

GEBÄUDE SYSTEM TECHNIK

GEORG-LÖCK HAUS

KLIMA SCHUTZ

A n a l y s e
Praxisprojekt
Gebäudehülle
b e w e r t e n
Beleuchtung
L ü f t u n g
Heizungssteuerung



GEBÄUDE
SYSTEM
TECHNIK

GEORG-LÖCK
HAUS

KLIMA
SCHUTZ -
TEILKONZEPT

Teil 1

Analyse der Gebäudehülle & Modernisierungsvorschläge

bearbeitet von der Klasse GST15: Matthias Forthmann, Thorsten Früchtemeyer, Björn Gartmann, Erich Lemmerich, Sven Möhrke, Niklas Niemann, Dominik Rieker

Teil 2

Analyse der Anlagentechnik & Entwicklung von Optimierungskonzepten

bearbeitet von der Klasse GST14: Patrick Bächle, Jörg Hosang, Tom-Oliver Metzler, Carlo Schimansky, Lukas Storrer, Jan Wohlerth-Thomsen, Steffen Wulff

Das Projekt ist eine Kooperation der Stadt Itzehoe, Amt für Bildung, vertreten durch Herrn Andreas Arndt und der Fachschule für Technik und Gestaltung in Flensburg. Die Fachschule ist Mitglied im Klimapakt Flensburg.

Fachschule für Technik und Gestaltung
Schützenkuhle 20-24
24937 Flensburg

Ansprechpartner:

Dr. Susanne Krosse susanne.krosse@esfl.de
Ulf Hansen ulf.hansen@esfl.de

Vorwort

Die vorliegende Dokumentation ist eine jahrgangsübergreifende Projektarbeit der beiden Klassen Gebäudesystemtechnik „GST14“ und „GST15“. Auf Einladung des Amtes für Bildung in Itzehoe wurde ein Klimaschutz-Teilkonzept für das Georg-Löck-Haus erarbeitet. Unser besonderer Dank für das Gelingen dieser Arbeit gilt unseren Kooperationspartnern und -partnerinnen aus der Stadtverwaltung Itzehoe und der Volkshochschule.

Solche praxisbezogenen Projekte sind wichtiger Teil in der Fortbildung zum Staatl. gepr. Techniker/Technikerin an der Fachschule für Technik und Gestaltung in Flensburg. Klassische Unterrichtsaufgaben haben oft klare Lösungen und sind auf eine bestimmte Fragestellung zugeschnitten. Solche Praxisprojekte wie die Analyse des Georg-Löck-Hauses dagegen erfordern eine umfassende Projekt-Strukturplanung und vor allem Problemlösekompetenzen von den Bearbeitern.

In diesem schulischen Projekt werden Tätigkeiten aus dem beruflichen Alltag eines Gebäudesystemtechniklers vorweg genommen. Gebäudesystemtechniker sind die Experten, die aus einem Gebäude die größtmögliche Energieeffizienz 'herausholen' können und dabei gleichzeitig für die reibungslose Funktionsfähigkeit aller technischen Anlagen und den Komfort der Nutzer sorgen.

Das historisch bedeutsame Georg-Löck-Haus ist seit vielen Jahren die Heimat der Volkshochschule. Das Gebäude mit seinen breiten Fluren, dem Dielenboden, großen Fenstern und hohen Räumen strahlt eine angenehme und lebendige Atmosphäre aus. Hier gilt es nicht nur aus Gründen der Baukultur, sondern auch wegen seiner Lage in unmittelbarer Nähe zum Stadtzentrum die Nutzung der VHS zu erhalten.

In der vorliegenden Broschüre werden eine ganze Reihe von Maßnahmen vorgestellt – Modernisierungen an der Gebäudehülle, an der Haustechnik oder in der Beleuchtung, aber auch bauliche Maßnahmen wie der Anbau eines Aufzuges oder von WC's. Die Maßnahmen können einzeln oder 'im Paket' durchgeführt werden. Darunter sind Maßnahmen, die vermutlich größere Investitionen mit sich bringen, aber auch solche, die mit relativ kleinem Budget realisiert werden können.

Jede einzelne der vorgeschlagenen Maßnahmen dient dem Werterhalt der Immobilie, reduziert die Betriebskosten, steigert den Komfort für die Nutzer und verbessert die Energieeffizienz des Gebäudebetriebes. Die vorliegende Ausarbeitung kann bei zukünftigen Modernisierungsvorhaben als 'Sanierungsfahrplan' dienen um zielgerichtet optimale einzelne Maßnahmenpakete umzusetzen, die sich später zu einem Gesamtkonzept addieren.

Die hier vorliegenden Ergebnisse zeigen auf, dass auch Modernisierungen an einem bestehenden Gebäude wie dem Georg-Löck-Haus einen wertvollen Beitrag zum Klimaschutz leisten können.

Das Lehrerkollegium im GST-Team
Fachschule für Technik und Gestaltung
RBZ Eckener Schule
Fachrichtung Gebäudesystemtechnik

Danksagung

An dieser Stelle möchten wir uns bei all denjenigen bedanken, die uns während der Anfertigung dieses Klimaschutzkonzeptes tatkräftig unterstützt haben.

In erster Linie möchten wir uns recht herzlich bei Herrn Andreas Arndt bedanken. Als Kooperationspartner für dieses Projekt, ermöglichte er den reibungslosen Ablauf in Itzehoe. Vielen Dank für die Bereitstellung der Unterkünfte, Verpflegung und Arbeitsmaterialien innerhalb der Analysephase.

Ein großes Dankeschön möchten wir auch den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Stadtverwaltung Itzehoe aussprechen. Nur durch qualifizierte Unterstützung und geduldige Informationsbereitschaft war es möglich, dieses Ergebnis zu erzielen.

Ein besonderer Dank für die gute Zusammenarbeit gilt auch Frau Ahrens-Gravert und dem gesamten Team der Volkshochschule Itzehoe.

Ein großes Kompliment möchten wir auch unseren Lehrkräften aussprechen.

Frau Dr. Susanne Krosse, Herr Ulf Hansen und Herr Dietmar Post fungierten nicht nur als Korrektoren, sondern trugen auch selbst in zahlreichen Gesprächen maßgeblich zu dieser Arbeit bei.

Auch all denen, die uns unterstützt haben und die hier nicht namentlich genannt werden können, gilt unser herzlicher Dank.

Studierende der Gebäudesystemtechnik

Flensburg, 29. Januar 2016

Georg – Löck – Haus (Volkshochschule Itzehoe)



Abbildung 1: Eindrücke vom baulichen Bestand

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Danksagung

Georg – Löck – Haus (Volkshochschule Itzehoe)

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Teil 1A – IST-Zustand des Gebäudes

1	Aufgabenstellung und Rahmenbedingungen.....	1
2	Zusammenfassung	2
3	Abstract.....	4
4	Berechnungsgrundlagen	5
5	Gesamteindruck	7
6	Außenwände	11
7	Fenster und Türen.....	12
7.1	Fenster	12
7.2	Glasbausteine.....	13
7.3	Türen.....	14
8	Kellergeschoß	15
8.1	Bodenplatte EG-KG	15
8.2	Bodenplatte.....	16
9	Dach WC	17
10	Oberste Geschossdecke	18
11	Übersicht und Vergleich der U-Wert im IST-Zustand	19

12	Lüftungsschächte	20
13	Thermografie	21
14	Feuchte	22

Teil 1B Modernisierungsvorschläge

15	Nachrüstverpflichtungen	1
16	Außenwände	2
17	Fenster und Türen	6
17.1	Fenster	6
17.2	Türen	6
18	Kellergeschoß	7
18.1	Kellerdecke	7
18.2	Bodenplatte	8
18.3	Dach WC	8
19	Oberste Geschossdecke	9
20	Lüftungsschächte	10
21	Übersicht und Vergleich der U-Werte nach der Modernisierung	11
22	Abdichtung der Außenwände	12

Teil 1C Contractingmodelle zur Energieeinsparung

23	Energiecontracting Definition	1
24	Anwendungsbereiche	2
25	Voraussetzungen	3
26	Förderung der Beratung	4
27	Contractingarten	5
27.1	Energieliefercontracting	6
27.2	Einsparcontracting	7

27.3	Technisches Anlagenmanagement	7
27.4	Finanzierungscontracting	7
27.5	Intracting.....	8
28	Vor – und Nachteile.....	9
29	Beispiel für Contracting	10
30	Fazit/Empfehlungen	11
31	Literaturverzeichnis.....	12

Anlagen

Auszug Gebäudetypologie Schleswig-Holstein Seite 21-28, 67-69

Energiebericht Sand in Taufers, Österreich 2006

Bauzeichnungen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Eindrücke vom baulichen Bestand	3
--	---

Teil 1A – IST-Zustand des Gebäudes

Abbildung 2: West-Ansicht	9
Abbildung 3: Süd-Ansicht Sockelbereich.....	9
Abbildung 4: Ost-Ansicht.....	10
Abbildung 5: Nord-Ansicht	10
Abbildung 6: Außenfassade und Feuchteschäden am Kellergeschoss	11
Abbildung 7: Altbestand Fenster Nordseite.....	12
Abbildung 8: Glasbausteine Kellergeschoss.....	13
Abbildung 9: Eingangstür Hofseite	14
Abbildung 10: Bodenplatte Erdgeschoss.....	15
Abbildung 11: Bodenplatte Kellergeschoss.....	16
Abbildung 12: Dach WC Kellergeschoss	17
Abbildung 13: Oberste Geschossdecke	18
Abbildung 14: Luftschächte Dachgeschoss und Klassenraum	20
Abbildung 15: Original- und Thermografie Aufnahme Luftschächte Dachgeschoss	21
Abbildung 16: Original- und Thermografie Aufnahme Fenster Kellergeschoss.....	21
Abbildung 17: Messpunkte Feuchtigkeitsmessung Kellergeschoss	22

Teil 1B Modernisierungsvorschläge

Abbildung 18: Innendämmung Vor- und Nachteile	2
Abbildung 19: Ist Zustand und Zustand der Außenwand nach der Einzelmaßnahme.....	3
Abbildung 20: Ist Zustand und Zustand nach Modernisierung Fenster.....	6
Abbildung 21: Ist Zustand + Zustand nach Modernisierung Kellerdecke.....	7
Abbildung 22: Ist Zustand und Zustand nach Modernisierung der	9
Abbildung 23: Beispiel zur Sanierung der Feuchte im Kellergeschoss.....	13

Teil 1C Contractingmodelle zur Energieeinsparung

Abbildung 24: Gesamtkonzept bei Contracting.....	1
Abbildung 25: Verteilung der Contractingarten am Markt	6
Abbildung 26: Beschreib des Intractingkreislaufs.....	8
Abbildung 27: Energieeinsparung der kompletten Liegenschaften Sand in Taufers	10

Tabellenverzeichnis

Teil 1A – IST-Zustand des Gebäudes

Tabelle 1: Begriffsdefinitionen U-Wert Berechnung	5
Tabelle 2: Gebäudedaten	7
Tabelle 3: Verbrauchsdaten	8
Tabelle 4: U-Wert-Berechnung Aufbau Kellerwand.....	11
Tabelle 5: U-Wert-Berechnung für ein beispielhaftes Fenster an der Nordseite.....	12
Tabelle 6: U-Wert-Berechnung Glasbausteine	13
Tabelle 7: U-Wert-Berechnung und Aufbau Fußboden Erdgeschoss	15
Tabelle 8: U-Wert Berechnung und Aufbau Bodenplatte Kellergeschoss	16
Tabelle 9: U-Wert-Berechnung und Aufbau Dach WC.....	17
Tabelle 10: U-Wert-Berechnung und Aufbau oberste Geschossdecke	18
Tabelle 11: Messergebnisse Feuchtemessung Kellergeschoss	23
Tabelle 12: Allgemeine Grenzwerte Feuchtigkeit	23

Teil 1B Modernisierungsvorschläge

Tabelle 13: U-Wert-Berechnung und Aufbau mit Polystyrol.....	3
Tabelle 14: U-Wert-Berechnung und Aufbau mit Mineralfaser.....	4
Tabelle 15: U-Wert-Berechnung und Aufbau mit Mineraldämmplatte.....	4
Tabelle 16: U-Wert-Berechnung und Aufbau mit Hanf	5
Tabelle 17: U-Wert-Berechnung und Aufbau mit Aerogel	5
Tabelle 18: U-Wert-Berechnung Fenster Modernisierung	6
Tabelle 19: U-Wert- Berechnung und Aufbau Kellerdecke	7
Tabelle 20: U-Wert-Berechnung und Aufbau Dachgeschoss.....	9

Teil 1C Contractingmodelle zur Energieeinsparung

Tabelle 21: Übersicht Contractingarten	5
--	---

1 Aufgabenstellung und Rahmenbedingungen

Die vorliegende Ausarbeitung wurde im Laufe von zweieinhalb Wochen von insgesamt 13 Studierenden der Fachrichtung Gebäudesystemtechnik erstellt. An diesem ersten Teil der Produktdokumentation haben sieben Personen mitgewirkt.

In der ersten Projektwoche bekamen die Gebäudesystemtechniker des Jahrgangs 2015 an der Schule für Technik und Gestaltung in Flensburg den Auftrag eine Analyse der Gebäudehülle am Georg-Löck Haus in Itzehoe durchzuführen und die Ergebnisse zu dokumentieren. Die Vor – Ort – Begehung fand während des alltäglichen Betriebs in der VHS am 16. Nov. 2015 statt. Unabhängig vom Schulbetrieb waren alle wichtigen Bauteile zugänglich. Die Begehung fand bei durchwachsenem Wetter statt. Die Außentemperatur lag bei ca. 12°C und es regnete leicht. Aufgrund der zu warmen Temperaturen war es dem GST Team nicht möglich Thermografieaufnahmen der Bauteile zu erstellen. Die Ergebnisse der Berechnung wurden im Anschluss der Klasse des Jahrgangs 2014 übergeben. Die Berechnung wurde mit der Software von Hottgenroth (Energieberater 18599) durchgeführt. Die Software wurde dem GST-Team von der Schule zur Verfügung gestellt.

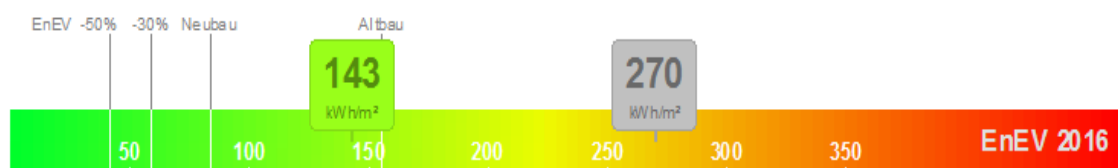
In der zweiten Projektwoche wurden Modernisierungsvorschläge zur Energieeinsparung für das Georg-Löck-Haus zu erarbeitet. Die Berechnungen wurden ebenfalls mit der Software von Hottgenroth durchgeführt. Die Dokumentation aus der ersten Projektwoche wurde erweitert, so dass beide Projektwochen in einem Dokument zusammengeführt sind. Im ersten Teil (Teil 1A) des Dokuments ist die Bestandaufnahme dokumentiert und im zweiten Teil (Teil 1B) die Modernisierungsvorschläge der einzelnen Bauteile sowie eine Sanierungsmaßnahme für das Kellergeschoss.

2 Zusammenfassung

Bei der Untersuchung der Gebäudehülle wurde festgestellt, dass sich das Georg Löck Haus in einem sehr gepflegten Zustand befindet. Allerdings wurden bis auf die Fenster auf der Westseite und der Ostseite keine Modernisierungsmaßnahmen vorgenommen. Die berechneten Wärmedurchgangskoeffizienten sagen aus, dass die Außenwände einen Wärmedurchlasskoeffizienten aufweisen, der dem ursprünglichen Zustand entspricht. Der Wärmeverlust ist für heutige Zeiten zu stark. Das Dachgeschoss des Gebäudes ist nicht ausgebaut. Dieser unbeheizte Bereich, wird daher in der Analyse nicht aufgeführt.

Es wurden Vorschläge erarbeitet um den Energieverbrauch des Gebäudes zu senken. Die Vorschläge gehen über eine Dämmung der Kellerdecke, eine nachträgliche Dämmung der obersten Geschossdecke bis hin zum Austausch der Fenster auf der Nord- bzw. Südseite. Die einzelnen Räume sollten mit einer Innendämmung versehen werden. Somit bleibt die Außenfassade unberührt und der Charme des Gebäudes mit all seinen Verzierungen bleibt erhalten. Diese Modernisierungsvorschläge könnten für eine enorme Energieeinsparung am Gebäude sorgen und somit Kosten einsparen.

Die unten stehende Grafik zeigt den energetischen Vorher-Nachher-Zustand bei einer Gesamtanierung auf. Hier ist zu erkennen, dass eine enorme Verbesserung der Energiebilanz am Gebäude erreicht werden kann. Jedoch ist in diese Berechnung das Kellergeschoss nicht mit in die Gesamtfläche einbezogen, da dieser vom GST- Team nach der Modernisierung gänzlich unbeheizt ist und nur die Kellerdecke modernisiert wird. Bei einer Einbeziehung des Kellers in die Gesamtfläche würde der grüne Wert wahrscheinlich nicht so positiv weit entfernt von dem grau hinterlegten Wert liegen. Der grau hinterlegte Wert zeigt den Zustand vor der Modernisierung auf. Der grüne Wert verweist auf den Zustand nach der energetischen Modernisierung. Die Werte beziehen sich auf den Jahres-Primärenergiebedarf pro Jahr und Quadratmeter Energiebezugsfläche. Durch alle Modernisierungsmaßnahmen wäre eine Einsparung von 127 kWh/m² möglich. Dies entspricht ungefähr 52 % des aktuellen Energieverbrauches!



Durch alle Modernisierungsmaßnahmen kann eine Reduzierung der CO₂-Emissionen von 47% erreicht werden. Der Ausgangswert von 113,25 kg CO₂ könnte auf 60,23 kg gesenkt werden.

Die Gesamtsanierung kann auch als Folge einzelner Maßnahmen durchgeführt werden. Eine relativ große Energieeinsparung bei voraussichtlich geringen Investitionskosten kann mit der Dämmung der obersten Geschossdecke erreicht werden: der Jahres-Primärenergiebedarf wird sich um 9 kWh/m²a reduzieren.

Die Dämmung der Kellerdecke von unten ergibt eine Primärenergieeinsparung von ca. 2 kWh/m²a.

Ein Austausch der Fenster auf der Nord- und Südseite kann eine Primärenergieeinsparung von ca. 8 kWh/m²a einbringen.

Die größte Energieeinsparung kann durch die relativ aufwändige Maßnahme der Innendämmung erreicht werden: 58 kWh/m²a.

3 Abstract

The Team/GST 15 had the task to analyze the Georg-Löck-House in Itzehoe Germany. The project time was about two weeks. In the first week the team had the task to calculate the value of the heat transfer (factor) of the building. In the second week the task for the team was to find some suggestions to modernize the building which was very important.

The town Itzehoe wants to reduce costs of energy in their town buildings. The Georg-Löck-House is one of them. The house's balance should be improved. Therefore the town wants to refurbish the building and reduce the costs of energy. The team had visited Itzehoe on November 16th, 2015. We had been given the opportunity to look into every classroom of the building, the cellar and the penthouse. Back in Flensburg we started working on solutions.

The first step was to calculate the building's value heat of transfer (factor). This calculation was based on the Software of Hottgenroth (Energieberater 18599). This software was founded by the school. After the calculation in the first week we had to look for solutions to reduce the energy consumption of the building. The team worked out some solutions and the calculation in Hottgenroth again but this time the solutions were included.

At the same time the team started to prepare a presentation that should be shown to important people from Itzehoe during open days at the RBZ in Flensburg on the last day of the project. Together with the team of GST 14 that had also worked on this building but with different focus, we showed the presentation to the people of Itzehoe and two additional school classes. The school classes also attended the presentation, because they wanted to get some information about a facility manager's daily work. All in it was a very interesting project. The team got the opportunity to get a close look at the work as a facility manager.

4 Berechnungsgrundlagen

Die energetische Qualität eines Bauteils wird mit Hilfe des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) dargestellt. Die Energiesparverordnung EnEV 2016 schreibt beispielsweise für die Sanierung von Außenwänden einen U-Wert von maximal 0,24 W/m²K vor. Werden die bestehenden Außenwände modernisiert, sollte dieser U-Wert erreicht werden. Bei einem Gebäude aus dem Jahr 1895, wie es das Georg-Löck-Haus ist, kann man von einem U-Wert im unsanierten Zustand von ca. 2,0 W/m²K ausgehen. Die U-Wert Berechnung basiert auf folgende mathematischen Grundlagen. Nach der DIN EN ISO 6946-04 wird der Wärmedurchlasswiderstand von homogenen Schichten mit folgender Formel berechnet:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Anschließend kann der Wärmedurchgangswiderstand R_T eines Bauteils berechnet werden, das aus mehreren Schichten besteht.

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_n + R_{se}$$

Abschließend kann dann der Wärmedurchgangskoeffizient dieses Bauteils berechnet werden:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

U	Wärmedurchgangskoeffizient	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
R_{se}	Wärmeübergangswiderstand Außen (DIN 6946-4)	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$
R_{si}	Wärmeübergangswiderstand Innen (DIN 6946-4)	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$
d	Schichtdicke	m
λ	Wärmeleitfähigkeit	$\frac{W}{m \cdot K}$

Tabelle 1: Begriffsdefinitionen U-Wert Berechnung

Wärmedurchgangskoeffizient (U)

Der Wärmedurchgangskoeffizient (U) ist der internationale Kennwert für die energetische Bewertung eines Bauteils. Der Name „U“ bedeutet „Unit of heat transfer“. Der U-Wert gibt an wie viel Wärme pro Quadratmeter Bauteil und Kelvin Temperaturunterschied durch das Bauteil strömt.

$$U = \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

Wärmedurchlasswiderstand (R)

R steht für „Resistance“. Der Wärmedurchlasswiderstand R bezieht alle Bauteilschichten in ihren jeweiligen Einbaustärken ein, sowie auch die Wärmeübergangswiderstände an der Oberfläche des Bauteils (R_{se} und R_{si}).

$$R \left[\frac{m^2 K}{W} \right] = R_{se} + \frac{d_1 [m]}{\lambda_1 \left[\frac{W}{m * K} \right]} + \frac{d_2 [m]}{\lambda_2 \left[\frac{W}{m * K} \right]} + \frac{d_3 [m]}{\lambda_3 \left[\frac{W}{m * K} \right]} + \frac{d_n [m]}{\lambda_n \left[\frac{W}{m * K} \right]} + R_{si}$$

Wärmeleitfähigkeit (λ Lambda)

Die Wärmeleitfähigkeit beschreibt wie viel thermische Energie ein Baustoff durch Wärmeleitung transportieren kann. Die Wärmeleitfähigkeit Lambda (λ) gibt an, welche Wärmemenge in einer Sekunde durch einen qm einer 1m dicken Schicht eines Stoffes im stationären Temperaturzustand hindurch geleitet wird, wenn das Temperaturgefälle zwischen beiden Oberflächen 1 K beträgt.

$$\lambda = \left(\frac{W}{m * K} \right)$$

Wärmeübergangswiderstand Innen und Außen (R_{si}/R_{se})

Dieser Wärmeübergang zwischen zwei Schichten erfolgt durch Wärmestrahlung und Konvektion. Er ist abhängig von der Lufttemperatur, der Luftbewegung, der Oberflächenbeschaffenheit des Stoffes (rau, glatt) und der Lage des Stoffes (senkrecht, waagrecht).

5 Gesamteindruck

Gebäudetyp	Massivbauweise
Baujahr	1895
Standort	Georg-Löck Straße 1, 25524 Itzehoe
Geschossanzahl	massiv
Geschossanzahl	drei genutzte Geschosse (EG, 1.OG, 2.OG) Kellergeschoss z. T. genutzt Dachboden unbeheizt
Grundfläche A_G	669 m ²
Nettogrundfläche A_{NGF}	1873 m ²
Nutzung	Unterrichtsgebäude der örtlichen Volkshochschule und der zugehörigen Verwaltung

Tabelle 2: Gebäudedaten

Das Gebäude befindet sich in einem sehr gepflegten Zustand. Allerdings ist der Kellerbereich in einem sehr schlechten Zustand, es ist anzunehmen dass der Grundwasserspiegel der nahe liegenden Stör gegen die Außenwände drückt. Dieses macht sich im Kellerbereich durch Putzabplatzungen und Schimmel bemerkbar.

Das Gebäude ist voll unterkellert aber der Keller ist nur zum Teil beheizt. Das Dachgeschoss ist momentan nicht ausgebaut und somit ebenfalls unbeheizt.

Die Stadt Itzehoe stellt dem Projektteam folgende Heizenergieverbrauchsdaten der Jahre 2009 bis 2014 zu Verfügung:

2009	245.852 kWh
2010	272.106 kWh
2011	241.392 kWh
2012	228.493 kWh
2013	263.382 kWh
2014	213.903 kWh

Tabelle 3: Verbrauchsdaten

In der obenstehenden Tabelle und die Verbrauchsdaten der VHS Itzehoe aufgelistet. Hier ergibt sich ein durchschnittlicher Endenergiebedarf von 244 kWh/a. Um jedoch eine bessere Vergleichbarkeit der verschiedenen Immobilien zu erhalten, vergleicht die EnEV den Bedarf an Primärenergie pro m²/a. Hier liegt die VHS Itzehoe bei 270 kWh/m²*a. Der Bedarf an Primärenergie ist immer höher als der Endenergiebedarf, da in diesem Bedarf noch Endenergiemenge für Erkundung, Prozess und Transport vorhanden sind.

Die Konstruktion der Bauteile ist nicht bekannt. Alle Bauteile der wärmeübertragenden Gebäudehülle wurden sorgfältig untersucht und mit den vorliegenden Plänen verglichen. Um die energetische Qualität der Bauteile einzuschätzen wurde die Gebäudetypologie Schleswig-Holstein herangezogen. Der entscheidende Absatz der Typologie ist im Anhang an dieses Dokument hinterlegt. ¹

¹ ARGE e.V., (2012). Gebäudetypologie Schleswig-Holstein Leitfaden für wirtschaftliche und energieeffiziente Sanierungen verschiedener Baualtersklassen. Kiel (Seite 21-28)



Abbildung 2: West-Ansicht



Abbildung 3: Süd-Ansicht Sockelbereich



Abbildung 4: Ost-Ansicht



Abbildung 5: Nord-Ansicht

6 Außenwände

Das Mauerwerk des 1895 erbauten Hauses macht einen sehr gepflegten Eindruck. Die Außenfassade ist bis auf wenige Stellen intakt. Lediglich im Keller sind einige Stellen zu verzeichnen, an denen Feuchtigkeit eindringt. Dies ist wahrscheinlich auf den hohen Grundwasserstand oder die in der Nähe anliegende Stör zurückzuführen. Die Bausubstanz des Mauerwerks ist dem Alter des Gebäudes entsprechend gut. Der Wärmedurchgang im Außenmauerwerk ist jedoch zu groß, so dass zu viel Energie verloren geht. Hier besteht ein großes Einsparpotenzial. Dies und die Feuchtigkeit im Keller sollten bei einer eventuellen Modernisierung in Betracht gezogen werden.

Die nachfolgende Tabelle zeigt den angenommenen Konstruktionsaufbau, die Baustoff-Kennwerte und den daraus resultierenden U-Wert des Bauteils.

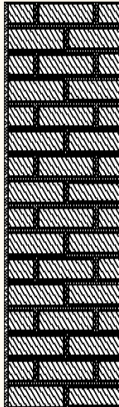
	Nr. Baustoff					Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass- widerstand	
						cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W	
	1	Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit					2,00	0,700	1400,0	0,03
	2	Vollklinker, Hochlochklinker, Keramiklinker, NM/DM (1800kg/m³)					82,00	0,810	1800,0	1,01
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist nicht erfüllt!					$R_{s,zul.} = 1,20$			$R_s = 1,04$	
	Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse		spezif. Transmissions- wärmeverlust		wirksame Wärme- speicherfähigkeit		$R_{si} = 0,13$	
									$R_{se} = 0,04$	
25,62 m²	0,8 %	1504,0 kg/m²	21,16 W/K	0,6 %	10cm-Regel :	1224 Wh/K	U - Wert 0,83 W/m²K			
					3cm-Regel :	327 Wh/K				

Tabelle 4: U-Wert-Berechnung Aufbau Kellerwand



Abbildung 6: Außenfassade und Feuchteschäden am Kellergeschoss

7 Fenster und Türen

7.1 Fenster

2006 wurden auf der Westseite Schallschutzfenster mit zweifacher Wärmeschutzverglasung eingesetzt. Auf der Ostseite sind 2013 Fenster mit zweifacher Wärmeschutzverglasung und sommerlichen Wärmeschutz eingesetzt worden. Die Fenster auf der Nord- und Südseite besitzen eine zweifache Isolierverglasung und sind wesentlich älter. Das Baujahr der Fenster ist unbekannt. Einige Fenster auf der Südseite sind bereits defekt. Zwischen den Scheiben ist ein Schleier zu erkennen. Das Projektteam nimmt an, dass der Randverbund undicht ist und somit Feuchtigkeit zwischen die Scheiben eingedrungen ist.

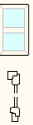
	Verglasung:	2-Scheiben-Isolierverglasung	$A_g = 1,60 \text{ m}^2$	$U_g = 2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Rahmen:	Kunststoffrahmen, 3 Kammern	$A_r = 1,29 \text{ m}^2$	$U_r = 2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Randverbund:	Aluminium	$l_g = 7,20 \text{ m}$	$\Psi_g = 0,05 \text{ W/m K}$
			Fläche $A_w = 2,89 \text{ m}^2$	U-Wert $U_w = 2,92 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tabelle 5: U-Wert-Berechnung für ein beispielhaftes Fenster an der Nordseite



Abbildung 7: Altbestand Fenster Nordseite

7.2 Glasbausteine

Im Bereich der Schulküche im Kellergeschoss befinden sich mehrere Fensteröffnungen, die mit Glasbausteinen versehen sind. Im Falle einer Sanierung des Kellers sollten diese Glasbausteine gegen Fenster mit Mehrfach Wärmeschutzverglasung ausgetauscht werden.

	Verglasung:	Einscheibenverglasung	$A_g = 1,64 \text{ m}^2$	$U_g = 5,80 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Rahmen:	Aluminiumrahmen, ohne thermische Trennung	$A_f = 0,19 \text{ m}^2$	$U_f = 7,00 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Randverbund:	Aluminium	$l_g = 30,72 \text{ m}$	$\Psi_g = 0,08 \text{ W/m K}$
			Fläche $A_w = 1,82 \text{ m}^2$	U-Wert $U_w = 7,27 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tabelle 6: U-Wert-Berechnung Glasbausteine



Abbildung 8: Glasbausteine Kellergeschoss

7.3 Türen

Bei der Betrachtung der Eingangstür auf der Ostseite wurde festgestellt, dass diese aus Holz mit eingesetzter Ein-Scheiben-Verglasung besteht. Die Nebeneingangstüren im Norden und Süden des Gebäudes bestehen ebenfalls aus Holz und Glas. Alle Türen dieser Art sind trotz des Alters in einem guten Zustand. Der U-Wert der Eingangstür wird auf ca. 3,41 W/m²K eingeschätzt.



Abbildung 9: Eingangstür Hofseite

8 Kellergeschoß

8.1 Bodenplatte EG-KG

Für die U-Wert Berechnung der Bodenplatte des Erdgeschosses wird der komplette Schichtaufbau verwendet. Da je nach Räumlichkeit unterschiedliche Fußbodenbeläge vorhanden sind, hat das Team stellvertretend für den Fußbodenbelag Linoleum gewählt. Die Schichtdicke des Fußbodenbelags beeinflusst die Berechnung unerheblich.

 1 2 3	Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand									
			cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W									
	1	Linoleum (DIN 12524)	0,30	0,170	1200,0	0,02									
	2	Zement-Estrich	6,00	1,400	2000,0	0,04									
	3	Beton mittlere Rohdichte (DIN 12524 - 2000 kg/m³)	16,00	1,350	2000,0	0,12									
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist nicht erfüllt!			$R_{\lambda, \text{zul.}} = 0,90$		$R_{\lambda} = 0,18$									
	<table><tr><td>Bauteilfläche</td><td>spezif. Bauteilmasse</td><td>spezif. Transmissionswärmeverlust</td><td colspan="2">wirksame Wärmespeicherfähigkeit</td></tr><tr><td>257,00 m²</td><td>8,2 %</td><td>443,6 kg/m²</td><td>495,16 W/K</td><td>14,1 %</td></tr></table>					Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust	wirksame Wärmespeicherfähigkeit		257,00 m²	8,2 %	443,6 kg/m²	495,16 W/K	14,1 %
Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust	wirksame Wärmespeicherfähigkeit												
257,00 m²	8,2 %	443,6 kg/m²	495,16 W/K	14,1 %											
					$R_{\text{se}} = 0,17$										
					U - Wert 1,93 W/m²K										

Tabelle 7: U-Wert-Berechnung und Aufbau Fußboden Erdgeschoss



Abbildung 10: Bodenplatte Erdgeschoss

8.2 Bodenplatte

Der Fußbodenaufbau im Keller lässt sich nicht zerstörungsfrei ermitteln, deshalb wird die Gebäudetypologie Schleswig-Holstein² zu Ermittlung des Schichtenaufbaus herangezogen. Da der Schichtaufbau für Kellerfußböden in der Typologie aber nicht erfasst ist, hat das Team denselben Aufbau wie für die Geschossdecke angenommen.

Bauteil:		Boden-Erde Keller gesamt				Fläche :		412,00 m²	
	Nr.	Baustoff		Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand		
				cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W		
	1	Zement-Estrich		6,00	1,400	2000,0	0,04		
	2	Beton mittlere Rohdichte (DIN 12524 - 2000 kg/m³)		16,00	1,350	2000,0	0,12		
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist nicht erfüllt!				R _{s,zul} = 0,90		R _s = 0,16		
	Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust		wirksame Wärmespeicherfähigkeit		R _{si} = 0,17	
	412,00 m²		13,2 %	440,0 kg/m²	1243,30 W/K	35,5 %	10cm-Regel : 22889 Wh/K 3cm-Regel : 6867 Wh/K	R _{se} = 0,00	
							U - Wert		
							3,02 W/m²K		

Tabelle 8: U-Wert Berechnung und Aufbau Bodenplatte Kellergeschoss



Abbildung 11: Bodenplatte Kellergeschoss

² ARGE e.V., (2012). Gebäudetypologie Schleswig-Holstein Leitfaden für wirtschaftliche und energieeffiziente Sanierungen verschiedener Baualtersklassen. Kiel

9 Dach WC

Die WC's im Kellerbereich sind mit einem Flachdach versehen. Es handelt sich vermutlich um eine Betonplatte mit Dämmung und Bitumenabdichtung.

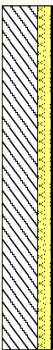
	Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand		
			cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W		
	1	Beton mittlere Rohdichte (DIN 12524 - 2000 kg/m³)	20,00	1,350	2000,0	0,15		
	2	Leichtbauplatten mit Polystyrol (DIN 1101- WLG 040)	8,00	0,040	15,0	2,00		
	3	Bitumendachbahn (DIN 52128)	0,30	0,170	1200,0	0,02		
	4	Bitumendachbahn (DIN 52128)	0,30	0,170	1200,0	0,02		
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!			$R_{\lambda, \text{zul}} = 0,90$		$R_{\lambda} = 2,18$		
	Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust		wirksame Wärmespeicherfähigkeit	$R_{si} = 0,17$	
	23,40 m²		0,8 %	408,4 kg/m²		9,27 W/K	0,3 %	$R_{se} = 0,17$
						10cm-Regel : 1300 Wh/K		U - Wert 0,40 W/m²K
					3cm-Regel : 390 Wh/K			

Tabelle 9: U-Wert-Berechnung und Aufbau Dach WC



Abbildung 12: Dach WC Kellergeschoss

10 Oberste Geschossdecke

Besonderes Augenmerk lag bei der Begehung auf der obersten Geschossdecke. Sie liegt zwischen dem beheiztem 2. Obergeschoss und dem unbeheizten Dachgeschoss. Es ist anzunehmen, dass ein großer Teil der Energie aus dem 2. Obergeschoss ungenutzt über diese Geschossdecke entweicht. Somit wäre es ratsam, diese Decke nachträglich energetisch zu sanieren, um den Wärmedurchgang zu verkleinern und somit eine Energiesparnis zu erzielen. Der Aufbau konnte an einer Stelle betrachtet werden.

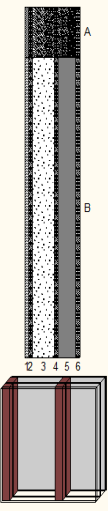
	Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand
			cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Gipsputz ohne Zuschlag	2,00	0,700	1200,0	0,03
	2	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	2,00	0,140	500,0	0,14
	3	Gefach - Stützen- / Balkenbreite: 12,0 cm; Zwischenraum (Füllung): 72,0 cm 14,3%: Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³) 85,7%: ruhende Luftschicht (horizontal)	13,00	0,140 0,180	500,0 1,0	0,93 0,72
	4	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	2,00	0,140	500,0	0,14
	5	Gefach - Stützen- / Balkenbreite: 12,0 cm; Zwischenraum (Füllung): 72,0 cm 14,3%: Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³) 85,7%: Sand, Kies, Splitt trocken (lose Schüttung, abgedeckt)	10,00	0,140 0,580	500,0 1800,0	0,71 0,17
	6	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	3,00	0,140	500,0	0,21
	Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Abschnitte (siehe Skizze)					$R_{1,A} = 2,17$ $R_{1,B} = 1,42$
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!			$R_{2,zul_gesamt} = 1,0$		$R_{3,ges.} = 1,48$
	Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust	wirksame Wärmespeicherfähigkeit		$R_{SI} = 0,10$ $R_{Se} = 0,10$
	567,53 m²	18,2 %	229,8 kg/m²	337,05 W/K	9,6 %	10cm-Regel : 7395 Wh/K 3cm-Regel : 5045 Wh/K
						U - Wert 0,59 W/m²K

Tabelle 10: U-Wert-Berechnung und Aufbau oberste Geschossdecke



Abbildung 13: Oberste Geschossdecke

11 Übersicht und Vergleich der U-Wert im IST-Zustand

<u>Bauteile</u>	IST-Zustand [W/(m²*K)]	EnEV 16 [W/(m²*K)]
Oberste Geschossdecke	0,59	0,24
Außenwand	1,50	0,24 (mit Außendäm- mung)
Außenwand (gegen Erdreich)	1,14	0,30
Bodenplatte (Keller) Nord und Süd	3,02	0,50
Bodenplatte (Erdgeschoss)	1,93	0,50
Fenster Westseite Einbau 2006	1,78	1,3
Fenster Ostseite Einbau 2013	1,48	1,3
Fenster Glasbausteine	5,90	1,3
Eingangstür Holz mit Glas	3,41	1,8
Nebeneingangstür Holz mit Glas	1,41	1,8
Rauchschtür Aluminium mit Glas	5,90	1,3
Dach WC	0,40	0,20

12 Lüftungsschächte

In den Unterrichtsräumen befinden sich Lüftungskanäle die zum heutigen Zeitpunkt nicht mehr für die Heizung oder Lüftung benötigt werden. Sie existieren aber noch und sorgen durch die natürliche Thermik für erhebliche Wärmeverluste.

Bei der Vor-Ort-Begehung des Georg-Löck-Hauses in Itzehoe am 16. Nov. 2015 wurden bei Aufnahmen mit der Thermografiekamera Wärmeverluste im Bereich der Lüftungsschächte festgestellt. Diese sorgen für einen Wärmeverlust in den beheizten Räumen. Da diese Schächte mittlerweile nicht mehr in Benutzung sind, wäre es im Falle einer Modernisierung sinnvoll, diese zu verschließen.



Abbildung 14: Luftschächte Dachgeschoss und Klassenraum

13 Thermografie

Am Besichtigungstag herrschte eine Außentemperatur vom 12°C und es regnete leicht. Somit waren keine idealen Voraussetzungen für eine seriöse Messung vorhanden. Die idealen Voraussetzungen für eine Thermografieaufnahme wären ein Temperaturunterschied zwischen Innen und Außen von 15 K und ein Tageszeitpunkt an dem die Sonneneinstrahlung noch keine Beeinflussung auf die Messung hat.³ Eine Stelle, an der und an diesem Tage verlässliche Thermografieaufnahmen gemacht werden konnten, sind die Lüftungsschächte in den Unterrichtsräumen. Diese Lüftungsschächte befinden sich an den Innenwänden. Vermutlich waren die Lüftungsschächte früher an eine Warmluftheizung angeschlossen. Soweit ersichtlich sind sie heute nicht mehr in Betrieb.

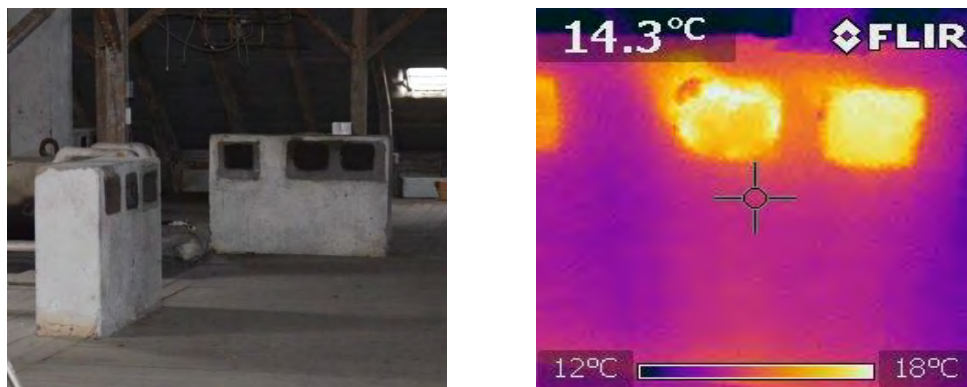


Abbildung 15: Original- und Thermografie Aufnahme Luftschächte Dachgeschoss

In Abbildung 16 ist ein saniertes Fenster zu sehen. Auf der Thermografieaufnahme ist zu erkennen, dass die Fensterrahmen relativ warm erscheinen, also gut gedämmt sind. Wand nicht ausreichend gedämmt ist. Die Außenwand dagegen weist einen höheren Wärmeverlust auf.

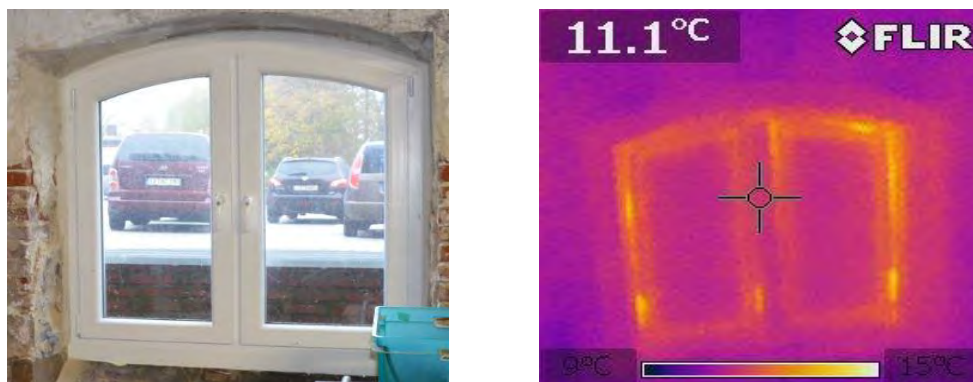


Abbildung 16: Original- und Thermografie Aufnahme Fenster Kellergeschoss

³www.vath.de . (kein Datum). Abgerufen am 19. 01 2016

14 Feuchte

Bereits beim ersten Betreten empfindet man die Feuchte im Mauerwerk der Kellerwände. Auf der Westseite steht das Gebäude bis zur Kellerdecke im Erdreich. Nach Osten fällt das Gelände ab und der Keller steckt nur noch ca. 1m im Erdreich. An sechs Stellen im Gebäude wurde die Feuchtigkeit im Mauerwerk bzw. in der Sohle gemessen.

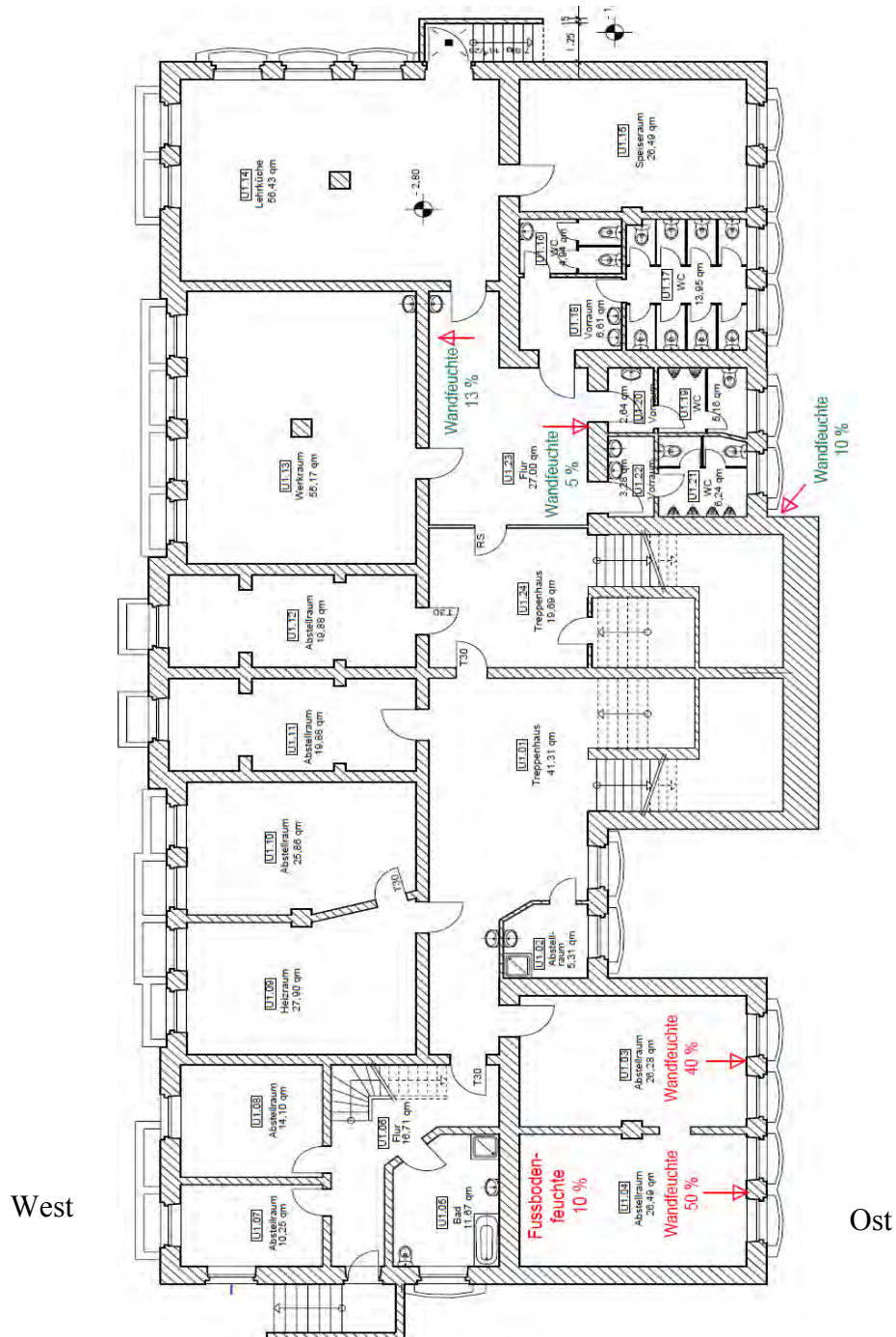


Abbildung 17: Messpunkte Feuchtigkeitsmessung Kellergeschoss

Messung	Raum	Feuchte
1	Werkstatt Ost-Wand	50 %
2	Werkstatt Ost-Wand	40 %
3	Werkstatt Fußboden	10 %
4	Flur Ost-Wand WC	5 %
5	Flur West-Wand	13 %
6	WC Ost-Wand	10 %

Tabelle 11: Messergebnisse Feuchtemessung Kellergeschoss

Die nachfolgende Tabelle zeigt grobe Anhaltswerte. Es kann zu starken Schwankungen kommen in Abhängigkeit von Jahreszeit, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Saugfähigkeit des Materials.

Material	trocken	feucht	normal	nass
Beton	0 – 1 %	2 – 7 %	-	>8 %
Mauerwerk	0 – 5 %	-	6 -15 %	>16 %

Tabelle 12: Allgemeine Grenzwerte Feuchtigkeit

Im Kellergeschoss des Georg-Löck Hauses in Itzehoe, gibt es vor allem in den Wandbereichen Süd und Süd-Ost zu hohe Feuchtigkeitsanteile von bis zu 50%. Diese wurden z. B. in der Hausmeisterwerkstatt festgestellt. Bei den Messungen in der Werkstatt wurde zudem festgestellt, dass der Boden einen Feuchtigkeitsanteil von 10% besitzt. Somit ist dieser über dem Grenzwert anzusiedeln und der Boden lässt sich laut obenstehender Tabelle als nass bezeichnen. Als Ursache für diese Feuchte ist drückendes Wasser anzunehmen. Dieses stammt entweder aus der naheliegenden Stör oder einem zu hohen Grundwasserstand. Der als Normal bezeichnete Anteil von Feuchtigkeit im Mauerwerk beträgt 6-15%. Werte, die diesen Wert überschreiten lassen sich in die Kategorie nass einordnen. Die Messungen der Feuchtigkeit wurden nur von der Oberfläche des Mauerwerks aufgenommen, es ist aber anzunehmen, dass der Feuchtigkeitsgehalt im Inneren des Mauerwerks noch höher ist.

Im gesamten Kellergeschoss ist eine zu hohe Materialfeuchtigkeit festzustellen. Die Feuchtigkeit im Mauerwerk, in den Bereichen Nord und Nord-Ost ist vermutlich nur deshalb geringer, da diese Räume zum größten Teil beheizt und somit es dem Mauerwerk ermöglicht wird, von innen zu trocknen.

15 Nachrüstverpflichtungen

Der Gesetzgeber schreibt einige verpflichtende Maßnahmen zur Nachrüstung vor. Dies betrifft alte Heizungsanlagen, gering gedämmte Verteilleitungen und die Dämmung der obersten Geschossdecke. Diese Anforderungen sind in der Energieeinsparverordnung (EnEV) im § 10 beschrieben. Auf die Gebäudehülle bezogen, ist Satz drei des Paragraphen relevant. Es ist davon auszugehen, dass die Dämmung der obersten Geschossdecke wirtschaftlich darstellbar ist. Im Abschnitt Modernisierung ist diese Maßnahme detailliert beschrieben.

Nachstehend ist der Absatz 3 des Paragraphen 10 aus der Energieeinsparverordnung 2016 aufgeführt.

(3) Eigentümer von Wohngebäuden sowie von Nichtwohngebäuden, die nach ihrer Zweckbestimmung jährlich mindestens vier Monate und auf Innentemperaturen von mindestens 19 Grad Celsius beheizt werden, müssen dafür sorgen, dass zugängliche Decken beheizter Räume zum unbeheizten Dachraum (oberste Geschossdecken), die nicht die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2: 2013-02 erfüllen, nach dem 31. Dezember 2015 so gedämmt sind, dass der Wärmedurchgangskoeffizient der obersten Geschossdecke $0,24 \text{ Watt/(m}^2 \cdot \text{K)}$ nicht überschreitet. Die Pflicht nach Satz 1 gilt als erfüllt, wenn anstelle der obersten Geschossdecke das darüber liegende Dach entsprechend gedämmt ist oder den Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 : 2013-02 genügt. Bei Maßnahmen zur Dämmung nach den Sätzen 1 und 2 in Deckenzwischenräumen oder Sparrenzwischenräumen ist Anlage 3 Nummer 4 Satz 4 und 6 entsprechend anzuwenden.

16 Außenwände

Die Modernisierung an Gebäudehülle muss gemäß der Energieeinsparverordnung (§ 9 Abs. 3) durchgeführt werden, um die vorgeschriebenen Werte zu erreichen.

Gemäß EnEV 2016 Anlage 3 (zu den § 8 und 9) Abschnitt 1 muss bei der Modernisierung von Außenwänden mit Innendämmung ein Dämmstoff mit einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ angebracht werden. Bei Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen muss ein Wärmeleitfähigkeitswert von $\lambda = 0,045 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ eingehalten werden. In unserem Modernisierungsvorschlag für die Innendämmung werden die Heizkörper von der Wand entfernt und nach der Modernisierung wieder an die vorherige Position vor der Innendämmung angebracht.

Bei den Planungen zur Sanierung des Georg-Löck Hauses in Itzehoe, wurden fünf verschiedene Varianten zum nachträglichen Anbringen der Innendämmung aufgeführt. Bei allen Varianten ist davon auszugehen, dass es innerhalb der Dämmung zu einer Tauwasserbildung kommen kann. Dies ist durch genaue bauphysikalische Untersuchungen zu überprüfen, um dann eine dementsprechend starke Dampfbremse anzubringen.

Die untenstehende Grafik zeigt einige Vor- und Nachteile von Innendämmungen auf.

Vorteile		Nachteile	
+	rasches Wiederanheizen	-	Sommerlicher Wärmeschutz
+	bequeme Anbringung	-	Brandschutz
+	geringere Kosten	-	Wohnfläche
		-	Mieterbeeinträchtigung
		-	Wärmebrücken
		-	Tauwasser
		-	Trocknungsverzögerung

Abbildung 18: Innendämmung Vor- und Nachteile³

Auf den folgenden Seiten werden die fünf Varianten der Innendämmung aufgezeigt. Hierzu folgen eine Kurzbeschreibung, ein schematischer Aufbau sowie bei der Innendämmung mit Polystyrol eine Tachografik. Die Grafik gibt an, wie sich die einzelnen Dämmmaterialien und Aufbauten der Konstruktion auf den Energieverbrauch pro Jahr und Quadratmeter in Bezug auf den Bestand auswirken.

⁴ http://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/de/documents/Publikationen/Konferenzbeitraege/Deutsches_KB_5_tcm45-30960.pdf. (19. 01 2016).

Die **Wärmedämmung aus Polystyrol** muss in einer Unterkonstruktion angebracht werden. Im Vergleich zu den anderen Rohstoffen ist Polystyrol relativ kostengünstig. Der Schichtaufbau in diesem Modernisierungsvorschlag besteht aus Konstruktionsholz von 6 cm x 6 cm, das senkrecht an die Wand angebracht wird, in einem Abstand von ca. 60 cm. In diesen 60 cm breiten Leerräumen wird Dämmstoff angebracht, der die Anforderungen von $\lambda = 0,035 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ erfüllt. Über diese Konstruktion wird dann eine dampfdiffusions hemmende Polyamidfolie gespannt, um die Konstruktion vor Feuchte zu schützen. Auf das Konstruktionsholz werden zwecks Stabilität, Grobspanplatten mit 2 cm Stärke angebracht. Zum Abschluss werden auf der Grobspanplatte Gipskartonplatten geschraubt.

Die Anbringung der Dämmplatten in der Unterkonstruktion muss präzise ausgeführt werden. Hier sollte es zu keinen Lücken zwischen den Platten und den Konstruktionshölzern sowie zwischen den einzelnen Platten kommen, damit ein Wärmeverlust vermieden werden kann.

Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand
1	OSB-Platten (DIN 12524)	2,00	0,130	650,0	0,15
2	PA-Folien Dicke > 0,05 mm	0,06	0,300	100,0	0,00
3	Gefach - Stützen- / Balkenbreite: 6,0 cm Zwischenraum (Füllung): 60,0 cm 9,1%: Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³) 90,9%: Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 035 - > 15 kg/m³)	6,00	0,130 0,035	500,0 15,0	0,46 1,71
4	Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	2,00	0,700	1400,0	0,03
5	Vollklinker, Hochlochklinker, Keramiklinker, NM/DM (1800kg/m³)	38,00	0,810	1800,0	0,47
Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Abschnitte (siehe Skizze)					$R_{L,A} = 1,12$ $R_{L,B} = 2,37$
Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!					$R_{L,zul,gesamt} = 1,0$ $R_{L,ges} = 2,09$
Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust	wirksame Wärmespeicherfähigkeit	$R_{si} = 0,13$ $R_{se} = 0,04$
62,50 m²		1,8 %	728,6 kg/m²	27,59 W/K	0,8 %
				10cm-Regel : 504 Wh/K	
				3cm-Regel : 397 Wh/K	
					U - Wert 0,44 W/m²K

Tabelle 13: U-Wert-Berechnung und Aufbau mit Polystyrol

Die für das gesamte Gebäude angenommene Innendämmung aus Polystyrol wurde mit einer PA-Folie ausgestattet.

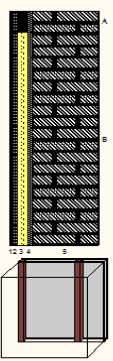
Nach der Innendämmung der Außenwände würden gegenüber dem Ist-Zustand, 58 kWh/m² eingespart werden.



Abbildung 19: Ist Zustand und Zustand der Außenwand nach der Einzelmaßnahme

Die Abbildung zeigt im grauen Feld den spezifischen Jahres-Primärenergiebedarf vor der Modernisierung und im grünen den zu erwartenden spezifischen Jahres-Primärenergiebedarf danach.

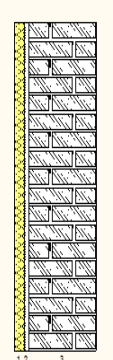
Die **Wärmedämmung mit Mineralfaser** muss ebenfalls in einer Unterkonstruktion angebracht werden, kann dort aber verhältnismäßig einfach verarbeitet werden. Die Wärmedämmung aus Mineralfaser wird in Deutschland häufig verwendet, muss aber zwingend vor Feuchtigkeit geschützt werden. Die Verarbeitung erfolgt auf die gleiche Weise, wie bereits auf der vorigen Seite beschrieben.



Nr.	Bau stoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass- widerstand
		cm	W/(mK)	kg/ m³	m²K/W
1	Gipskartonplatten (DIN 18180)	2,00	0,250	900,0	0,08
2	OSB-Platten (DIN 12524)	2,00	0,130	650,0	0,15
3	Gefach - Stützen- / Balkenbreite: 60,0 cm; Zwischenraum (Füllung): 60,0 cm 9,1%: Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³) 90,9%: Mineral- und pflanzl. Faserdämmstoff (DIN 18165-1 - WLG 035)	6,00	0,130 0,035	500,0 260,0	0,46 1,71
4	Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	2,00	0,700	1400,0	0,03
5	Vollklinker, Hochlochklinker, Keramikklinker, NM/DM (1800kg/m³)	38,00	0,810	1800,0	0,47
Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Abschnitte (siehe Skizze)					$R_{s,A} = 1,19$ $R_{s,B} = 2,45$
Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!		$R_{a,zul.,gesamt} = 1,0$			$R_{a,ges.} = 2,18$
Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions- wärmeverlust	wirksame Wärme- speicherfähigkeit	$R_{si} = 0,13$ $R_{se} = 0,04$
62,50 m²	1,8 %	759,9 kg/m²	26,65 W/K	0,8 %	$U - Wert$ 0,43 W/m²K
				10cm-Regel : 772 Wh/K 3cm-Regel : 504 Wh/K	

Tabelle 14: U-Wert-Berechnung und Aufbau mit Mineralfaser

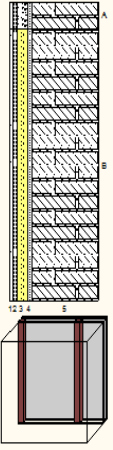
Die **Minerale Dämmplatte** ist diffusionsoffen und kann ohne Unterkonstruktion angebracht werden. Sie kann durch Verkleben direkt auf der Wand befestigt werden, es ist drauf zu achten, dass ein diffusionsoffener Putz aufgetragen wird. Die Minerale Dämmplatte sorgt für ein angenehmes Raumklima.



Nr.	Bau stoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass- widerstand
		cm	W/(mK)	kg/ m³	m²K/W
1	Minerale Dämmplatte	6,00	0,042	150,0	1,43
2	Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	2,00	0,700	1400,0	0,03
3	Vollklinker, Hochlochklinker, Keramikklinker, NM/DM (1800kg/m³)	38,00	0,810	1800,0	0,47
Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!					$R_{a,zul.} = 1,20$ $R_{a} = 1,93$
Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions- wärmeverlust	wirksame Wärme- speicherfähigkeit	$R_{si} = 0,13$ $R_{se} = 0,04$
62,50 m²	1,8 %	721,0 kg/m²	29,81 W/K	0,8 %	$U - Wert$ 0,48 W/m²K
				10cm-Regel : 0 Wh/K 3cm-Regel : 0 Wh/K	

Tabelle 15: U-Wert-Berechnung und Aufbau mit Minerale Dämmplatte

Die **Wärmedämmung aus Hanf** ist ein nachwachsender Rohstoff und somit umweltfreundlich. Beim Anbringen ist drauf zu achten, dass eine Unterkonstruktion vorhanden ist. Die Hanfdämmung sorgt zusätzlich für ein angenehmes Raumklima. Die Dämmung muss vor Feuchtigkeit geschützt werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass sich die Hanfmaten an die Unebenheiten im Bestand anpassen.



Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand
		cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
1	Gipskartonplatten (DIN 18180)	2,00	0,250	900,0	0,08
2	OSB-Platten (DIN 12524)	2,00	0,130	650,0	0,15
3	9,1 %: Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³) 90,9 %: flexible Wärmedämmung aus Hanf	6,00	0,130	500,0	0,46
			0,040	260,0	1,50
4	Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	2,00	0,700	1400,0	0,03
5	Vollklinker, Hochlochklinker, Keramikklinker, NM/DM (1800kg/m³)	38,00	0,810	1800,0	0,47
Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Abschnitte (siehe Skizze)					$R_{s,A} = 1,19$ $R_{s,E} = 2,23$
Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!			$R_{\lambda,zul,gesamt} = 1,0$		$R_{\lambda,ges} = 2,03$
Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust	wirksame Wärmespeicherfähigkeit		$R_{si} = 0,13$
62,50 m²	1,8 %	759,9 kg/m²	28,45 W/K	0,8 %	$R_{se} = 0,04$
10cm-Regel : 772 Wh/K 3cm-Regel : 504 Wh/K					U - Wert 0,46 W/m²K

Tabelle 16: U-Wert-Berechnung und Aufbau mit Hanf

Die innovative Variante besteht aus einer **Wärmedämmung mit Aerogel**. Aerogel gehört zu den zukunftsweisenden Nanomaterialien und hat höchst effiziente Wärmedämmeigenschaften. Es kann auch im Verbundsystem mit integrierter Dampfbremse und Gipsfaserplatte verarbeitet werden. Prinzipiell kann Aerogel als Innendämmung sehr gut nachträglich zum Wärmeschutz angebracht werden. Vorteil von diesem neuartigen Material ist die geringe Schichtdicke.



Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand
		cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
1	Wandbauplatten aus Gips (DIN 18163 - 750 kg/m³)	1,00	0,350	750,0	0,03
2	Aerorock	2,00	0,019	410,0	1,05
3	Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	2,00	0,700	1400,0	0,03
4	Vollklinker, Hochlochklinker, Keramikklinker, NM/DM (1800kg/m³)	38,00	0,810	1800,0	0,47
Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!			$R_{\lambda,zul} = 1,20$		$R_{\lambda} = 1,58$
Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust	wirksame Wärmespeicherfähigkeit		$R_{si} = 0,13$
62,50 m²	1,8 %	727,7 kg/m²	35,73 W/K	1,0 %	$R_{se} = 0,04$
10cm-Regel : 130 Wh/K 3cm-Regel : 130 Wh/K					U - Wert 0,57 W/m²K

Tabelle 17: U-Wert-Berechnung und Aufbau mit Aerogel

17 Fenster und Türen

17.1 Fenster

Der Modernisierungsvorschlag in dem Bereich der Fenster sieht wie folgt aus. Die Fenster der Nord- und Südseite mit den dazugehörigen Rahmen auszutauschen. Die neuen Fenster können Kunststofffenster mit einem 6 Kammersystem und einer dreifachen Wärmeschutzverglasung sein. Durch die Modernisierung der alten Fenster lässt sich eine Energieeinsparung von ca. 10 kWh/m² erzielen.

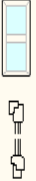
	Verglasung:	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	$A_g = 1,70 \text{ m}^2$	$U_g = 0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Rahmen:	Passivhausrahmen	$A_v = 1,36 \text{ m}^2$	$U_r = 1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Randverbund:	Kunststoff	$l_g = 7,40 \text{ m}$	$\Psi_g = 0,03 \text{ W/m K}$
			Fläche $A_w = 3,06 \text{ m}^2$	U-Wert $U_w = 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tabelle 18: U-Wert-Berechnung Fenster Modernisierung

Nach der Modernisierung der Fenster würden gegenüber dem Ist Zustand, 10 kWh/m² eingespart werden, wie auf der folgenden Abbildung abzulesen.



Abbildung 20: Ist Zustand und Zustand nach Modernisierung Fenster

17.2 Türen

Der Modernisierungsvorschlag in dem Bereich der Eingangstür sieht vor, die Eingangstür mit den dazugehörigen Rahmen auf der Ostseite auszutauschen. Die neue Eingangstür besitzt ein vier Kammersystem im Rahmen und eine dreifach Wärmeschutzverglasung. Diese Tür besitzt einen U-Wert von 1,7 W/(m²K). Die Energieeinsparung durch die verbesserte Haustüre wird allerdings relativ gering ausfallen, da die Türe einen relativ geringen Flächenanteil an der gesamten Gebäudehülle hat und das niedrig beheizte Treppenhaus als Puffer dient

18 Kellergeschoß

18.1 Kellerdecke

Zur weiteren Energieeinsparung im Gebäude wäre es sinnvoll, die Decke zwischen Erdgeschoß und Kellergeschoß zu dämmen. Hierfür sieht der Modernisierungsvorschlag vor Polystyrolplatten von unten an die Kellerdecke anzubringen. Hierfür wurden Platten mit einer Stärke von 10 cm vorgesehen. Diese sollten mindestens einen Lambdawert von $0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ besitzen.

Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand
1	Linoleum (DIN 12524)	0,30	0,170	1200,0	0,02
2	Zement-Estrich	6,00	1,400	2000,0	0,04
3	Beton mittlere Rohdichte (DIN 12524 - 2000 kg/m^3)	16,00	1,350	2000,0	0,12
4	Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 035 - > 15 kg/m^3)	10,00	0,035	15,0	2,86
Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!		$R_{\text{t,tot.}} = 0,90$			$R_1 = 3,04$
Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust	wirksame Wärmespeicherfähigkeit	$R_{\text{si}} = 0,17$
669,00 m^2		21,5 %	445,1 kg/m^2	198,15 W/K	$R_{\text{se}} = 0,17$
			6,4 %	10cm-Regel: 36988 Wh/K	U - Wert 0,30 $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$
				3cm-Regel: 10972 Wh/K	

Tabelle 19: U-Wert- Berechnung und Aufbau Kellerdecke

Die Dämmung der Kellerdecke würde gegenüber dem Ist-Zustand $2 \text{ kWh}/\text{m}^2$ einsparen.



Abbildung 21: Ist Zustand + Zustand nach Modernisierung Kellerdecke

18.2 Bodenplatte

Soll der gesamte Keller saniert und genutzt werden, müsste die Bodenplatte modernisiert werden. Als Modernisierungsvorschlag für den Kellerfußboden empfehlen wir den bestehenden Estrich zu entfernen und den sichtbaren Boden mit einer Schlämme an die Wände anzuschließen. Der Wiederaufbau des Kellerfußbodens sollte dann mit Polystyrol Platten und neuem Estrich bestückt werden. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, dass die Raumhöhe der Kellerräume nicht zu stark eingeschränkt wird.

18.3 Dach WC

Da das Projektteam der GST 14 ein neues WC für das Kellergeschoss vorsieht, wäre es hier nicht sinnvoll einen Modernisierungsvorschlag für das bestehende WC im Keller zu erarbeiten.

Neubauten und Erweiterungen müssen gemäß EnEV 2016 errichtet werden. Dies umfasst in diesem Fall die Fenster, den Dachaufbau, die Bodenplatte und die Außenwände.

19 Oberste Geschossdecke

Als Modernisierungsvorschlag für die oberste Geschossdecke empfiehlt das GST-Team das vollflächige Bedecken des Fußbodens auf der Geschossdecke mit einem mineralischen oder pflanzlichen Faserdämmstoff. Um das Dachgeschoss begehen zu können, empfehlen wir die 80 mm starke Dämmung mit zusätzlichen 22 mm starken OSB-Grobspanplatten zu bedecken.

Zusätzlich muss laut der EnEV 2016 § 10 Satz 3 (Nachrüstung bei Anlagen und Gebäuden) der Eigentümer von Wohn- und Nichtwohngebäuden die oberste Geschossdecke nach dem 31.12.2015 so dämmen, dass der Wärmedurchgangskoeffizient 0,24 Watt(m²*K) nicht überschritten wird.

Die vorgeschlagene Maßnahme erreicht genau den Wert von 0,24 W/(m²*K).

Nr.	Baustoff	Dicke cm	Lambda W/(mK)	Dichte kg/m³	Wärmedurchlass- widerstand m²K/W
1	Gipsputz ohne Zuschlag	2,00	0,700	1200,0	0,03
2	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	2,00	0,140	500,0	0,14
3	Gefach - Skizzen- / Balkenbreite: 12,0 cm; Zwischenraum (Füllung): 72,0 cm 14,3%: Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³) 85,7%: ruhende Luftschicht (horizontal)	13,00	0,140 0,180	500,0 1,0	0,93 0,72
4	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	2,00	0,140	500,0	0,14
5	Gefach - Skizzen- / Balkenbreite: 12,0 cm; Zwischenraum (Füllung): 72,0 cm 14,3%: Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³) 85,7%: Sand, Kies, Splitt trocken (lose Schüttung, abgedeckt)	10,00	0,140 0,580	500,0 1800,0	0,71 0,17
6	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	3,00	0,140	500,0	0,21
7	Mineral- und pflanzl. Faserdämmstoff (DIN 18165-1 - WLG 035)	8,00	0,035	260,0	2,29
8	OSB-Platten (DIN 12524)	2,20	0,130	650,0	0,17
Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Abschnitte (siehe Skizze)					R _{1,A} = 4,63 R _{1,B} = 3,88
Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!			R _{1,zul,gesamt} = 1,0		R _{1,gesamt} = 3,95
Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions- wärmeverlust	wirksame Wärme- speicherfähigkeit	
567,53 m²		18,2 %	264,9 kg/m²	136,86 W/K	4,1 %
				10cm-Regel :	7395 Wh/K
				3cm-Regel :	5045 Wh/K
U - Wert					0,24 W/m²K

Tabelle 20: U-Wert-Berechnung und Aufbau Dachgeschoss

Nach der Dämmung der obersten Geschossdecke würde gegenüber dem Ist-Zustand, 9 kWh/m² eingespart werden. Abbildung 3 zeigt den spezifischen Jahresprimärenergiebedarf und in den zu erwartenden, spezifischen Jahresprimärbedarf nach der Dämmung der obersten Geschossdecke. Diese Maßnahme ist relativ einfach und kostengünstig umsetzbar. In der Regel ist eine Amortisation der Kosten in wenigen Jahren möglich.



Abbildung 22: Ist Zustand und Zustand nach Modernisierung der obersten Geschossdecke

20 Lüftungsschächte

Die Energieeinsparung an den Lüftungsschächten ließe sich durch einfaches Zumauern der Öffnungen in den verschiedenen Klassenräumen realisieren. Dies wäre aufgrund der Brandschutzbestimmungen sowieso nötig, da die Lüftungsschächte eine Verbindung zwischen den einzelnen Klassenräumen darstellen und dies nicht zulässig ist. Des Weiteren wäre es sinnvoll, die ausgemauerten Ausgänge der Lüftungsschächte im Dachgeschoss abzubrechen und die Öffnungen zu verschließen. Dies wäre für die Dämmung der obersten Geschossdecke passend, die die Dämmung im diesem Bereich nicht ausgespart werden müsste. Durch diese Maßnahmen ließe sich mit einem relativ geringen Aufwand schon ein Teil der Energie aus den Klassenräumen einsparen.

21 Übersicht und Vergleich der U-Werte nach der Modernisierung

Bauteile	IST-Zustand [W/(m²*K)]	Zustand nach der Modernisierung [W/(m²*K)]	EnEV 16 [W/(m²*K)]
Oberste Geschossdecke	0,59	0,24	0,24
Außenwand	1,50	0,43	0,24 (mit Außendämmung)
Außenwand (gegen Erdreich)	1,14	-	0,30
Bodenplatte (Keller) Nord und Süd	3,02	-	0,50
Bodenplatte (Erdgeschoss)	1,93	0,30	0,50
Fenster Westseite Einbau 2006	1,78	1,78	1,3
Fenster Ostseite Einbau 2013	1,48	1,48	1,3
Fenster Glasbausteine	5,90	-	1,3
Eingangstür Holz mit Glas	3,41	1,7	1,8
Nebeneingangstür Holz mit Glas	1,41	-	1,8
Rauchschtztür Aluminium mit Glas	5,90	-	1,3
Dach WC	0,40	Neubau	0,20

Der U-Wert der Fenster bleibt unverändert, da keine erneute Sanierung der Fenster nicht wirtschaftlich wäre. Die Fenster wurden erst in den Jahren 2006 und 2013 ausgetauscht. Ein erneuter Tausch ist momentan nicht vorgesehen.

22 Abdichtung der Außenwände

Der Keller im Gebäude zeigt Folgen von Schimmel und Salzausblühung. Um Folgeschäden zu unterbinden, wird vorgeschlagen, den Keller schimmelfrei und trocken zu legen. Hierfür besteht die Möglichkeit, außen eine Abdichtung des Mauerwerks vorzunehmen.

Die Abdichtung der Kellerwände von innen, ließe sich mit verhältnismäßig geringem Aufwand und geringen Kosten umsetzen. Als Maßnahme ließe sich auf den Boden eine Schlemme aufbringen. Diese wird in den Kellerräumen aufgebracht um die Kellerwände von der Innenseite der Außenwand abzudichten. Vorteil ist die schnelle Verarbeitung der Abdichtung. Nachteil könnte sein, dass das Mauerwerk weiterhin der Feuchtigkeit im Erdreich ausgesetzt ist.

Die Abdichtung der Kellerwände von außen schließt die Wände mit ein und schützt diese vor einer eventuellen Durchfeuchtung durch das Erdreich. Hierfür sollte an der Außenwand weitest abseits aufgegraben werden. Schwierigkeiten durch Felsen, Leitungen o. ä. können das Vorhaben behindern. Die Abdichtung der Kellerwand erfolgt durch eine Bitumenbahn. Zusätzlich zur Bitumenbahn müssen innen weitere Maßnahmen wie z. B. Schlagbleche oder Injektionen ergriffen werden. Diese werden von Innen horizontal in die Kellerwand eingeschlagen oder eingespritzt. Zusätzlich muss innen eine Bitumenbahn auf dem Boden und darüber hinaus bis auf Höhe der Bleche oder Injektionen an der Wand hoch geführt werden um eine komplett umlaufende vertikale und horizontale Abdichtung zu erhalten.

Des Weiteren ist es sinnvoll außen im Erdreich eine Drainage zu verlegen um anstehendes Grundwasser von der Wand kontrolliert ableiten zu können und somit das Erdreich um die Wand herum weitestgehend trocken zu legen.

Die untenstehende Grafik zeigt das auf der Seite elf dargestellte Beispiel auf. In der Abbildung ist eine horizontale Abdichtung durch Schlagbleche dargestellt.

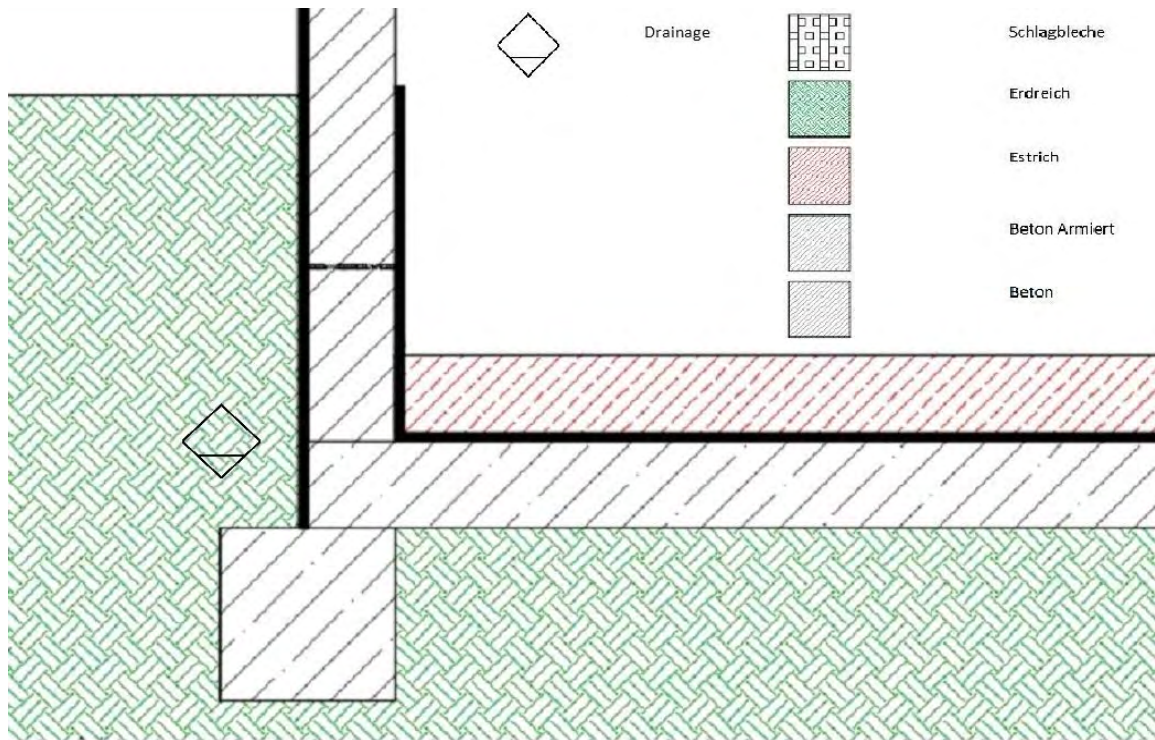


Abbildung 23: Beispiel zur Sanierung der Feuchte im Kellergeschoss

23 Energiecontracting Definition

Der Begriff Energiecontracting entstand in den achtziger Jahren und fand zu dieser Zeit erstmals Anwendung in seiner heutigen Begrifflichkeit. „Contracting wurde aus den Begriffen „Third Party Financing“ und „Independend Power“ abgeleitet.“

Leitgedanke ist, kostenintensive Maßnahmen zur rationellen Energienutzung von einem Externen durchführen und finanzieren zu lassen.⁵

Um Energie einzusparen und damit auch CO₂-Emissionen zu reduzieren sind immer Investitionen erforderlich. Steht nicht genügend Eigenkapital zur Verfügung muss üblicher Weise ein Kredit in Anspruch genommen werden. Energiecontracting ist eine Möglichkeit, ohne Eigenkapital und ohne Kreditraten Investition zu tätigen, durch die Betriebskosten gesenkt werden können. Ein Contractor übernimmt die Investitionen im Namen des Eigentümers und wird im Gegenzug an den Energieeinsparungen beteiligt. Auf diese Weise haben beide Seiten einen Vorteil; der Eigentümer bekommt Modernisierungsmaßnahmen und der Contractor erhält langfristig eine gute Verzinsung seines eingesetzten Kapitals. Meist findet ein Contracting in den Bereichen Energie - und Medienversorgung statt. Der Kostenvorteil für den Auftraggeber entsteht durch die Investition des Contractors in energiesparende Modernisierungen. Anschließend wird der Contractor an den Einnahmen durch die Energieeinsparung beteiligt, bis das Darlehen an ihn zurückgezahlt ist. Der Auftraggeber erhält durch die Modernisierung eine Energieeinsparung, ohne eigene finanzielle Mittel aufzuwenden an seiner Immobilie.

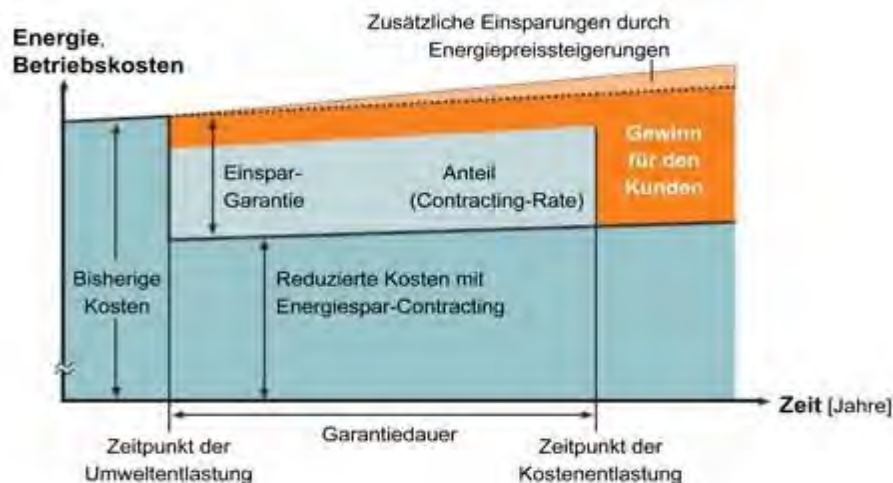


Abbildung 24: Gesamtkonzept bei Contracting²

⁵ Schmid, A. (2009) Seite 10

⁶ <http://www.siemens.de/buildingtechnologies/de/de/energieeffizienz/energieeffiziente-loesungen/energiesparendes-performance-contracting/finanzierungsmodell/Seiten/finanzierungsmodell.aspx>. (kein Datum). Abgerufen am 10. 11 2015

24 Anwendungsbereiche

Contractingmodelle können prinzipiell in allen Branchen und Bereichen angewendet werden. Die meisten Contractingmodelle im Bereich Anlagentechnik kommen bei Unternehmen des Energieanlagenbaus zum Einsatz. In der Wohnung- und Immobilienwirtschaft ist das Verfahren des Energieliefercontracting auch vertreten. Öffentliche Einrichtungen und Kommunen bevorzugen meist das Einsparcontracting. Anbieter dieser Dienste sind zumeist Contractoren (Unternehmen), die aus dem Bereich des Anlagenbaus kommen oder Ingenieurbüros. Bei größeren Projekten arbeiten Energieversorgungsunternehmen mit Leasing-gesellschaften zusammen an einem Konzept für den Auftraggeber (Contractingnehmer). 2010 gab es ca. 500 Unternehmen in Deutschland, die in dem Bereich Energiecontracting am Markt aktiv waren. Die Tendenz ist stark steigend.⁷

⁷ Gräber, M. (01/2010). Seite 11

25 Voraussetzungen

Um einen sicheren Ablauf des Contractings zu gewährleisten sind bestimmte Voraussetzungen zu schaffen. Diese sind in den nachfolgenden Stichpunkten beschrieben.⁸

Voraussetzungen beim Contractingnehmer:

- Es sollte ein hohes Energieeinsparpotenzial am Gebäude durch z. B. alte Wärmezeuger, veraltete Anlagentechnik (z. B. Wärmeverteilung oder Beleuchtung) oder eine veraltete Gebäudehülle vorhanden sein
- Vertrauen, sich an den Vertragspartner zu binden
- Ein geringes Eigenkapital

Voraussetzungen beim Contractor:

- Der Contractor besitzt das nötige KnowHow oder beschäftigt Mitarbeiter mit dem benötigten Fachwissen, die das Einsparpotential erkennen können
- Er hat Zugang zum benötigten Kapital zur Realisierung der Maßnahme

⁸ www.kompetenzzentrum-contracting.de/startseite. (kein Datum). Abgerufen am 10. 11 2015

26 Förderung der Beratung

Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) ist eine Bundesbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Im Energiesektor setzt das BAFA Fördermaßnahmen zur stärkeren Nutzung erneuerbarer Energien und Energieeinsparung sowie auch unterstützende Maßnahmen bei Modernisierungen.

Anträge werden über das Antragsformular Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) gestellt.

Antragsverfahren über

Referat 421-Energiespar-Contracting

Frankfurter Straße 29-35

65760 Eschborn

Tel.: 06196-9082553

www.bafa.de/bafa/de/das_bafa/index.html

Antragsberechtigte sind

- Kommunen
- Unternehmen und Einrichtungen in mehrheitlich kommunalem Eigentum
- Gemeinnützige Organisationen
- Anerkannte Religionsgemeinschaften
- kleine und mittlere Unternehmen der EU mit Betriebsstätte oder Niederlassung in Deutschland, die sich mehrheitlich in Privateigentum befinden

Voraussetzungen sind

- Antragsteller müssen Eigentümer sein (Immobilien, Liegenschaften)
- Der Projektentwickler muss objektiv beraten, über die erforderliche Zuverlässigkeit und Qualifikation verfügen sowie vom BAFA als Berater zugelassen sein.
- Und weitere Voraussetzungen vgl. Homepage BAFA

Ausgeschlossen von der Förderung sind

- Antragsteller mit einem beantragten oder eröffneten Insolvenzverfahren
- der Bund und die Länder mit ihren Einrichtungen
- Unternehmen, die im Sinne der EU-Leitlinien in Schwierigkeiten sind.⁹

⁹ <http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=views;document&doc=12387>. Abgerufen am 09. 11 2015

27 Contractingarten

Diese verschiedenen Varianten werden nach DIN 8930-5 ausgeführt, wobei mit zunehmender Zeit sich immer mehr Mischformen von Energiecontracting bilden oder Unternehmen eigene Bezeichnungen erfinden.¹⁰ In der nachfolgenden Tabelle beschränken wir uns auf eine kurze tabellarische Beschreibung der vier wichtigsten Arten. Zusätzlich werden diese Arten in den folgenden Abschnitten im Detail erläutert.

	Energieliefer- contracting (Punkt 5.1)	Einspar- contracting (Punkt 5.2)	Technisches Anlagen- management (Punkt 5.3)	Finanzierungs- contracting (Punkt 5.4)
Einsatzgebiete	Neubauten, Bestandsbauten bei umfangreichen Sanierungen/ Ersatzinvestitionen	Bestandsbauten (gewerbliche und kommunale)	Bestands- und Neubauten (gewerblich)	Neubauten, Neuanschaffungen
Refinanzierung/ Preismodell	Nutzenergielieferung mit Grund-/ Leistungs- preis, Arbeitspreis, Messpreis	Über Einsparung mit Einspargarantie	pauschalisierter Vertrag	Entgelt für Anlagen- bereitstellung
typische Verantwortungs- bereiche	Komplettverantwortung (für abgegrenzten Anlagenbereich), Nutzenergielieferung	komplette Anlagentechnik	Komplett- verantwortung für abgegrenzte Gewerke	Investitions- entlastung durch Übernahme der Finanzierung
ungeeignet für	Investitionen, die nicht über Markt refinanzierbar sind	Neubauten Großinvestitionen	Wohnungsbau	Wohnungsbau
typische Vertrags- laufzeiten	10 – 20 Jahre	3 – 7 Jahre	1 – 5 Jahre	7 – 20 Jahre

Tabelle 21: Übersicht Contractingarten

¹⁰ Gräber, M. (01/2010) Seite 8

In dem nachfolgenden Diagramm wird gezeigt wie die Aufteilung der einzelnen Contractingarten im Jahr 2010 gewesen ist. Hier ist deutlich zu erkennen, dass das Energieliefercontracting am häufigsten zum Einsatz kommt.



Abbildung 25: Verteilung der Contractingarten am Markt⁷

27.1 Energieliefercontracting

Der Energiedienstleister übernimmt das Energieliefercontracting und trägt das Risiko (technisch und wirtschaftlich). Die komplette Planung, die Investitionen und auch Finanzierungen übernimmt der Energiedienstleister. Auch die Errichtung der technischen Anlagen sowie die Verantwortung für den störungsfreien Betrieb kommen aus einer Hand. Neben dem Gebäudeeigentümer profitieren auch der Energiedienstleister und die Umwelt. Da nur hochwertige und wartungsfreie Technik eingesetzt wird minimieren sich die Kosten für den Contractor bei einer langjährigen Verpflichtung dem Kunden gegenüber. Die zu liefernde Energie wird effizient erzeugt, denn nur die verbrauchte Energie wird letztendlich vergütet und eben nicht die vom Energiedienstleister aufgewendeten Brennstoffe. Um die CO₂- und Schadstoffemissionen zu senken, werden die Energieerzeugungsanlagen energieeffizient betrieben. Die kompletten Leistungen des Energiedienstleiters werden über die Energiepreise vom Contractingnehmer beglichen.

¹¹ <http://www.ove.de/2-energie-contracting/2-4-technisches-anlagenmanagement.php>. Abgerufen am 10. 11 2015

27.2 Einsparcontracting

Diese Art des Contractings wird überwiegend bei großen Bestandsimmobilien verwendet, für die ein Optimierungskonzept von einem Dritten (Contractor) erstellt wird. Für Einzelgebäude, Mustergebäude und Pilotprojekte ist dieses Model wegen der Dauer und dem Aufwand des Verfahrens weniger geeignet. Diese Contractingform hat eine hohe Bonität bei gleichzeitigem Geldmangel, deshalb ist diese Form des Contractings bei Kommunen weit verbreitet. Die entsprechenden Modernisierungsmaßnahmen werden geplant, finanziert, errichtet, betrieben und instand gehalten. Somit entsteht eine Optimierung im Energieverbrauch.

Die typische Laufzeit bei einem Vertrag sind drei bis sieben Jahre. Die eingesparten Energiekosten werden für die Finanzierung, Planung, Controlling und den Gewinn für den Contractor, bis zum Vertragsende verwendet.¹² Außerdem hat auch der Immobilien-eigentümer bereits nach der Sanierung einen Anteil an der Einsparung.

27.3 Technisches Anlagenmanagement

Beim technischen Anlagenmanagement wird z. B. die Heizungsanlage durch einen oder mehrere Contractoren aus z. B. einem Energiedienstleistungsunternehmen betrieben. Sie übernehmen die Kompletverantwortung für die Anlage und deren Betrieb. Sie verbessern durch ihre Kompetenz die Anlage und steigern somit die Effizienz. Dies geschieht jedoch ohne Abgabe eines sogenannten „Garantie-Versprechens“. Der Contractor deckt seine Ausgaben und sein Risiko über eine Betreiberpauschale, die er auf Grund von Verträgen mit dem Energienutzer erhält.¹³

27.4 Finanzierungscontracting

Beim Finanzierungscontracting sorgt der Contractor für die Planung und Finanzierung des Projektes. Das Betreiberrisiko liegt weiterhin beim Contractingnehmer.

Die Unterschiede zu anderen Contractingmodellen liegen in der Finanzierung, welche anders als beim Energieliefer- und Einsparcontracting vom Contractor übernommen wird und in den Vertragslaufzeiten, die sich zwischen sieben und zwanzig Jahren belaufen.

12 Gräber, M. (01/2010). Marktübersicht der Energiecontractinganbieter. Facility Manager.

13 <http://www.ove.de/2-energie-contracting/2-4-technisches-anlagenmanagement.php>. Abgerufen am 10. 11 2015

Die grundlegenden Vorteile, wie Anlagen- und Lieferverantwortlichkeit können bei dieser Variante des Contractings nicht zum Tragen kommen.¹⁴

27.5 Intracting

Das verwaltungsinterne Contracting wird auch als Intracting bezeichnet. Dieses Intracting wird z. B. in Ämtern einer Kommune angewendet. Bei dieser Contractingabwandlung wird auf externe Mittel von einem Contractor verzichtet. Grundsätzlich wird Contracting betrieben, das mit einer Anschubfinanzierung erzeugt wird, welches nun jedoch einen Kreislauf in Gang setzt.

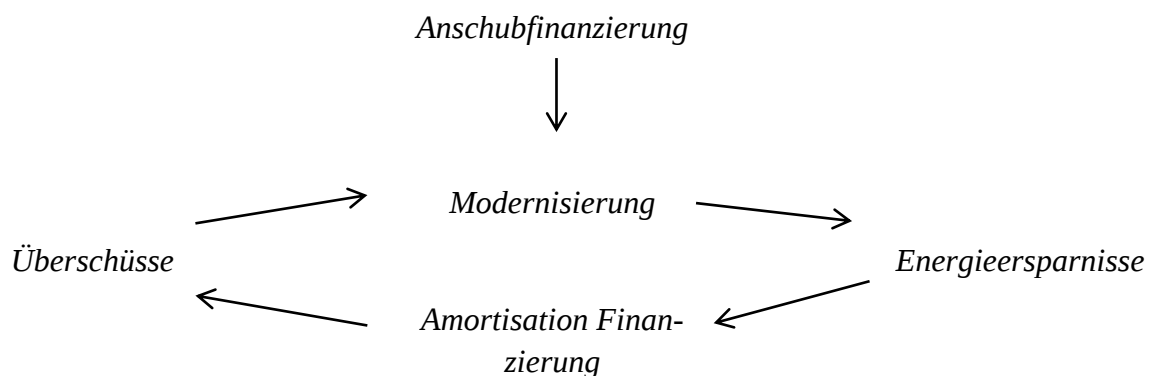


Abbildung 26: Intractingkreislauf

Dringende Modernisierungen werden durch eine Mittelumverteilung finanziert, die dann wieder im festgelegten Zeitraum an die ursprünglich geldgebende Abteilung zinslos zurückübertragen wird.¹⁵

¹⁴ Gräber, M. (01/2010). Marktübersicht der Energiecontractinganbieter. Facility Manager.

¹⁵ http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/kommunales_intracting.pdf. (kein Datum). Abgerufen am 09. 11 2015

28 Vor – und Nachteile

Die Vor – und Nachteile beziehen sich auf die vier in diesem Bericht genannten Contractingarten.

Vorteile:

- Ein Kostenvorteil für den Contractingnehmer, da die Investition über die laufenden Kosten gedeckt wird.
- Die Koordination der Aufgaben, wie Planung und Überwachung der Modernisierung übernimmt der Contractor.
- Eine Energieeinsparung durch die Modernisierung der Elektro- oder Heizungsanlage.
- Die regelmäßigen Wartungen / Instandhaltungen werden vom Contractor übernommen – erhöhte Versorgungssicherheit.
- Der Umweltschutz wird durch CO₂ Einsparung berücksichtigt.

Nachteile:

- Eventuelle Fehlplanungen oder Fehler im Vertrag ziehen sich durch das gesamte Projekt.
- Der Contractor muss von Rentabilität des Projektes überzeugt werden.
- Die Aufwandskosten für die Planung sind auch vorhanden bei einer Nichtrentabilität.

Ein erfolgreiches Contracting setzt ein umfassendes Fachwissen in baulichen, anlagentechnischen, wirtschaftlichen und juristischen Aspekten voraus. Aus diesem Grunde ist eine entsprechend qualifizierte Beratung in jedem Falle sinnvoll. Diese wird von der BAFA gefördert.

29 Beispiel für Contracting

Als Referenzprojekt für ein Contracting des Georg – Löck – Haus in Itzehoe kann das Energiemangement aus Sand im Taufers, Österreich herangezogen werden. Der Ort ist Mitglied im Klimabündnis. Hier wurde angestrebt, die Energiebilanz des Ortes zu verbessern, den Immobilienwert der verschiedenen öffentlichen Immobilien zu steigern und den CO₂ Ausstoß der Liegenschaften zu verringern. Zur Umsetzung dieses Vorhabens beteiligte sich ein Ingenieurbüro als Contractor. Hierzu wurde ein dreijähriger Vertrag zwischen der Kommune und dem Ingenieurbüro geschlossen. Mit der Investition des Contractors entsteht kein finanzielles Risiko für die Gemeinde. Das Honorar für den Contractor errechnet sich aus den Einsparungen an Energiekosten an den einzelnen Gebäuden des Ortes. Im Vertrag ist eine Beteiligung des Contractors an den tatsächlichen Energiekosten von 50% vereinbart. Mit Ende des Vertrages geht die Tätigkeit des Contractings von dem Ingenieurbüro an einen Mitarbeiter der Gemeinde über. Jedoch bleibt das Ingenieurbüro solange an dem Vorhaben beteiligt, bis die komplette Investition durch die Gemeinde beglichen wurde. In diesem Projekt wurde im Wesentlichen die vorhandene Anlagentechnik optimiert und saniert. Zur genauen Erfassung der Energieeinsparung wurden die Wetterdaten der vergangenen 30 Jahre erfasst und gemittelt. Hiernach ließen sich Energiemengen und deren Kosten berechnen. Diese wurden dann den neuen Daten gegenübergestellt. Durch diese Maßnahmen wurde bereits im ersten Jahr eine Ersparnis von 15% Wärme und 2% Strom erzielt. Die Ersparnisse für ein jeweiliges Projekt sind hierbei natürlich abhängig von den Investitionskosten. Ein kompletter Energiebericht aus dem Jahre 2006 aus Sand im Taufers ist in der Anlage dieser Ausarbeitung vorhanden¹⁶.

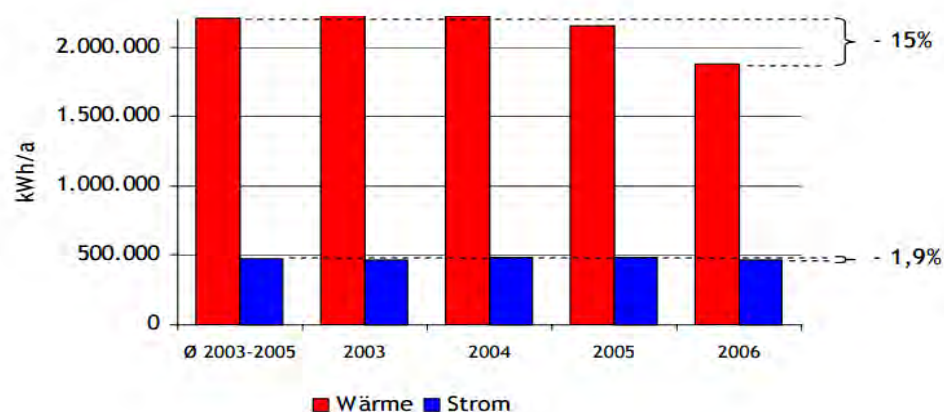


Abbildung 27: Energieeinsparung der kompletten Liegenschaften Sand in Taufers

¹⁶ http://www.sanduhr-taufers.eu/fileadmin/user/sanduhr/Fotos_Projekte/Energie/Contracting/2006-Energiebericht-Sand.pdf. (kein Datum). Abgerufen am 10. 11 2015

30 Empfehlungen

Je nach Projekt stellt es sich als schwierig dar, das richtige Contractingmodell zu wählen. Aus diesem Grund werden oft ganz individuelle Mischformen gebildet, um das Erreichen des optimalen Ergebnisses zu gewährleisten. Ist dann das richtige Modell gewählt, sollte darauf geachtet werden welche Firmen bzw. Unternehmen sich bereits mit ähnlichen Projekten beschäftigt haben. Daher ist es wichtig, mehrere Angebote einzuholen und den Contractern einen möglichst großen Spielraum bei der Planung zu ermöglichen. In Bezug auf das Georg-Löck-Haus in Itzehoe gibt es mehrere Möglichkeiten ein Energiecontracting darzustellen.

Eine mögliche Option wäre das **Einsparcontracting**. Hierbei würde ein Unternehmen oder eine Person in die Sanierung oder Optimierung einer Immobilie investieren. Dieser Drittanbieter (Contractor) übernehme die kompletten Aufgaben der Planung, Sanierung und eventuell eine Überwachung (Baumaßnahmen und Verbrauchsdaten) des Gebäudes. Hierbei entstünden der Kommune in erster Instanz nur geringe Kosten. Diese Kosten setzen sich lediglich aus Verwaltung und aus abgestelltem Personal zusammen.

Als zweite Option sehen wir hier das **Intracting**. Bei dieser Art des Contractings würde sich die Kommune selbst um eine Umfinanzierung im eigenen Bereich kümmern. Hierfür wären allerdings Vorkenntnisse zur Umsetzung in der betroffenen Kommune erforderlich.

Als dritte Möglichkeit käme evtl. ein **Bürgercontracting** in Betracht. Bei diesem Modell könnte sich jeder einzelne Bürger an dem Contracting mit einem gewissen Betrag beteiligen. Dadurch entstünde die gesamte Summe, welche zur Sanierung genutzt werden könnte. Zur erfolgreichen Umsetzung dieses Modells des Contractings müsste bereits im Vorfeld eine umfangreiche und aufwendige Befragung in der Kommune zur positiven Beteiligung an diesem Projekt durchgeführt werden.

Nach Auswertung der vielfältigen Aspekte stellt aus unserer Sicht das alleinige Einsparcontracting die sinnvollste Lösung dar, da durch dieses Verfahren die Stadt Itzehoe nur wenig bis gar keine Kosten an der energetischen Aufwertung des Gebäudes tragen müsste. Die Technik in den Gebäuden könnte effizienter gestaltet werden, wodurch der CO₂ Ausstoß verringert würde und der Umweltschutz berücksichtigt ist. Außerdem wäre die Werterhaltung der Immobilie gesichert und somit der weitere Nutzen durch die VHS möglich. Die Stadtverwaltung könnte eine Beratung in Anspruch nehmen (BAFA) und sich einen geeigneten Contractor suchen, um die Modernisierung statischer Liegenschaften durchführen zu lassen.

Wenn Energiecontracting richtig ausgeführt wird, ist es für den Contractor und den Contractingnehmer eine Win/Win Situation aus der beide profitieren!¹⁷

17 Gräber, M. (01/2010). Marktübersicht der Energiecontractinganbieter. Facility Manager.

31 Literaturverzeichnis

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, *Vor-Ort-Beratung Checkliste Sanierungsplan* Seite 3 Zusammenfassende Darstellung).

<http://www.siemens.de/buildingtechnologies/de/de/energieeffizienz/energieeffiziente-loesungen/energiesparendes-performance-contracting/finanzierungsmodell/Seiten/finanzierungsmodell.aspx>. (kein Datum). Abgerufen am 10. 11 2015

ARGE e.V. (2012). Gebäudetypologie Schleswig-Holstein Leitfaden für wirtschaftliche und energieeffiziente Sanierungen verschiedener Baualtersklassen. Kiel.

Gräber, M. (01/2010). Marktübersicht der Energiecontractinganbieter. *Facility Manager*.

Hottgenroth Software. (2015). *Energieberater 18599*. Version 8.2.6.

http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/kommunales_intracting.pdf. (kein Datum). Abgerufen am 09. 11 2015

<http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=views;document&doc=12387>. (kein Datum). Abgerufen am 09. 11 2015

http://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/de/documents/Publikationen/Konferenzbeitraege/Deutsch/KB_5_tcm45-30960.pdf. (19. 01 2016).

<http://www.ove.de/2-energie-contracting/2-4-technisches-anlagenmanagement.php>. (kein Datum). Abgerufen am 10. 11 2015

http://www.sanduhr-taufers.eu/fileadmin/user/sanduhr/Fotos_Projekte/Energie/Contracting/2006-Energiebericht-Sand.pdf. (kein Datum). Abgerufen am 10. 11 2015

Schmid, A. (2009). *Energiespar-Contracting - Nutzen und Kalkulation*. Saarbrücken: VDM Verlag.

www.kompetenzzentrum-contracting.de/startseite. (kein Datum). Abgerufen am 10. 11 2015

www.vath.de . (kein Datum). Abgerufen am 19. 01 2016