

Objekt: Schlossberghalle + Foyer Starnberg, Am Vogelanger 2

Titel

Energiegutachten

Bestimmung des energetischen Sanierungspotentials und Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen

Auftraggeber

Stadt Starnberg
Gebäudemanagement

Architekt

Umfang

22 Seiten

Bearbeitung

Dipl.-Ing. A.Münc / Dr.-Ing. J.Morhenne
ISC INFRA STRUKTUR CONSULTING GmbH
Lindberghstrasse 7
82178 Puchheim
Tel. 0 89 / 32 36 33 - 10

Puchheim,
den

11. November 2012



Inhalt:

ZUSAMMENFASSUNG	3
AUFGABE UND ZIEL.....	3
VORGEHENSWEISE	3
ISTZUSTAND.....	4
BAULICHE BESCHREIBUNG IM ÜBERBLICK	5
<i>Baulicher Zustand im Detail</i>	5
ISTZUSTAND DER TECHNIK.....	8
<i>Beleuchtung</i>	8
<i>Heizung</i>	8
<i>Warmwasserbereitung</i>	8
<i>Lüftung</i>	8
<i>Elektrische Verbraucher</i>	9
<i>Energiebedarf des Gebäudes</i>	9
MAßNAHMEN IM BAULICHEN BEREICH	10
ERNEUERUNG DER FENSTER /VERGLASUNG	11
DACH- BZW. DECKENDÄMMUNG	12
MAßNAHMEN IM TECHNISCHEN BEREICH	13
HEIZUNGSVERTEILUNG	13
ÄNDERUNG DER WARMWASSERBEREITUNG	14
ÄNDERUNG DER BELEUCHTUNG.....	14
ÄNDERUNG DER LÜFTUNGSTECHNIK.....	15
BEFEUCHTUNG	16
HEIZUNGSTAUSCH	16
ALTERNATIVE HEIZWÄRMERZEUGUNG	16
KÄLTEERZEUGUNG UND KLIMATISIERUNG	17
BETRIEBSÄNDERUNGEN.....	18
ZUSAMMENFASSUNG VON EINSPARUNG UND KOSTEN	19
DURCHFÜHRUNGSPRIORITÄTEN UND ABHÄNGIGKEITEN	20
ANHANG: WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNGEN EINZELMAßNAHMEN UND GESAMT	21

Zusammenfassung

Die Schlossberghalle und das Foyer Starnberg weist erhebliches energetisches Potential auf, das wirtschaftlich erschlossen werden kann.

Eine umfassende Sanierung ermöglicht eine Energieeinsparung von ca. 42% Wärme und ca. 48 % Strom.

Wesentliche Maßnahmen stellen die Verbesserung der Technik dar, angefangen mit der Energieerzeugung, Verteilung und Belüftung des Gebäudes.

Darüber hinaus kann die Gebäudehülle verbessert werden.

Die Verbesserung der Beleuchtung ist auch möglich, wird hier aber nicht bewertet, da ästhetische und beleuchtungstechnische Aspekte Vorrang vor Energieeinsparung haben.

Prioritäten der Sanierung und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen werden aufgezeigt.

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

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

Mit der vorliegenden Studie soll dem Rechnung getragen werden, indem 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 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

¹ Baubeschreibungen sind teils nur mit sehr wenig aussagekräftigen Aussagen vorhanden

² Planunterlagen Aufnahme 2011

³ 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.

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 und Klimatisierung
3. Beleuchtung
4. Hilfsstrom technischer Anlagen
5. Technische Installationen (Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung)

Bezüglich einer wirtschaftlichen Betrachtung wurde auch die Funktion und Zustand der Anlagen und Bauteile betrachtet.

Istzustand

Die Schlossberghalle mit 2 Veranstaltungssälen und dem zugehörigen Foyer wurde samt einem untergebauten Parkhaus 1992 erbaut.

Sie wurde nicht als Zweckbau, sondern als ästhetisches und architektonisches Highlight der Stadt errichtet und dementsprechend mit einer Vielzahl von technischen Anlagen ausgestattet, die zum Errichtungszeitpunkt das Mögliche darstellten.

Die Anlagen werden regelmäßig gewartet und unterhalten, sind nach heutigen Maßstäben aber nicht mehr energetisch auf dem Stand der Technik.

Die Gebäudehülle besteht zu einem hohen Prozentsatz aus Glas. Die übrigen Wandflächen sind mit einer Terracotta Vorhangfassade ausgeführt.

Zum geringen Teil sind Frostschäden vorhanden. Das Dach ist im Wesentlichen als Gründach ausgeführt und parkartig begehbar mit herausragendem Seeblick.

Hier sind keine Schäden bekannt. Teile sind als Kupferdach gestaltet.

Das Foyer wird durch eine große Dachverglasung belichtet.

Die Parkgarage wird hier nicht betrachtet.

⁴ PHPP -Passivhaus Projektierungsprogramm

Bauliche Beschreibung im Überblick

Der Gebäudekomplex ist im Wesentlichen eingeschossig mit sehr großer Raumhöhe (> 5.5m) ausgeführt. In den Sälen befindet sich jeweils an den Seiten eine Galerie, rückwärtig Regie- sowie Technikbereiche zur Steuerung der Bühnentechnik.

Hangseitig teilweise unter Erdniveau sind Lüftungsanlagen, Kälteanlagen sowie WC-Bereiche und eine Verteilküche untergebracht.

Sämtliche Technikbereiche und Nebenräume sind eigenständig belüftet.

Die Anzahl der Lüftungsgeräte und –anlagen beläuft sich auf 14.

Die Anlage für die Parkgarage wird hier nicht betrachtet.

Die gesamte Technik ist mittels GLT gesteuert und überwacht.

Die Schlossberghalle ist mit einem hohen Glasanteil ausgeführt, sie kann sowohl innen wie außen verschattet werden. Der Saal kann dadurch sowohl mit hohem Tageslichtanteil als Tagungsraum als auch als Theatersaal (vollständig verschattet) genutzt werden.

Der kleine Saal befindet sich auf der Hangseite und hat als natürliche Beleuchtung nur ein kleineres Lichtband als Dachverglasung im hinteren Teil.

Dieser Saal ist im Wesentlichen künstlich belichtet.

Das Foyer hat einen hohen Glasanteil in den Außenwänden, die übrigen Wandflächen begrenzen es gegen die Veranstaltungshallen sowie gegen das Rathaus.

Über die große Dachverglasung kann das Foyer natürlich belichtet werden

Der Zustand der Fassaden ist gut, es besteht kein augenscheinlicher Sanierungsbedarf.

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

Baulicher Zustand im Detail

Nach Zeichnung wurde der Aufbau der Wände mit 8cm Dämmstoff gerechnet. Die U-Werte der Fassaden sind mäßig und entsprechen nicht mehr heutigen Anforderungen. Sie liegen bei 0,41 W/m²K.

Sie sind aber auch nicht so schlecht, dass unmittelbarer Handlungsbedarf angezeigt wäre. Sanierungsbedarf ist nicht augenscheinlich erkennbar.

Die Vorhangfassadensteine haben an einzelnen Elementen Abplatzungen (Frostschaden), hierbei kann es sich auch um Materialfehler handeln.



Ein unmittelbarer Handlungsbedarf ist nicht erkennbar.

Es wird keine Handlungsempfehlung ausgesprochen, da keine wirtschaftliche Sanierung und Verbesserung des Dämmwertes erreicht werden kann.

Die großflächige Verglasung entspricht dem Wärmeschutz des Einbaujahres und wurde mit einem U-Wert von $1,7\text{W/m}^2\text{K}$ angenommen. Hier besteht Verbesserungspotential.

Das Dach des oberen Lichtraumes der Schlossberghalle ist mit einer Kupferblechbekleidung als Welle ausgeführt. Hier sind Mängel auf Grund von Marderattacken erkennbar (herausgerissener Dämmstoff).

Die Zugänglichkeit für Tiere auf Grund der im Dachraum geführten Verschattung ist zu beseitigen. Die beschädigten Bereiche im Dämmstoff müssen repariert werden. Eine Verbesserung der Dämmung ist an diesem Dach möglich, da hier von Außen ein Zugang hergestellt werden kann.



Marderschaden an der Dachdämmung

Zusammenfassend ist fest zustellen:

- Wärmedämmung altersentsprechend
- geringe Baumängel erkennbar

Istzustand der Technik

Beleuchtung

Die Beleuchtung ist entsprechend der jeweiligen Beleuchtungsaufgabe ausgeführt. Da es sich um hochwertige Funktionsbeleuchtung handelt, die auch optisch auf den Raum abgestimmt ist, kann mittels Sichtkontrolle die Effektivität nicht mehr beurteilt werden, da ästhetische Aspekte eine nicht unwesentliche Rolle bei der Beleuchtung spielen.

Augenscheinlich sind keine Helligkeitssensoren oder Präsenzmelder vorhanden.

Heizung

Die Beheizung erfolgt über eine zentrale Kesselanlage, bestehend aus 2 Kesseln mit 370kW 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 Anlagen-effizienz 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 redundante Doppelpumpen ausgeführt, haben baujahrsbedingte Anschlussleistung und sind noch nicht erneuert worden.

Weitere Unterverteilungen existieren für die Lüftungsanlagen und werden von der Hauptverteilung versorgt.

Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung erfolgt durch die Heizungsanlage mittels eines 200Liter Warmwasserspeichers und einer Zirkulationsanlage. Er versorgt WC-Bereiche und die Verteilküche. Der Verbrauch ist von untergeordneter Größe.

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

Lüftung

Alle Räume des Gebäudes werden mechanisch belüftet. Die meisten Lüftungsanlagen sind mit Wärmerückgewinnung ausgeführt. Sie können durch 2 Leistungsstufen die Luftmenge verändern. Alle Anlagen sind frischluftgeführt, d.h. keine Anlage beheizt über Umluft die Räume.

In der Gesamtbilanz des Gebäudes wird 75% der Energie für die Erwärmung von Frischluft aufgewendet. Der Anteil der Antriebsenergie am Stromverbrauch beträgt 25%. Es besteht erhebliches Einsparpotential.

Elektrische Verbraucher

Verbraucher mit hohem Stromverbrauch sind vorhanden. Dazu zählen Kälteanlage, Dampfbefeuchter und Lüftungsanlagen.

In wie weit die Küche zum Verbrauch beiträgt, kann nicht beantwortet werden. Da es sich aber nicht um eine Kochküche handelt, wird von untergeordneter Bedeutung des dortigen Stromverbrauchs ausgegangen.

Die Kälteerzeugung wurde mit 300h Laufzeit bei 70kW Anschlussleistung angesetzt. Darüber hinaus wird noch ein Dampfbefeuchter, geschätzt 20h/a bei 50kW Anschlussleistung, betrieben.

Energiebedarf des Gebäudes

Der gemessene Energiebedarf des Gebäudes beträgt über drei Perioden gemittelt für Wärme: 450 MWh/a ohne Erzeugungsverluste,

Erzeugerseitig wurden 14% Verluste errechnet.

Die Erfassung erfolgt über Wärmezähler, wobei die Heizung auch noch das Rathaus 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 252,4 kWh/m²a.

Als Stromverbrauch wurden rechnerisch 134000 kWh/a ermittelt.

Der Stromkennwert liegt bei 75,2 kWh/m²a.

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 durchaus 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, z.B. Böden gegen Erdreich, oder nur mit erheblichen baulichen Veränderungen erreichbar, wie z.B. Gauben.

Deshalb beschränken sich die hier vorgeschlagenen Maßnahmen am wirtschaftlich Sinnvollen und Umsetzbaren.

Die von der KfW- genannten Mindestanforderungen werden jedoch 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 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 EnEV⁵. Diese gehen von Mindest U-Werten der jeweiligen Konstruktion aus und berücksichtigen die 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	<= 0,40
Wandfläche	gegen Außenluft	1,3-1,9	<= 0,35 (0,45) ⁶
Dachfläche,	gegen Außenluft	0,3	<= 0,30 (0,25)
Fenster	gegen Außenluft	1,3-1,7	<= 1,30

Erneuerung der Fenster /Verglasung

Die Verglasung des Gebäudes ist komplett als Festverglasung ausgeführt. Angesetzt wurden als U-Wert 1,7 W/m²K

Es wird vorgeschlagen die bestehende Verglasung gegen 3-fach Glas mit einem U-Wert von <0.7 W/m²K zu tauschen.

Auf Grund des höheren Gewichtes ist die Statik der Elemente zu prüfen. Die hohen Verglasungen im Foyer und die Überkopfverglasung sind als Sicherheitsverglasung auszuführen. Als Gesamt U-Wert für Glas und Rahmen wird 1,0W/m²K empfohlen.

Kosten: Glasaustausch/ ca. 250 €/m² ⁷ / Gesamtkosten: Ca. 124.000€

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

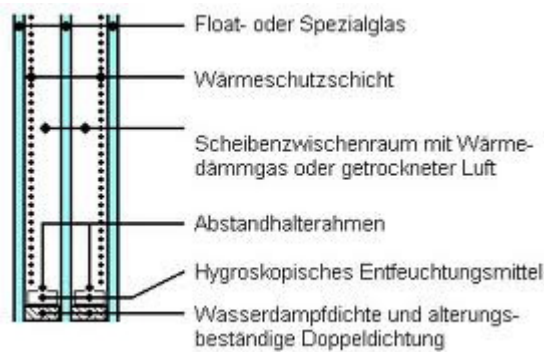
Bei Wärmeschutzverglasungen ist die innere Scheibe mit einer wärmereflektierenden Schicht bedampft. Der Scheibenzwischenraum ist mit einem wärmedämmendem Edelgas gefüllt.

Die nachstehende Grafik zeigt das Prinzip der Wärmeschutzverglasung:

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

⁶ 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

⁷ bei Sonnenschutzverglasungen sind höhere Preise möglich.



Dach- bzw. Deckendämmung

Die größten Flächen des Daches sind als flaches Gründach ausgeführt, sie sind begehbar. Die Lebensdauer von Gründächern ist bei guter Ausführung deutlich größer als von Flachdächern.

Sollte die Abdichtung nicht mehr gegeben sein, kann die Dämmung ohne zusätzlichen Aufwand verstärkt und auf die neuen Anforderungen beispielsweise der Kfz-Bank angepasst werden.

Als Kosten fallen dann lediglich die Dämmstoffkosten an. Für zusätzliche Dämmplatten in druckfester Ausführung werden hierfür 40€/m² angesetzt. Wird Glasschaum eingesetzt, liegt der Preis bei ca. 70€/m².

Der Teil des Daches, der als Kupferblechdach ausgeführt ist, kann von der Seite durch Öffnen der Verkleidungen zugänglich gemacht werden. Von dort kann zusätzlicher Dämmstoff durch Einblasen aufgebracht werden. Der Aufwand für das Öffnen ist nicht abschätzbar.

Auf Grund der Marderschäden ist eine Prüfung in jedem Falle sinnvoll, so dass dann der Hohlraum geprüft und eventuell sofort zusätzlicher Dämmstoff eingebracht werden kann.

Die Kosten für zusätzlichen Dämmstoff mit einer Stärke von mindestens 16 cm wird mit 25 €/m² angenommen.

Diese Sanierungsmaßnahme ist unter diesen Bedingungen mit geringen Kosten verbunden.

Die Tragfähigkeit der Deckenbepankung ist jedoch immer zu prüfen.

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

Kosten: Ca. 25-40 € / m²

Die Einsparung wurde nicht bewertet, da diese Maßnahme erst im Schadensfall des Gründaches zum Tragen kommt.

Maßnahmen im technischen Bereich

Heizungsverteilung

Die Wärmeverteilung erfolgt durch eine Hauptverteilung in der Heizzentrale. Von hier werden 2 Unterverteilungen versorgt, die die Lüftungsanlagen bedienen und in den jeweiligen Zentralen untergebracht sind.

Direkt von der Hauptverteilung werden die statischen Heizflächen des Alt und Neubaus versorgt sowie die Fußbodenheizung des Foyers. Die Ansteuerung erfolgt über die GLT. Die Leistungen der Pumpen sind im Schema mit 340W Anschlussleistung angegeben.

Ob eine fachgerechte Auslegung durchgeführt wurde, kann an Hand der Pläne nicht nachvollzogen werden, da für unterschiedliche Volumenströme und daher unterschiedliche Pumpen gleiche Leistung angegeben wird. In wie weit Laufzeiten innerhalb der GLT erfasst werden (und auch ausgewertet), wurde nicht übermittelt.

Eine Überarbeitung der Verteilungen wird angeraten.

Mischerkreise erfordern immer eine nachgeschaltete Pumpe.

In wieweit Kreise mit gleicher Auslegung zusammengefasst werden können, bzw. auf Mischung generell verzichtet werden kann, durch gleitenden Kesselbetrieb, kann nur durch eine ausführliche Fachplanung ermittelt werden.

Hierzu ist die Auslegung sämtlicher Kreise mit allen Parametern zu überprüfen. Ein genereller Tausch der Pumpen gegen Energiesparpumpen reduziert schon den Verbrauch auf 1/3 des jetzigen. Durch Zusammenfassung mehrere Kreise kann dann auf Einzelversorgung verzichtet werden. Eine größere Pumpe versorgt in diesem Falle mehrere Stränge. Dadurch können weitere Einsparungen der Betriebskosten realisiert werden. Auch die Investitionskosten reduzieren sich.

Druckregelung schafft die Leistungsanpassung an den tatsächlich erforderlichen Massenstrom. Die Pumpensanierung mit Änderung der Verteilungen und Überarbeitung der Lüftungsgeräte (Umstellung auf drehzahlgeregelte Motoren) ist als Gesamtpaket zu sehen. Hierzu ist die GLT zu überarbeiten.

Für das gesamte Maßnahmenpaket wurden 100.000€ angesetzt.

Der Pumpen-Stromverbrauch kann mit Energiesparpumpen auf ca 1/3 gesenkt werden, weitere Einsparungen ergeben sich durch vermiedene Laufzeit.

Dieser Effekt ist bei Lüftungsanlagen deutlich größer, als die Einsparung der Einzelkomponenten. Eine Hydraulikberechnung sollte zur korrekten Auslegung durchgeführt werden.

Auch sollten Bereiche durch Referenzräume in ihrer Temperatur kontrolliert und bei Überschreiten von Solltemperaturen die Kreise ausgeschaltet werden. Auf Betrieb mit abgesenkten Vorlauftemperaturen in Nichtnutzungszeiten sollte zugunsten 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 abgeglichene Netze herzustellen, d.h. die Netze sind zu berechnen und durch entsprechende volumenstromregelnde Systeme nachzurüsten.

Eventuell sind auch HK-Ventile durch solche mit Voreinstellung zu ersetzen. Die Regelung muss angepasst werden.

Änderung der Warmwasserbereitung

Die Warmwassererzeugung hat nur geringes Potenzial, wenn man von dem tatsächlichen Verbrauch ausgeht. Die Erzeugung und Bereithaltung erfolgt über die Heizung in einem 200Liter Speicher. Das Warmwassernetz ist eher kurz, da der Speicher verbrauchsnahe platziert ist. Im Sommer muss jedoch wegen der Warmwasserbereitung die gesamte Kesselanlage samt 2 Verteilungen warm gehalten werden. Der Wasserinhalt der Kesselanlage und der Verteilungen sowie Rohrleitungen ist wesentlich größer als der Verbrauch bzw. Bereithaltung.

Die Verbrauchsdaten weisen beispielsweise für Juni 2011 einen Gasverbrauch von 9.140 kWh aus, dem üblicherweise im Juni keinerlei Heizverbrauch gegenübersteht. Diese Energie wurde also aufgebracht um die Warmwasserbereitung sicherzustellen. Eine Einsparung kann nur durch Ausschalten der kompletten Heizungsanlage in den Sommermonaten erreicht werden. Hierzu wäre die Umstellung der Warmwasserbereitung erforderlich. Die preisgünstigste Möglichkeit besteht darin, einen elektrischen Heizstab in den Speicher einzusetzen, der nur in den Sommermonaten aktiviert wird. Die Kosten hierfür betragen lediglich ca. 500€. Wirtschaftlichkeit ist sofort gegeben.

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.

Hier kommen jedoch noch Aspekte des Gestaltens mit Licht hinzu. Deshalb sollte ein Lichttechniker zu Rate gezogen werden, der die Beleuchtungsanforderung definieren und entsprechende Leuchtmittel vorschlagen kann. Der Aspekt der Energieeinsparung kann hierbei berücksichtigt werden, wenn ihm der entsprechende

Stellenwert zugebilligt wird. Mit überarbeiteten Leuchten und zusätzlicher Beleuchtungssteuerung können Einsparungen in der Größenordnung von 30 % erzielt werden, erzielt. Die Kosten für neue Leuchten sind jedoch stark von ästhetischen Gesichtspunkten abhängig und vom Anspruch an das Design

Deshalb wurden hierfür keine Kosten angesetzt.

Die Einsparungen wurden mit 30.000 kWh/a bewertet.

Änderung der Lüftungstechnik

Die bestehenden Lüftungsanlagen für die Schlossberghalle, den Sitzungssaal und das Foyer sollten überholt werden.

Hierzu sollten die Antriebsmotoren gegen F1 Motoren getauscht werden.

Darüber hinaus sollten die Motoren über Frequenzumrichter drehzahlsteuerbar sein. Dies schafft die Möglichkeit, die Anlagen bedarfsgerecht zu steuern.

Als Steuergröße wird jeweils ein CO₂ Sensor verwendet. Die Luftmenge wird dann automatisch der Besucherzahl angepasst. Es wird nur die tatsächlich erforderliche Luftmenge ausgetauscht. Hierdurch kann die Laufzeit verkürzt und die zu erwärmende Luftmenge deutlich reduziert werden.

Die Pumpen der Heizregister sollten gegen Energiesparpumpen getauscht werden. Die Wärmetauscher in den Geräten sollten im Schadensfall neu ausgelegt werden, Die laut Plan jetzige Auslegung geht von sehr hohen Temperaturen aus. Hier sollten, wenn der Platz im Gerät dies zulässt, geringere Auslegungstemperaturen vorgesehen werden, um die Heizung auf niedrigerem Niveau betreiben zu können.

Der Betrieb der Nebenraumlüftungsanlagen sollte in ihrer Laufzeit auf die absolute Notwendigkeit reduziert werden, das heißt Steuerung über Temperatur-, Feuchte und Geruchssensoren (VOC).

Die Belüftung von Betriebsräumen wird üblicherweise über freie Lüftung realisiert und nicht über mechanische Anlagen.

Versuchsweise könnten die Anlagen auch komplett außer Betrieb genommen werden.

Auch die Beheizung dieser Räume über Luftherhitzer erscheint aus heutiger Sicht als Energieverschwendung. Die Räume bleiben auch ohne Beheizung frostfrei.

In den Feuchträumen sind Feuchte- und Geruchssensoren (VOC) einzusetzen.

Die Beheizung des Gebäudes über Luft sollte unterbleiben. Die Grundwärme ist immer über die statischen Heizflächen zu gewährleisten, daher sollte auch die zur Zeit nicht benutzte Fußbodenheizung das Foyer auf Grundbeheizung verbleiben. Die Erwärmung über Lüftung ist sehr energieintensiv, da die Anlagen nur Frischluft einbringen können. Für das Gesamtpaket der Anpassung der Lüftungsanlagen werden Kosten von ca. 100.000€ angesetzt, da auch die GLT überarbeitet werden muss.

Die Einsparung für Strom werden mit 23.700kWh/a bewertet, die für Wärme mit 72.400kWh/a

Befeuchtung

Die vorhandenen Luft-Befeuchter sollten außer Betrieb genommen werden. Trockene Luft tritt nur auf, wenn Räume ausschließlich über Luft beheizt werden (zu hoher Frischluftanteil).

Befeuchter stellen immer ein hygienisches Problem dar, da sie schnell verkeimen. Sie erfordern einen hohen Wartungsaufwand, obwohl sie nur sporadisch genutzt werden.

In den bestehenden Anlagen wird darüber hinaus Feuchte durch die Konstruktion des Rückgewinners der Zuluft wieder zum Teil zugeführt. Durch angepasste Luftmengen an die Besucherzahl wird eine zu starke Austrocknung vermieden.

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. Dies könnte die Fußbodenheizung des Foyers sein. Die Wärme wäre dann durch die Erhöhung des Wirkungsgrades um 10% nahezu umsonst.

Die Durchführung der gesamten Maßnahmen, auch die, die das Rathauses betreffen, ermöglicht es, das System dem realen Bedarf anzupassen, was Wirkungsgradverbesserung bzw. einen Betrieb im energetisch effizienten Bereich bewirkt.

Alternative Heizwärmeerzeugung

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

Der Einsatz von Wärmepumpen ist für die Abwärmenutzung der zahlreichen Lüftungsgeräte zu prüfen. Hier besteht Potential, da einige Lüftungsanlagen, z.B. die Parkgarage, ohne Wärmerückgewinnung betrieben werden.

Wärmepumpen arbeiten jedoch nur effektiv in Niedertemperaturanwendungen $T < 40^\circ\text{C}$. Zur Zeit trifft dies nur für die Fußbodenheizung des Foyers zu.

Denkbar wäre die Luffterwärmung für die Anlagen ohne Rückgewinnung ähnlich einem KVS-System (Kreislaufverbundsystem).

Der Einsatz eines gasbetriebenen BHKW's sollte geprüft werden.

Hierzu ist eine Lastgangmessung durchzuführen, um die elektrische Dauerleistung zu ermitteln. Wirtschaftlich sind Anwendungen, die für Strom als auch Wärme den Eigenverbrauch bei Laufzeiten größer 6.000 Std/a sicherstellen .

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 immer problematisch und werden hier nicht weiter untersucht.

Kälteerzeugung und Klimatisierung

Die zentrale Kältemaschine versorgt über einen Kaltwasserspeicher 3 Lüftungsanlagen mit kaltem Wasser, es sind dies die Lüftungsanlagen der beiden Veranstaltungshallen und des Foyers mit zusammen 181kW als weitere Abnehmer sind im Schema 2 Anlagen der Rathauspassagen aufgeführt, mit weiteren 247kW Kälteleistung. Die Kältemaschine hat eine Anschlussleistung von 64,7kW, die Kälteleistung beträgt laut Schema 130kW (dies ist die Leistung des nachgeschalteten Wärmetauschers) Der Speicher der Sprinkleranlage der Parkgarage wird mit 180m³ als Kältespeicher benutzt. Dieser Speicher hat als Trennung einen weiteren Plattenwärmetauscher mit 364kW Leistung nachgeschaltet.

Durch die mehrfache Übertragung (Erzeuger, Plattentauscher, Speicher, Plattenwärmetauscher und Mischerkreis) wird Kaltwasser auf sehr niedrigem Niveau (2 °C) erzeugt und laut Plan mit 6° in den Wärmetauscher geleitet.

Realistisch sind aber 4K Verlust an jedem Übertrager, so dass Kaltwasser letztendlich mit 10°C zur Verfügung steht. Daher ist die Erzeugung mit hohen Verlusten behaftet.

Eine Überarbeitung der gesamten Anlage wird empfohlen. Die Notwendigkeit der Bereitstellung von 364kW Kälte ist zu hinterfragen.

Bei sporadischer Nutzung ist das Anlagenkonzept mit sehr hohen Bereitstellungsverlusten fragwürdig. Auch die Einbringung der Kälte in den Veranstaltungssälen ist nach Aussage der Hausmeister problematisch, da sie nicht zugfrei erfolgt und während Veranstaltungen nur in den Pausen erfolgen kann.

Ein Sanierungsvorschlag ist auf Grund der fehlenden Verbrauchs-Daten nur sehr schwer mit Zahlen zu hinterlegen.

Die Kältemaschine hat, so sie noch nicht erneuert ist, an Hand der Unterlagen und laut Schema nur einen unterdurchschnittlichen Wirkungsgrad. Neue Geräte liegen bei Faktor 3 (Kälteerzeugung / elektr. Stromaufnahme).

Ein Verzicht auf die mehrfache Übertragung in Plattenwärmetauschern , also Direktverdampfung in einem kleinen, dem Bedarf angepassten Kältespeicher mit Zuführung des Kaltwassern direkt an den Verbraucher, würde allein schon deutliche Einsparungen bringen.

Daher ist die Erneuerung zu empfehlen (sollte dies noch nicht geschehen sein). Wenn die laut Unterlagen vorhandene Kälteleistung von 364kW nicht mehr benötigt wird (wovon wir ausgehen und was auch von Herrn Gromes bestätigt wurde), ist das gesamte Kältekonzept mit dem Kältespeicher von 180m³ zu hinterfragen.

Die Bereitschaftsverluste eines Speichers in dieser Größenordnung sind erheblich. Auch ist die Kälteerzeugung bei einem Speicher dieser Größenordnung nicht mehr unmittelbar an den Bedarf gekoppelt. Es wird Kälte erzeugt, obwohl kein unmittelbarer Bedarf besteht.

Die Klimatisierung als solches sollte bei Überprüfung der gesamten Anlage kritisch hinterfragt werden.

Den folgenden Punkten sollte große Beachtung geschenkt werden:

- Kältemaschinen mit schlechtem Wirkungsgrad
- hohe Übertragungsverluste
- Anlage überdimensioniert
- die Kälte ist in den Sälen nur eingeschränkt nutzbar

Eine Verbesserung der Temperaturverhältnisse in den Sälen ist auch durch die Nutzung nächtlicher Kühlung durch die Lüftungsanlagen möglich.

Hierbei wird durch verstärkte Lüftung nachts die Gebäudemasse mit der kühlen Nachtluft herunter gekühlt.

In wieweit eine Klimatisierung darüber hinaus und mit welcher Kälteleistung erforderlich ist, sollte mittels einer Kälteberechnung überprüft werden. Eventuell hilft auch eine dynamische Simulation weiter, die möglichen Benutzungsfälle abzubilden und dann gezielt Verbesserung zu überprüfen.

Sinn macht eine Klimatisierung aber nur dann, wenn die Kälte eingebracht werden kann. Bei der jetzigen Luftverteilung kann Kaltluft lediglich mit 2K unter der bestehenden Lufttemperatur zugfrei zugeführt werden, ohne das sie als störend und komfortmindernd empfunden wird.

Daher müsste für eine zufriedenstellende Klimatisierung die Luftführung überarbeitet werden, was jedoch im Bestand kaum machbar ist.

Die Verbrauchsdaten wurden lediglich geschätzt. Unterlagen liegen dazu nicht vor. Kosten für eine Überarbeitung der Kälteanlage können erst nach einer weitergehenden Analyse des Bedarfs ermittelt werden.

Betriebsänderungen

Durch Anpassung und Überprüfung der Betriebszeiten für jede Anlage besteht weiteres Potential. Speziell an Lüftungsanlagen in nicht durch Personen genutzten Räumen wie Hausanschlussraum, Sprinklerzentrale etc. können wahrscheinlich Einsparungen erzielt werden. Die Einsparungen können aufgrund der Anschlussleistung erheblich sein. Es wird empfohlen, falls noch nicht geschehen diese Anlagen entweder komplett auszuschalten oder nur bedarfsgesteuert über die GLT mit zusätzlichen Einschaltkriterien, wie Temperatur Feuchte oder Gerüche, zu betreiben.

Sinnvoll wäre kurzfristig, die tatsächlich Laufzeit aller Einzelgeräte durch die GLT aufzeichnen zu lassen und zu kontrollieren.

Zusammenfassung von Einsparung und Kosten

Die folgende Tabelle zeigt die Maßnahmen, deren Einsparung und Kosten sowie die berechnete Vermeidung von Treibhausgas (CO₂).

Maßnahmen	Nominelle Einsparung kWh/a	Kosten €	Einsparung CO ₂ kg	Einsparung monetär €
Wärmedämmung oberes Dach	7132	7.585	1812	553
neue Fenster	23308	124.266	5920	1809
Lüftungssanierung Wärme	72389	50.000	18387	5617
Lüftungssanierung Strom	23762	50.000	14851	4446
Heizungsaustausch	70000	80.000	17780	5432
Beleuchtungssanierung	31554	77.500	19721	5904
Summe	228.144	389.351	78.471	23.761

Die berechneten Einsparungen wurden auf Basis der Begehung und der aufgenommenen Daten sowie der Planunterlagen erstellt. Ob die Pläne der technischen Systeme noch dem aktuellen Stand entsprechen, konnte nicht kontrolliert werden.

Die angegebenen Kosten und Einsparungen beruhen teilweise auf typischen Werten und Daten aus durchgeführten Projekten⁸.

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

⁸ Siehe z.B. <http://www.wupperinst.org/solarundspat>

Durchführungsprioritäten und Abhängigkeiten

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

Im baulichen Bereich kann die Wärmedämmung der obersten Geschossdecken ohne Einfluss auf andere Bereiche durchgeführt werden. Dies gilt auch für den Tausch der Verglasung.

Eine Hydrauliksanieung ist eine Maßnahme, die den baulichen Zustand der Fassaden berücksichtigen muss und erst im Anschluss an eine Fassaden-/Dach- etc. - Sanierung erfolgen sollte. Andernfalls müsste sie in Teilleistungen wiederholt werden: 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.

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

Pumpensanieung der Heizkreise sollte auch erst nach Abschluss von anderen Verbesserungsmaßnahmen durchgeführt werden, um die Pumpenleistung dem Bedarf anpassen zu können.

Anhang: Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Einzelmaßnahmen und gesamt

Objekt: STA / Schloßberghalle + Rathausfoyer
 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 Maßnahmekosten 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	7.132	7.585,00 €	1.812	553,00 €	0	0,00 €	7.585,00 €	13,7	1.087,83 €	1.245,46 €
neue Fenster	23.308	124.266,00 €	5.920	1.809,00 €	0,66	82.015,56 €	42.250,44 €	68,7	3.558,58 €	4.074,21 €
Wärmedämmung Wand	0	0,00 €	0	0,00 €	0	0,00 €	0,00 €	nicht bewertet	0,00 €	0,00 €
Wärmedämmung Kellerdecke	0	0,00 €	0	0,00 €	0	0,00 €	0,00 €	nicht bewertet	0,00 €	0,00 €
Summe Gebäudehülle	30.440	131.851,00 €	7.732	2.362,00 €		82.015,56 €	49.835,44 €	55,8	4.646,41 €	5.319,68 €
Hydrauliksanie rung Wärme	0	0,00 €	0	0,00 €	0	0,00 €	0,00 €	nicht bewertet	0,00 €	0,00 €
Hydrauliksanie rung Strom	0	0,00 €	0	0,00 €	0	0,00 €	0,00 €	nicht bewertet	0,00 €	0,00 €
Lüftungssanie rung Wärme	72.389	50.000,00 €	18.387	5.617,00 €	0,5	25.000,00 €	25.000,00 €	9	11.049,49 €	12.650,56 €
Heizungsaustausch	70.000	80.000,00 €	17.780	5.432,00 €	0,5	40.000,00 €	40.000,00 €	14,7	10.685,57 €	12.233,90 €
Lüftungssanie rung Strom	23.762	50.000,00 €	14.851	4.446,00 €	0,5	25.000,00 €	25.000,00 €	11,2	7.242,07 €	7.984,38 €
Beleuchtungssanie rung	31.554	77.500,00 €	19.721	5.904,00 €	0,66	51.150,00 €	26.350,00 €	13,1	9.616,99 €	10.602,74 €
Summe Gebäudetechnik	197.705	257.500,00 €	70.739	21.399,00 €		141.150,00 €	116.350,00 €	12,0	38.594,11 €	43.471,58 €
Summe	228.145	389.351	78.471	23.761		223.165,56 €	166.185,44 €	16,4	24.696,87 €	28.372,06 €

		(zu Energiepreisen in ca. 10 Jahren)		dto. 12 Jahre
ROI*-Berechnung auf den Energieeinspar-Anteil				
Gebäudehülle	ROI ohne Förderung	21,1	14,2	8,4
	ROI bei 25% Förderung	15,8	10,7	6,3
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)				
²) berechnet mit Teuerungsfaktor Strom:		5% p.a.	Teuerungsfaktor Wärme (Gas / Öl) 7% p.a.	