichen Bereich liegt.  
Inwieweit die untere Etage beheizt wird, ist unklar.

Als Stromverbrauch werden 19.790 kWh/a ausgewiesen.

Der Stromkennwert liegt bei 19,6 kWh/m<sup>2</sup>a,

## Maßnahmen im baulichen Bereich

Die Maßnahmen der energetischen Sanierung orientieren sich zum einen an den Anforderungen an einen zukunftsweisenden Wärmeschutz, zum anderen auch an den durch Fördermittelgeber (KfW) orientierten Mindestanforderungen.

Die Mindestanforderungen der KfW beinhalten ambitionierte Dämmstärken für einen baulichen Wärmeschutz, sie sind mittlerweile durch das heute machbare gekennzeichnet und kommen in den Bereich des Passivhauses

Die Umsetzung eines Passivhausstandards in der Sanierung erfordert jedoch einen erheblichen Umfang, der nicht nur in Verbesserungen der Fassade und der Außenbauteile begründet liegt. Wärmebrücken sind teilweise unvermeidbar und müssten deshalb durch erhöhte Dämmung an anderer Stelle ausgeglichen werden, was die Kosten erhöht.

Einige Bauteile sind innerhalb einer Sanierung auch gar nicht erreichbar, wie z.B. Böden gegen Erdreich, oder nur mit erheblichen baulichen Veränderungen erreichbar, wie z.B. Gauben.

Deshalb beschränken sich die hier vorgeschlagenen Maßnahmen auf das wirtschaftlich Sinnvolle und Umsetzbare. Die von der KfW genannten Mindestanforderungen werden versucht einzuhalten um eventuelle Förderungen nicht zu verwirken.

Die folgende Übersicht zeigt die geforderten U-Werte zum Erhalt einer KfW Förderung. (Anforderung Energieeffizient Sanieren, Mindestanforderungen Stand 4/2012)

- Wärmedämmung Wand 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Innendämmung Wand (Denkmal) 0,45 W/m<sup>2</sup>K
- Wand gegen unbeheizt 0,25 W/m<sup>2</sup>K
- Wand gegen Erdreich 0,25 W/m<sup>2</sup>K
- Dachflächen Schrägdach 0,14 W/m<sup>2</sup>K
- Gaubendächer 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Flachdach 0,14 W/m<sup>2</sup>K
- Decken oberste Geschossdecke 0,14 W/m<sup>2</sup>K
- Kellerdecke 0,25 W/m<sup>2</sup>K
- Decke gegen Außenluft 0,2 W/m<sup>2</sup>K
- Fenster /Terrassentüren 0,95 W/m<sup>2</sup>K
- Fenster mit Sonderverglasung 1,3 W/m<sup>2</sup>K
- Dachflächenfenster 1,0 W/m<sup>2</sup>K
- Fenster Denkmal 1,4 W/m<sup>2</sup>K
- Haustür 1,3 W/m<sup>2</sup>K



Zum Vergleich die Mindestanforderungen der EnEV<sup>5</sup>.

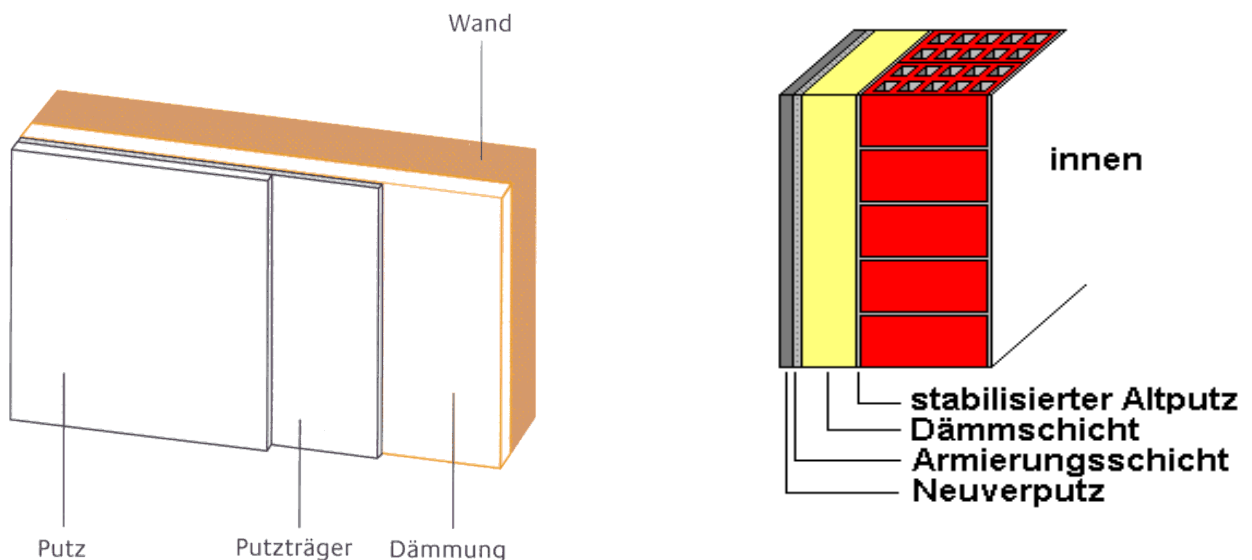
Diese gehen von Mindest U-Werten der jeweiligen Konstruktion aus und berücksichtigen die vorhandene Substanz:

Bauteil	Einbauzustand	vorhandener U – Wert W/m <sup>2</sup> K	maximaler U-Wert EnEV in W/m <sup>2</sup> K
Kellerdecke	gegen unbeheizte Räume unterhalb	1,35	$\leq 0,40$
Wandfläche	gegen Außenluft	0,99	$\leq 0,35$ (0,45) <sup>6</sup>
Dachfläche,	gegen Außenluft	0,57	$\leq 0,30$ (0,25)
Fenster	gegen Außenluft	4,7-3,1-1,5	$\leq 1,30$

### Außenwand dämmen

Wand gegen Außenluft mit >160mm dämmen, neuer U-Wert:  $\sim 0,19$  W/m<sup>2</sup>K (Dämmstoff WLG 035)<sup>7</sup>

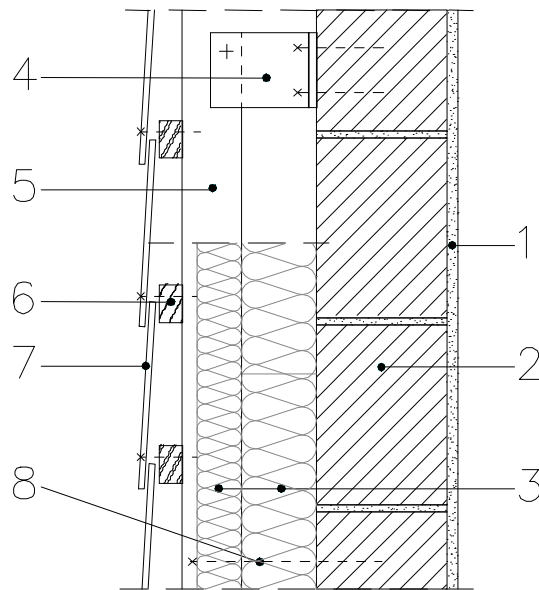
Die bestehenden Wände sollten mit einer Wärmedämmung mit einer Dämmstärke von 16cm (Mineralwolle) (WLG 035) versehen und dann neu verputzt (Wärmedämmverbundsystem) oder mit einer Vorsatzschale verkleidet werden.



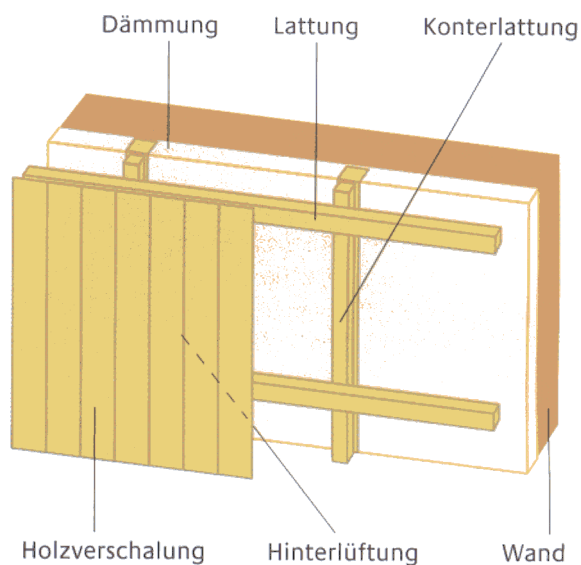
<sup>5</sup> Bei Durchführung von Maßnahmen an der Fassade in einem Umfang der über Streichen und Ausbesserung hinausgeht, müssen diese Mindestanforderungen umgesetzt werden.

<sup>6</sup> abhängig von der Konstruktion 0,35 bei Putzerneuerung mit Anbringen von Dämmstoffen, Vorhangfassaden, 0,45 bei Innendämmung; beim Dach 0,30 für Schrägdach und 0,25 bei Flachdach

<sup>7</sup> unter Berücksichtigung der Wärmebrückenaufschläge wird zur Berechnung der Einsparung ein Wert von 0,25 W/m<sup>2</sup>K angesetzt



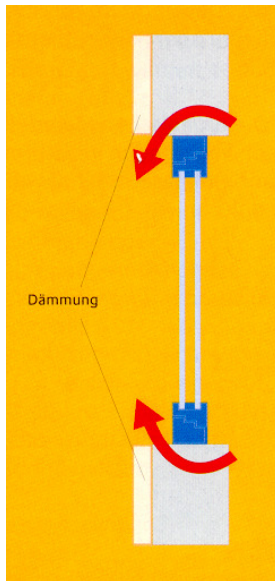
- |       |  |
|-------|--|
| 1     | Innenputz  |
| 2     | Mauerwerk<br>Ziegel  |
| 3     | Dämmung WLG<br>035   |
| 4 u 5 | ein oder<br>zweilagig<br>vlieskaschiert                          |
| 6     | Rahmenhölzer<br>mit Befestigung                                  |
| 7     | Schalung als<br>Lattung<br>oder<br>Verbretterung<br>hinterlüftet |
| 8     | Anpressdübel für<br>Dämmung                                      |



Die äußere Erscheinung des Hauses kann damit attraktiv gestaltet werden, das Gebäude wird damit zukunftsfähig. Im Spritzbereich des Erdreichs sind Perimeterdämmplatten zu verwenden. Lücken zwischen der Perimeterdämmung und der Außenwanddämmung sind zu vermeiden.

Mit 16cm Dämmstoff der WLG 035 ergibt sich ein neuer U-Wert: von  $\sim 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ , (vorher ca.  $1,3\text{-}1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Zur Vermeidung von Feuchte- und Schimmelbildung ist es wichtig, die Fensterlaibungen einzuziehen (hier wird jedoch eine verringerte Dämmstoffdicke ca. 2-3 cm verlegt ( bis zur Rahmenkante)).



vgl. hierzu auch die Fenstererneuerung

**Kosten:** ca. 135 €/m<sup>2</sup> im Bereich WDVS, 175 €/m<sup>2</sup> als Vorsatzschale.

Die Durchführung dieser Sanierungsmaßnahme hat folgende positive Aspekte:

- gute Dämmung und damit dauerhaft niedrige Energiekosten
- höhere Oberflächentemperaturen an der Innenseite der Wände und damit höherer Komfort
- kaum Änderung des äußeren Erscheinungsbildes des Hauses trotz guter Dämmung
- die Speicherfähigkeit der Wände bleibt erhalten
- die Heizperiode wird verkürzt, Anlagenverluste der Heizung können zusätzlich reduziert werden

### Einschränkungen in der Sanierung der Wände

Durch die Balkone verbleiben Wärmebrücken, die durch die Fassadendämmung nicht beseitigt werden.

### Erneuerung der Fenster

Fenster/Türen sind teilweise erneuert bzw. stammen aus unterschiedlichen Sanierungen. Im Dach und 1.OG befinden sich ältere 2-fach Gläser mit U-Wert 1,7W/m<sup>2</sup>K. Im EG sind noch Ursprungsfenster vorhanden.

Es wird empfohlen, die Fenster zu tauschen, sobald sie blind bzw. defekt werden, die ganz alten sollten direkt erneuert werden.

Hierfür wird 3-fach Glas mit U-Wert 1,0W/m<sup>2</sup>K für das Gesamtelement empfohlen

Die Fenster sollten darüber hinaus in ihrer Größe so angepasst werden, dass eine Außendämmung einschließlich der Laibungen angebracht werden kann (in den Laibungen sollten 2-3cm Dämmstoff eingeplant werden).

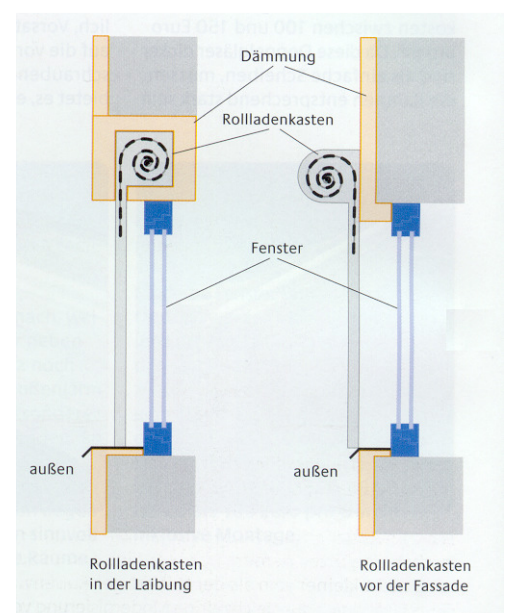
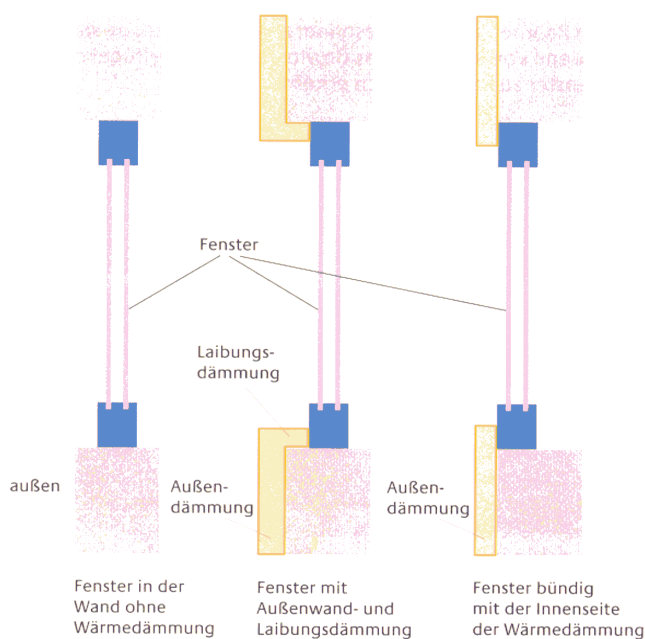
Der neue U-Wert für Glas und Rahmen sollte mindestens 1,0 W/m<sup>2</sup>K betragen (nur Glas <0,7 W/m<sup>2</sup>K). Bisher betrug er 3,5 bzw. 1,7 W/m<sup>2</sup>K).

Der G-Wert des Glases beeinflusst die solaren Gewinne des Hauses; im Schulbereich ist jedoch Überhitzung speziell auf der Süd- Ost und Westseite ein größeres Problem, da die internen Lasten (Personenwärme) erheblich sind.

Um Kühlung zu vermeiden, sollte eine Kühllastberechnung durchgeführt werden, um Verschattung und Energieeintrag des Fensters aufeinander abzustimmen.

Eventuell ist es sinnvoll, Sonnenschutzgläser einzubauen. Die weitere Nutzung und die Nutzungszeit muss ebenfalls berücksichtigt werden.

Werden Außendämmung und Fenstererneuerung zeitgleich durchgeführt, kann die Einbausituation der Fenster optimiert werden. Optimal ist eine möglichst große Überdämmung der Rahmen mit hoher Dämmstärke und eine Position an der Dämmebene.



**Kosten:** für Fenstererneuerung: ca. 500 €/m<sup>2</sup>,<sup>8</sup>

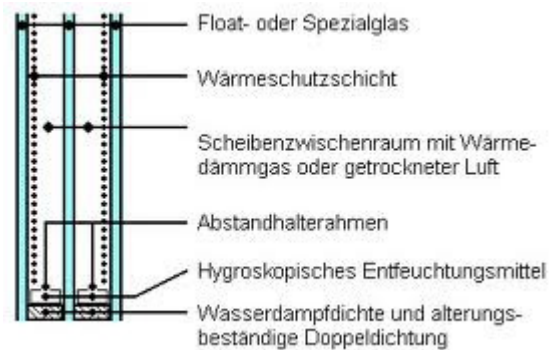
Mehrkosten entstehen bei notwendigem Austausch keine.

Der Komfort der Räume wird erheblich erhöht, da die Umschließungsflächen in der Temperatur erheblich steigen und diese Temperatur großen Einfluss auf das Wohlbefinden hat.

Bei Wärmeschutzverglasungen ist die innere Scheibe mit einer wärmerespektierenden Schicht bedampft. Der Scheibenzwischenraum ist mit einem wärmedämmenden Edelgas gefüllt.

<sup>8</sup> höhere Preise sind bei Sonnenschutzverglasungen möglich, Grundlage ist ein Standardrahmen entspr. EnEV keine Fassadenkonstruktion bzw. Alu-Verbundsysteme

Die nachstehende Grafik zeigt das Prinzip der Wärmeschutzverglasung:



### Dach- bzw. Deckendämmung

Die Dämmung des Gebäudes nach oben erfolgt günstigerweise auf der oberen Geschossdecke, da diese nicht begehbar ist und auch nicht genutzt werden kann. Sanierungsmaßnahmen sind unter diesen Bedingungen mit sehr geringen Kosten verbunden.

Möglich ist es, auf der oberen Decke Mineralwolle auszurollen (Rollenware) oder Schüttdämmstoff ein- bzw aufzublasen.

Die Tragfähigkeit der Deckenbeplankung ist jedoch immer zu prüfen.

Die Effizienz dieser Maßnahme ist, bezogen auf den geringen Kapitaleinsatz, erheblich. Es stellt die Maßnahme mit bestem Kosten/Nutzenverhältnis dar.

Trotz der existierenden Dämmung von 10 cm, kann hier kostengünstig nachgedämmt werden. Empfohlen werden 14 cm zusätzlicher Dämmstoff.

- Angesetzte Kosten: 25 € / m<sup>2</sup>
- Einsparung: > 2.570kWh/a

Die Dämmung der Mansardenseite erfolgte bereits mit der Dacherneuerung.

Eine weitere zusätzliche Dämmung ist hier wirtschaftlich nicht sinnvoll, da der Aufwand hierfür sehr hoch wäre (Öffnung der Konstruktion).

Auf Grund der Feuchteschäden oberhalb der Gaubenfenster ist hier trotzdem Handlungsbedarf. Es wird empfohlen, exemplarisch ein Feld zu öffnen, um den konstruktiven Aufbau zu prüfen und die mögliche Schadensursache festzustellen. Erst dann kann endgültig entschieden werden, wie die Schäden in diesem Bereich zu beseitigen sind.

Mögliche Ursache kann mangelnde Luftdichtigkeit sein (Kondensation), oder eine Wärmebrücke oberhalb des Fensters mit ähnlichen Auswirkungen, oder mangelnde Abdichtung am Dach.

Um die Ursache zu ergründen, wird eine thermografische Prüfung dieses Bereiches im Winter empfohlen

## **Maßnahmen im technischen Bereich**

### **Heizungsverteilung**

Die Wärmeverteilung basiert auf der ursprünglichen Schwerkraftinstallation. Diese ist durch große Rohrquerschnitte und großen Wasserinhalt gekennzeichnet. Daher ist der Leitungswiderstand eher gering und ein hydraulischer Abgleich des Leitungsnetzes, der für eine neue Heizungsanlage unabdingbar ist, kann meist nur über voreinstellbare Heizkörperthermostatventile erzielt werden.

Es wird daher empfohlen, die Thermostate samt Ventilunterteilen gegen voreingestellte zu tauschen.

Voreingestellte Ventile lassen nur soviel Heizwasser durch, wie für die Wärmeleistung des Heizkörpers erforderlich ist. Die Überheizung der Räume kann so reduziert werden.

Die augenscheinlich groß dimensionierte Pumpe sollte dann gegen eine druckgeregelte Energiespar-Pumpe getauscht werden.

Zur Auslegung sollte der Druckverlust des Leitungssystems jedoch zumindest grob bestimmt werden.

Bedarfsgerechte druckgeregelte Pumpen verbessern auch Strömungsrauschen und Fliessgeräusche, da konventionelle Pumpen nur selten in ihren Auslegungspunkt arbeiten, und zu 90% der Zeit nicht den Nennmassenstrom fördern.

Der Stromverbrauch kann mit Energiesparpumpen auf ca. 1/3 gesenkt werden.

Eine Temperaturregung durch Mischer nach einer Verbesserung des Wärmeschutzes wird energetisch als nicht erforderlich angesehen, da Mischer eine höhere Erzeugungstemperatur benötigen, um regeln zu können.

Auf Betrieb mit abgesenkten Vorlauftemperaturen in Nichtnutzungszeiten sollte zu Gunsten einer Abschaltung des Netzes verzichtet werden.

Die Einsparungen durch reduzierte Netzverluste sind erheblich, in einzelnen Projekten konnte durch solche hydraulische Sanierungen eine Einsparung von 30% (Wärme) erreicht werden.

Die Einsparungen im Stromverbrauch erreichen konservativ betrachtet 50%, sie können jedoch meist bis auf Neubauniveau gebracht werden (0,5 kWh/m<sup>2</sup>a).

Kosten: 60€ je Thermostatventil / 600 € für die Pumpe

(Anmerkung: die Pumpe hat ihre Lebensdauer schon überschritten)

### **Heizungsanlage**

Bei Ausfall der Heizung oder des Brenners sollte der Kessel erneuert werden.

Empfohlen wird ein Brennwertgerät.

Die Leistung sollte je nach Durchführung und Planung von weiteren Sanierungsmaßnahmen abhängig gemacht werden.

Die jetzige Auslegung ist nach der Sanierung des Daches im Jahre 2000 schon leicht überdimensioniert.

Für den Einsatz von Brennwerttechnik sind die zuvor beschriebenen Maßnahmen bzgl. des Heiznetzes zwingend erforderlich, da ansonsten der Brennwerteffekt nicht zustande kommt.

Eine Kesselerneuerung spart 15% Energie.

Bei Ausfall des Altgerätes fallen lediglich Zusatzkosten an. Diese betragen für die Abgasanlage (in der Regel zugelassenes Kunststoffrohr zum Einbau in den vorhandenen Kamin) ca. 1500,-€.

Des Weiteren muss ein Kondensatablauf (Anschluss an bestehende Abwasserleitung) sowie - abhängig von der jeweiligen Ortsatzung - eine Neutralisationseinrichtung für das Kondensatabwasser gebaut werden.

### **Änderung der Warmwasserbereitung**

Die Warmwassererzeugung hat nur geringes Potenzial, da sie verbrauchsnahe dezentral erfolgt. Eine Einsparung kann nur durch Kleindurchlauferhitzer erzielt werden, die keine Bereitschaftsverluste haben.

Hierzu ist jedoch die Elektrik auf den Anschluss von derartigen Geräten zu überprüfen. Untertischgeräte und Kleinspeicher sind auf Grund mangelnder Isolierung mit hohen Wärmeverlusten behaftet.

### **Änderung der Beleuchtung**

Eine Beleuchtungserneuerung ist in der Regel wirtschaftlich, wenn von einem typischen Nutzerverhalten ausgegangen wird:

- Licht wird auch bei ausreichender Helligkeit nicht ausgeschaltet (Gewöhnung)
- Licht wird trotz ausreichender Helligkeit eingeschaltet
- Licht bleibt häufig bei Nichtnutzung der Räume an

Technische Installationen können dieses energetisch nicht optimale Verhalten ausgleichen. Notwendig ist dazu die Installation eines Präsenzmelders und eines Helligkeitssensors. Die Beleuchtung ist tageslichtabhängig zu dimmen und zwar unterschiedlich für den wand- und fensternahen Bereich.

Zu installieren sind verspiegelte Prismenleuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten.

Als notwendige Leistung pro m<sup>2</sup> werden maximal 7 W als Grenzwert angesehen; Flure sollten wegen der niedrigeren Anforderungen mit 4 W/m<sup>2</sup> ausreichend beleuchtet sein.

Einsparung: ca. 11.450 kWh/a

Investitionssumme: ca. 31.400 €.

### **Alternative Heizwärmeerzeugung**

Alternative Heizwärmeerzeugung durch Biomassenutzung oder Wärmepumpen sind Optionen, die im Rahmen eines Umsetzungskonzeptes zu prüfen sind.

Der Einsatz von Wärmepumpen ist nur effektiv in Niedertemperaturanwendungen  $T < 40\text{ °C}$ , (Fußbodenheizung), kommt hier also nicht in Betracht.

Der Einsatz eines gasbetriebenen BHKW's kann geprüft werden. Ein wirtschaftlicher Einsatz ist hier wahrscheinlich nicht möglich, da die elektrische Dauerleistung bei Durchführung von weiteren Sanierungen (Beleuchtung) sich noch weiter reduziert.

Wirtschaftlich werden Anwendungen, die für Strom als auch für Wärme den Eigenverbrauch sicherstellen, dies bei Laufzeiten größer als 6000 Std/a. Beide Voraussetzung sind im Objekt derzeit nicht gegeben..

Biomasseverbrennung ist eine Option, die im Hinblick auf Wartung und Verfügbarkeit des Brennstoffes zu prüfen ist; da diese an keine Temperaturanforderungen des Heizsystems gebunden und nur von den örtlichen Begebenheiten abhängig ist. Im städtischen Umfeld sind Verbrennungsprozesse allerdings wegen ihrer Emissionen stets problematisch. Sie setzen auch eine größere Betreuung voraus, die hier nicht gewährleistet ist.

### **Betriebsänderungen**

Inwieweit PC's z.B. in Computerräumen bei Nichtnutzung abgeschaltet werden, ist nicht bekannt. Aus der Bewertung der Verbräuche ist kein entsprechender Mehrverbrauch erkennbar. Stand-by Verbräuche dürften daher hier nur von untergeordneter Größe sein.

Es wird empfohlen, einen zusätzlichen zentralen Schalter zu realisieren, der auch sicherstellt, dass außerhalb der Nutzungszeiten alle Geräte stromlos sind. Eine Einsparung hierzu wurde nicht bewertet.



## Zusammenfassung von Einsparung und Kosten

Die folgende Tabelle zeigt die Maßnahmen, deren Einsparung und Kosten sowie die berechnete Vermeidung von Treibhausgas (CO<sub>2</sub>).

Maßnahmen	Nominelle Einsparung kWh/a	Maßnahmen-Kosten €	Einsparung CO2 kg	Einsparung monetär €
Wärmedämmung Decke/Dach	2.569	5.256	653	199
neue Fenster	21.361	56.910	5.426	1.658
Wärmedämmung Wand	68.995	63.866	17.525	5.354
Heizungsaustausch	21.525	20.000	5.467	1.670
Beleuchtungssanierung	11.447	31.364	7.155	2.142
<b>Summe</b>	<b>125.898</b>	<b>177.395</b>	<b>36.225</b>	<b>11.023</b>

Die berechneten Einsparungen wurden auf Basis der Begehung und der aufgenommenen Daten erstellt.

Da Pläne insbesondere der technischen Systeme fehlen oder diese nicht dem aktuellen Stand angepasst wurden, beruhen die angegebenen Kosten und Einsparungen teilweise auf typischen Werten und Daten aus durchgeführten Projekten<sup>9</sup>.

Unwägbarkeiten sind daher einzukalkulieren, wenn Budgets für die Maßnahmen bereitgestellt werden sollen.

<sup>9</sup> Siehe z.B. <http://www.wupperinst.org/solarundsparr>

## **Durchführungsprioritäten und Abhängigkeiten**

Grundsätzlich ist eine Durchführung von Einzelmaßnahmen unabhängig voneinander möglich, sie wird jedoch nicht angeraten.

Dies wurde bereits im vorstehenden Text im Bereich der Fenstererneuerung und im Bereich Heizungserneuerung ausgedrückt.

Fassade und Fenster sollten in der Sanierung möglichst aufeinander abgestimmt werden.

Im baulichen Bereich kann nur die Wärmedämmung der obersten Geschossdecken ohne Einfluss auf andere Bereiche durchgeführt werden, sofern sie vor den anderen durchgeführt wird.

Die Hydrauliksanierung ist eine Maßnahme, die den baulichen Zustand der Fassaden berücksichtigen muss und erst im Anschluss an eine Fassaden-/Dach- etc-Sanierung erfolgen sollte. Andernfalls müssten Teilleistungen wiederholt werden, z.B. der Wärmebedarf müsste neu gerechnet und die Wassermengen müssten an jedem Heizkörper neu eingestellt werden.

Die Heizung ist ein Anlagenteil, dessen Erneuerung möglichst ans Ende der Sanierung gestellt werden sollte.

Die Maßnahmen im Bereich Beleuchtung und Lüftung können unabhängig von anderen Maßnahmen erfolgen.

## Anhang: Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Einzelmaßnahmen und gesamt

Objekt: STA / VHS Starnberg, Bahnhofplatz 14

Index Strom 5% p.a.

Kostenschätzungen (Maßnahmenkosten, ohne Ingenieur-/ Planungskosten)

Index Gas 7% p.a.

Maßnahmen	Nominelle Einsparung kWh/a	Kosten Maßnahmen in Euro	Einsparung CO2 kg p.a.	Einsparung monetär Euro p.a.	Opportunitätsfaktor (auf Sowiesokosten entfallender Anteil)	Opportunitätskosten (Anteil altersbedingter Kosten an Maßnahmekosten)	Anteilbetrag von Maßnahmekosten für Energieeinsparung	ROI auf gesamte Maßnahmenkosten zu heutigen Preisen (Jahre)	Index-Hochrechnung <sup>2</sup> der Einsparung p.a. (zu Energiepreisen in ca. 10 Jahren)	<sup>2</sup> dto. nach 12 Jahren
Wärmedämmung Decke/Dach	2.569	5.256,00 €	653	199,00 €	0	0,00 €	5.256,00 €	26,4	391,46 €	448,19 €
neue Fenster	21.361	56.910,00 €	5.426	1.658,00 €	0,75	42.682,50 €	14.227,50 €	34,3	3.261,54 €	3.734,13 €
Wärmedämmung Wand	68.995	63.866,00 €	17.525	5.354,00 €	0	0,00 €	63.866,00 €	nicht bewertet	10.532,13 €	12.058,23 €
<b>Summe Gebäudehülle</b>	<b>92.925</b>	<b>126.032,00 €</b>	<b>23.604</b>	<b>7.211,00 €</b>		<b>42.682,50 €</b>	<b>83.349,50 €</b>	<b>17,5</b>	<b>14.185,13 €</b>	<b>16.240,55 €</b>
Heizungsaustausch	21.525	20.000,00 €	5.467	1.670,00 €	0,5	10.000,00 €	10.000,00 €	12,0	3.285,14 €	3.761,16 €
Beleuchtungssanierung	11.447	31.364,00 €	7.155	2.142,00 €	0,66	20.700,24 €	10.663,76 €	14,6	3.489,09 €	3.846,72 €
<b>Summe Gebäudetechnik</b>	<b>32.972</b>	<b>51.364,00 €</b>	<b>12.622</b>	<b>3.812,00 €</b>		<b>30.700,24 €</b>	<b>20.663,76 €</b>	<b>13,5</b>	<b>6.774,24 €</b>	<b>7.607,88 €</b>
<b>Summe</b>	<b>125.897</b>	<b>177.396</b>	<b>36.226</b>	<b>11.023</b>		<b>73.382,74 €</b>	<b>104.013,26 €</b>	<b>16,1</b>	<b>20.959,36 €</b>	<b>23.848,44 €</b>

ROI*-Berechnung auf den Energieeinspar-Anteil				
Gebäudehülle	ROI ohne Förderung	11,6	7,8	4,6
	ROI bei 25% Förderung	8,7	5,8	3,5
Gebäudetechnik	ROI ohne Förderung	5,4	3,9	3,6
	ROI bei 25% Förderung	4,1	2,9	2,7

ROI\* berechnet auf die expliziten Kosten für Energieeinsparmaßnahmen (Maßnahmenkosten minus Opportunitätskosten)

<sup>2</sup> ) berechnet mit Teuerungsfaktor Strom:	5% p.a.	Teuerungsfaktor Wärme (Gas / Öl)	7% p.a.
---	---------	----------------------------------	---------