

Objekt: Rathaus Sarnberg, Am Vogelanger 2

Titel

Energiegutachten

Bestimmung des energetischen Sanierungspotentials und Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen

Auftraggeber

Stadt Sarnberg
Gebäudemanagement

Architekt



Umfang

22 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 - 10

Puchheim,
den

11. November 2012

Inhalt:

AUFGABE UND ZIEL	3
VORGEHENSWEISE	4
ISTZUSTAND	5
BAULICHE BESCHREIBUNG IM ÜBERBLICK:	5
BAULICHER ZUSTAND IM DETAIL	5
ISTZUSTAND DER TECHNIK	6
BELEUCHTUNG	6
HEIZUNG	6
WARMWASSERBEREITUNG	6
LÜFTUNG	6
ELEKTRISCHE VERBRAUCHER	7
ENERGIEBEDARF DES GEBÄUDES	8
MAßNAHMEN IM BAULICHEN BEREICH	9
AUßENWAND DÄMMEN	10
EINSCHRÄNKUNGEN IN DER SANIERUNG DER WÄNDE	12
ERNEUERUNG DER FENSTER	12
DACH- BZW. DECKENDÄMMUNG	14
DÄMMUNG DER KELLERDECKEN	15
MAßNAHMEN IM TECHNISCHEN BEREICH	16
HEIZUNGSVERTEILUNG	16
ÄNDERUNG DER WARMWASSERBEREITUNG	17
ÄNDERUNG DER BELEUCHTUNG	17
ÄNDERUNG DER LÜFTUNGSTECHNIK	17
HEIZUNGSTAUSCH	18
ALTERNATIVE HEIZWÄRMERZEUGUNG	18
FOTOVOLTAIK	19
BETRIEBSÄNDERUNGEN	19
ZUSAMMENFASSUNG VON EINSPARUNG UND KOSTEN	20
DURCHFÜHRUNGSPRIORITÄTEN UND ABHÄNGIGKEITEN	21
ANHANG: WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNGEN EINZELMAßNAHMEN UND GESAMT	22

Zusammenfassung

Das Rathaus Starnberg weist energetisches Sanierungspotential auf, das wirtschaftlich erschlossen werden kann.

Eine umfassende Sanierung ermöglicht eine Energieeinsparung von 28% des aktuellen Wärme- und 29 % des aktuellen Stromverbrauchs.

Wesentliche Maßnahmen sind - über die Verbesserung der Wärmedämmung der Gebäudehülle hinaus - die Verbesserungen an der Beleuchtung.

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

Durch die enge Verzahnung des Gebäudes mit dem Bereich Foyer/Stadtsaal sind weitere Maßnahmen, die auch das Rathaus betreffen, in dem Bericht Foyer/Stadtsaal dargestellt.

Eine Erneuerung der Heizung würde für das Rathaus eine weitere Einsparung von 10% Heizenergie ergeben.

Aufgabe und Ziel

Unter dem Druck von steigenden Energiekosten und der Verantwortlichkeit für den Ausstoß von klimaschädlichen 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, die den kommunalen Gebäudebestand energetisch und wirtschaftlich zukunftsfähig machen.

Zukunftsfähigkeit bedeutet hier, Gebäude energetisch so zu ertüchtigen, dass sowohl der finanzielle Spielraum für erwartbare weitere Steigerungen der Energiekosten erreicht wird, als auch gegen Verknappungen im Energiesektor gerüstet zu sein. Mit der vorliegenden Studie wird dem Rechnung getragen.

Der Bestand wurde analysiert und auf dieser Betrachtung basierend Konzepte entwickelt, die zu einer effektiven Reduktion des Energieverbrauchs führen. Neben der energetischen Betrachtung wird die Wirtschaftlichkeit der möglichen Maßnahmen nach voraussichtlichen Kosten und erzielbaren Einsparungen betrachtet und bewertet.

Vorgehensweise

Basierend auf den vorhandenen Bauunterlagen und Baubeschreibungen¹, enthalten in den Bauakten, aber im Wesentlichen basierend auf einer umfassenden Begehung, wurden Gebäudeinformationen aufgenommen².

Eine Bewertung des Ist-Zustandes wurde mit Berechnungsverfahren DIN V 18599³ 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 PHPP⁴-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. Lüftung
3. Beleuchtung
4. Ausstattungen mit relevantem Energieverbrauch (PCs etc.)
5. Hilfsstrom technischer Anlagen
6. Technische Installationen (Heizung, Warmwasserbereitung)

Bezüglich einer wirtschaftlichen Betrachtung wurde auch die Funktion und der Zustand der Anlagen und Bauteile betrachtet, z.B. durch Messung der Beleuchtungsstärke.

¹ Baubeschreibungen lagen nur wenig aussagekräftig vor

² Planunterlagen Aufnahme 2011

³ Das Verfahren der DIN V18599 ist sehr komplex, hat jedoch den Vorteil, nicht nur den Bereich der Wärmever-sorgung und -verluste zu erfassen, sondern auch die durch andere Anlagen im Gebäude erzeugten Energiever-bräuche wie Beleuchtung und Lüftung oder Klimatisierung zu berücksichtigen. Erfahrungsgemäß sind die ge-messenen und die berechneten Verbräuche jedoch nicht deckungsgleich, da es sich um ein standardisiertes Ver-fahren handelt. Der gemessene Verbrauch ist in der Regel erheblich niedriger als der berechnete.

⁴ PHPP -Passivhaus Projektierungsprogramm

Istzustand

Das Rathaus Starnberg ist gekennzeichnet durch seinen gewachsenen Zustand als konventionelles Bürogebäude

Bauliche Beschreibung im Überblick:

Das Rathaus ist u-förmig gebaut und 4-geschossig. Das DG ist als Mansardgeschoss mit Kupferbekleidung ausgeführt und wurde im Zuge der Erweiterungen in den 90iger Jahren aufgesetzt.

Auf Grund der Hanglage ist das Kellergeschoß zur Südseite über Erdniveau, es wird mit Personalräumen, Post und Werkstätten genutzt.

Ein auf der Ostseite in den Hang angebauter Archivbereich mit Gründach wurde in die Bewertung nicht mit einbezogen, da eine energetische Verbesserung mit hohen Kosten verbunden ist und der Bereich auch nur eingeschränkt auf reduzierter Temperatur beheizt wird.

Der innere Teil des Gebäude-U's ist als verglastes Foyer ausgeführt, welches das Rathaus mit der Schlossberghalle und dem Stadtsaal verbindet.

Dieser Teil wird im Zusammenhang mit der Schlossberghalle und Stadtsaal als separater Bauabschnitt betrachtet.

Der Zustand der Fassaden ist gut, augenscheinlicher Sanierungsbedarf besteht nicht. Der Wärmeschutz der Fassaden entspricht dem zum Zeitpunkt der Erstellung und ist damit unter Berücksichtigung heutiger Anforderungen unzeitgemäß.

Die Fenster wurden in 2009 bis auf das DG erneuert.

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 W/m²K.

Sanierungsbedarf ist nicht augenscheinlich erkennbar. Putz und Anstrich sind intakt, Schäden sind nicht vorhanden.

Das Dachgeschoss ist mit einer Kupferblechbekleidung ausgeführt. Auch hier sind keinerlei Mängel erkennbar.

Zusammenfassend ist festzustellen:

- Die Wärmedämmung ist unzureichend
- Baumängel waren nicht erkennbar

Istzustand der Technik

Beleuchtung

Die Beleuchtung ist mit konventionellen Leuchten und Leuchtmitteln sowie konventionellen Vorschaltgeräten ausgerüstet. Die Beleuchtungsstärke konnte nicht überprüft werden. Es wird davon ausgegangen, dass die Vorgaben der Arbeitsstättenrichtlinie eingehalten sind. Es besteht Einsparpotential.

Heizung

Die Beheizung erfolgt über eine zentrale Kesselanlage, bestehend aus 2 Kesseln mit 370 kW und 285 kW als Niedertemperaturkessel gasbefeuert, Baujahr 1993.

Schornsteinfegerprotokolle wurden übergeben und weisen Abgasverluste von 6 bzw. 7% aus. Die Anlage wird mit einer GLT-Steuerung gefahren und überwacht.

Die Anlageneffizienz der Kessel ist bauart- bzw. alterstypisch noch deutlich über dem Grenzwert.

Die Heizungsverteilung wurde mit der Kesselanlage errichtet.

Die einzelnen Bauteile werden jeweils mit einer Pumpen und Mischerbaugruppe versorgt. Die Auslegung entspricht augenscheinlich dem errechneten Bedarf. Die Pumpen sind als Doppelpumpen ausgeführt, haben baujahrbedingte Anschlussleistung und sind noch nicht erneuert worden.

Unterverteilungen existieren für die Lüftungsanlagen im Bereich des Anbaus Tiefgarage und Schlossberghalle und werden separat betrachtet.

Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung erfolgt dezentral elektrisch in den WC-Bereichen und Teeküchen. Der Verbrauch ist von untergeordneter Größe. Da es hierzu keine separate Erfassung gibt, lässt sich ein Einsparpotenzial nur abschätzen.

Lüftung

Die Lüftung erfolgt über Fensterlüftung. Maschinelle Lüftungstechnik ist in geringem Maße vorhanden. Innenliegende Toiletten und Archivräume werden mittels Strangentlüftern entlüftet.

Im Gesamtverbrauch für Antriebsenergie ist die Lüftungstechnik anteilig gering. Es besteht jedoch wirtschaftliches Einsparpotential.

Bei Ausfall sollten die jetzigen Geräte durch neue energiesparende ersetzt werden.

Elektrische Verbraucher

Verbraucher mit hohem Dauer-Stromverbrauch sind nicht vorhanden. Es existiert lediglich Standardbüroausstattung; Drucker/Kopierer sind als zentrale Geräte im Flur untergebracht. Inwieweit die PC´s nachts ausgeschaltet werden ist nicht bekannt.⁵).

Je Etage existiert noch eine Teeküche mit normaler Ausstattung

Kühlung ist aufgrund der hohen Wärmeabgabe im Serverraum erforderlich.

Hierfür ist ein Splitgerät installiert.

Zwei Aufzüge stellen den behindertengerechten Zugang zum Gebäude sicher.

Hauptverbraucher stellen die Vielzahl der PC´s und der Server mit Kühleinrichtung sowie die Aufzüge dar.

⁵ Der Standby-Verbrauch der Geräte ist nicht unerheblich und beträgt typischerweise mehr als 50% des Verbrauchs im Betrieb.

Energiebedarf des Gebäudes

Der gemessene Energiebedarf des Gebäudes beträgt, über drei Perioden gemittelt, für Wärme: 138,5 MWh/a ohne Erzeugungsverluste,

Erzeugerseitig wurden 14% Verluste errechnet.

Die Erfassung erfolgt über Wärmezähler, wobei die Heizung noch Foyer, Lüftung, und Schlossberghalle sowie Stadtsaal versorgt.

Die Differenz zwischen Bezug und Erfassung kann nur über Durchschnittswerte errechnet werden, da die Ablesung unterschiedliche Perioden beinhaltet.

Zudem sind die Wärmezähler von 1993 und somit deutlich aus der Eichfrist.

Umgerechnet auf die Gesamtfläche ergibt sich ein Verbrauch, der für Verwaltungsgebäude sehr günstig ist, er liegt bei 68,9 kWh/m²a.

Rechnerisch ergeben sich 100,3 kWh/m²a bei Annahme von 77% Beheizungsgrad.

Als Stromverbrauch werden 195.000 kWh/a ausgewiesen.

Die Aufteilung Rathaus und Foyer/ Schlossberghalle ist nicht bekannt

Errechnet wurden für das Rathaus 108.450 kWh/a.

Der Stromkennwert liegt bei 54 kWh/m²a.

Maßnahmen im baulichen Bereich

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 führen im Ergebnis 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 nicht erreichbar, 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 jedoch versucht einzuhalten, um eventuelle Fördermöglichkeiten 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 ² K |
| • Innendämmung Wand (Denkmal) | 0,45 W/m ² K |
| • Wand gegen unbeheizt | 0,25 W/m ² K |
| • Wand gegen Erdreich | 0,25 W/m ² K |
| • Dachflächen Schrägdach | 0,14 W/m ² K |
| • Gaubendächer | 0,2 W/m ² K |
| • Flachdach | 0,14 W/m ² K |
| • Decken oberste Geschossdecke | 0,14 W/m ² K |
| • Kellerdecke | 0,25 W/m ² K |
| • Decke gegen Außenluft | 0,2 W/m ² K |
| • Fenster /Terrassentüren | 0,95 W/m ² K |
| • Fenster mit Sonderverglasung | 1,3 W/m ² K |
| • Dachflächenfenster | 1,0 W/m ² K |
| • Fenster Denkmal | 1,4 W/m ² K |
| • Haustür | 1,3 W/m ² K |

Zum Vergleich die Mindestanforderungen der EnEV⁶.

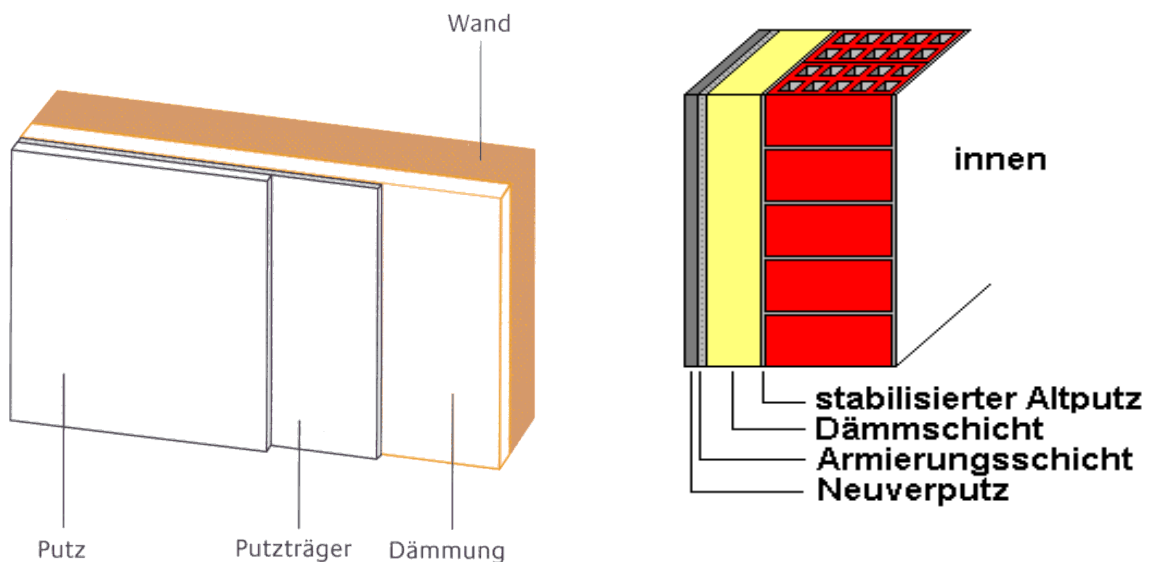
Diese gehen von Mindest U-Werten der jeweiligen Konstruktion aus und berücksichtigen vorhandene Substanz.

Bauteil	Einbauzustand	vorhandener U – Wert W/m ² K	maximaler U-Wert EnEV in W/m ² K
Kellerdecke	gegen unbeheizte Räume unterhalb	1,35	$\leq 0,40$
Wandfläche	gegen Außenluft	1,3-1,9	$\leq 0,35$ (0,45) ⁷
Dachfläche,	gegen Außenluft	0,3	$\leq 0,30$ (0,25)
Fenster	gegen Außenluft	1,3-1,7	$\leq 1,30$

Außenwand dämmen

Wand gegen Außenluft mit >160mm dämmen, neuer U-Wert: ~ 0,19 W/m²K (Dämmstoff WLG 035)⁸

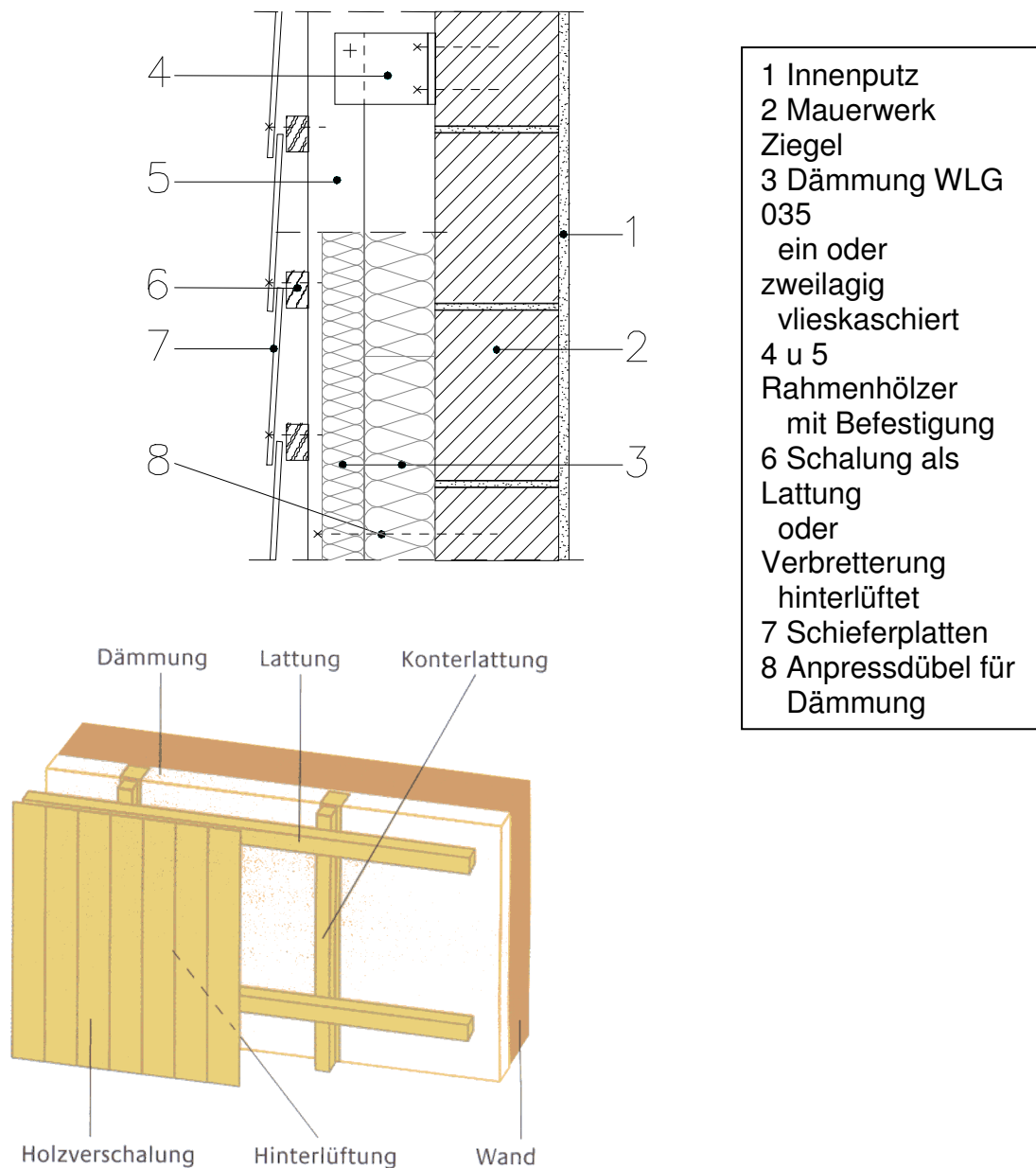
Die bestehenden Wände sollen mit einer Wärmedämmung mit einer Dämmstärke von 16cm (Mineralwolle) (WLG 035) versehen und dann neu verputzt werden (Wärmedämmverbundsystem), oder mit einer Vorsatzschale verkleidet werden



⁶ Bei Durchführung von Maßnahmen an der Fassade in einem Umfang, der über Streichen und Ausbesserung hinausgeht, müssen diese Mindestanforderungen umgesetzt werden.

⁷ 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

⁸ unter Berücksichtigung der Wärmebrückenaufschläge wird zur Berechnung der Einsparung ein Wert von 0,25 W/m²K angesetzt

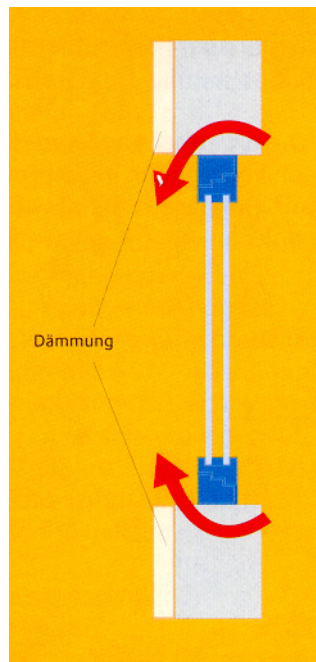


Die äußere Erscheinung des Hauses kann damit attraktiv gestaltet und das Gebäude damit energetisch zukunftsfähig werden. Im Spritzbereich des Erdreichs sind Perimeterdämmplatten zu verwenden. Lücken zwischen der Perimeterdämmung und der Außenwanddämmung sind zu vermeiden.

Bei ungeheiztem Keller, der das Erdreich überragt, sollte die Dämmung zur Vermeidung von Wärmebrücken die Kellerdecke und noch mindestens 20cm der Kellerwand überdecken (wenn keine Dämmung der Kelleraußenwände erfolgt).

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 der Maßnahme: ca. 135 €/m² im Bereich WDVS, 175 €/m² als Vorsatzschale⁹.

Die Durchführung dieser Sanierungsmaßnahme hat folgende positive Aspekte:

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

Einschränkungen in der Sanierung der Wände

Durch die Verglasung der Nordseite sind kleinere Flächen im Bereich zwischen Verglasungsanschluss des Foyers und dem Dach nur mit erheblichem Aufwand mit Gerüst oder Arbeitsbühne erreichbar.

Hier sollte eventuell über eine Innendämmung nachgedacht werden.

Erneuerung der Fenster

Fenster/Türen sind in den unteren Etagen mit U-Wert 1,3W/m²K bereits erneuert(2009). Lediglich im Dach befinden sich ältere 2-fach Gläser mit U-Wert 1,7W/m²K.

Diese sollten ausgetauscht werden, wenn sie blind werden bzw. defekt sind. Hierfür wird 3-fach Glas mit U-Wert 1,0W/m²K empfohlen

Die Fenster sollten darüber hinaus in ihrer Größe so angepasst werden, dass eine Außendämmung einschließlich der Laibungen angebracht werden kann. (In den

⁹ Basierend auf abgerechneten Kosten des 6 BA

Laibungen sollten 2-3cm Dämmstoff eingeplant werden).

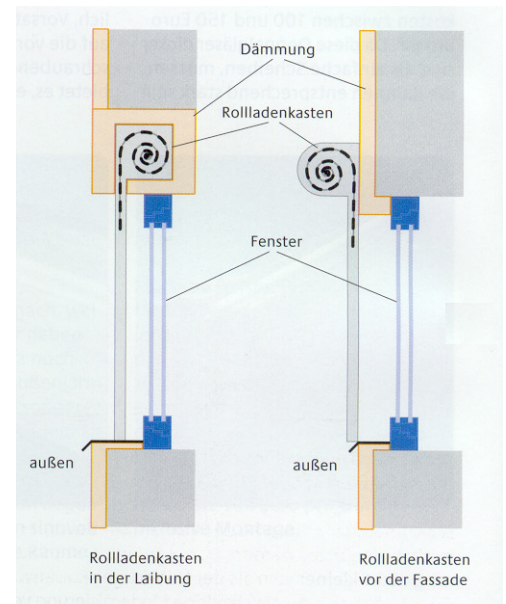
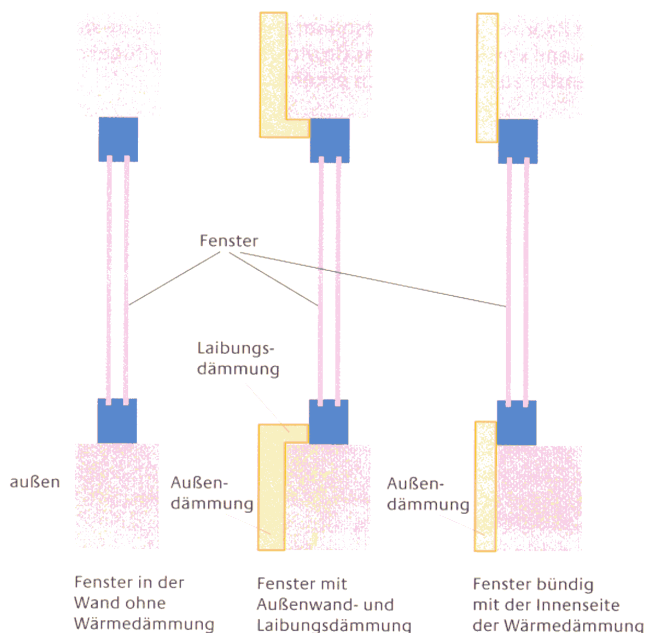
Der neue U-Wert für Glas und Rahmen sollte mindestens $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ betragen (nur Glas $<0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, bisher betrug er $1,3$ bzw. $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Der G-Wert des Glases beeinflusst die solaren Gewinne des Hauses. Im Bürobereich ist jedoch Überhitzung speziell auf der Süd- Ost und Westseite ein größeres Problem.

Um Kühlung zu vermeiden sollte eine Kühllastberechnung durchgeführt werden, um Verschattung und Energieeintrag des Fensters aufeinander abzustimmen. Eventuell ist es sinnvoll, Sonnenschutzgläser einzubauen.

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. 400 €/m^2 ,¹⁰

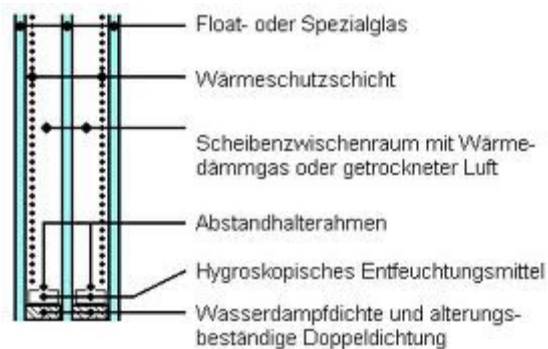
Mehrkosten entstehen nicht, wenn die Realisierung im Zusammenhang mit einem notwendigem Austausch vorgenommen wird.

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 wärmereflektierenden Schicht bedampft. Der Scheibenzwischenraum ist mit einem wärmedämmenden Edelgas gefüllt.

¹⁰ höhere Preis 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 Gebäude 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 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.

- Angesezte Kosten: 40€ / m²
- Einsparung: > 18.500 kWh/a

Die Dämmung der Mansardenseite erfordert die Öffnung der Innenwände (Gipskarton). Hier ist exemplarisch ein Feld zu öffnen, um den konstruktiven Aufbau zu prüfen. Erst dann kann endgültig entschieden werden, wie dieser Bereich zu dämmen ist.

Existiert für die Mansardenschräge eine tragfähige Unterkonstruktion, kann Dämmstoff (Mineralwolle) als Zwischensparrendämmung eingebaut werden.

Wenn keine Tragkonstruktion für die Dämmung vorhanden ist, kann auch über die komplette Füllung des Hohlraums zwischen Innen- und Mansardenwand nachgedacht werden, da dies wahrscheinlich wirtschaftlicher ist als eine Tragkonstruktion nachträglich einzubauen.

Die Dämmung dieses Bereichs ist jedoch in jedem Fall bauphysikalisch kritisch, da auf Grund der äußeren Blechbekleidung eine Feuchteabfuhr nach Außen stark eingeschränkt ist, Hier ist eine dynamische Feuchtesimulation unumgänglich.

Dämmung der Kellerdecken

Teilbereiche sind unterkellert. Eine Wärmedämmung kann in diesen Bereichen unterseitig angebracht werden.

Die Flächen sind jedoch sehr gering (lediglich 15% sind erreichbar), da ein wesentlicher Teil mit dem Heizraum belegt ist, der auf Grund der Abwärme immer warm ist. Es wird empfohlen, unbrennbare Lamellenplatten mit fertiger Beschichtung aus Mineralwolle zu verwenden.

Aufgrund der Gewichtung der Energieverluste zum Keller mit dem Faktor 0,5 wegen der geringeren Temperaturdifferenz zum Keller hin (verglichen mit der anderen Außenbauteile) ist die Einsparung jedoch deutlich niedriger.

Es errechnen sich Einsparungen von: 295 kWh/a bei Kosten von 2.500 € (80€/m²).

Zur Umsetzung ist die Belegung der Decke mit Kabeln und Leitungen zu prüfen, die bei Integration in die Dämmung die Kosten u.U. erhöhen können.

Maßnahmen im technischen Bereich

Heizungsverteilung

Die Wärmeverteilung ist durch den gewachsenen Aufbau des Komplexes gekennzeichnet. Es bestehen insgesamt 3 Verteilungen .

Die Hauptverteilung in der Heizzentrale bedient die Unterverteilungen für die diversen Lüftungsgeräte. Diese sind alle der angebauten Schlossberghalle ,Foyer und Stadtsaal zuzuordnen. Eine Betrachtung erfolgt dort.

Das gesamte Rathaus wird mit einer Doppelpumpe versorgt. Die Hydraulik besteht lediglich aus einem Strang. Die Ansteuerung erfolgt über die GLT.

Als Leistung sind im Schema 340W Anschlussleistung angegeben. Dies entspricht bei 6600 Heizstunden ca. 1,2 kWh/m²a für Pumpenstrom.

Der Wert ist akzeptabel, ist aber mit heutiger Pumpentechnik deutlich zu reduzieren.

Druckgesteuerte Pumpen passen ihre Leistung an den Bedarf an und 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 Hydraulikberechnung sollte zur korrekten Auslegung durchgeführt werden.

Die Bewertung erfolgt mit der Betrachtung der Gesamthydraulik.

Die Regelung der Vorlauftemperatur sollte über Referenzräume in ihrer Temperatur kontrolliert werden, um bei Überschreiten von Solltemperaturen die Kreise wegzuschalten.

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 sind konservativ betrachtet 50%, können jedoch meist bis auf Neubauniveau gebracht werden (<0,5 kWh/m²a).

Als notwendige Maßnahme sind hydraulisch abgegliche Netze herzustellen, d.h. die Netze sind zu berechnen und entsprechende volumenstromregelnde Systeme nachzurüsten.

Auch HK-Ventile sollten durch solche mit Voreinstellung und 1K-Regelabweichung ersetzt werden.. Die Regelung muss angepasst werden.

Kosten der Maßnahme: siehe Bericht Schlossberghalle/Foyer.

Änderung der Warmwasserbereitung

Die Warmwassererzeugung hat nur geringes Energieeinsparpotenzial, 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 und bleiben meistens eingeschaltet, auch wenn sie nicht benötigt werden. Hier sollte zumindest über Schaltuhren die Einschaltung nur während der Nutzungszeit ermöglicht werden.

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 heute 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 m² werden maximal 7 W als Grenzwert angesehen; Flure sollten wegen der niedrigeren Anforderungen mit 4 W/m² ausreichend beleuchtet sein.

Investitionssumme:	60.300 €.
Einsparungen:	13.870 kWh/a

Änderung der Lüftungstechnik

Die vorhandenen Kleinlüftungsgeräte sollten bei Ausfall gegen neue mit energiesparenden F1 Motoren ausgetauscht werden. Sie sollten über Luftqualitätssensoren auf den Bedarf reagieren und erst bei Bedarf den Betrieb aufnehmen.

In den Feuchträumen sind dies Feuchte- und Geruchssensoren (VOC), in der Bibliothek/Archiv CO₂.

Es wurden keine Kosten angesetzt, die Einsparung wird zu 215 kWh/a geschätzt.

Heizungstausch

Ein Heizungstausch ist eine Maßnahme, die derzeit bereits ein Sparpotential aufweist, obwohl das Heizsystem insgesamt auf hoher Temperatur betrieben wird. Notwendig ist dazu, eine Brennwertnutzung zu erreichen. Dies könnte über die Erstellung einer neuen Kesselanlage erfolgen, oder durch Nachschalten von Abgaswärmetauschern.

Ohne energetische Verbesserungen und Überarbeitung der Hydraulik bliebe die Einsparung jedoch auf die Übergangszeit begrenzt, in der die Heizung auf niedrigerer Temperatur betrieben wird.

Erst nach erfolgter Fassadensanierung und Fenstertausch DG ist es möglich, auch die Vorlauftemperaturen abzusenken, die für eine umfassendere Brennwertnutzung notwendig sind.

Die hydraulische Sanierung ist dafür ebenfalls Voraussetzung, um die Rücklauftemperatur, die für die Brennwertnutzung relevant ist, im Heizsystem zu begrenzen. Möglich ist auch, nur einen Teilstrom des Heizwassers über einen Abgaswärmetauscher zu führen. Hier könnte dies die Fußbodenheizung des Foyers sein.

Die Wärme wäre dann durch die Erhöhung des Wirkungsgrades um 10% nahezu umsonst. (Vgl. hierzu auch die Ausarbeitung Foyer.)

Die Fassadensanierung vor der Heizungserneuerung durchzuführen, ermöglicht es, das System dem realen Bedarf anzupassen. Das bewirkt Wirkungsgradverbesserung bzw. einen Betrieb im energetisch effizienten Bereich.

Alternative Heizwärmeerzeugung

Alternative Heizwärmeerzeugung durch Biomassenutzung oder Wärmepumpen sind Optionen, die im Rahmen eines Umsetzungskonzeptes geprüft werden sollten.

Der Einsatz von Wärmepumpen ist für die Abwärmenutzung der zahlreichen Lüftungsgeräte zu prüfen (Vgl. hierzu auch die Ausarbeitung Foyer).

Wärmepumpen arbeiten jedoch nur effektiv in Niedertemperaturanwendungen $T < 40^\circ\text{C}$. Zurzeit besteht dies nur in der Fußbodenheizung des Foyers, die jedoch nur bei starkem Frost zu geschaltet wird.

Denkbar wäre die Luffterwärmung.

Der Einsatz eines gasbetriebenen BHKW's sollte geprüft werden. Hierzu ist eine Strommessung durchzuführen, um die elektrische Dauerleistung zu ermitteln.

Wirtschaftlich sind Anwendungen, die für Strom als auch Wärme den Eigenverbrauch sicherstellen, bei Laufzeiten größer als 6.000 h/a.

Biomasseverbrennung ist eine Option, die im Hinblick auf Wartung und Verfügbarkeit des Brennstoffes zu prüfen wäre. Sie ist an keine Temperaturanforderungen des Heizsystems gebunden und nur von den örtlichen Begebenheiten abhängig.

Im städtischen Umfeld sind Verbrennungsprozesse jedoch wegen ihrer Emissionen stets problematisch und werden hier nicht weiter untersucht.

Fotovoltaik

Auf Grund des Preisverfalls von Solarmodulen wird empfohlen zu prüfen, wie weit die Eigenversorgung mit Solarstrom bereits rentabel gestaltbar ist.

Hier besteht der Vorteil, dass Verbrauchs- und Erzeugungszeit für das Rathaus weitgehend deckungsgleich sind.

Die Kosten für derartige Anlagen werden neben der Technikbeschaffung wesentlich durch die Montagekosten bestimmt, welche auf Grund der örtlichen Gegebenheiten stark variieren können.

Eine nähere fachliche Analyse und Bewertung von Kosten und Nutzen wird empfohlen, da im Jahre 2013 mit Produktionskosten von ca. 9-12 Cent / kWh rein regenerativ erzeugtem Strom über Fotovoltaik gerechnet werden dürfte. Damit wird überwiegender Eigenverbrauch von fotovoltaisch erzeugtem Strom neben dem Ökologievorteil auch kostenseitig hochinteressant.

Betriebsänderungen

Inwieweit Computer über Nacht ausgeschaltet werden, ist nicht bekannt.

Stand-by Verbräuche sind jedoch erheblich und weder durch großen Zeitverlust zum Aktivieren des Systems zu rechtfertigen, noch durch andere Notwendigkeiten erforderlich. Beinahe jeder gewerbliche Betrieb fährt seine Rechner abends runter!

Einsparungen können aufgrund der hohen Zahl von Geräten erheblich sein.

Es wird empfohlen, zusätzliche zentrale Schalter zu realisieren, die sicherstellen, dass alle Geräte außerhalb der täglichen Nutzungszeit stromlos sind.

Zusammenfassung von Einsparung und Kosten

Die folgende Tabelle zeigt sinnvolle Maßnahmen, deren Einsparpotential sowie die erwartbaren Kosten zur Realisierung auf.

Die berechnete Vermeidung von Treibhausgas (CO₂) wird ausgewiesen.

Maßnahmen	Nominelle Einsparung kWh/a	Kosten €	Kosten/kWh	Einsparung CO2 kg	Einsparung monetär €
Wärmedämmung Decke/Dach	18.512	20.900	1,13	4.702	1.327
neue Fenster	6.077	89.255	14,69	1.544	436
Wärmedämmung Wand	46.524	164.048	3,53	11.817	3.336
Wärmedämmung Kellerdecke	295	2.554	8,66	0	32
Lüftungssanierung	nicht bewertet				
Heizungsaustausch	vgl Foyer				
Einsparungen Elektro	18.096	0	0,00	11.310	3.266
Beleuchtungssanierung	13.874	60.307	4,35	8.671	2.504
Summe	103.378	337.064	3,26	38.044	10.901

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 Projekten¹¹.

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

¹¹ Siehe z.B. <http://www.wupperinst.org/solarundspar>

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 unabhängig von den anderen Maßnahmen durchgeführt wird.

Die Hydrauliksanierung ist ebenfalls eine Maßnahme, die den baulichen Zustand der Fassaden berücksichtigen muss. Sie sollte erst im Anschluss an eine Fassaden-/Dach- etc-Sanierung erfolgen, oder sie müsste in Teilleistungen wiederholt werden. Der Wärmebedarf müsste dann jeweils 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.

Allein die Maßnahmen im Bereich Beleuchtung und Lüftung können unabhängig von den anderen technischen Maßnahmen erfolgen.

Anhang: Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Einzelmaßnahmen und gesamt

Objekt: **STA / Rathaus**
 Kostenschätzungen (Maßnahmenkosten, ohne Ingenieur-/ Planungskosten)

Index Strom 5% p.a.

Index Gas 7% p.a.

Maßnahmen	Nominelle Einsparung kWh/a	Kosten Maßnahmen in Euro	Einsparung CO ₂ kg p.a.	Einsparung monetär Euro p.a.	Opportunitätsfaktor (auf Sowiesokosten entfallender Anteil)	Opportunitätskosten (anteilige altersbedingte Kosten an Maßnahmekosten)	Anteilbetrag von Maßnahmenkosten für Energieeinsparung	ROI auf gesamte Maßnahmenkosten zu heutigen Preisen (Jahre)	Index-Hochrechnung ² der Einsparung p.a. (zu Energiepreisen in ca. 10 Jahren)	² dto. nach 12 Jahren
Wärmedämmung Decke/Dach	18.512	20.900,00 €	4.702	1.327,00 €	0	0,00 €	20.900,00 €	15,7	2.610,41 €	2.988,66 €
neue Fenster	6.077	89.255,00 €	1.544	436,00 €	0,8	71.404,00 €	17.851,00 €	204,7	857,68 €	981,96 €
Wärmedämmung Wand	46.524	164.048,00 €	11.817	3.336,00 €	0,3	49.214,40 €	114.833,60 €	49,2	6.562,42 €	7.513,31 €
Wärmedämmung Kellerdecke	295	2.554,00 €	0	32,00 €	0	0,00 €	2.554,00 €	79,8	62,95 €	72,07 €
Summe Gebäudehülle	71.408	276.757,00 €	18.063	5.131,00 €		120.618,40 €	156.138,60 €	53,9	10.093,45 €	11.556,00 €
Hydrauliksanie rung Wärme	21.307	8.000,00 €	5.412	1.653,00 €	0	0,00 €	8.000,00 €	4,8	3.251,70 €	3.722,87 €
Hydrauliksanie rung Strom	1.553	3.867,00 €	971	291,00 €	0	0,00 €	3.867,00 €	13,3	474,01 €	522,59 €
Lüftungssanie rung	nicht bewertet	0,00 €	0	0,00 €	0	0,00 €	0,00 €	nicht bewertet	0,00 €	0,00 €
Heizungsaustausch	siehe Foyer	0,00 €	0	0,00 €	0	0,00 €	0,00 €	siehe Foyer	0,00 €	0,00 €
Einsparungen Elt	18.096	0,00 €	11.310	3.266,00 €	0	0,00 €	0,00 €	0,0	5.319,97 €	5.865,27 €
Beleuchtungssanie rung	13.874	60.307,00 €	8.671	2.504,00 €	0,75	45.230,25 €	15.076,75 €	24,1	4.078,75 €	4.496,82 €
Summe Gebäudetechnik	54.830	72.174,00 €	26.364	7.714,00 €		45.230,25 €	26.943,75 €	9,4	10.148,68 €	11.403,06 €
Summe	126.238	348.931	44.427	12.845		165.848,65 €	183.082,35 €	27,2	24.696,87 €	28.372,06 €
ROI*-Berechnung auf den Energieeinspar-Anteil										
						ROI ohne Förderung		30,4	20,5	12,2
						ROI bei 25% Förderung		22,8	15,4	9,1
						ROI ohne Förderung		3,5	3,0	2,8
						ROI bei 25% Förderung		2,6	2,3	2,1
ROI* berechnet auf die expliziten Kosten für Energieeinsparmaßnahmen (ROI minus Opportunitätskosten)										
²) berechnet mit Teuerungsfaktor Strom:		5% p.a.		Teuerungsfaktor Wärme (Gas / Öl)				7% p.a.		