

ÖKONOMISCHE UND ENERGETISCHE ASPEKTE IN DER PLANUNG VON SANIERUNGSPROJEKTEN AM BEISPIEL DER HAUPTSCHULE MITTERDORF I. M.

DIPLOMARBEIT

Zur Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom - Ingenieurs
Studienrichtung Architektur

Hofer Eva

Technische Universität Graz
Erzherzog - Johann - Universität
Fakultät für Architektur

durchgeführt am
Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie mit
angeschlossener TVFA für Festigkeits- und Materialprüfung

Betreuer
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter Maydl
Dipl.-Ing. Dr.techn. Alexander Passer, MSc

April 2011

Deutsche Fassung:

Beschluss der Curricula-Kommission für Bachelor-, Master- und Diplomstudien vom 10.11.2008
Genehmigung des Senates am 01.12.2008

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, 11.01.2010

.....
(Unterschrift)

Englische Fassung:

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources/resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz, 11.01.2010

.....
(signature)

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denen bedanken, die mir bei der Erstellung dieser Arbeit behilflich waren, insbesondere bei meinem Arbeitgeber, Herrn Architekt DI Johann Michael Leitner, der die nötige Geduld aufgebracht hat und mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand, und bei meinen Arbeitskollegen Herrn DI Helmut Jungbauer, Frau Birgit Grossberger und Frau Melanie Schrittwieser für ihre Unterstützung.

Bedanken möchte ich mich auch bei der Gemeinde Mitterdorf i. M., insbesondere bei Herrn Herbert Kirchner, bei Herrn Ing. Bruno Stadlhofer vom Büro LPS in Kindberg sowie bei Herrn Anton Brandl für die zur Verfügung gestellten Informationen.

Mein besonderer Dank gebührt meinen Betreuern Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter Maydl und Herrn Dipl.-Ing. Dr.techn. Alexander Passer, MSc sowie Herrn Dipl.-Ing. Helmuth Kreiner für die fachlich kompetente Beratung.

Ferner bedanke ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden, insbesondere bei meinem Lebensgefährten Roland Reichenvater, der mich immer unterstützt und motiviert hat.

KURZFASSUNG

Ausgangssituation

Viele Bauten aus den 1970er Jahren sind bereits jetzt sanierungsbedürftig. Um diese Gebäude weitgehend auf den heutigen funktionalen und technischen Standard – was den Wärmeschutz sowie die Heizungs- und Lüftungstechnik betrifft - zu sanieren, sind jedenfalls Aspekte der Nachhaltigkeit in Betracht zu ziehen. In dieser Arbeit wird dabei der Schwerpunkt auf ökonomische und energetische Aspekte gelegt.

Betrachtet man den finanziellen Aufwand, der für eine Sanierung entsteht, so liegt der Schwerpunkt des Interesses der Bauträger meist ausschließlich auf den Herstellungskosten. Der Bedeutung der laufenden Betriebskosten oder einer Betrachtung der Lebenszykluskosten wird wenig oder gar keine Beachtung geschenkt. Demgegenüber könnte eine frühzeitige, entwurfsbegleitende Kostenplanung auf Basis einer klar definierten Optimierungsstrategie (funktionale und technische Qualität, Energieoptimierung, etc.) die Voraussetzung für eine Minimierung der Lebenszykluskosten bilden.

Ziel der Arbeit

Ziel der Arbeit ist es, ein Sanierungskonzept zu erarbeiten, welches eine ökonomisch sinnvolle, also eine auf Lebenszykluskosten ausgerichtete Sanierung mit größtmöglicher Energieeinsparung zulässt und damit zu einer Verminderung der Umweltwirkungen beiträgt.

Die theoretischen Grundlagen werden am Beispiel der Hauptschule in Mitterdorf i. M., erbaut 1975, angewandt und ein Sanierungskonzept erarbeitet. Grundlage bilden dabei verschiedene Sanierungsszenarien sowie eine Neubauvariante, welche im Hinblick auf deren wirtschaftliche und energetische Auswirkungen analysiert und gegenübergestellt werden. Das Ergebnis ist einerseits eine Reihung, durch welche Maßnahme(n) ein wirtschaftlich sowie energetisch optimiertes Resultat zu erzielen ist, und andererseits

eine zusammenfassende Darstellung der Lebenszykluskosten der einzelnen Sanierungsvarianten.

Methode

Nach eingehender Bestandsanalyse durch eine Vor-Ort-Besichtigung und unter Berücksichtigung des Bauaktes wird der Bestandsenergieausweis erstellt.

Es werden im Zuge der Bauteilanalyse möglichen Sanierungsmaßnahmen je Bauteil erörtert.

Mit Hilfe des Energieausweises nach OIB werden folgende Punkte abgeklärt:

- Es wird überprüft, inwieweit Veränderungen des Oberflächen-zu-Volumen-Verhältnisses sowie Variationen der Fensterflächen in Größe und Form Auswirkungen auf die Energiekennzahl haben.
- Der Einbau einer dezentralen Lüftungsanlage wird untersucht.
- Es werden - mit unterschiedlichen U-Werten der Bauteile - Maßnahmenpakete für die Anforderungen nach OIB festgelegt und diese zur Verbesserung des Heizwärmebedarfs bzw. des Nutzerkomforts erweitert. Diese Schritte werden aufeinander aufbauend dargestellt.
- Daraus werden drei Energiestandards entwickelt.
- Darauf aufbauend wird für jede Maßnahme je Energiestandard das Energieeinsparpotential ermittelt und so die einzelnen Optimierungsschritte festgelegt.

Für diese werden fiktive Herstellungskosten angenommen um sie hinsichtlich deren Kosten-Nutzen-Effekts vergleichen und bewerten zu können.

Aus diesem Pool von Optimierungsschritten werden mögliche Sanierungsszenarien zusammengesetzt und durch eine LCC-Berechnung miteinander bzw. mit dem Bestand und dem Neubau verglichen.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Im Zuge der Erstellung der Arbeit hat sich gezeigt, dass Sanierungsszenarien mit niedrigen Herstellungskosten nicht zwangsläufig mit niedrigen Lebenszykluskosten einhergehen. Dadurch lässt sich feststellen, dass eine Bewertung ausschließlich nach den Herstellungskosten kein geeignetes Mittel ist, um auf eine ökonomisch nachhaltige Variante schließen zu können.

Neubauvariante

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Variante des Neubaus, über den Betrachtungszeitraum gesehen und im Vergleich zu den Varianten der Sanierung, kein ökonomisch annehmbares Ergebnis bringt.

Passivhausstandard

Durch die Sanierung der Bauteile des gegenständlichen Projekts kann aufgrund des schlechten A/V-Verhältnisses durch die eingeschossige Ausführung der Passivhausstandard - mit sinnvollen Maßnahmen - nicht erreicht werden.

Sanierungsvariante mit Passivhauskomponenten

Es wurde festgestellt, dass ein thermisch bzw. energetisch optimales Ergebnis einer Sanierungsvariante nicht zwangsläufig ein ökonomisch optimales Ergebnis bringt.

Ganz im Gegenteil - die auf den höchsten Energiestandard sanierte Variante ist nicht nur jene mit den höchsten Herstellungskosten, sondern auch, bei einem Energiepreissteigerungsszenario von 4%, jene mit den höchsten Lebenszykluskosten.

Auch, wenn der Energiepreis von den festgelegten 4% auf angenommene 6% steigt, ist die im gegenwärtigen Beispiel mit Passivhauskomponenten hergestellte und einer Lüftungsanlage ausgestattete Sanierung nicht jene, welche über den Betrachtungs-

zeitraum gesehen die niedrigsten Lebenszykluskosten verursacht.

Aus dem Vergleich der Varianten und den daraus gewonnenen Erkenntnissen wurde folgende Variante als die Sinnvollste festgestellt:

Ökonomisch nachhaltigste Variante

Dies wurde durch das Umsetzen folgender Maßnahmen erzielt:

- Es ist sinnvoll jene Bauteile zu sanieren, die den größten Anteil an der Hüllfläche besitzen, und dadurch die meisten Wärmeverluste verursachen.
- Die dadurch gesetzten Maßnahmen bieten durch die investierten Herstellungskosten ein verhältnismäßig großes Energieeinsparpotential.
- Die Fenster werden nicht getauscht, da diese den teuersten Optimierungsschritt mit vergleichsweise geringer Energieeinsparung darstellen.

Dadurch lässt sich der Energieverbrauch deutlich senken und die ökonomisch nachhaltigste Sanierung erzielen.

Resümee

Es muss je Bauvorhaben gesondert geprüft werden, ob ein Neubau, eine vollständige Sanierung oder nur eine Teilsanierung zu dem gewünschten ökonomisch nachhaltigen Ergebnis führt.

Dabei ist zu hinterfragen, ob der Passivhausstandard mit seinen höheren Herstellungskosten und dem damit verbundenen Mehraufwand in der Ausführung das eigentliche Ziel ist.

Es gilt also stets zu überprüfen, ob die durch den hohen thermischen Standard verringerten Energiekosten, welche in Abhängigkeit zu möglichen Energiepreissteigerungsszenarien betrachtet werden sollten, über den Betrachtungszeitraum die höheren Herstellungskosten rechtfertigen.

ABSTRACT

Starting situation

A lot of buildings constructed in the 1970s are already in need of redevelopment. In order to improve those buildings on today's technical and functional standards concerning insulation, heating and ventilation systems, aspects of sustainability have to be taken into account. The main focus of this paper lies therefore on economical and energetic aspects.

Looking at the financial overhead of a recovery, for the developers only the construction costs are substantially. The importance of the ongoing operating costs or even life cycle costs is underestimated. In contrast to the above mentioned behavior, an early project-related planning of costs based on a clearly defined optimization strategy (functional and technical quality, energy optimization, etc.) could form the prerequisite for minimized life-cycle costs.

Aim of the paper

This paper aims to compile a renovation concept that allows an economically sensible redevelopment paired with highest possible energy saving and reduced life cycle costs, allowing a reduction of environmental effects.

The theoretical background will be applied on the example of the Public Secondary School Mitterdorf i.M., built in 1975, for which a redevelopment-concept will be compiled. The basis of this concept is built on several redevelopment-scenarios as well as a new-construction-alternative, which will be evaluated and compared referring to their economic and energetic impacts.

A ranking of the methods by its economic and energy-optimized results and a summarizing depiction of the lifecycle-costs of individual redevelopment alternatives will be achieved.

Method

After a detailed analysis of the present building by an on-site inspection and considering the construction documents, possible restoration measures will be discussed.

Based on the results the energy certificate will be created.

With the help of the certificate referring to the directive of OIB following points are clarified:

- The effect of changes in the surface-to-volume ratio and variations of the windows in size and shape on the energy index.
- The installation of a central ventilation system is investigated.
- Packages of measures for the requirements according to OIB - with different heat transfer coefficients of the structural elements - are determined and expanded in order to improve the heating requirements and the user comfort.
- As a consequence three energy standards will be developed.
- The energy saving potential for each component or measurement will be determined.

For this optimization steps fictitious costs of manufacture are assumed in order to compare them in terms of their cost-benefit ratio.

From this pool of improvements possible redevelopment scenarios are put together and compared with each other, with the stock and the new building.

Results and conclusions

In the course of preparation of this study it has been shown that the reorganization scenarios associated with low production costs do not necessarily mean low life cycle costs.

As a result, an assessment exclusively according to the manufacturing costs is not an appropriate means to be indicative of an economically sustainable variant.

New building alternative

The investigations have shown that the option of a new building, seen over the review period, in comparison with the options of renovation does not imply an economically acceptable result.

Passive house standard

The present building can not be restored to passive house standard because of its high surface-to-volume ratio by the single-storey design.

Variant with passive house components

Furthermore, it was determined, that a thermally and energetically optimal result of a refurbishment alternative does not necessarily lead into an economically optimal result. Quite the contrary - the variation redeveloped to the highest standard of energy is not only those with the highest production costs, but also those with the highest life cycle costs.

Even if the energy price increases from the assumed 4% to 6%, the redevelopment alternative equipped with passive house components and a ventilation system does not result in the lowest life

cycle costs.

The following alternative was found after detailed comparisons to be economically sustainable:

Economically most sustainable option

This was achieved by implementation of the following measures:

- It is reasonable to refurbish those components with the largest share of enveloping surface, which cause the largest amount of heat loss.
- Therefore, the measures taken at lower production costs mean greater energy saving potential.
- The windows are not replaced, since they constitute the most expensive optimization step with relatively low energy savings.

This method is able to reduce energy consumption significantly and achieve the most sustainable economic recovery.

Conclusion

It must be examined separately for each (re)construction project, whether a new building, a complete renovation or just a partial renovation leads to the desired economically sustainable result.

During this process the question has to be raised, if the passive house standard with higher production costs and additional effort in the execution is the optimal goal.

It is always necessary to check the justification of additional investment in construction leading into reduced energy costs, caused by an optimized thermally standard.

INHALT

Vorgehensweise des Zitierens	15		
Einleitung		Projektvorstellung	
Methode	21	Standort	49
Grundbegriffe		Klimadaten	49
Nachhaltigkeit im Bauwesen	25	Schultypologie	53
Ökologische Nachhaltigkeit	26	Gebäudedaten	53
Ökonomische Nachhaltigkeit	26	Raumprogramm	55
Soziale Nachhaltigkeit	27	Statisches System	58
Sanierungsformen	28	Bestandsanalyse	
Maßnahmen gegen die globale Erwärmung	30	Datenerhebung	65
auf internationaler Ebene	30	Planstand	65
auf nationaler Ebene	32	Haustechnik	65
Gebäudekategorie	33	Technische Optimierungsmöglichkeiten	68
Klimamodell	33	Bauteilanalyse	70
Bauweisen	34	Zustand des Gebäudes	70
Energieausweis	34	Baugrund	70
Thermische Gebäudehülle	35	Dach und Lichtkuppeln	72
Begriffe	35	Fensterflächen	75
Heizwärmebedarf	36	Außenwand	76
Gesamtwärmeverluste	36	Außenwand erdberührt	78
Gesamtwärmegewinne	37	Fußboden gegen Keller	78
Senkung des Heizwärmebedarfs	38	Fußboden erdberührt	80
Kosten	40	Aufbauten	83
Lebenszykluskosten	40	Hüllflächen	86
Folgekosten	41	Energieausweis Bestand	88
Aspekte der Schulsanierung	43	Tatsächliche Energiekosten	92

Sanierungsszenarien

Ablauf	97	Darstellungsart	135
		Maßnahmen	140
		Fenster	144
		Fenster ohne Vorbauten	146
Phase I	99	Dach	148
Variantenstudie	101	Lichtkuppel	150
Varianten A - L	102	Wand	152
Zusammenfassung	108	Schürze	154
		Fußboden gegen Erde	156
		Fußboden gegen Kellergeschoss	158
Phase II	111	Schürze und Fußboden gegen Erde	160
Variantenentwicklung	113	Fußboden gegen Kellergeschoss und Fußbo-	
Darstellungsart	114	den gegen Erde	162
Sanierungsvarianten A1 bis A3	116	Fußboden gegen Kellergeschoss und Schürze	164
Sanierungsvarianten A4, A5 und I1	117	Fußboden gegen Kellergeschoss, Fußboden	
Sanierungsvarianten A6 bis A9 und I2 bis I5	118	gegen Erde und Schürze	166
Sanierungsvarianten A10 bis A15 und I6 bis I10	120	Lüftung	168
Sanierungsvarianten A16 bis A19 und I11 bis I14	124	Aufstockung	170
Neubauvarianten	128	Neubau	172
Zusammenfassung	129	Vergleich der Schritte	175
		Darstellungsart	175
Phase III	131	Vergleich der Maßnahmen Fenster und Fen-	
Optimierungsschritte	133	ster ohne Vorbauten	178
Energieeinsparung	133	Vergleich der Maßnahmen zur Minimierung	
Energiestandards	133	der Wärmeverluste über das Erdreich sowie	
Fiktive Herstellungskosten	134	deren Kombination	182
Effizienz	134	Darstellung und Vergleich der Optimierungs-	
Bewertungskriterien	134	schritte zur Erstellung der Sanierungsszenarien	188
		Maßnahmenkatalog	198

Phase IV	201
Sanierungsszenarien	203
Berechnung der Lebenszykluskosten	203
Darstellungsart	206
Variante 1 - Sanierungsvariante	210
Variante 2 - Sanierungsvariante	214
Variante 3 - Sanierungsvariante	218
Variante 4 - Sanierungsvariante	222
Variante 5 - Sanierungsvariante	226
Variante 6 - Bestand	231
Variante 7 - Neubau	232
Zusammenfassung	236
Vergleich	238
Der Energiepreisszenarien	238
Der Sanierungsvarianten 2, 3 und 4	240
Der Sanierungsvarianten 1 und 4	242
Der Sanierungsvarianten 1 und 5	244
Aller Varianten	246
Zusammenfassung	
Ergebnisse und Schlussfolgerungen	253
Reihung nach Herstellungs- oder Lebenszykluskosten	253
Neubau oder Sanierung	254
Vollständige Sanierung oder Teilsanierung	254
Sanierung auf Passivhausstandard	257
Lüftung	258
Fazit	258
Ausblick	261

Verzeichnisse

Literatur	267
Abbildungsverzeichnis	270
Tabellenverzeichnis	283
Abkürzungen und Symbole	286

Anhang

Anhang A - Weitere Varianten der Phase 1	293
Anhang B - Energieausweise	303
Energieausweis Bestand Hauptschule	304
Energieausweis Bestand Turnsaal	312
Energieausweis Variante Neubau	318
Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert	328
Anhang C - Annahmen zur Ermittlung der Herstellungskosten	339
Anhang D - Annahmen zur Ermittlung der Lebenszykluskosten	355

VORGEHENSWEISE DES ZITIERENS

Zitiert wird wie folgt:

- **Nummerierung der Literaturzitate**

Die Zitate werden in eckiger Klammer durchlaufend nummeriert und im Verzeichnis „Literatur“ auf Seite 267ff aufgelistet. Wenn die Literatur das erste Mal in der Arbeit verwendet wird, wird eine fortlaufende Nummer vergeben.

- **Wörtliche Zitate**

Diese werden in Anführungszeichen gesetzt und kursiv dargestellt.

- **Quellenangaben der Abbildungen**

Diese sind, wenn sie aus dem Internet bezogen wurden, direkt bei der Abbildung angegeben.
Wenn sie aus der Literatur entnommen wurden, so ist die jeweilige Zahl in eckiger Klammer angeführt.

- **Internetlinks**

Es sind die Links sowie das Datum des Zugriffs angeführt.

EINLEITUNG

AUSGANGSSITUATION UND PROBLEMSTELLUNG

Viele Bauten aus den 1970er Jahren sind bereits jetzt sanierungsbedürftig. Um diese Gebäude weitgehend auf den heutigen funktionalen und technischen Standard – was den Wärmeschutz sowie die Heizungs- und Lüftungstechnik betrifft - zu sanieren, sind jedenfalls Aspekte der Nachhaltigkeit in Betracht zu ziehen. In dieser Arbeit wird dabei der Schwerpunkt auf ökonomische und energetische Aspekte gelegt.

Betrachtet man den finanziellen Aufwand, der für eine Sanierung entsteht, so liegt der Schwerpunkt des Interesses der Bauträger meist ausschließlich auf den Herstellungskosten. Der Bedeutung der laufenden Betriebskosten oder gar eine Betrachtung der Lebenszykluskosten wird wenig oder gar keine Beachtung geschenkt. Demgegenüber könnte eine frühzeitige, entwurfsbegleitende Kostenplanung auf Basis einer klar definierten Optimierungsstrategie (funktionale und technische Qualität, Energieoptimierung, etc.) die Voraussetzung für eine Minimierung der Lebenszykluskosten bilden.

Weiters ist eine komplette Sanierung der Gebäude aufgrund der nur begrenzt zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel der öffentlichen Bauträger meist nicht realisierbar, und so werden nur Teilbereiche erneuert bzw. nur einzelne Maßnahmen gesetzt, und damit oft weitere effiziente Sanierungsmöglichkeiten – aufgrund ungenügender Planung - verbaut.

Wenn nur einzelne Bauteile saniert bzw. ausgetauscht werden, so geschieht dies oftmals ohne entsprechende Fachplaner hinzuzuziehen. Dabei werden oft Maßnahmen umgesetzt, ohne Kenntnis über andere Möglichkeiten und deren Folgen.

Ein weiterer positiver Effekt einer thermischen Sanierung wäre die Auswirkung, welche diese auf die Qualität und den Komfort der Nutzung haben würde. Gerade im Schulbetrieb ist an den Einbau einer Lüftungsanlage zu denken, um die Frischluftqualität im Unterricht gewährleisten zu können.

Auch dieser Umstand wurde noch nicht in seinem gesamten Umfang erkannt bzw. umgesetzt.

Neben der Folgekosteneinsparung und dem Nutzerkomfort ist auch die Minimierung der CO₂-Emission ein zentraler Punkt der nachhaltigen Sanierung. Die thermische Gebäudesanierung birgt ein großes Potential zur Einsparung von CO₂ und würde somit auch einen Schritt zur Erreichung der Kyoto-Ziele [1] darstellen.

Durch das Inkrafttreten der EU-Gebäuderichtlinie vom 19.Mai 2010 [2] ist für öffentliche Gebäude mit einer Gesamtnutzfläche von über 500 m² ein höchstens 10 Jahre alter Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz zu erstellen und an einer für die Öffentlichkeit gut sichtbaren Stelle anzubringen. Ab dem 9.Juli 2015 wird dieser Schwellenwert auf 250 m² gesenkt.

Diese Gesamtenergieeffizienz – dargestellt durch die Energiekennzahl – gibt Auskunft über die thermische Qualität des bestehenden Gebäudes und lässt Vergleiche der Gebäude untereinander zu.

Um diesen aushangspflichtigen Ausweis für ein Gebäude erstellen zu können, sind Recherchen, wie eine Vor-Ort-Besichtigung bzw. eine Bestandsaufnahme der thermischen Qualität der Gebäudehülle und der Haustechnik sowie Einsichtnahme in die Bestandspläne notwendig. Dadurch kann man auf Mängel des Gebäudes aufmerksam werden, sei es an der Bausubstanz oder durch einen hohen Energieverbrauch (dargestellt durch die Energiekennzahl), und darauf entsprechend reagieren. Dies könnte die Notwendigkeit einer Sanierung untermauern.

Es wäre somit zu überlegen, diese bestehenden Bauten, welche ohnehin sanierungsbedürftig sind, auf den bestmöglichen thermischen Standard unter Berücksichtigung der Aspekte der Nachhaltigkeit zu sanieren, bei gleichzeitiger Steigerung des Nutzerkomforts.

ZIEL DER ARBEIT

Ziel der Arbeit ist es, ein Sanierungskonzept zu erarbeiten, welches eine ökonomisch sinnvolle, also eine auf Lebenszykluskosten ausgerichtete Sanierung mit größtmöglicher Energieeinsparung zulässt und damit zu einer Verminderung der Umweltwirkungen beiträgt.

Die theoretischen Grundlagen werden am Beispiel der Hauptschule in Mitterdorf i. M., erbaut 1975, angewandt und ein Sanierungskonzept erarbeitet. Grundlage bilden dabei verschiedene Sanierungsszenarien sowie eine Neubauvariante, welche im Hinblick auf deren wirtschaftliche und energetische Auswirkungen analysiert und gegenübergestellt werden.

Im Zuge der Szenarienfindung wurden folgende Punkte behandelt:

- Analyse des Bestands
- Sanierungsmöglichkeiten je Bauteil - vorzugsweise außenseitige Sanierung
- Heizwärmebedarf durch Erhöhung der Kompaktheit senken
- Schrittweiser Aufbau der Sanierungsmaßnahmen
- Festlegung von Energiestandards
- Betrachtung der einzelnen Bauteile in Hinblick auf Energieeinsparpotential und fiktiver Herstellungskosten
- Auswahl von Maßnahmen für Bauteile, für die mindestens zwei Möglichkeiten der Sanierung bestehen, nach festgelegten Kriterien
- Option einer Lüftungsanlage
- Möglichkeit eines Neubaus
- Festlegung von Sanierungsvarianten
- Bewertung der Varianten anhand der Lebenszykluskosten

Das Ergebnis ist einerseits eine Reihung, durch welche Maßnahme(n) ein wirtschaftlich sowie energetisch optimiertes Resultat zu erzielen ist, und andererseits eine zusammenfassende Darstellung der Lebenszykluskosten der einzelnen Sanierungsvarianten.

METHODE

Nach eingehender Bestandsanalyse durch eine Vor-Ort-Besichtigung und unter Berücksichtigung des Bauaktes wird der Bestandsenergieausweis erstellt.

Es werden im Zuge der Bauteilanalyse möglichen Sanierungsmaßnahmen je Bauteil erörtert.

Mit Hilfe des Energieausweises nach OIB werden folgende Punkte abgeklärt:

- Es wird überprüft, inwieweit Veränderungen des Oberflächen-zu-Volumen-Verhältnisses sowie Variationen der Fensterflächen in Größe und Form Auswirkungen auf die Energiekennzahl haben.
- Der Einbau einer dezentralen Lüftungsanlage wird untersucht.
- Es werden - mit unterschiedlichen U-Werten der Bauteile - Maßnahmenpakete für die Anforderungen nach OIB festgelegt und diese zur Verbesserung des Heizwärmebedarfs bzw. des Nutzerkomforts erweitert. Diese Schritte werden aufeinander aufbauend dargestellt.
- Daraus werden drei Energiestandards entwickelt.
- Darauf aufbauend wird für jede Maßnahme je Energiestandard das Energieeinsparpotential ermittelt und so die einzelnen Optimierungsschritte festgelegt.

Für diese werden fiktive Herstellungskosten angenommen um sie hinsichtlich deren Kosten-Nutzen-Effekts vergleichen und bewerten zu können.

Aus diesem Pool von Maßnahmen zur Optimierung werden mögliche Sanierungsszenarien zusammengesetzt und durch eine Lebenszykluskostenberechnung miteinander bzw. mit dem Bestand und dem Neubau verglichen.

Durch die festgelegten Varianten und die Erkenntnisse daraus wird eine lebenszykluskostenminimierte Variante gefunden.

GRUNDBEGRIFFE

„Nachhaltigkeit ist keine objektive Messgröße, sondern ein Leitbild, keine Zielvorgabe, sondern ein ständiger Entwicklungsprozess.“ ([3], S. 8)

NACHHALTIGKEIT

Die Begriffsbestimmungen der Nachhaltigkeit beziehen sich auf [3] S. 8 bis 11:

Ursprünglich wurde der Begriff Nachhaltigkeit (engl. *Sustainability*) von der Forstwirtschaft geprägt, und zwar durch Missachtung des Vorsorgeprinzips, dass „*nicht mehr Holz eingeschlagen werden darf als jeweils nachwächst*“. Die dadurch erste urkundliche Erwähnung ist auf das Jahr 1144 zurückzuführen.

Aufgrund dessen wurde der Begriff Nachhaltigkeit erstmals 1713 durch den sächsischen Oberberghauptmann Hans Carl von Carlowitz in seinem Werk „*Sylvicultura oeconomica*“ formuliert, zur Forderung „*dass eine kontinuierliche nachhaltige Nutzung eine unentbehrliche Sache ist*“.

Durch die in den 1970er Jahren vorherrschende Ölkrise und das sich dadurch entwickelnde Bewusstsein für Endlichkeit der natürlichen Ressourcen ließ sich der Begriff auf die Umweltpolitik und -forschung ausweiten. Daraus entsprang die Definition der nachhaltigen Entwicklung.

Das Prinzip der Nachhaltigkeit lässt sich mit dem „magischen“ Dreieck darstellen:

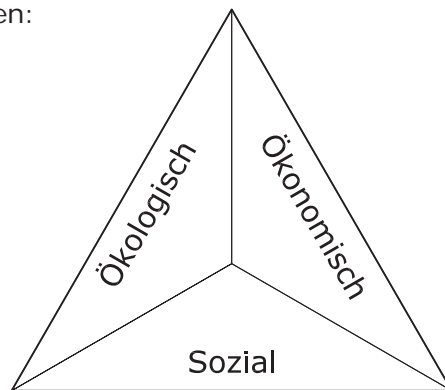


Abbildung 2-1: Magisches Dreieck der Nachhaltigkeit nach [4]

NACHHALTIGKEIT IM BAUWESEN

Die Bauwirtschaft stellt einen der größten Wirtschaftszweige dar. Sie kann, aufgrund großer Bedarfsmengen an Baustoffen, dem Verbrauch von nicht erneuerbaren Energieträgern und den langen Lebenszyklen der Produkte einen großen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung leisten.

Die Nachhaltigkeit im Bauwesen umfasst den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks, also:

- Herstellung der Baustoffe
- Errichtung
- Nutzung
- Rückbau bzw. Beseitigung

Die Qualität der Nachhaltigkeit kann nicht einfach als mathematischer Summenwert ermittelt werden. Nur über sogenannte Nachhaltigkeitsindikatoren ist es möglich den Erfolg der Maßnahme „nachhaltiges Bauen“ zu bewerten.

Das Leitbild stellt die ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit als gleichwertig dar.



Abbildung 2-2: Leitbild Nachhaltiges Bauen. Quelle: http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/TU_Graz/Einrichtungen/Institute/i2060/Lehrang, 20.03.2011.

ÖKOLOGISCHE NACHHALTIGKEIT

Ziel ist es, das Ökosystem und die Ressourcen zu schützen. Dies kann entweder durch Minimierung des Verbrauchs von Energie und Ressourcen erzielt werden, oder durch eine geringe Belastung des Naturhaushalts bei der Realisierung von Bauprojekten.

Daher ist ein ausgewogener Einsatz anzustreben von

- erneuerbaren Ressourcen
- nicht erneuerbaren Ressourcen
- und weitgehend unerschöpflichen Ressourcen

Die Abwägung der Ressourcen erfolgt nach

- Quantität
- Qualität

und nach der Auswirkung auf

- lokale Ökosysteme (z.B. Smog oder Lärm)
- regionale Ökosysteme (z.B. Überdüngung, Versauerung, Landschaftsverbrauch)
- globale Ökosysteme (z.B. Treibhauseffekt, Abbau der Ozonschicht)

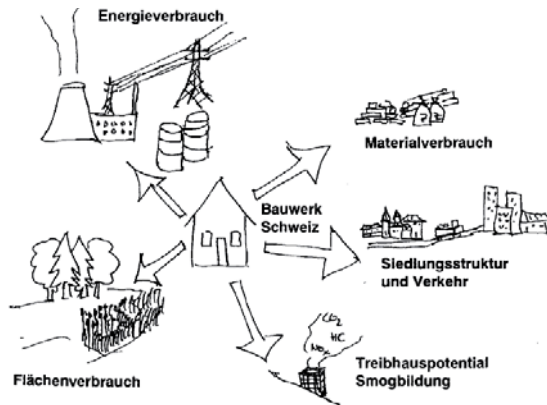


Abbildung 2-3: Umwelteinwirkungen von Bauwerken [5]

ÖKONOMISCHE NACHHALTIGKEIT

Die Lebenszykluskosten sollten bereits in der Planungsphase berücksichtigt werden, da bereits jetzt Entscheidungen getroffen werden, die die Ressourcen-, Energie- und Kosteneffizienz betreffen.

Eine vom Bauherrn geforderte Optimierung der Herstellungskosten steht meistens im Widerspruch mit geringen Lebenszykluskosten, da niedrige Herstellungskosten oftmals mit hohen Betriebs- und Instandhaltungskosten verbunden sind.

Der Lebenszyklus eines Gebäudes erstreckt sich von der Herstellung der Bauprodukte und endet bei der Beseitigung des Gebäudes (siehe Abbildung 2-4 sowie 2-12).

In der Phase der Nutzung fallen - aufgrund langer Nutzungsdauern - hohe Geldsummen an.

In der Herstellung eines Gebäudes sollte auf schwer trennbare Bauteile sowie nichtkreislauffähige Hochbaurestmassen geachtet werden, da auch die Entsorgungskosten im Lebenszyklus eines Gebäudes eine bedeutende Rolle spielen.

Bauprodukt	Bauwerk		Beseitigung
- Rohstoffabbau - Transport zum Produzent - Produktion	- Transport zur Baustelle	- Bauwerkserrichtung	- Nutzung - Instandhaltung, Instandsetzung und Erneuerung
			- Abbruch/ Rückbau - Transport - Entsorgung/ Recycling/ Therm. Verwertung

Abbildung 2-4: Der Lebenszyklus von Gebäuden [6]

SOZIALE NACHHALTIGKEIT

Hierbei werden die Auswirkungen des Gebauten auf den Menschen beschrieben.

Für die Betrachtung des Begriffs wird nur auf jene Punkte eingegangen, welche direkt mit einem Gebäude in Verbindung stehen bzw. wie sich diese auf die Gesellschaft auswirken.

Dabei wird zwischen folgenden Bereichen unterschieden:

- Wohnbehaglichkeit
- Erreichbarkeit
- Sicherheit
- soziokulturelles Umfeld

Im Kontext der thermischen Gebäudesanierung - insbesondere bei dem vorliegenden Beispielprojekt - liegt das Hauptaugenmerk auf der Qualität und dem Komfort der Nutzung bzw. der Behaglichkeit:

- Natürliche und künstliche Beleuchtung
- Raumtemperatur (Sommer, Winter)
- Raumkonditionierung (Luftfeuchte, ...)
- Lärmimmissionen
- Innenraumluftqualität
- Barrierefreiheit

Diese Aspekte werden den weichen Faktoren zugeordnet - im Gegensatz zu den Baukosten, welche zu den harten Faktoren zählen.

Sie stellen keine objektiven Größen dar, sind aber zu berücksichtigen, da sie über Erfolg oder Misserfolg des Gebäudes entscheiden können.

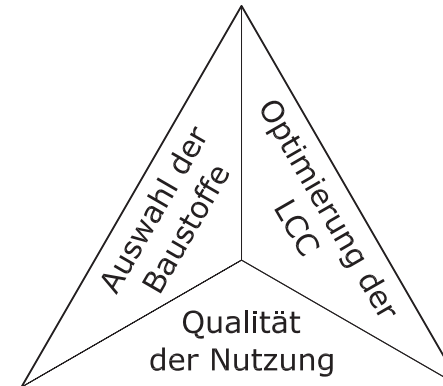


Abbildung 2-5: Magisches Dreieck der nachhaltigen Sanierung nach [4]

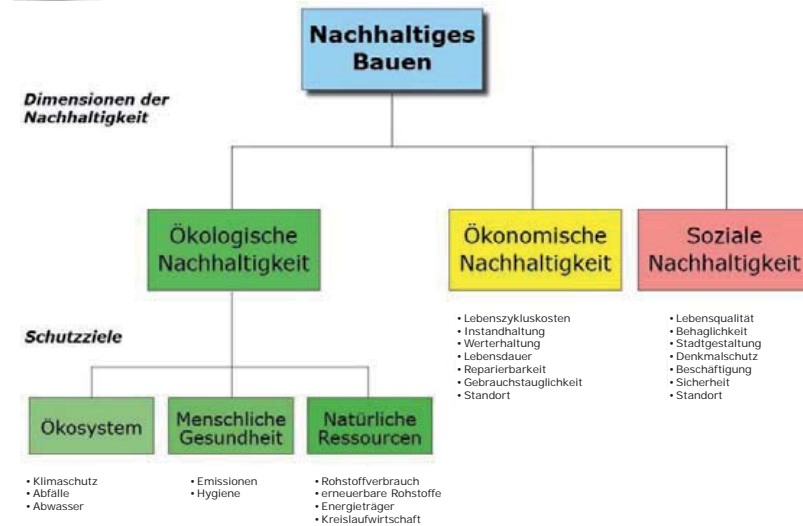


Abbildung 2-6: Nachhaltiges Bauen [7]

SANIERUNGSFORMEN

Folgende Formen der Sanierung bzw. Wiederherstellung des schadfreien Zustandes können unterschieden werden (Auswahl):

Instandhaltung (Wartung, Inspektion, Reparatur)¹

Dadurch soll sichergestellt werden, dass der Zustand der Funktionsfähigkeit der Haustechnik bzw. des Gebäudes erhalten bleibt. Gegebenenfalls werden Defekte behoben und der funktionstüchtige Zustand wiederhergestellt.

Instandsetzung, Reparatur²

Darunter wird das Beheben eines Schadens der Haustechnik bzw. des Gebäudes verstanden, um den funktionsfähigen Zustand wieder herzustellen. Dazu zählt das Renovieren, Sanieren, Modernisieren sowie das Restaurieren.

Konservierung³

Es wird darunter das Haltbarmachen von baulichen Substanzen verstanden. Es wird also versucht, der Zerstörung aufgrund von Umwelteinflüssen bzw. von Alterungsprozessen entgegenzuwirken und das bestehende Objekt zu sichern. Es ist ein Begriff der Denkmalpflege.

Kernsanierung⁴

Es werden jene baulichen Maßnahmen darunter verstanden, welche notwendig sind, um die gesamte bauliche Substanz eines Bestandsgebäudes (fast) wieder auf neuwertigen Zustand zu bringen.

Modernisierung [8]

Darunter werden jene Leistungen verstanden, die den Wert des

1 Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Instandhaltung>. 23.05.2010.

2 Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Reparatur>. 23.05.2010.

3 Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Konservierung>. 23.05.2010.

4 Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Kernsanierung>. 23.05.2010.

Gebäudes steigern, indem Gebrauchswerte an den aktuellen Stand der Technik angepasst oder neue geschaffen werden.

Renovierung [8]

Dies bezeichnet eine Form der Instandhaltung, da hierbei eher geringe Mängel und Abnutzungen, welche durch die normale Nutzung entstehen, behoben werden. Meist handelt es sich um Schönheitsreparaturen um den Sollzustand zu erhalten.

Restaurierung⁵

Im Gegensatz zur Konservierung wird hier versucht, die bauliche Substanz durch minimale Eingriffe für die weitere Nutzung zu erhalten bzw. wieder herzustellen. Es ist ein Begriff der Denkmalpflege.

Rekonstruktion⁶

Darunter wird das Wiederherstellen eines an sich nicht mehr existierenden, zerstörten Bauwerks verstanden.

Sanierung (Gebäudesanierung, Bauwerkssanierung, Altbausanierung)⁷ [8]

Es wird eine durchgreifende Reparatur oder Erneuerung von Bauteilen, Gebäudeabschnitten oder des gesamten Bauwerks bei tiefgreifenden, strukturellen Mängeln und Schäden zur Wiederherstellung des funktionsfähigen Zustandes darunter verstanden.

Teilsanierung

Es handelt sich um eine Reparatur oder Erneuerung von einzelnen Konstruktions-, Ausstattungs-, Bauteilen und/oder Gebäudeabschnitten.

5 Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Konservierung>. 23.05.2010.

6 Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Rekonstruktion>. 23.05.2010.

7 Vgl. [http://de.wikipedia.org/wiki/Sanierung_\(Bauwesen\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Sanierung_(Bauwesen)). 23.05.2010.

Thermische oder energetische Sanierung [8]

Dies ist eine Form der Modernisierung. Darunter versteht man, die thermische Gebäudehülle eines Bauwerks zu sanieren, sodass der Heizwärmebedarf gesenkt und ein besserer Energiestandard erreicht werden kann (meist durch das Aufbringen eines WDVS).

Translozierung, Versetzung, Transferierung⁸

Hierbei wird ein historisches Gebäude, meist wenn es einem neuen Bauprojekt im Weg steht, an einen anderen Ort versetzt. Es ist ein Begriff der Denkmalpflege.

Umfassende Sanierung (Generalsanierung)

Darunter versteht man eine Reparatur, Erneuerung bzw. Erhöhung des Nutzerkomforts (besserer Ausstattungszustand) des gesamten Bauwerks in all seinen Teilen.

Umfassende Sanierung

Die umfassende Sanierung, für die die Anforderung nach OIB gilt, ist in [9] S. 7 folgendermaßen definiert:

Dabei handelt es sich um zeitlich zusammenhängende Renovierungsarbeiten eines Gebäudes, mit einer Nutzfläche von über 1.000 m²,

- wenn die Kosten der Sanierung 25% des Bauwerts übersteigen

oder

- wenn mindestens 25% der Gebäudehülle saniert werden

oder

- wenn mindestens drei der folgenden Teile gemeinsam erneuert oder größtenteils instand gesetzt werden:

- Fensterflächen

⁸ Vgl. [http://de.wikipedia.org/wiki/Translozierung_\(Baudenkmalpflege\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Translozierung_(Baudenkmalpflege)). 23.05.2010.

- Dach oder oberste Geschossdecke
- Fassade
- Haustechniksystem

Wobei sich die Kosten der Sanierung zusammensetzen aus

- Bauwerkskosten
- Honorare und
- Nebenkosten

und der Barwert des Gebäudes ohne

- Bodenwert und
- Außenanlage

anzunehmen ist.

Folgende Formen der Sanierung werden zusätzlich in der Steiermärkischen Wohnbauförderung [10] unterschieden:

Kleine Sanierung

Hierbei ist – im Vergleich zur umfassenden energetischen Sanierung – nur ein Teil der Gebäudehülle oder des Haustechniksystems zu erneuern, herzustellen oder sonstige Verbesserungsmaßnahmen sowie substanzerhaltende Maßnahmen durchzuführen.

Umfassende energetische Sanierung

Darunter wird eine thermische Sanierung von Wohngebäuden und deren Haustechniksysteme unter Nutzung alternativer Energieformen verstanden. Hierbei müssen mindestens drei Teile der Gebäudehülle und/oder des Haustechniksystems hergestellt bzw. erneuert werden.

MASSNAHMEN GEGEN DIE GLOBALE ERWÄRMUNG

AUF INTERNATIONALER EBENE

Seit Beginn der Industrialisierung ist ein stetiger Anstieg der Treibhausgase und ein damit einhergehender Anstieg der Temperatur der erdnahen Atmosphäre zu beobachten. Dieses Phänomen wird als globale Erwärmung bezeichnet und wird auf lange Sicht verheerende Folgen mit sich bringen.⁹

Um diesem Trend und den daraus entstehenden Klimaänderungen entgegen zu wirken, wurden und werden viele Strategien verfolgt bzw. ins Leben gerufen.

Kyoto-Protokoll

Als politische Maßnahme wurde 1992 die Klimarahmenkonvention von derzeit 192 Vertragsstaaten verabschiedet um bei jährlichen UN-Klimakonferenzen eine Minderung der Treibhausgasemissionen zu erzielen.

1997 fand diese Konferenz in Kyoto (Japan) statt, welche das Kyoto-Protokoll [1] zur Folge hatte:

Darin wurde vereinbart, dass industrialisierte Länder ihre gemeinsamen Treibhausgasemissionen innerhalb des Zeitraums von 2008 bis 2012 um mindestens 5% gegenüber dem Niveau von 1990 reduzieren sollen.

Durch diese rechtsverbindliche Verpflichtung soll dem seit der Industrialisierung stetig steigenden Emissionsausstoß entgegengewirkt bzw. dieser umgekehrt werden.

In Abbildung 2-7 ist sehr vereinfacht dargestellt, wie sich der Weltenergieverbrauch zusammensetzt. Demnach liegt der Energiever-

⁹ Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Globale_Erwärmung. 03.09.2010.

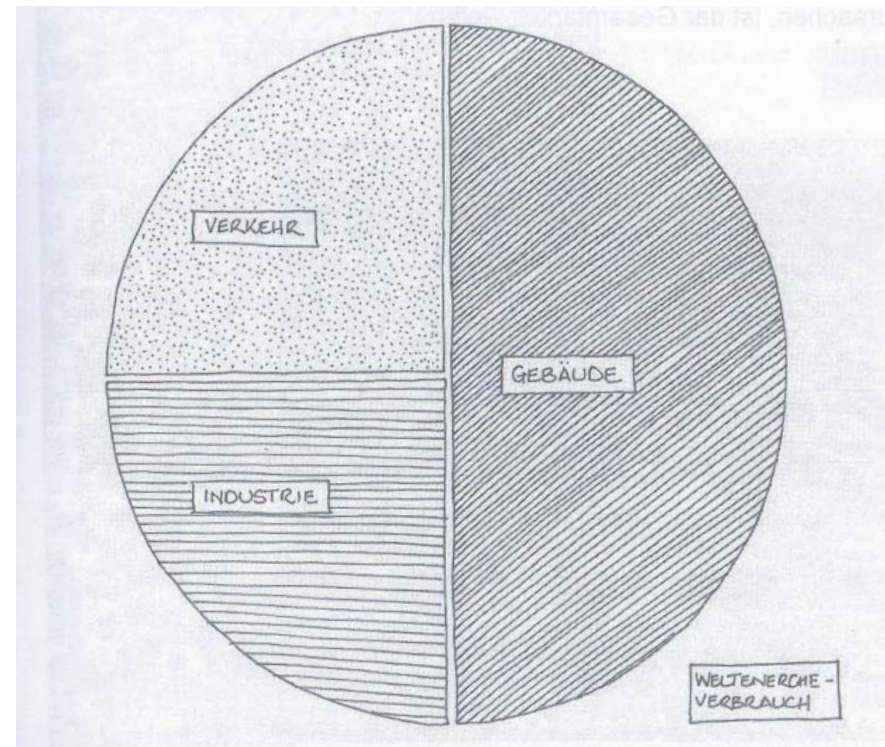


Abbildung 2-7: Weltenergieverbrauch [11]

brauch, welcher auf Gebäude zurückzuführen ist, bei 50%. Würde man noch jenen Anteil, welcher durch Gebäude in den beiden anderen Bereichen (Verkehr und Industrie) indirekt verursacht wird, berücksichtigen, so wäre der Gesamtprozentsatz weit höher [11].

Daraus lässt sich auch ableiten, dass der Gebäudesektor ein großes Potential zur Erreichung der Kyoto-Ziele birgt, indem der Energieverbrauch durch Optimierung der Haustechnik sowie der Wärmedämmmaßnahmen gesenkt wird bzw. auf die Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen zurückgegriffen wird.

EU-Gebäuderichtlinie 2002

Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union haben bezugnehmend auf die politischen Strategien und Maßnahmen, welche zur Erfüllung der im Rahmen des Kyoto-Protokolls eingegangenen Verpflichtungen erforderlich sind, 2002 eine Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden [12] erlassen.

Ziel der Richtlinie ist es, die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, in Abhängigkeit der äußeren klimatischen und lokalen Bedingungen, die Anforderungen an das Innenraumklima und der Kosteneffizienz zu verbessern.

Darin wird Folgendes festgelegt:

- Methoden zur Berechnung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden
- Erstellung von Ausweisen über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Energieausweis)
- Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Neubauten, bestehenden großen Altbauten sowie zu renovierenden Gebäuden
- Regelmäßige Inspektionen von Heizkesseln, Klimaanlage und den gesamten Heizungsanlagen, wenn deren Kessel über 15 Jahre alt sind

Für öffentliche Gebäude mit einer Gesamtnutzfläche von über 1.000 m² ist ein höchstens 10 Jahre alter Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz zu erstellen und an einer für die Öffentlichkeit gut sichtbaren Stelle anzubringen.

EU-Gebäuderichtlinie 2010

Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union haben 2010 eine Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung) [2] erlassen, welche jene aus dem Jahr 2002 außer Kraft setzt.

Das Ziel ist dahingehend erweitert und verstärkt worden, dass diese Richtlinie höhere Anforderungen an die Mitgliedsstaaten stellt, zur Erhöhung der Zahl der Niedrigstenergiegebäude und für unabhängige Kontrollsysteme für Energieausweise und Inspektionsberichte.

Aus der Präambel geht hervor, dass 40% des Gesamtenergieverbrauchs der Union auf Gebäude entfallen, und da der Sektor expandiert, wird der Prozentanteil weiter steigen. Deshalb wird verstärkt auf die Senkung des Energieverbrauchs sowie auf die Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen verwiesen um es der Union zu ermöglichen, das Kyoto-Protokoll einzuhalten.

Weiters sieht die Richtlinie ab 2020 vor, dass alle Neubauten als Niedrigstenergiegebäude auszuführen sind, für Gebäude, welche von Behörden genutzt werden, ist diese Anforderung bereits ab 2018 zu erreichen. Alle Neubauten müssen vor Baubeginn auf den Einsatz von hocheffizienten, alternativen Energiesystemen hin geprüft und dokumentiert werden.

Weiters wird die Grenze, ab der für öffentliche Gebäude ein Energieausweis zu erstellen ist, auf 500 m² und ab 2015 auf 250 m² gesenkt.

Für die Sanierung von Bestandsgebäuden soll es finanzielle Anreize geben.

AUF NATIONALER EBENE

OIB-Richtlinien

Die vom Österreichischen Institut für Bautechnik, kurz OIB, verfassten Richtlinien 1 bis 6 sollen zur Harmonisierung der bautechnischen Vorschriften führen¹⁰:

Richtlinie 1	Mechanische Festigkeit und Standsicherheit
Richtlinie 2	Brandschutz
Richtlinie 3	Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz
Richtlinie 4	Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit
Richtlinie 5	Schallschutz
Richtlinie 6	Energieeinsparung und Wärmeschutz

OIB-Richtlinie 6

In der OIB-Richtlinie 6 – Energieeinsparung und Wärmeschutz [13] wird die EU-Gebäuderichtlinie auf nationaler Ebene hinsichtlich der Anforderungen an die thermische bzw. energetische Qualität der Gebäude(hülle) umgesetzt.

Folgende Anforderungen an die thermisch-energetische Qualität von Gebäuden werden gestellt:

- Anforderungen an den Heizwärmebedarf für neu errichtete und umfassend sanierte Wohngebäude durch maximal zu erreichende Werte
- Anforderungen an den Heizwärme- und Kühlbedarf für neu errichtete und umfassend sanierte Nicht-Wohngebäude durch

¹⁰ Vgl. <http://www.oib.or.at/> 19.03.2011.

maximal zu erreichende Werte

- Anforderungen an die thermische Qualität der Gebäudehülle durch den maximal zu erreichenden LEK-Wert
- Anforderungen an den Endenergiebedarf für neu errichtete und umfassend sanierte Wohngebäude durch maximal zu erreichende Werte
- Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile durch Festlegung von maximal zu erreichenden U-Werten
- Anforderungen an Teile des energietechnischen Systems, wie Wärmeverteilung, Wärmespeicher, Lüftungsanlagen und Wärmerückgewinnung
- Sonstige Anforderungen, wie Vermeidung von Wärmebrücken, Luft- und Winddichte, sommerlicher Überwärmungsschutz, spezielle Heizungsanlagen und alternative Energiesysteme

Weiters werden Form und Inhalt eines Energieausweises festgelegt, wie:

- Aufbau des Energieausweises
- Stufen der Effizienzskala
- Inhalt je Gebäudekategorie
- Muster, denen die ersten beiden Seiten zu entsprechen haben
- Erklärung der Abkürzungen, welche im Energieausweis verwendet werden

Es werden auch Ausnahmetatbestände der Bestimmungen der Richtlinie formuliert.

GEBÄUDEKATEGORIE

Für die Berechnung des Heizwärme- und Kühlbedarfs sowie für die energetischen Kennwerte des Haustechnik- und Heizungssystems werden nach [13] S. 2 bzw. [14] S. 8f vierzehn Gebäudekategorien bzw. Nutzungsprofile unterschieden:

- Einfamilienhaus
- Mehrfamilienhaus
- Bürogebäude
- Kindergarten und Pflichtschulen
- Höhere Schulen und Hochschulen
- Krankenhäuser
- Pflegeheime
- Pensionen
- Hotels
- Gaststätten
- Veranstaltungsstätten
- Sportstätten
- Verkaufsstätten
- sonstige konditionierte Gebäude [13] / Hallenbäder [14]

Den einzelnen Profilen sind unterschiedliche Randbedingungen für die weitere Berechnung zu Grunde gelegt, z.B. Nutzungstage pro Jahr bzw. tägliche Nutzungszeit, Solltemperatur des konditionierten Raumes im Heiz- sowie Kühlfall und täglicher Warmwasserwärmebedarf.

Je nach überwiegender Nutzung wird eines der Profile gewählt. Wenn ein Anteil von mehr als 10% der beheizten Bruttogeschossfläche einer anderen Nutzung zuzuschreiben ist, so ist dieser Gebäudeteil mit dem entsprechenden Nutzungsprofil separat zu berechnen.

KLIMAMODELL

Referenzklima

Zur Vergleichbarkeit der einzelnen Energieausweise, egal an welchem Standort das Gebäude sich befindet, sind Referenzklimadaten nach [14] S. 6 festgelegt.

Somit ist im Referenzklima jedes Gebäude denselben klimatischen Bedingungen ausgesetzt, sie sind alle am selben „Ort“.

Standortklima

Österreich ist, aufgrund regionaler klimatischer Unterschiede, nach [14] S. 6 in sieben Temperaturregionen unterteilt. Denen sind jeweils Daten der Lufttemperatur zugeordnet, aus denen durch Höhenregression Werte je Region und Monat angegeben werden.

Aus diesen Werten werden die mittleren Monatssummen errechnet. Diese können mit bestimmten Faktoren auf beliebig geneigte und orientierte Flächen umgerechnet werden.



Abbildung 2-8: Temperaturregionen Österreichs. Quelle: ANULL ArchiPhysik 8

W	West
NF	Nord - Föhngebiet
N	Nord - außerhalb von Föhngebieten
ZA	Alpine Zentrallage
SB	Beckenlandschaften im Süden
S/SO	Südost-südlicher Teil
N/SO	Südost-nördlicher Teil

Abbildung 2-9: Legende zu den Temperaturregionen Österreichs. Quelle: ANULL ArchiPhysik 8

BAUWEISEN

Die Bauweisen des Gebäudes wurden in [15] S. 29 folgendermaßen definiert:

Leichte Bauweise

Gebäude in Holzbauart ohne massive Innenbauteile

Mittelschwere Bauweise

Gebäude in Mischbauweise, Gebäude in Massivbauweise mit abgehängten Decken und überwiegend leichten Trennwänden

Schwere Bauweise

Gebäude mit großteils massiven Außen- und Innenbauteilen, schwimmenden Estrichen und ohne abgehängten Decken

Sehr schwere Bauweise

Gebäude mit sehr massiven Außen- und Innenbauteilen (Altbestand)

Ähnlich der Zuordnung des Nutzungsprofils gilt hier nach [16], dass je nach überwiegender Bauweise aus leicht, mittelschwer, schwer oder sehr schwer gewählt wird. Wenn ein Anteil von mehr als 10% der beheizten Bruttogeschossfläche einer anderen Bauweise zuzuschreiben ist, so ist dieser Gebäudeteil separat zu berechnen.

ENERGIEAUSWEIS

Der Energieausweis und dessen Inhalt ist in [13] und [17] folgendermaßen definiert:

Der Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes dient zur Beurteilung der thermischen Qualität der Gebäudehülle bzw. der haustechnischen Anlagen.

Inhalt

Im Energieausweis für Nicht-Wohngebäude sind folgende Informationen zonenbezogen in kWh/a sowie spezifisch in kWh/m²a bzw. kWh/m³a enthalten:

- Heizwärmebedarf unter Anwendung des Nutzungsprofils „Wohngebäude“ für das Referenzklima
- Heizwärmebedarf für das Standort- und Referenzklima
- Kühlbedarf
- Verluste der haustechnischen Anlage
- Endenergiebedarf

Aufbau des Ausweises

Der Energieausweis besteht aus einer ersten Seite mit der Energieeffizienzskala, einer zweiten Seite mit den detaillierten Ergebnisdaten, sowie einem ausführlichen Anhang, mit welchen Methoden und Daten der Ausweis erstellt wurde.

Die Energiekennzahl auf der ersten Seite errechnet sich für Nicht-Wohngebäude aus dem HWB*, für Wohngebäude aus dem HWB, bezogen auf die Bruttogeschossfläche und dem Referenzklima. Die Effizienzskala - Effizienzklassen mit festgelegten Grenzwerten - ist bundesweit vereinheitlicht. Es wird stets der Heizwärmebedarf „Wohngebäude“ dargestellt. Dies ermöglicht eine bundesweite Vergleichbarkeit der Ergebnisse aller Gebäudekategorien.

Auf der zweiten Seite sind die Energiebedarfswerte in Referenz-

sowie Standortklima aufgeteilt, und dort wiederum zonenbezogen sowie spezifisch ausgewiesen.

Weiters sind die Anforderungen nach OIB bei umfassender Sanierung enthalten.

Die Anforderung an den HWB* errechnet sich aus der in [13] S. 3 angeführter Formel, in Abhängigkeit von I_c .

Die Anforderung an den KB* ist mit 2 kWh/m³a festgelegt. 1 kWh/m³a sind einzuhalten, wenn mehr als die Hälfte der Nutzfläche durch eine Lüftungsanlage versorgt werden.

Im Anhang soll detailliert beschrieben werden, wie die Qualität der Gebäudehülle und der Haustechnik, der Einsatz von erneuerbaren Energieträgern, organisatorische Abläufe sowie die CO₂-Emission beurteilt werden und welche Maßnahmen zur Verbesserung, Verstärkung bzw. Reduktion gesetzt werden können.

Der Endenergiebedarf EEB errechnet sich nach [17] wie folgt:

$$EEB = HWB + WWWB + HTEB + KB + RLTEB + KTEB + BefEB + LENI$$

Also setzt sich dieser zusammen aus:

- Heizwärmebedarf
- Warmwasserwärmebedarf
- Haustechnikenergiebedarf
- Kühlbedarf
- Raumlüftungstechnikenergiebedarf
- Kühltechnikenergiebedarf
- Befeuchtungsenergiebedarf
- Beleuchtungsenergiebedarf

Wenn keine Lüftung, Kühlung und/oder Be- und Entfeuchtung vorgesehen ist, so sind der RLTEB, der KTEB und der BefEB auf null zu setzen.

THERMISCHE GEBÄUDEHÜLLE

BEGRIFFE

Gemäß [18]:

Beheiztes Bruttovolumen

Dabei handelt es sich um die Summe des konditionierten Volumens eines Gebäudes.

Oberfläche der Gebäudehülle

An der Außenkante der dämmenden Schicht gemessene Hüllfläche des zu konditionierenden Volumens eines Gebäudes.

Beheizte Bruttogeschossfläche

Das ist jene Fläche, welche vom beheizten Bruttovolumen umschlossen ist.

Charakteristische Länge

Die charakteristische Länge I_c ist ein Maß für die Kompaktheit und errechnet sich aus dem Verhältnis vom beheizten Bruttovolumen in m³ und der Oberfläche der Gebäudehülle in m². Es soll möglichst wenig Oberfläche bei möglichst viel Volumen erzielt werden. Je kleiner der Wert, desto negativer wirkt er sich auf die thermische Qualität des Gebäudes aus.

Oberflächen-zu-Volumen-Verhältnis

Ist ebenfalls ein Maß für die Kompaktheit und der Kehrwert der charakteristischen Länge I_c . Dabei wird die Oberfläche der Gebäudehülle in m² dividiert durch das beheizte Bruttovolumen in m³. Es soll möglichst wenig Oberfläche bei möglichst viel Volumen erzielt werden.

Je größer der Wert, desto negativer wirkt er sich auf die thermische Qualität des Gebäudes aus.

HEIZWÄRMEBEDARF

Das Gebäude verliert über die Außenhülle, in Form von Wärmeübertragung (Wärmestrom von warm nach kalt) Energie.

Gleichzeitig entstehen Wärmegewinne, einerseits im Gebäude durch Abwärme von Personen und Maschinen und andererseits sind über die Fensterflächen solare Gewinne nutzbar.

Um im Raum eine (vorab definierte) „Normtemperatur“ erreichen und vor allem halten zu können, muss dem Gebäude eine Wärmemenge unter Normnutzbedingungen zugeführt werden. Die Normtemperatur und Normnutzbedingungen sind in [14] je Nutzungsprofil festgelegt. Für das Nutzungsprofil „Kindergarten und Pflichtschulen“ liegt diese Temperatur bei 20°C für den Heizfall.

Diese Wärmemenge, der Heizwärmebedarf, setzt sich nach [16] Teil A und [18] folgendermaßen zusammen:

HWB = Wärmeverluste - Wärmegewinne

Um den HWB bestimmen zu können, müssen die gesamten Wärmeverluste (Transmissions- und Lüftungswärmeverluste) ermittelt werden, und von diesen die gesamten Wärmegewinne (solare und innere) in Abzug gebracht werden.

GESAMTWÄRMEVERLUSTE

Diese setzen sich aus den Transmissions- sowie den Lüftungswärmeverlusten zusammen.

Transmissionswärmeverluste

Darunter versteht man die Verluste infolge Wärmeleitung in den Bauteilen und infolge des Wärmeübergangs an den Oberflächen.

Bei opaken Bauteilen hängen diese von der Fläche und dem Wärmedurchgangskoeffizienten sowie von Korrekturfaktoren für eine Flächenheizung (falls vorhanden) und für die Temperatur der Bauteile ab.

Bei transparenten Bauteilen hängen diese von der Fläche (Glas- bzw. Rahmenanteil) und dem Wärmedurchgangskoeffizienten sowie von Leitwertzuschlägen für linienförmige bzw. punktförmige Wärmebrücken ab.

Lüftungswärmeverluste

Darunter werden die Verluste infolge des Austausches von warmer Raumluft durch kalte Außenluft verstanden.

Diese werden infolge der RLT-Anlage (falls vorhanden), der In-

filtration (die durch Undichtheit des Gebäudes infolge Wind und Auftrieb entstehenden Verluste) und der Fensterlüftung ermittelt.

Die Lüftungswärmeverluste hängen sehr stark vom Nutzerverhalten und der Luftdichtheit des Gebäudes ab, weshalb in der Berechnung ein Standardnutzerverhalten sowie eine Gebäudehüllen-Dichtheitsklasse angenommen wird.

Die Wärmerückgewinnung einer Wärmepumpe (falls vorhanden) darf hier nicht in Abzug gebracht werden, diese kommt beim Heizenergiebedarf (HEB) zum tragen.

Wärmebrücken

Diese treten am Übergang von einem zum anderen Bauteil auf, und fließen pauschal in die Berechnung ein.

Müssen die Wärmebrücken detailliert ermittelt werden, so ist dies für folgende Übergänge erforderlich:

- Fenster- bzw. Türanschlüsse
- Übergang Außenwand - Keller (Sockeldetail)
- Übergang Außenwand - Dach
- Auskragende Bauteile
- Übergang Außenwand - Zwischendecke

GESAMTWÄRMEGEWINNE

Diese setzen sich aus den inneren Wärmegevinnen sowie den solaren Wärmegevinnen zusammen.

Innere Wärmegevinne

Darunter versteht man die Gewinne infolge in Betrieb befindlicher elektrischer Geräte, künstlicher Beleuchtung und der Abwärme von Personen.

Solare Wärmegevinne

Diese entstehen durch direkte sowie diffuse Sonneneinstrahlung, in Abhängigkeit von der Fläche, Glas- bzw. Rahmenanteil, Orientierung, der Verschattung, eventuell vorhandene Sonnenschutzvorrichtungen und des Gesamtenergiedurchlasses der verglasten Flächen.

Auch opake Bauteile nehmen Wärme auf und geben diese - zeitverzögert - an das Rauminnere ab.

Dies hängt in der vereinfachten Berechnung von der Fläche, dem U-Wert und der Orientierung sowie der Neigung ab.

Die solaren Gewinne über die opaken Flächen werden in den nachfolgenden Berechnungen vernachlässigt.

Verschattung

Diese wird mittels eines Verschattungsfaktors bestimmt, der zwischen 0 und 1 liegen kann. Dieser legt fest, inwieweit Sonneneinstrahlung durch die dauernd bestehende Verschattung gemindert wird.

Ursachen für eine Verschattung können sein:

- andere Gebäude
- Geländebeschaffenheit
- Bauteilüberstände
- durch andere Bauteile des selben Gebäudes
- Lage des Fensters in der Außenwand

Die Verschattung fließt grundsätzlich pauschal in die Berechnung mit ein, lediglich für die Energieklasse A+ und A++ ist eine detaillierte Berechnung durchzuführen.

Detailliert zu berechnen ist die Verschattung

- durch die Umgebung (Gelände oder andere Gebäude),
- durch seitliche Überstände am Gebäude
- durch darüber befindliche Überstände am Gebäude.

Bei der detaillierten Berechnung gibt es weiterhin die Möglichkeit, die Verschattung der Umgebung pauschal zu rechnen, lediglich die Verschattung durch das eigene Gebäude ist detailliert zu berücksichtigen.

Durch die Verschattung vermindern sich die solaren Gewinne.

SENKUNG DES HEIZWÄRMEBEDARFS

Transmissionswärmeverluste

Diese können durch eine Verbesserung der U-Werte der opaken sowie transparenten Bauteile verringert werden.

Lüftungswärmeverluste

Diese können durch Herstellen einer luftdichten Ebene, durch Einbau einer Lüftungsanlage oder durch Optimieren des Nutzerverhaltens gesenkt werden.

Wärmebrücken

Diese können durch entsprechende Detaillösungen minimiert, wenn nicht sogar teilweise eliminiert werden.

Solare Wärmegewinne

Durch den Einbau von Fensterflächen mit einem entsprechenden Gesamtenergiedurchlass bzw. durch Optimieren von Sonnenschutzvorrichtungen können diese erhöht werden.

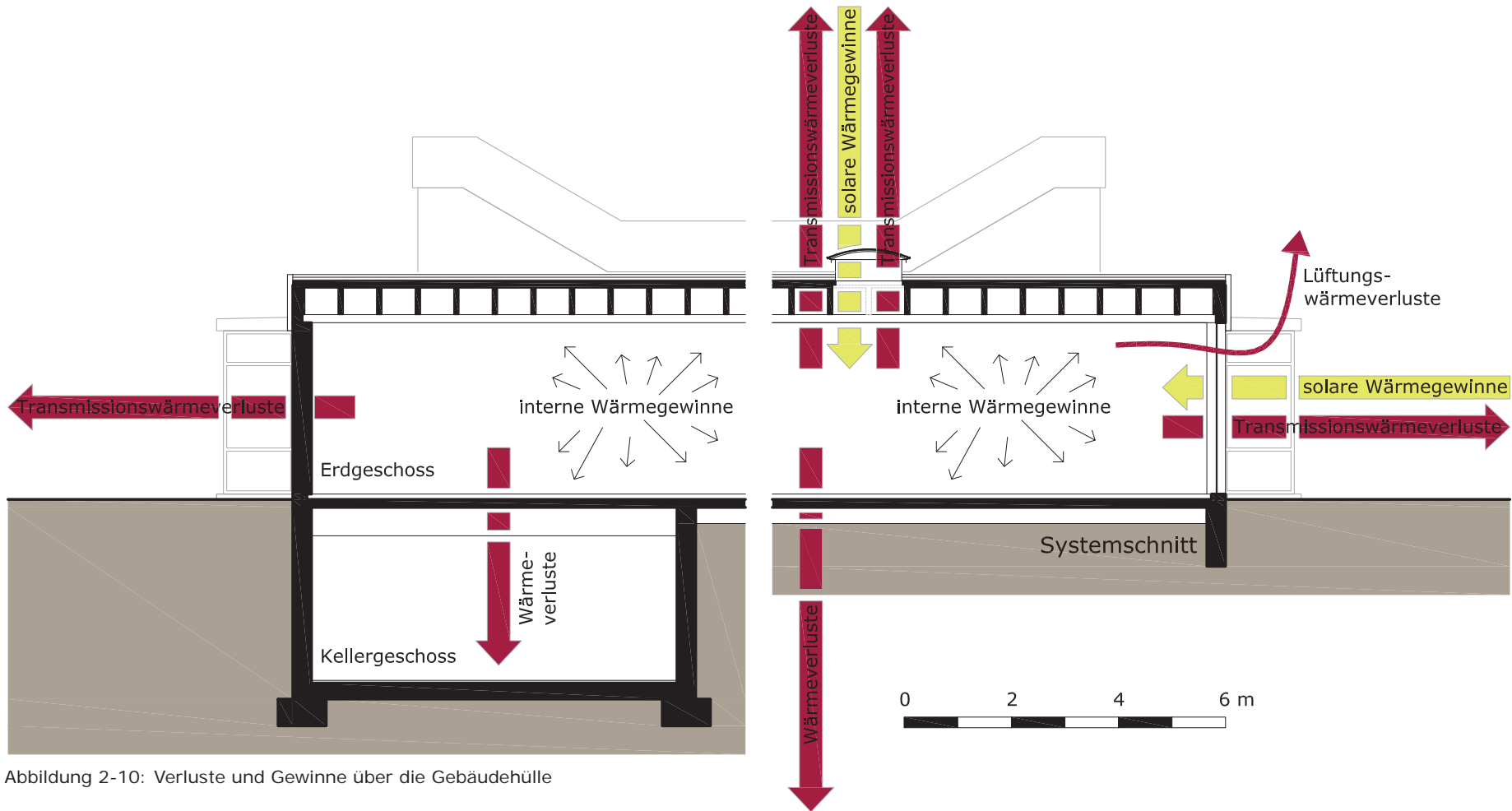


Abbildung 2-10: Verluste und Gewinne über die Gebäudehülle

KOSTEN

Nach [19] versteht man unter Kosten die Aufwendungen für Güter, Lieferungen, Leistungen und Abgaben, welche für die Planung und Ausführung eines Bauprojektes aufgebracht werden müssen.

Stufen der Kostenermittlung vor der Ausführung:

- Der Kostenrahmen legt einen Bereich in der Grundlagenermittlungsphase fest.
- Die Kostenschätzung basiert auf einem Vorentwurf.
- Die Kostenberechnung erfolgt in der Entwurfsphase.

Es können folgende Gruppierungen, welche aus dem Zusammenfassen einzelner Kostenbereiche (0 bis 9 siehe Abbildung 2-11) entstehen, unterschieden werden:

- Bauwerkskosten
- Baukosten
- Errichtungskosten
- Gesamtkosten

0 GRUND				
1 AUFSCHLIESSUNG				
2 BAUWERK-ROHBAU	Bauwerkskosten	Baukosten	Errichtungskosten	Gesamtkosten
3 BAUWERK-TECHNIK				
4 BAUWERK-AUSBAU				
5 EINRICHTUNG				
6 AUSSENANLAGEN				
7 HONORARE				
8 NEBENKOSTEN				
9 RESERVEN				

Abbildung 2-11: Kostenbereiche [19]

LEBENSZYKLUSKOSTEN

Unter dem Lebenszyklus eines Bauobjektes wird nach [20] jener Zeitabschnitt verstanden, der alle Phasen der Lebensdauer eines Objektes beinhaltet, die da wären:

- Objektentwicklung
- Objekterrichtung
- Objektnutzung
- Objektbeseitigung

Die für diese Phasen entstehenden Kosten, die sogenannten Lebenszykluskosten, setzen sich nach [19] zusammen aus:

- Entwicklungskosten
- Anschaffungskosten
- Folgekosten

Entwicklungskosten

Dabei handelt es sich um Kosten die im Zuge der Bedarfsplanungsphase entstehen.

Anschaffungskosten

Diese setzen sich wiederum zusammen aus:

- Gesamtkosten
Diese setzen sich, wie in Abbildung 2-11 zu sehen ist, aus den einzelnen Kostenbereichen 0 bis 9 zusammen.
- Finanzierungskosten

FOLGEKOSTEN

Diese werden grundsätzlich unterteilt in:

- Nutzungskosten und
- Beseitigungskosten

Nutzungskosten

Unter Nutzungskosten versteht man während der Objektnutzung unmittelbar entstehende Kosten, diese können regelmäßig, unregelmäßig oder einmalig anfallen.

Sie setzen sich zusammen aus:

- Kapitalkosten
- Abschreibungen
- Steuern und Abgaben
- Verwaltungskosten
- Betriebskosten
- Erhaltungskosten
- sonstige Kosten

Wobei die Betriebs- und die Erhaltungskosten sich in weitere wesentliche Kostenbereiche unterteilen lassen.

Die Betriebskosten umfassen

- Ver- und Entsorgung für

- Trinkwasser
- Abwasser
- Brauchwasser
- Energie
- Abfall
- die Objektreinigung sowie
- technische Dienstleistungen
- und sonstige Dienstleistungen.

Die Erhaltungskosten beinhalten die

- Instandsetzung,
- Instandhaltung sowie die
- Restaurierung.

Beseitigungskosten

Darunter versteht man jene Kosten, die durch die Beseitigung des Bauwerks entstehen.

Diese sind nach [4] z.B.:

- durch Demontage, Beseitigung, Abbruch und Entsorgung entstehende Kosten
- Zusatzkosten durch den Ausbau und die Entsorgung von schädlichen Stoffen
- Wertminderung des Grundstücks durch Kontamination mit giftigen Stoffen

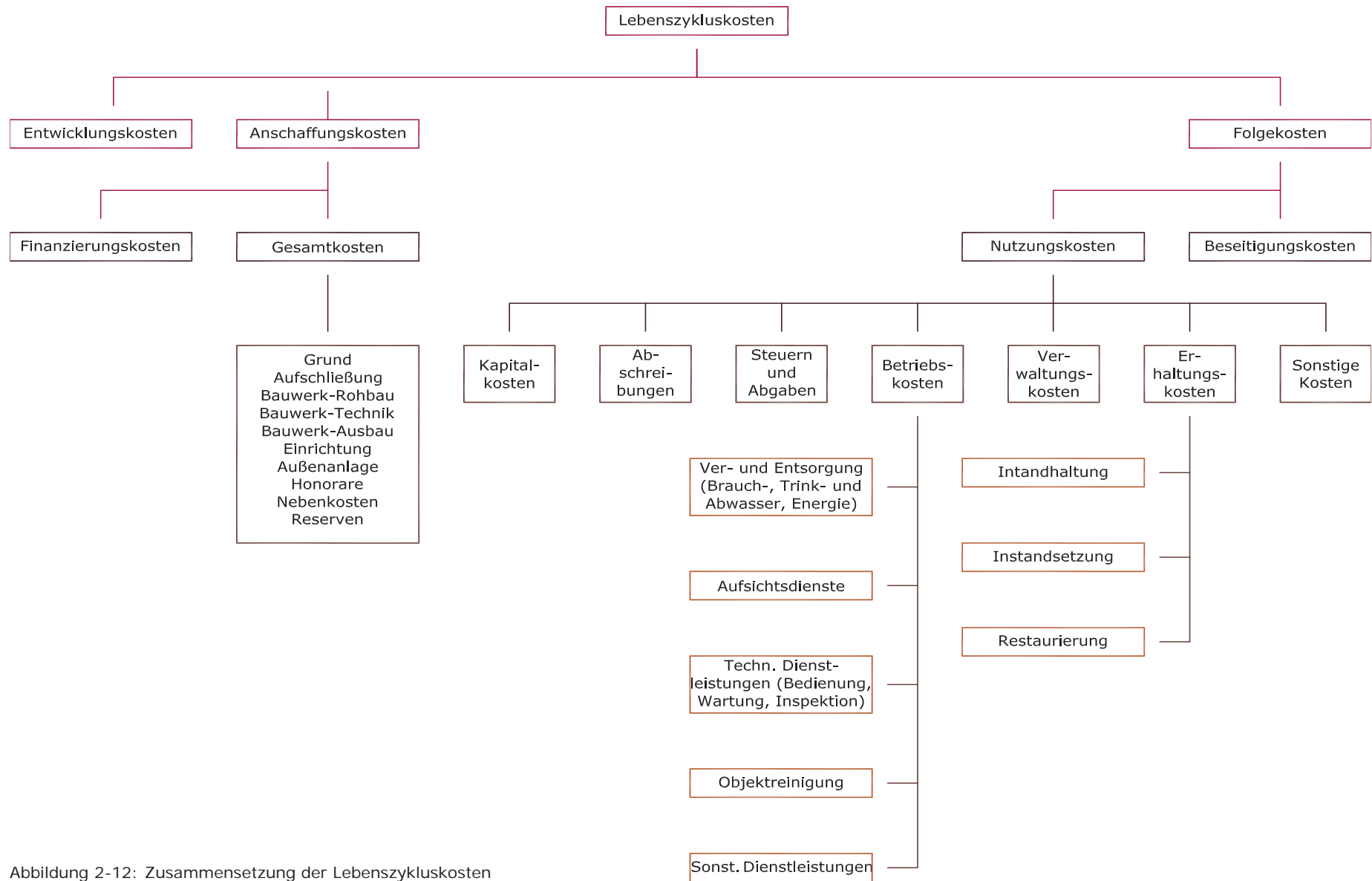


Abbildung 2-12: Zusammensetzung der Lebenszykluskosten

ASPEKTE DER SCHULSANIERUNG

Ökologie

Bezugnehmend auf [21] S.186ff kann dazu folgendes festgehalten werden:

Die richtige Wahl bei Baustoffen und Oberflächenmaterialien sorgt für ein gesundes Innenraumklima. Weiters ist bei der Herstellung ausreichend Zeit zum Ablüften vor Inbetriebnahme einzuplanen.

Ein verlässlicher Katalog für Produkte bietet das baubook. Dieses bietet baubiologische und -ökologische Informationen und wird ständig aktualisiert.

Die wichtigsten ökologischen Anforderungen sind:

- PVC- und halogenhaltige Produkte sind - soweit es entsprechende Alternativen gibt - zu vermeiden
- Klimaschädliche Substanzen, wie z.B. HFKW sind - soweit es entsprechende Alternativen gibt - zu vermeiden
- Tropenholz ohne Herkunftsnachweis ist nicht einzusetzen
- Großflächige Holzbauteile müssen entweder formaldehydfrei oder zumindest formaldehydarm sein
- Bauchemikalien, wie z.B. organische Lösungsmittel und Weichmacher sind - soweit es entsprechende Alternativen gibt - zu vermeiden
- Bei Bodenverlegewerkstoffen ist auf den Emissionsstandard zu achten
- Bei Wandfarben und Innenputzen ist auf entsprechend ökologische Qualität zu achten
- bei Lacken, Lasuren und Holzversiegelung sind Produkte auf Wasserbasis zu verwenden
- bei Voranstrichen und bituminösen Spachtelmassen ist auf entsprechend ökologische Qualität zu achten

Vor allem im Schulbereich sollte großer Wert auf ein gesundes Innenraumklima gelegt werden.

Luftqualität

Bezugnehmend auf [21] S.197ff ist folgendes zu beachten:

Um die Konzentration und Leistungsfähigkeit - vor allem im Schulbereich wichtig - gewährleisten zu können, ist ein optimales Raumklima unumgänglich.

Die Luftqualität in den Klassenräumen ist abhängig von

- Stoffwechsel der Personen
- Lüftung der Räume
- Ausdünstungen von Baustoffen
- Belastete Außenluft

Im Zuge der Verschlechterung der Luftqualität steigt die CO₂-Konzentration, was zu einem Abfall der Konzentrationsfähigkeit führt. Um dieser Tatsache entgegenzuwirken, ist nicht nur das Lüften in den Pausen, sondern auch während der Unterrichtsstunden empfehlenswert, wenn möglich - Querlüftung. Meist wird jedoch viel zu wenig gelüftet und oft ist der Auslöser zum Lüften die „Geruchsbelästigung“.

Weiters wird das Lüften auch bei folgenden außen vorherrschenden Faktoren vernachlässigt:

- Kalte Außentemperaturen
- Wind
- Lärm
- Schadstoffe

Als Abhilfe wird vorgeschlagen:

- Neubau: Lüftungsanlage obligatorisch
- Sanierung und Bestand: Der Einsatz einer Lüftungsanlage ist zu prüfen, alternativ können Lüftungsampeln angebracht und gezielt auf die Wichtigkeit des hygienischen Luftwechsels hingewiesen werden.

PROJEKTVORSTELLUNG

Es wird das Projekt vorgestellt, anhand dessen die weitere Analyse und Berechnung vorgenommen wird.

Der Standort des Objekts wird dargestellt, im Vergleich zur Landeshauptstadt Graz, sowie die Position der Gemeinde und der Schule im Mürztal.

Auf den Standort bezogen werden die dazugehörigen Klimadaten dargestellt.

Es wird die Position des Gebäudes innerhalb der Gemeinde beschrieben, bzw. die Erreichbarkeit der Schule anhand eines Luft-

bildes und eines Katasterplans dargestellt.

Der Bautyp sowie das Raumprogramm der Schule werden anhand des Grundrisses für das Erdgeschoss, das Kellergeschoss sowie der Dachdraufsicht erläutert.

Schnitte und Ansichten sowie eine 3D-Darstellung werden abgebildet.

Es wird das statische System des Gebäudes beschrieben und anhand von Planskizzen dargestellt.

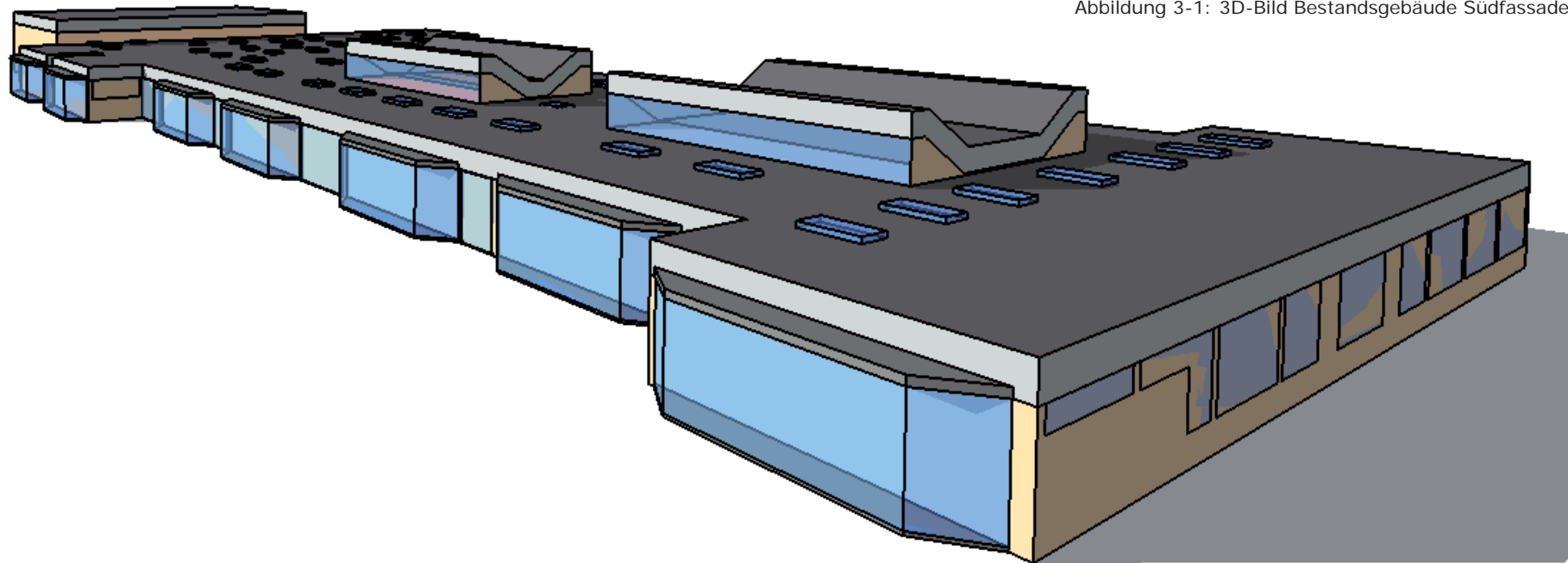


Abbildung 3-1: 3D-Bild Bestandsgebäude Südfassade

STANDORT

Das ausgewählte Projekt ist die Hauptschule in Mitterdorf im Mürztal.

Die Schule befindet sich in der Steiermark auf einer Seehöhe von 585 m.

Mitterdorf liegt im Mürztal, zwischen Wartberg und Freßnitz.

Das Gebäude ist ca. 600 m vom Ortskern entfernt, und liegt nordwestlich davon.

Die Gemeinde Wartberg liegt etwa 1.500 m, die Gemeinde Veitsch ca. 6.100 m von der Schule entfernt.

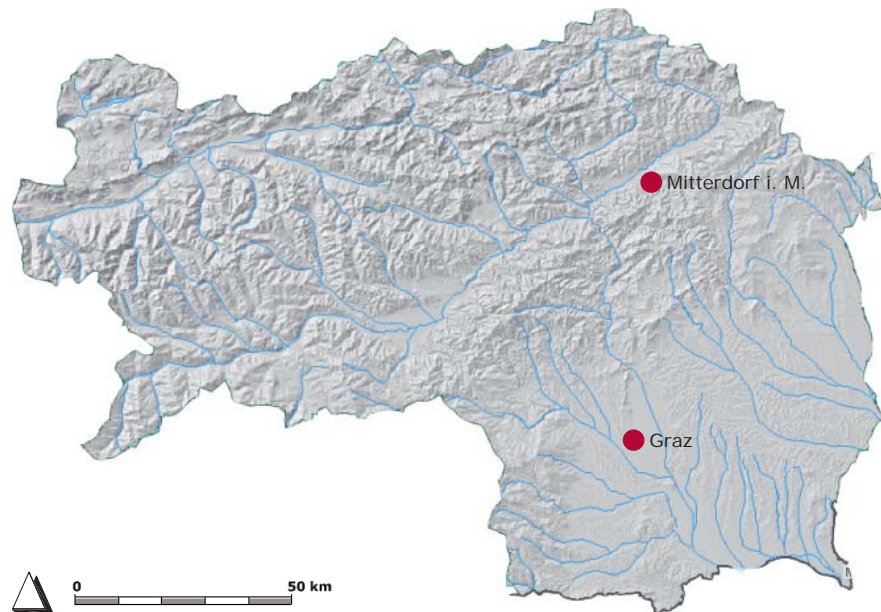


Abbildung 3-2: Lage der Gemeinde Mitterdorf im Mürztal in der Steiermark.
Quelle: <http://www.gis.steiermark.at/> am 11.03.2010

KLIMADATEN

Das Gebäude liegt in der Temperaturregion Alpine Zentrallage (ZA). Folgende Daten sind für den Standort und die weitere Betrachtung festgelegt¹¹:

Seehöhe Ort	585 m
Heizgradtage HGT	4.141 Kd
Heiztage HT	240 d
Norm-Außentemperatur	-13,1 °C
Raumtemperatur	20 °C

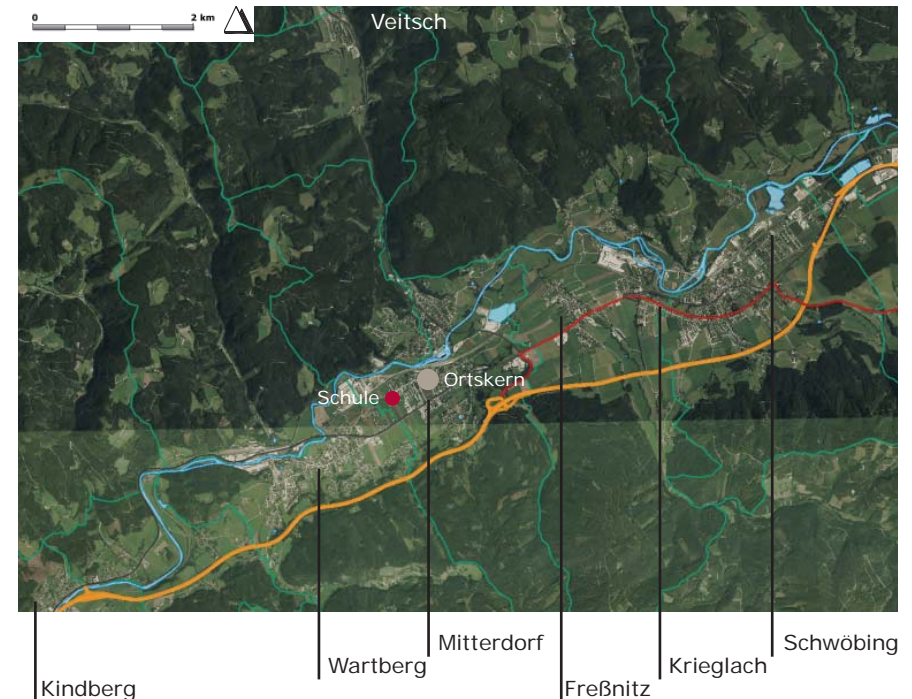


Abbildung 3-3: Lage der Gemeinde Mitterdorf im Mürztal. Quelle: <http://www.gis.steiermark.at/> am 08.05.2010

¹¹ Quelle: ANULL ArchiPhysik 8



Das Gebäude liegt südlich der Feldgasse.
Der Zugang und die Zufahrt erfolgen über die Schulstraße.

Abbildung 3-4: Luftbild der Hauptschule Mitterdorf i. M. Quelle: <http://www.gis.steiermark.at/> am 08.05.2010



Abbildung 3-5: Katasterplan der Hauptschule Mitterdorf i. M. Quelle: <http://www.gis.steiermark.at/> am 08.05.2010



Abbildung 3-6: Polygonale Vorbauten Hauptschule Mitterdorf i. M.



Abbildung 3-8: Südostfassade Hauptschule Mitterdorf i. M.



Abbildung 3-7: Nordostfassade Hauptschule Mitterdorf i. M.



Abbildung 3-9: Südwestfassade Hauptschule Mitterdorf i. M.

SCHULTYPOLOGIE

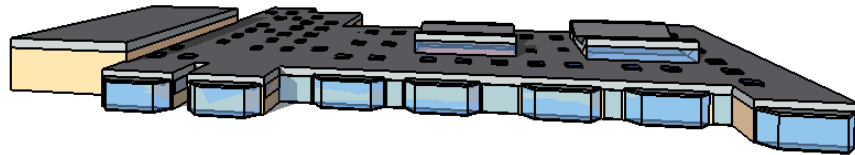


Abbildung 3-10: 3D-Bild Bestandsgebäude Südwestfassade

Die Schule ist als Hallenschule ausgeführt. Sie ist kompakt ausgebildet und die Unterrichtsräume sind um zwei zentrale (Pausen-) Hallen, welche von oben belichtet werden, positioniert. Die Zentralgarderobe ist in der Nähe des Haupteingangs angeordnet.

Das Gebäude soll eine gewisse Langzeit-Flexibilität, durch Umwidmung in der Baustruktur zulassen. Die Schule soll dadurch baulich auf pädagogische Entwicklungen durch die Möglichkeit, Räume in Größe und Funktion zu variieren, eingehen. [22]

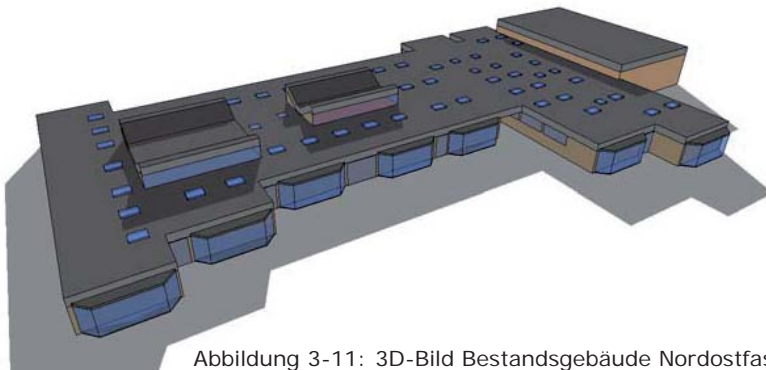


Abbildung 3-11: 3D-Bild Bestandsgebäude Nordostfassade

GEBÄUDEDATEN

Architekt	DI Dieter Saiko
Statik	DI Roland Baumkirchner
Baujahr	1975
Nutzung	Hauptschule und Musikauptschule
Standort	8662 Mitterdorf i. M., Schulstraße 6
Katastralgemeinde	Mitterdorf, 60224
Einlagezahl	41
Grundstücksnummer	.343, 602, 603
Grundstücksgröße	16.220 m ²
NNF Schule	2.544 m ²
BGF Schule	2.695 m ²
BV Schule	12.170 m ³
NNF Turnsaal	410 m ²
BGF Turnsaal	433 m ²
BV Turnsaal	2.942 m ³
Heizwärmebedarf ¹²	ca. 563.015 kWh/a
Stromverbrauch ¹³	ca. 79.423 kWh/a

Die Schüler der Gemeinde Wartberg besuchen die Hauptschule Mitterdorf i. M..

Ab dem kommenden Schuljahr 2011/12 werden auch die Schüler der Gemeinde Veitsch dieser Schule zugeteilt sein.

¹² Lt. Energieausweis Bestand - siehe „Abbildung 4-30: Energieausweis Hauptschule Bestand Datenblatt 2/19“ auf Seite 90

¹³ Lt. Durchschnitt Rechnungen - siehe „Tabelle 4-10: Energieverbrauchsdaten Bestand Strom“ auf Seite 94



Abbildung 3-12: Grundriss Erdgeschoss, Zonierung - Hauptschule Mitterdorf i. M.

RAUMPROGRAMM

Das eingeschossige Gebäude beherbergt

- zwölf Normalklassenräume
- Räumlichkeiten für fünf Sonderklassen
- drei Lehrmittelräume inkl. Bibliothek
- zwei zentrale Sanitärebereiche
- eine Zentralgarderobe
- zwei große Pausenhallenbereiche als Erweiterung der Gangflächen
- den Direktionsbereich
- Nebenräume
- sowie den Turnsaal
- und deren Nebenräume.

Es ist nach [22] in drei Bereiche unterteilt:

- Normalklassen(trakt)
- Sonderklassen(trakt)
- Turnsaal(trakt)

Die Normalklassen sind um die beiden von oben belichteten Pausenhallen angeordnet, sodass ihnen unterschiedliche gemeinsame Funktionen zugeschrieben werden können.

Ein kleiner Teil des Gebäudes ist unterkellert. Dort sind der Heizraum, eine Transformatorstation sowie ein Einbringsschacht untergebracht.

In der Dachdraufsicht sind der Luftraum des Turnsaal und der beiden Pausenhallen zu sehen. Weiters kann die Anzahl, Größe und Position der Lichtkuppeln erkannt werden.

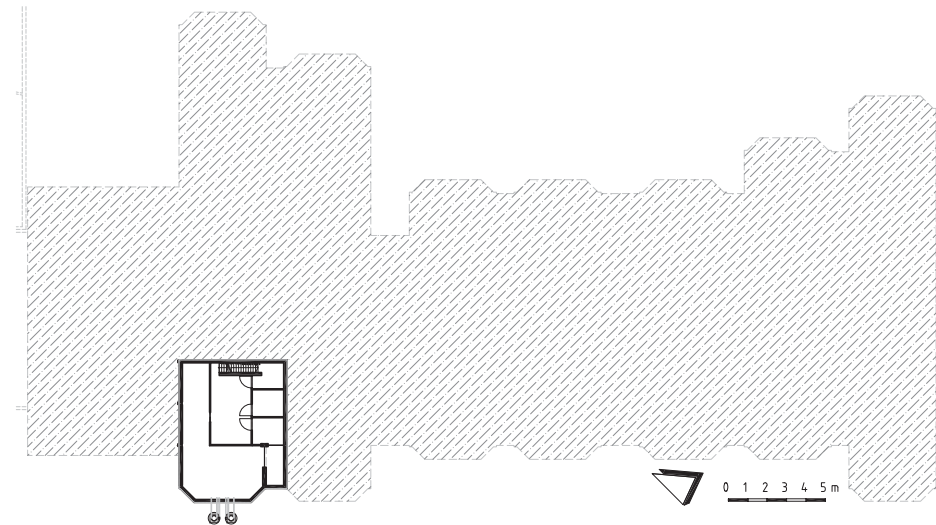


Abbildung 3-13: Grundriss Kellergeschoss Hauptschule Mitterdorf i. M.

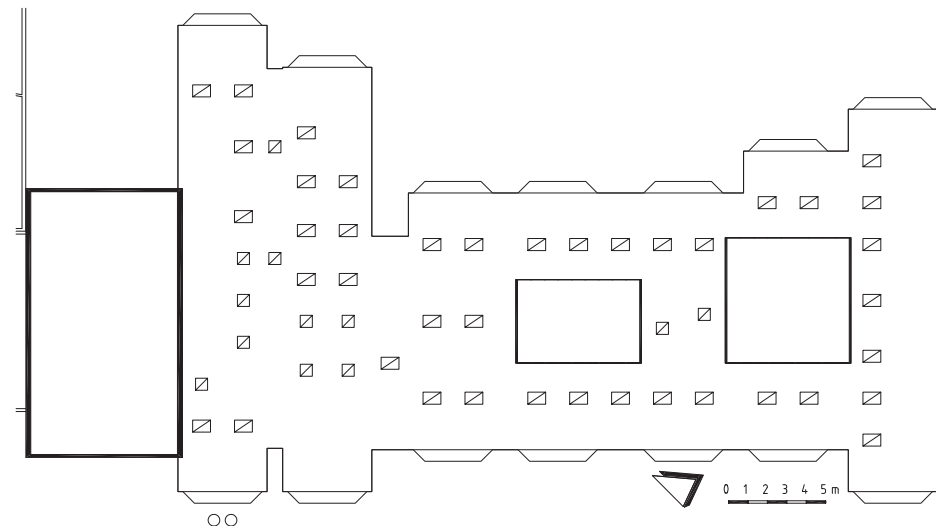


Abbildung 3-14: Grundriss Dachdraufsicht Hauptschule Mitterdorf i. M.

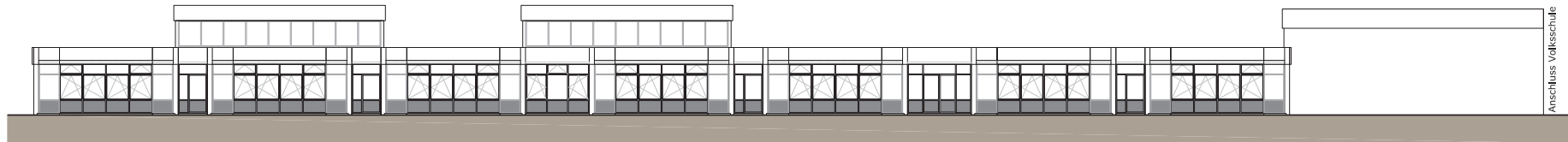


Abbildung 3-15: Ansicht ONO Hauptschule Mitterdorf i. M.

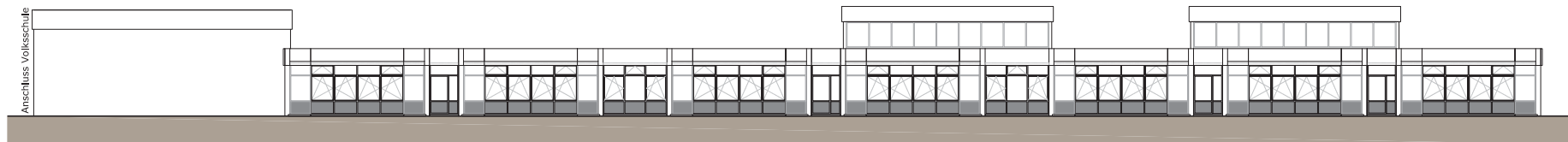


Abbildung 3-16: Ansicht WSW Hauptschule Mitterdorf i. M.

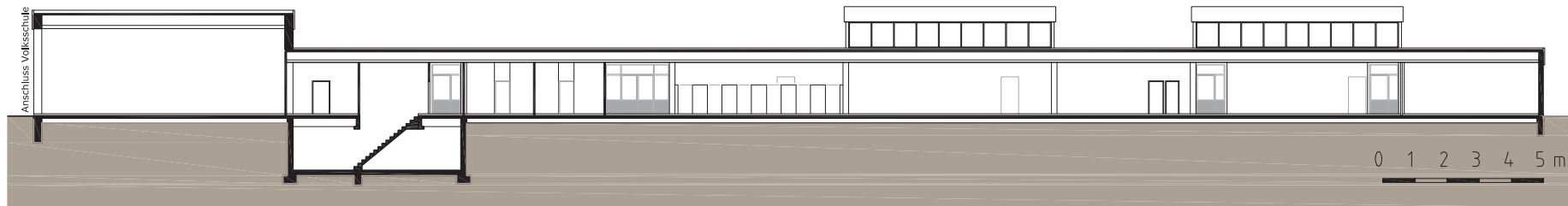


Abbildung 3-17: Schnitt 5-5 Hauptschule Mitterdorf i. M.

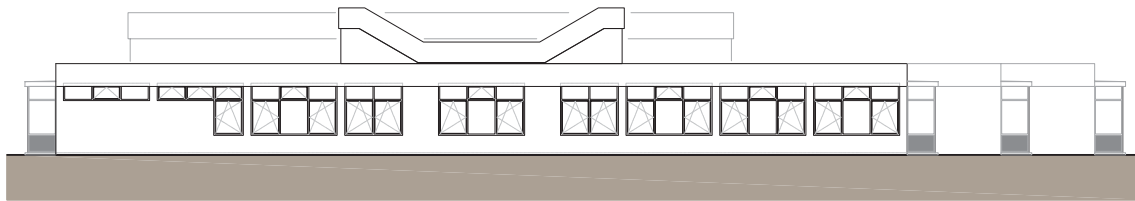


Abbildung 3-18: Ansicht SSO Hauptschule Mitterdorf i. M.

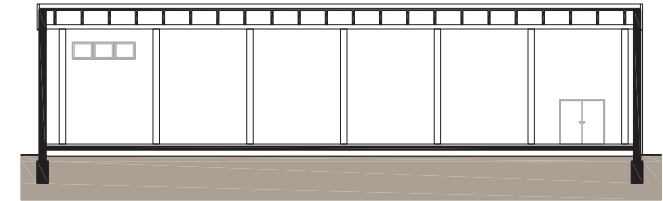


Abbildung 3-22: Schnitt 1-1 Hauptschule Mitterdorf i. M.

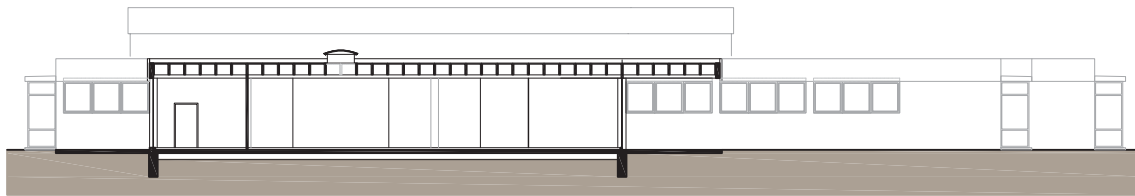


Abbildung 3-19: Schnitt 2-2 Hauptschule Mitterdorf i. M.

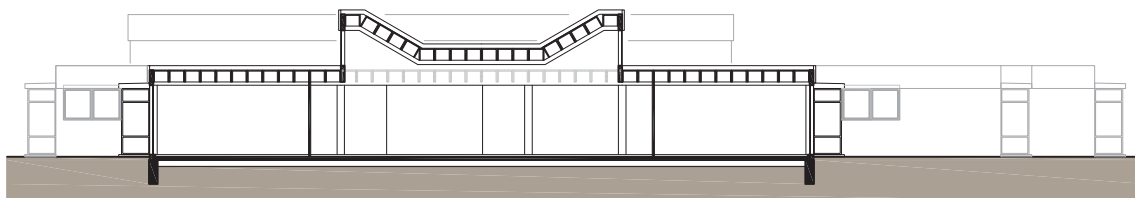


Abbildung 3-20: Schnitt 3-3 Hauptschule Mitterdorf i. M.

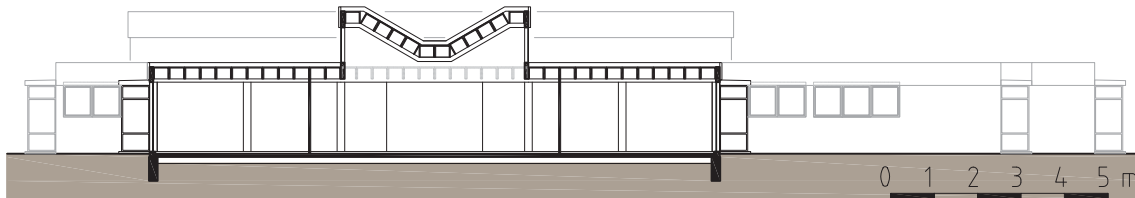


Abbildung 3-21: Schnitt 4-4 Hauptschule Mitterdorf i. M.

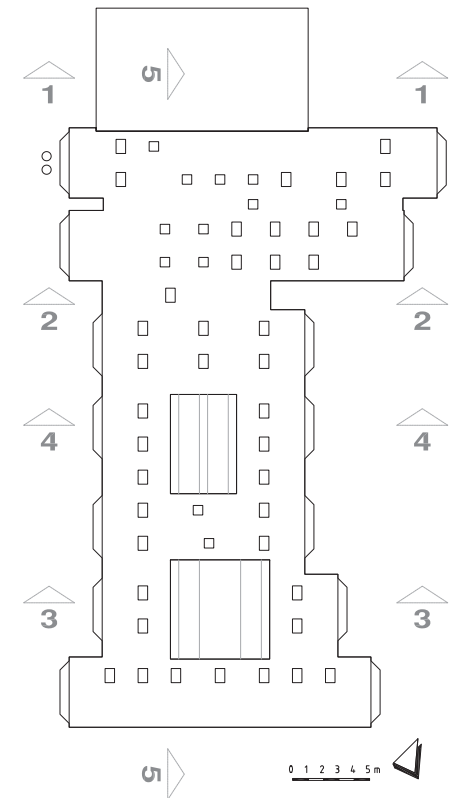


Abbildung 3-23: Überblick der Schnittführung Hauptschule Mitterdorf i. M.

STATISCHES SYSTEM

Das Objekt ist in Stahlbetonbauweise – größtenteils mit Fertigteilen – ausgeführt.

Konstruktionsraster

Dem Gebäude ist ein horizontaler Konstruktionsraster von 4,32 m x 8,64 m, 10,80 m bzw. 12,96 m zugrunde gelegt.

Das Achsmaß der Stahlbetonstützen in Richtung der vorgefertigten Stahlbetonträger beträgt 4,32 m.

Das Achsmaß der Stahlbetonstützen in Richtung der Fertigteildecken erstreckt sich von 8,64 bis 12,96 m.

Tragstruktur

Das Traggerüst ist in Fertigteilstützen - Träger - Stegdecke aufgelöst.

Die Stützen sind 35/35 cm Stahlbetonfertigteilstützen.

Die Träger sind aus Stahlbeton gefertigt, mit einer Höhe von 70 cm.

Die konstruktive Raumhöhe (Stahlbetonträgerunterkante) beträgt in der Hauptschule 3,20 m, im Turnsaal 5,30 m.

Die Stegdecke hat eine Höhe von 55 cm und ist ebenfalls aus Stahlbetonfertigteilen (Vapodur Decke) hergestellt. Die Konstruktion ist größtenteils sichtbar.

Fundamentierung

Das Gebäude ist auf Streifenfundamenten auf frostfreie Tiefe gegründet.

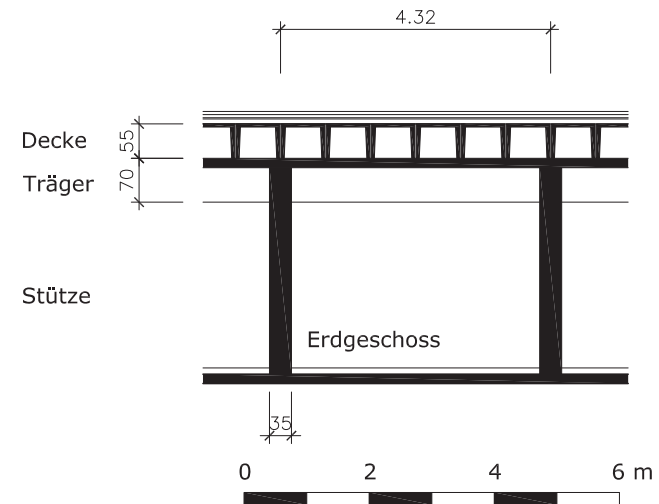


Abbildung 3-24: Tragstruktur - Systemschnitt Achse Träger

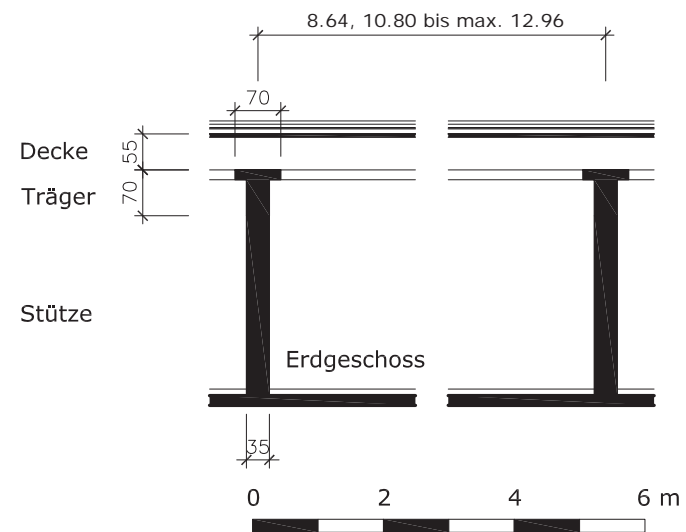
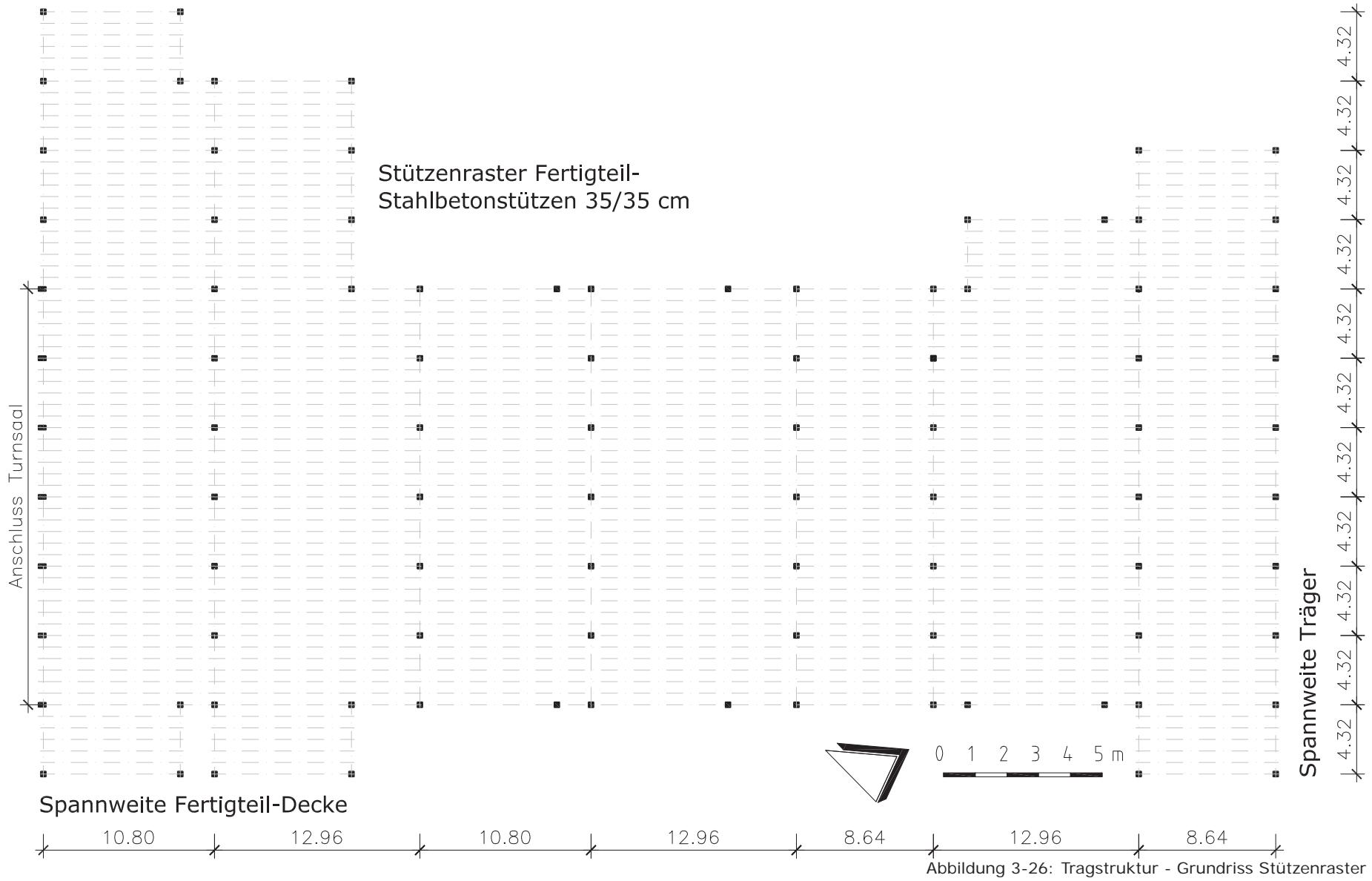


Abbildung 3-25: Tragstruktur - Systemschnitt Achse Stegdecke



BESTANDSANALYSE

Das bestehende Gebäude wird in Hinblick auf eine thermische Sanierung analysiert.

Dabei wird der Ist-Zustand des Objekts für folgende Punkte festgehalten:

- Planstand
- Haustechnik
- Zustand des Gebäudes
- Aufbauten opaker Bauteile
- Fensterflächen

Die Bauteile der Gebäudehülle werden einzeln analysiert, gra-

phisch dargestellt und mögliche Sanierungsoptionen erörtert.

Die Definition der warmen Hülle und die Aufteilung der Hüllflächen sowie Annahmen für die Erstellung des Energieausweises des Bestandsgebäudes werden festgehalten.

Der Bestandsenergieausweis für die Schule sowie den Turnsaal werden dokumentiert.

Schlussendlich werden die tatsächlichen Energiekosten anhand der von der Gemeinde Mitterdorf i. M. übermittelten Rechnungen aufgelistet und festgehalten, dass für die weitere Berechnung der Bedarf des Bestandsgebäudes herangezogen wird.

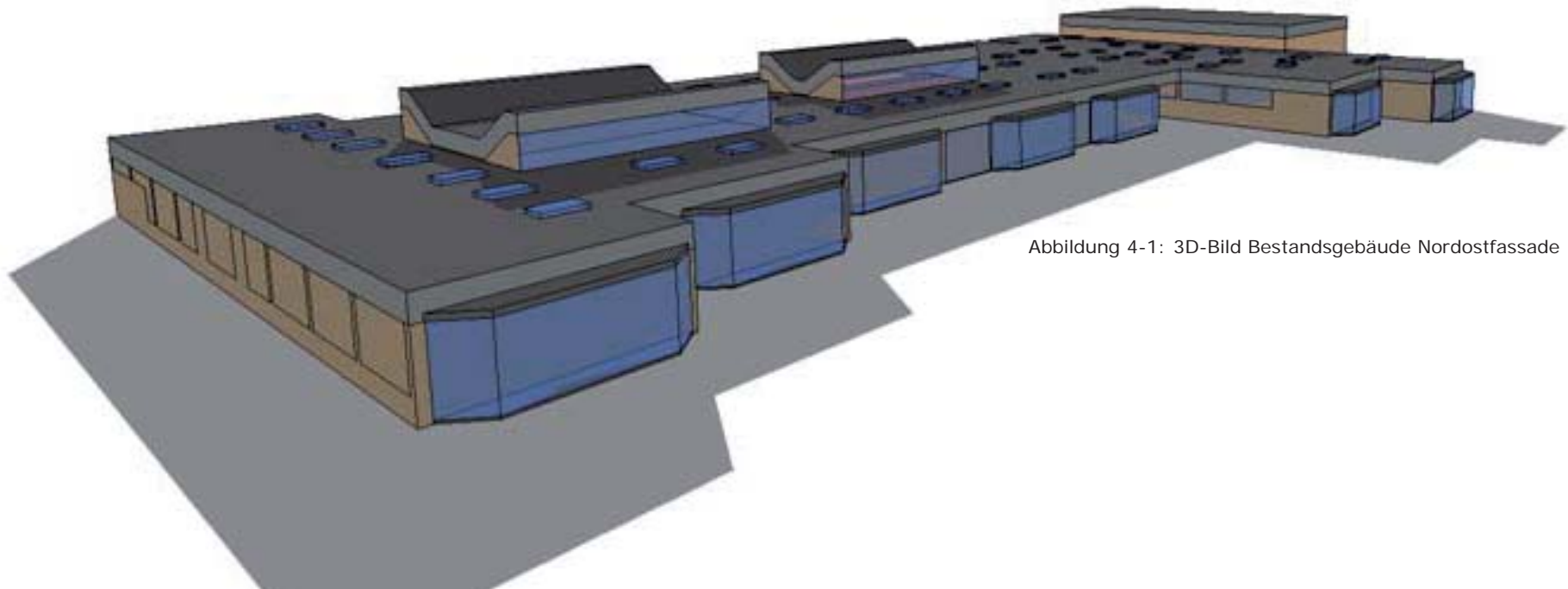


Abbildung 4-1: 3D-Bild Bestandsgebäude Nordostfassade



Abbildung 4-2: Heizkessel



Abbildung 4-3: Beleuchtung im Klassenraum

DATENERHEBUNG

Um den theoretischen Endenergiebedarf des Schulgebäudes und des Turnsaals mittels eines Energieausweises feststellen zu können, ist eine möglichst genaue und detaillierte Bestandsanalyse durchzuführen.

PLANSTAND

Die von der Gemeinde Mitterdorf i. M. zur Verfügung gestellten Einreichpläne wurden stichprobenartig auf ihre Gültigkeit hin überprüft und für die Berechnung der thermischen Gebäudehülle herangezogen.

HAUSTECHNIK

Nach einer Begehung vor Ort in Begleitung des Schulwerts, Herrn Hans Ulm, und einem Telefonat mit dem Haustechnikplaner¹⁴ sowie dem Elektroplaner¹⁵ konnten folgende Punkte festgelegt werden:

Beleuchtung

Es sind Leuchtstofflampen als Einzelleisten vorhanden:

- 141 Balken mit 36 W
- 450 Balken mit 25 W

Lüftung

Es ist keine vorhanden.

¹⁴ Herr Ing. Stadlhofer Bruno, Büro LPS, 8650 Kindberg

¹⁵ Herr Brandl Anton, 8665 Langenwang-Schwöbing

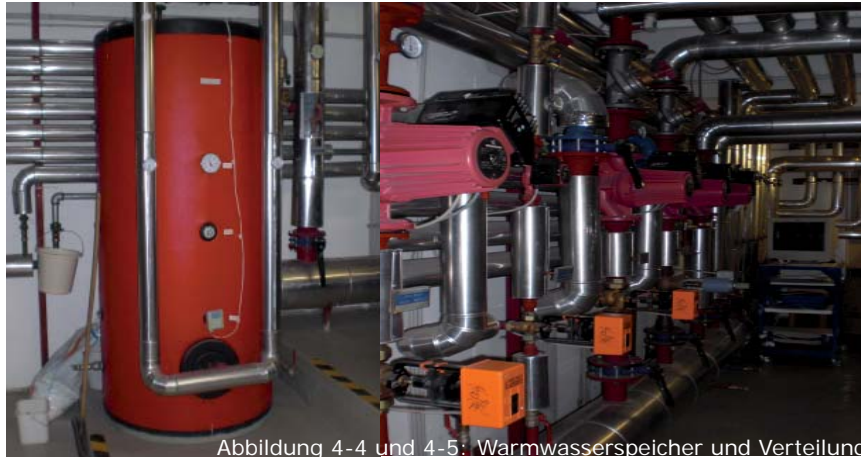


Abbildung 4-4 und 4-5: Warmwasserspeicher und Verteilung

Raumheizung

Die Heizungsanlage wurde 2001 erneuert. Es handelt sich um ein zentral angeordnetes Gas-Brennwertgerät, mit einer Leistung von 370 kW. Die Heizung versorgt die Haupt- und die Volksschule sowie die beiden zugehörigen Turnsäle.

Verteilung

Die Rohre sind gedämmt. Die Armaturen nicht.

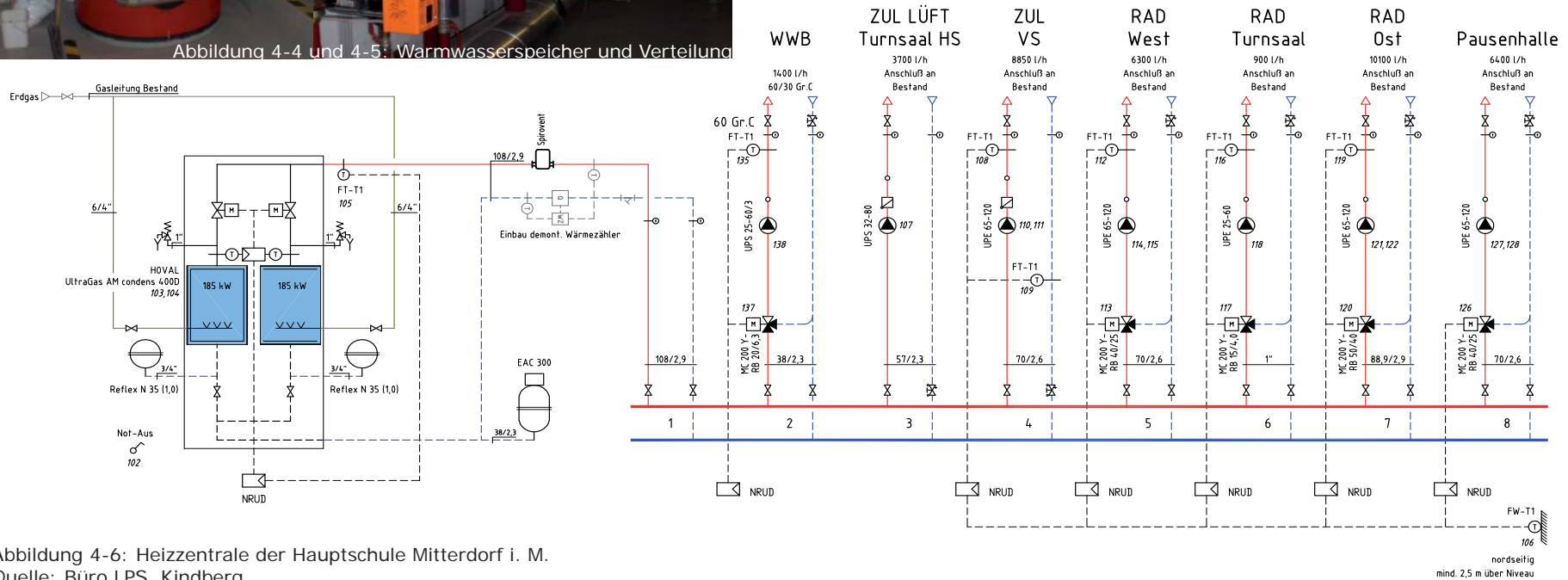


Abbildung 4-6: Heizzentrale der Hauptschule Mitterdorf i. M.
Quelle: Büro LPS, Kindberg

Anlagenschema

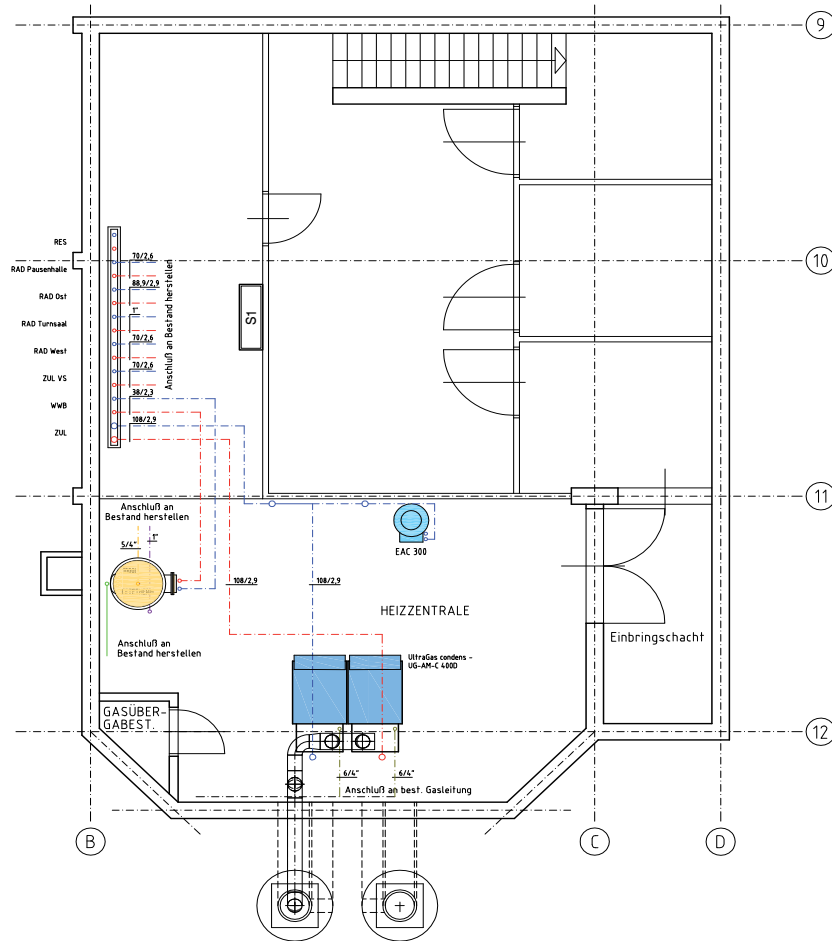


Abbildung 4-7: Anlagenschema der Hauptschule Mitterdorf i. M.
Quelle: Büro LPS, Kindberg

Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung ist mit dem Heizungssystem kombiniert und versorgt, mit einem Warmwasserspeicher von 750 Litern Inhalt, ebenfalls die Haupt-, die Volksschule und die beiden Turnsäle.

Verteilung

Die Rohre sind gedämmt. Die Armaturen nicht.

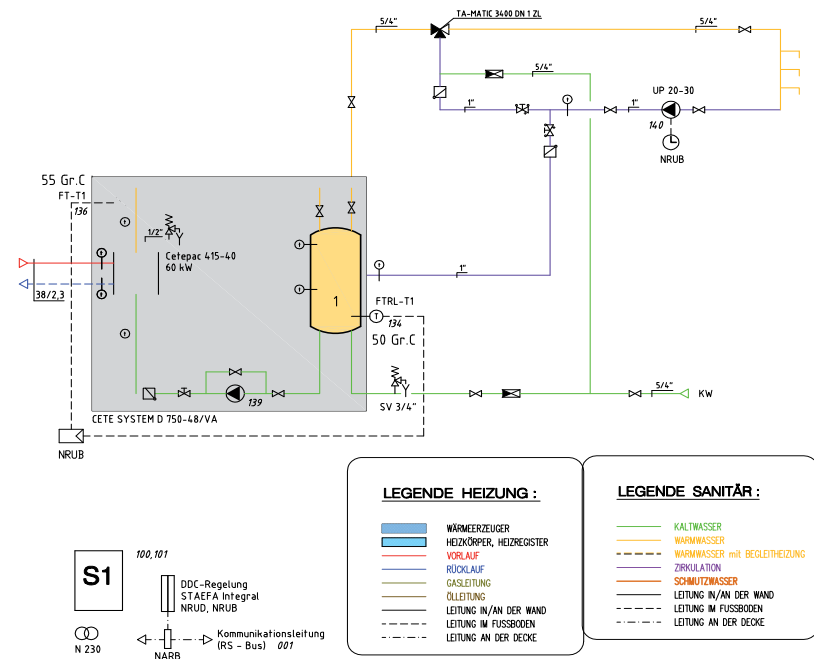


Abbildung 4-8: Warmwasserbereitung der Hauptschule Mitterdorf i. M.
Quelle: Büro LPS, Kindberg

TECHNISCHE OPTIMIERUNGSMÖGLICHKEITEN

Nach Gesprächen mit dem HLS-¹⁶ sowie Elektroplaner¹⁷ und nach Recherchen bei bereits durchgeführten Projekten wurde überlegt, welche Optimierungsmöglichkeiten realisierbar wären.

Heizung

In [21] S. 205 wird zu diesem Thema folgendes empfohlen:

Es sollte eine schnelle Raumerwärmung bei Unterrichtsbeginn sowie eine schnelle Rücknahme bei Raumwärme durch Sonneneinstrahlung oder starker Raumbelastung stattfinden können.

Als Alternative zur bestehenden Gasheizung (nicht erneuerbarer Energieträger) kann die Möglichkeit eines CO₂-freien erneuerbaren Energieträgers wie Solarwärme oder eine CO₂-neutrale Lösung eines erneuerbaren Energieträgers durch eine Biomasseheizung angedacht werden.

Es wird im Zuge dieser Arbeit nicht darauf eingegangen, ob die Voraussetzungen dafür gegeben sind bzw. ob die Umstellung sinnvoll und durchführbar (Platzbedarf, etc.) ist.

Eine Regelung der Heizung, welche auf die Größe und Belegung der Unterrichtsräume sowie die Abwärme von inneren Wärmequellen eingeht, wäre empfehlenswert.

Laut HLS-Planer wäre es denkbar, eine Verbesserung der Regelanlage durch eine Sonnenregelung zu erzielen. Die Herstellungskosten hierfür würden bei ca. 1000 €/Klasse liegen, und das Einsparpotential würde ca. 1 bis 2 % der Betriebskosten betragen.

Solaranlage

Es ist hier zu untersuchen bzw. hinterfragen, ob der Bedarf - vor

¹⁶ Herr Ing. Stadlhofer Bruno, Büro LPS, 8650 Kindberg

¹⁷ Herr Brandl Anton, 8665 Langenwang-Schwöbing

allem im Sommer - an Warmwasser besteht (Wasch- und Duschköglichkeit des Turnsaals).

Sollte der Bedarf bestehen ist die Fläche und der benötigte Warmwasserspeicher entsprechend zu dimensionieren.

In [21] S. 205 wird empfohlen, als Vorbildwirkung eines Lehrgebäudes grundsätzlich Sonnenkollektoren am Dach vorzusehen.

Kühlung

Der Einbau eines Kühlsystems ist nicht notwendig.

Um die Anforderungen nach OIB [13] S. 4 betreffend des Kühlbedarfs zu erreichen, sind entsprechende Sonnenschutzvorrichtungen vorzusehen.

Beleuchtung

Nach Gesprächen mit einem Elektroplaner konnte folgende Alternative zu der momentan vorhandenen Leuchtstofflampen-Beleuchtung gefunden werden:

Die bisherige Beleuchtung umfasst 141 Leuchtstofflampen-Balken mit 36 W sowie 450 Balken mit 58 W. Dies bedeutet - bei vollem Einsatz der Beleuchtung - eine elektrische Leistung von 32.356 W. Durch die Umstellung auf eine LED-Beleuchtung könnte die benötigte elektrische Leistung auf 12.978 W reduziert werden, was einer Einsparung von 60 % entspricht.

Weiters liegt die Lebensdauer einer Leuchtstofflampe bei ca. 4.000 Stunden, die einer LED-Lampe bei 30.000 Betriebsstunden.

Um eine genaue Aussage über das Einsparpotential treffen zu können, muss jedoch eine vollständige Lichtplanung durchgeführt werden.

Lüftung

Eine zu hohe CO₂-Belastung senkt die Konzentrations- und Lernfähigkeit. In [21] S. 201 ist vermerkt, dass der maximal anzustrebende Wert für die CO₂-Konzentration in Klassenräumen bei Neubauten bereits nach 15 Minuten, bei Bestandsgebäuden aufgrund der größeren Raumhöhen nach 20 Minuten erreicht ist.

Es ist lt. HLS-Planer für die Sanierungsvarianten als auch für die Neubauvariante eine dezentrale Lüftung vorzusehen. Dabei findet die Be- und Entlüftung über ein dezentrales Lüftungsgerät je Klassenraum statt.

Hierzu könnten lt. HLS-Planer zwei Möglichkeiten bzw. Geräte ihre Anwendung finden:

Möglichkeit 1

Beispielhaftes Produkt: Wernig Comfort-Vent W 90-350
Das Gerät kann im Gangbereich oder in einem Nebenraum der Klasse untergebracht und verkleidet sein.
Die Be- und Entlüftung erfolgt über Lüftungsrohre in den Klassenraum und ins Freie.



Abbildung 4-9: Lüftungsgerät Firma Wernig, Comfort-Vent W 90-350. Quelle: <http://www.wernig.at/produktpalette/register-4.html> am 11.04.2011

Möglichkeit 2

Beispielhaftes Produkt: Wernig Comfort-Vent X-Vent II
Das Gerät wird je Klassenraum sichtbar angebracht und es wird direkt über die Wand be- und entlüftet.



Abbildung 4-10: Lüftungsgerät Firma Wernig, Comfort-Vent X-Vent II. Quelle: <http://www.wernig.at/produktpalette/register-4.html> am 11.04.2011

Sanierungsmaßnahme

Für die weitere Betrachtung bzw. Berechnungen der Sanierungsmaßnahmen werden an dem bestehenden Haustechniksystem keine Änderungen vorgenommen. In die Betrachtung des Heizwärmebedarfs fließt der Bedarf an Energie für die Warmwasserbereitung bzw. Heizung nicht mit ein, lediglich auf den Endenergiebedarf würden sich Veränderungen auswirken.

Die dezentrale Lüftung wird als mögliche Sanierungsoption behandelt und in der Neubauvariante vorgesehen.

BAUTEILANALYSE

Nach einer Begehung vor Ort in Begleitung des Schulwirts, Herrn Hans Ulm, und Informationen sowie dem Bauakt, zur Verfügung gestellt von der Gemeinde Mitterdorf i. M., konnten nachfolgende Punkte festgelegt werden:

ZUSTAND DES GEBÄUDES

Es wird beim Bestand, aufgrund des guten Erhaltungszustandes, von einer Restlebensdauer von 50 Jahren ausgegangen. Um eine genau Aussage treffen zu können ist jedenfalls eine umfassende bautechnische Zustandsfeststellung notwendig.

BAUGRUND

Einerseits werden hier die Angaben aus der damals erstellten Baubeschreibung¹⁸ sowie das 2008 erstellte Bodengutachten¹⁹ des Nachbargrundstücks dargestellt.

Der Bauplatz wird wie folgt beschrieben:

- bisher landwirtschaftlich genutzte Fläche
- eben und trocken
- keine Lawinen-, Rutsch- und Hochwassergefährdung

Das Nachbargrundstück wurde zuvor landwirtschaftlich genutzt.

¹⁸ Vgl. ARCHITEKT DI DIETHELM SAIKO: Baubeschreibung nach § 58, lit. e der Steiermärkischen Bauordnung 1968. Grundlage für KAG 27.11.1979.

¹⁹ Vgl. DI MANFRED PETSCHNIGG: Seniorenwohnanlage Stolzstrasse - Mitterdorf. Bodenmechanische Untersuchung des Baugrundes. Grundstück-Nr. 605/4, KG 60224, Graz am 28.04.2008.

BESTANDSANAYSE

Grundwasser

In der Baubeschreibung wurde hierzu keine Angabe gemacht.

Bei der Baugrunduntersuchung des Nachbargrundstücks wurde ein Schurf bis auf 4,00 m hergestellt. Bis dahin wurde kein Grundwasser angetroffen. Auch in der Baugrube des benachbarten Grundstücks (Wohnbebauung in der Bauphase) wurde kein Grundwasser vorgefunden.

Beschaffenheit und Tragfähigkeit des Untergrunds

In der Baubeschreibung wurde Schotterboden eingetragen.

Bei der Baugrunduntersuchung des Nachbargrundstücks wurde folgender Schichtaufbau freigelegt:

GOK	bis	0,60 m	Humus, Mutterboden
0,60 m	bis	1,30 m	Grobschluff mit Schottereinflüssen
1,30 m	bis	4,00 m	mitteldicht gelagerter Schotter

Versickerung

Der Bodenaufbau ist gut geeignet, um das Oberflächenwasser versickern zu lassen.

Das auftretende Niederschlagswasser wird direkt am Grundstück der Hauptschule zur Versickerung gebracht.



Abbildung 4-11: Lage der Probeschurf am Nachbargrundstück



Abbildung 4-12: Schichten des Bodenaufbaus des Nachbargrundstücks: Humus. Quelle: Bodengutachten Nachbargrundstück

Abbildung 4-13: Schichten des Bodenaufbaus des Nachbargrundstücks: Grobschluff. Quelle: Bodengutachten Nachbargrundstück

Abbildung 4-14: Schichten des Bodenaufbaus des Nachbargrundstücks: Schotter. Quelle: Bodengutachten Nachbargrundstück

DACH UND LICHTKUPPELN

Allgemeines

Es handelt sich um ein Flachdach mit Kunststofffolieneindeckung, welches als konventionelles, einschaliges Warmdach ausgeführt ist. Der Aufbau der Konstruktion wurde dem Einreichplan entnommen.

Das Dach der Schule verfügt über eine innen liegende Entwässerung, das Dach des Turnsaals über eine außen liegende.

Das Regenwasser von der Dachfläche der beiden Pausenhallen wird auf das Hauptdach der Schule geleitet.

Die Neigung wird mittels einer, auf die tragende Stegdielenfertigteildecke im Gefälle betonierten Platte erzeugt.

Das Dach ist über eine außen liegende Aufstiegsleiter zu erreichen.

Das Dach des Turnsaals ist über jenes der Hauptschule, über eine weitere Aufstiegsleiter, erreichbar.

In der Dachfläche sind Lichtkuppeln integriert.

Da nichts Näheres über die verwendeten Lichtkuppelenelemente bekannt ist, wird der lt. [23] S. 9 für das Baujahr angegebene Defaultwert herangezogen.

Bisherige Sanierung

Im Jahr 1998 wurde bereits die Dachhaut durch Anbringen einer PE-Folie saniert.

Zu diesem Zeitpunkt wurden keine wärmedämmenden Maßnahmen in Betracht gezogen bzw. durchgeführt.

Sanierungsmöglichkeiten

In [24] S. 50 werden folgende zwei Möglichkeiten zur Sanierung eines bestehenden Flachdachs vorgeschlagen:

Zusätzliche Wärmedämmung unter der neuen Dachabdichtung

Der Kies und die alte Dachabdichtung werden abgetragen, sodass die bestehende Wärmedämmung freigelegt ist. Diese soll lt. Empfehlung des Fraunhoferinstituts für Bauphysik, selbst wenn sie durchfeuchtet ist, in der Konstruktion belassen werden. Darauf wird eine neue Dämmschicht sowie Dachabdichtung aufgebracht und der Kies wieder aufgeschüttet.

Zusätzliche Wärmedämmung auf der neuen Dachabdichtung (Plusdach)

Alternativ kann, nach abtragen der Kiesschicht, eine neue Dämmschicht aus XPS-Platten als zusätzliches Umkehrdach auf die neue Dachabdichtung aufgebracht und der Kies wieder aufgeschüttet werden. Hierbei bleibt die wasserführende Ebene dieselbe und die Dachhaut wird zusätzlich geschützt.

Firma Bauder²⁰ schlägt folgende Möglichkeit zur Sanierung eines bestehenden Flachdachs vor:

Zusätzliche Wärmedämmung und Dachabdichtung auf bestehendem Dachaufbau

Der Kies wird abgetragen, sodass die bestehende Dachabdichtung freigelegt ist. Darauf wird eine neue Dämmschicht sowie Dachabdichtung aufgebracht und der Kies wieder aufgeschüttet.

Hierfür sind gewisse Voraussetzungen zu erfüllen, welche es im Zuge einer genauen Planung zu überprüfen gilt.

Es sind die zusätzliche Lasten im Bezug auf die statische Qualität der Bestandskonstruktion zu prüfen.

²⁰ Vgl. http://www.bauder.at/fileadmin/bauder.at/daten/downloads/flachdach/fd-allgemein/FD_Sicherheit_in_allen_Lagen%28r%29.pdf am 02.04.2011

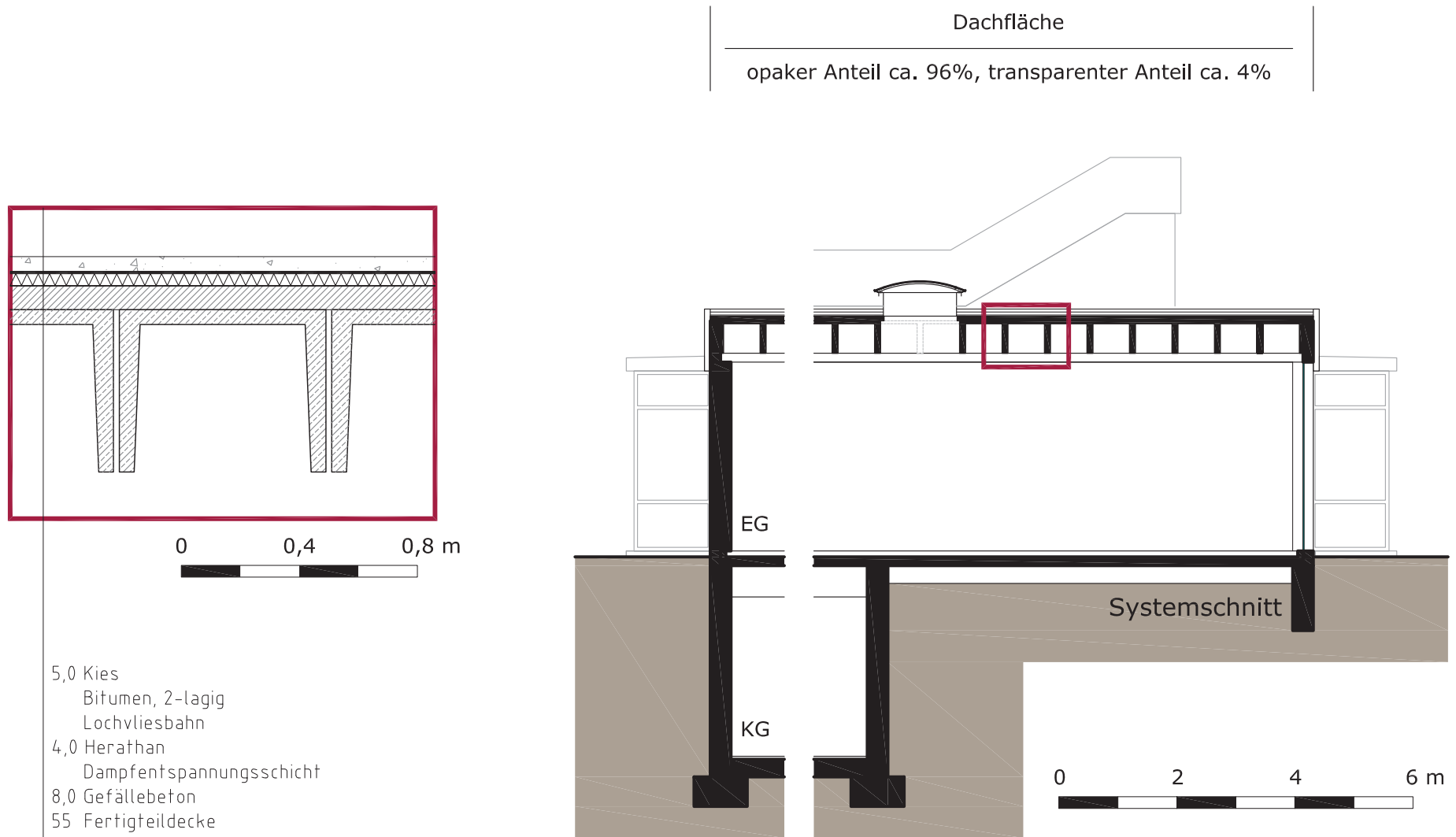


Abbildung 4-15: Systemschnitt und Dachaufbau



Abbildung 4-16: Dachdraufsicht Hauptschule Mitterdorf i. M.



Abbildung 4-18: Innenansicht Lichtkuppel Hauptschule Mitterdorf i. M.



Abbildung 4-17: Innenansicht Pausenhallendach Hauptschule Mitterdorf i. M.



Abbildung 4-19: Dachdraufsicht Lichtkuppel Hauptschule Mitterdorf i. M.

FENSTERFLÄCHEN

Allgemeines

In der Außenwand sind - meist raumhohe - Fenster- und Türelemente aus Metall mit Isolierverglasung integriert.

Teilweise sind vorgefertigte Fassadenelemente aus verglasten Metallkonstruktionen in Form von polygonalen Vorbauten dem Gebäude vorgesetzt.

Bisherige Sanierung

Im Jahr 2001 wurden die Fassadenelemente getauscht.

Nach Rückfrage mit der damals ausführenden Firma konnte ein U_w von $1,53 \text{ W/m}^2\text{K}$ erfragt werden. Detailliertere Angaben bzw. Informationen zu den Elementen bzw. zur Dachfläche der Vorbauten konnten nicht in Erfahrung gebracht werden. Da dieses Bauvorhaben bereits über 7 Jahre zurückliegt, wurden die Akten dazu bereits vernichtet und in der EDV konnten auch keine Angaben hierzu mehr gefunden werden.²¹

Sanierungsmöglichkeiten

Fensterelemente tauschen

Die Fensterelemente können getauscht werden. Dabei ist auf den U-Wert der einzelnen Komponenten des Elementes wie Rahmen, Glas, Paneel und Dach, sowie auf den g-Wert der Verglasung zu achten.

Parapet aufmauern

Es könnte bei den Fensterelementen im Zuge der Sanierung ein Parapet - anstelle der Paneele - aufgemauert werden, um so den U-Wert der Außenhülle zu verbessern.

²¹ Auskunft lt. Herr Ing. Frey, Firma Matauschk, Kapfenberg.

Dabei ist zu überprüfen, ob dann noch ausreichend Belichtungsfläche für den jeweiligen Raum vorhanden ist.

Polygonale Vorbauten abbrechen

Es könnten die polygonalen Vorbauten abgebrochen werden, und die neuen Fensterelemente direkt in der Flucht der Außenwand eingebaut werden. Dadurch würde das Oberflächen/Volumen-Verhältnis etwas verbessert werden und die Wärmeverluste, aufgrund der Verringerung der Oberfläche, verringert werden.

Es ist hierbei zu prüfen, ob die Nutzfläche je Klassenraum durch Setzen dieser Maßnahme noch groß genug ist. Wenn nicht, müssten in der Hauptschule gegebenenfalls einige Trennwände versetzt werden.



Abbildung 4-20: Polygonale Vorbauten Hauptschule Mitterdorf i. M.

AUSSENWAND

Allgemeines

Die Tragstruktur aus Stahlbetonfertigteilstützen ist mit einer zweischaligen Konstruktion aus Stahlbetonfertigteilen mit dazwischenliegender Wärmedämmung ausgefacht. Die Außenwand ist beidseitig verputzt.

Im Vergleich zum Aufbau aus dem Einreichplan sind 2 cm EPS an der Außenseite angebracht.

Sanierungsmöglichkeiten

Bezugnehmend auf [25] wurden folgende Möglichkeiten festgestellt:

Dämmung der Außenwand hinterlüftet

Da es sich um eine Stahlbetonkonstruktion mit ausreichender Dicke handelt, sind die statischen Voraussetzungen für das Anbringen der Unterkonstruktion für die Fassadenverkleidung gegeben. Weiters ist der Untergrund eben und geeignet, um die erforderliche Unterkonstruktion für die Fassade anzubringen.

Schadhafte Stellen müssen abgeschlagen und ausgeglichen werden, die Oberfläche muss gereinigt werden.

Bei dieser Art der Dämmung kann auf weitestgehende Vorfertigung zurückgegriffen werden.

Es ist auf eine möglichst wärmebrückenfreie Befestigung der vorgefertigten Elemente an der Bestandswand zu achten.

Dämmung der Außenwand verputzt

Der Untergrund ist eben und geeignet, um eine Dämmung anzu-

bringen.

Schadhafte Stellen müssen abgeschlagen und ausgeglichen werden, die Oberfläche muss gereinigt werden.

Die Dämmung muss an der Bestandskonstruktion mechanisch, mittels Dübel, befestigt werden.

Es ist darauf zu achten, Fenster- und Türrahmen weitestgehend zu überdämmen.

Die Dämmplatten sollen möglichst dicht gestoßen werden, etwaige Schlitze müssen ausgeschäumt oder ausgestopft werden.

Der Schulbetrieb ist durch eine außenseitig angebrachte Dämmung nicht gestört.

Dämmung der Außenwand an der Innenseite

Auch hierfür muss der Untergrund eben sein, loser Innenputz muss abgeschlagen und ausgeglichen werden und die Oberfläche muss gereinigt werden.

Die Qualität der innen liegenden Wärmedämmebene hängt von der Wärmeleitfähigkeit der bestehenden Mauer und des Bodens ab.

Es können unzulässig hohe Feuchten am Übergang der Dämmung zur Bestandswand auftreten.

Die innenseitige Wärmedämmung muss kapillarleitfähig oder dampfdicht sein (z.B. Vakuumdämmplatten).

Hierbei müssten außen keinerlei Arbeiten getätigt werden. Es sei denn, die Fassade soll neu gestrichen werden.

Allerdings kann in der Zeit, in der die Innendämmung angebracht wird, kein Schulbetrieb stattfinden.

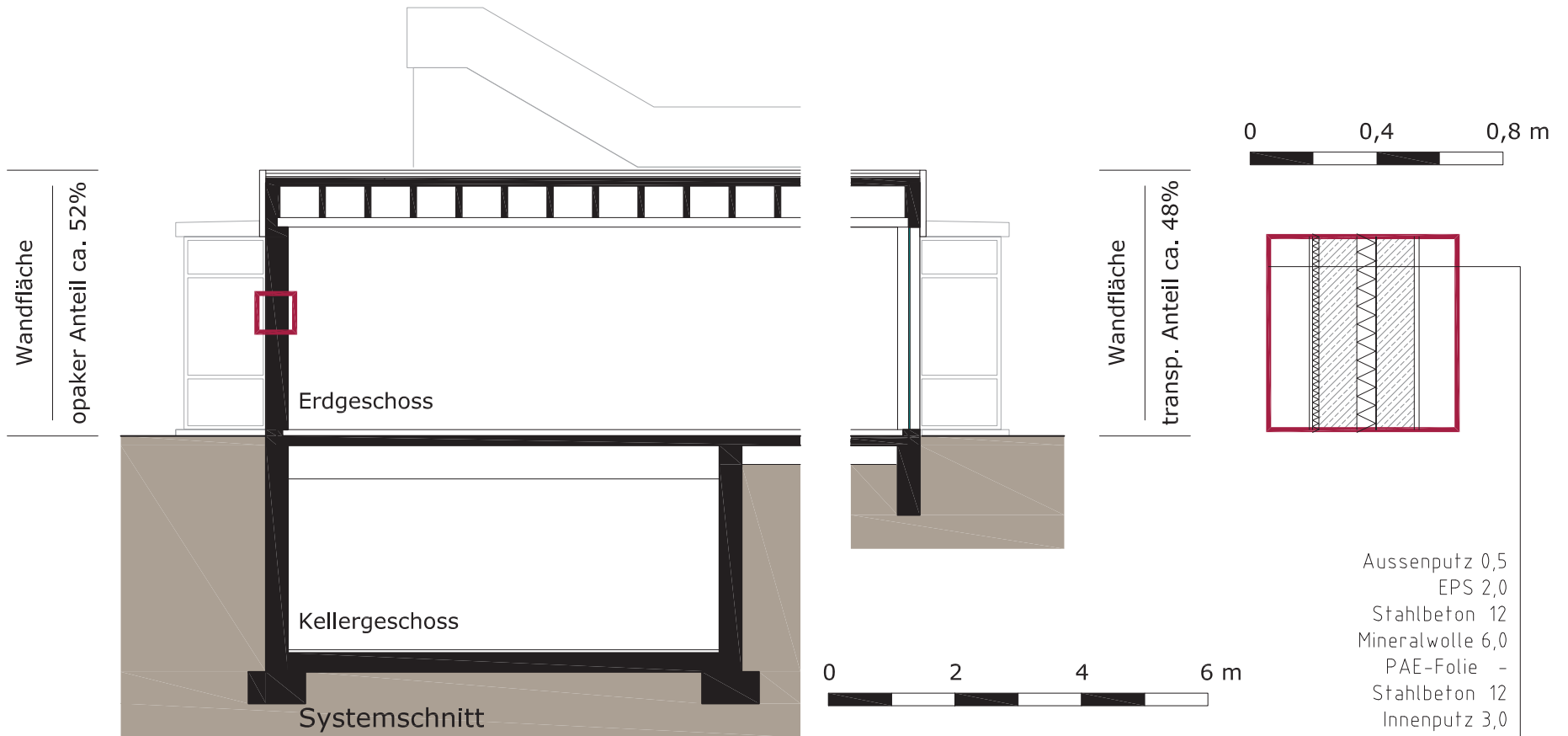


Abbildung 4-21: Systemschnitt und Aufbau der Außenwand

AUSSENWAND ERDBERÜHRT

Allgemeines

Die Außenwand ist im nicht unterkellerten Bereich nur ca. 15 cm im Erdreich. Im unterkellerten Bereich ragt das Gebäude ca. 3,65 m in das Erdreich.

Bei der Fundamentierung handelt es sich um Streifen- und Einzel-fundamente.

Sanierungsmöglichkeiten

Bezugnehmend auf [25] wurden folgende Möglichkeiten festge-stellt:

Dämmung der Außenwand an der Außenseite

Die Dämmung der Außenwand gegen Außenluft ist in derselben Ebene bis auf die Unterkante der Betonplatte zu ziehen.

Dämmung der Außenwand an der Außenseite – Ausbilden einer Schürze

Die Dämmung der Außenwand ist in derselben Ebene unter die Unterkante der Betonplatte zu ziehen. Je nachdem, wie weit, ändert sich das thermische Verhalten des erdberührten Fußbodens, da die Wärmedämmschürze wie ein Schild wirkt.

Bei beiden Varianten ist auf die entsprechende Feuchteabdichtung zu achten. Die erdberührte Wand ist im Vorfeld zu reinigen.

Dämmung der Außenwand an der Innenseite

In diesem Fall liegt die erdberührte Außenwand im Bereich des Fußbodenaufbaus.

FUSSBODEN GEGEN KELLER

Allgemeines

Der Anteil der Kellerdecke liegt nur bei ca. 6 % der Erdgeschoss-grundfläche.

Unter der Betonplatte sind aus statischen Gründen ca. 50 cm hohe Unterzüge vorhanden.

Sanierungsmöglichkeiten

Bezugnehmend auf [25] wurden folgende Möglichkeiten festge-stellt:

Dämmung im Fußbodenaufbau

Diese entspricht der Möglichkeit des „Fußboden erdberührt“ auf Seite 80. Sollte der erdberührte Fußboden auf diese Weise sa-niert werden, so ist diese Variante auch hier anzuwenden. Es sind die zusätzlichen Lasten in Bezug auf die statische Qualität der Bestandskonstruktion zu überprüfen.

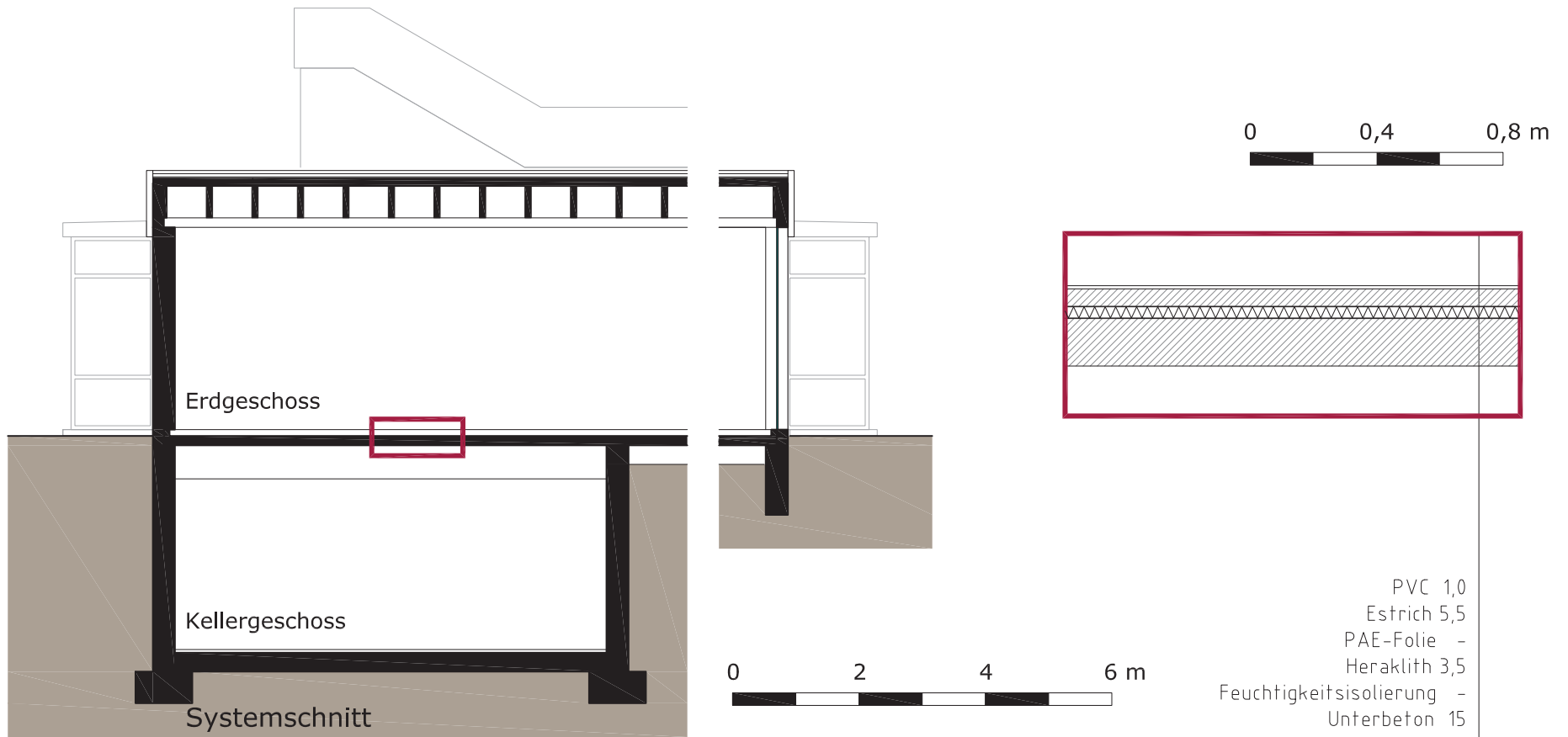
Dämmung an der Unterseite der Kellerdecke

Die Dämmung wird an der Unterseite der Kellerdecke angebracht. Es ist ausreichend Raumhöhe im Keller vorhanden, an der nied-rigsten Stelle ist eine Höhe von 2,55 m zu messen.

Die Dämmung kann zwischen den Unterzügen (Höhe ca. 50 cm) angebracht werden, dadurch entstehen allerdings lineare Wär-mebrücken. Um dies zu vermeiden/verbessern, können die Un-terzüge, bis auf die erforderliche Durchgangshöhe, überdämmt werden.

Bei der Dämmung ist auf den Brandschutz sowie auf an der Unter-seite befindliche Leitungen zu achten.

Sollte aufgrund von Wartungsarbeiten ein weiterer Zugang zu Le-itungen o. ä. erforderlich sein, so ist entweder eine Aussparung der Wärmedämmung vorzusehen (Wärmebrücke) oder die Lei-tungen sind neu zu verlegen.



unterkellert ca. 6% der Fußbodenfläche	nicht unterk. ca. 94%
---	--------------------------

Abbildung 4-22: Systemschnitt und Aufbau des Fußbodens gegen Keller

FUSSBODEN ERDBERÜHRT

Allgemeines

Die Fläche des erdberührten Fußbodens ist im Gegensatz zum unterkellerten Bereich sehr groß (ca. 94% der Grundfläche). Dadurch ergibt sich ein großer Wärmeverlust über diesen Bauteil. Zugleich ist die thermische Sanierung des erdberührten Fußbodens mit einem sehr großen Aufwand behaftet.

Sanierungsmöglichkeiten

Bezugnehmend auf [25] wurden folgende Möglichkeiten festgestellt:

Grundsätzlich gäbe es zwei Möglichkeiten zur Sanierung eines bestehenden Fußbodens gegen Erdreich:

- entweder im Fußbodenaufbau oder
- unter der Bodenplatte

Im zweiten Fall muss zuvor anhand eines Bodengutachtens geklärt werden, ob drückendes Wasser vorhanden ist bzw. wie das Erdreich beschaffen ist.

Dämmung im Fußbodenaufbau

Hierbei gibt es wiederum zwei Möglichkeiten:

Bestehenden Aufbau abbrechen

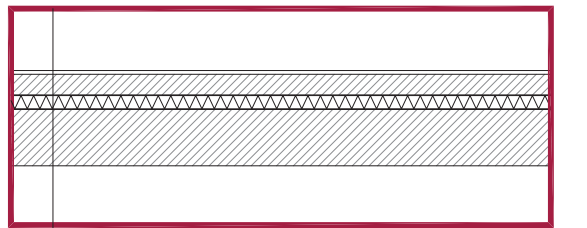
Es wird der gesamte Fußbodenaufbau bis auf die Betonplatte (Unterbeton) abgebrochen um den neuen Fußbodenaufbau inkl. ausreichender Dämmung herstellen zu können.

Aufbau bleibt bestehen

Es wird direkt auf den bestehenden Fußbodenaufbau eine zusätzliche Dämm- und neue Nutzschiene aufgebracht.

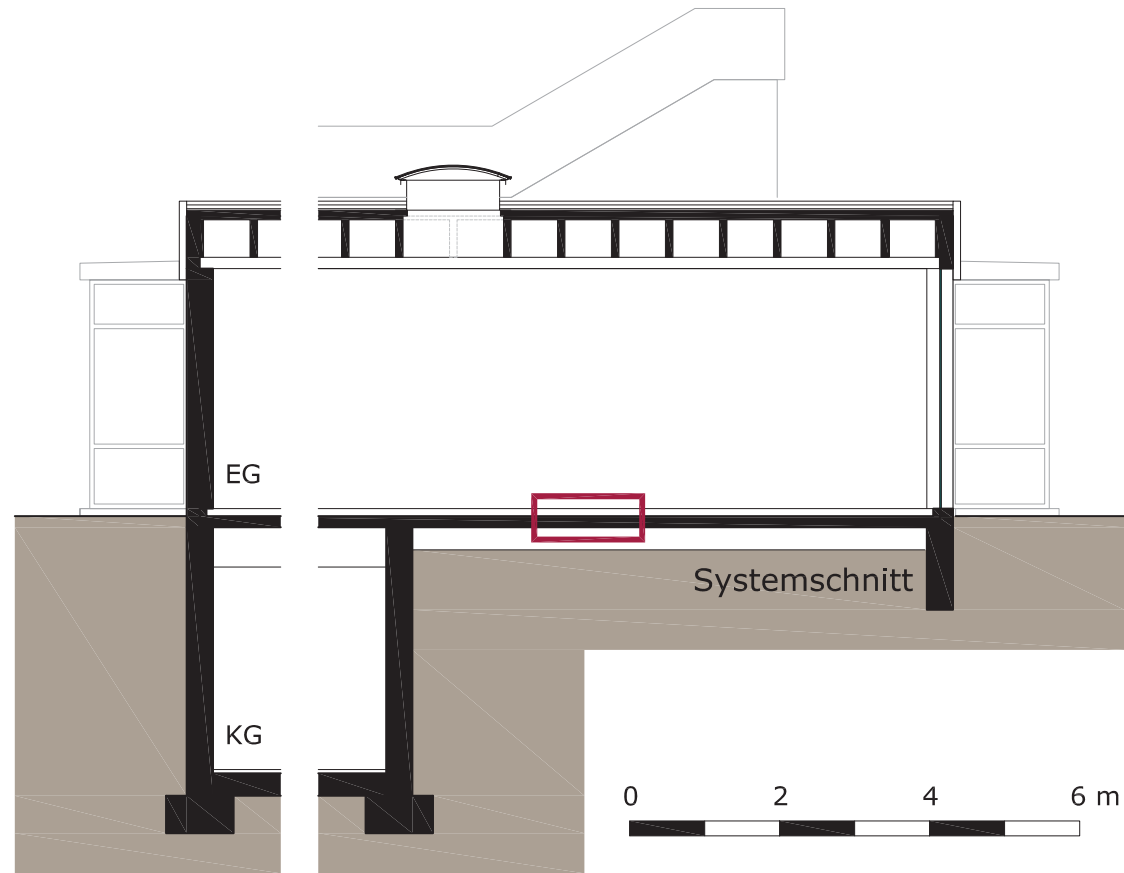
Bei beiden Varianten sind folgende Punkte zu klären bzw. zu hinterfragen:

- Raumhöhe: Da das Niveau des Bodens jedenfalls gehoben wird, ist zu klären, ob ausreichend Raumhöhe vorhanden ist. Die geringste Raumhöhe in der Hauptschule liegt bei 3,35 m, im Turnsaal bei 5,50 m, somit ist ausreichend „Luft“ nach oben.
- Parapethöhen: Je nach Höhe des neuen Fußbodenaufbaus müssen bestehende Parapete angepasst werden. Die raumhohen Verglasungen müssen an die neue Oberkante des Fußbodens angepasst werden (Brüstungshöhe, Höhe der ESG-Verglasung).
- Geländerhöhen: Je nach Höhe des neuen Fußbodenaufbaus müssen diese angepasst werden.
- Türelemente innen: Einige der innen liegenden Türen weisen eine Durchgangshöhe von 2,30 m auf. Jene, welche nur eine Höhe von 2,00 m aufweisen, müssen jedenfalls angepasst werden.
- Türelemente nach außen: Diese müssen einerseits in der Durchgangslichte sowie am Übergang Innen und Außen angepasst werden.



0 0,4 0,8 m

- 1,0 PVC
- 5,5 Estrich
- PAE-Folie
- 3,5 Heraklith
- Feuchtigkeitisolierung
- 15 Unterbeton
- 30 Rollierung



unterkellert	nicht unterkellertes Bereich
ca. 6%	ca. 94% der Fußbodenfläche

Abbildung 4-23: Systemschnitt und Aufbau des Fußbodens gegen Erde

- Sämtliche Einbauten und Sanitäreinrichtungen müssen überprüft und angepasst werden.
- Weiters ist auf einen barrierefreien Zugang zur Schule zu achten.
Wenn der bestehende Aufbau nicht abgebrochen werden soll, ist zu überlegen, ob alle (oder Teile der) Innenwände entfernt und auf den neuen Estrich gestellt werden sollen. Dadurch könnte man die linearen Wärmebrücken nach unten minimieren und auch auf das Problem der Durchgangshöhen der Türen eingehen.
Sollte alles bis auf den Unterbeton abgebrochen werden, ist diese Maßnahme ohnehin notwendig.
Dieser Punkt sollte in Wechselwirkung mit der Raumaufteilung und -nutzung diskutiert werden. Vielleicht besteht seitens der Lehrerschaft bzw. der Nutzung der Schule ohnehin Bedarf, die Raumaufteilung zu verändern.
- Es ist zu bedenken, dass die Schule, oder Teile davon, über einen gewissen Zeitraum hin nicht benutzt werden kann.
Der Betrieb muss, sofern die Arbeiten nicht auf die Ferien beschränkt werden können, auf andere Räumlichkeiten ausweichen.

Dämmung unter der Bodenplatte

Als Erweiterung der Variante, den Fußboden bis auf den Unterbeton abzutragen, gäbe es die Möglichkeit, eine Dämmung unter die Bodenplatte einzubringen.

Dies würde voraussetzen, den gesamten Fußbodenaufbau inkl. Betonplatte abzutragen und das Erdreich auf die gewünschte Tiefe abzugraben, um den neuen Fußbodenaufbau inkl. Perimeterdäm-

mung herstellen zu können.

Dadurch könnte die fertige Oberkante des Fußbodens jener des bestehenden Aufbaues gleich sein.

Um diese Maßnahme durchführen zu können, müsste jedoch das gesamte Erdgeschoss abgebrochen werden, sodass nur die Außenhülle bzw. der statische Raster bestehen bliebe.

Dabei wäre beim Abgraben auf die statische Tragfähigkeit der tragenden Stahlbetonstützen zu achten.

Die gesamte Schule kann auf bestimmte Zeit nicht benutzt werden.

Diese Möglichkeit würde die Kosten für die Sanierung jedenfalls sprengen bzw. diese im Vergleich zu einem Neubau in Frage stellen. In weitere Folge ist aus statischer Sicht fraglich, ob eine Durchführung dieser Maßnahme überhaupt stattfinden könnte. Diese Möglichkeit ist jedenfalls auszuschließen.

Schürzenausbildung

Als weitere Möglichkeit ist die Ausbildung einer Schürze, wie in „Außenwand erdberührt“ auf Seite 78 beschrieben, anzudeuten.

Diese Maßnahme ist mit wesentlich geringerem Aufwand herzustellen. Es muss dabei nicht in den bestehenden Fußbodenaufbau eingegriffen werden und auch der Schulbetrieb würde keine Störung erfahren.

Im Zuge der Sanierung der Außenwand wäre es jedenfalls sinnvoll, die neu angebrachte Dämmebene gleich (entsprechend weit) bis unter die Bodenplatte zu ziehen um den positiven Effekt, die diese Schürzenausbildung auf die Minimierung der Wärmeverluste über die Fußbodenfläche hat, zu nutzen.

Für die Maßnahme ist auch ein Bodengutachten zur Abklärung der Grundwasserverhältnisse erforderlich.

AUFBAUTEN



Abbildung 4-24: Fußboden Hauptschule Mitterdorf i. M.



Abbildung 4-25: Fußboden Hauptschule Mitterdorf i. M.

Die Aufbauten konnten festgelegt werden durch:

- Einreichplan aus dem Jahr 1973
- Begehung in Begleitung des Schulwarts
- Telefonat bzw. E-Mail-Kontakt mit der Firma Mataushek

Bei den opaken Aufbauten ist Folgendes festzuhalten:

- Für den Aufbau des Daches der Vorbauten konnte nichts in Erfahrung gebracht werden (siehe unter „Fensterflächen“ auf Seite 75) weshalb eine Annahme getroffen werden musste.
- Es ist die Dicke d und das λ einer jeden Schicht angegeben.

Bei den transparenten Aufbauten sind folgende Punkte festzuhalten:

- Dabei sind die Flächen für das Glas A_g , das Paneel A_p und den Rahmen A_r extra angeführt.
- Weiters ist der Glasrandverbund I vermerkt.
- Diese Zahlen wurden aufgrund von Planskizzen und Rohbaumaßangaben ermittelt.
- Der g -Wert der Fenster und der Lichtkuppeln sowie der U -Wert der Lichtkuppeln ist jener, welcher lt. OIB-Leitfaden [23] S. 9 für das entsprechende Baujahr anzunehmen ist, sollte nichts Näheres bekannt sein.
- Der U -Wert für das Fensterelement ist jener Wert, welcher von der ausführenden Firma mitgeteilt wurde.

Aufbauten opake Flächen

Tabelle 4-1: Aufbauten 1/3

D 03	Aufbau	Baustoff	Dach Vorbauten
		Annahmen, dass die gesetzlichen Anforderungen zum Zeitpunkt des Einbaues (2001) eingehalten wurden.	
		Dicke	-
		U-Wert	0,200

Tabelle 4-2: Aufbauten 2/3

D 01		Dach Turnsaal			
Aufbau		Baustoff			
Graphische Darstellung	Nr.	Bezeichnung	d [m]	λ [W/mK]	
	1	Kies	0,0500	0,700	
	2	Polyethylenfolie	0,0020	0,500	
	3	Bitumen	0,0020	0,230	
	4	Bitumen	0,0020	0,230	
	5	Vlies	0,0020	0,500	
	6	Polyurethan-Hartschaumplatte	0,0400	0,033	
	7	Vlies	0,0020	0,500	
	8	Gefällebeton	0,0800	1,330	
	9	Stahlbeton-Fertigteiltrippendecke	0,1100	2,500	
				Dicke=	0,2900
				U-Wert	0,642

D 02		Dach Schule			
Aufbau		Baustoff			
Graphische Darstellung	Nr.	Bezeichnung	d [m]	λ [W/mK]	
	1	Kies	0,0500	0,700	
	2	Polyethylenfolie	0,0020	0,500	
	3	Bitumen	0,0020	0,230	
	4	Bitumen	0,0020	0,230	
	5	Vlies	0,0020	0,500	
	6	Polyurethan-Hartschaumplatte	0,0400	0,033	
	7	Vlies	0,0020	0,500	
	8	Gefällebeton	0,0800	1,330	
	9	Stahlbeton-Fertigteiltrippendecke	0,1200	2,500	
				Dicke=	0,3000
				U=	0,641

FB 01		Fußboden Turnsaal gegen Erde			
Aufbau		Baustoff			
Graphische Darstellung	Nr.	Bezeichnung	d [m]	λ [W/mK]	
	1	PVC-Belag	0,0100	0,190	
	2	Holzplatte	0,0250	0,400	
	3	Schwingboden	0,0500	0,391	
	4	Heraklith	0,0350	0,093	
	5	Bitumen	0,0020	0,230	
	6	Unterbeton	0,1500	1,330	
				Dicke=	0,2720
				U=	1,024

FB 02		Fußboden Schule gegen Erde			
Aufbau		Baustoff			
Graphische Darstellung	Nr.	Bezeichnung	d [m]	λ [W/mK]	
	1	PVC-Belag	0,0100	0,190	
	2	Zementestrich	0,0550	1,700	
	3	Polyethylenfolie	0,0020	0,500	
	4	Heraklith	0,0350	0,093	
	5	Bitumen	0,0030	0,230	
	6	Unterbeton	0,1500	1,330	
				Dicke=	0,2550
				U=	1,314

Tabelle 4-3: Aufbauten 3/3

FB 03		Fußboden Schule gegen KG			
Aufbau		Baustoff			
Graphische Darstellung	Nr.	Bezeichnung	d [m]	λ [W/mK]	
	1	PVC-Belag	0,0100	0,190	
	2	Zementestrich	0,0550	1,700	
	3	Polyethylenfolie	0,0020	0,500	
	4	Heraklith	0,0350	0,093	
	5	Bitumen	0,0030	0,230	
	6	Unterbeton	0,1500	1,330	
				Dicke=	0,2550
				U=	1,074

AW 01		Aussenwand Turnsaal			
Aufbau		Baustoff			
Graphische Darstellung	Nr.	Bezeichnung	d [m]	λ [W/mK]	
	1	Aussenputz	0,0100	0,700	
	2	EPS	0,0200	0,040	
	3	Stahlbeton	0,1200	2,500	
	4	Mineralwolle	0,0600	0,040	
	5	Polyethylenfolie	0,0020	0,500	
	6	Stahlbeton	0,1200	2,500	
	7	Innenputz	0,0150	0,350	
				Dicke=	0,3470
				U=	0,430

AW 02		Aussenwand Schule			
Aufbau		Baustoff			
Graphische Darstellung	Nr.	Bezeichnung	d [m]	λ [W/mK]	
	1	Aussenputz	0,0100	0,700	
	2	EPS	0,0200	0,040	
	3	Stahlbeton	0,1200	2,500	
	4	Mineralwolle	0,0600	0,040	
	5	Polyethylenfolie	0,0020	0,500	
	6	Stahlbeton	0,1200	2,500	
	7	Innenputz	0,0150	0,350	
				Dicke=	0,3470
				U=	0,430

AW 03		Aussenwand Schule gegen Erde			
Aufbau		Baustoff			
Graphische Darstellung	Nr.	Bezeichnung	d [m]	λ [W/mK]	
	1	Bitumen	0,0050	0,230	
	2	Stahlbeton	0,1200	2,500	
	3	Mineralwolle	0,0600	0,040	
	4	Polyethylenfolie	0,0020	0,500	
	5	Stahlbeton	0,1200	2,500	
	6	Innenputz	0,0150	0,350	
				Dicke=	0,3220
				U=	0,557

Aufbauten transparente Flächen

Tabelle 4-4: Bestandsfenster 1/2


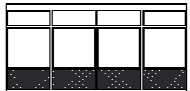










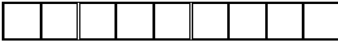



Fenster					
Graphische Darstellung	g [-]	Ag [m²]	Ap [m²]	Af [m²]	l [m]
	0,67	3,71	1,29	0,99	16,18
lt. ausführender Firma:				Fläche= 5,99	U= 1,530
Fenster					
Graphische Darstellung	g [-]	Ag [m²]	Ap [m²]	Af [m²]	l [m]
	0,67	10,89	4,10	3,97	54,79
lt. ausführender Firma:				Fläche= 18,96	U= 1,530
Fenster					
Graphische Darstellung	g [-]	Ag [m²]	Ap [m²]	Af [m²]	l [m]
	0,67	4,88	-	0,88	15,32
lt. ausführender Firma:				Fläche= 5,76	U= 1,530
Fenster					
Graphische Darstellung	g [-]	Ag [m²]	Ap [m²]	Af [m²]	l [m]
	0,67	3,38	1,13	1,01	19,84
lt. ausführender Firma:				Fläche= 5,52	U= 1,530
Fenster					
Graphische Darstellung	g [-]	Ag [m²]	Ap [m²]	Af [m²]	l [m]
	0,67	7,60	2,76	1,75	39,00
lt. ausführender Firma:				Fläche= 12,11	U= 1,530
Fenster					
Graphische Darstellung	g [-]	Ag [m²]	Ap [m²]	Af [m²]	l [m]
	0,67	2,09	-	0,49	10,76
lt. ausführender Firma:				Fläche= 2,58	U= 1,530
Fenster					
Graphische Darstellung	g [-]	Ag [m²]	Ap [m²]	Af [m²]	l [m]
	0,67	3,63	-	1,12	15,60
lt. ausführender Firma:				Fläche= 4,75	U= 1,530
Fenster					
Graphische Darstellung	g [-]	Ag [m²]	Ap [m²]	Af [m²]	l [m]
	0,67	7,51	-	1,42	26,98
lt. ausführender Firma:				Fläche= 8,93	U= 1,530

Tabelle 4-5: Bestandsfenster 2/2

Fenster					
Graphische Darstellung	g [-]	Ag [m²]	Ap [m²]	Af [m²]	l [m]
	0,67	4,97	-	1,04	17,99
lt. ausführender Firma:				Fläche= 6,01	U= 1,530
Fenster					
Graphische Darstellung	g [-]	Ag [m²]	Ap [m²]	Af [m²]	l [m]
	0,67	7,61	2,57	1,92	43,20
lt. ausführender Firma:				Fläche= 12,10	U= 1,530
Fenster					
Graphische Darstellung	g [-]	Ag [m²]	Ap [m²]	Af [m²]	l [m]
	0,67	2,48	-	0,58	8,99
lt. ausführender Firma:				Fläche= 3,06	U= 1,530
Fenster					
Graphische Darstellung	g [-]	Ag [m²]	Ap [m²]	Af [m²]	l [m]
	0,67	2,01	0,67	0,74	11,38
lt. ausführender Firma:				Fläche= 3,42	U= 1,530
Fenster					
Graphische Darstellung	g [-]	Ag [m²]	Ap [m²]	Af [m²]	l [m]
	0,67	18,02	-	2,41	51,02
lt. ausführender Firma:				Fläche= 20,43	U= 1,530
Lichtkuppel					
Graphische Darstellung	g [-]	Ag [m²]	Ap [m²]	Af [m²]	l [m]
	0,67	-	-	-	-
lt. OIB:				Fläche= 2,28	U= 3,000
Lichtkuppel					
Graphische Darstellung	g [-]	Ag [m²]	Ap [m²]	Af [m²]	l [m]
	0,67	-	-	-	-
lt. OIB:				Fläche= 1,54	U= 3,000
Fenster Turnsaal					
Graphische Darstellung	g [-]	Ag [m²]	Ap [m²]	Af [m²]	l [m]
	0,67	1,81	-	0,51	9,39
lt. ausführender Firma:				Fläche= 2,32	U= 1,530

HÜLLFLÄCHEN

Die Außenhülle des Gebäudes setzt sich im Wesentlichen aus drei Teilen zusammen:

Fußboden

Nur ein kleiner Teil des Gebäudes ist unterkellert. Der Großteil der Fußbodenfläche geht gegen das Erdreich.

Außenwand

Fast die Hälfte der Außenwandfläche besteht aus verglasten Fenster- bzw. Türelementen wie in Abbildung 4-27 ersichtlich. Es ist in der Abbildung 4-26 zu sehen, dass der Anteil der Außenwand inkl. der transparenten Flächen nur ca. ein Viertel der gesamten Hüllfläche beträgt.

Dach

Einige Räume werden (zusätzlich) über das Dach durch Lichtkuppeln mit natürlichem Tageslicht versorgt.

Tabelle 4-6: Flächenanteile der einzelnen Bauteile

Bauteil	Fläche	Anteil	
Fußboden	2.694,95 m ²	100,00%	38,96%
gegen Erde	2.545,65 m ²	94,46%	36,81%
gegen KG	149,30 m ²	5,54%	2,16%
Außenwand	1.516,18 m ²	100,00%	21,92%
opak	785,54 m ²	51,81%	11,36%
transparent	730,64 m ²	48,19%	10,56%
Dach	2.705,21 m ²	100,00%	39,11%
opak	2.593,22 m ²	95,86%	37,49%
transparent	112,00 m ²	4,14%	1,62%
Summe	6.916,34 m²	100,00%	100,00%

Flächen der jeweiligen Bauteile

■ Fußboden ■ Außenwand ■ Dach

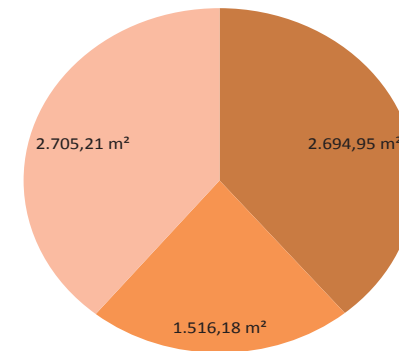


Abbildung 4-26: Flächenanteile der Bauteile - opak und transparent zusammen

Flächen der jeweiligen Bauteile

■ gegen Erde ■ gegen KG ■ opak ■ transparent

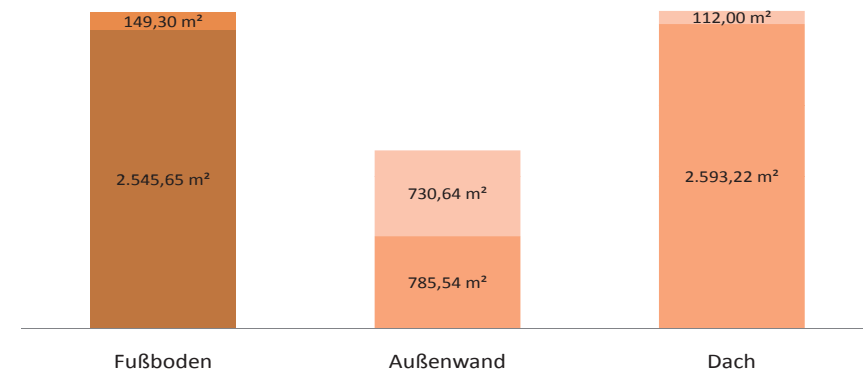


Abbildung 4-27: Flächenanteile der Bauteile - opak und transparent getrennt

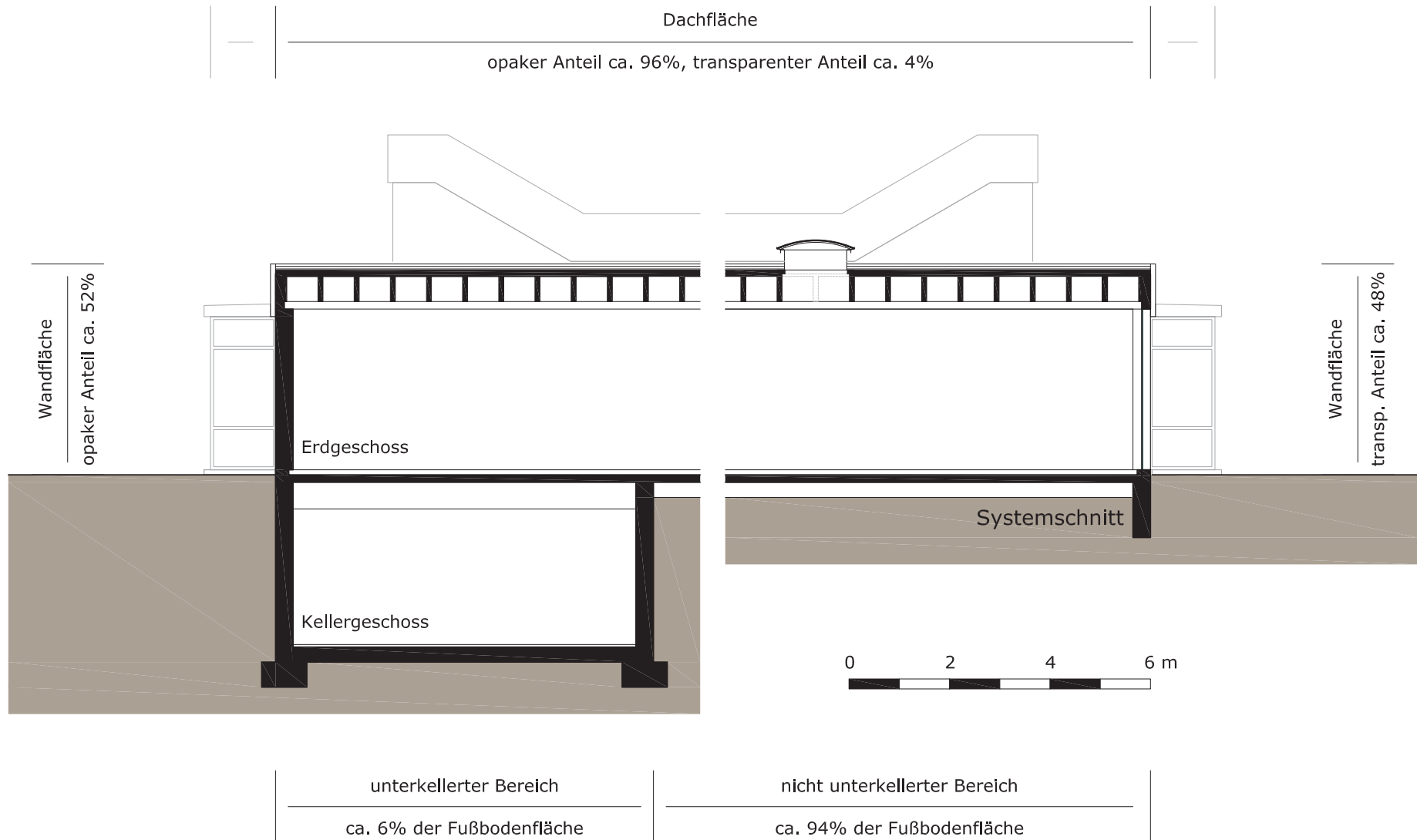


Abbildung 4-28: Systemschnitt und Prozentanteile der Hüllflächen

Die Berechnung der thermischen Gebäudehülle für die Hauptschule sowie den Turnsaal ergab folgende Werte und wurde so für die Energieausweis-Berechnung herangezogen:

Tabelle 4-7: Flächen der thermischen Gebäudehülle des Bestandsgebäudes

	Schule	Turnsaal	Gesamt
BGF	2.694,95 m ²	433,11 m ²	3.128,06 m ²
Prozentanteil	86,15%	13,85%	100,00%
Oberfläche	6.916,34 m ²	1.187,28 m ²	8103,62
BGV	12.152,67 m ²	2.936,59 m ²	15.089,26 m ²
Hauptdach	2.465,53 m ²	445,58 m ²	2.911,11 m ²
Dach Vorbauten	127,68 m ²		127,68 m ²
Lichtkuppeln	112,00 m ²	-	112,00 m ²
Außenwand gegen Erde	48,63 m ²	-	48,63 m ²
Außenwand	736,91 m ²	306,27 m ²	1.043,18 m ²
Fenster	730,64 m ²	2,32 m ²	732,96 m ²
Fußboden gegen KG	149,30 m ²	-	149,30 m ²
Fußboden gegen Erde	2.545,65 m ²	433,11 m ²	2.978,76 m ²
Ic	1,76 m	2,47 m	1,86 m
A/V	0,57 1/m	0,40 1/m	0,54 1/m
HWB*max	20,59 kWh/m ³ a	17,09 kWh/m ³ a	19,91 kWh/m ³ a

ENERGIEAUSWEIS BESTAND

Für die Erstellung des Energieausweises war eine genaue Analyse des Bestandes notwendig.

Einige Informationen konnten jedoch nicht in Erfahrung gebracht werden bzw. sind für die Erstellung zu definieren.

Folgende Punkte wurden entsprechend eruiert bzw. definiert:

- Standortdaten**
 Diese konnten einerseits durch die Gemeinde Mitterdorf i. M. und andererseits durch den Katasterplan der GIS-Steiermark festgestellt werden.
- Definition der warmen Hülle**
 Da das Kellergeschoss unbeheizt ist, wird es nicht der warmen Hülle zugeordnet. Es wird somit der Teil der Fußbodenfläche gegen das Kellergeschoss als „gegen unbeheizt“ berücksichtigt.
- Flächenermittlung**
 Diese wurde auf Basis des Einreichplans aus 1973 ermittelt und sind in der nebenstehenden Tabelle angeführt.
- Orientierung**
 Diese konnte durch den Katasterplan der GIS-Steiermark ermittelt werden.

- **Aufbauten**

Wie bereits bei den „Aufbauten“ auf Seite 83 beschrieben, wurden diese wie folgt ermittelt:

- auf Basis Einreichplan
- Vor-Ort-Besichtigung
- Informationen von ausführender Firma
- Einhaltung von gesetzlichen Vorschriften bzw.
- Vorschlag im OIB-Leitfaden [23] zur Richtlinie 6

- **Bauweise**

Aufgrund der Stahlbetonteile als Wand- sowie auch als Deckenelementen und des schwimmenden Estrichs wurde die Bauweise mit „schwer“ festgelegt. Diese wurde für die Schule sowie für den Turnsaal definiert.

- **Haustechnik**

Die Informationen hierfür wurden wie folgt ermittelt:

- Vor-Ort Besichtigung mit Schulwart
- Informationen von HLS-Planer
- Informationen von Elektro-Planer

- **Zonierung**

Da die Bruttogeschossfläche des Turnsaals 10% jener der gesamten Bruttogeschossfläche überschreitet, wurden die Schule und der Turnsaal als einzelne Zonen mit unterschiedlichen Nutzungsbedingungen berechnet. Somit ist für die Hauptschule und den Turnsaal je ein Energieausweis erstellt worden.

- **Nutzungsprofil**

Aufgrund der zuvor erwähnten Zonierung ergaben sich folgende Profile:

- Der Schule wurde das Nutzungsprofil „Kindergarten und Pflichtschulen“ zugewiesen.
- Dem Turnsaal das Profil „Sportstätten“.

- **Pauschale Berechnung**

Folgende Bauteile wurden durch das Berechnungsprogramm pauschal ermittelt:

- unkonditionierte Teile
- erdberührte Teile
- Wärmebrücken
- Verschattung

Nach Eingabe der ermittelten bzw. definierten Parameter in das Programm ArchiPHYSIK, Version 8.0.2.007, konnten die Energieausweise nach OIB für das Bestandsgebäude Schule sowie Turnsaal ermittelt werden.

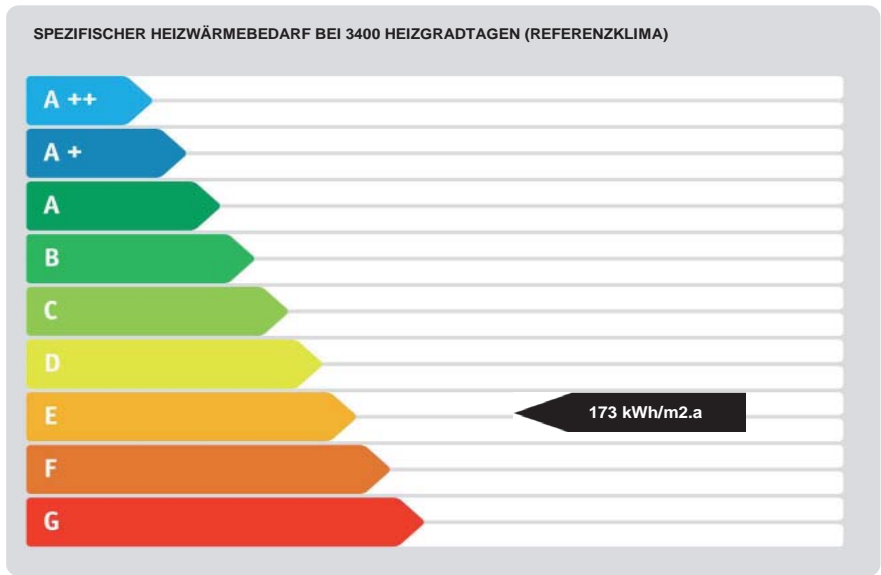
In den nachfolgenden zwei Seiten sind jeweils das Deck- und Datenblatt des Energieausweises für den Bestand der Hauptschule sowie des Turnsaales angeführt.

Die weiteren Seiten befinden sich im Anhang. Siehe dazu für den Energieausweis der Hauptschule von „Abbildung B-1: Energieausweis Hauptschule 3/19“ auf Seite 304 bis „Abbildung B-17: Energieausweis Hauptschule 19/19“ auf Seite 312 und für den Energieausweis des Turnsaals von „Abbildung B-18: Energieausweis Turnsaal 3/13“ auf Seite 312 bis „Abbildung B-28: Energieausweis Turnsaal 13/13“ auf Seite 317.

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude

gemäß ÖNORM H 5055 und Richtlinie 2002/91/EG **OIB** Österreichisches Institut für Bautechnik

GEBÄUDE		HS Mitterdorf Bestand SoSchu	
Gebäudeart	Kindergarten und Pflichtschulen	Erbaut	1975
Gebäudezone	Energieausweis (Kindergarten und Pflichtschulen)	Katastralgemeinde	Mitterdorf
Straße	Schulstraße 6	KG-Nummer	60224
PLZ/Ort	8662, Mitterdorf im Mürtal	Einlagezahl	41
EigentümerIn	Mitterdorf im Mürtal	Grundstücksnummer	.343



ERSTELLT

ErstellerIn	Architekt DI Johann Michael Leitner	Organisation	Architekturbüro Leitner
ErstellerIn-Nr.	(keine)	Ausstellungsdatum	00.00.00
GWR-Zahl		Gültigkeitsdatum	29.11.-1
Geschäftszahl		Unterschrift	

Abbildung 4-29: Energieausweis Hauptschule Bestand Deckblatt 1/19

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude

gemäß ÖNORM H 5055 und Richtlinie 2002/91/EG **OIB** Österreichisches Institut für Bautechnik

GEBÄUDEDATEN		HS Mitterdorf Bestand SoSchu	
Brutto-Grundfläche	2.694,95 m ²		
konditioniertes Brutto-Volumen	12.152,67 m ³		
charakteristische Länge (lc)	1,76 m		
Kompaktheit (A/V)	0,57 1/m		
mittlerer U-Wert (Um)	0,895 W/m ² K		
LEK-Wert	71 -		

KLIMADATEN	
Klimaregion	Alpine Zentrallage (ZA)
Seehöhe	585 m
Heizgradtage	4141 Kd
Heiztage	240 d
Norm-Außentemperatur	-13,1 °C
Soll-Innentemperatur	20 °C

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF Energieausweis (Kindergarten und Pflichtschulen)

	Referenzklima		Standortklima		Anforderungen	
	zonenbezogen	spezifisch	zonenbezogen	spezifisch		
HWB*	466.692 kWh/a	38,40 kWh/m3a				
HWB	452.299 kWh/a	167,83 kWh/m2a	563.015 kWh/a	208,91 kWh/m2a		
WWWB			25.373 kWh/a	9,42 kWh/m2a		
NERLT-h			0 kWh/a	0,00 kWh/m2a		
KB*	14.220 kWh/a	1,17 kWh/m3a				
KB			23.891 kWh/a	8,87 kWh/m2a		
NERLT-k			0 kWh/a	0,00 kWh/m2a		
NERLT-d			0 kWh/a	0,00 kWh/m2a		
NE			0 kWh/a	0,00 kWh/m2a		
HTEB-RH			21.921 kWh/a	8,13 kWh/m2a		
HTEB-WW			11.819 kWh/a	4,39 kWh/m2a		
HTEB			35.115 kWh/a	13,03 kWh/m2a		
KTEB			0 kWh/a	0,00 kWh/m2a		
HEB			623.503 kWh/a	231,36 kWh/m2a		
KEB			0 kWh/a	0,00 kWh/m2a		
RLTEB			0 kWh/a	0,00 kWh/m2a		
BeiEB			33.846 kWh/a	12,56 kWh/m2a		
EEB			657.349 kWh/a	243,92 kWh/m2a		
PEB						
CO2						

ERLÄUTERUNGEN
 Endenergiebedarf (EEB): Energiemenge die dem Energiesystem des Gebäudes für Heizung und Warmwasserversorgung inklusive notwendiger Energiemengen für die Hilfsbetriebe bei einer typischen Standardnutzung zugeführt werden muss.

Abbildung 4-30: Energieausweis Hauptschule Bestand Datenblatt 2/19

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude

gemäß ÖNORM H 5055 und Richtlinie 2002/91/EG **OIB** Österreichisches Institut für Bautechnik

GEBÄUDE		HS Mitterdorf - Turnsaal	
Gebäudeart	<input type="text" value="Sportstätten"/>	Erbaut	<input type="text" value="1975"/>
Gebäudezone	<input type="text" value="Energieausweis (Sportstätten)"/>	Katastralgemeinde	<input type="text" value="Mitterdorf"/>
Straße	<input type="text" value="Schulstraße 6"/>	KG-Nummer	<input type="text" value="60224"/>
PLZ/Ort	<input type="text" value="8662, Mitterdorf im Murztal"/>	Einlagezahl	<input type="text" value="41"/>
EigentümerIn	<input type="text" value="Mitterdorf im Murztal"/>	Grundstücksnummer	<input type="text" value="343"/>

SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEBEDARF BEI 3400 HEIZGRADTAGEN (REFERENZKLIMA)

ERSTELLT	
ErstellerIn	<input type="text" value="Architekt DI Johann Michael Leitner"/> Organisation <input type="text" value="Architekturbüro Leitner"/>
ErstellerIn-Nr.	<input type="text" value="(keine)"/> Ausstellungsdatum <input type="text" value="00.00.00"/>
GWR-Zahl	<input type="text" value=""/> Gültigkeitsdatum <input type="text" value="29.11.-1"/>
Geschäftszahl	<input type="text" value="0821"/> Unterschrift <input type="text" value=""/>

Abbildung 4-31: Energieausweis Turnsaal Bestand Deckblatt 1/13

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude

gemäß ÖNORM H 5055 und Richtlinie 2002/91/EG **OIB** Österreichisches Institut für Bautechnik

GEBÄUDEDATEN	HS Mitterdorf - Turnsaal
Brutto-Grundfläche	<input type="text" value="433,11 m2"/>
konditioniertes Brutto-Volumen	<input type="text" value="2.936,59 m3"/>
charakteristische Länge (lc)	<input type="text" value="2,47 m"/>
Kompaktheit (A/V)	<input type="text" value="0,40 1/m"/>
mittlerer U-Wert (Um)	<input type="text" value="0,652 W/m2K"/>
LEK-Wert	<input type="text" value="44 -"/>

KLIMADATEN	
Klimaregion	<input type="text" value="Alpine Zentrallage (ZA)"/>
Seehöhe	<input type="text" value="585 m"/>
Heizgradtage	<input type="text" value="4141 Kd"/>
Heiztage	<input type="text" value="240 d"/>
Norm-Außentemperatur	<input type="text" value="-13,1 °C"/>
Soll-Innentemperatur	<input type="text" value="20 °C"/>

	WÄRME- UND ENERGIEBEDARF		Energieausweis (Sportstätten)		Anforderungen	
	Referenzklima zonenbezogen	spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch		
HWB*	<input type="text" value="72.377 kWh/a"/>	<input type="text" value="24,65 kWh/m3a"/>	<input type="text" value="114.050 kWh/a"/>	<input type="text" value="263,33 kWh/m2a"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
HWB	<input type="text" value="85.204 kWh/a"/>	<input type="text" value="196,73 kWh/m2a"/>	<input type="text" value="114.050 kWh/a"/>	<input type="text" value="263,33 kWh/m2a"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
WWWB	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="11.066 kWh/a"/>	<input type="text" value="25,55 kWh/m2a"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
NERLT-h	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0 kWh/a"/>	<input type="text" value="0,00 kWh/m2a"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
KB*	<input type="text" value="0 kWh/a"/>	<input type="text" value="0,00 kWh/m3a"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
KB	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="8 kWh/a"/>	<input type="text" value="0,02 kWh/m2a"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
NERLT-k	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0 kWh/a"/>	<input type="text" value="0,00 kWh/m2a"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
NERLT-d	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0 kWh/a"/>	<input type="text" value="0,00 kWh/m2a"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
NE	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0 kWh/a"/>	<input type="text" value="0,00 kWh/m2a"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
HTEB-RH	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="33.038 kWh/a"/>	<input type="text" value="76,28 kWh/m2a"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
HTEB-WW	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="4.031 kWh/a"/>	<input type="text" value="9,31 kWh/m2a"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
HTEB	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="37.382 kWh/a"/>	<input type="text" value="86,31 kWh/m2a"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
KTEB	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0 kWh/a"/>	<input type="text" value="0,00 kWh/m2a"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
HEB	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="162.499 kWh/a"/>	<input type="text" value="375,19 kWh/m2a"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
KEB	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0 kWh/a"/>	<input type="text" value="0,00 kWh/m2a"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
RLTEB	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0 kWh/a"/>	<input type="text" value="0,00 kWh/m2a"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
BeIEB	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="5.412 kWh/a"/>	<input type="text" value="12,50 kWh/m2a"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
EEB	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="167.911 kWh/a"/>	<input type="text" value="387,69 kWh/m2a"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
PEB	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
CO2	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>

ERLÄUTERUNGEN
 Endenergiebedarf (EEB): Energiemenge die dem Energiesystem des Gebäudes für Heizung und Warmwasserversorgung inklusive notwendiger Energiemengen für die Hilfsbetriebe bei einer typischen Standardnutzung zugeführt werden muss.

Abbildung 4-32: Energieausweis Turnsaal Bestand Datenblatt 2/13

TATSÄCHLICHE ENERGIEKOSTEN

Gasrechnung

Die Gemeinde Mitterdorf i. M. stellte die Gasrechnungen der Steirischen Gas & Wärme GmbH der Jahre 2001/02 bis 2007/08 zur Verfügung.

Da die Volks- und Hauptschule über dasselbe Heizungssystem versorgt werden, ist auf der Gasrechnung der Verbrauch beider Schulen ausgewiesen.

Die Gemeinde Mitterdorf i. M. teilt den Energieverbrauch mittels eines Aufteilungsschlüssels auf die Volks- und Hauptschule auf. Da dieser Schlüssel noch nicht in Erfahrung gebracht werden konnte, wurde eine andere Möglichkeit zur Aufteilung gesucht:

Es wurde das beheizte Bruttovolumen der Volks- und Hauptschule ermittelt und die der beiden dazugehörigen Turnsäle.

Das Bruttovolumen für die Hauptschule und den dazugehörigen Turnsaal kann aus dem Energieausweis entnommen werden. Das Bruttovolumen für die Volksschule und den dazugehörigen Turnsaal wurde auf Basis der von der Gemeinde Mitterdorf i. M. zur Verfügung gestellten Vorabzugs-Einreichpläne ermittelt.

Die Aufteilung über das Volumen bietet sich insofern an, als dass die Lufträume der beiden Turnsälen und jener der Eingangshalle der Volksschule berücksichtigt werden.

In der Tabelle 4-8 wurden die berechneten Volumina eingetragen. Es ergibt sich dadurch ein Anteil für die Hauptschule und den dazugehörigen Turnsaal von rund 60 % und ein Anteil der Volksschule und den dazugehörigen Turnsaal von ca. 40 %. Von diesen 60 % sind wiederum 81 % dem Anteil des Bruttogeschossvolumens der Hauptschule und 19 % dem Turnsaal zugeordnet.

Tabelle 4-8: Prozentueller Anteil des Bruttovolumens

	Hauptschule	Turnsaal	Volksschule	Turnsaal	Summe
BGV	12.694,95 m ³	2.936,59 m ³	9.303,61 m ³	1.289,50 m ³	26.224,65 m ³
Summe	15.631,54 m ³		10.593,11 m ³		26.224,65 m ²
Prozentanteil	60%		40%		100%
Prozentanteil	81%	19%			100%

Mit diesem prozentuellen Anteil an beheiztem Bruttogeschossvolumen wurden vom Gesamtenergieverbrauch, welcher von den Gasrechnungen abgelesen werden konnte, die Anteile wie in Tabelle 4-9 dargestellt errechnet.

Der große Unterschied zwischen dem errechneten Bedarf und des tatsächlichen Energieverbrauchs lt. vorgelegter Rechnungen wird nach [26] S.25f wie folgt erklärt (Auswahl):

- Die angenommenen U-Werte der Bauteile könnten vom tatsächlichen Bestand abweichen.
- Die vom Berechnungsprogramm pauschal angenommenen Lüftungsverluste könnten viel zu hoch sein, bei tatsächlich wenig ausgeführten Lüftungsvorgängen.
- Für die Berechnung wird eine Nutzung außerhalb der Unterrichtszeiten angenommen, diese könnte vom tatsächlichen Fall abweichen.
- Der Ferienbetrieb wird in der Berechnung nicht berücksichtigt.

Tabelle 4-9: Energieverbrauchsdaten Bestand Gas

Gas	Verbrauch gesamt	Anteil HS und Turnsaal	Arbeitspreis	Betrag	Grundpauschale	Summe netto
2001/02	665.842 kWh	396.884 kWh	0,040 €/kWh	15.863,44 €	2.046,03 €	17.909,47 €
2002/03	646.345 kWh	385.262 kWh	0,039 €/kWh	14.878,83 €	2.484,20 €	17.363,02 €
2003/04	661.428 kWh	394.253 kWh	0,039 €/kWh	15.362,84 €	2.538,22 €	17.901,06 €
2004/05	722.720 kWh	430.786 kWh	0,041 €/kWh	17.605,81 €	2.602,71 €	20.208,52 €
2005/06	695.680 kWh	414.669 kWh	0,042 €/kWh	17.595,23 €	2.664,26 €	20.259,49 €
2006/07	581.600 kWh	346.670 kWh	0,046 €/kWh	16.014,25 €	2.730,15 €	18.744,40 €
2007/08	674.596 kWh	402.102 kWh	0,050 €/kWh	20.180,87 €	2.814,09 €	22.994,96 €
Durchschnitt		395.804 kWh				19.340,13 €
			Bedarf aus Energieausweis			
Anteil HS		319.228 kWh		657.349 kWh		
Anteil TS		76.576 kWh		167.911 kWh		

In [26] S.26 wird aufgrund dieser Umstände Folgendes festgehalten:

- Die Energieausweisberechnung kann nur als Abschätzung der Veränderung des Heizwärmebedarfs nach der Sanierung dienen.
- Weiters können damit unterschiedliche Sanierungsvarianten im Hinblick auf deren Energieeinsparung miteinander verglichen werden.
- Ein Vergleich des Heizwärmebedarfs des Bestands mit den Sanierungsvarianten lässt nur eine Tendenz erkennen, es ist jedoch nicht möglich, eine Aussage über die Höhe der künftig zu erwartenden Energiekosten bzw. deren Einsparung zu treffen.
- Für eine genaue Berechnung des zu erwartenden Energieverbrauchs wird der berechnete Heizwärmebedarf mit dem Faktor

des Verhältnisses Energieverbrauch-Bestand zu Heizwärmebedarf-Bestand-der-Berechnung multipliziert ([26] S. 39).

Da die gewählte Aufteilung nur eine Richtung vorgibt und der berechnete Bestands-Heizwärmebedarf sowie der Heizwärmebedarf der Varianten um denselben Faktor zu hoch sind, wird im Zuge der Arbeit nicht auf den zu erwartenden Energieverbrauchs zurückgerechnet.

Das heißt, dass für die Berechnungen der Maßnahmen und Varianten der Bedarf herangezogen wird.

Stromrechnung

Die Gemeinde Mitterdorf i. M. stellte die Stromrechnungen des E-Werks Kindberg der Jahre 2005/06 bis 2009/10 zur Verfügung.

Daraus ist folgender Verbrauch abzulesen:

Tabelle 4-10: Energieverbrauchsdaten Bestand Strom

Strom	Verbrauch	Energiepreis	Netznutzung	Elektrizitätsabgabe	Summe netto
2005/06	93.045 kWh	4.475,56 €	4.213,69 €	1.773,86 €	10.463,11 €
2006/07	68.340 kWh	3.783,63 €	3.078,61 €	1.361,55 €	8.223,79 €
2007/08	84.370 kWh	5.616,18 €	3.560,79 €	1.565,55 €	10.742,52 €
2008/09	74.400 kWh	5.401,20 €	3.188,77 €	1.416,00 €	10.005,97 €
2009/10	76.960 kWh	6.461,67 €	3.144,01 €	1.454,40 €	11.060,09 €
Durchschnitt	79.423 kWh				10.099,10 €

SANIERUNGSSZENARIEN

ABLAUF

Für die weiteren Berechnungen wird der Turnsaal nicht mehr betrachtet. Die Sanierungsszenarien werden nur für das Gebäude der Hauptschule erstellt.

Für die Festlegung bzw. Definition der Sanierungsvarianten werden folgende Schritte durchgeführt:

Phase I - Variantenstudie **Veränderungen der thermischen Gebäudehülle** **Variation der Kompaktheit**

Es werden nachfolgende Eingriffe in die thermische Gebäudehülle auf Auswirkungen auf den HWB untersucht:

- Veränderung des Oberflächen-zu-Volumen-Verhältnisses
- Veränderung der transparenten Außenwand, insbesondere der polygonalen Vorbauten, in Fläche und Form

Phase II - Variantenentwicklung **Berücksichtigung dezentrale Lüftungsanlage** **Aufbauende Schrittfolge**

Es werden die in Phase I herausgefilterten Varianten A und I für die weitere Betrachtung herangezogen, indem hier mit unterschiedlichen U-Werten je Bauteil Maßnahmenpakete zur Erfüllung der Anforderungen an eine umfassende Sanierung nach OIB geschnürt werden. Darauf aufbauend werden schrittweise Erweiterungsmöglichkeiten berechnet und dargestellt.

Es werden hier auch die Auswirkungen einer dezentralen Lüftungsanlage auf den HWB dargestellt.

Phase III - Einführung von Energiestandards **Energieeinsparpotential je Optimierungsschritt** **Kostenbelegung**

Aufbauend auf Phase II werden drei Energiestandards eingeführt. Die einzelnen Schritte je Bauteil bzw. die Maßnahmen zur Sanierung je Energiestandard werden mit Kosten für die Herstellung und dem möglichen Energieeinsparpotential belegt und dargestellt.

Unterschiedliche Möglichkeiten der Sanierung für einen Bauteil werden aufgrund der fiktiven Herstellungskosten und der möglichen Energieeinsparung auf eine Maßnahme reduziert.

Ein Maßnahmenkatalog wird erstellt.

Phase IV - Sanierungsszenarien **Bewertung mittels LCC** **LCC-minimierte Variante**

Aus dem Maßnahmenkatalog aus Phase III werden unterschiedliche Sanierungsvarianten zusammengestellt.

Für diese Varianten, den Bestand und den Neubau werden die Lebenszykluskosten ermittelt, worauf diese im Vergleich zueinander dargestellt werden.

Im Hinblick auf die gewonnenen Erkenntnisse aus der LCC-Berechnung und dem Vergleich der Varianten wird eine lebenszykluskostenminimierte Variante definiert.

PHASE I

VARIANTENSTUDIE

Im Folgenden wird untersucht, wie sich Veränderungen des A/V-Verhältnisses bzw. Veränderungen der transparenten Außenwand, insbesondere der polygonalen Vorbauten, auf den HWB auswirken.

Es werden die wichtigsten Varianten dargestellt, weitere Varianten sind im Anhang unter „Anhang A - Weitere Varianten der Phase 1“ auf Seite 293ff dargestellt.

Zu jeder Variante wurde ein 3D-Bild zur Veranschaulichung der Veränderungen an der Gebäudehülle erstellt.

Folgende Punkte wurden für die Berechnung festgelegt:

- Es wurden Maßnahmen an der thermischen Gebäudehülle festgelegt (siehe nebenstehende Tabelle) mit welchen der Mindest-Energiestandard nach OIB [13] zu erreichen ist.
- Die Fensterflächen und der Glasrandverbund wurden nur pauschal, also mit 70% Glasanteil berechnet.

Bestand

HWB_{ref}^*	38,40 kWh/m ³ a 466.692 kWh/a
HWB_{ref}	167,83 kWh/m ² a 452.299 kWh/a
$HWB_{Standort}$	208,91 kWh/m ² a 563.015 kWh/a

- Die erdberührten Teile wurden nicht detailliert berechnet, d.h. es wurde keine Dämmschürze vorgesehen.
- Eine Dämmung des erdberührte Fußbodens wurde - aufgrund des Aufwands in der Herstellung - nicht berücksichtigt.

Folgende Dämmmaßnahmen bzw. U-Werte wurden vorgesehen:

Tabelle 5-1: U-Werte für Berechnungen der Phase 1

Energiestandard		konventionell lt. OIB			
Bauteil opak		U-Werte		bei λ	erforderliche
		Bestand	Varianten	[W/mK]	Dämmdicke
D 02	Dach Schule	0,641 W/m ² K	0,076 W/m ² K	0,038	0,44 m
FB 02	Fußboden Schule gegen Erde	1,314 W/m ² K	-	-	-
FB 03	Fußboden Schule gegen KG	1,074 W/m ² K	0,161 W/m ² K	0,038	0,20 m
AW 02	Außenwand Schule	0,430 W/m ² K	0,102 W/m ² K	0,040	0,30 m
AW 03	Außenwand Schule gegen Erde	0,557 W/m ² K	0,110 W/m ² K	0,041	0,30 m

Bauteil transparent		U-Werte		U_g [W/m ² K]
		Bestand	Varianten	
F 01 - 13	Fenster und Außentüren Schule	1,530 W/m ² K	0,850 W/m ² K	-
F 14 + 15	Lichtkuppeln Schule	3,000 W/m ² K	1,390 W/m ² K	-

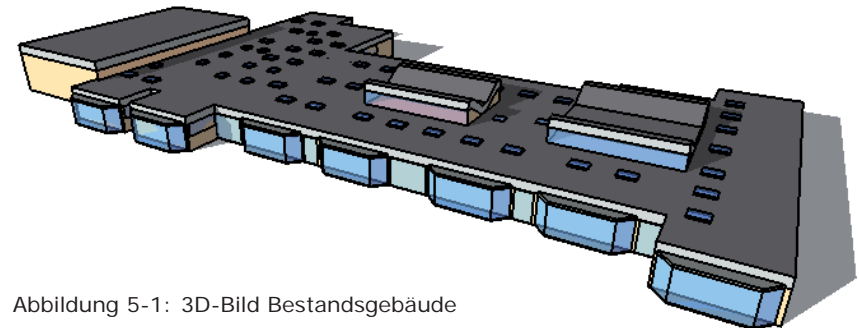


Abbildung 5-1: 3D-Bild Bestandsgebäude

Wand transparent	731 m ²	Oberfläche	6.916 m ²
Wand opak	1.468 m ²	Volumen	12.153 m ³
BGF	2.695 m ²	A/V-Verhältnis	0,57

VARIANTEN A - L

Variante A

HWB*_{ref} 19,00 kWh/m³a
260.074 kWh/a

HWB_{ref} 90,03 kWh/m²a
246.905 kWh/a

HWB_{Standort} 113,04 kWh/m²a
310.028 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln

Variante B

HWB*_{ref} 19,29 kWh/m³a
259.409 kWh/a

HWB_{ref} 89,68 kWh/m²a
245.959 kWh/a

HWB_{Standort} 113,01 kWh/m²a
309.943 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Überhöhungen des Dachs der Pausenhalle 1 abbrechen

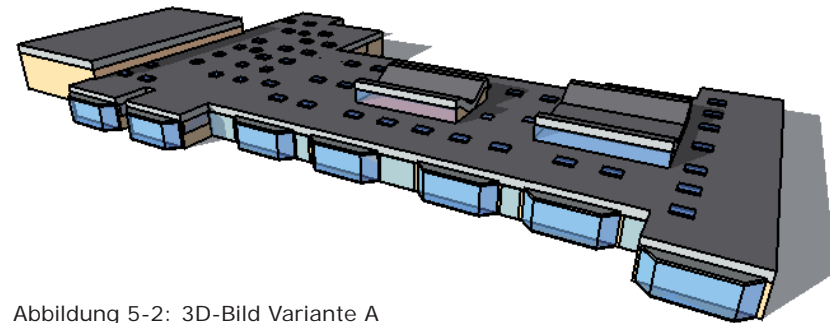


Abbildung 5-2: 3D-Bild Variante A

Wand transparent	731 m ²	Oberfläche	7.106 m ²
Wand opak	1.561 m ²	Volumen	13.691 m ³
BGF	2.743 m ²	A/V-Verhältnis	0,52

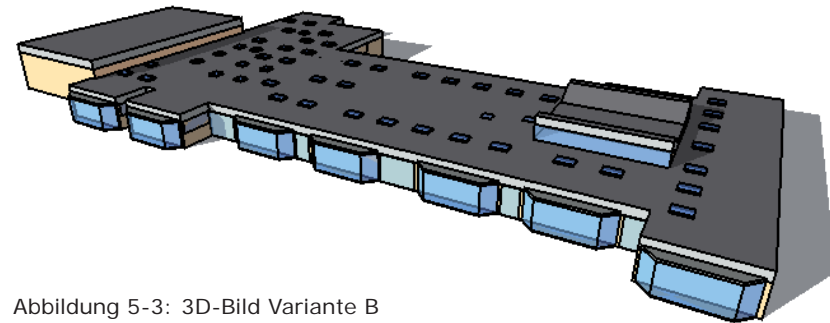


Abbildung 5-3: 3D-Bild Variante B

Wand transparent	628 m ²	Oberfläche	6.989 m ²
Wand opak	1.456 m ²	Volumen	13.448 m ³
BGF	2.743 m ²	A/V-Verhältnis	0,52

Variante C

HWB_{ref}^*	19,39 kWh/m ³ a 259.644 kWh/a
HWB_{ref}	89,77 kWh/m ² a 246.194 kWh/a
$HWB_{Standort}$	113,12 kWh/m ² a 310.240 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Überhöhungen des Dachs der Pausenhalle 2 abbrechen

Variante D

HWB_{ref}^*	19,49 ²² kWh/m ³ a 251.833 ²² kWh/a
HWB_{ref}	89,07 kWh/m ² a 238.655 kWh/a
$HWB_{Standort}$	112,34 kWh/m ² a 301.022 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Überhöhungen des Dachs der Pausenhalle 1 und 2 abbrechen

22 Anforderung nach OIB an eine Umfassende Sanierung wird nicht mehr erfüllt

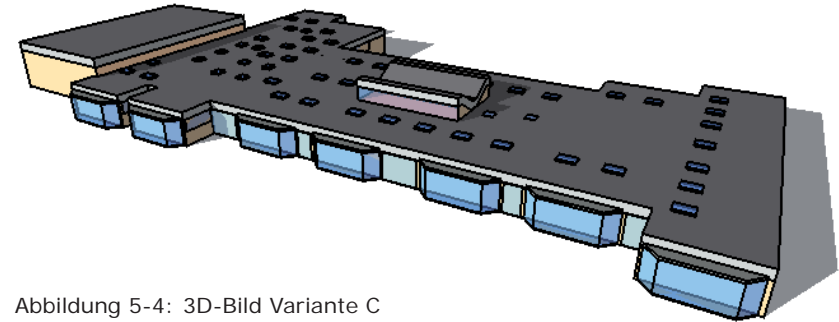


Abbildung 5-4: 3D-Bild Variante C

Wand transparent	628 m ²	Oberfläche	6.981 m ²
Wand opak	1.448 m ²	Volumen	13.389 m ³
BGF	2.743 m ²	A/V-Verhältnis	0,52

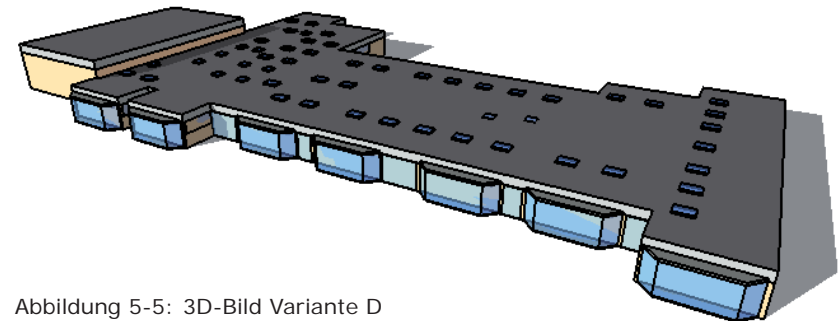


Abbildung 5-5: 3D-Bild Variante D

Wand transparent	587 m ²	Oberfläche	6.864 m ²
Wand opak	1.342 m ²	Volumen	13.146 m ³
BGF	2.743 m ²	A/V-Verhältnis	0,52

Variante E

HWB_{ref}^* 18,93 kWh/m³a
261.024 kWh/a

HWB_{ref} 89,65 kWh/m²a
247.710 kWh/a

$HWB_{Standort}$ 112,66 kWh/m²a
311.286 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen

Variante F

HWB_{ref}^* 18,97 kWh/m³a
261.667 kWh/a

HWB_{ref} 89,74 kWh/m²a
247.942 kWh/a

$HWB_{Standort}$ 113,28 kWh/m²a
312.984 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- bei raumhohen Fenstern: Parapet (rundum)

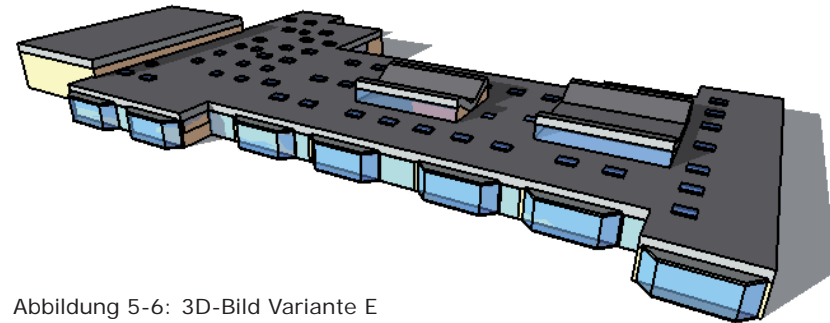


Abbildung 5-6: 3D-Bild Variante E

Wand transparent	731 m ²	Oberfläche	7.061 m ²
Wand opak	1.478 m ²	Volumen	13.791 m ³
BGF	2.763 m ²	A/V-Verhältnis	0,51

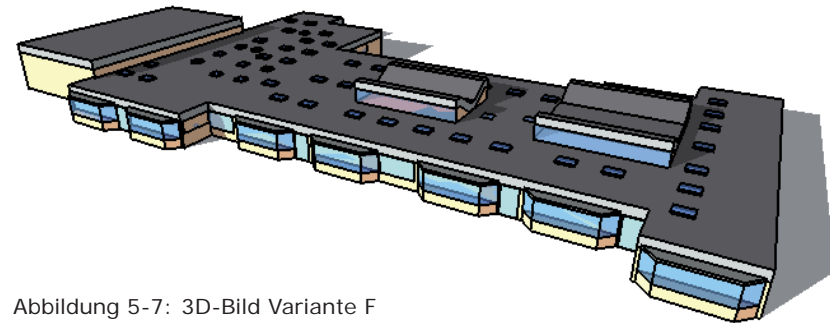


Abbildung 5-7: 3D-Bild Variante F

Wand transparent	586 m ²	Oberfläche	7.061 m ²
Wand opak	1.478 m ²	Volumen	13.791 m ³
BGF	2.763 m ²	A/V-Verhältnis	0,51

Variante G

HWB_{ref}^*	18,85 kWh/m ³ a 259.998 kWh/a
HWB_{ref}	89,23 kWh/m ² a 246.560 kWh/a
$HWB_{Standort}$	112,29 kWh/m ² a 310.276 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- bei raumhohen Fenstern: Parapet (NNO-, ONO-, WNW-seitig)

Variante H

HWB_{ref}^*	18,88 kWh/m ³ a 260.302 kWh/a
HWB_{ref}	89,34 kWh/m ² a 246.852 kWh/a
$HWB_{Standort}$	112,44 kWh/m ² a 310.682 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- bei raumhohen Fenstern: Parapet (NNO-, ONO-, OSO-seitig)

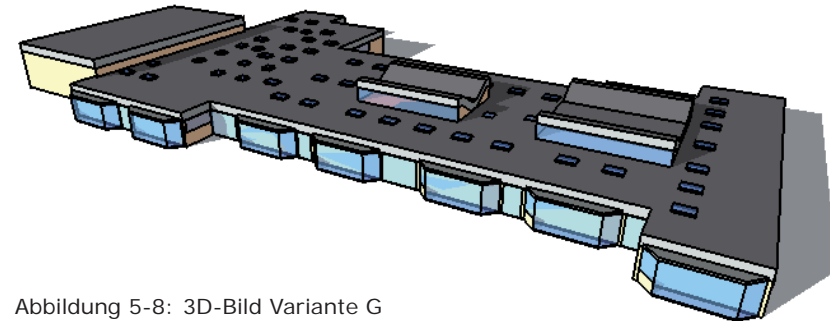


Abbildung 5-8: 3D-Bild Variante G

Wand transparent	660 m ²	Oberfläche	7.061 m ²
Wand opak	1.478 m ²	Volumen	13.791 m ³
BGF	2.763 m ²	A/V-Verhältnis	0,51

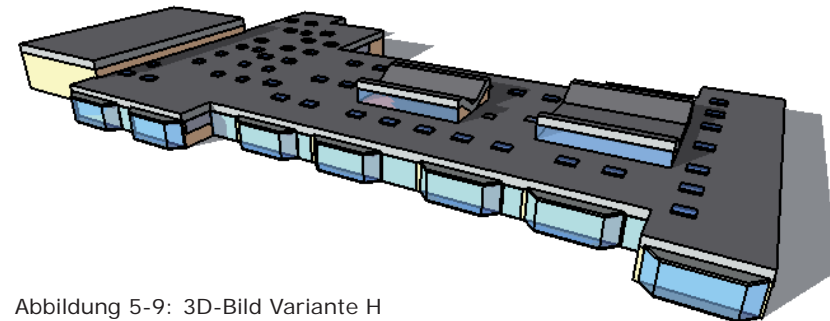


Abbildung 5-9: 3D-Bild Variante H

Wand transparent	606 m ²	Oberfläche	7.061 m ²
Wand opak	1.478 m ²	Volumen	13.791 m ³
BGF	2.763 m ²	A/V-Verhältnis	0,51

Variante I

HWB_{ref}^* 18,87 kWh/m³a
254.056 kWh/a

HWB_{ref} 89,97 kWh/m²a
241.079 kWh/a

$HWB_{Standort}$ 113,11 kWh/m²a
303.086 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- Trapezförmige Vorbauten durch Fensterelemente ersetzen

Variante J

HWB_{ref}^* 19,16 kWh/m³a
274.606 kWh/a

HWB_{ref} 90,32 kWh/m²a
260.422 kWh/a

$HWB_{Standort}$ 113,81 kWh/m²a
328.144 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- Trapezförmige Vorbauten durch quaderförmige ersetzen

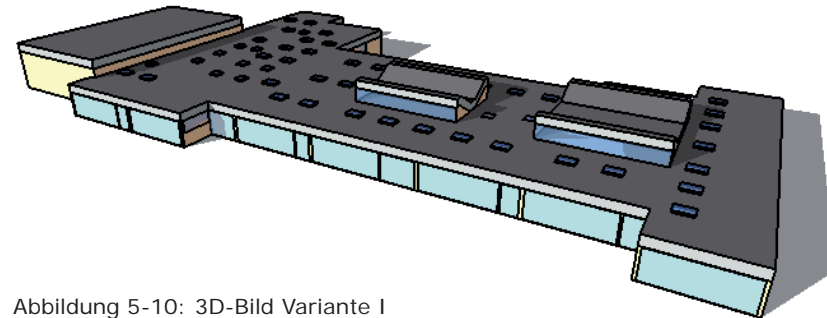


Abbildung 5-10: 3D-Bild Variante I

Wand transparent	666 m ²	Oberfläche	6.884 m ²
Wand opak	1.458 m ²	Volumen	13.464 m ³
BGF	2.679 m ²	A/V-Verhältnis	0,51

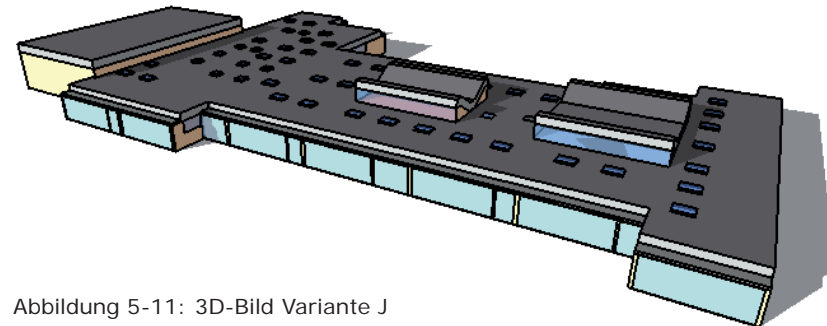


Abbildung 5-11: 3D-Bild Variante J

Wand transparent	666 m ²	Oberfläche	7.457 m ²
Wand opak	1.482 m ²	Volumen	14.331 m ³
BGF	2.883 m ²	A/V-Verhältnis	0,52

Variante K

HWB_{ref}^*	18,73 kWh/m ³ a 255.267 kWh/a
HWB_{ref}	89,03 kWh/m ² a 242.148 kWh/a
$HWB_{Standort}$	111,93 kWh/m ² a 304.429 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- Trapezförmige Vorbauten teilw. durch Fensterel. ersetzen

Variante L

HWB_{ref}^*	19,00 kWh/m ³ a 262.953 kWh/a
HWB_{ref}	90,16 kWh/m ² a 249.460 kWh/a
$HWB_{Standort}$	113,46 kWh/m ² a 313.051 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- Trapezförmige Vorbauten teilw. durch Fensterel. ersetzen
- Trapezförmige Vorbauten teilw. durch quaderförmige ersetzen

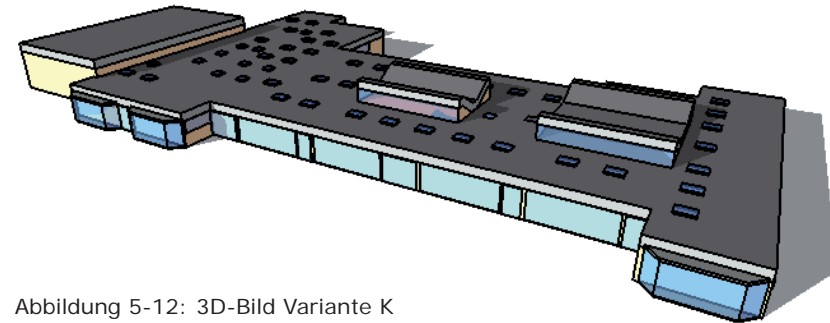


Abbildung 5-12: 3D-Bild Variante K

Wand transparent	689 m ²	Oberfläche	6.827 m ²
Wand opak	1.285 m ²	Volumen	13.628 m ³
BGF	2.720 m ²	A/V-Verhältnis	0,50

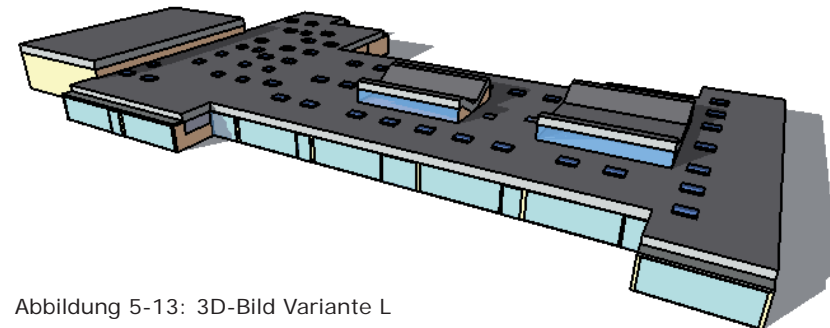


Abbildung 5-13: 3D-Bild Variante L

Wand transparent	666 m ²	Oberfläche	7.161 m ²
Wand opak	1.504 m ²	Volumen	13.843 m ³
BGF	2.767 m ²	A/V-Verhältnis	0,52

ZUSAMMENFASSUNG

Variante A

Die Variante A stellt den Bestand dar, bei dem durch Austausch der Fensterelemente und der Lichtkuppeln sowie der Dämmung der Außenwand, des Daches und der Kellerdecke, der Energiestandard, welcher nach OIB gefordert ist, erreicht wird.

Variante B-D

Die Varianten B - D stellen jene dar, bei denen das A/V-Verhältnis dahingehend verändert wird, dass die eine, die andere bzw. beide Überhöhungen des Dachs über den Pausenhallen abgebrochen werden. Dadurch wird das Volumen und die Oberfläche verringert, die Bruttogeschossfläche bleibt allerdings dieselbe.

Tabelle 5-2: Flächen- und Voluminaangaben für den Bestand im Vergleich zu den Varianten A bis D

	Außenwand		Oberfläche [m ²]	Volumen [m ³]	A/V [1/m]	BGF [m ²]
	transp. [m ²]	opak [m ²]				
Bestand	731	1.468	6.916	12.153	0,57	2.695
Variante A	731	1.561	7.106	13.691	0,52	2.743
Variante B	628	1.456	6.989	13.448	0,52	2.743
Variante C	628	1.448	6.981	13.389	0,52	2.743
Variante D	587	1.342	6.864	13.146	0,52	2.743

Vergleich der Varianten B bis D mit der Variante A:

Tabelle 5-3: HWB der Varianten A bis D im Vergleich

	HWB* _{ref}		HWB _{ref}		HWB _{Standort}	
	spez. [kWh/³a]	zonenb. [kWh/a]	spez. [kWh/m²a]	zonenb. [kWh/a]	spez. [kWh/m²a]	zonenb. [kWh/a]
Variante A	19,00	260.074	90,03	246.905	113,04	310.028
Variante B	19,29	259.409	89,68	245.959	113,01	309.943
Variante C	19,39	259.644	89,77	246.194	113,12	310.240
Variante D	19,49	251.833	89,07	238.655	112,34	301.022

Variante E

Bei dieser Variante werden die Rücksprünge bei den Eingängen geschlossen. Dadurch wird das Volumen, sowie auch die Bruttogeschossfläche größer, gleichzeitig wird die Oberfläche kleiner.

Vergleich der Variante E mit der Variante A:

Tabelle 5-4: HWB der Varianten A und E im Vergleich

	HWB* _{ref}		HWB _{ref}		HWB _{Standort}	
	spez. [kWh/³a]	zonenb. [kWh/a]	spez. [kWh/m²a]	zonenb. [kWh/a]	spez. [kWh/m²a]	zonenb. [kWh/a]
Variante A	19,00	260.074	90,03	246.905	113,04	310.028
Variante E	18,93	261.024	89,65	247.710	112,66	311.286

Variante F-H

Hier wurde untersucht, wie sich die Energiekennzahl verändert, wenn bei den Fensterelementen ein Parapet aufgemauert wird. Dabei wurde nicht in das A/V-Verhältnis eingegriffen. Es wurde untersucht, wie sich die solaren Gewinne dem höheren U-Wert der opaken Wand gegenüber verhalten. Da die Maßnahme der Variante E beibehalten wurde, müssen diese Varianten mit dieser verglichen werden.

Bei diesen Varianten wurde die Belichtungsfläche lt. nachfolgend angeführten Vorgaben überprüft und diese sind mindestens doppelt so groß:

- Lt. Steiermärkischem Baugesetz²³ § 67 Abs. 2 muss für Aufenthaltsräume das Rohbaumaß der Fensteröffnungen mindestens ein Achtel der Grundfläche sein.
- Lt. Arbeitsstättenverordnung²⁴ § 25 Abs. 1 muss die Lichteintrittsfläche mindestens 10% der Bodenfläche des Raumes betragen.

23 Vgl. http://www.ris.bka.gv.at/Dokument.wxe?Abfrage=LrStmk&Dokumentnummer=LRST_8200_003 am 21.04.2011

24 Vgl. <http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10009098> am 21.04.2011

Variante I-L

Hier wurden die polygonalen Vorbauten entweder vergrößert oder verkleinert.

Tabelle 5-5: Flächen- und Voluminaangaben für den Bestand im Vergleich zu den Varianten E bis L

Bestand	Außenwand		Oberfläche [m ²]	Volumen [m ³]	A/V [1/m]	BGF [m ²]
	transp. [m ²]	opak [m ²]				
Bestand	731	1.468	6.916	12.153	0,57	2.695
Variante E	731	1.478	7.061	13.791	0,51	2.763
Variante F	586	1.478	7.061	13.791	0,51	2.763
Variante G	660	1.478	7.061	13.791	0,51	2.763
Variante H	606	1.478	7.061	13.791	0,51	2.763
Variante I	666	1.458	6.884	13.464	0,51	2.679
Variante J	666	1.482	7.457	14.331	0,52	2.883
Variante K	689	1.285	6.827	13.628	0,50	2.720
Variante L	666	1.504	7.161	13.843	0,52	2.767

Vergleich der Varianten F bis L mit der Variante E:

Tabelle 5-6: HWB der Varianten E bis L im Vergleich

	HWB* _{ref}		HWB _{ref}		HWB _{Standort}	
	spez. [kWh/a]	zonenb. [kWh/a]	spez. [kWh/m ² a]	zonenb. [kWh/a]	spez. [kWh/m ² a]	zonenb. [kWh/a]
Variante E	18,93	261.024	89,65	247.710	112,66	311.286
Variante F	18,97	261.667	89,74	247.942	113,28	312.984
Variante G	18,85	259.998	89,23	246.560	112,29	310.276
Variante H	18,88	260.302	89,34	246.852	112,44	310.682
Variante I	18,87	254.056	89,97	241.079	113,11	303.086
Variante J	19,16	274.606	90,32	260.422	113,81	328.144
Variante K	18,73	255.267	89,03	242.148	111,93	304.429
Variante L	19,00	262.953	90,16	249.460	113,46	313.051

Vergleich nach Heizwärmebedarf

Bei der Tabelle 5-3 bedeuten die roten Zahlen der Varianten B bis D eine Verschlechterung im Vergleich zur Variante A, die grün dargestellten Zahlen eine Verbesserung. In der Tabelle 5-4 wird nach dem selben Schema die Variante E mit der Variante A im Vergleich dargestellt. In der Tabelle 5-6 werden die Varianten F bis L mit der Variante E verglichen.

Dabei kann erkannt werden, welche Maßnahme bzw. Variante eine Verbesserung des Heizwärmebedarfs hervorruft.

Vergleich der Flächen- und Voluminaanteile

In den Tabellen 5-2 und 5-5 werden die einzelnen Flächen- und Voluminaanteile der Varianten dargestellt.

Daraus kann abgelesen werden, wie sich der eine oder andere Eingriff in die Gebäudehülle auf diese Werte auswirkt.

Vergleich der Varianten

Variante B und D: Der HWB*_{ref} überschreitet die Anforderungen an eine Umfassende Sanierung nach OIB.

Variante C: Bezogen auf das Standortklima steigt der Energieverbrauch.

Variante E: Die Werte des spezifischen Heizwärmebedarfs sind aufgrund der größeren Bruttogeschosfläche niedriger, zonenbezogen steigt jedoch der Energiebedarf.

Variante F, J und L: Der Energiebedarf steigt.

Variante G, H und K: Der Energiebedarf sinkt.

Variante I: Geringster HWB bezogen auf das Standortklima.

Weitere Berechnung

Da die Variante I auf den Standort bezogen die größte Energieeinsparung erzielt, wird diese für die weitere Berechnung in Betracht gezogen. Die Variante A, also der Bestand in seiner unveränderten Form, wird ebenfalls weiter betrachtet.

PHASE II

VARIANTENENTWICKLUNG

Im Folgenden wird die Variante A und die Variante I weiter betrachtet, was bedeutet:

- Variante A: Der Bestand bleibt in seiner Form erhalten.
- Variante I: Die polygonale Vorbauten werden abgebrochen und durch Fensterflächen in der Wandebene ersetzt.

Folgende Punkte wurden für die Berechnung festgelegt:

- Es wurden je Bauteil unterschiedliche U-Werte definiert (siehe Tabelle 5-9) mit denen beim zusammensetzen der Schritte mindestens der Energiestandard nach OIB [13] für eine umfassende Sanierung zu erreichen ist.
- Die Fensterflächen und der Glasrandverbund wurden detailliert berechnet.
- Die erdberührten Teile wurden detailliert berechnet, d.h. es wurde eine Dämmschürze als eigener Schritt vorgesehen.
- Eine Dämmung des erdberührten Fußbodens wurde als eigener Schritt behandelt.
- Eine dezentrale Lüftungsanlage für 12 Klassenräume (ca. 900 m² Versorgungsfläche) wurde berücksichtigt.
- Neubauvarianten wurden mit den in der Tabelle 5-7 und 5-8 festgelegten U-Werten und einer Lüftungsanlage mit einer Versorgungsfläche von ca. 1.800 m² berechnet.

Folgende Dämmmaßnahmen bzw. U-Werte wurden vorgesehen:

Tabelle 5-7: U-Werte der transparente Flächen des Neubaus für die Berechnungen der Phase 2

Bauteil transparent	U-Werte		U _G [W/m ² K]
	Bestand	Varianten	
AF Fenster und Außentüren Schule	1,530 W/m ² K	1,000 W/m ² K	U _G = 0,70 W/m ² K
AF Fenster und Außentüren Schule	1,530 W/m ² K	0,850 W/m ² K	U _G = 0,50 W/m ² K
AF Lichtkuppeln Schule	3,000 W/m ² K	1,390 W/m ² K	-

Tabelle 5-8: U-Werte der opake Flächen des Neubaus für die Berechnungen der Phase 2

Bauteil opak	U-Werte		bei λ [W/mK]	erforderliche Dämmdicke
	Bestand	Varianten		
D 02 Dach Schule	0,641 W/m ² K	0,091 W/m ² K	0,038	0,40 m
FB 02 Fußboden Schule gegen Erde	1,314 W/m ² K	0,110 W/m ² K	0,038	0,30 m
FB 03 Fußboden Schule gegen KG	1,074 W/m ² K	0,108 W/m ² K	0,038	0,30 m
AW 02 Außenwand Schule	0,430 W/m ² K	0,128 W/m ² K	0,040	0,30 m
AW 03 Außenwand Schule gegen Erde	0,557 W/m ² K	0,131 W/m ² K	0,041	0,30 m

Tabelle 5-9: U-Werte der opake und transparente Flächen der Sanierung für die Berechnungen der Phase 2

Bauteil opak	U-Werte		bei λ [W/mK]	erforderliche Dämmdicke	
	Bestand	Varianten			
D 02 Dach Schule	0,641 W/m ² K	0,083 W/m ² K	0,038	0,40 m	
D 02		0,087 W/m ² K	0,038	0,38 m	
D 02		0,091 W/m ² K	0,038	0,36 m	
D 02		0,191 W/m ² K	0,038	0,14 m	
FB 02 Fußboden Schule gegen Erde	1,314 W/m ² K	0,114 W/m ² K	0,038	0,30 m	
FB 02		0,164 W/m ² K	0,038	0,20 m	
FB 02		0,287 W/m ² K	0,038	0,10 m	
FB 03 Fußboden Schule gegen KG	1,074 W/m ² K	0,148 W/m ² K	0,038	0,22 m	
FB 03		0,161 W/m ² K	0,038	0,20 m	
FB 03		0,194 W/m ² K	0,038	0,16 m	
FB 03		0,279 W/m ² K	0,038	0,10 m	
FB 03		0,395 W/m ² K	0,038	0,06 m	
FB 03					
AW 02 Außenwand Schule	0,430 W/m ² K	0,102 W/m ² K	0,040	0,30 m	
AW 02		0,136 W/m ² K	0,040	0,20 m	
AW 02		0,171 W/m ² K	0,040	0,14 m	
AW 02		0,300 W/m ² K	0,040	0,04 m	
AW 03 Außenwand Schule gegen Erde	0,557 W/m ² K	0,110 W/m ² K	0,041	0,30 m	
AW 03		0,150 W/m ² K	0,041	0,20 m	
AW 03		0,192 W/m ² K	0,041	0,14 m	
AW 03					
AW 03		0,361 W/m ² K	0,041	0,04 m	

Bauteil transparent	U-Werte		U _G [W/m ² K]
	Bestand	Varianten	
F 01 - 13 Fenster und Außentüren Schule	1,530 W/m ² K	1,250 W/m ² K	1,10 W/m ² K
F 01 - 13		1,000 W/m ² K	0,70 W/m ² K
F 01 - 13		0,850 W/m ² K	0,50 W/m ² K
F 14 + 15 Lichtkuppeln Schule	3,000 W/m ² K	1,390 W/m ² K	-

DARSTELLUNGSART

Symbole

Für jeden einzelnen Bauteil bzw. für jede Maßnahmen wird ein Symbol festgelegt.

Das Symbol **F Fenster** bezieht sich auf die Varianten basierend auf der Variante A aus Phase 1.

Es werden die Fenster sowie die polygonalen Vorbauten abgebrochen und in der selben Form wieder hergestellt.

Das Symbol **FoV Fenster ohne Vorbauten** bezieht sich auf die Varianten basierend auf der Variante I aus Phase 1.

Es werden die Fenster sowie die polygonalen Vorbauten abgebrochen und die Vorbauten durch Fensterelemente in der Wandebene ersetzt.

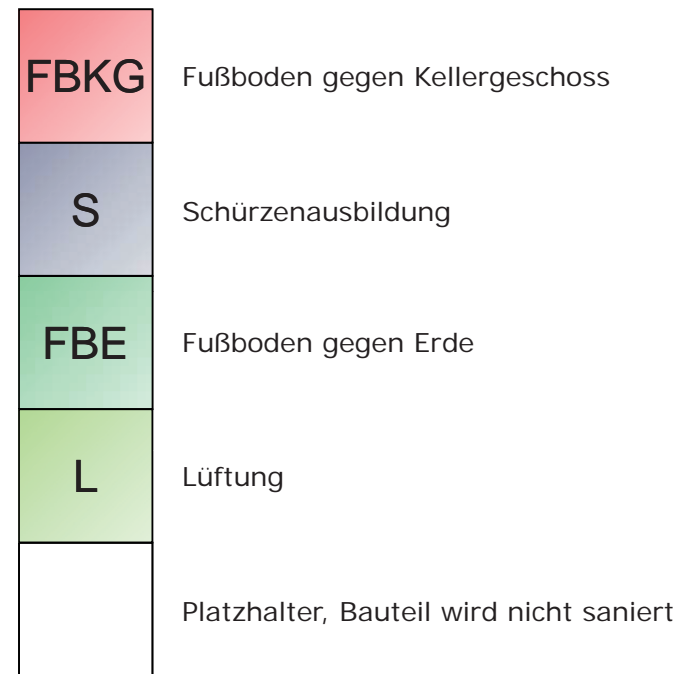
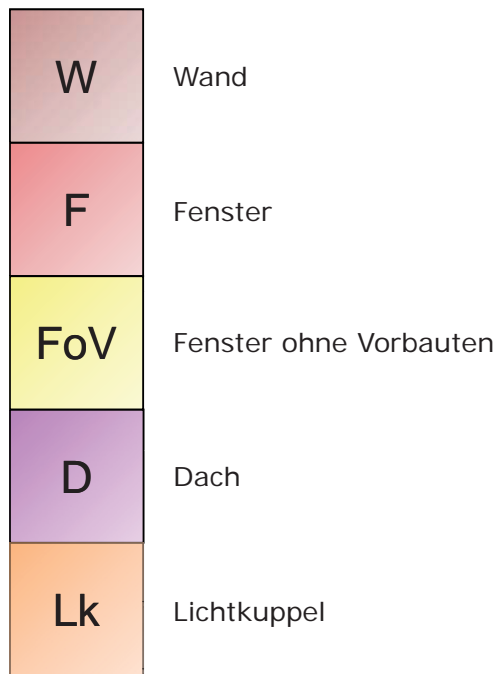


Abbildung 5-14: Verwendete Symbole für die Berechnungen der Phase 2

Aufbau

Zuerst wurde ein Maßnahmenpaket geschnürt, um die Anforderungen nach OIB zu erfüllen, was die Sanierung und auch die Bauteile im einzelnen betrifft. Dann wurden die einzelnen Varianten durch zusätzliche Maßnahmen erweitert.

Unter den Symbolen ist jeweils der erreichte U-Wert des Bauteils in W/m^2K , der U_G -Wert der Verglasung in W/m^2K , die festgelegte Tiefe der Schürze in m sowie die Anzahl der mit einer Lüftung versorgten Klassen eingetragen. Dabei wird für eine Klasse eine

Bruttogeschossfläche von ca. $75 m^2$ (Durchschnittswert) angenommen.

Darunter ist die Kennzeichnung der Variante, der HWB^*_{ref} spezifisch in kWh/a , sowie zonenbezogen in kWh/m^2a abgebildet.

Bei jenen Varianten, wo der zusätzliche Aufbau des Fußbodens aufgrund des festgelegten U-Wertes eine entsprechende Höhe aufweisen wird, wurde ein Sockel im Zuge der Sanierung der Fenster berücksichtigt. Dies ist, wenn berücksichtigt, im jeweiligen Symbol der Maßnahme FoV bzw. F vermerkt.

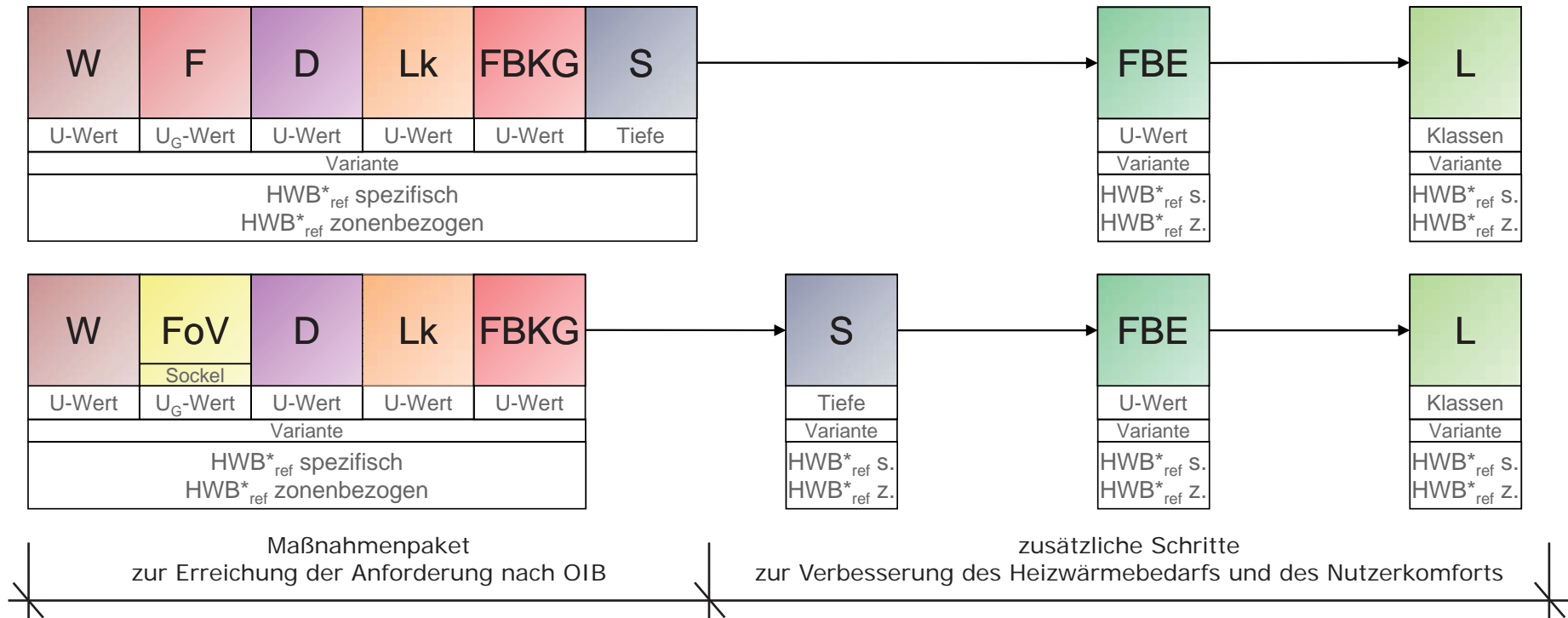
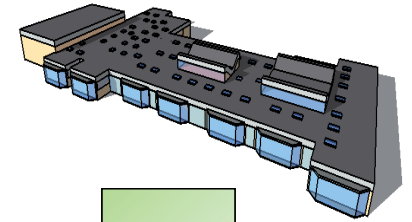
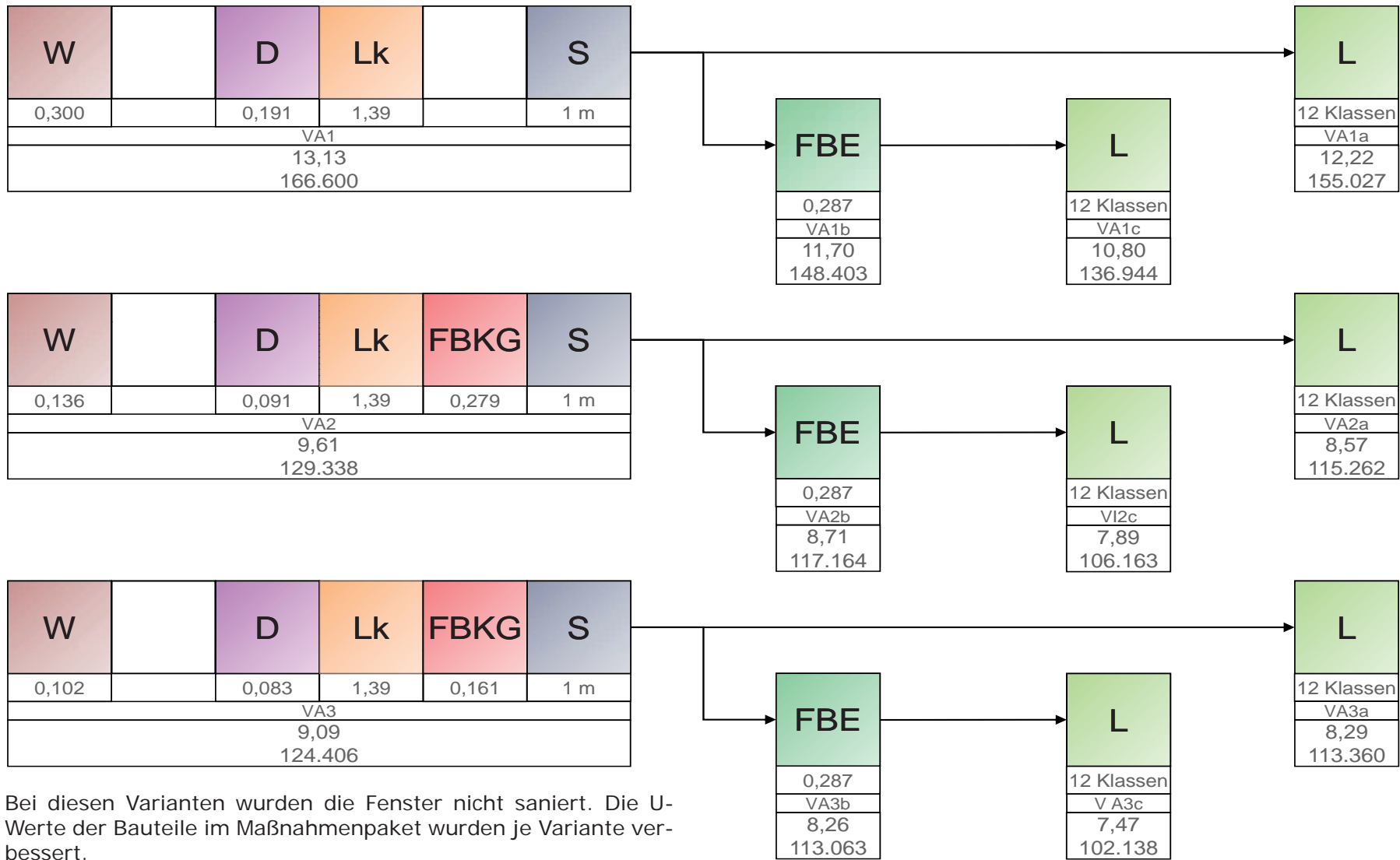


Abbildung 5-15: Aufbau der Berechnungen der Phase 2

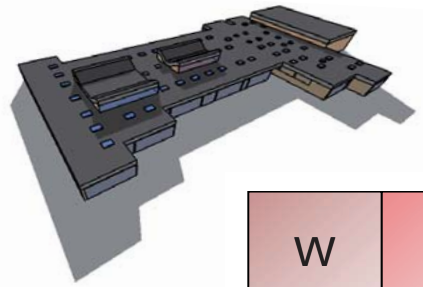


SANIERUNGSVARIANTEN A1 BIS A3



Bei diesen Varianten wurden die Fenster nicht saniert. Die U-Werte der Bauteile im Maßnahmenpaket wurden je Variante verbessert.

Abbildung 5-16: Schema der Berechnung der Varianten A1 bis A3



SANIERUNGSVARIANTEN A4, A5 UND I1

W	F	D	Lk		S
0,300	1,10	0,191	1,39		1 m
VA4					
12,19					
154.625					

FBE
0,287
VA4a
10,67
135.343

L
12 Klassen
VA4b
9,77
123.985

W	FoV	D	Lk		S
0,300	1,10	0,191	1,39		1 m
VI1					
12,06					
147.753					

FBE
0,287
VI1a
10,80
132.284

L
12 Klassen
VI1b
9,87
120.881

W	F	D	Lk	FBKG	S
0,300	1,10	0,191	1,39	0,395	1 m
VA5					
12,06					
153.029					

FBE
0,287
VA5a
10,63
134.838

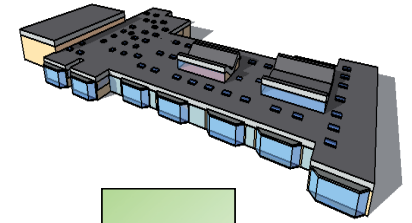
L
12 Klassen
V A5b
9,74
123.489

W	F	D	Lk	FBKG	FBE
0,300	1,10	0,191	1,39	0,395	0,287
VA5c					
11,90					
150.940					

Bei diesen Varianten wurde mit Fensterelementen mit einem U_g -Wert von 1,1 W/m^2K gerechnet. Die U -Werte der Bauteile sind so gewählt, dass die Anforderungen nach OIB je Bauteil erfüllt werden.

L
12 Klassen
V A5d
10,99
139.383

Abbildung 5-17: Schema der Berechnung der Varianten A4, A5 und I1



SANIERUNGSVARIANTEN A6 BIS A9 UND I2 BIS I5

W	F	D	Lk		S
0,300	0,70	0,191	1,39		1 m
VA6					
11,38					
144.407					

L
12 Klassen
VA6a
10,47
132.817

W	F	D	Lk		S
0,300	0,70 Sockel	0,191	1,39		1 m
VA7					
11,52					
146.185					

FBE
0,164
VA7a
9,43
119.673

L
12 Klassen
VA7b
8,54
108.314

W	F	D	Lk		S
0,300	0,50	0,191	1,39		1 m
VA8					
10,64					
134.962					

L
12 Klassen
VA8a
9,74
123.486

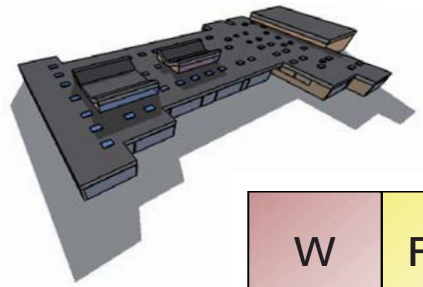
Bei diesen Varianten wurde mit Fensterelementen mit einem U_G -Wert von 0,7 bzw. 0,5 W/m^2K gerechnet. Die U -Werte der Bauteile sind so gewählt, dass die Anforderungen nach OIB je Bauteil erfüllt werden.

W	F	D	Lk		S
0,300	0,50 Sockel	0,191	1,39		1 m
VA9					
10,86					
137.751					

FBE
0,164
VA9a
8,78
111.329

L
12 Klassen
VA9b
7,89
100.011

Abbildung 5-18: Schema der Berechnung der Varianten A6 bis A9



W	FoV	D	Lk		S
0,300	0,70	0,191	1,39		1 m
VI2					
11,33					
138.718					

L
12 Klassen
VI2a
10,38
127.121

W	FoV	D	Lk		S
0,300	0,70	0,191	1,39		1 m
VI3					
11,49					
140.754					

FBE
0,164
VI3a
9,44
115.643

L
12 Klassen
VI3b
8,51
104.265

W	FoV	D	Lk		S
0,300	0,50	0,191	1,39		1 m
VI4					
10,62					
130.083					

Bei diesen Varianten wurde mit Fensterelementen mit einem U_G -Wert von 0,7 bzw. 0,5 W/m^2K gerechnet. Die U-Werte der Bauteile sind so gewählt, dass die Anforderungen nach OIB je Bauteil erfüllt werden.

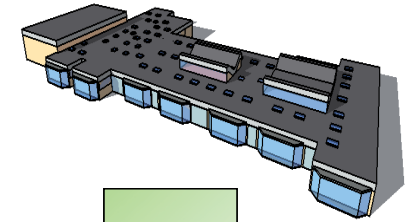
L
12 Klassen
VI4a
9,68
118.593

W	FoV	D	Lk		S
0,300	0,50	0,191	1,39		1 m
VI5					
10,84					
132.741					

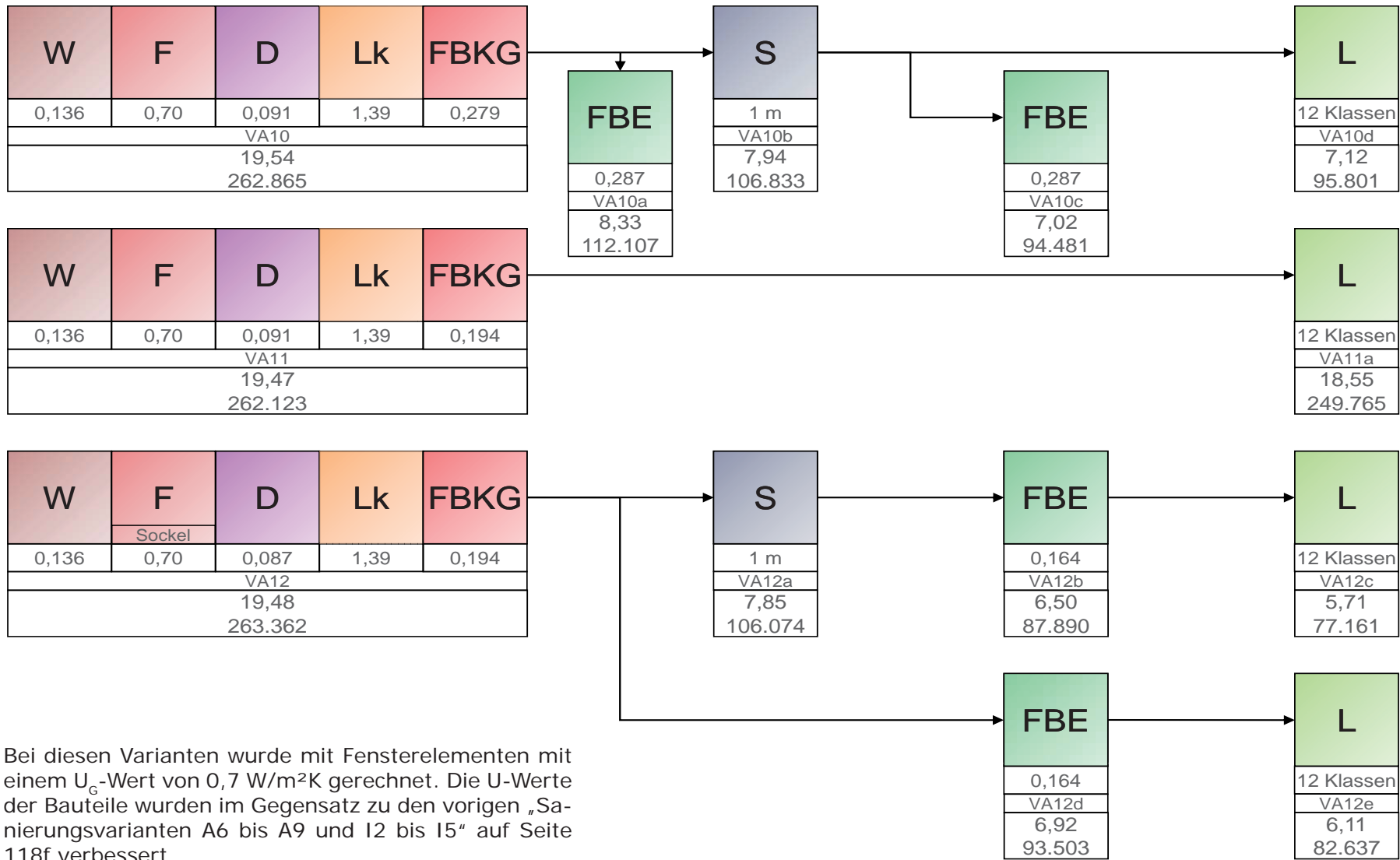
FBE
0,164
VI5a
8,79
107.711

L
12 Klassen
VI5b
7,88
96.470

Abbildung 5-19: Schema der Berechnung der Varianten I2 bis I5

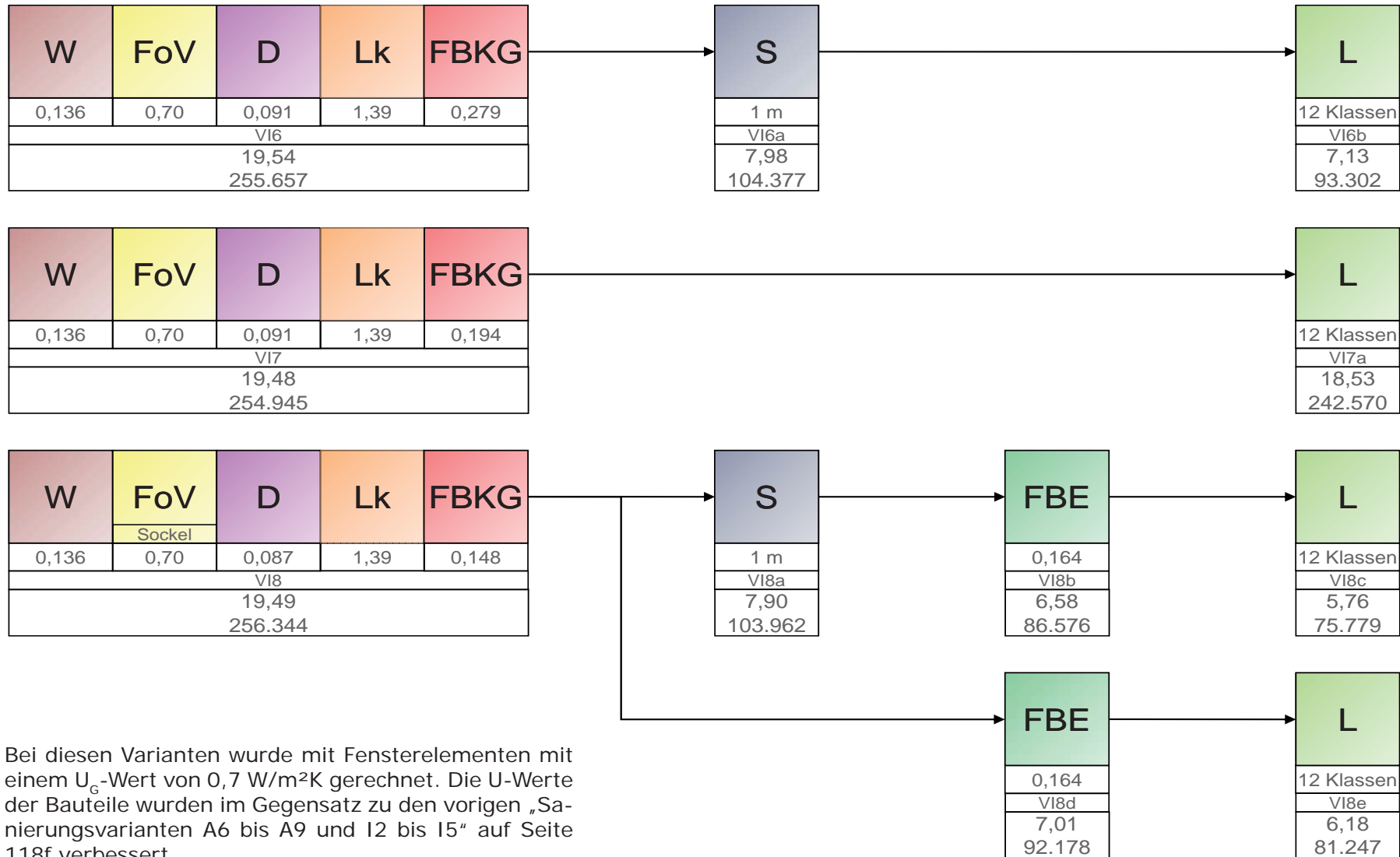
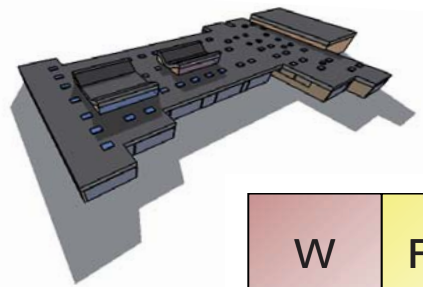


SANIERUNGSVARIANTEN A10 BIS A15 UND I6 BIS I10



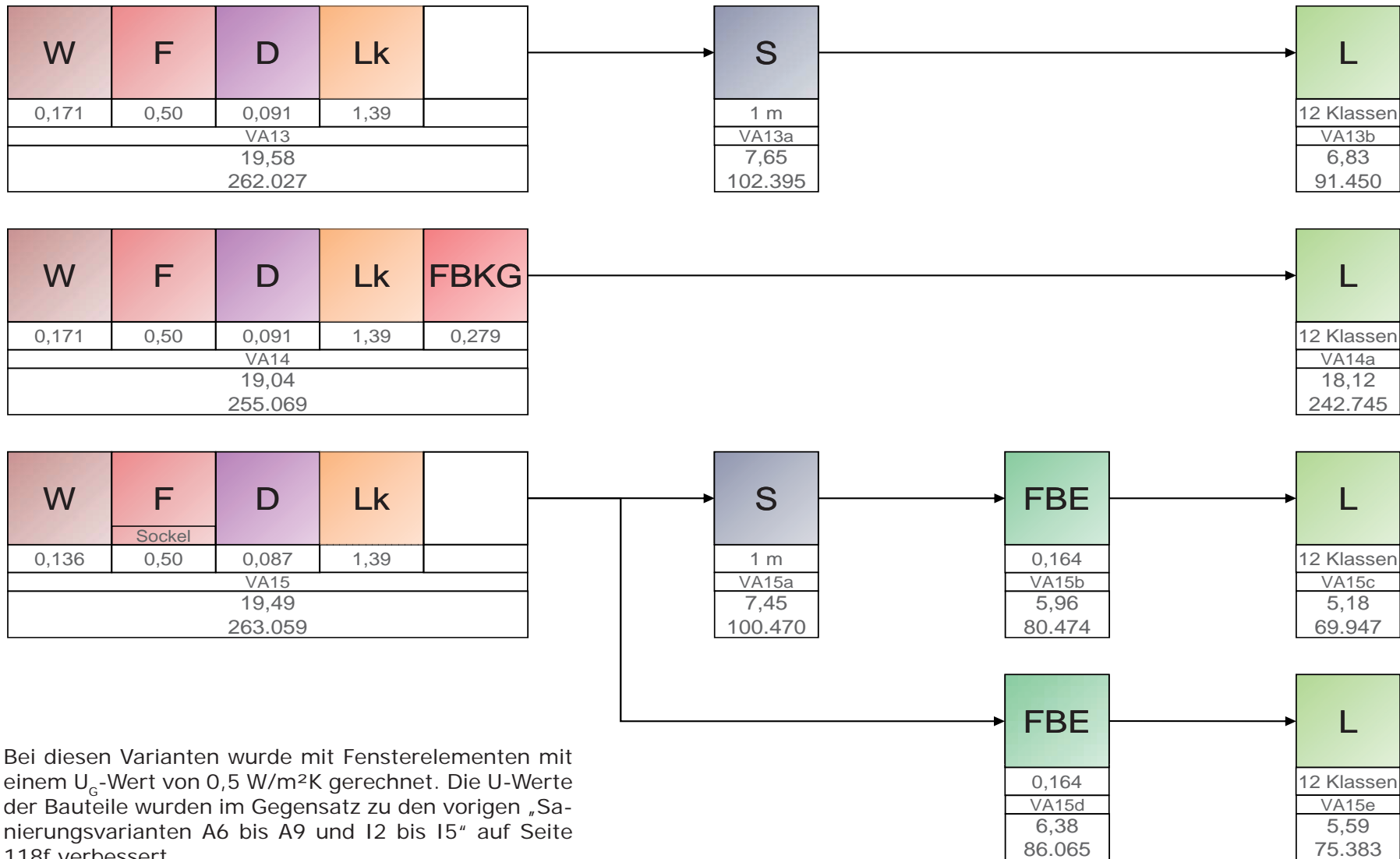
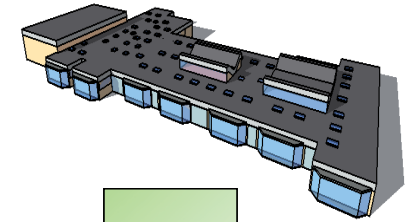
Bei diesen Varianten wurde mit Fensterelementen mit einem U_c -Wert von $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ gerechnet. Die U-Werte der Bauteile wurden im Gegensatz zu den vorigen „Sanierungsvarianten A6 bis A9 und I2 bis I5“ auf Seite 118f verbessert.

Abbildung 5-20: Schema der Berechnung der Varianten A10 bis A12



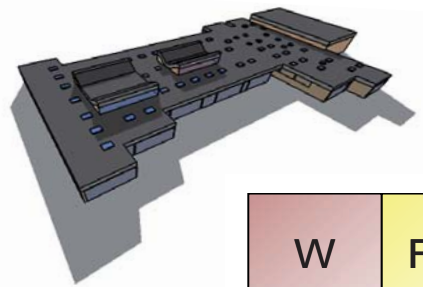
Bei diesen Varianten wurde mit Fensterelementen mit einem U_g -Wert von $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ gerechnet. Die U -Werte der Bauteile wurden im Gegensatz zu den vorigen „Sanierungsvarianten A6 bis A9 und I2 bis I5“ auf Seite 118f verbessert.

Abbildung 5-21: Schema der Berechnung der Varianten I6 bis I8



Bei diesen Varianten wurde mit Fensterelementen mit einem U_c -Wert von $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ gerechnet. Die U-Werte der Bauteile wurden im Gegensatz zu den vorigen „Sanierungsvarianten A6 bis A9 und I2 bis I5“ auf Seite 118f verbessert.

Abbildung 5-22: Schema der Berechnung der Varianten A13 bis A15



W	FoV	D	Lk	
0,171	0,50	0,091	1,39	
VI9				
19,50				
253.045				

S
1 m
V I9a
7,61
98.762

L
12 Klassen
VI9b
6,77
87.797

L
12 Klassen
VI9c
18,55
240.676

W	FoV	D	Lk	
0,136	0,50	0,087	1,39	
	Sockel			
VI10				
19,41				
254.704				

S
1 m
VI10a
7,40
97.047

FBE
0,164
VI10b
5,94
77.924

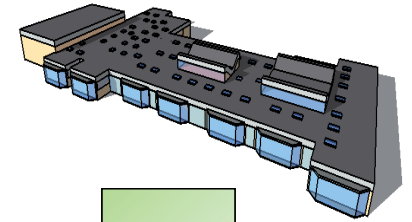
L
12 Klassen
VI10c
5,13
67.364

FBE
0,164
VI10d
6,36
83.432

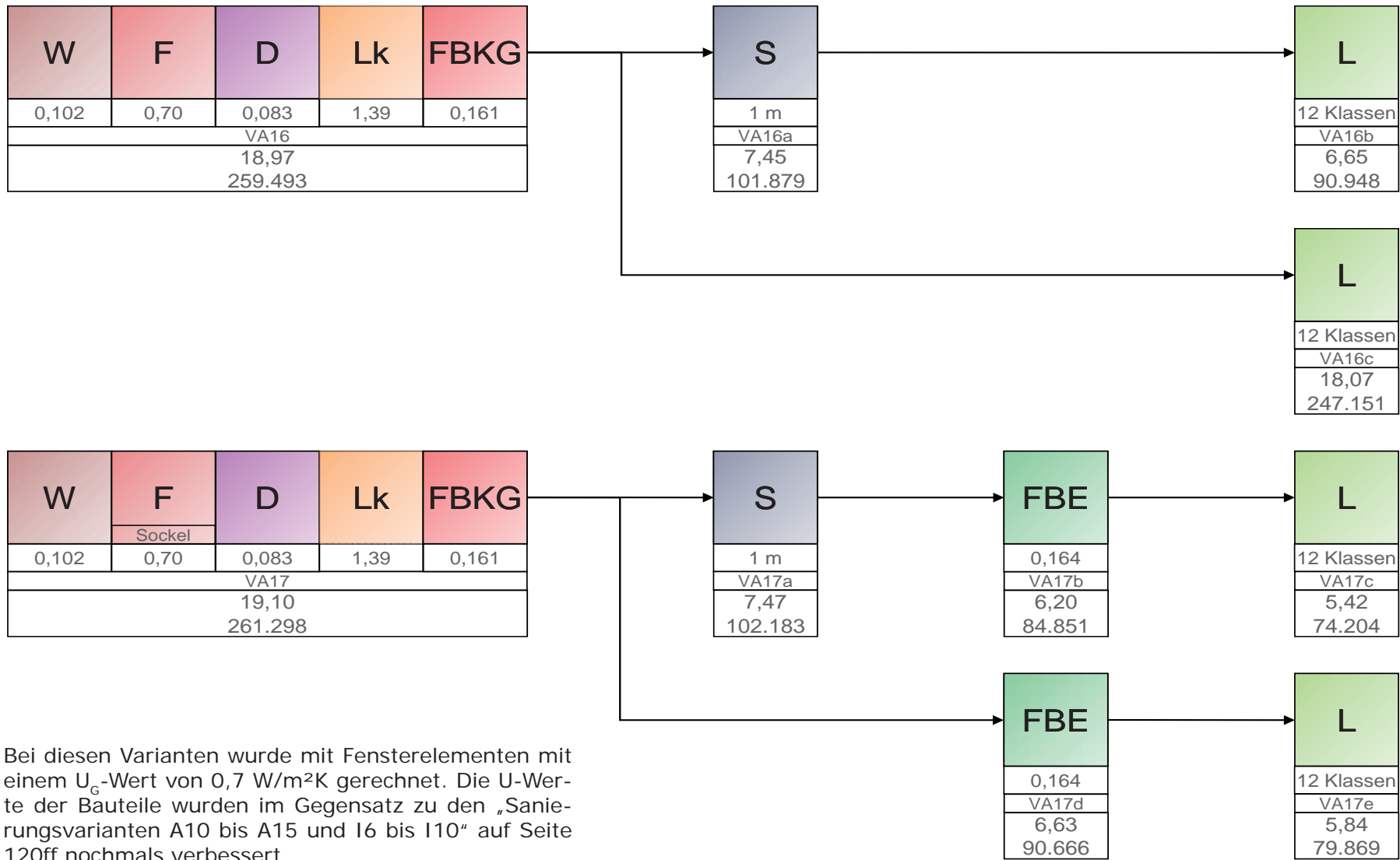
L
12 Klassen
VI10e
5,54
72.716

Bei diesen Varianten wurde mit Fensterelementen mit einem U_g -Wert von $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ gerechnet. Die U-Werte der Bauteile wurden im Gegensatz zu den vorigen „Sanierungsvarianten A6 bis A9 und I2 bis I5“ auf Seite 118f verbessert.

Abbildung 5-23: Schema der Berechnung der Varianten I9 und I10

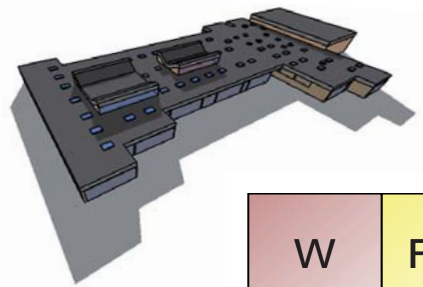


SANIERUNGSVARIANTEN A16 BIS A19 UND I11 BIS I14



Bei diesen Varianten wurde mit Fensterelementen mit einem U_g -Wert von $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ gerechnet. Die U -Werte der Bauteile wurden im Gegensatz zu den „Sanierungsvarianten A10 bis A15 und I6 bis I10“ auf Seite 120ff nochmals verbessert.

Abbildung 5-24: Schema der Berechnung der Varianten A16 und A17



W	FoV	D	Lk	FBKG
0,102	0,70	0,083	1,39	0,161
VI11				
18,87				
252.034				

S
1 m
VI11a
7,35
98.227

L
12 Klassen
VI11b
6,53
87.281

L
12 Klassen
VI11c
17,94
239.679

W	FoV	D	Lk	FBKG
0,102	0,70	0,083	1,39	0,161
VI12				
19,03				
254.124				

S
1 m
VI12a
7,40
98.892

FBE
0,164
VI12b
6,16
82.218

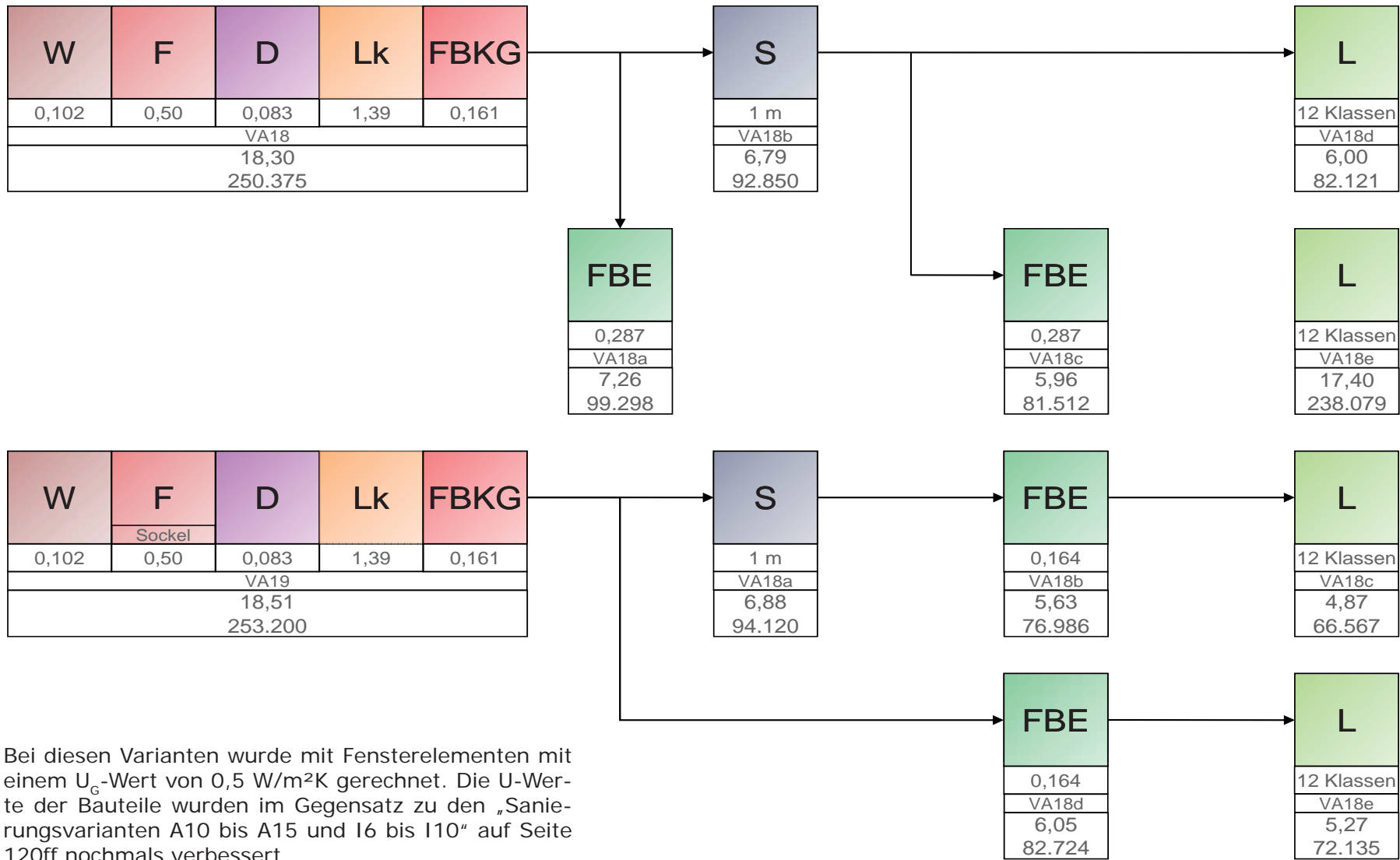
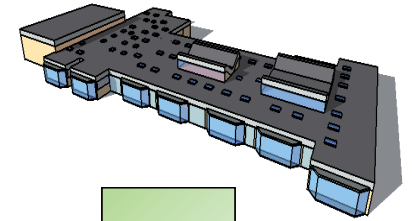
L
12 Klassen
VI12c
5,36
71.540

FBE
0,164
VI12d
6,59
87.971

L
12 Klassen
VI12e
5,78
77.144

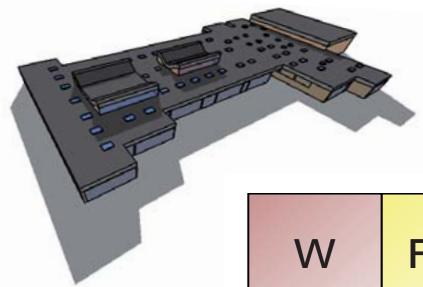
Bei diesen Varianten wurde mit Fensterelementen mit einem U_g -Wert von $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ gerechnet. Die U -Werte der Bauteile wurden im Gegensatz zu den „Sanierungsvarianten A10 bis A15 und I6 bis I10“ auf Seite 120ff nochmals verbessert.

Abbildung 5-25: Schema der Berechnung der Varianten I11 und I12



Bei diesen Varianten wurde mit Fensterelementen mit einem U_g -Wert von $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ gerechnet. Die U -Werte der Bauteile wurden im Gegensatz zu den „Sanierungsvarianten A10 bis A15 und I6 bis I10“ auf Seite 120ff nochmals verbessert.

Abbildung 5-26: Schema der Berechnung der Varianten A18 und A19



W	FoV	D	Lk	FBKG
0,102	0,50	0,083	1,39	0,161
VI13				
18,25				
243.701				

S
1 m
VI13a
6,74
89.973

L
12 Klassen
VI13b
5,93
79.214

L
12 Klassen
VI13c
17,32
231.390

W	FoV	D	Lk	FBKG
0,102	0,50	0,083	1,39	0,161
VI14				
18,45				
246.429				

S
1 m
VI14a
6,83
91.225

FBE
0,164
VI14b
5,60
74.734

L
12 Klassen
VI14c
4,81
64.277

FBE
0,164
VI14d
6,02
80.415

L
12 Klassen
VI14e
5,22
69.788

Bei diesen Varianten wurde mit Fensterelementen mit einem U_g -Wert von $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ gerechnet. Die U -Werte der Bauteile wurden im Gegensatz zu den „Sanierungsvarianten A10 bis A15 und I6 bis I10“ auf Seite 120ff nochmals verbessert.

Abbildung 5-27: Schema der Berechnung der Varianten I13 und I14

NEUBAUVARIANTEN

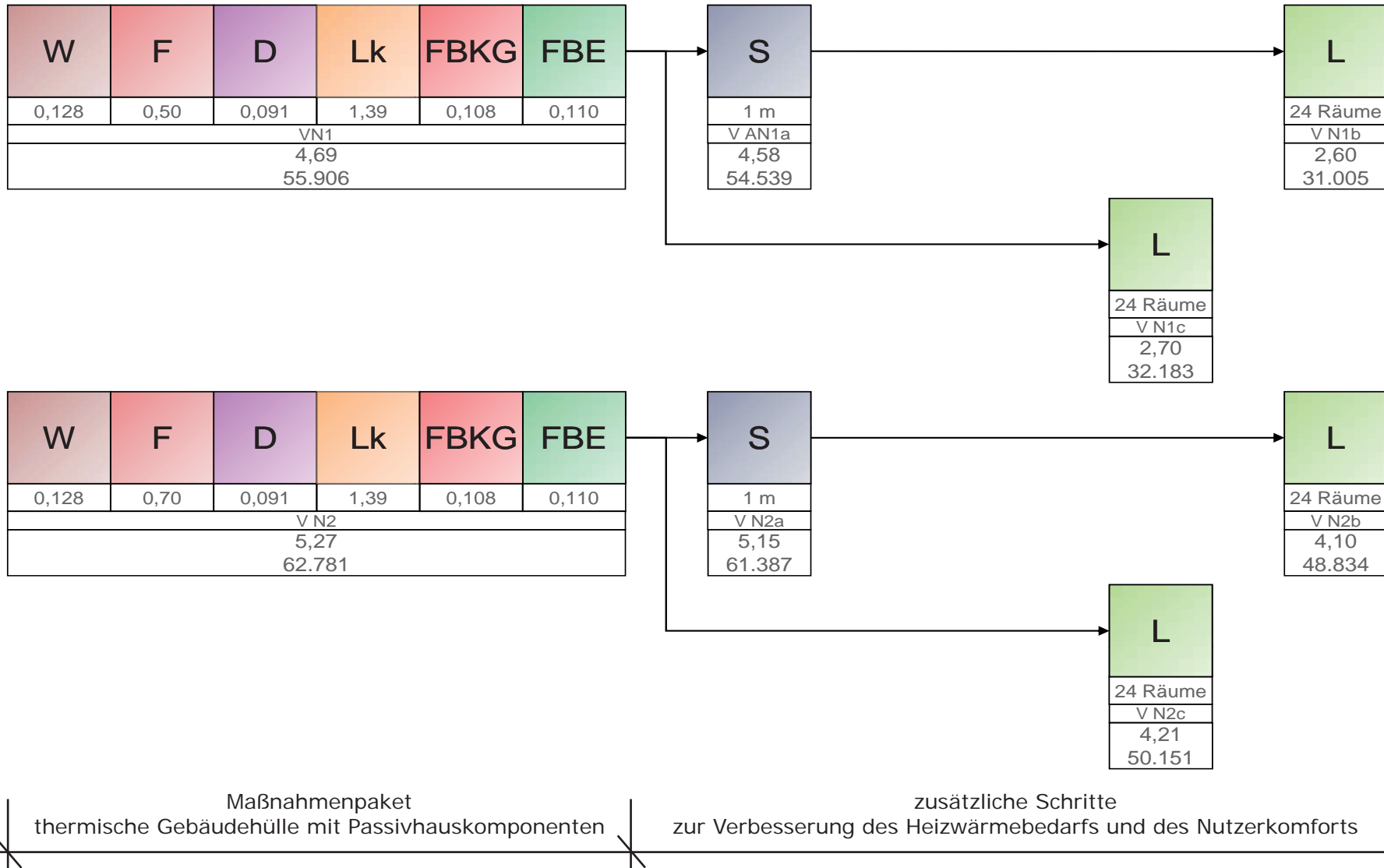


Abbildung 5-28: Schema der Berechnung der Varianten für den Neubau

ZUSAMMENFASSUNG

Sanierungsvariante A1 bis A3

Die Fensterflächen werden nicht saniert.
Die U-Werte der einzelnen Bauteile je Variante werden verbessert.
Der Fußboden gegen Kellergeschoss wird in Variante A1 nicht berücksichtigt.
Als Erweiterungsschritt ist die Lüftung, oder der Fußboden in Kombination mit der Lüftung angeführt.

Sanierungsvariante A4, A5 und I1

Die Fensterflächen werden auf Mindeststandard saniert.
In den Varianten A4 und I1 wird der Fußboden gegen Kellergeschoss nicht berücksichtigt.
In der Variante A5c wird anstelle der Schürze der Fußboden gegen Erde saniert.

Sanierungsvariante A6 bis A9 und I2 bis I5

Die Fensterflächen werden mit Dreischeibenisolierverglasung mit einem U_G -Wert von 0,7 bzw. 0,5 W/m²K saniert.
Der Fußboden gegen Kellergeschoss wird nicht saniert.
Die U-Werte der Bauteile sind so gewählt, dass diese die Anforderungen nach OIB je Bauteile erfüllen.

Sanierungsvariante A10 bis A15 und I6 bis I10

Die Fensterflächen werden mit Dreischeibenisolierverglasung mit einem U_G -Wert von 0,7 bzw. 0,5 W/m²K saniert.
Die U-Werte der Bauteile sind im Gegensatz zu den Varianten A6 bis A9 und I2 bis I5 verbessert worden.

Sanierungsvariante A16 bis A19 und I11 bis I14

Die Fensterflächen werden mit Dreischeibenisolierverglasung mit einem U_G -Wert von 0,7 bzw. 0,5 W/m²K saniert.
Die U-Werte der Bauteile sind im Gegensatz zu den Varianten A10 bis A15 und I6 bis I10 wiederum verbessert worden.

Neubauvarianten

Der Unterschied der beiden Varianten liegt darin, dass die Fensterflächen mit Dreischeibenisolierverglasung einmal mit einem U_G -Wert von 0,7 und in der zweiten Variante mit einem U_G -Wert von 0,5 W/m²K saniert werden.

Energiestandards

Es zeichnet sich durch die gesetzten Maßnahmen und durch die gestaffelt gewählten U-Werte die Einführung von Energiestandards ab.

Weiterer Detaillierungsgrad

Um die Berechnung noch genauer und detaillierter zu gestalten, könnten folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Wärmebrücken: Diese können detailliert erfasst und berechnet werden. Es ist bei der Planung und Ausführung darauf zu achten, eine möglichst wärmebrückenfreie Lösung anzustreben.
- Verschattung: Diese kann ebenfalls detailliert erfasst und berechnet werden.

PHASE III

OPTIMIERUNGSSCHRITTE

Es werden die möglichen Schritte zur Sanierung des Gebäudes, also jene Maßnahmen, die je Bauteil bzw. im Bereich der Haustechnik gesetzt werden können, einzeln vorgestellt. In weiterer Folge wird die Möglichkeit einer Aufstockung und die eines Neubaus behandelt.

Zu jedem der Schritte wurden sowohl das Energieeinsparpotential als auch die fiktiven Herstellungskosten dargestellt.

Bereits aus den zuvor entwickelten Sanierungsvarianten kann deutlich abgelesen werden, dass es unterschiedliche Kombinationsmöglichkeiten gibt.

Um das Optimum der Kombinationen von den zu sanierenden Bauteilen hinsichtlich Energieeinsparung, Herstellungskosten und in späterer Folge der Lebenszykluskosten erreichen zu können, werden die Schritte einzeln bewertet und diesen Erkenntnissen zufolge zu Sanierungsszenarien zusammengefügt.

ENERGIEEINSPARUNG

Die Berechnung erfolgt nach OIB mit dem Programm ANull Archi-Physik 8.0.2.007.

Es werden in den folgenden Schritten das Einsparpotential der einzelnen Maßnahmen bezogen auf das Standortklima in kWh/a, sowie bezogen auf das Referenzklima unter Anwendung des Nutzungsprofils „Wohngebäude“ in kWh/m²a dargestellt.

Das Einsparpotential stellt die Verringerung der Transmissionswärmeverluste über den jeweiligen Bauteil, die Verringerung der Lüftungswärmeverluste durch eine Lüftungsanlage bzw. die Einsparmöglichkeit beim Heizwärmebedarf durch die Errichtung eines Neubaus dar. Bei den transparenten Flächen werden die solaren Gewinne mitberücksichtigt.

ENERGIESTANDARDS

Bezugnehmend auf die Erkenntnisse aus Phase II wurden 3 Energiestandards festgelegt:

Energiestandard 1

Es wird je Bauteil der nach OIB geforderte Mindest-U-Wert erreicht, die Fenster werden durch Zweischeibenisolierverglasung saniert.

Somit kann dieser Energiestandard als „OIB Mindeststandard“ bezeichnet werden.

Energiestandard 2

Es wird je Bauteil ein besserer Wert als nach OIB gefordert erreicht, die Fenster werden durch Dreischeibenisolierverglasung saniert.

Dieser Energiestandard kann als „Standard mit Niedrigenergiehauskomponenten“ bezeichnet werden.

Energiestandard 3

Es werden die Fenster und Lichtkuppeln eingebaut, die zur Zeit als Dreischeibenisolierverglasung den besten U-Wert aufweisen. Die opaken Außenbauteile werden auf Passivhausstandard gedämmt. Dieser Energiestandard kann als „Standard mit Passivhauskomponenten“ bezeichnet werden.

FIKTIVE HERSTELLUNGSKOSTEN

Um die ausgewählten Schritte nicht nur an Hand deren Einsparpotential den HWB betreffend beurteilen zu können, wurden für jeden Schritt fiktive Herstellungskosten (HKO) ermittelt.

Die fiktiven HKO wurden anhand bereits durchgeführter Projekte und Erfahrungswerte ermittelt und auf Tausender in Euro gerundet angegeben. Es handelt sich dabei um Bauwerkskosten nach [19] ohne Honorare o. ä..

Die angenommenen Kosten wurden mit Hilfe des Baupreisindex nach den Angaben der Statistik Austria²⁵ an das dritte Quartal 2010 angepasst.

Die Annahmen für die Berechnungen sind im Anhang aufgelistet, siehe dazu „Tabelle C-1: fiktive Herstellungskosten 1/23“ auf Seite 340 bis „Tabelle C-23: fiktive Herstellungskosten 23/23“ auf Seite 351.

EFFIZIENZ

Um die einzelnen Maßnahmen miteinander vergleichen zu können, wurde überlegt, die aufzubringenden HKO im Verhältnis zur möglichen Energieeinsparung, welche durch die jeweilige Maßnahme je Energiestandard erzielt werden kann, darzustellen.

Dadurch entsteht das Verhältnis von Aufwand in € zum Nutzen in kWh/a - im Gegenteil zur betriebswirtschaftlichen Definition der Effizienz, welche den Nutzen im Verhältnis zum Aufwand darstellt. Somit kann die hier festgelegte Effizienz als Kehrwert der betriebswirtschaftlichen Effizienz verstanden werden.

Der aus dem hier festgelegten Verhältnis von Aufwand zu Nutzen

²⁵ Vgl. http://www.statistik.at/web_de/statistiken/preise/baupreisindex/index.html am 23.01.2011

ermittelte Wert - in weiterer Folge in dieser Arbeit als die Effizienz bezeichnet - gibt Aufschluss darüber, wieviel an HKO für eine eingesparte Kilowattstunde pro Jahr investiert werden muss.

Dadurch lassen sich nicht nur die einzelnen Energiestandards einer Maßnahme vergleichen, die Effizienz lässt auch Vergleiche der einzelnen Maßnahmen zu.

Dabei sind geringere Werte ökonomisch sinnvoll, da sie bei geringen Herstellungskosten eine höhere Energieeinsparung haben.

BEWERTUNGSKRITERIEN

Die einzelnen Bauteile bzw. Maßnahmen zur Reduktion des Heizwärmebedarfs werden wie folgt bewertet:

- **Einsparpotential Wärmeverluste**
Um wieviel können die Transmissionswärmeverluste je Bauteil und Energiestandard minimiert werden?
Wie groß ist das Einsparpotential bei den Lüftungswärmeverlusten durch den Einbau einer dezentralen Lüftungsanlage?
Wie groß sind die Wärmeverluste der Dachfläche des Bestandsgebäudes welche durch eine Aufstockung gleich Null gesetzt werden können?
Wie groß ist der Heizwärmebedarfs eines zweigeschossigen Neubaus mit der selben Bruttogeschossfläche im Verhältnis zu dem des Bestandsgebäudes?
- **Fiktive Herstellungskosten und Effizienz**
Welche HKO ergeben sich durch die vorgeschlagenen Maßnahmen je Energiestandard?
Wie verhalten sich diese HKO im Verhältnis zum Energieeinsparpotential?
Wie verhalten sich die unterschiedlichen Energiestandards eines Bauteils zueinander was die Effizienz betrifft?

DARSTELLUNGSART

Tabelle je Bauteil

Die Tabelle unterteilt sich grundsätzlich in vier Spalten: eine für den Bestand sowie drei für die Energiestandards. Bei den Maßnahmen **Aufstockung A**, **Lüftung L** sowie **Neubau N** gibt es nur einen Energiestandard, somit teilt sich die Tabelle für jene Maßnahmen in nur zwei Bereiche.

Wärmeverluste

Dabei sind zunächst die Wärmeverluste des Bestandsbauteils bezogen auf das Standortklima in kWh/a dargestellt. Grundsätzlich sind dies die Transmissionswärmeverluste, wobei bei den transparenten Bauteilen die solaren Gewinne berücksichtigt sind.

Bei der Maßnahme **Aufstockung A** stellen die Wärmeverluste die gesamten Transmissionswärmeverluste über die Dachfläche inklusive der Lichtkuppeln sowie der überhöhten Konstruktion des Dachs über den Pausenhallen dar.

Bei der Maßnahme **Lüftung L** sind die Lüftungswärmeverluste des Bestandsgebäudes eingetragen.

Bei der Maßnahme **Neubau N** ist bei den Wärmeverlusten der Heizwärmebedarf des Bestandsgebäudes notiert.

Bei den Kombinationen der Maßnahmen zur Verringerung der Wärmeverluste über das Erdreich wurden bewusst keine Bestandswärmeverluste

Tabelle 5-10: Ermittelte Kennwerte je Bauteil bzw. Maßnahme mit beispielhaften Kennwerten

	Bestand	Energiestandard 1	Energiestandard 2	Energiestandard 3
Bauteil bzw. Maßnahme				
Wärmeverluste				
Wärmeverluste	85.422 kWh/a	-	-	-
Einsparung Standort	-	- 24.532 kWh/a	- 42.302 kWh/a	- 52.774 kWh/a
Einsparung* Referenz	-	-7,49 kWh/m ² a	-13,04 kWh/m ² a	-16,30 kWh/m ² a
Prozentwert	11,73 %	- 3,37 %	- 5,81 %	- 7,25 %
Transparente Bauteile				
U-Wert Element	1,53 W/m ² K	1,36 W/m ² K	1,00 W/m ² K	0,82 W/m ² K
U-Wert Glas	-	1,10 W/m ² K	0,70 W/m ² K	0,50 W/m ² K
g-Wert	-	0,63	0,52	0,52
U-Wert Dachfläche	0,20 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K
Opake Bauteile				
Dämmstoffstärke bei $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$	-	14 cm	36 cm	40 cm
U-Wert	0,64 W/m ² K	0,19 W/m ² K	0,09 W/m ² K	0,08 W/m ² K
Kosten				
fiktive HKO	-	377.000 €	398.000 €	422.000 €
Effizienz				
Kosten der Energieeinsparung	-	15,37 €/kWh/a	9,41 €/kWh/a	8,00 €/kWh/a

eingetragen, da diese den jeweiligen Einzel-Bauteilen zu entnehmen sind. In der zweiten Zeile ist das Energieeinsparpotential der einzelnen Maßnahmen je Energiestandard, bezogen auf das Standortklima in kWh/a eingetragen. Das Einsparpotential stellt die Verringerung der Transmissionswärmeverluste über den jeweiligen Bauteil, die Verringerung der Lüftungswärmeverluste durch den Einbau einer Lüftungsanlage bzw. das Einsparpotential des Heizwärmebedarfs durch einen Neubau dar. Bei den transparenten Flächen sind die solaren Gewinne mitberücksichtigt.

Bei der Maßnahme **Fenster ohne Vorbauten FoV** ist beim Einsparpotential zusätzlich berücksichtigt, dass der Anteil der Hüllfläche der Fenster sowie des Fußbodens verringert wird bzw. das Dach der Vorbautenkonstruktion wegfällt.

Bei der Maßnahme **Aufstockung A** setzt sich das Einsparpotential aus den Verlusten des Bestandsgebäudes über die Dachfläche, die Lichtkuppeln sowie der überhöhten Konstruktion des Dachs über den Pausenhallen zusammen.

Die dritte Zeile stellt das Einsparpotential der Wärmeverluste bezogen auf das Referenzklima unter Anwendung des Nutzungsprofils „Wohngebäude“ in kWh/m²a dar. Dies ist als Energieeinsparung in Bezug auf die Energiekennzahl des Bestandsgebäudes zu sehen, wobei zu berücksichtigen ist, dass, außer für den Neubau und die Lüftung, sich durch die Mitberücksichtigung der internen Gewinne sowie der Lüftungswärmeverluste Abweichungen ergeben können.

In der vierten Zeile sind diese Werte als Prozentangaben dargestellt.

Dabei ist unter Bestand jener Prozentwert angegeben, wie groß der Anteil der Wärmeverluste des jeweiligen Bauteils im Verhältnis zu den gesamten Transmissionswärmeverlusten und den Lüftungswärmeverlusten abzüglich der solaren Gewinne aller Bauteile des Bestandsgebäudes ist.

Die Prozentwerte der einzelnen Bauteile je Energiestandard ergeben sich aus dem jeweiligen Energieeinsparpotential bezogen auf das Standortklima im Verhältnis zu den gesamten Transmissionswärmeverlusten abzüglich der solaren Gewinne aller Bauteile des Bestandsgebäudes.

Dabei ist abzulesen, wieviel mit jener Maßnahme im jeweiligen Energiestandard an Energieeinsparung in Bezug zum gesamten Gebäude möglich ist.

Informationen zu den jeweiligen Bauteilen

Transparente Bauteile

Bei den Fensterelementen ist hier einerseits der U-Wert in W/m²K für das gesamte Element und das Glas sowie der Gesamtenergiedurchlass abzulesen.

Bei der Maßnahme **Fenster ohne Vorbauten FoV** ist zusätzlich der U-Wert der Dachfläche der Vorbauten in W/m²K angegeben.

Bei der Maßnahme **Lichtkuppel Lk** ist der U-Wert des gesamten Elements in W/m²K sowie der Gesamtenergiedurchlass angegeben.

Opake Bauteile

Hier ist bei einem vorab definierten Lambda in W/mK die jeweilige Dicke in cm der in der Berechnung angenommenen Dämmmaßnahme je Energiestandard angegeben.

Dazu ist in der ersten Spalte der U-Wert des Bauteils des Bestandsgebäudes in W/m²K eingetragen und in der jeweiligen Spalte des Energiestandards jener U-Wert in W/m²K, welcher mit der angegebenen Dämmstoffdicke und dem angegebenen Lambda erreicht wird.

Kosten

Es sind hier die gerundeten fiktiven Herstellungskosten in Euro je Energiestandard angegeben. Die detaillierte Berechnung hierzu befindet sich im „Anhang C - Annahmen zur Ermittlung der Herstellungskosten“ auf Seite 339ff.

Effizienz

Je Maßnahme und Energiestandard wurde die Effizienz aus dem Verhältnis der fiktiven Herstellungskosten zum möglichen Energieeinsparpotential bezogen auf das Standortklima in €/kWh/a errechnet.

Systemsschnitte

Jede Maßnahme wird in einem Systemsschnitt symbolhaft dargestellt.

Dazu werden folgende Symbole bzw. Farbgebungen verwendet:

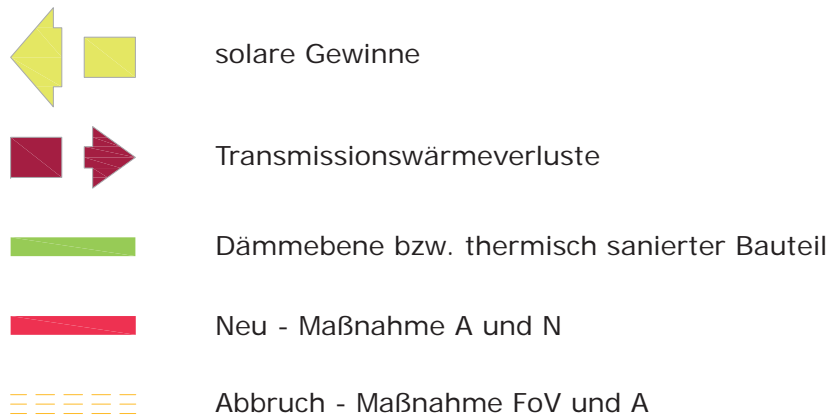


Abbildung 5-29: Symbole und Farbgebung der Systemsschnitte

Im Schnitt ist vermerkt, dass sowohl Lüftungswärmeverluste sowie interne Wärmegewinne auftreten.

Die Dämmebene bzw. der zu sanierende Bauteil wird symbolisch durch einen grünen Balken dargestellt.

Das Herstellen einer neuen Baukonstruktion wird durch rot eingefärbte Wände dargestellt (Maßnahme A und N).

Der Abbruch bestehender Bauteilen wird durch orange strichlierte Linien dargestellt (Maßnahme FoV und A).

Sanierung opaker Bauteile

Dabei ist das Ziel, die Transmissionswärmeverluste zu minimieren. Dies soll durch den nach der Dämmschicht nach außen schmäler werdenden rot dargestellten Pfeil verdeutlicht werden.

Sanierung transparenter Bauteile

Dabei ist einerseits das Ziel, die Transmissionswärmeverluste zu minimieren. Dies soll durch den nach der Fensterebene bzw. Lichtkuppel nach außen schmäler werdenden rot dargestellten Pfeil verdeutlicht werden.

Andererseits sollen die solaren Gewinne genutzt werden. Dies soll durch den nach der Fensterebene bzw. Lichtkuppel nach innen breiter werdenden gelb dargestellten Pfeil verdeutlicht werden.

Systemsschnitt Maßnahme FoV

Hier sind die polygonalen Vorbauten als Abbruch dargestellt.

Systemsschnitt Maßnahme L

Hier sind die beiden Möglichkeiten der zu verwendenden Lüftungsgeräte schematisch dargestellt. Siehe hierzu „Technische Optimierungsmöglichkeiten“ auf Seite 68.

Systemsschnitt Maßnahme A

Hier sind die Lichtkuppeln sowie die Konstruktion für die Belichtung von oben für die Pausenhallen als Abbruch dargestellt.

Die drei folgenden Abbildungen beziehen sich bei jedem Bauteil auf den Energiestandard 2 (E2). Da es bei den Maßnahmen L, N und A nur einen Energiestandard gibt, wird dieser dargestellt und ist auch gemeint, wenn in der Erklärung der Wortlaut „Energiestandard 2“ verwendet wird.

Grafik Energieeinsparung

Die Darstellung der Grafik basiert auf der des Energieausweises mit dessen definierten Klasseneinteilungen. Dabei ist als rot strichlierter Pfeil jene Energiekennzahl des Bestandes abgebildet. Durch den schwarz dargestellten Pfeil wird die Energiekennzahl - basierend auf dem Wert der „Einsparung* Referenz“ aus der jeweiligen Tabelle der Maßnahme (Sanierung sowie Neubau) - dargestellt. Wobei das Delta dieser beiden Pfeile dem Wert der Einsparung* im Energiestandard 2 entspricht. Die im Diagramm ersichtliche Energiekennzahl ergibt sich aus der Energiekennzahl des Bestandes vermindert um die Einsparung* je Bauteil im Energiestandard 2. Die Klassen A++, F und G sind transparent dargestellt. F und G spielen für die Betrachtung keine Rolle, da der Bestand in der Klasse E liegt. Die Klassen A++ wird nicht erreicht, der Neubau liegt in der Klasse A+.

Grafik Herstellungskosten Sanierungsschritte

An der oberen, kürzeren Seite, sind jene Herstellungs-

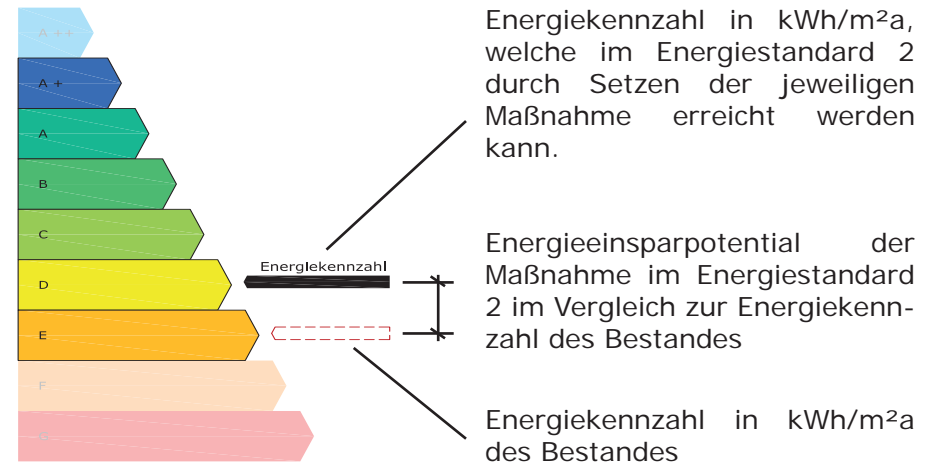


Abbildung 5-30: Grafik Energieeinsparung Legende

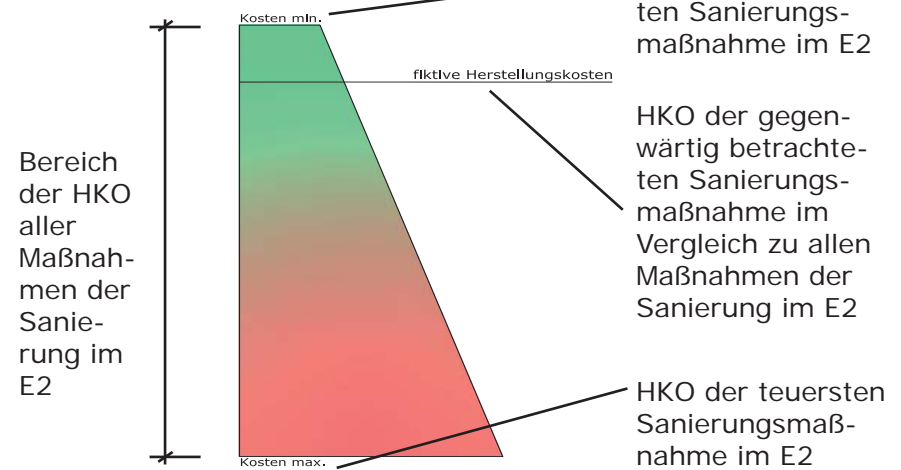


Abbildung 5-31a: Grafik Herstellungskosten Sanierung Legende

kosten der günstigsten Sanierungsmaßnahme im Energiestandard 2 aufgetragen. An der unteren, längeren Seite, sind jene Herstellungskosten der teuersten Sanierungsmaßnahme im Energiestandard 2 aufgetragen.

In der dadurch entstehenden Fläche ist eine Gerade an jener Stelle eingetragen, welche die Herstellungskosten der betrachteten Maßnahme im Energiestandard 2 anzeigt.

Es kann so abgelesen werden, ob es sich bei der betrachteten Maßnahme um eine günstige oder teure im Vergleich zu allen Sanierungsmaßnahmen handelt. Im Vergleich mit der Grafik Energieeinsparung kann das Verhältnis beider erkannt werden, also ob für eine große Investition an HKO auch eine große Energieeinsparung zu erwarten ist oder nicht.

Grafik Herstellungskosten Neubau

An der oberen, kürzeren Seite, sind jene Herstellungskosten der günstigsten Sanierungsmaßnahme im Energiestandard 2 (wie in Abbildung 5-31a) aufgetragen. An der unteren, längeren Seite, sind jene Herstellungskosten des Neubaus aufgetragen.

Im oberen Teil des Diagramms sind jene Herstellungskosten als Balken dargestellt, die den Bereich der Sanierungsschritte umfasst.

Im Vergleich dazu ist jene Gerade für die HKO des Neubaus - am unteren Ende des Diagramms - dargestellt.

Es kann so abgelesen werden, in welchem Verhältnis der Neubau zu den Sanierungsschritten steht.

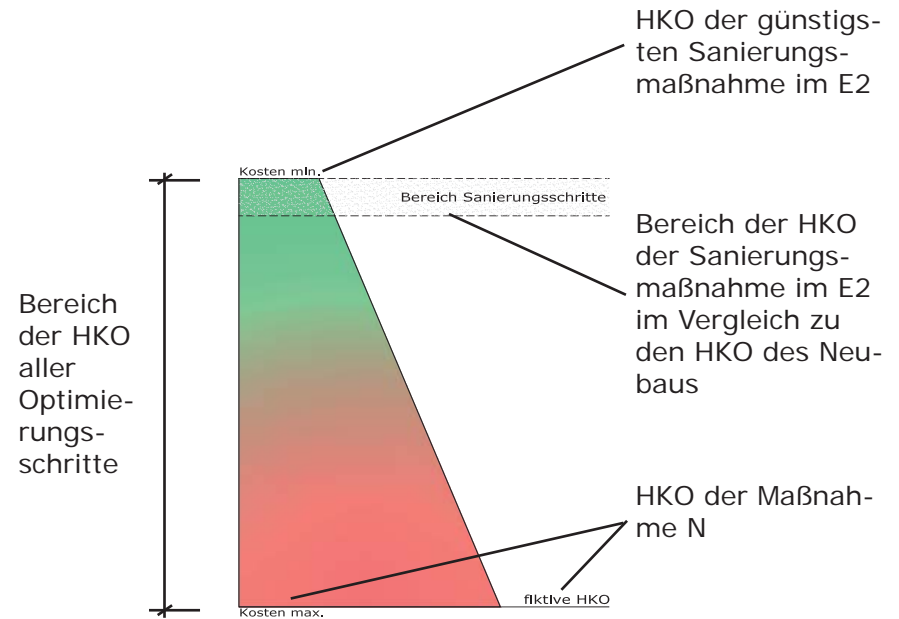


Abbildung 5-31b: Grafik Herstellungskosten Neubau Legende

Herstellungskosten

Um die Kosten auch bezogen auf die Nettonutzfläche oder bezogen auf die Bruttogeschossfläche - ähnlich der Energiekennzahl - mit anderen Projekten oder untereinander vergleichen zu können, sind diese im Anhang unter „Tabelle C-24: Herstellungskosten der Optimierungsschritte flächenbezogen 1/2“ auf Seite 352 sowie unter „Tabelle C-25: Herstellungskosten der Optimierungsschritte flächenbezogen 2/2“ auf Seite 352 dargestellt.

MASSNAHMEN

In den Abbildungen 5-34 skizzenhaft sowie in 5-33 als Flussdiagramm sind die einzelnen Maßnahmen bzw. Optimierungsschritte dargestellt. Diese sind in drei Bereiche aufgeteilt:

- Sanierung
- Aufstockung
- Neubau

Beim Neubau wird ein zweigeschossiges Gebäude mit der selben Bruttogeschossfläche wie beim Bestandsgebäude vorgesehen. Nähere Informationen siehe unter „Neubau“ auf Seite 172.

Bei der Aufstockung wird das bestehende Gebäude um ein weiteres Geschoss erweitert. Nähere Informationen siehe unter „Aufstockung“ auf Seite 170.

Der Zweig der Sanierung ist wiederum unterteilt in:

- Sanierung der Bauteile mit Verlusten über die Außenluft
- Sanierung der Bauteile mit Verlusten gegen das Erdreich
- Sanierung durch technische Optimierung

Dabei sehen die Optimierungsschritte der Sanierung der Bauteile über die Außenluft folgende Maßnahmen vor:

- Dämmung der Dachfläche
- Austausch der Lichtkuppeln
- Dämmung der Außenwand
- Austausch der Fensterelemente durch zwei Möglichkeiten:
 - Sanierung der Fensterelemente und Wiederherstellen dieser in Größe und Form des Bestandsgebäudes.
 - Im Zuge der Sanierung der Fensterelemente werden die polygonalen Vorbauten abgebrochen und durch Fensterelemente in der Wandebene ersetzt.

Die Sanierung der Bauteile gegen Erdreich werden durch folgende Optimierungsschritte vorgesehen:

- Ausbilden einer Schürze
- Dämmung des Fußbodens gegen Erde
- Dämmung des Fußbodens gegen das Kellergeschoss
- Kombinationen daraus

Da eine Kombination dieser drei Möglichkeiten nicht zu einer Addition des jeweiligen Energieeinsparpotentials führt, wurden diese extra ausgewiesen.

Eine Addition der Wärmegewinne ist nicht möglich, da z.B.:

- Wenn der Fußboden gegen Erde an der Oberseite gedämmt wird, wird selbstverständlich der Fußboden gegen das Kellergeschoss mitsaniert. Sollte zusätzlich eine Dämmung an der Unterseite der Kellerdecke angebracht werden, so kann sich diese zusätzliche Dämmschicht nicht mehr in dem Maße positiv auf die Verbesserung des U-Wertes des Bauteils auswirken, als wenn nur diese Maßnahme ausgeführt würde.

In Abbildung 5-32 ist zu sehen, beispielhaft an der Außenwand, dass mit zunehmender Dämmstoffstärke eine Verbesserung des U-Wertes immer geringer wird und nicht linear verläuft.

- Ähnlich verhält es sich bei der Ausbildung einer Schürze. Wenn diese bereits hergestellt ist, kann eine Dämmung des Fußbodens nicht mehr dieselben Energieeinsparungen erzielen, als wenn diese Maßnahme ohne Schürzenausbildung gesetzt wird.

Die Sanierung durch technische Optimierung sieht eine dezentrale Lüftungsanlage vor.

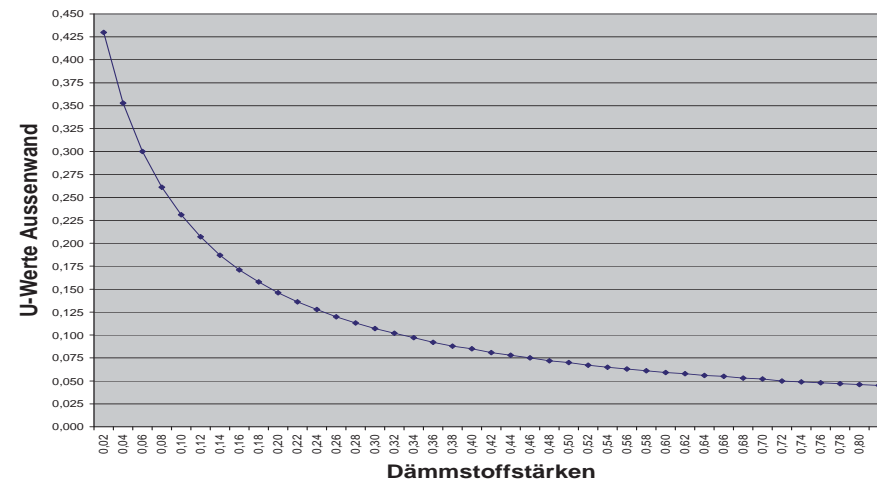


Abbildung 5-32: Verlauf des U-Wertes in Abhängigkeit der Dämmstoffstärke

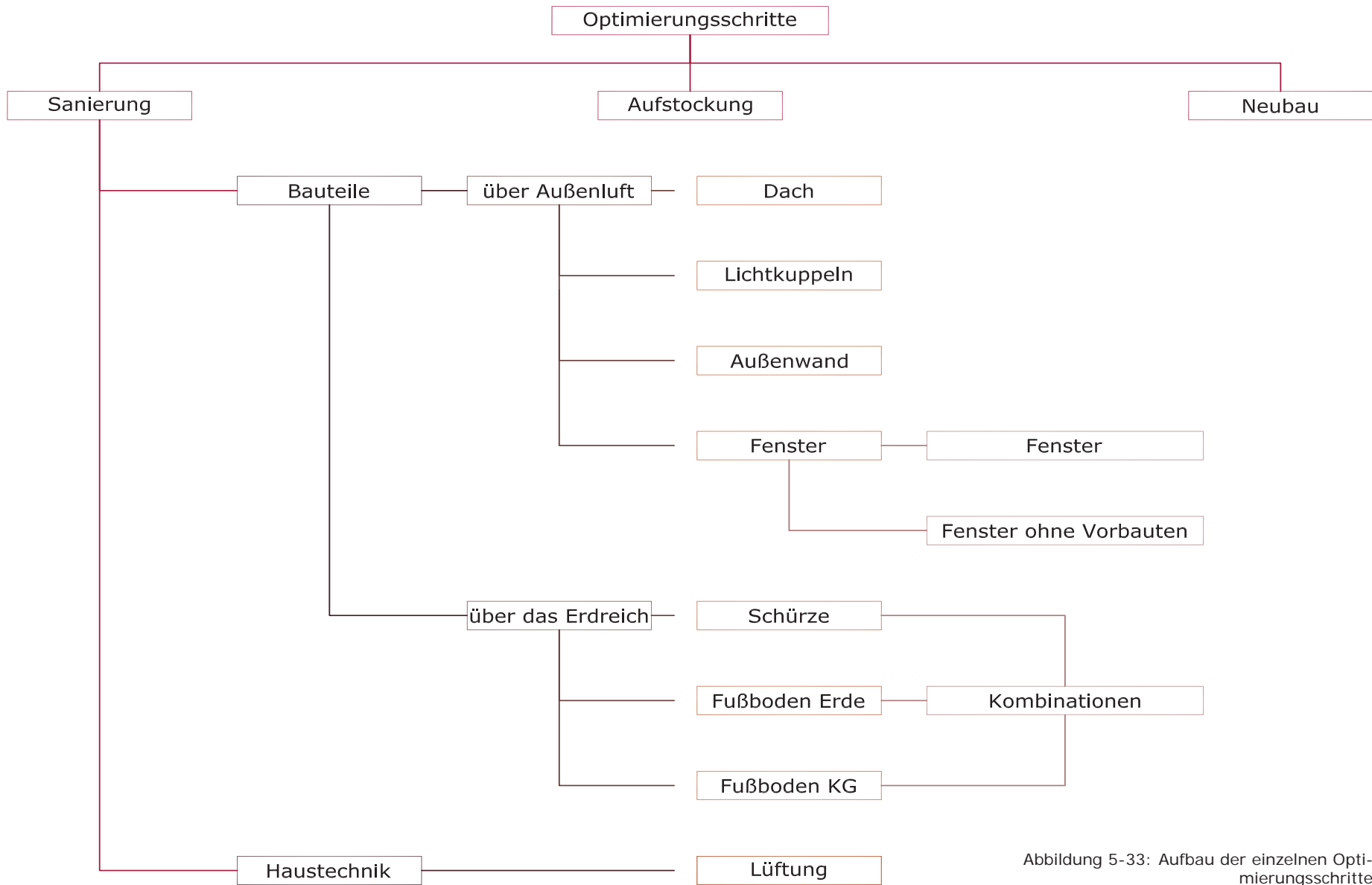


Abbildung 5-33: Aufbau der einzelnen Optimierungsschritte

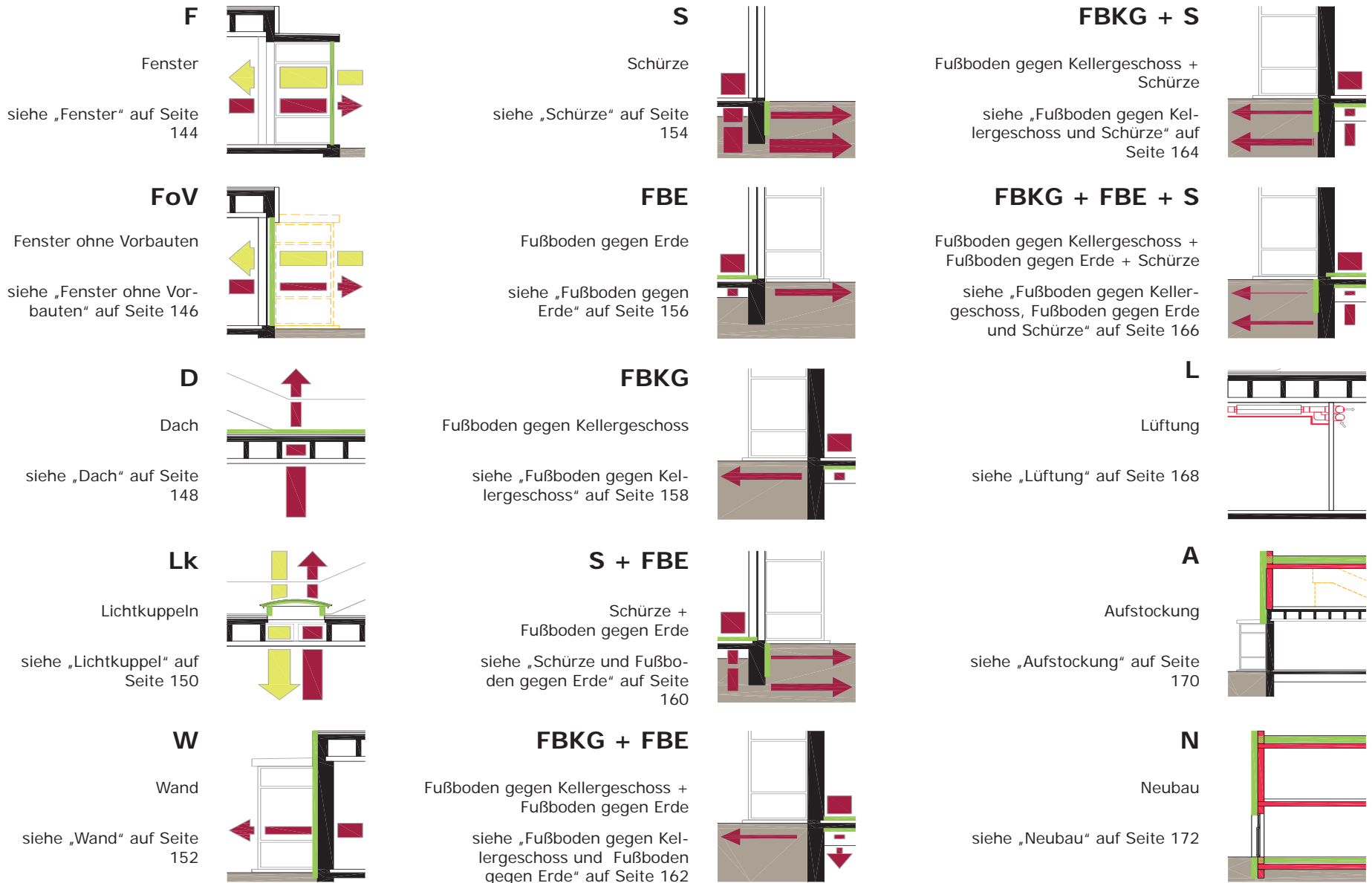


Abbildung 5-34: Skizzen der einzelnen Optimierungsschritte

FENSTER

Maßnahmenbeschreibung

Die bestehenden Fenster- und Türelemente inkl. der polygonalen Vorbauten werden durch Elemente mit unterschiedlichen U-Werten (siehe Tabelle 5-11) ersetzt.

Ausgangssituation

Beim Bestand gehen in etwa 85.000 kWh/a, bezogen auf das Standortklima, über die Fensterflächen verloren. Das sind ca. 12% der gesamten Transmissionswärme- sowie der Lüftungswärmeverluste abzüglich der solaren Gewinne.

Baumaßnahmen

In den fiktiven Herstellungskosten wurden folgende Maßnahmen berücksichtigt:

- bestehende Fenster- und Türelemente abbauen und entsorgen
- bestehende Portale abbauen und entsorgen
- neue Fenster- und Türelemente einbauen
- neue Portale einbauen
- Dachausbildung der Portale
- Abgehängte Decke
- bestehende Fensterbänke innen und außen abbauen und entsorgen
- neue Fensterbänke innen und außen einbauen
- Putzflächen innen ergänzen
- Malerarbeiten
- Putzflächen außen ergänzen

Ergebnisse der Berechnung

Tabelle 5-11: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme F

	Bestand	Energiestandard 1	Energiestandard 2	Energiestandard 3
Fenster				
Wärmeverluste				
Wärmeverluste	85.422 kWh/a	-	-	-
Einsparung* Standort	-	- 24.532 kWh/a	- 42.302 kWh/a	- 52.774 kWh/a
Einsparung* Referenz	-	-7,49 kWh/m²a	-13,04 kWh/m²a	-16,30 kWh/m²a
Prozentwert	11,73 %	- 3,37 %	- 5,81 %	- 7,25 %
Fenster				
U-Wert Fenster	1,53 W/m²K	1,36 W/m²K	1,00 W/m²K	0,82 W/m²K
U-Wert Glas	-	1,10 W/m²K	0,70 W/m²K	0,50 W/m²K
g-Wert	-	0,63	0,52	0,52
U-Wert Dachfläche	0,20 W/m²K	0,15 W/m²K	0,15 W/m²K	0,15 W/m²K
Kosten				
fiktive HKO	-	377.000 €	398.000 €	422.000 €
Effizienz				
Kosten der Energieeinsparung	-	15,37 €/kWh/a	9,41 €/kWh/a	8,00 €/kWh/a

- Außenputz beschichten
- bestehenden Sonnenschutz abbauen und entsorgen
- neue Sonnenschutzvorrichtungen anbringen
- Baustelleneinrichtung
- Reserve

Energieeinsparung

Im Vergleich zum Bestandsgebäude kann eine Reduktion der Wärmeverluste um ca. 3 bis 7%, bezogen auf das Standortklima, erreicht werden bzw. eine Einsparung von 7 bis 16 kWh/m²a, bezogen auf das Referenzklima.

Im Verhältnis der einzusparenden zu den vorhandenen Wärmeverlusten ergibt sich eine Reduktion von ca. 50%, was die Wärmeverluste im Energiestandard 2 betrifft.

Kosten

Die Herstellungskosten steigen je Energiestandard.

Effizienz

Mit der Sanierung auf den Energiestandard 3 kann verhältnismäßig mehr Energie für die investierten Herstellungskosten eingespart werden als in den beiden anderen Energiestandards.

Mit der errechneten Effizienz liegt die Maßnahme Fenster im Vergleich zu allen Optimierungsschritten die Sanierung betreffend, an letzter Stelle. Der Neubau liegt ungefähr im selben Bereich.

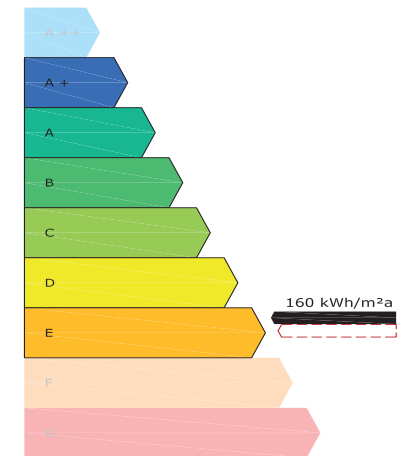


Abbildung 5-36: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme F

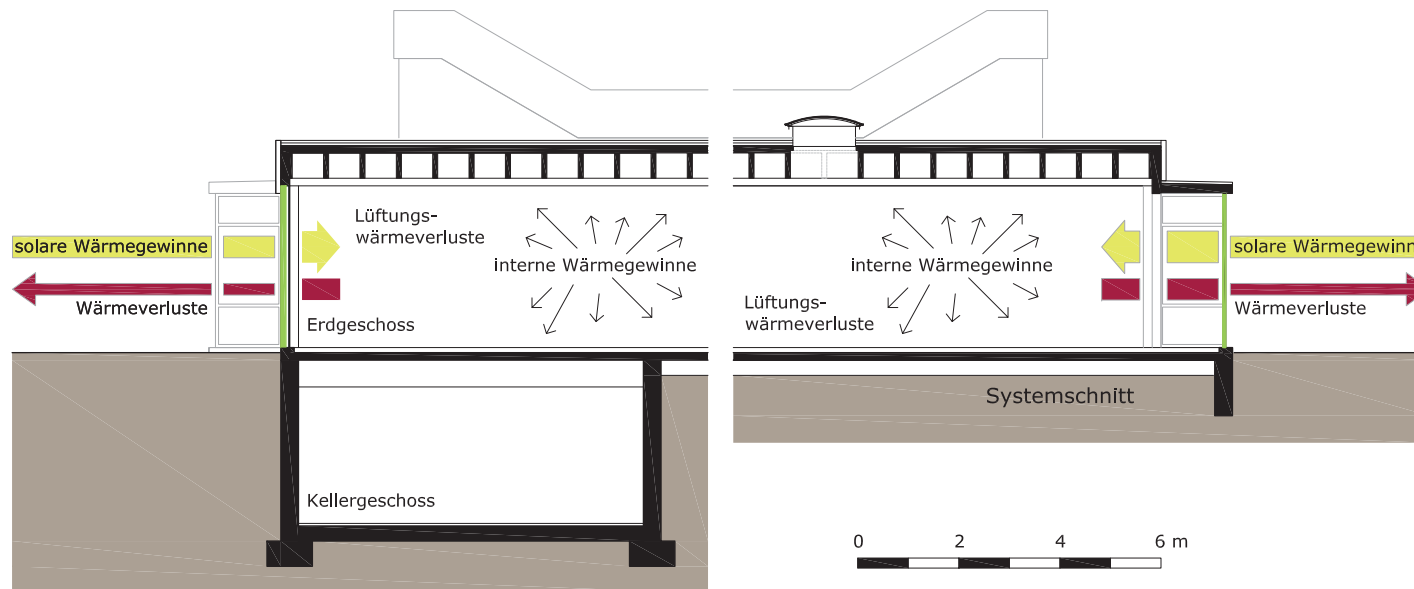


Abbildung 5-35: Systemschnitt der Maßnahme F

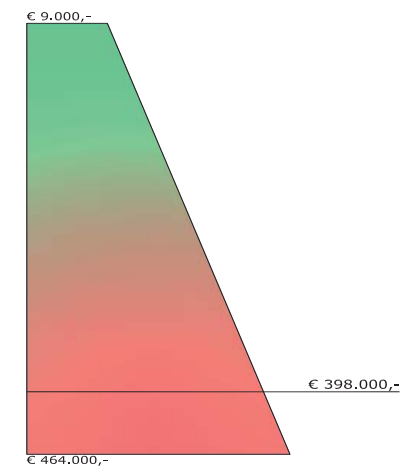


Abbildung 5-37: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme F

FENSTER OHNE VORBAUTEN

Maßnahmenbeschreibung

Die bestehenden Fenster- und Türelemente inkl. der polygonalen Vorbauten werden durch Elemente mit unterschiedlichen U-Werten (siehe Tabelle 5-12) ersetzt. Die Vorbauten werden im Zuge der Sanierung abgebrochen und durch Fensterelemente in der Wandebene ersetzt.

Ausgangssituation

Beim Bestand gehen in etwa 85.000 kWh/a, bezogen auf das Standortklima, über die Fensterflächen verloren. Das sind ca. 12% der gesamten Transmissionswärme- sowie der Lüftungswärmeverluste abzüglich der solaren Gewinne.

Baumaßnahmen

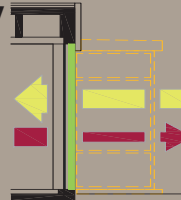
Es wurde das teilweise Versetzen von Trennwänden zur Vergrößerung der Nutzfläche der durch diese Maßnahme verkleinerten Klassenräume in den Kosten einkalkuliert.

In den fiktiven Herstellungskosten wurden folgende Maßnahmen berücksichtigt:

- bestehende Fenster- und Türelemente abbauen und entsorgen
- bestehende Portale abbauen und entsorgen
- neue Fenster- und Türelemente einbauen
- bestehende Fensterbänke innen und außen abbauen und entsorgen
- neue Fensterbänke innen und außen einbauen
- Putzflächen innen ergänzen
- Malerarbeiten
- Putzflächen außen ergänzen
- Außenputz beschichten

Ergebnisse der Berechnung

Tabelle 5-12: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme FoV

FoV 	Bestand	Energiestandard 1	Energiestandard 2	Energiestandard 3
---	---------	-------------------	-------------------	-------------------

Fenster ohne Vorbauten				
Wärmeverluste				
Wärmeverluste	85.422 kWh/a	-	-	-
Einsparung Standort	-	- 46.518 kWh/a	- 62.935 kWh/a	- 72.737 kWh/a
Einsparung* Referenz	-	-14,22 kWh/m²a	-19,36 kWh/m²a	-22,41 kWh/m²a
Prozentwert	11,73 %	- 6,39 %	- 8,64 %	- 9,99 %
Fenster				
U-Wert Fenster	-	1,36 W/m²K	1,00 W/m²K	0,81 W/m²K
U-Wert Glas	-	1,10 W/m²K	0,70 W/m²K	0,50 W/m²K
g-Wert	-	0,63	0,52	0,52
Kosten				
fiktive HKO	-	445.000 €	464.000 €	487.000 €
Effizienz				
Kosten der Energieeinsparung	-	9,57 €/kWh/a	7,37 €/kWh/a	6,70 €/kWh/a

- bestehenden Sonnenschutz abbauen und entsorgen
- neue Sonnenschutzvorrichtungen anbringen
- Fundament und Bodenbelag abbauen, neuen Bodenbelag verlegen
- Wände und Innentüren abbauen und entsorgen, versetzt wieder herstellen
- Baustelleneinrichtung
- Reserve

Energieeinsparung

Im Vergleich zum Bestandsgebäude kann eine Reduktion der Wärmeverluste um ca. 6 bis 10%, bezogen auf das Standortklima, erreicht werden bzw. eine Einsparung von 14 bis 22 kWh/m²a, bezogen auf das Referenzklima.

Im Verhältnis der einzusparenden zu den vorhandenen Wärmeverlusten ergibt sich eine Reduktion von ca. 74%, was die Wärmeverluste im Energiestandard 2 betrifft.

Kosten

Die Herstellungskosten steigen je Energiestandard.

Effizienz

Mit der Sanierung auf den Energiestandard 3 kann verhältnismäßig mehr Energie für die investierten Herstellungskosten eingespart werden als in den beiden anderen Energiestandards.

Mit der errechneten Effizienz liegt die Maßnahme Fenster ohne Vorbauten im Vergleich zu allen Optimierungsschritten die Sanierung betreffend, an vorletzter Stelle, also vor der Maßnahme Fenster.

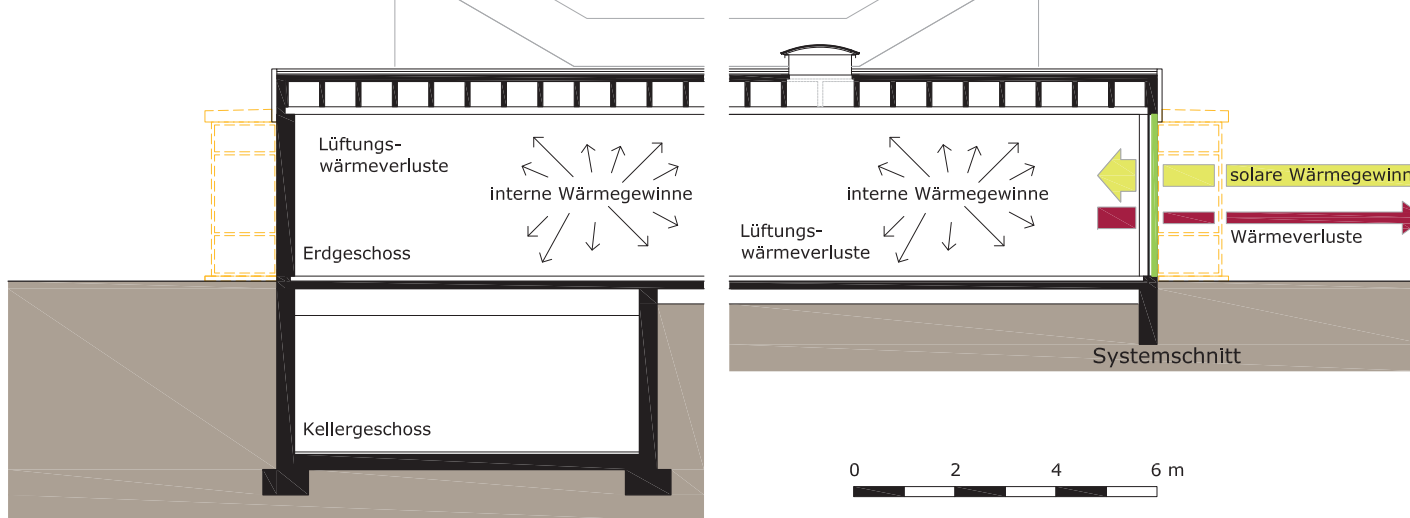


Abbildung 5-38: Systemschnitt der Maßnahme FoV

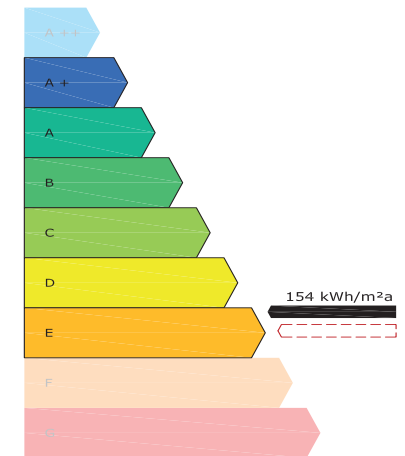


Abbildung 5-39: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme FoV

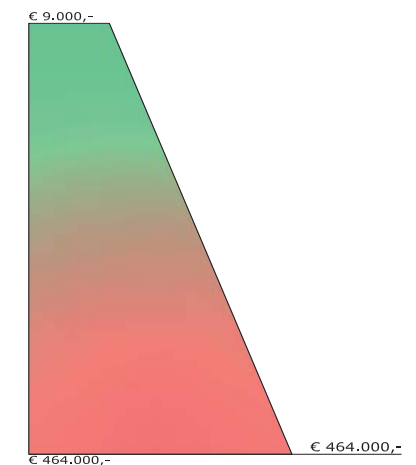


Abbildung 5-40: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme FoV

DACH

Maßnahmenbeschreibung

Auf das bestehende Dach wird eine zusätzliche Dämmschicht in unterschiedlichen Dämmstärken (siehe Tabelle 5-13) aufgebracht.

Ausgangssituation

Beim Bestand gehen in etwa 198.000 kWh/a, bezogen auf das Standortklima, über die opake Dachfläche verloren. Das sind ca. 27% der gesamten Transmissionswärme- sowie der Lüftungswärmeverluste abzüglich der solaren Gewinne.

Baumaßnahmen

Es wird davon ausgegangen, dass die bestehende Abdichtung im Aufbau belassen werden kann. In den fiktiven Herstellungskosten wurden folgende Maßnahmen berücksichtigt:

- Gerüstung
- Dacheindeckung der Dachaufbauten für die Belichtung der Pausenhallen abbrechen und entsorgen
- Kies seitlich lagern
- Blechabdeckungen abbrechen
- Bleche entsorgen
- Wärmedämmung einbringen
- Vlies aufbringen
- Dachhaut aufbringen
- Hochzüge ausbilden
- Kiesschüttung wieder aufbringen
- Kiesschüttung eventuell ergänzen
- Abdichtung auf den Dachaufbauten für die Be-

Ergebnisse der Berechnung

Tabelle 5-13: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme D

D	Bestand	Energiestandard 1	Energiestandard 2	Energiestandard 3
Dach				
Wärmeverluste				
Wärmeverluste	198.173 kWh/a	-	-	-
Einsparung Standort	-	- 138.490 kWh/a	- 169.226 kWh/a	- 171.733 kWh/a
Einsparung* Referenz	-	-41,99 kWh/m²a	-51,30 kWh/m²a	-52,06 kWh/m²a
Prozentwert	27,21 %	- 19,02 %	- 23,24 %	- 23,58 %
Dach				
Dämmstoffstärke bei $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$	-	14 cm	36 cm	40 cm
U-Wert	0,64 W/m²K	0,19 W/m²K	0,09 W/m²K	0,08 W/m²K
Kosten				
fiktive HKO	-	275.000 €	311.000 €	319.000 €
Effizienz				
Kosten der Energieeinsparung	-	1,99 €/kWh/a	1,84 €/kWh/a	1,86 €/kWh/a

- Belichtung der Pausenhallen mechanisch befestigen
- Dachabdichtung an Entwässerung, Dachaufbauten und Einbauten anarbeiten
- neue Blechabdeckungen anbringen
- Bleche mit der Dachabdichtung verkleben
- Baustelleneinrichtung
- Reserve

Energieeinsparung

Im Vergleich zum Bestandsgebäude kann eine Reduktion der Wärmeverluste um ca. 19 bis 24%, bezogen auf das Standortklima, erreicht werden bzw. eine Einsparung von 42 bis 52 kWh/m²a bezogen auf das Referenzklima. Im Verhältnis der einzusparenden zu den vorhandenen Wärmeverlusten ergibt sich eine Reduktion von ca. 85%, was die Wärmeverluste im Energiestandard 2 betrifft.

Kosten

Die Herstellungskosten steigen je Energiestandard.

Effizienz

Mit der Sanierung auf den Energiestandard 2 kann verhältnismäßig mehr Energie für die investierten Herstellungskosten eingespart werden als in den beiden anderen Energiestandards. Mit der errechneten Effizienz liegt die

Maßnahme Dach im Vergleich zu allen Optimierungsschritten an zweiter Stelle, also nach den Maßnahmen zur Verringerung der Wärmeverluste über das Erdreich (Maßnahmen S, FBE, FBKG und deren Kombinationen stehen gemeinsam an erster Stelle) und vor dem Mittelfeld aus Maßnahme Lüftung, Wand und Lichtkuppel.

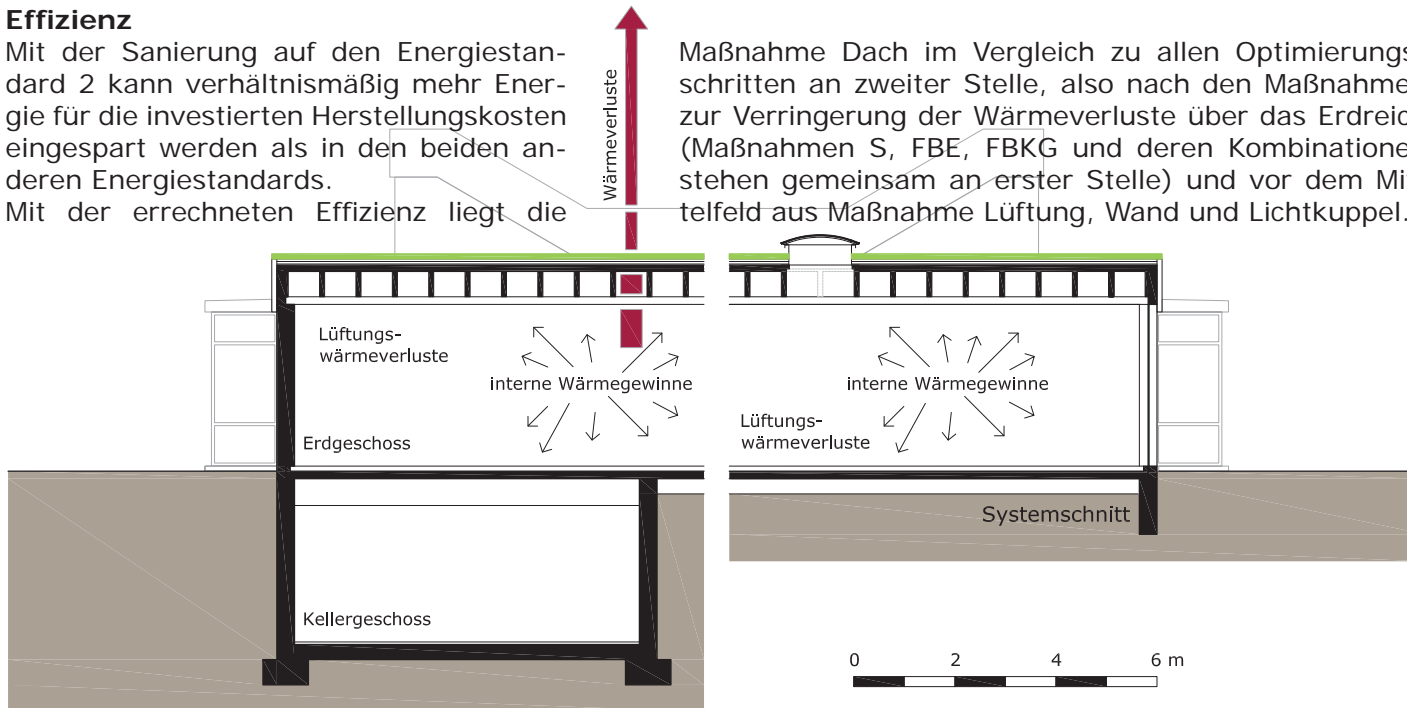


Abbildung 5-41: Systemschnitt der Maßnahme D

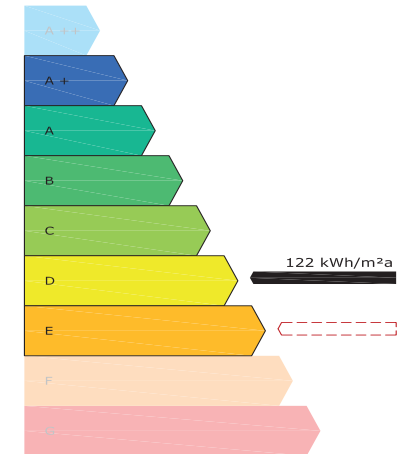


Abbildung 5-42: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme D

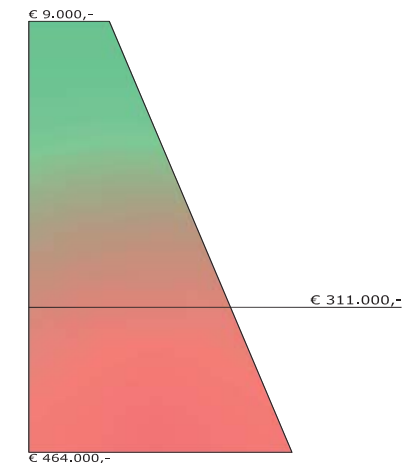


Abbildung 5-43: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme D

LICHTKUPPEL

Maßnahmenbeschreibung

Die bestehenden Lichtkuppeln werden durch Elemente mit unterschiedlichen U-Werten (siehe Tabelle 5-14) ersetzt.

Ausgangssituation

Beim Bestand gehen in etwa 27.000 kWh/a, bezogen auf das Standortklima, über den transparenten Anteil der Dachfläche verloren. Das sind ca. 4% der gesamten Transmissionswärme- sowie der Lüftungswärmeverluste abzüglich der solaren Gewinne.

Baumaßnahmen

In den fiktiven Herstellungskosten wurden folgende Maßnahmen berücksichtigt:

- Gerüstung
- Kies seitlich lagern
- Lichtkuppeln abbrechen
- Lichtkuppeln entsorgen
- neue Lichtkuppeln einbauen
- Dachhaut ergänzen
- Dachhaut anarbeiten
- Hochzüge ausbilden
- Kiesschüttung wieder aufbringen
- Kiesschüttung eventuell ergänzen
- Baustelleneinrichtung
- Reserve

Ergebnisse der Berechnung

Tabelle 5-14: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme Lk

Lk	Bestand	Energiestandard 1	Energiestandard 2	Energiestandard 3
Lichtkuppeln				
Wärmeverluste				
Wärmeverluste	27.168 kWh/a	-	-	-
Einsparung Standort	-	- 10.885 kWh/a	- 16.409 kWh/a	- 22.293 kWh/a
Einsparung* Referenz	-	-3,34 kWh/m ² a	-5,05 kWh/m ² a	-6,88 kWh/m ² a
Prozentwert	3,73 %	- 1,49 %	- 2,25 %	- 3,06 %
Lichtkuppel				
U-Wert	3,00 W/m ² K	2,00 W/m ² K	1,40 W/m ² K	0,80 W/m ² K
g-Wert	0,67	0,63	0,52	0,52
Kosten				
fiktive HKO	-	48.000 €	69.000 €	88.000 €
Effizienz				
Kosten der Energieeinsparung	-	4,41 €/kWh/a	4,21 €/kWh/a	3,95 €/kWh/a

Energieeinsparung

Im Vergleich zum Bestandsgebäude kann eine Reduktion der Wärmeverluste um ca. 1 bis 3%, bezogen auf das Standortklima, erreicht werden bzw. eine Einsparung von 3 bis 7 kWh/m²a bezogen auf das Referenzklima.

Im Verhältnis der einzusparenden zu den vorhandenen Wärmeverlusten ergibt sich eine Reduktion von ca. 60%, was die Wärmeverluste im Energiestandard 2 betrifft.

Kosten

Die Herstellungskosten steigen je Energiestandard.

Effizienz

Mit der Sanierung auf den Energiestandard 3 kann verhältnismäßig mehr Energie für die investierten Herstellungskosten eingespart werden als in den beiden anderen Energiestandards.

Mit der errechneten Effizienz liegt die Maßnahme Lichtkuppel im Vergleich zu allen Optimierungsschritten im Mittelfeld mit den Maßnahmen Lüftung und Wand.

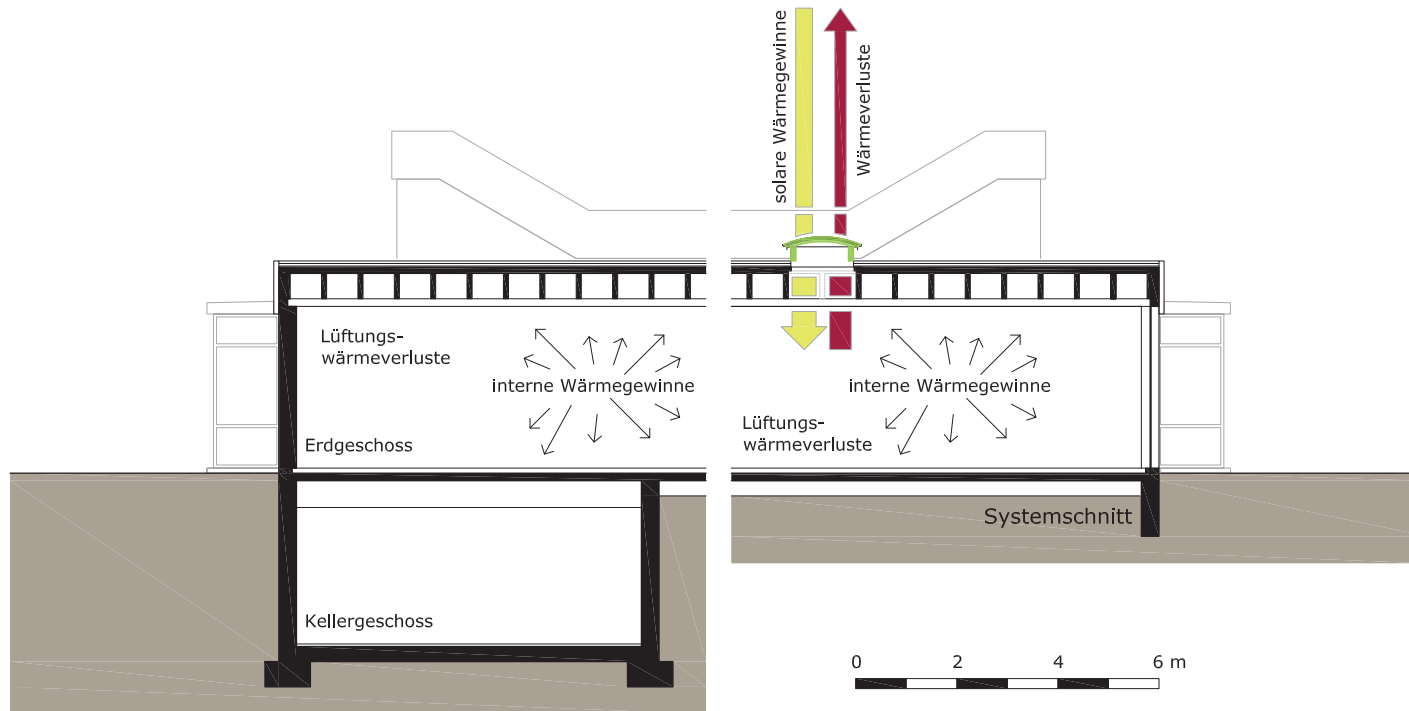


Abbildung 5-44: Systemschnitt der Maßnahme LK

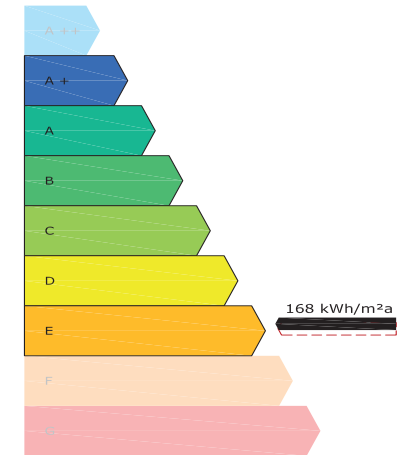


Abbildung 5-45: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme LK

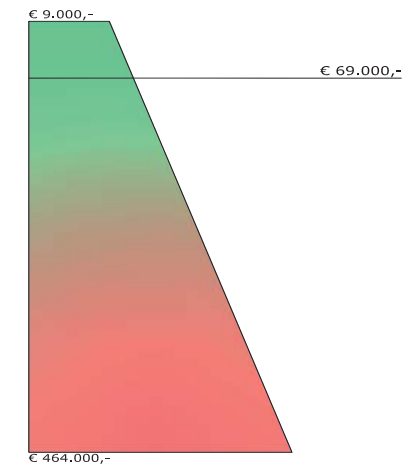


Abbildung 5-46: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme LK

WAND

Maßnahmenbeschreibung

Auf die bestehende Außenwand wird eine zusätzliche Dämmschicht in unterschiedlichen Dämmstärken (siehe Tabelle 5-15) aufgebracht.

Ausgangssituation

Beim Bestand gehen in etwa 42.000 kWh/a, bezogen auf das Standortklima, über die opake Außenwand verloren. Das sind ca. 6% der gesamten Transmissionswärme- sowie der Lüftungswärmeverluste abzüglich der solaren Gewinne.

Baumaßnahmen

In den fiktiven Herstellungskosten wurden folgende Maßnahmen berücksichtigt:

- Gerüstung
- Fassadenabdeckungen abbrechen
- Fassadenabdeckungen entsorgen
- Mutterboden abtragen und wieder ausbreiten
- Erdarbeiten
- Bestandswand reinigen
- Voranstrich aufbringen
- Abdichtung anbringen
- Wärmedämmverbundsystem mechanisch an der Bestandswand befestigen
- Fassadenabdeckungen neu anbringen
- Putzarbeiten
- Humusflächen besämen

Ergebnisse der Berechnung

Tabelle 5-15: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme W

W		Bestand	Energiestandard 1	Energiestandard 2	Energiestandard 3
Wand					
Wärmeverluste					
Wärmeverluste	41.759 kWh/a	-	-	-	-
Einsparung Standort	-	- 12.747 kWh/a	- 28.326 kWh/a	- 31.636 kWh/a	
Einsparung* Referenz	-	-3,86 kWh/m²a	-8,59 kWh/m²a	-9,59 kWh/m²a	
Prozentwert	5,73 %	- 1,75 %	- 3,89 %	- 4,34 %	
Wand gegen Außenluft					
Dämmstoffstärke bei $\lambda = 0,04$ W/mK	-	4 cm	20 cm	30 cm	
U-Wert	0,43 W/m²K	0,30 W/m²K	0,14 W/m²K	0,10 W/m²K	
Wand gegen Erde					
Dämmstoffstärke bei $\lambda = 0,041$ W/mK	-	4 cm	20 cm	30 cm	
U-Wert	0,56 W/m²K	0,36 W/m²K	0,15 W/m²K	0,11 W/m²K	
Kosten					
fiktive HKO	-	79.000 €	93.000 €	106.000 €	
Effizienz					
Kosten der Energieeinsparung	-	6,20 €/kWh/a	3,28 €/kWh/a	3,35 €/kWh/a	

- Baustelleneinrichtung
- Reserve

Energieeinsparung

Im Vergleich zum Bestandsgebäude kann eine Reduktion der Wärmeverluste um ca. 1 bis 4%, bezogen auf das Standortklima, erreicht werden bzw. eine Einsparung von 4 bis 10 kWh/m²a bezogen auf das Referenzklima. Im Verhältnis der einzusparenden zu den vorhandenen Wärmeverlusten ergibt sich eine Reduktion von ca. 68%, was die Wärmeverluste im Energiestandard 2 betrifft.

Kosten

Die Herstellungskosten steigen je Energiestandard.

Effizienz

Mit der Sanierung auf den Energiestandard 2 kann verhältnismäßig mehr Energie für die investierten Herstellungskosten eingespart werden als in den beiden anderen Energiestandards.

Mit der errechneten Effizienz liegt die Maßnahme Wand im Vergleich zu allen Optimierungsschritten im Mittelfeld mit den Maßnahmen Lüftung und Lichtkuppeln.

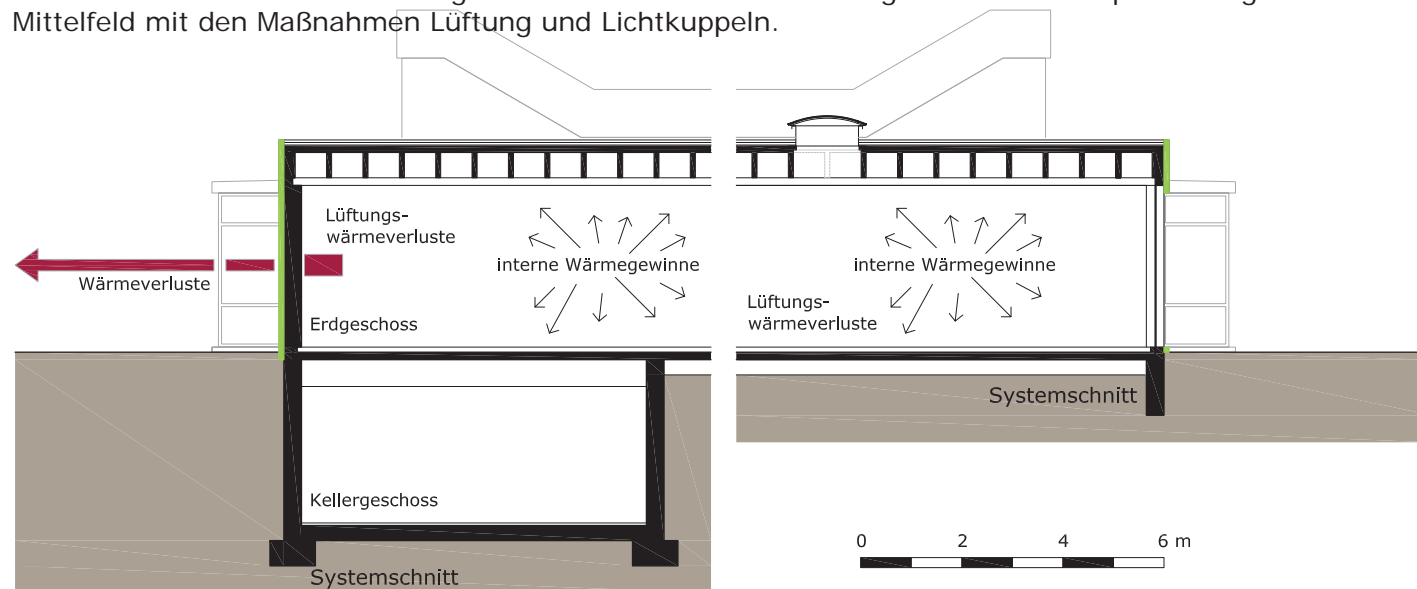


Abbildung 5-47: Systemschnitt der Maßnahme W

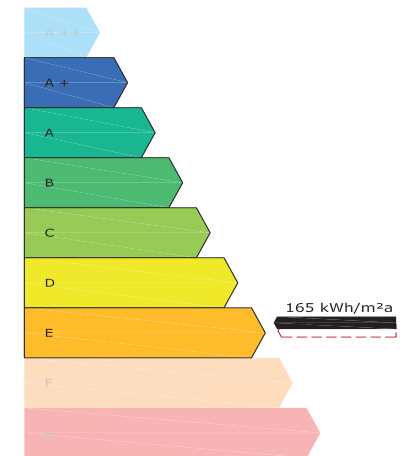


Abbildung 5-48: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme W

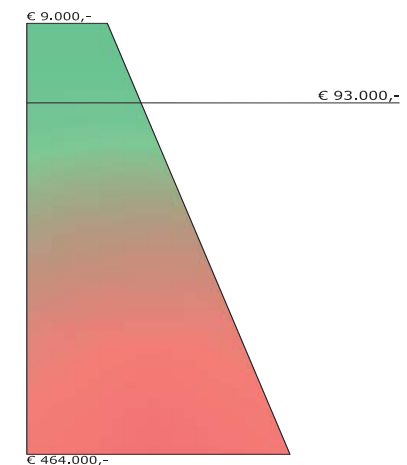


Abbildung 5-49: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme W

SCHÜRZE

Maßnahmenbeschreibung

Rund um das Gebäude wird eine Dämmschürze bis auf einen Meter Tiefe in unterschiedlichen Dämmstärken (siehe Tabelle 5-16) eingebaut.

Für die Ausführung muss jedenfalls ein Bodengutachten durchgeführt werden, da diese Maßnahme nur bei entsprechenden Grundwasserverhältnissen zum gewünschten Erfolg führt.

Ausgangssituation

Beim Bestand gehen in etwa 280.000 kWh/a, bezogen auf das Standortklima, über das Erdreich verloren. Das sind ca. 38% der gesamten Transmissionswärme- sowie der Lüftungswärmeverluste abzüglich der solaren Gewinne.

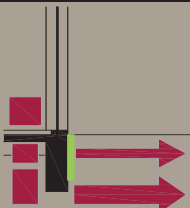
Baumaßnahmen

In den fiktiven Herstellungskosten wurden folgende Maßnahmen berücksichtigt:

- Mutterboden abtragen
- Graben ausheben
- Bestandswand reinigen
- Voranstrich aufbringen
- Abdichtung anbringen
- Dämmung anbringen
- Dämmung mechanisch befestigen
- Graben wieder befüllen
- Verdichten
- Überschüssiges Material entsorgen
- Mutterboden wieder ausbreiten
- Humusflächen besämen
- Baustelleneinrichtung
- Reserve

Ergebnisse der Berechnung

Tabelle 5-16: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme S

S	Bestand	Energiestandard 1	Energiestandard 2	Energiestandard 3
				

Schürze				
Wärmeverluste				
Wärmeverluste	279.712 kWh/a	-	-	-
Einsparung Standort	-	- 209.730 kWh/a	- 214.727 kWh/a	- 215.593 kWh/a
Einsparung* Referenz	-	-63,58 kWh/m²a	-65,10 kWh/m²a	-65,36 kWh/m²a
Prozentwert	-	- 28,80 %	- 29,49 %	- 29,61 %
Schürze				
Dämmstoffstärke bei $\lambda = 0,041 \text{ W/mK}$	-	4 cm	20 cm	30 cm
Kosten				
fiktive HKO	-	28.000 €	35.000 €	40.000 €
Effizienz				
Kosten der Energieeinsparung	-	0,13 €/kWh/a	0,16 €/kWh/a	0,19 €/kWh/a

Energieeinsparung

Im Vergleich zum Bestandsgebäude kann eine Reduktion der Wärmeverluste um ca. 29%, bezogen auf das Standortklima, erreicht werden bzw. eine Einsparung von 64 bis 65 kWh/m²a bezogen auf das Referenzklima.

Die einzelnen Energiestandards bieten nicht eine so große Spanne, wie bei den anderen Optimierungsschritten.

Mit der Ausführung des Energiestandards 3 kann im Vergleich zum Energiestan-

Standard 1 nur um ca. 0,80% mehr an Energieeinsparung erzielt werden. Im Verhältnis der einzusparenden Wärmeverluste durch die Maßnahme Schürze zu den vorhandenen Wärmeverlusten über den Fußboden gegen Erde und gegen Kellergeschoss ergibt sich eine Reduktion von ca. 77%, was die Wärmeverluste im Energiestandard 2 betrifft.

Kosten

Die Herstellungskosten steigen je Energiestandard.

Effizienz

Mit der Sanierung auf den Energiestandard 1 kann verhältnismäßig mehr Energie für die investierten Herstellungskosten eingespart werden als in den beiden anderen Energiestandards.

Mit der errechneten Effizienz liegt die Maßnahme Schürze - wie alle Maßnahmen zur Verringerung der Wärmeverluste über das Erdreich - im Vergleich zu allen Optimierungsschritten an erster Stelle, gefolgt von der Maßnahme Dach.

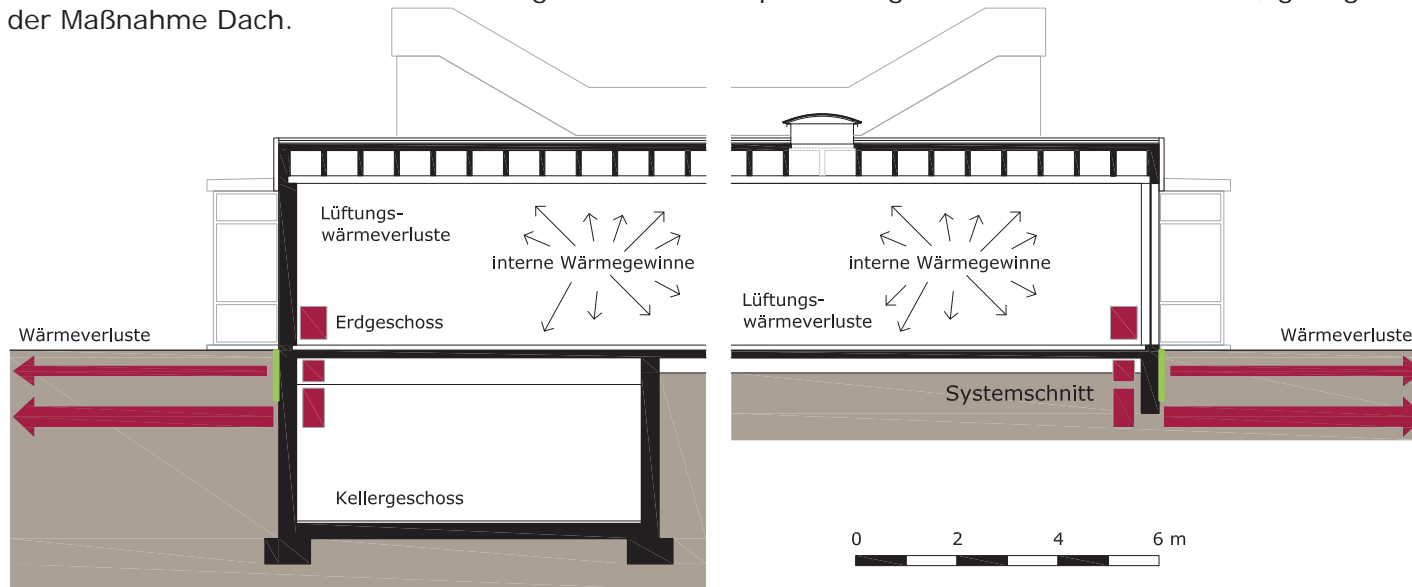


Abbildung 5-50: Systemschnitt der Maßnahme S

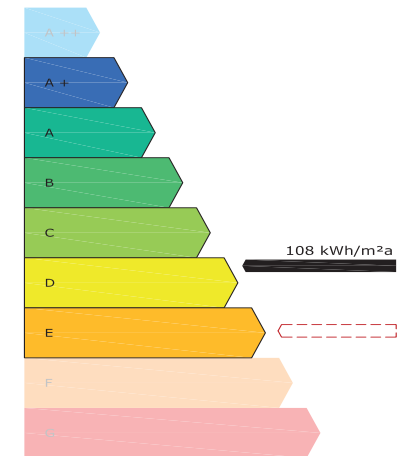


Abbildung 5-51: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme S

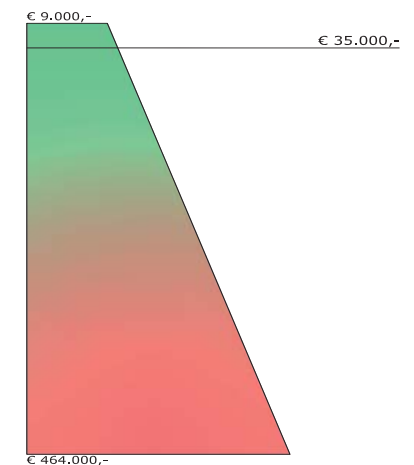


Abbildung 5-52: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme S

FUSSBODEN GEGEN ERDE

Maßnahmenbeschreibung

Auf den bestehenden Fußboden wird eine zusätzliche Dämmschicht in unterschiedlichen Dämmstärken (siehe Tabelle 5-17) aufgebracht.

Ausgangssituation

Beim Bestand gehen in etwa 267.000 kWh/a, bezogen auf das Standortklima, über den Fußboden gegen Erde verloren. Das sind ca. 37% der gesamten Transmissionswärme- sowie der Lüftungswärmeverluste abzüglich der solaren Gewinne.

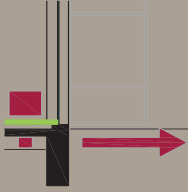
Baumaßnahmen

In den fiktiven Herstellungskosten wurden folgende Maßnahmen berücksichtigt:

- Bodenbelag PVC abtragen und entsorgen
- Bodenbelag Fliesen abtragen und entsorgen
- Untergrund vorbereiten
- Dämmschicht aufbringen
- Folien, Estrich aufbringen
- Trittschalldämmung verlegen
- Bodenbelag PVC verlegen
- Fliesen verlegen
- Teilweise Türblätter und Zargen kürzen
- Teilweise Zargen abbrechen und entsorgen
- Teilweise Türblätter abbrechen und entsorgen
- Teilweise neue Zargen höher setzen
- Teilweise neue Türblätter versetzen

Ergebnisse der Berechnung

Tabelle 5-17: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme FBE

FBE	Bestand	Energiestandard 1	Energiestandard 2	Energiestandard 3
				
Fußboden gegen Erde				
Wärmeverluste				
Wärmeverluste	266.917 kWh/a	-	-	-
Einsparung Standort	-	- 211.381 kWh/a	- 240.030 kWh/a	- 251.937 kWh/a
Einsparung* Referenz	-	-61,31 kWh/m²a	-69,54 kWh/m²a	-72,96 kWh/m²a
Prozentwert	36,66 %	- 29,03 %	- 32,96 %	- 34,60 %
Fußboden gegen Erde				
Dämmstoffstärke bei $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$	-	10 cm	20 cm	30 cm
U-Wert	1,31 W/m²K	0,29 W/m²K	0,16 W/m²K	0,11 W/m²K
Kosten				
fiktive HKO	-	379.000 €	410.000 €	437.000 €
Effizienz				
Kosten der Energieeinsparung	-	1,79 €/kWh/a	1,71 €/kWh/a	1,73 €/kWh/a

- Neue Zargen beschichten
- Malerarbeiten ergänzen
- Sanitärgegenstände neu versetzen
- Baustelleneinrichtung
- Reserve

Energieeinsparung

Im Vergleich zum Bestandsgebäude kann eine Reduktion der Wärmeverluste um ca. 29 bis 35%, bezogen auf das Standortklima, erreicht werden bzw. eine Einsparung von 61 bis 73 kWh/m²a bezogen auf das Referenzklima. Im Verhältnis der einzusparenden zu den vorhandenen Wärmeverlusten ergibt sich eine Reduktion von ca. 90%, was die Wärmeverluste im Energiestandard 2 betrifft.

Kosten

Die Herstellungskosten steigen je Energiestandard.

Effizienz

Mit der Sanierung auf den Energiestandard 2 kann verhältnismäßig mehr Energie für die investierten Herstellungskosten eingespart werden als in den beiden anderen Energiestandards.

Mit der errechneten Effizienz liegt die Maßnahme Fußboden gegen Erde - wie alle Maßnahmen zur Verringerung der Wärmeverluste über das Erdreich - im Vergleich zu allen Optimierungsschritten an erster Stelle, gefolgt von der Maßnahme Dach.

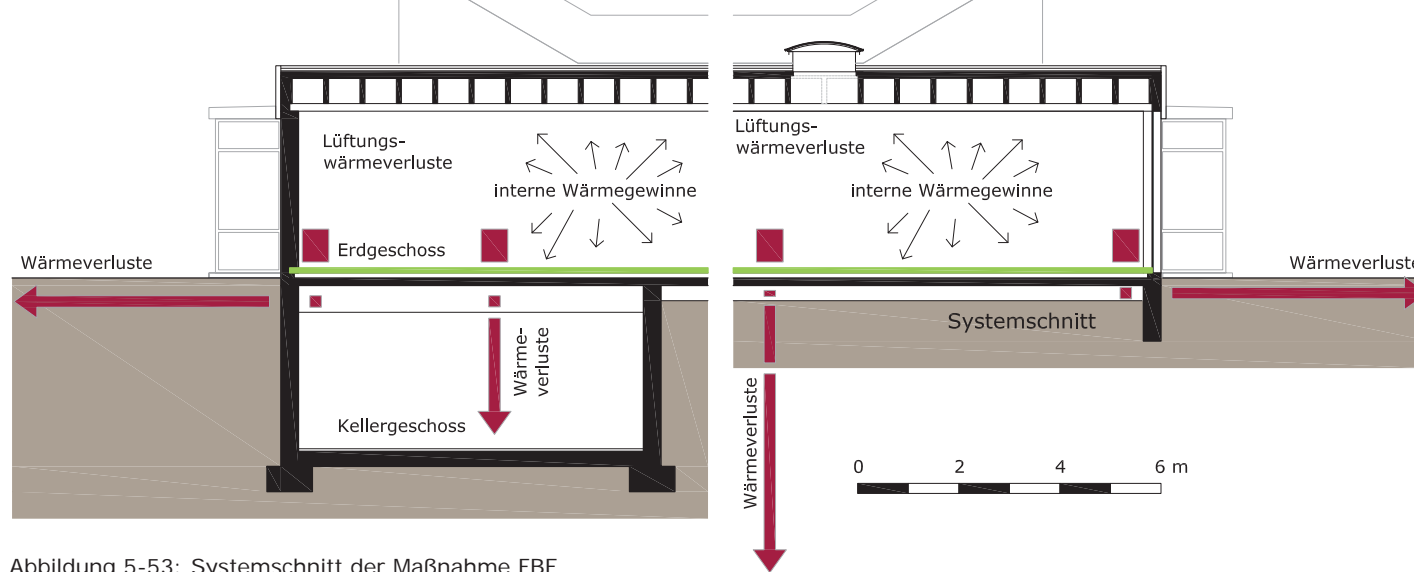


Abbildung 5-53: Systemschnitt der Maßnahme FBE

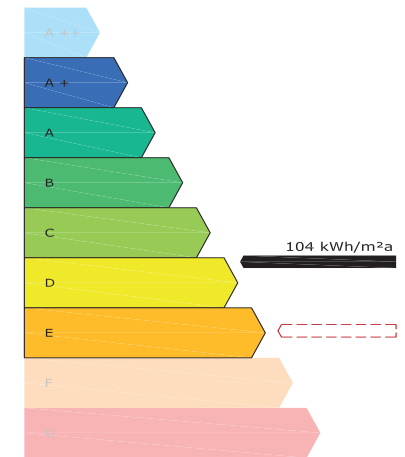


Abbildung 5-54: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme FBE

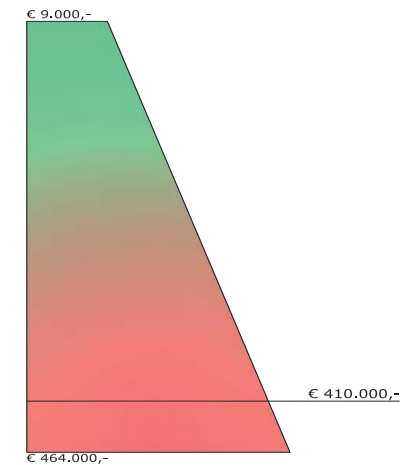


Abbildung 5-55: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme FBE

FUSSBODEN GEGEN KELLERGESCHOSS

Maßnahmenbeschreibung

An der Unterseite des Fußbodens gegen das Kellergeschoss wird eine Dämmschicht in unterschiedlichen Dämmstärken (siehe Tabelle 5-18) aufgebracht.

Ausgangssituation

Beim Bestand gehen in etwa 13.000 kWh/a, bezogen auf das Standortklima, über den Fußboden gegen Kellergeschoss verloren. Das sind ca. 2% der gesamten Transmissionswärme- sowie der Lüftungswärmeverluste abzüglich der solaren Gewinne.

Baumaßnahmen

In den fiktiven Herstellungskosten wurden folgende Maßnahmen berücksichtigt:

- Dämmung an der Unterseite der Decke anbringen
- spachteln

Ergebnisse der Berechnung

Tabelle 5-18: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme FBKG

FBKG	Bestand	Energiestandard 1	Energiestandard 2	Energiestandard 3
Fußboden gegen KG				
Wärmeverluste				
Wärmeverluste	12.795 kWh/a	-	-	-
Einsparung Standort	-	- 7.644 kWh/a	- 9.102 kWh/a	- 10.632 kWh/a
Einsparung* Referenz	-	-2,32 kWh/m²a	-2,76 kWh/m²a	-3,22 kWh/m²a
Prozentwert	1,76 %	- 1,05 %	- 1,25 %	- 1,46 %
Fußboden gegen KG				
Dämmstoffstärke	-	6 cm	10 cm	20 cm
bei $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$				
U-Wert	1,07 W/m²K	0,40 W/m²K	0,28 W/m²K	0,16 W/m²K
Kosten				
fiktive HKO	-	8.000 €	9.000 €	11.000 €
Effizienz				
Kosten der Energieeinsparung	-	1,05 €/kWh/a	0,99 €/kWh/a	1,03 €/kWh/a

Energieeinsparung

Im Vergleich zum Bestandsgebäude kann eine Reduktion der Wärmeverluste um ca. 1%, bezogen auf das Standortklima, erreicht werden bzw. eine Einsparung von 2 bis 3 kWh/m²a bezogen auf das Referenzklima. Im Verhältnis der einzusparenden zu den vorhandenen Wärmeverlusten ergibt sich eine Reduktion von ca. 71%, was die Wärmeverluste im Energiestandard 2 betrifft.

Kosten

Die Herstellungskosten steigen je Energiestandard.

Effizienz

Mit der Sanierung auf den Energiestandard 2 kann verhältnismäßig mehr Energie für die investierten Herstellungskosten eingespart werden als in den beiden anderen Energiestandards.

Mit der errechneten Effizienz liegt die Maßnahme Fußboden gegen Kellergeschoss - wie alle Maßnahmen zur Verringerung der Wärmeverluste über das Erdreich - im Vergleich zu allen Optimierungsschritten an erster Stelle, gefolgt von der Maßnahme Dach.

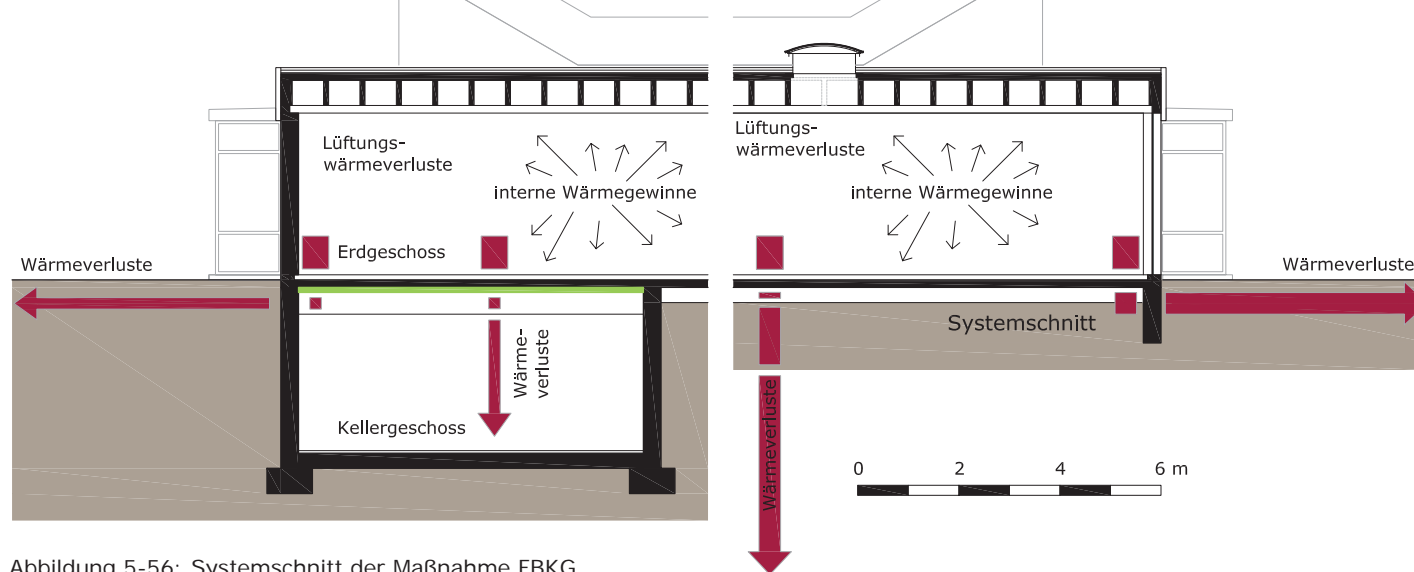


Abbildung 5-56: Systemschnitt der Maßnahme FBKG

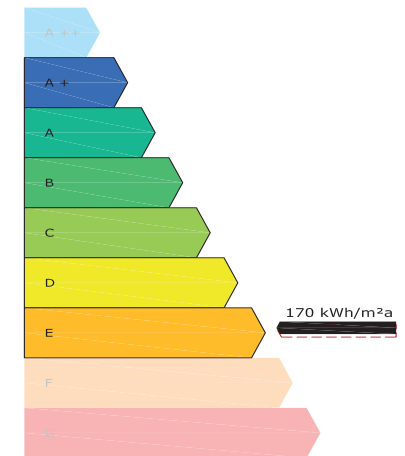


Abbildung 5-57: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme FBKG

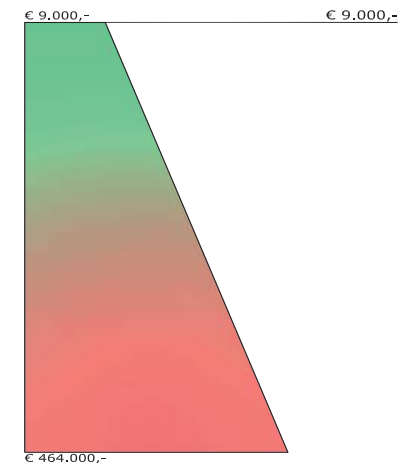


Abbildung 5-58: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme FBKG

SCHÜRZE UND FUSSBODEN GEGEN ERDE

Maßnahmenbeschreibung

Rund um das Gebäude wird eine Dämmschürze in unterschiedlichen Dämmstärken (siehe Tabelle 5-19) bis auf einen Meter Tiefe eingebaut und auf den bestehenden Fußboden eine zusätzliche Dämmschicht in unterschiedlichen Dämmstärken (siehe Tabelle 5-19) aufgebracht.

Ausgangssituation

Beim Bestand gehen in etwa 280.000 kWh/a, bezogen auf das Standortklima, über das Erdreich verloren. Das sind ca. 38% der gesamten Transmissionswärme- sowie der Lüftungswärmeverluste abzüglich der solaren Gewinne.

Baumaßnahmen

In den fiktiven Herstellungskosten wurden folgende Maßnahmen berücksichtigt:

- Maßnahmen des Optimierungsschrittes Schürze
- Maßnahmen des Optimierungsschrittes Fußboden gegen Erde

Ergebnisse der Berechnung

Tabelle 5-19: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme S+FBE

S + FBE		Bestand	Energiestandard 1	Energiestandard 2	Energiestandard 3
Schürze + Fußboden gegen Erde					
Wärmeverluste					
Wärmeverluste	279.712 kWh/a	-	-	-	-
Einsparung Standort	-	- 235.620 kWh/a	- 247.693 kWh/a	- 254.389 kWh/a	-
Einsparung* Referenz	-	-71,43 kWh/m²a	-75,09 kWh/m²a	-77,12 kWh/m²a	-
Prozentwert	-	- 32,36 %	- 34,02 %	- 34,93 %	-
Schürze					
Dämmstoffstärke bei $\lambda = 0,041 \text{ W/mK}$	-	4 cm	20 cm	30 cm	-
Fußboden gegen Erde					
Dämmstoffstärke bei $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$	-	10 cm	20 cm	30 cm	-
U-Wert	1,31 W/m²K	0,29 W/m²K	0,16 W/m²K	0,11 W/m²K	-
Kosten					
fiktive HKO	-	407.000 €	445.000 €	477.000 €	-
Effizienz					
Kosten der Energieeinsparung	-	1,73 €/kWh/a	1,80 €/kWh/a	1,88 €/kWh/a	-

Energieeinsparung

Im Vergleich zum Bestandsgebäude kann eine Reduktion der Wärmeverluste um ca. 32 bis 35%, bezogen auf das Standortklima, erreicht werden bzw. eine Einsparung von 71 bis 77 kWh/m²a bezogen auf das Referenzklima. Im Verhältnis der einzusparenden zu den vorhandenen Wärmeverlusten ergibt sich eine Reduktion von ca. 89%, was die Wärmeverluste im Energiestandard 2 betrifft.

Kosten

Die Herstellungskosten steigen je Energiestandard.

Effizienz

Mit der Sanierung auf den Energiestandard 1 kann verhältnismäßig mehr Energie für die investierten Herstellungskosten eingespart werden als in den beiden anderen Energiestandards.

Mit der errechneten Effizienz liegt die Maßnahme Schürze und Fußboden gegen Erde - wie alle Maßnahmen zur Verringerung der Wärmeverluste über das Erdreich - im Vergleich zu allen Optimierungsschritten an erster Stelle, gefolgt von der Maßnahme Dach.

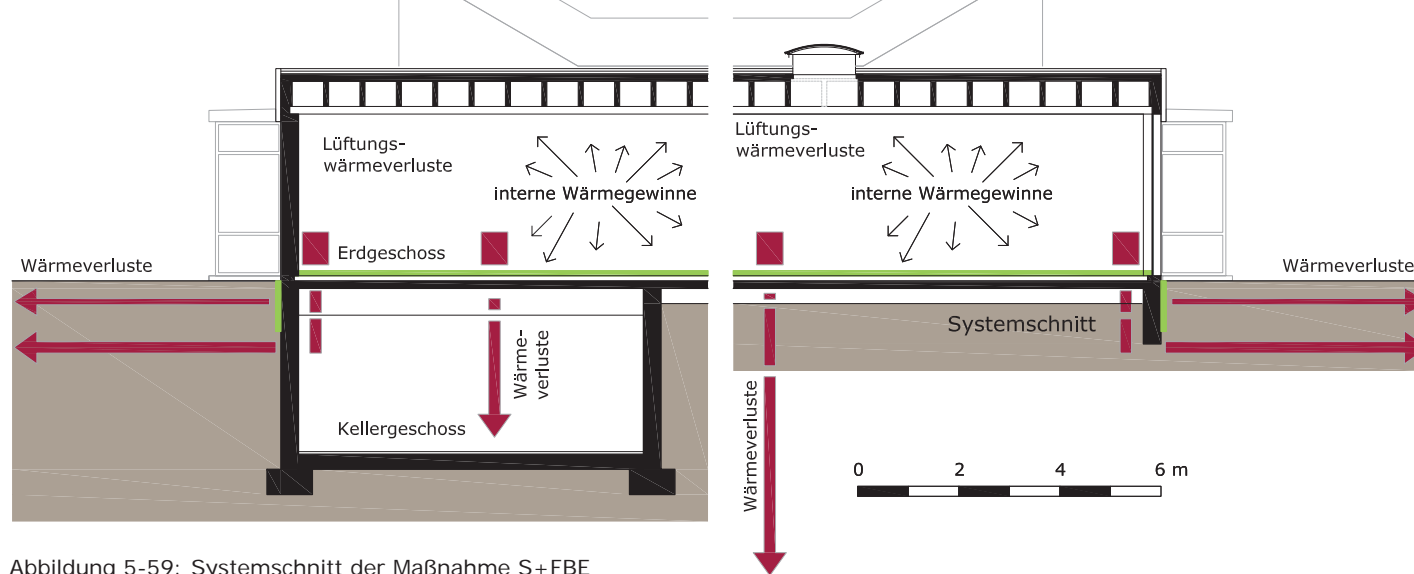


Abbildung 5-59: Systemschnitt der Maßnahme S+FBE

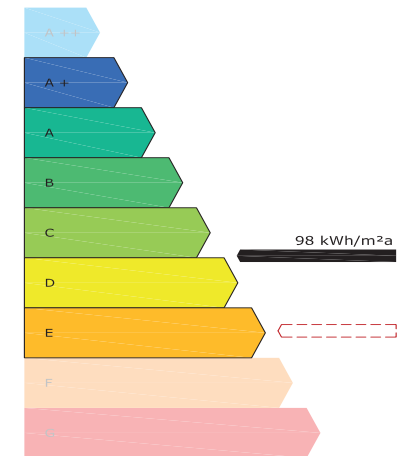


Abbildung 5-60: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme S+FBE

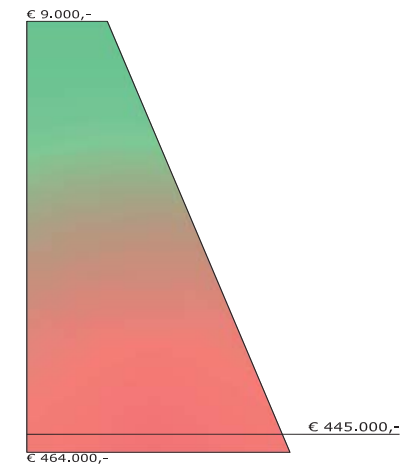


Abbildung 5-61: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme S+FBE

FUSSBODEN GEGEN KELLERGESCHOSS UND FUSSBODEN GEGEN ERDE

Maßnahmenbeschreibung

Auf den bestehenden Fußboden gegen Erde sowie an der Unterseite des Fußbodens gegen das Kellergeschoss wird eine zusätzliche Dämmschicht in unterschiedlichen Dämmstärken (siehe Tabelle 5-20) aufgebracht.

Ausgangssituation

Beim Bestand gehen in etwa 280.000 kWh/a, bezogen auf das Standortklima, über das Erdreich verloren. Das sind ca. 38% der gesamten Transmissionswärme- sowie der Lüftungswärmeverluste abzüglich der solaren Gewinne.

Baumaßnahmen

In den fiktiven Herstellungskosten wurden folgende Maßnahmen berücksichtigt:

- Maßnahmen des Optimierungsschrittes Fußboden gegen Kellergeschoss
- Maßnahmen des Optimierungsschrittes Fußboden gegen Erde

Ergebnisse der Berechnung

Tabelle 5-20: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme FBKG+FBE

FBKG + FBE		Bestand	Energiestandard 1	Energiestandard 2	Energiestandard 3
Fußboden gegen Erde + Fußboden gegen KG					
Wärmeverluste					
Wärmeverluste	279.712 kWh/a	-	-	-	-
Einsparung Standort	-	- 212.453 kWh/a	- 240.648 kWh/a	- 252.497 kWh/a	-
Einsparung* Referenz	-	-64,41 kWh/m²a	-72,96 kWh/m²a	-76,55 kWh/m²a	-
Prozentwert	-	- 29,18 %	- 33,05 %	- 34,67 %	-
Fußboden gegen Erde					
Dämmstoffstärke bei $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$	-	10 cm	20 cm	30 cm	-
U-Wert	1,31 W/m²K	0,29 W/m²K	0,16 W/m²K	0,11 W/m²K	-
Fußboden gegen KG					
Dämmstoffstärke bei $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$	-	6 cm	10 cm	20 cm	-
U-Wert	1,07 W/m²K	0,40 W/m²K	0,28 W/m²K	0,16 W/m²K	-
Kosten					
fiktive HKO	-	387.000 €	419.000 €	448.000 €	-
Effizienz					
Kosten der Energieeinsparung	-	1,82 €/kWh/a	1,74 €/kWh/a	1,77 €/kWh/a	-

Energieeinsparung

Im Vergleich zum Bestandsgebäude kann eine Reduktion der Wärmeverluste um ca. 29 bis 35%, bezogen auf das Standortklima, erreicht werden bzw. eine Einsparung von 64 bis 73 kWh/m²a bezogen auf das Referenzklima. Im Verhältnis der einzusparenden zu den vorhandenen Wärmeverlusten ergibt sich eine Reduktion von ca. 86%, was die Wärmeverluste im Energiestandard 2 betrifft.

Kosten

Die Herstellungskosten steigen je Energiestandard.

Effizienz

Mit der Sanierung auf den Energiestandard 2 kann verhältnismäßig mehr Energie für die investierten Herstellungskosten eingespart werden als in den beiden anderen Energiestandards.

Mit der errechneten Effizienz liegt die Maßnahme Fußboden gegen Kellergeschoss und Fußboden gegen Erde - wie alle Maßnahmen zur Verringerung der Wärmeverluste über das Erdreich - im Vergleich zu allen Optimierungsschritten an erster Stelle, gefolgt von der Maßnahme Dach.

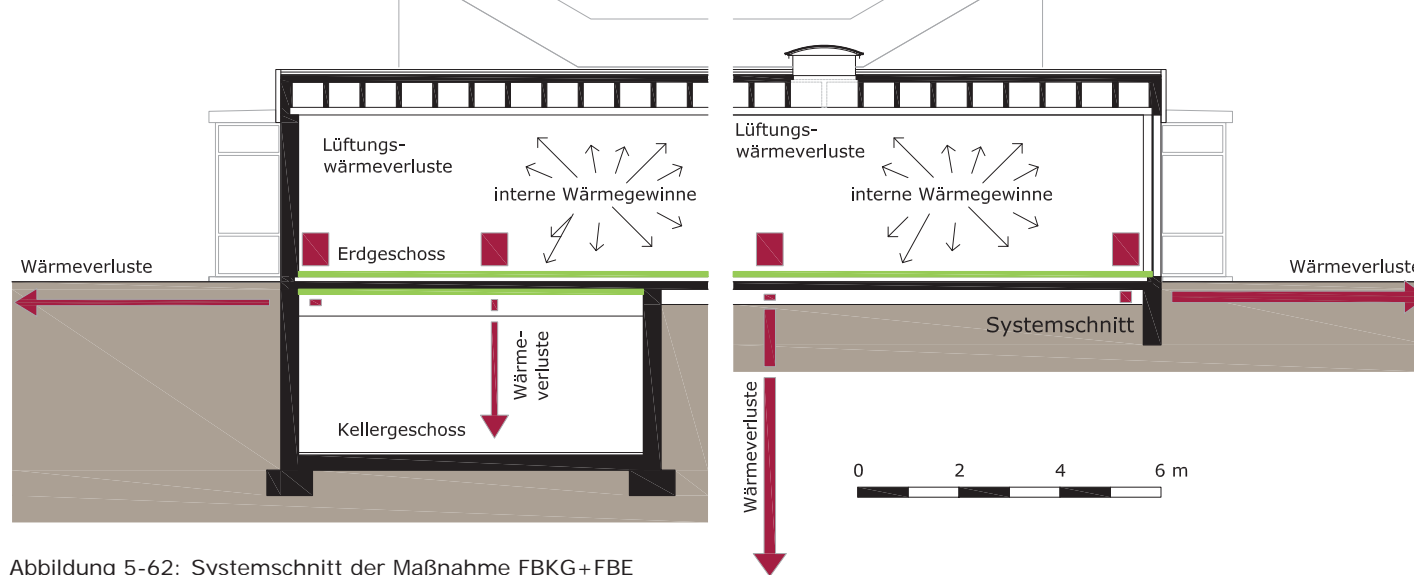


Abbildung 5-62: Systemschnitt der Maßnahme FBKG+FBE

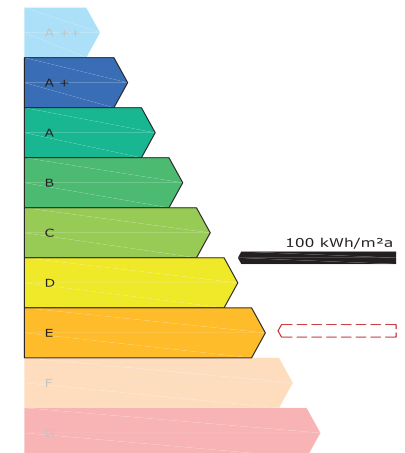


Abbildung 5-63: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme FBKG+FBE

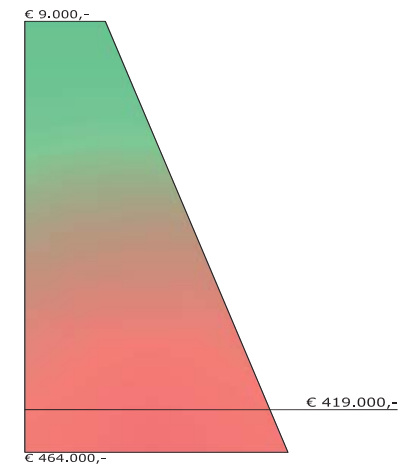


Abbildung 5-64: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme FBKG+FBE

FUSSBODEN GEGEN KELLERGESCHOSS UND SCHÜRZE

Maßnahmenbeschreibung

Rund um das Gebäude wird eine Dämmschürze in unterschiedlichen Dämmstärken (siehe Tabelle 5-21) bis auf einen Meter Tiefe eingebaut und an der Unterseite des Fußbodens gegen das Keller-geschoss eine zusätzliche Dämmschicht in unterschiedlichen Dämmstärken (siehe Tabelle 5-21) aufgebracht.

Ausgangssituation

Beim Bestand gehen in etwa 280.000 kWh/a, bezogen auf das Standortklima, über das Erdreich verloren. Das sind ca. 38% der gesamten Trans-missionswärme- sowie der Lüftungswärmeverluste abzüglich der solaren Gewinne.

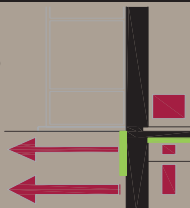
Baumaßnahmen

In den fiktiven Herstellungskosten wurden fol-gende Maßnahmen berücksichtigt:

- Maßnahmen des Optimierungsschrittes Fußbo-den gegen Kellergeschoss
- Maßnahmen des Optimierungsschrittes Schür-ze

Ergebnisse der Berechnung

Tabelle 5-21: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme FBKG+S

FBKG + S		Bestand	Energie- standard 1	Energie- standard 2	Energie- standard 3
Fußboden gegen KG + Schürze					
Wärmeverluste					
Wärmeverluste	279.712 kWh/a	-	-	-	-
Einsparung Standort	-	- 212.269 kWh/a	- 218.125 kWh/a	- 220.131 kWh/a	-
Einsparung* Referenz	-	-64,35 kWh/m²a	-66,13 kWh/m²a	-66,74 kWh/m²a	-
Prozentwert	-	- 29,15 %	- 29,95 %	- 30,23 %	-
Fußboden gegen KG					
Dämmstoffstärke bei $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$	-	6 cm	10 cm	20 cm	
U-Wert	1,07 W/m²K	0,40 W/m²K	0,28 W/m²K	0,16 W/m²K	
Schürze					
Dämmstoffstärke bei $\lambda = 0,041 \text{ W/mK}$	-	4 cm	20 cm	30 cm	
Kosten					
fiktive HKO	-	36.000 €	44.000 €	51.000 €	
Effizienz					
Kosten der Energieeinsparung	-	0,17 €/kWh/a	0,20 €/kWh/a	0,23 €/kWh/a	

Energieeinsparung

Im Vergleich zum Bestandsgebäude kann eine Reduktion der Wärmeverluste um ca. 29 bis 30%, bezogen auf das Standortklima, erreicht werden bzw. eine Einsparung von 64 bis 67 kWh/m²a bezogen auf das Referenzklima. Im Verhältnis der einzusparenden zu den vorhandenen Wärmeverlusten ergibt sich eine Reduktion von ca. 78%, was die Wärmeverluste im Energiestandard 2 betrifft.

Kosten

Die Herstellungskosten steigen je Energiestandard.

Effizienz

Mit der Sanierung auf den Energiestandard 1 kann verhältnismäßig mehr Energie für die investierten Herstellungskosten eingespart werden als in den beiden anderen Energiestandards.

Mit der errechneten Effizienz liegt die Maßnahme Fußboden gegen Kellergeschoss und Schürze - wie alle Maßnahmen zur Verringerung der Wärmeverluste über das Erdreich - im Vergleich zu allen Optimierungsschritten an erster Stelle, gefolgt von der Maßnahme Dach.

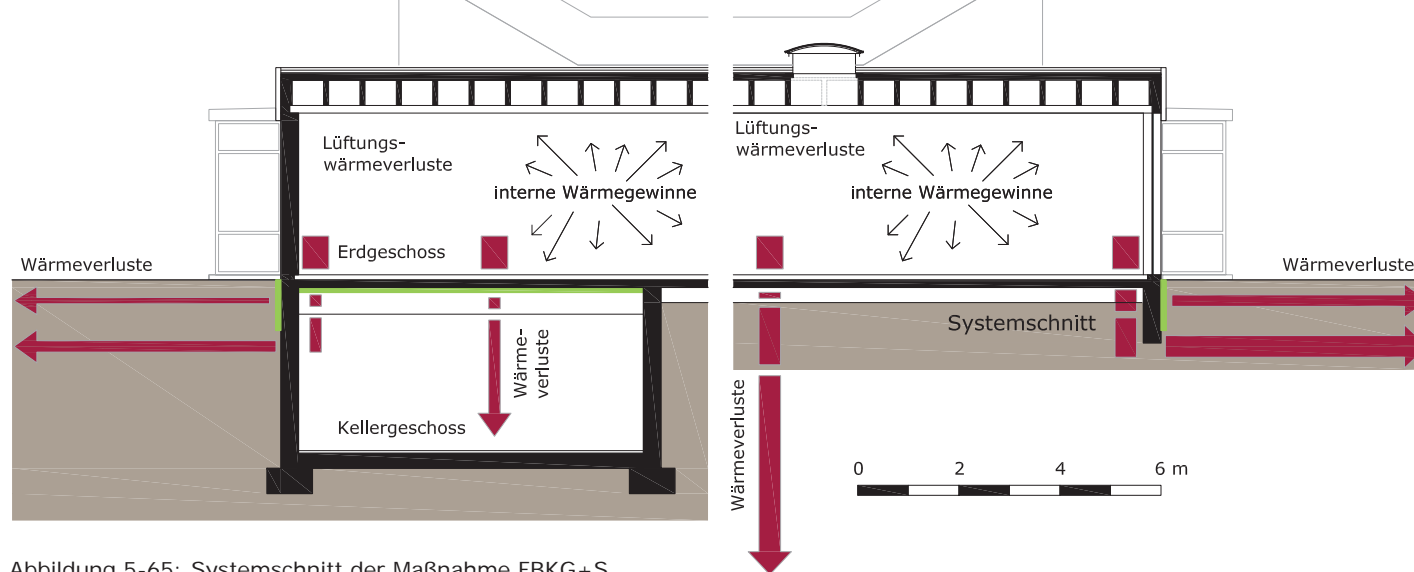


Abbildung 5-65: Systemschnitt der Maßnahme FBKG+S

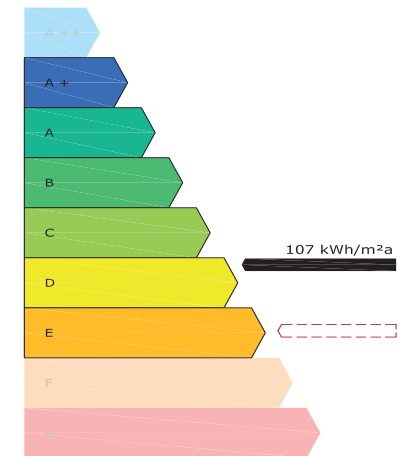


Abbildung 5-66: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme FBKG+S

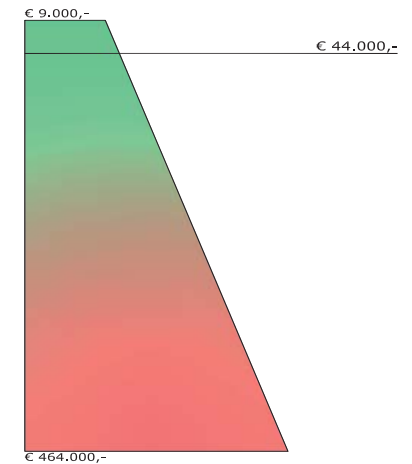


Abbildung 5-67: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme FBKG+S

FUSSBODEN GEGEN KELLERGESCHOSS, FUSSBODEN GEGEN ERDE UND SCHÜRZE

Maßnahmenbeschreibung

Rund um das Gebäude wird eine Dämmschürze in unterschiedlichen Dämmstärken (siehe Tabelle 5-22) bis auf einen Meter Tiefe eingebaut und auf den bestehenden Fußboden gegen Erde sowie an der Unterseite des Fußbodens gegen das Kellergeschoss wird eine zusätzliche Dämmschicht in unterschiedlichen Dämmstärken (siehe Tabelle 5-22) aufgebracht.

Ausgangssituation

Beim Bestand gehen in etwa 280.000 kWh/a, bezogen auf das Standortklima, über das Erdreich verloren. Das sind ca. 38% der gesamten Transmissionswärme- sowie der Lüftungswärmeverluste abzüglich der solaren Gewinne.

Baumaßnahmen

In den fiktiven Herstellungskosten wurden folgende Maßnahmen berücksichtigt:

- Maßnahmen des Optimierungsschrittes Fußboden gegen Kellergeschoss
- Maßnahmen des Optimierungsschrittes Fußboden gegen Erde
- Maßnahmen des Optimierungsschrittes Schürze

Ergebnisse der Berechnung

Tabelle 5-22: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme FBKG+FBE+S

FBKG + FBE + S	Bestand	Energiestandard 1	Energiestandard 2	Energiestandard 3
Schürze + Fußboden gegen Erde + Fußboden gegen KG				
Wärmeverluste				
Wärmeverluste	279.712 kWh/a	-	-	-
Einsparung Standort	-	- 236.417 kWh/a	- 248.275 kWh/a	- 254.986 kWh/a
Einsparung* Referenz	-	-71,67 kWh/m²a	-75,27 kWh/m²a	-77,30 kWh/m²a
Prozentwert	-	- 32,47 %	- 34,09 %	- 35,02 %
Schürze				
Dämmstoffstärke bei $\lambda = 0,041 \text{ W/mK}$	-	4 cm	20 cm	30 cm
Fußboden gegen Erde				
Dämmstoffstärke bei $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$	-	10 cm	20 cm	30 cm
U-Wert	1,31 W/m²K	0,29 W/m²K	0,16 W/m²K	0,11 W/m²K
Fußboden gegen KG				
Dämmstoffstärke bei $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$	-	6 cm	10 cm	20 cm
U-Wert	1,07 W/m²K	0,40 W/m²K	0,28 W/m²K	0,16 W/m²K
Kosten				
fiktive HKO	-	415.000 €	454.000 €	488.000 €
Effizienz				
Kosten der Energieeinsparung	-	1,76 €/kWh/a	1,83 €/kWh/a	1,91 €/kWh/a

Energieeinsparung

Im Vergleich zum Bestandsgebäude kann eine Reduktion der Wärmeverluste um ca. 32 bis 35%, bezogen auf das Standortklima, erreicht werden bzw. eine Einsparung von 72 bis 77 kWh/m²a bezogen auf das Referenzklima. Im Verhältnis der einzusparenden zu den vorhandenen Wärmeverlusten ergibt sich eine Reduktion von ca. 89%, was die Wärmeverluste im Energiestandard 2 betrifft.

Kosten

Die Herstellungskosten steigen je Energiestandard.

Effizienz

Mit der Sanierung auf den Energiestandard 1 kann verhältnismäßig mehr Energie für die investierten Herstellungskosten eingespart werden als in den beiden anderen Energiestandards.

Mit der errechneten Effizienz liegt die Maßnahme Fußboden gegen Kellergeschoss und Fußboden gegen Erde und Schürze - wie alle Maßnahmen zur Verringerung der Wärmeverluste über das Erdreich - im Vergleich zu allen Optimierungsschritten an erster Stelle, gefolgt von der Maßnahme Dach.

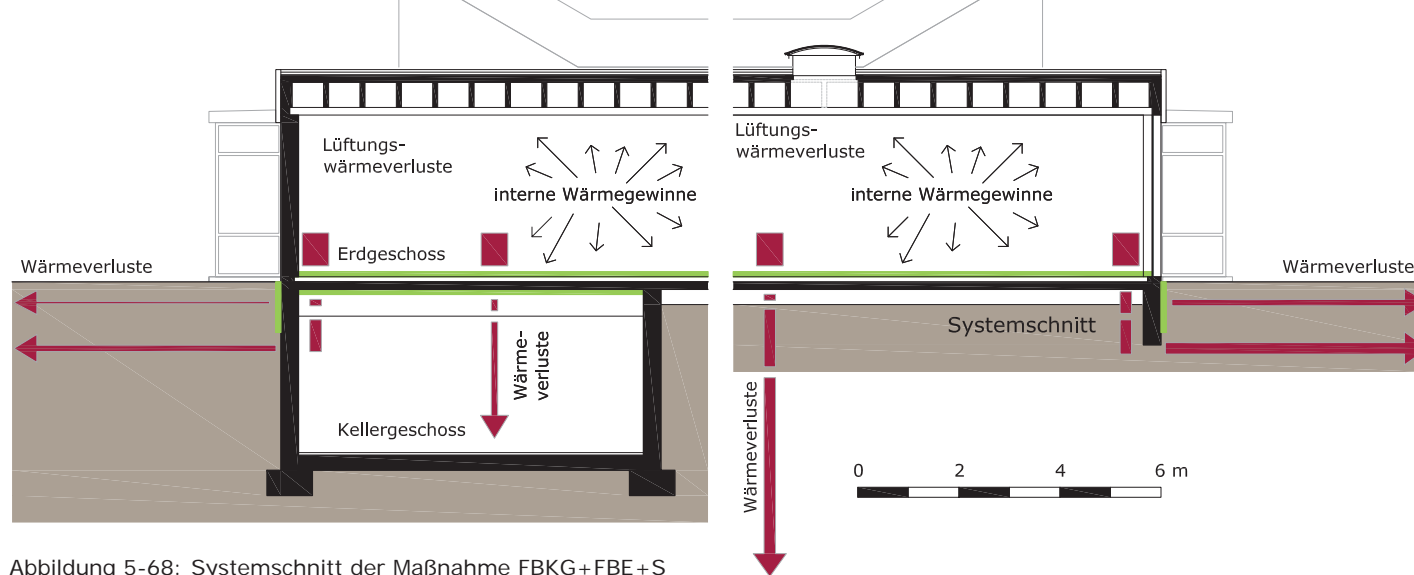


Abbildung 5-68: Systemschnitt der Maßnahme FBKG+FBE+S

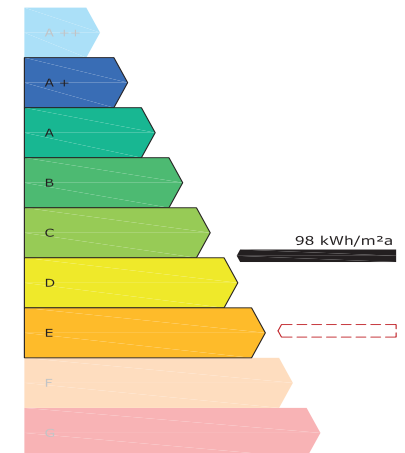


Abbildung 5-69: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme FBKG+FBE+S

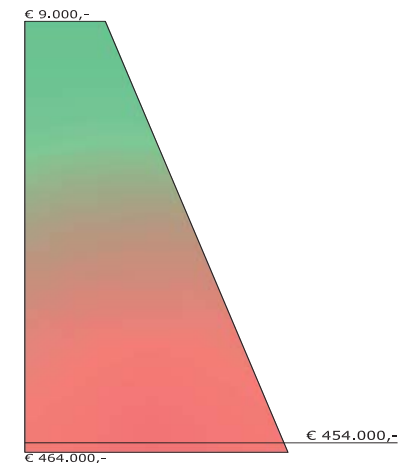


Abbildung 5-70: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme FBKG+FBE+S

LÜFTUNG

Maßnahmenbeschreibung

Es wird in das Bestandsgebäude eine dezentrale Lüftungsanlage ausschließlich für 12 Klassenräume, das entspricht einer Versorgungsfläche von ca. 900 m², ungefähr 33% der Bruttogeschossfläche - eingebaut.

Dies soll einerseits zu einer Reduktion der Lüftungswärmeverluste des Gebäudes führen und andererseits die Luftqualität in den Klassen erheblich verbessern.

Ausgangssituation

Beim Bestand liegen die Lüftungswärmeverluste lt. Energieausweis bei ca. 96.000 kWh/a, bezogen auf das Standortklima. Das sind ca. 13% der gesamten Transmissionswärme- sowie der Lüftungswärmeverluste abzüglich der solaren Gewinne.

Baumaßnahmen

In den fiktiven Herstellungskosten für die Möglichkeit 1 der Lüftungsanlage (siehe „Technische Optimierungsmöglichkeiten“ auf Seite 68) wurden folgende Maßnahmen berücksichtigt:

- Lüftungsgeräte inkl. Zubehör
- Lüftungsrohre
- Durchbrüche herstellen
- Material entsorgen
- Schachtverkleidung
- Abgehängte Decke
- Malerarbeiten
- Baustelleneinrichtung
- Reserve

In den fiktiven Herstellungskosten für die Möglich-

Ergebnisse der Berechnung

Tabelle 5-23: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme L

		Bestand	Energiestandard
Lüftung			
Wärmeverluste			
Wärmeverluste	95.952 kWh/a	-	-
Einsparung Standort	-	- 17.882 kWh/a	-
Einsparung* Referenz	-	- 4,87 kWh/m ² a	-
Prozentwert	13,18 %	- 2,46 %	-
Kosten			
fiktive HKO	-	71.000 €	-
Effizienz			
Kosten der Energieeinsparung	-	3,97 €/kWh/a	-

keit 2 der Lüftungsanlage (siehe „Technische Optimierungsmöglichkeiten“ auf Seite 68) wurden folgende Maßnahmen berücksichtigt:

- Lüftungsgeräte inkl. Zubehör
- Durchbrüche herstellen
- Material entsorgen
- Baustelleneinrichtung
- Reserve

Für die weitere Berechnung bzw. Betrachtung wurde die Möglichkeit 2, aufgrund der niedrigeren HKO, herangezogen und ist in der Tabelle 5-23 angegeben.

Energieeinsparung

Im Vergleich zum Bestandsgebäude kann eine Reduktion der Wärmeverluste um ca. 2%, bezogen auf das Standortklima, erreicht werden bzw. eine Einsparung von 5 kWh/m²a bezogen auf das Referenzklima. Im Verhältnis der einzusparenden zu den vorhandenen Lüftungswärmeverlusten ergibt sich eine Reduktion von ca. 19%, was an Lüftungswärmeverlusten durch den Einbau der Anlage erzielt werden kann.

Kosten

Es sind die Herstellungskosten für die Möglichkeit 2 ausgewiesen. Die Ausführung der Möglichkeit 1 wäre teurer.

Effizienz

Mit der errechneten Effizienz liegt die Maßnahme Lüftung im Vergleich zu allen Optimierungsschritten im Mittelfeld, mit einem ähnlichen Wert wie die Maßnahmen Wand sowie Lichtkuppel.

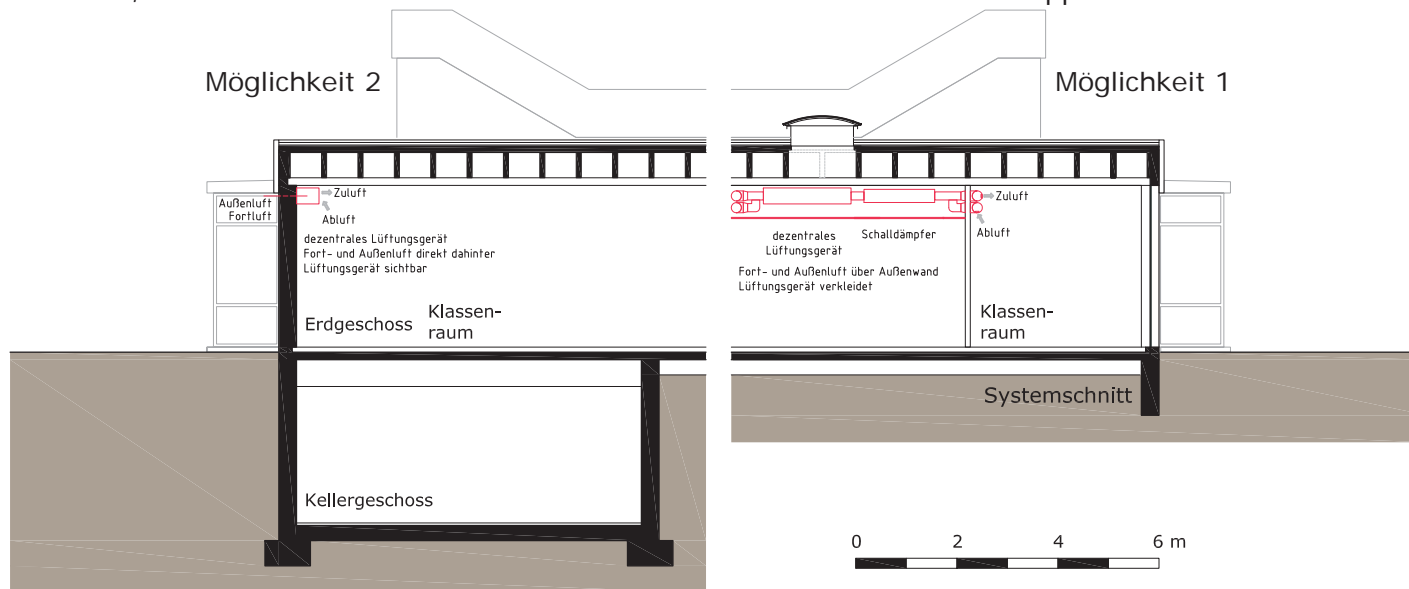


Abbildung 5-71: Systemschnitt der Maßnahme L

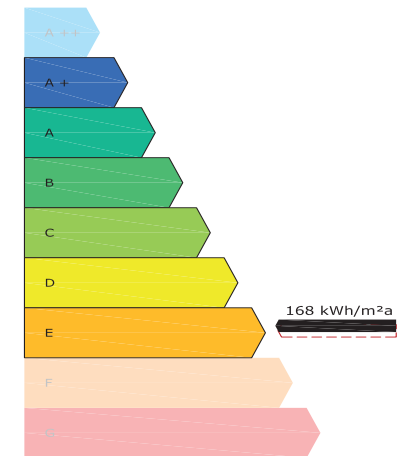


Abbildung 5-72: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme L

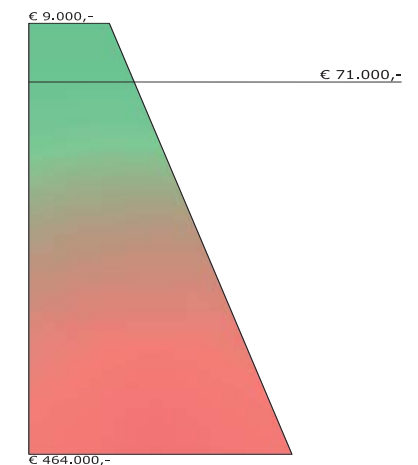


Abbildung 5-73: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme L

AUFSTOCKUNG

Maßnahmenbeschreibung

Es soll das bestehende Schulgebäude um ein weiteres Geschoss erweitert werden.
Die dadurch neu geschaffene Fläche könnte man als Bürofläche verkaufen oder vermieten.

Ausgangssituation

Beim Bestand gehen in etwa 223.000 kWh/a, bezogen auf das Standortklima, über die Dachfläche, inkl. Dachaufbau zur Belichtung der Pausenhallen von oben und der Lichtkuppeln verloren. Das sind ca. 31% der gesamten Transmissionswärme- sowie der Lüftungswärmeverluste abzüglich der solaren Gewinne.

Es sind hierbei folgende Dinge näher zu betrachten:

Belichtung

Es sind ca. 4% der Dachfläche mit Lichtkuppeln versehen bzw. verfügen die Pausenhallen über eine Belichtung von oben. Es wäre zu überlegen, ob und inwieweit eine weitere Lichtdurchlässigkeit erforderlich ist, und wie diese umgesetzt werden kann. Möglichkeiten der Ausführung können nur im Zuge der Planung des Obergeschosses erfolgen.

Statik

Das Gebäude ist als eingeschossiges Bauwerk dimensioniert bzw. konzipiert. Das gesamte Tragsystem ist nicht dafür ausgelegt, das Gebäude in die Höhe zu erweitern.

Lage

Nach eingehender Recherche wurde festgestellt, dass diese Sanierungsmöglichkeit keine realistische Option für die Gemeinde Mitterdorf i. M. darstellt. Die durch diese Maßnahme geschaffenen Flächen wären nicht vermittelbar, da ohnehin viele Büroflächen leer stehen. Weiters wäre es notwendig, eine zusätzliche Parkierung vorzusehen, wofür an dieser Stelle nicht ausreichend Fläche zur Verfügung stehen würde.

Ergebnisse der Berechnung

Tabelle 5-24: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme A

A		Bestand		Energiestandard	
Aufstockung					
Wärmeverluste					
Wärmeverluste	222.864 kWh/a	-			
Einsparung Standort	-		- 222.864 kWh/a		
Einsparung* Referenz	-		-67,74 kWh/m ² a		
Prozentwert	-		- 30,61 %		

Schlussfolgerung

Aufgrund der Situation in Mitterdorf i. M., dass für neu geschaffene Büroflächen kein Bedarf besteht, sowie der Tatsache, dass das statische Systems des Bestandsgebäudes nicht für eine Erweiterung um ein zusätzliches Geschoss ausgelegt ist, ist diese Möglichkeit auszuschließen.

Energieeinsparung

Es wäre möglich, ca. 31 % der Transmissionswärmeverluste, bezogen auf das Standortklima, über die Dachfläche einzusparen, was eine Verbesserung der Energiekennzahl von 68 kWh/m²a bedeuten würde.

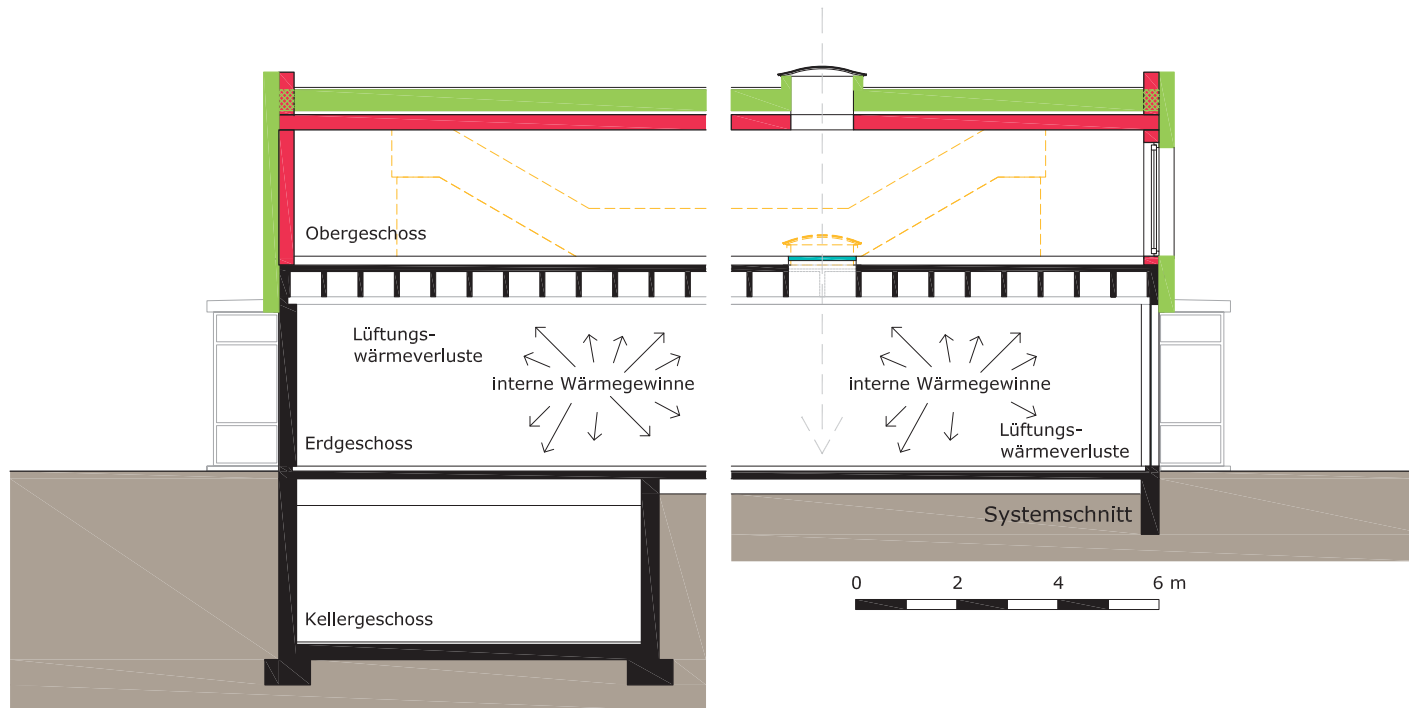


Abbildung 5-74: Systemschnitt der Maßnahme A

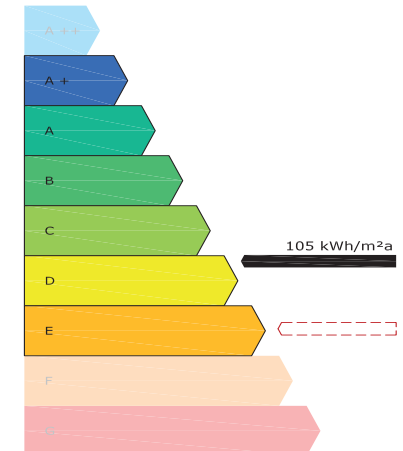


Abbildung 5-75: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme A

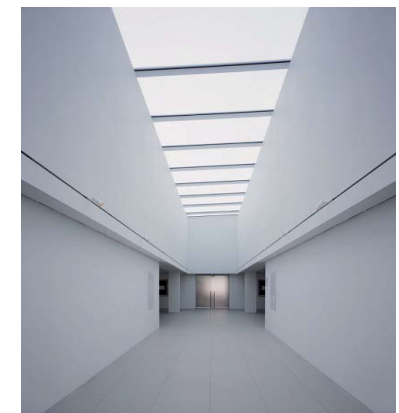


Abbildung 5-76: Belichtungsmöglichkeit. Quelle: http://www.architecture-page.com/de/projects/louise-t-blouin-institute__2/ am 13.02.2011

NEUBAU

Maßnahmenbeschreibung

Es ist ein zweigeschossiges Gebäude bei annähernd gleicher Bruttogeschossfläche sowie beheiztem Bruttovolumen wie jene des Bestandsgebäudes angedacht. Dadurch kann die Fußboden- und die Dachfläche bei gleichbleibender Nutzfläche halbiert werden. Die Größe und Anzahl der Lichtkuppeln wurde für die Berechnung gleich jener des Bestandes angenommen. Die Fläche der Außenwand bzw. jene der Fensterelemente wird so für die Berechnung herangezogen, als ob die polygonalen Vorbauten im Bestand durch die in der Wandebene sitzenden Fensterelemente (wie in der Maßnahme FoV angedacht) ersetzt werden. Für die Berechnung wurde eine ca. gleich große Unterkellerung wie jene des Bestandsgebäudes vorgesehen. Wieviel an Kellerfläche tatsächlich notwendig ist, muss eine genau Planung zeigen. Es wurde das Haustechniksystem des Bestandes übernommen. Es ist angedacht, Teile der frei werdenden Grundstücksfläche zu verkaufen.

Der Neubau soll annähernd wärmebrückenfrei und im Passivhausstandard ausgeführt werden.

Durch den Neubau des Gebäudes kann auf die geänderte Situation, was die Schüler aus den Nachbargemeinden betrifft, eingegangen werden.

Ausgangssituation

Der HWB des Bestandsgebäudes beträgt in etwa 563.000 kWh/a.

Baumaßnahmen

In den fiktiven Herstellungskosten wurden fol-

Ergebnisse der Berechnung

Tabelle 5-25: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme N

	Bestand	Energiestandard

Neubau	
Wärmeverluste	
Wärmeverluste	563.014 kWh/a
Einsparung Standort	- 529.079 kWh/a
Einsparung* Referenz	- 161,67 kWh/m²a
Prozentwert	- 72,66 %
Kosten	
fiktive HKO	5.222.000 €
Effizienz	
Kosten der Energieeinsparung	9,87 €/kWh/a

gende Maßnahmen berücksichtigt:

- Abbruch und Entsorgung des Bestandsgebäude
- Passivhaus-Neubau inkl. dezentraler Lüftungsanlage mit einer Versorgungsfläche von ca. 66% der BGF (24 Unterrichts- und Konferenzräume)
- ein Teil der Grundstücksfläche wird verkauft

Energieeinsparung

Im Vergleich zum Bestandsgebäude kann eine Reduktion des Heizwärmebedarfs um ca. 73%, bezogen auf das Standortklima, erreicht werden bzw. eine Einsparung von 162 kWh/m²a bezogen auf das Referenzklima. In der Abbildung 5-78 ist das große Einsparpotential von Klasse E auf A+ zu erkennen.

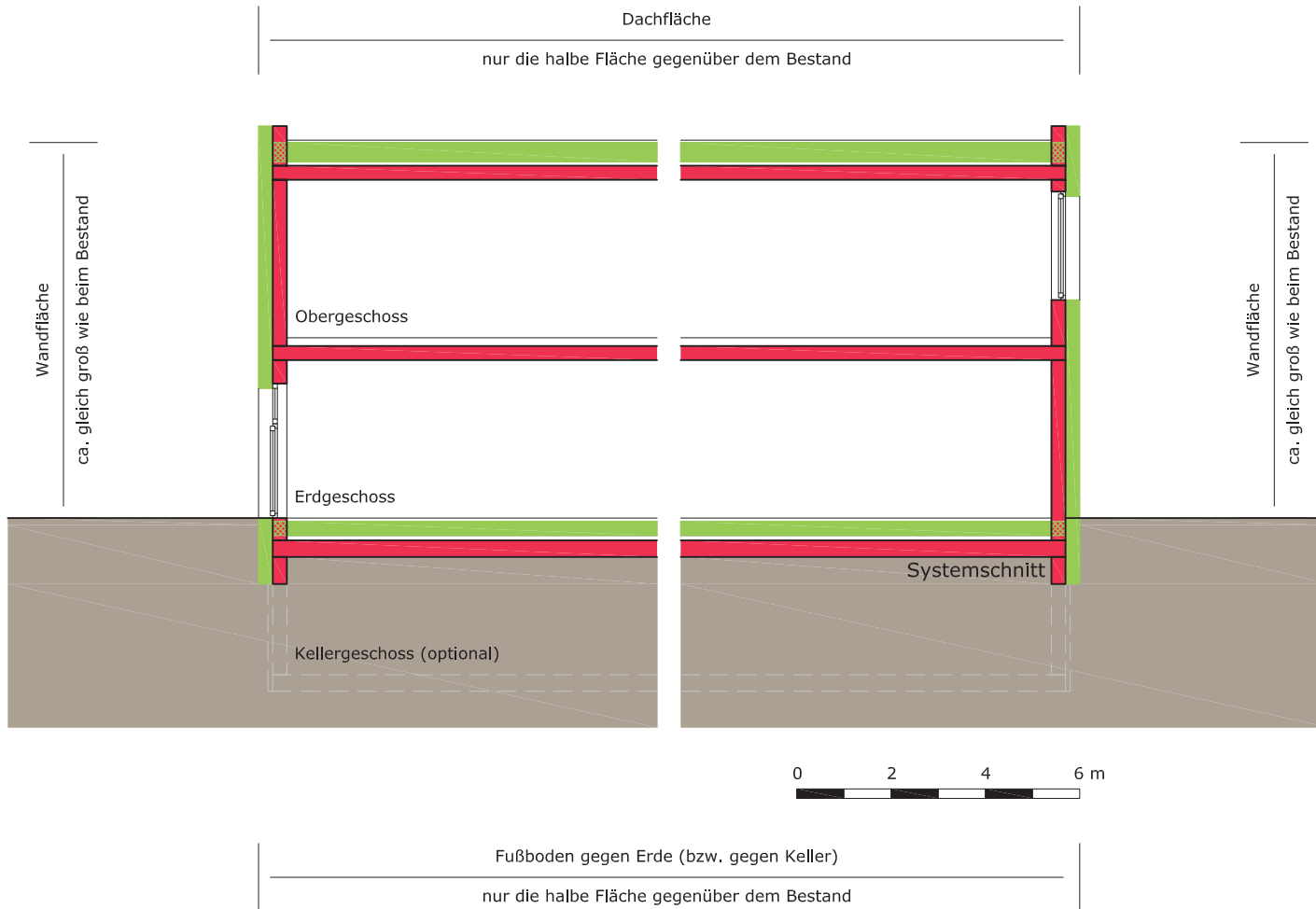


Abbildung 5-77: Systemschnitt der Maßnahme N

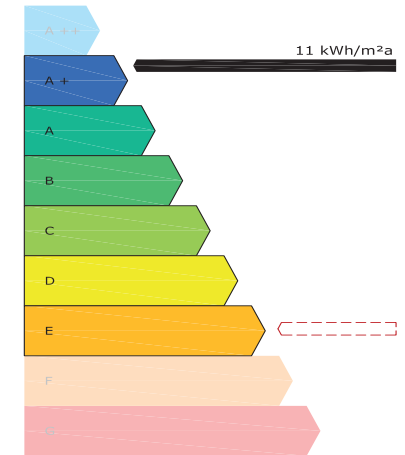


Abbildung 5-78: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme N

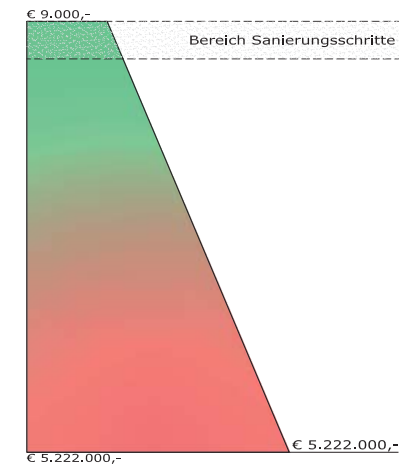


Abbildung 5-79: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme N

VERGLEICH DER SCHRITTE

Im folgenden werden die einzelnen zuvor festgelegten Optimierungsschritte miteinander verglichen und in Bezug zueinander dargestellt.

Um die Anzahl der möglichen Sanierungsszenarien einzuschränken, wird aus jenen Maßnahmen, welche entweder für denselben Bauteil eine Sanierungsoption bieten oder zur Reduktion der gleichen Wärmeverluste beitragen, eine Auswahl auf eine Maßnahme vorgenommen.

Konkret bezieht sich das auf folgende Maßnahmen:

Für den Bauteil Fenster sind die Maßnahmen

- Fenster F sowie
- Fenster ohne Vorbauten FoV möglich.

Für die Minimierung der Wärmeverluste über das Erdreich sind folgende Maßnahmen vorgesehen:

- Schürze S
- Fußboden gegen Erde FBE
- Fußboden gegen Kellergeschoss FBKG
- Kombination S+FBE
- Kombination FBKG+FBE
- Kombination FBKG+S
- Kombination FBKG+FBE+S

Es soll die nach nachfolgenden Kriterien sinnvollste Variante für die Sanierung der Fenster sowie die Minimierung der Wärmeverluste über das Erdreich herausgefiltert werden:

Methode der Auswahl

Die für die weitere Betrachtung relevante Maßnahme wird durch folgende Kriterien bewertet:

- Kosten in €
- Energieeinsparung in kWh/a
- Effizienz in €/kWh/a
- Bautechnische Realisierung
- Möglichkeit, den Schulbetrieb aufrecht zu erhalten
- Aufwand in der Herstellung

DARSTELLUNGSART

Die einzelnen Maßnahmen je Energiestandard werden dargestellt. Um in den Diagrammen die Differenzierung der Energiestandards zu vereinheitlichen, wurden folgende Symbole festgelegt:





	Dreieck	Energiestandard 1
	Quadrat	Energiestandard 2
	Kreis	Energiestandard 3
	aufgestelltes Quadrat	für die Maßnahmen L und N mit nur einem Energiestandard

Abbildung 5-80: Symbole für den jeweiligen Energiestandard

Die Darstellung und der Vergleich der Maßnahmen erfolgt über folgende Diagramme:

- Diagramm Punkte
- Diagramm Säulen

Diese sind wie folgt zu lesen:

Diagramm Punkte

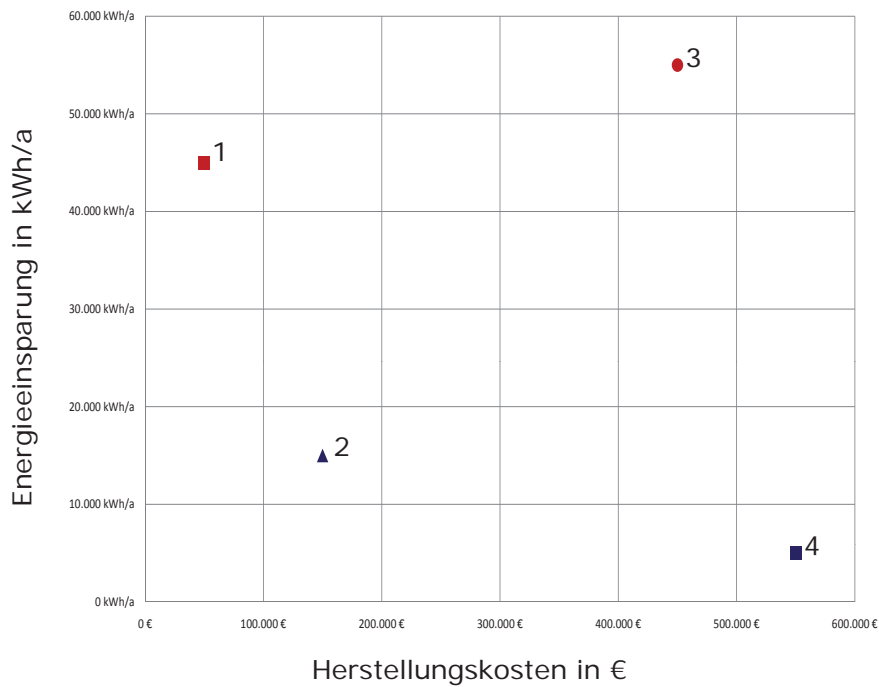


Abbildung 5-81: Diagramm Punkte Legende

Punkt 1

Kosten gering

Energieeinsparung hoch

Die fiktiven Herstellungskosten für diese Maßnahme sind im Vergleich zu der erwartenden Energieeinsparung gering.

Punkt 2

Kosten gering

Energieeinsparung gering

Die fiktiven Herstellungskosten für diese Maßnahme sowie die zu erwartende Energieeinsparung sind gering.

Punkt 3

Kosten hoch

Energieeinsparung hoch

Die fiktiven Herstellungskosten für diese Maßnahme sowie die zu erwartende Energieeinsparung sind hoch.

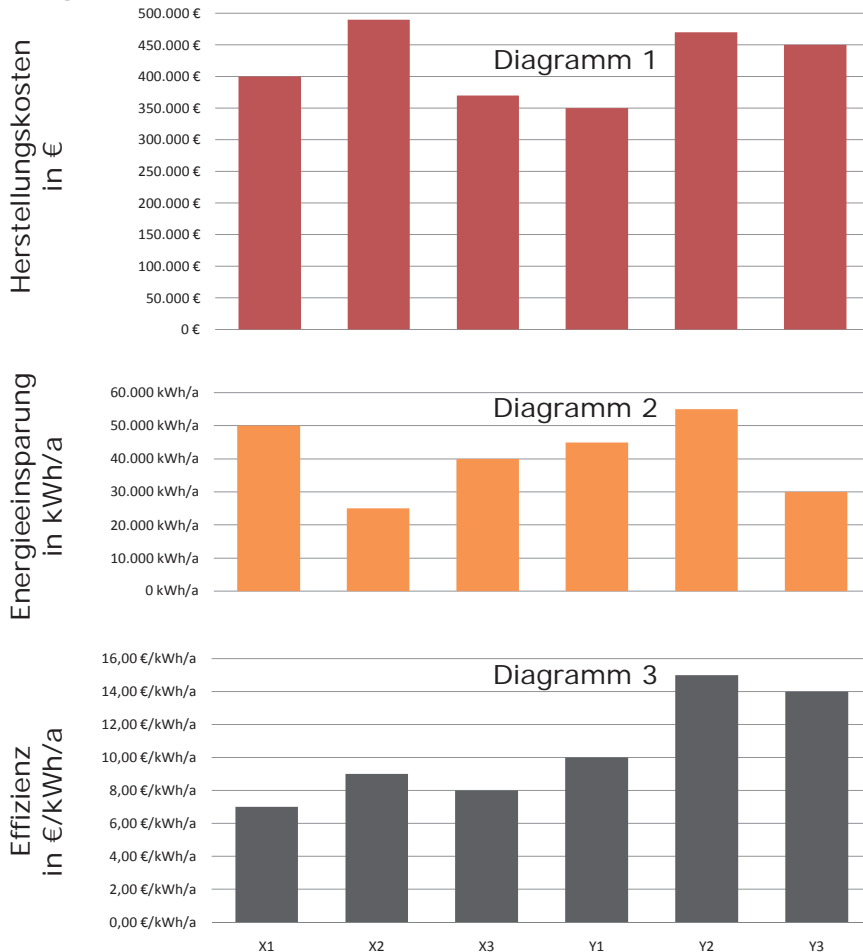
Punkt 4

Kosten hoch

Energieeinsparung gering

Die fiktiven Herstellungskosten für diese Maßnahme sind im Vergleich zu der erwartenden Energieeinsparung hoch.

Diagramm Säulen



Maßnahme mit dem Index des Energiestandards

Abbildung 5-82: Diagramm Säulen Legende

Diagramm 1

Darstellung der Herstellungskosten in € je Maßnahme X und Y bzw. Energiestandard 1 bis 3.

Diagramm 2

Darstellung der Energieeinsparung in kWh/a je Maßnahme X und Y bzw. Energiestandard 1 bis 3.

Diagramm 3

Darstellung der Effizienz in €/kWh/a je Maßnahme X und Y bzw. Energiestandard 1 bis 3.

Die Buchstaben X und Y sind beispielhaft für die Abkürzungen der einzelnen Maßnahmen zu lesen.

Achsen

Die am unteren Ende des Diagramms auf der x-Achse aufgetragenen Maßnahmen mit den Indices für die drei Energiestandards gelten für alle drei Säulendiagramme.

Auf der y-Achse sind für das Diagramm 1 die Herstellungskosten in €, für das Diagramm 2 die Energieeinsparung in kWh/a und für das Diagramm 3 die Effizienz in €/kWh/a aufgetragen.

Bezeichnung der Maßnahmen nach Energiestandard

„Abkürzung für Maßnahme“
Energiestandard Nr. 1-3

z.B. Energiestandard 1 für Maßnahme Fenster: F₁

In den Diagrammen ist der Energiestandard nicht tiefergestellt, da dies mit dem verwendeten Programm nicht möglich war.

VERGLEICH DER MASSNAHMEN FENSTER UND FENSTER OHNE VORBAUTEN

Für die Sanierung der Fenster wurden 2 Möglichkeiten definiert.

Es soll aus diesen beiden eine Auswahl für die nachfolgende Berechnung der Sanierungsvarianten erfolgen:

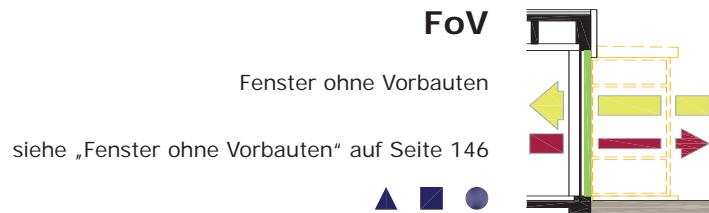
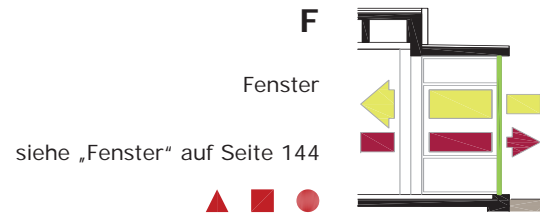


Abbildung 5-83: Skizzen der Maßnahmen F und FoV

Zusammenfassung der Daten

Tabelle 5-26: Herstellungskosten je Energiestandard der Maßnahmen F und FoV

	Kosten		
	Energiestandard 1	Energiestandard 2	Energiestandard 3
F	377.000 €	398.000 €	422.000 €
FoV	445.000 €	464.000 €	487.000 €

Tabelle 5-27: Energieeinsparung je Energiestandard der Maßnahmen F und FoV

	Einsparung		
	Energiestandard 1	Energiestandard 2	Energiestandard 3
F	24.532 kWh/a	42.302 kWh/a	52.774 kWh/a
FoV	46.518 kWh/a	62.935 kWh/a	72.737 kWh/a

Tabelle 5-28: Effizienz je Energiestandard der Maßnahmen F und FoV

	Effizienz		
	Energiestandard 1	Energiestandard 2	Energiestandard 3
F	15,37 €/kWh/a	9,41 €/kWh/a	8,00 €/kWh/a
FoV	9,57 €/kWh/a	7,37 €/kWh/a	6,70 €/kWh/a

Diagramm Punkte

Das Verhältnis von Herstellungskosten zur Energieeinsparung je Maßnahme verhält sich so, dass durch eine höhere Investition mehr Energieeinsparung zu erzielen ist.

▲ Im linken unteren Bereich des Diagramms sind die drei Energiestandards der Maßnahme **Fenster F** zu sehen.
 ■ Dabei ist ersichtlich, dass je Energiestandard mit zunehmender
 ● Energieeinsparung auch die Kosten steigen.

▲ Im rechten oberen Bereich des Diagramms sind die drei Energiestandards der Maßnahme **Fenster ohne Vorbauten FoV** zu sehen.
 ■ Dabei ist ersichtlich, dass je Energiestandard mit zunehmender
 ● Energieeinsparung auch die Kosten steigen.

Im direkten Vergleich der beiden Maßnahmen ist folgendes zu erkennen:

- Die Maßnahme FoV ist teurer als die Maßnahme F
- gleichzeitig steigt die Energieeinsparung
- die Maßnahme FoV₁ bietet bei höheren Kosten eine geringere Energieeinsparung als F₃

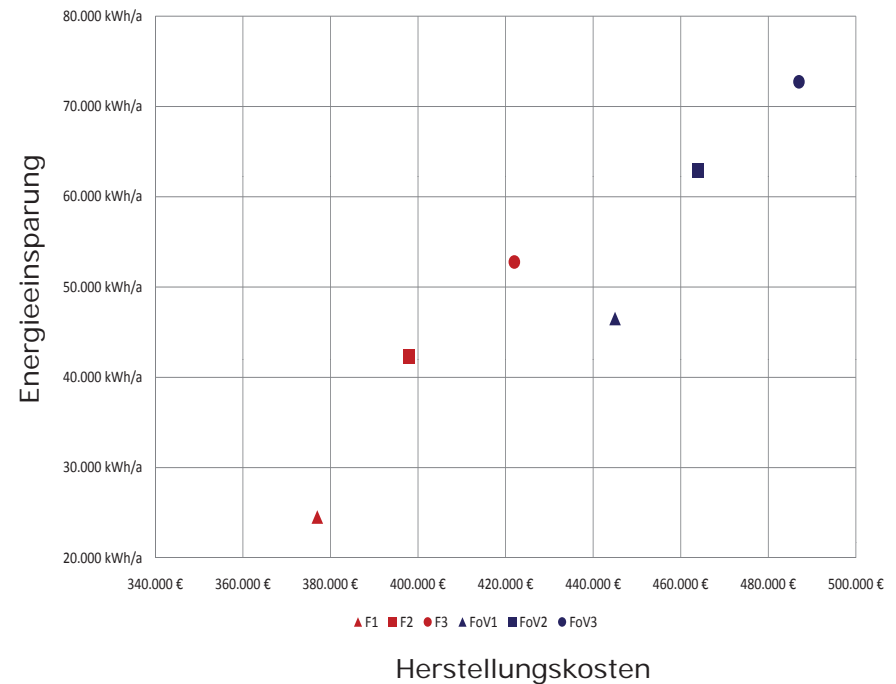


Abbildung 5-84: Diagramm Punkte der Maßnahmen F und FoV

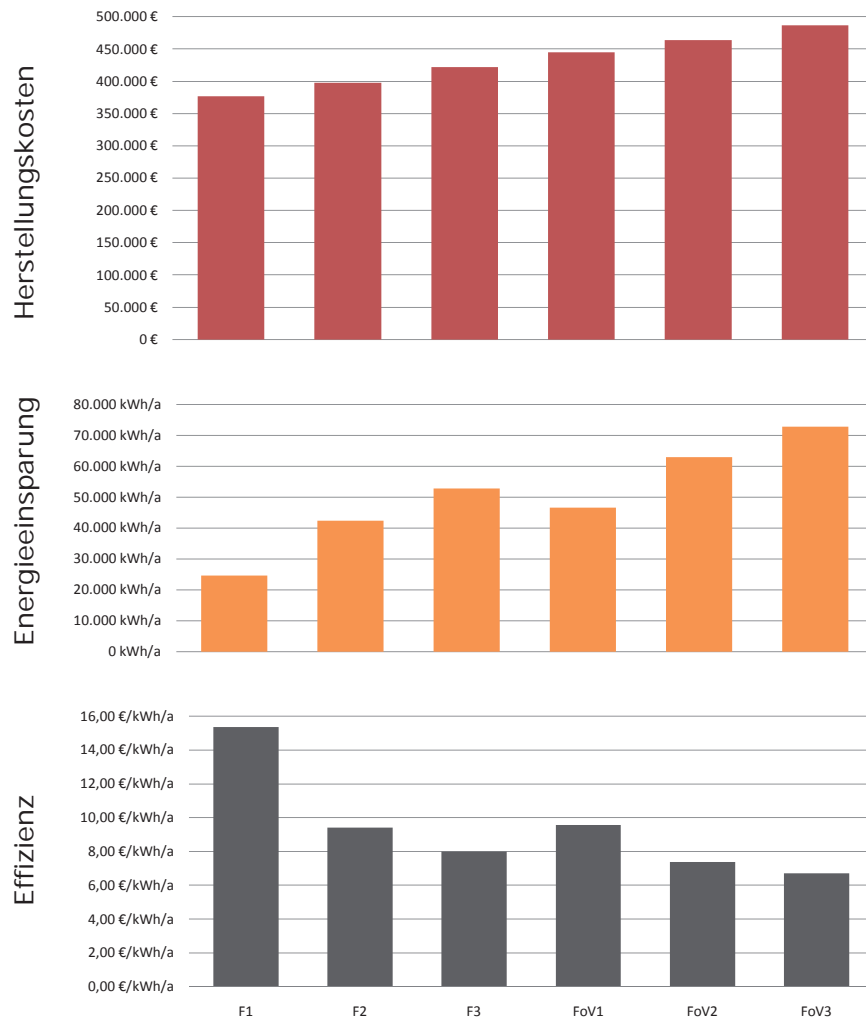


Abbildung 5-85: Diagramm Säulen der Maßnahmen F und FoV gereiht nach Herstellungskosten

Diagramm Säulen

In der **Abbildung 5-85** sind die Herstellungskosten, Energieeinsparung und die Effizienz nach den Kosten je Maßnahme und Energiestandard aufsteigend dargestellt. Hier ist zu sehen, dass die Maßnahme F in jedem Energiestandard günstiger in der Herstellung ist als die Maßnahmen FoV₁₋₃.

In der **Abbildung 5-86** sind die Herstellungskosten, Energieeinsparung und die Effizienz nach der Energieeinsparung je Maßnahme und Energiestandard absteigend dargestellt. Im Vergleich der Maßnahmen FoV und F je Energiestandard ist zu erkennen, dass durch FoV eine größere Energieeinsparung zu erzielen ist. Weiters ist festzustellen, dass je Maßnahme durch einen höheren Energiestandard mehr einzusparen ist.

In der **Abbildung 5-87** sind die Herstellungskosten, Energieeinsparung und die Effizienz nach der Effizienz je Maßnahme und Energiestandard aufsteigend dargestellt. Im Vergleich der Maßnahmen FoV und F je Energiestandard ist zu erkennen, dass durch FoV eine bessere Effizienz zu erzielen ist. Weiters ist festzustellen, dass je Maßnahme durch einen höheren Energiestandard die Effizienz steigt.

Schlussfolgerung

Für die weitere Berechnung bzw. Erstellung der Sanierungsszenarien wird die Maßnahme F gewählt, weil:

- geringere Herstellungskosten
- weniger Eingriffe in den Bestand
- Schulbetrieb kann ungehindert weiterlaufen
- Aufwand in der Herstellung wesentlich geringer
- Das Energieeinsparpotential der Maßnahme FoV liegt im Vergleich zu allen anderen Sanierungsmaßnahmen immer noch an vorletzter Stelle, das der Maßnahme F an letzter. Somit ist durch FoV keine wesentliche Verbesserung zu erzielen.

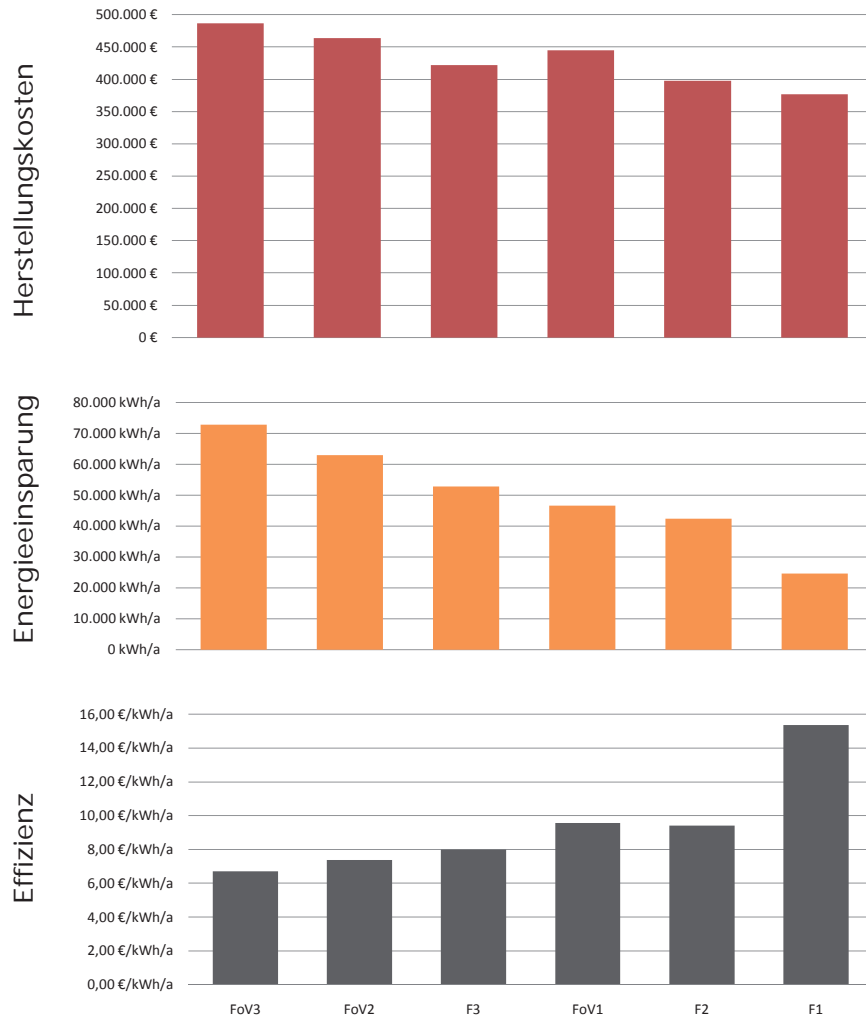


Abbildung 5-86: Diagramm Säulen der Maßnahmen F und FoV gereiht nach Energieeinsparung

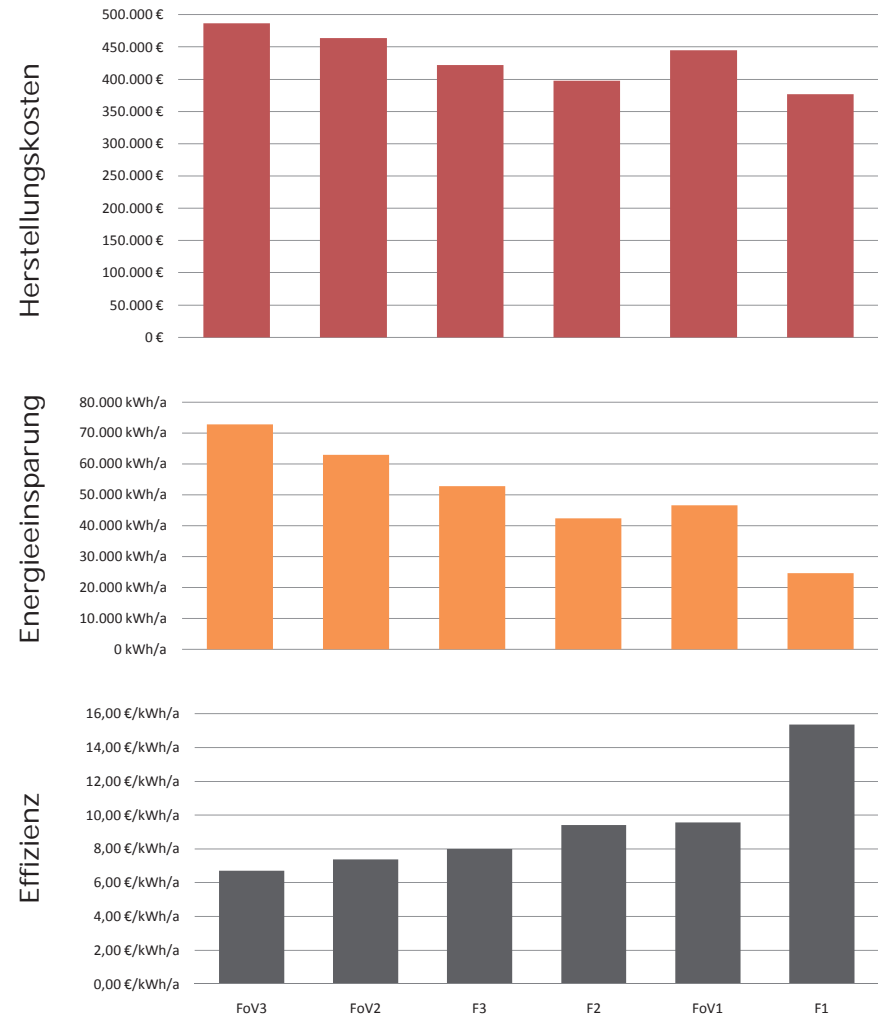


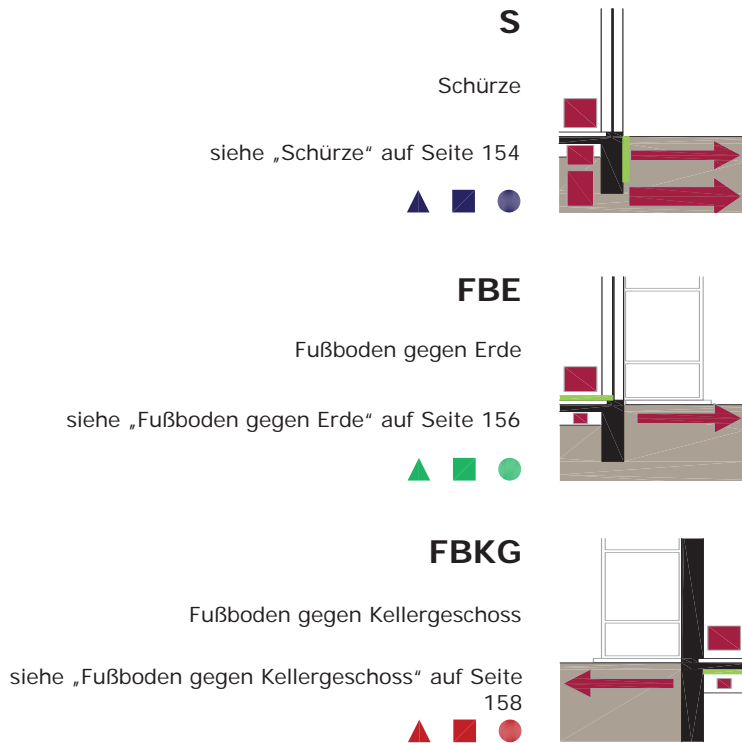
Abbildung 5-87: Diagramm Säulen der Maßnahmen F und FoV gereiht nach Effizienz

VERGLEICH DER MASSNAHMEN ZUR MINIMIERUNG DER WÄRME- VERLUSTE ÜBER DAS ERDREICH SOWIE DEREN KOMBINATION

Für die Sanierung der Bauteile gegen Erde wurden sieben Optimierungsschritte definiert, wobei vier davon als Kombination der drei möglichen Maßnahmen zu verstehen sind.

Es soll aus diesen Sieben eine Auswahl auf einen Optimierungsschritt für die nachfolgende Berechnung der Sanierungsvarianten erfolgen:

Möglichkeiten der Sanierung der Bauteile



Kombinationen

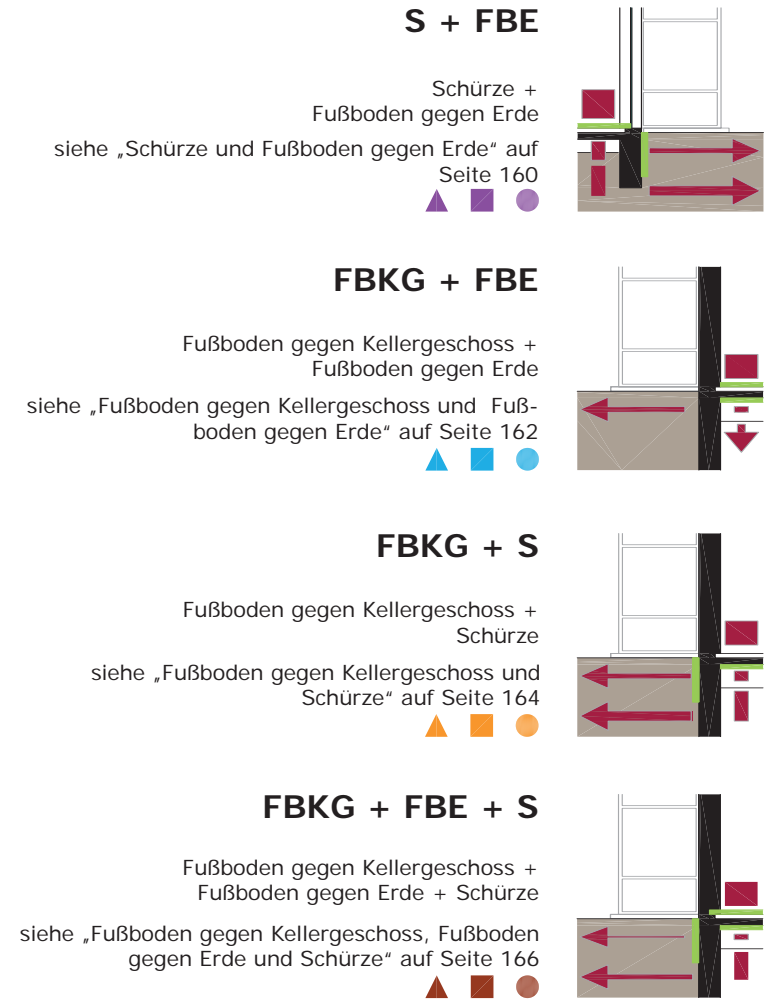


Abbildung 5-88: Skizzen der Maßnahmen S, FBE, FBKG und deren Kombinationen

Zusammenfassung der Daten

Tabelle 5-29: Herstellungskosten je Energiestandard der Maßnahmen S, FBE, FBKG und deren Kombinationen

	Kosten		
	Energie-standard 1	Energie-standard 2	Energie-standard 3
S	28.000 €	35.000 €	40.000 €
FBE	379.000 €	410.000 €	437.000 €
FBKG	8.000 €	9.000 €	11.000 €
S + FBE	407.000 €	445.000 €	477.000 €
FBE + FBKG	387.000 €	419.000 €	448.000 €
FBKG + S	36.000 €	44.000 €	51.000 €
S + FBE + FBKG	415.000 €	454.000 €	488.000 €

Tabelle 5-30: Energieeinsparung je Energiestandard der Maßnahmen S, FBE, FBKG und deren Kombinationen

	Einsparung		
	Energie-standard 1	Energie-standard 2	Energie-standard 3
S	209.730 kWh/a	214.727 kWh/a	215.593 kWh/a
FBE	211.381 kWh/a	240.030 kWh/a	251.937 kWh/a
FBKG	7.644 kWh/a	9.102 kWh/a	10.632 kWh/a
S + FBE	235.620 kWh/a	247.693 kWh/a	254.389 kWh/a
FBE + FBKG	212.453 kWh/a	240.648 kWh/a	252.497 kWh/a
FBKG + S	212.269 kWh/a	218.125 kWh/a	220.131 kWh/a
S + FBE + FBKG	236.417 kWh/a	248.275 kWh/a	254.986 kWh/a

Tabelle 5-31: Effizienz je Energiestandard der Maßnahmen S, FBE, FBKG und deren Kombinationen

	Effizienz		
	Energie-standard 1	Energie-standard 2	Energie-standard 3
S	0,13 €/kWh/a	0,16 €/kWh/a	0,19 €/kWh/a
FBE	1,79 €/kWh/a	1,71 €/kWh/a	1,73 €/kWh/a
FBKG	1,05 €/kWh/a	0,99 €/kWh/a	1,03 €/kWh/a
S + FBE	1,73 €/kWh/a	1,80 €/kWh/a <td 1,88 €/kWh/a	
FBE + FBKG	1,82 €/kWh/a	1,74 €/kWh/a	1,77 €/kWh/a
FBKG + S	0,17 €/kWh/a	0,20 €/kWh/a	0,23 €/kWh/a
S + FBE + FBKG	1,76 €/kWh/a	1,83 €/kWh/a	1,91 €/kWh/a

Diagramm Punkte

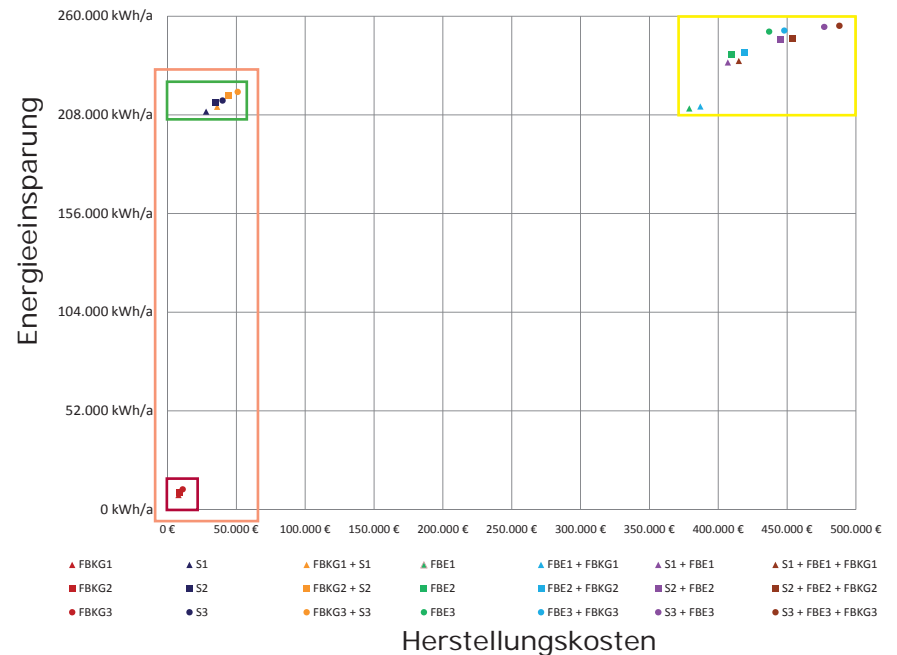


Abbildung 5-89: Diagramm Punkte der Maßnahmen S, FBE, FBKG und deren Kombinationen

Zur besseren Übersicht und Erklärbarkeit, wird das Diagramm in folgende Bereiche zerteilt:

- Bereich von 0 bis 60.000 € unterteilt in:
 - Bereich Maßnahme **FBKG**
 - Bereich Maßnahme **S** und **FBKG + S**
- Bereich von 375.000 bis 495.000 € enthält: Maßnahme **FBE** und deren **Kombinationen**

Diagramm Punkte Bereich 0 bis 60.000 €

▲ Bei der Maßnahme **Fußboden gegen Kellergeschoss FBKG** kann aus der Abbildung 5-90 abgelesen werden, dass je Energiestandard mit zunehmender Energieeinsparung die Kosten steigen.

In der Abbildung 5-91 sind die drei Energiestandards der Maßnahme **Schürze S** ▲ ■ ● sowie die Kombination der beiden Maßnahmen **Fußboden gegen Kellergeschoss und Schürze FBKG + S** ▲ ■ ● zu sehen. Dabei ist ersichtlich, dass je Energiestandard mit zunehmender Energieeinsparung auch die Kosten steigen.

Es kann festgestellt werden, dass sich die Punkte der Maßnahme **S** durch die Kombination mit der Maßnahme **FBKG** nach oben rechts verschieben, was bedeutet, dass je Maßnahme und Energiestandard durch eine größere Investition mehr Energieeinsparung in dieser Kombination erzielt werden kann.

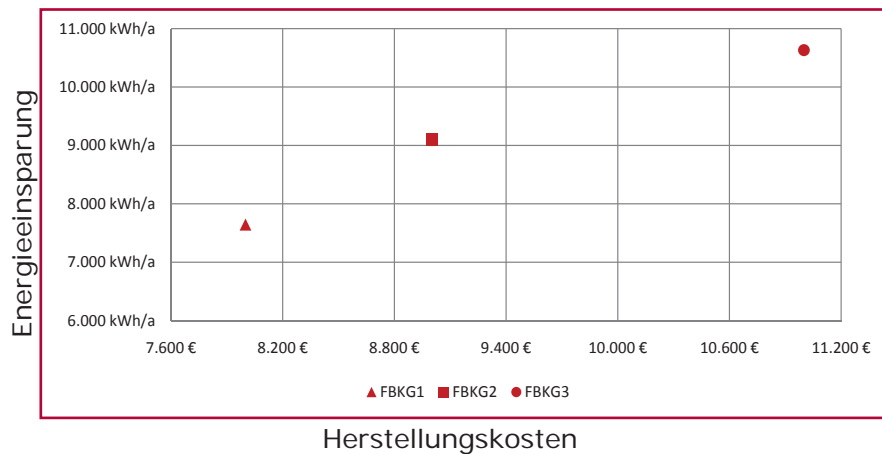


Abbildung 5-90: Diagramm Punkte der Maßnahme FBKG

Es ist allerdings zu erkennen, dass mehr Geld investiert werden muss, als im Verhältnis an Energieeinsparung erzielt wird.

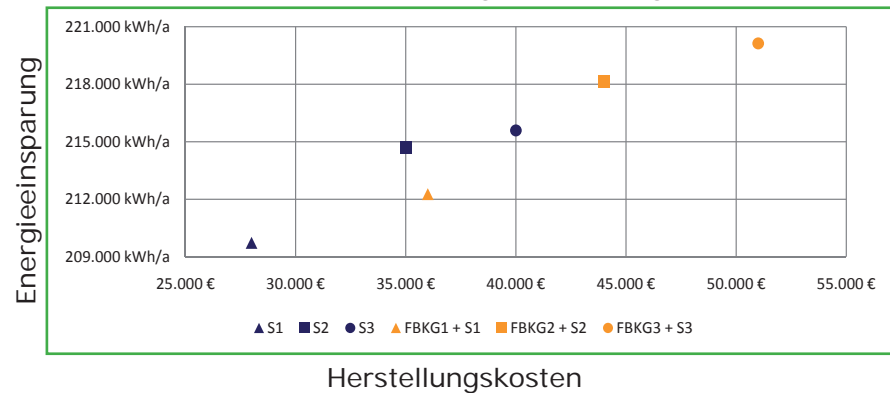


Abbildung 5-91: Diagramm Punkte der Maßnahmen S und FBKG+S

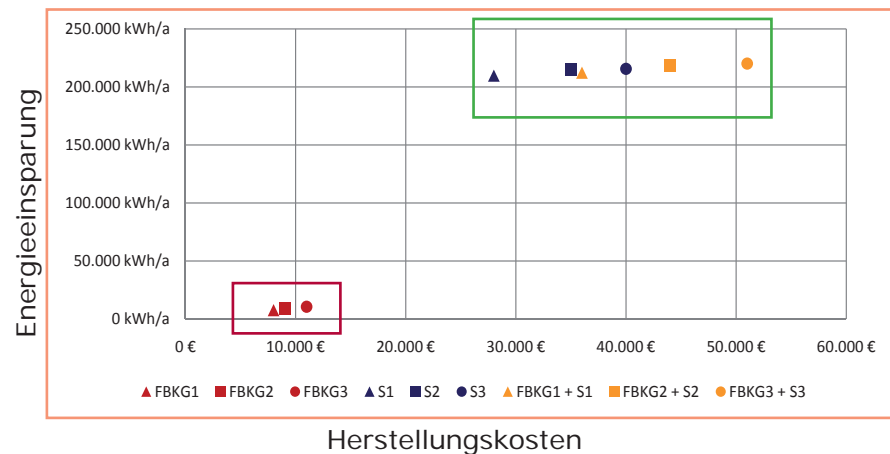


Abbildung 5-92: Diagramm Punkte der Maßnahmen FBKG, S und FBKG+S

Diagramm Punkte Bereich von 375.000 bis 495.000 €

- ▲ Die Maßnahme **Fußboden gegen Erde FBE** (siehe Legende in der Abbildung 5-93, erste Spalte) bildet die vordere nach oben rechts steigende Reihe an Punkten.
- Es ist zu sehen, dass je Energiestandard die Kosten sowie die Energieeinsparungen steigen.

In zweiter Ebene befindet sich die Kombination **Fußboden gegen Erde und Fußboden gegen Kellergeschoss FBE + FBKG** (siehe Legende in der Abbildung 5-93, zweite Spalte), was zu einem Anstieg der Kosten wie der Energieeinsparung führt. Die Punkte der ersten Ebene werden durch diese Kombination nach rechts oben verschoben. Je Energiestandard lässt sich eine Ähnlichkeit des Verhältnisses der Maßnahme FBE mit und ohne Kombination mit dem FBKG erkennen.

Kombinationen mit der Maßnahme Schürze:

▲ Im Vergleich zur soeben erwähnten Kombination, bringt die Methode **Schürze und Fußboden gegen Erde S + FBE** (siehe Legende in der Abbildung 5-93, dritte Spalte) mehr an Energieeinsparung bei größerer finanzieller Investition, bei einem besseren Verhältnis von Kosten zu Energieeinsparung.

▲ Die Maßnahme **Schürze und Fußboden gegen Erde und Fußboden gegen Kellergeschoss S + FBE + FBKG** (siehe Legende in der Abbildung 5-93, vierte Spalte) verhält sich zur Maßnahme S + FBE wie die Maßnahme FBE + FBKG zu FBE.

Somit kann festgestellt werden, dass jede Kombination mit der Maßnahme **FBKG** zwar nur geringe Mehrkosten im Vergleich zu **FBE** aufweist, jedoch auch nur eine minimale Energieeinsparung.

Im direkten Vergleich aller Maßnahmen ist Folgendes zu erkennen:

- Die Maßnahme FBKG kostet nicht viel, bringt allerdings auch nicht viel. Das gilt auch für die Maßnahme in Kombination.
- Die Maßnahme S bringt sehr viel, bei sehr geringem Kostenaufwand im Verhältnis zur Maßnahme FBE.
- Die Maßnahme FBE kostet und bringt viel, ist jedoch im Verhältnis betrachtet ineffizienter als die Maßnahme S.
- Die Maßnahme $S_1 + FBE_1 + FBKG_1$ bietet bei höheren Kosten eine geringere Energieeinsparung als FBE_2 .
- Die Maßnahme $S_2 + FBE_2$ bietet bei höheren Kosten eine geringere Energieeinsparung als FBE_3 .
- Die Maßnahme $S_2 + FBE_2 + FBKG_2$ bietet bei höheren Kosten eine geringere Energieeinsparung als FBE_3 bzw. $FBE_3 + FBKG_3$.

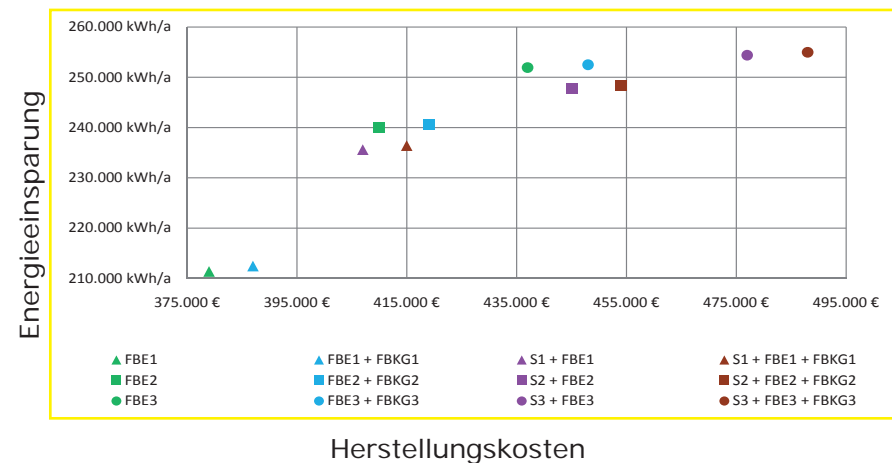


Abbildung 5-93: Diagramm Punkte der Maßnahme FBE und dessen Kombinationen

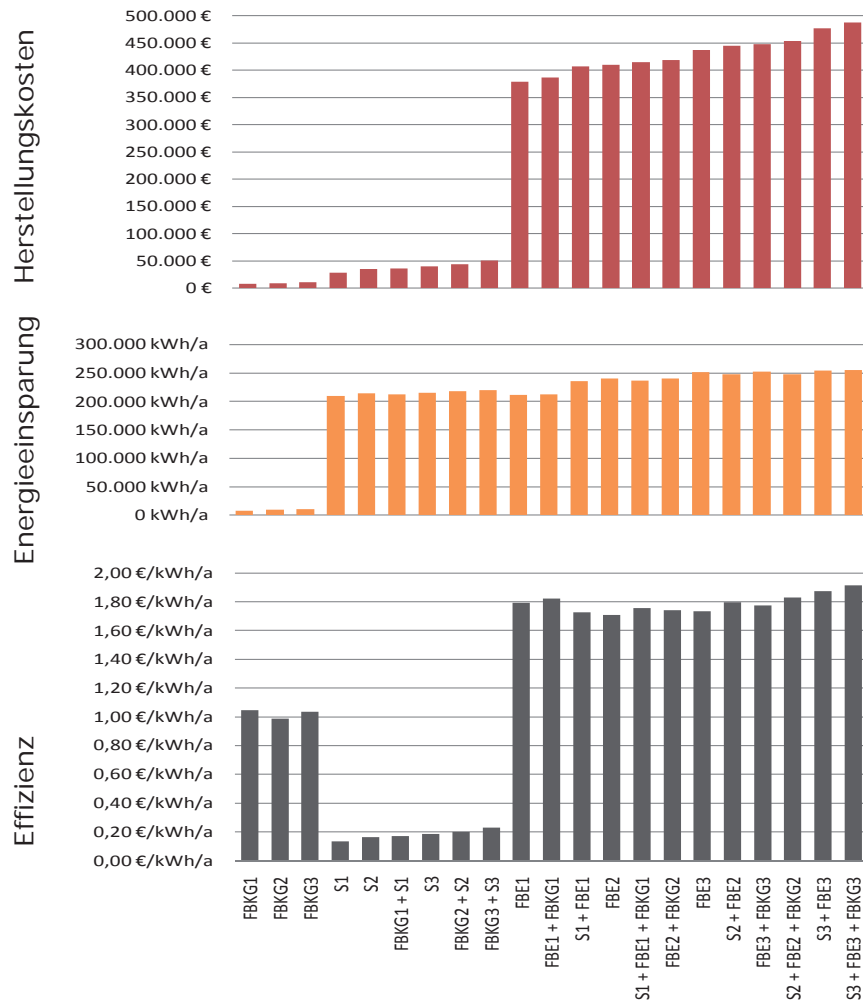


Abbildung 5-94: Diagramm Säulen der Maßnahmen S, FBE, FBKG und deren Kombinationen gereiht nach Herstellungskosten

Diagramm Säulen

In der **Abbildung 5-94** sind die Herstellungskosten, Energieeinsparung und die Effizienz nach den Kosten je Maßnahme und Energiestandard aufsteigend dargestellt. Hier ist zu sehen, dass die Maßnahmen FBKG, S sowie die Kombination der beiden in jedem Energiestandard die günstigsten in der Herstellung sind. Am teuersten ist die Kombination der Sanierung aller drei Bauteile gegen Erde im höchsten Energiestandard.

In der **Abbildung 5-95** sind die Herstellungskosten, Energieeinsparung und die Effizienz nach der Energieeinsparung je Maßnahme und Energiestandard absteigend dargestellt. Hier ist zu sehen, dass die teuerste Maßnahme gleichzeitig die meiste Energieeinsparung und die Maßnahme FBKG in jedem Energiestandard im Vergleich zu den anderen Maßnahmen eine sehr geringe Energieeinsparung bringt.

In der **Abbildung 5-96** sind die Herstellungskosten, Energieeinsparung und die Effizienz nach der Effizienz je Maßnahme und Energiestandard aufsteigend dargestellt. Die Maßnahme S ist in jedem Energiestandard die effizienteste Maßnahme. Diese bringt eine hohe Energieeinsparung bei verhältnismäßig niedrigen Kosten. Die teuerste und zugleich energiesparendste Maßnahmenkombination ist gleichzeitig auch die ineffektivste.

Schlussfolgerung

Für die weitere Berechnung bzw. Erstellung der Sanierungsszenarien wird die Maßnahme S gewählt, da diese die effizienteste bei gleichzeitig geringem Kostenaufwand darstellt. In der Herstellung ist diese auch sinnvoller, schneller und unkomplizierter umzusetzen als die Maßnahme FBE.

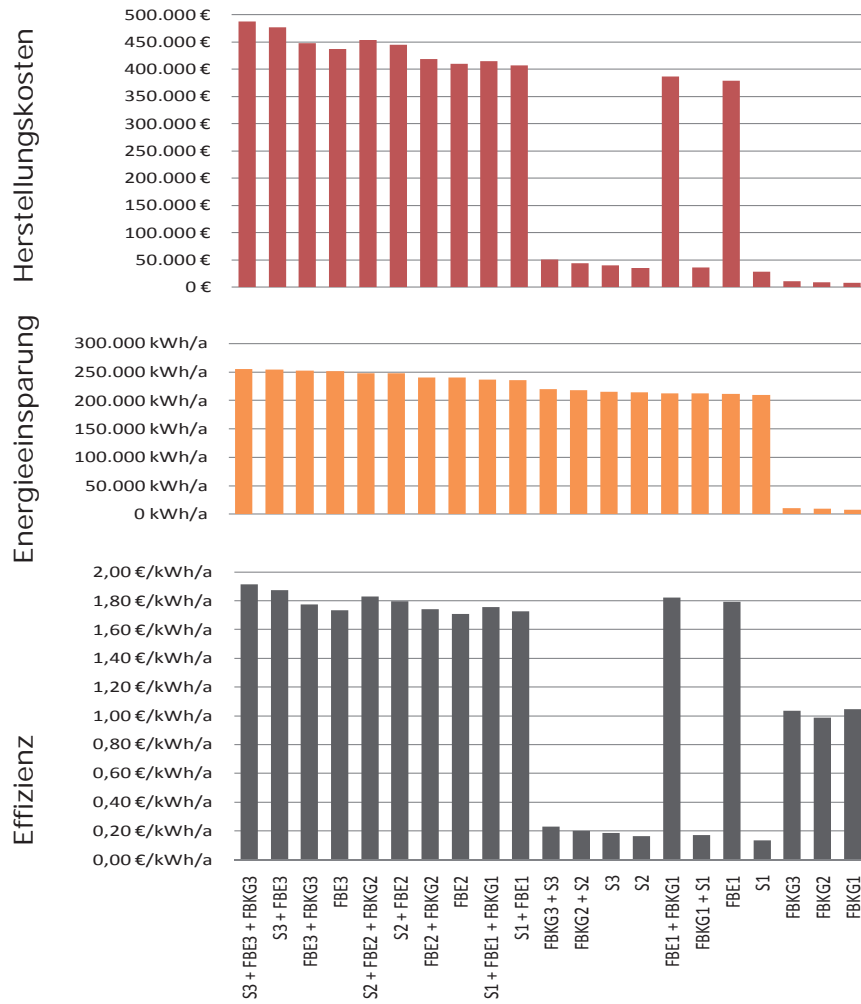


Abbildung 5-95: Diagramm Säulen der Maßnahmen S, FBE, FBKG und deren Kombinationen gereiht nach Energieeinsparung

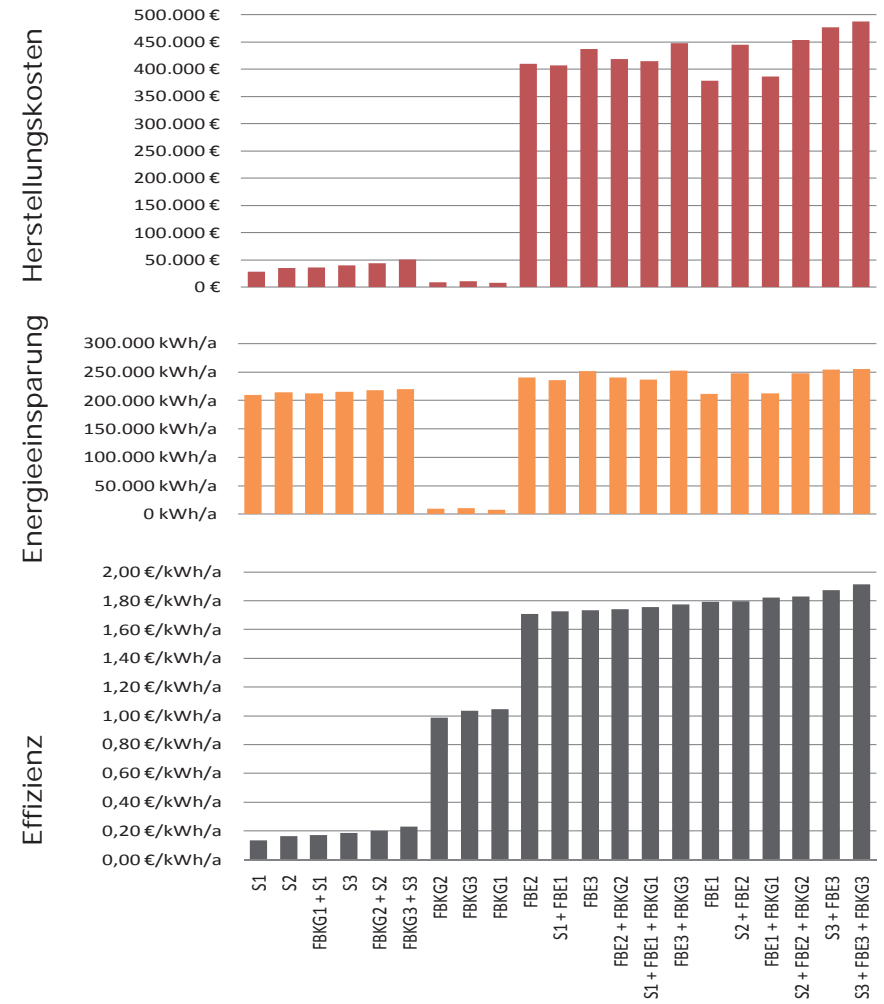


Abbildung 5-96: Diagramm Säulen der Maßnahmen S, FBE, FBKG und deren Kombinationen gereiht nach Effizienz

DARSTELLUNG UND VERGLEICH DER OPTIMIERUNGSSCHRITTE ZUR ERSTELLUNG DER SANIERUNGSSZENARIEN

Durch den Vergleich der beiden für die Sanierung der Fensterflächen festgelegten Maßnahmen wurde festgestellt, dass die Maßnahme FoV aussortiert wird und somit nur die Maßnahme **F** für die weitere Betrachtung herangezogen wird.

Durch den Vergleich der Sanierungsmöglichkeiten, welche die Verluste gegen das Erdreich minimieren sollen, konnte festgestellt werden, dass nur die Maßnahme **S** für die weitere Berechnung berücksichtigt wird, alle übrigen werden an dieser Stelle aussortiert.

Die für die Entwicklung der Sanierungsszenarien verwendeten Maßnahmen sind in der Abbildung 5-97 skizzenhaft sowie in 5-98 in einem Flussdiagramm dargestellt.

Dabei sind die Maßnahmen FoV, FBE sowie FBKG und deren Kombinationen - also jene Maßnahmen, die für die weitere Berechnung ausgeschlossen wurden - transparent dargestellt bzw. grau hinterlegt.

Aufbau

Die nach der Aussortierung zur Verfügung stehenden Optimierungsschritte zur Erstellung der Sanierungsszenarien sind in zwei Bereiche aufgeteilt:

- Sanierung
- Neubau

Beim Neubau wird ein zweigeschossiges Gebäude mit derselben Bruttogeschossfläche wie beim Bestandsgebäude vorgesehen. Nähere Informationen siehe unter „Neubau“ auf Seite 172.

Der Zweig der Sanierung ist wiederum unterteilt in:

- Sanierung der Bauteile mit Verlusten über die Außenluft

- Sanierung der Bauteile mit Verlusten gegen das Erdreich
- Sanierung durch technische Optimierung

Dabei sehen die Optimierungsschritte der Sanierung der Bauteile über die Außenluft folgende Maßnahmen vor:

- Dämmung der Dachfläche
- Austausch der Lichtkuppeln
- Dämmung der Außenwand
- Austausch der Fensterelemente und Wiederherstellen in Größe und Form wie jene des Bestandsgebäudes

Die Sanierung der Bauteile gegen Erdreich wird durch folgenden Optimierungsschritt vorgesehen:

- Ausbilden einer Schürze

Im folgenden werden diese Optimierungsschritte miteinander verglichen und dargestellt.

Es soll aufgezeigt werden, welche dieser Maßnahmen bzw. die Sanierung welches Bauteils sich als besonders effektiv hinsichtlich der Herstellungskosten im Vergleich zur möglichen Energieeinsparung zeigt.

Es soll als Grundlage für die Zusammensetzung der einzelnen Maßnahmen zu Sanierungsszenarien dienen, da sich eine Abschätzung über die Effizienz einer Maßnahme - im Vergleich zu den anderen Optimierungsschritten - bzw. über die Effizienz der einzelnen Energiestandards einer Maßnahme treffen lässt.

In erster Linie werden die einzelnen Sanierungsmaßnahmen miteinander verglichen und dargestellt.

In weiterer Folge werden die Optimierungsschritte für eine Sanierung des Gebäudes dem Neubau gegenübergestellt.

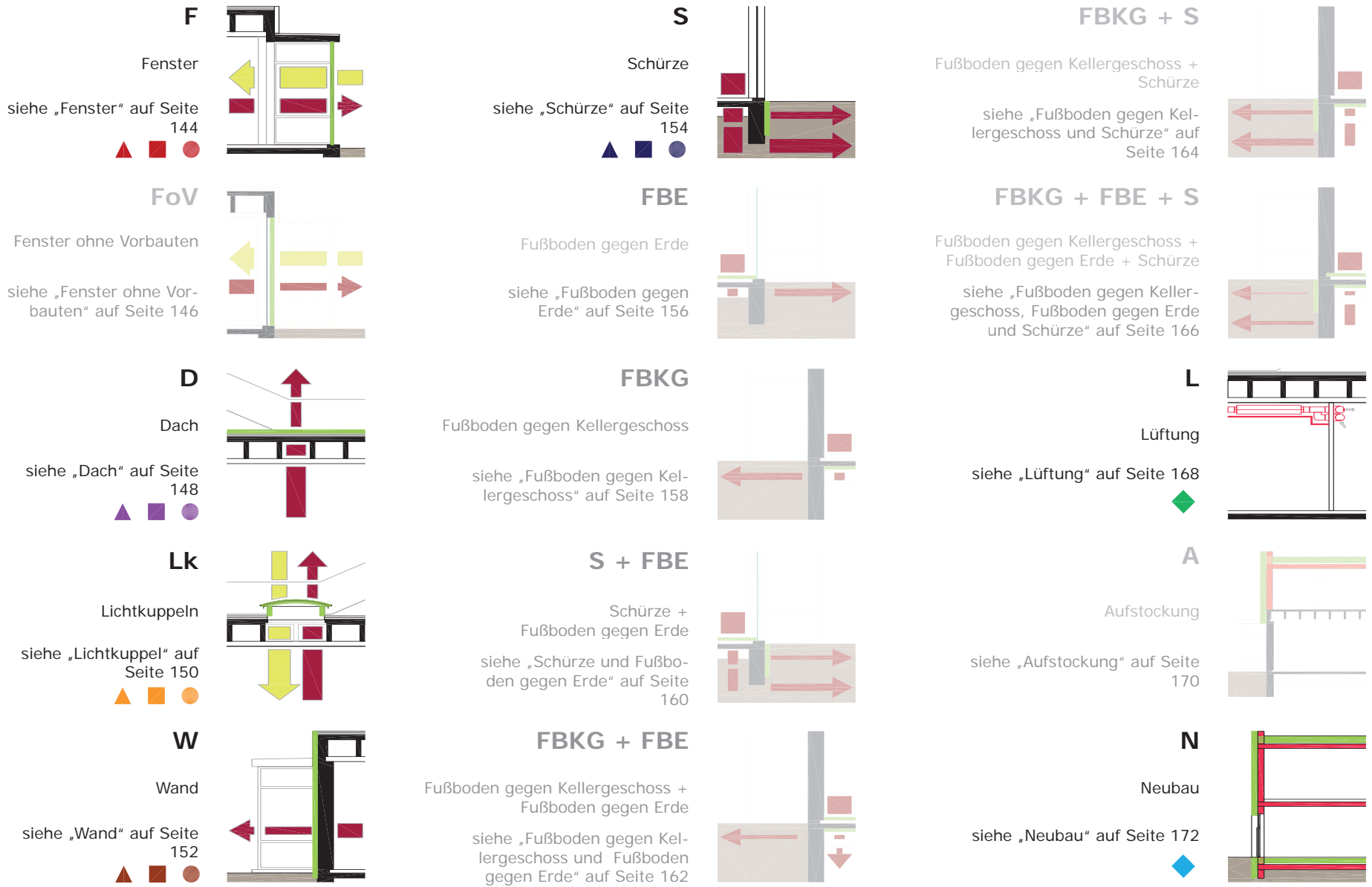


Abbildung 5-97: Skizzen der einzelnen Optimierungsschritte zur Erstellung von Sanierungsszenarien

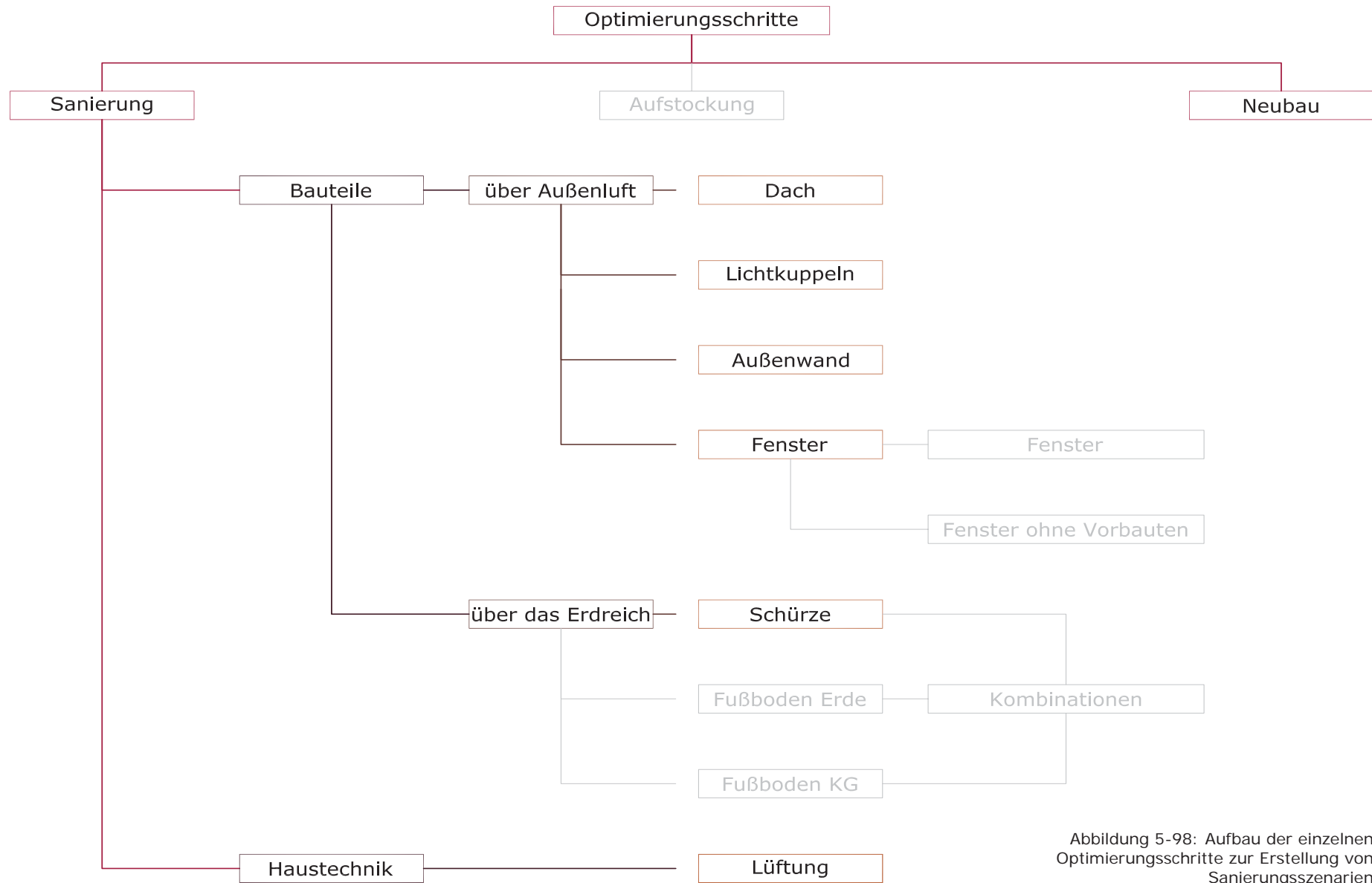


Abbildung 5-98: Aufbau der einzelnen Optimierungsschritte zur Erstellung von Sanierungsszenarien

Zusammenfassung der Daten

Tabelle 5-32: Herstellungskosten je Energiestandard der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien

	Kosten		
	Energie-standard 1	Energie-standard 2	Energie-standard 3
S	28.000 €	35.000 €	40.000 €
Lk	48.000 €	69.000 €	88.000 €
W	79.000 €	93.000 €	106.000 €
L	71.000 €		
F	377.000 €	398.000 €	422.000 €
D	275.000 €	311.000 €	319.000 €
N	5.222.000 €		

Tabelle 5-33: Energieeinsparung je Energiestandard der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien

	Einsparung		
	Energie-standard 1	Energie-standard 2	Energie-standard 3
S	209.730 kWh/a	214.727 kWh/a	215.593 kWh/a
Lk	10.885 kWh/a	16.409 kWh/a	22.293 kWh/a
W	12.747 kWh/a	28.326 kWh/a	31.636 kWh/a
L	17.882 kWh/a		
F	24.532 kWh/a	42.302 kWh/a	52.774 kWh/a
D	138.490 kWh/a	169.226 kWh/a	171.733 kWh/a
N	529.079 kWh/a		

Tabelle 5-34: Effizienz je Energiestandard der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien

	Effizienz		
	Energie-standard 1	Energie-standard 2	Energie-standard 3
S	0,13 €/kWh/a	0,16 €/kWh/a	0,19 €/kWh/a
Lk	4,41 €/kWh/a	4,21 €/kWh/a	3,95 €/kWh/a
W	6,20 €/kWh/a	3,28 €/kWh/a	3,35 €/kWh/a
L	3,97 €/kWh/a		
F	15,37 €/kWh/a	9,41 €/kWh/a	8,00 €/kWh/a
D	1,99 €/kWh/a	1,84 €/kWh/a	1,86 €/kWh/a
N	9,87 €/kWh/a		

Diagramm Punkte Sanierung

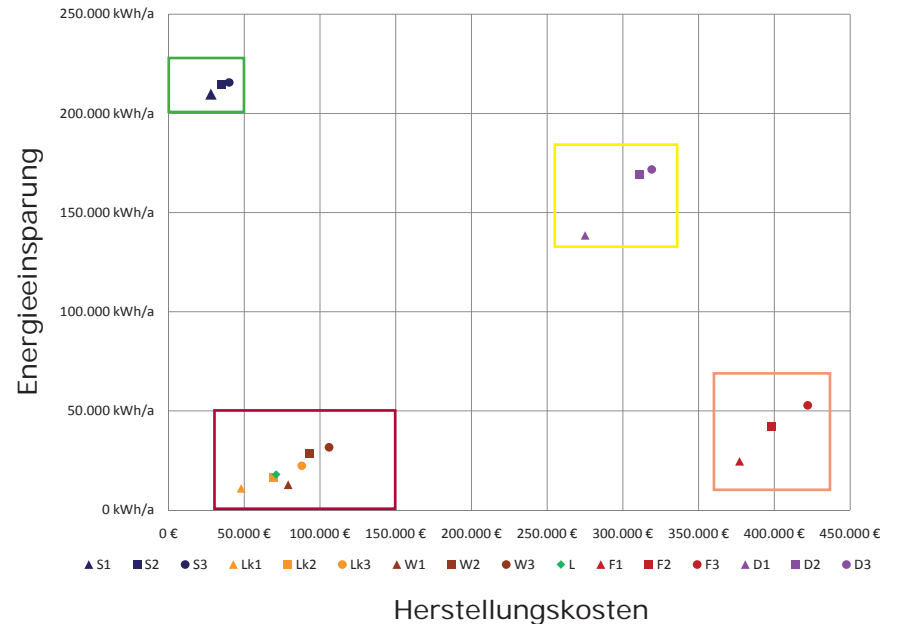


Abbildung 5-99: Diagramm Punkte der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien

Zur besseren Übersicht und Erklärbarkeit, wird das Diagramm im Folgenden in Bereiche zerteilt:

- Bereich Maßnahme **S**
- Bereich Maßnahme **W, L und Lk**
- Bereich Maßnahme **D**
- Bereich Maßnahme **F**

Diagramm Punkte Bereich Maßnahme S

Diese Maßnahme je Energiestandard bringt

- bei geringem Kostenaufwand
- eine hohe Energieeinsparung

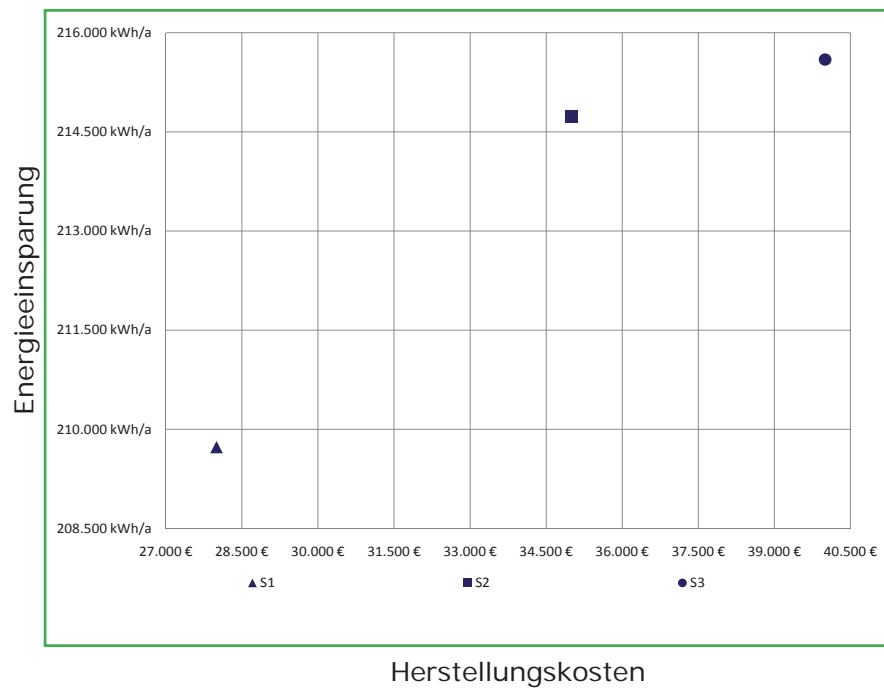


Abbildung 5-100: Diagramm Punkte der Maßnahme S zur Erstellung von Sanierungsszenarien

Diagramm Punkte Bereich Maßnahme W, L und Lk

Diese Maßnahmen je Energiestandard bringen

- bei geringem Kostenaufwand
- eine geringe Energieeinsparung

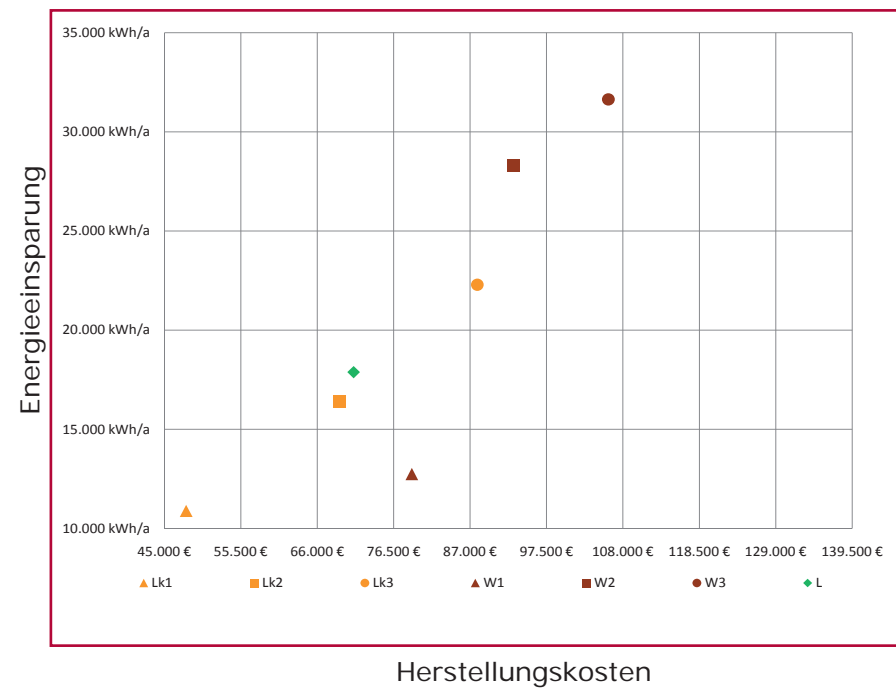
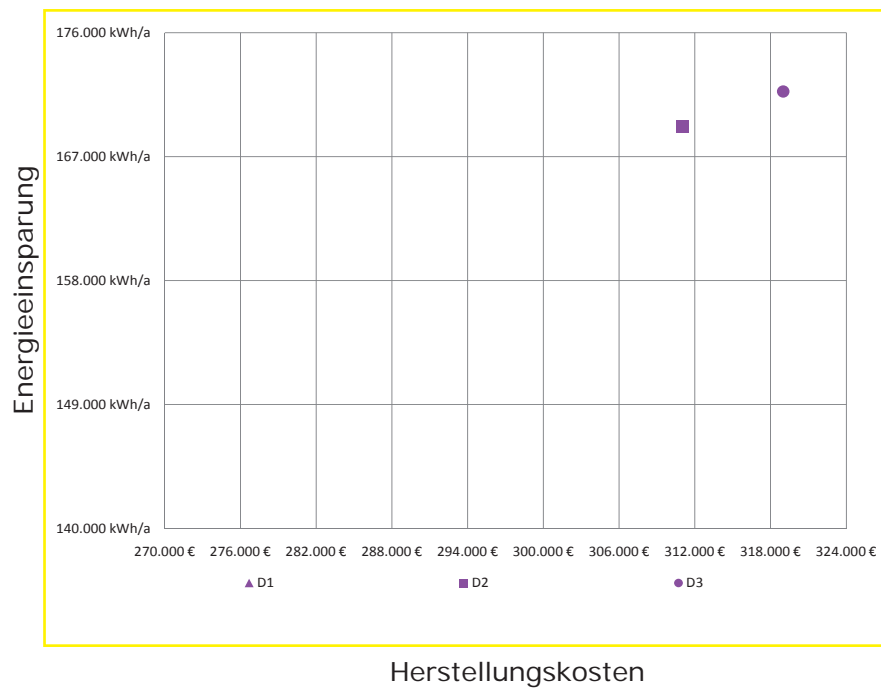


Abbildung 5-101: Diagramm Punkte der Maßnahmen W, L und Lk zur Erstellung von Sanierungsszenarien

Diagramm Punkte Bereich Maßnahme D

Diese Maßnahme je Energiestandard bringt

- bei hohem Kostenaufwand
- eine hohe Energieeinsparung



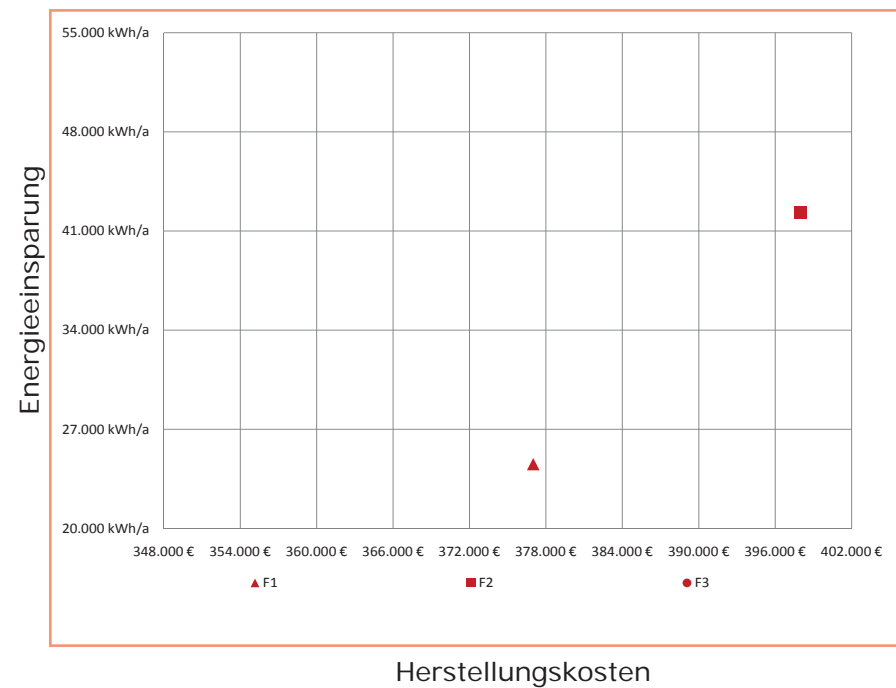
Herstellungskosten

Abbildung 5-102: Diagramm Punkte der Maßnahme D zur Erstellung von Sanierungsszenarien

Diagramm Punkte Bereich Maßnahme F

Diese Maßnahme je Energiestandard bringt

- bei hohem Kostenaufwand
- eine geringe Energieeinsparung



Herstellungskosten

Abbildung 5-103: Diagramm Punkte der Maßnahme F zur Erstellung von Sanierungsszenarien

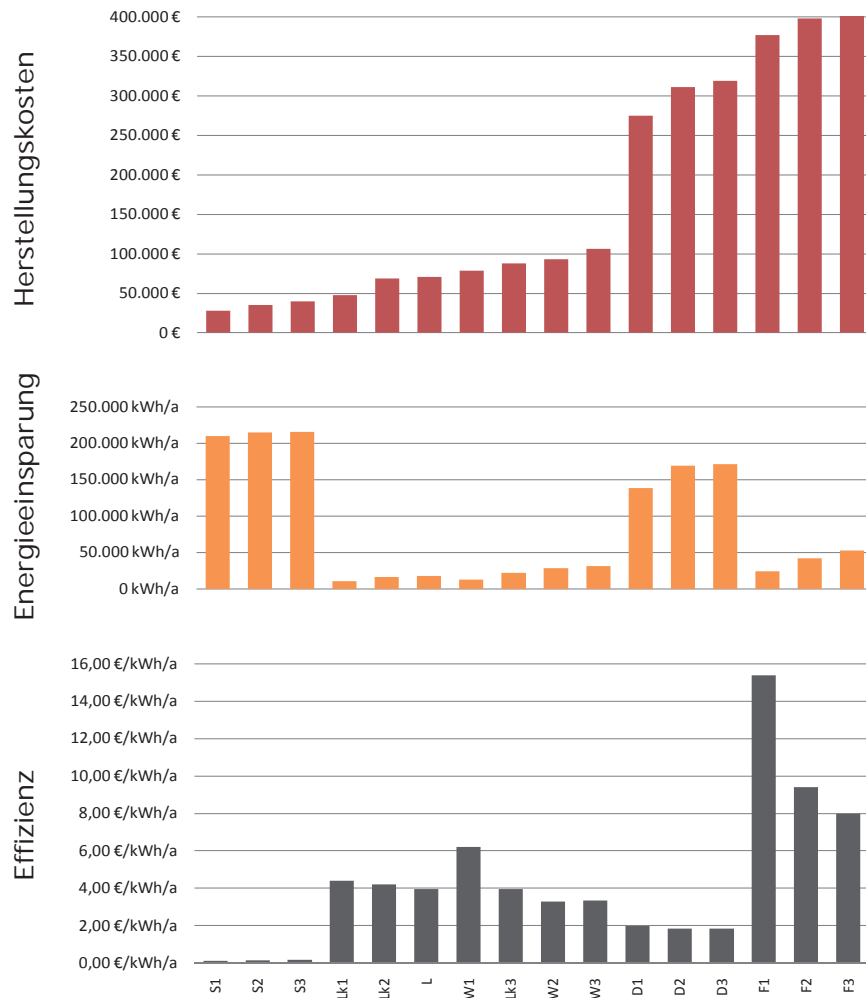


Abbildung 5-104: Diagramm Säulen der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien gereiht nach Herstellungskosten

Diagramm Säulen Sanierung

In der **Abbildung 5-104** sind die Herstellungskosten, Energieeinsparung und die Effizienz nach den Kosten je Maßnahme und Energiestandard aufsteigend dargestellt. Hier ist zu sehen, dass die Maßnahme S die günstigste in der Herstellung ist, gefolgt von den Maßnahmen Lk, L und W. Erheblich teurer (ersichtlich durch den Sprung im Diagramm) sind die Maßnahmen D sowie F in allen drei Energiestandards.

In der **Abbildung 5-105** sind die Herstellungskosten, Energieeinsparung und die Effizienz nach der Energieeinsparung je Maßnahme und Energiestandard absteigend dargestellt. Die Maßnahme S bringt die meiste Energieeinsparung, gefolgt von der Maßnahme D. Dies lässt sich dadurch erklären, dass diese beiden Maßnahmen jene Bauteile mit dem größten Anteil an der Hüllfläche des Gebäudes sind, was bedeutet, dass über diese die größten Wärmeverluste zu verzeichnen sind. Im Vergleich zu diesen beiden Maßnahmen ist durch die übrigen eine geringe Energieeinsparung zu erzielen.

In der **Abbildung 5-106** sind die Herstellungskosten, Energieeinsparung und die Effizienz nach der Effizienz je Maßnahme und Energiestandard aufsteigend dargestellt. Die Maßnahme S ist mit Abstand die effizienteste, gefolgt von der Maßnahme D. Die übrigen Maßnahmen reihen sich dahinter ein. Die mit Abstand ineffizienteste Maßnahme ist F im Energiestandard 1.

Schlussfolgerung

Es ist deutlich zu sehen, dass das größte Einsparpotential über die Bauteile Fußboden (Maßnahme S) bzw. dem Dach (Maßnahme D) zu erzielen ist, da diese Bauteile über den größten Anteil an der Hüllfläche sowie den Wärmeverlusten in Bezug zum gesamten Gebäude verfügen.

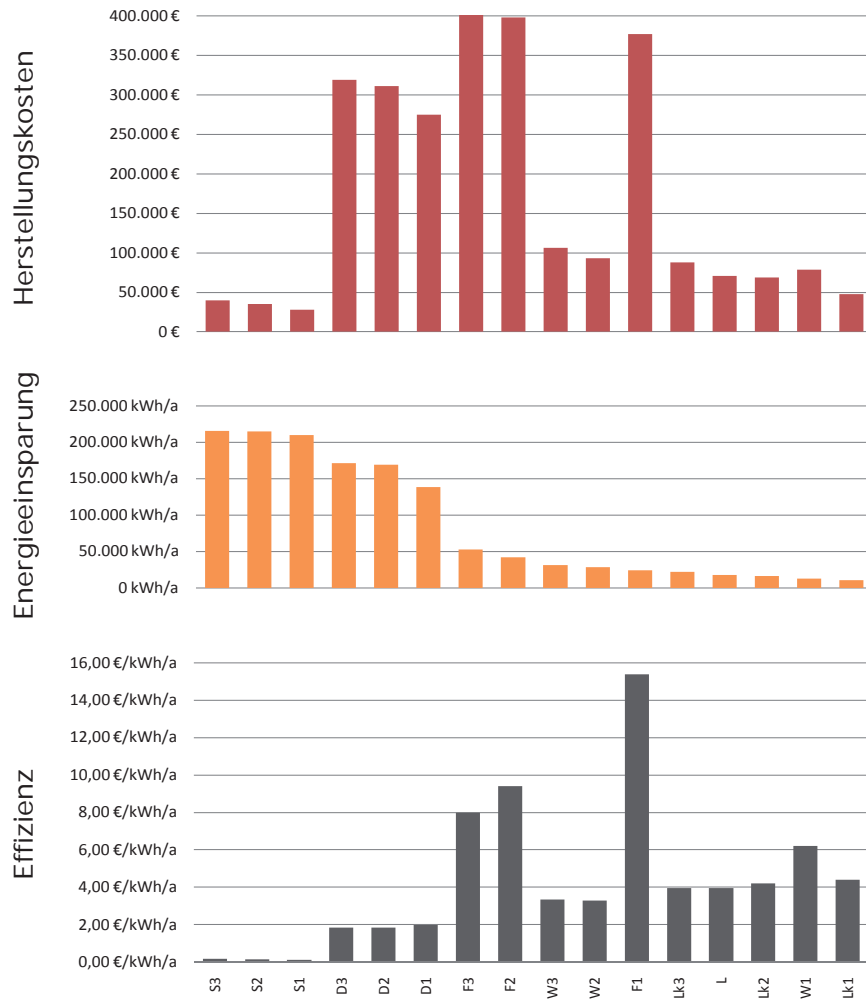


Abbildung 5-105: Diagramm Säulen der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien gereiht nach Energieeinsparung

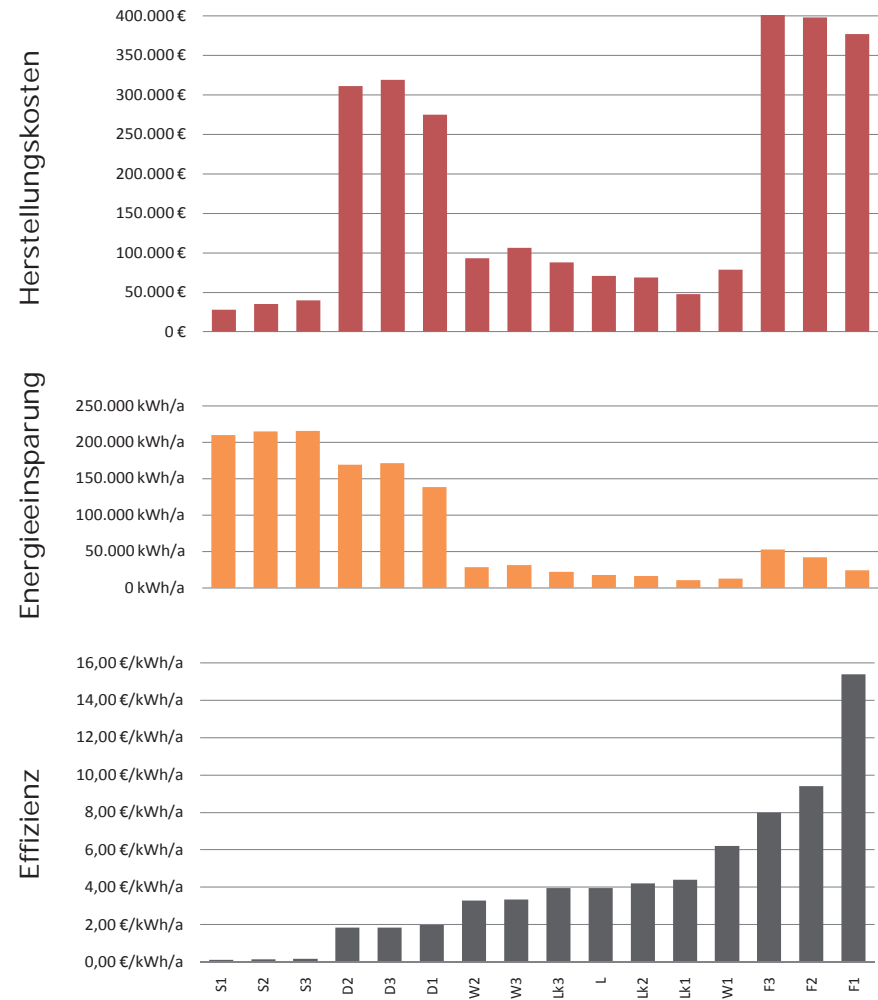


Abbildung 5-106: Diagramm Säulen der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien gereiht nach Effizienz

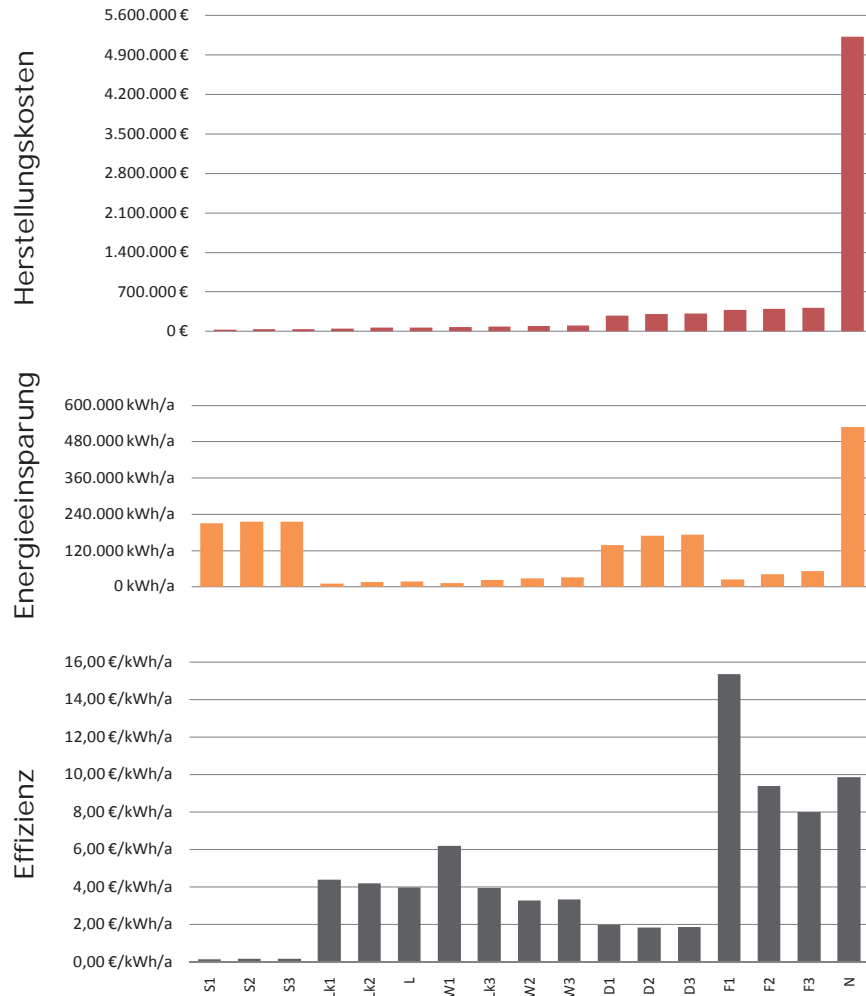


Abbildung 5-107: Diagramm Säulen der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien im Vergleich zum Neubau gereiht nach Herstellungskosten

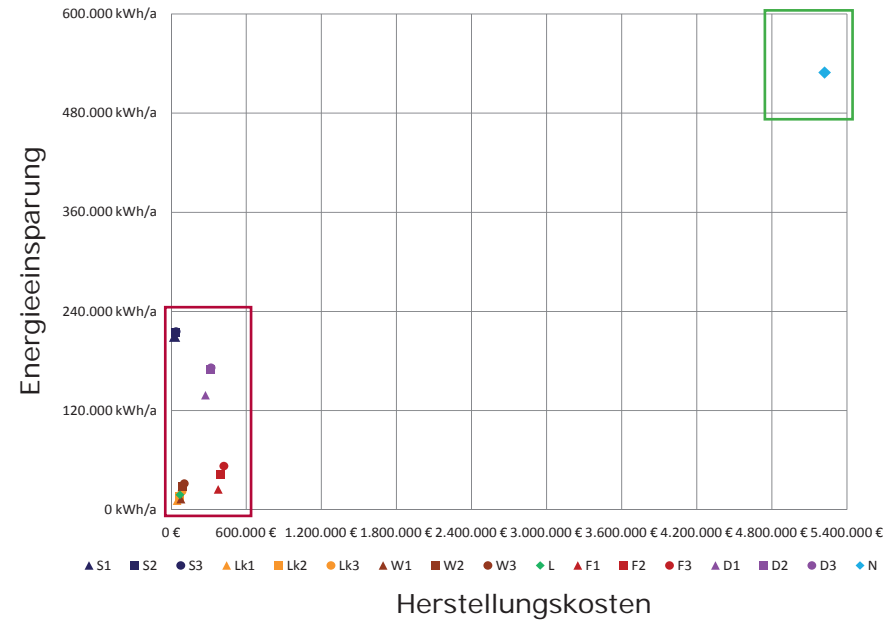


Abbildung 5-108: Diagramm Punkte der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien im Vergleich zum Neubau

Diagramm Punkte und Säulen Sanierung und Neubau

In der **Abbildung 5-107** ist zu sehen, dass die Maßnahme N die teuerste ist, in der **Abbildung 5-109**, dass die Maßnahme N die meiste Energieeinsparung bringt und in der **Abbildung 5-110**, dass die Maßnahme N effizienter ist als F im Energiestandard 1.

Die **Abbildung 5-108** zeigt, in welchem Verhältnis die Herstellungskosten und die Energieeinsparung der Optimierungsschritte für die Sanierung des Gebäudes zum Neubau stehen.

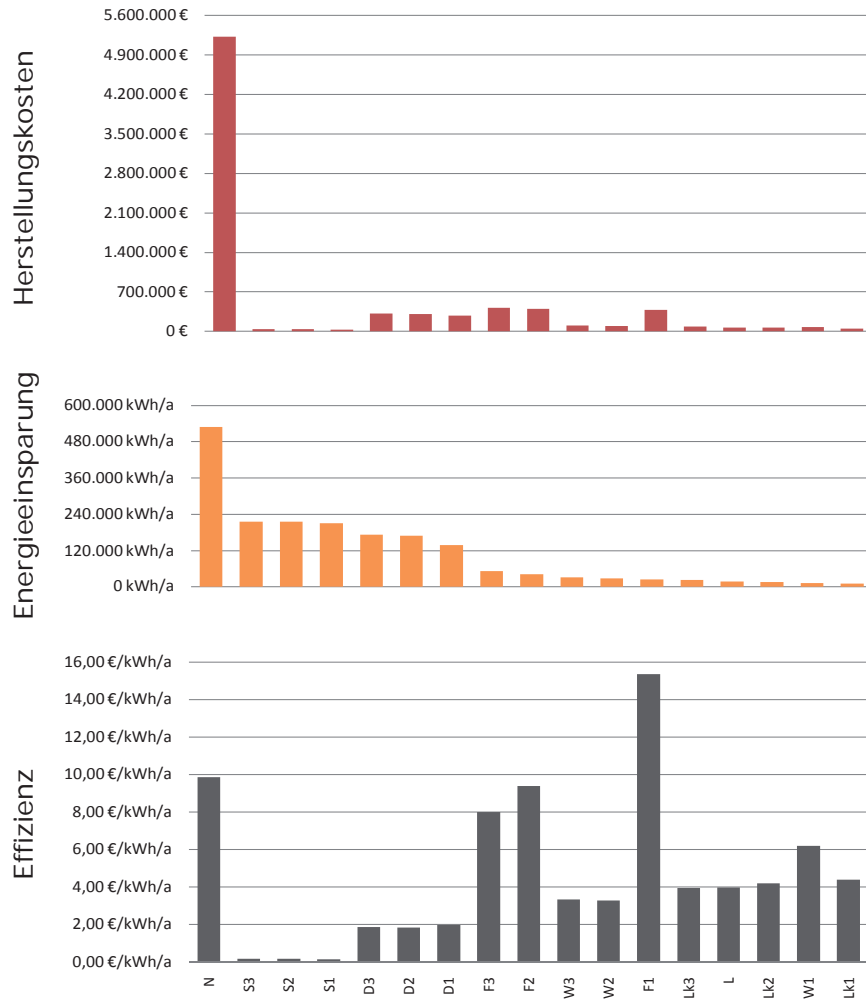


Abbildung 5-109: Diagramm Säulen der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien im Vergleich zum Neubau gereiht nach Energieeinsparung

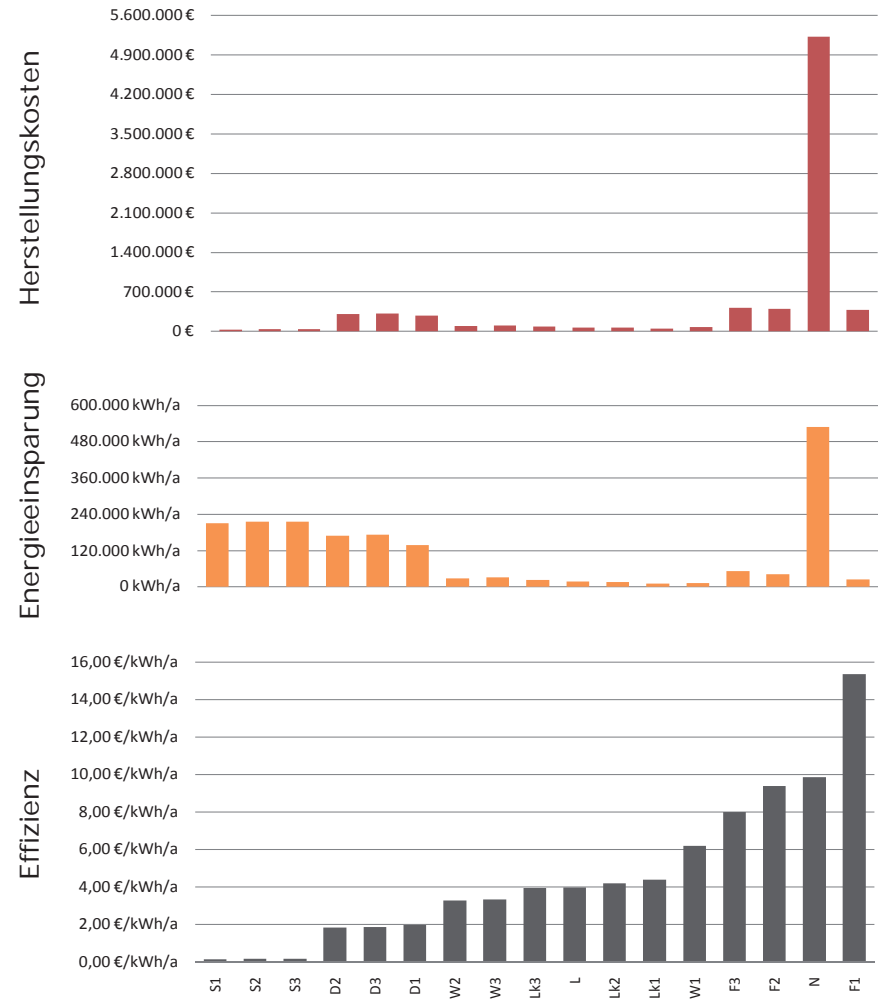


Abbildung 5-110: Diagramm Säulen der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien im Vergleich zum Neubau gereiht nach Effizienz

MASSNAHMENKATALOG

Vergleich Herstellungskosten

Vergleich Energieeinsparung

Vergleich Effizienz

Sanierungsmaßnahmen

	Kosten	Einsparung	Effizienz
S ₁	28.000 €	209.730 kWh/a	0,13 €/kWh/a
S ₂	35.000 €	214.727 kWh/a	0,16 €/kWh/a
S ₃	40.000 €	215.593 kWh/a	0,19 €/kWh/a
Lk ₁	48.000 €	10.885 kWh/a	4,41 €/kWh/a
Lk ₂	69.000 €	16.409 kWh/a	4,21 €/kWh/a
L	71.000 €	17.882 kWh/a	3,97 €/kWh/a
W ₁	79.000 €	12.747 kWh/a	6,20 €/kWh/a
Lk ₃	88.000 €	22.293 kWh/a	3,95 €/kWh/a
W ₂	93.000 €	28.326 kWh/a	3,28 €/kWh/a
W ₃	106.000 €	31.636 kWh/a	3,35 €/kWh/a
D ₁	275.000 €	138.490 kWh/a	1,99 €/kWh/a
D ₂	311.000 €	169.226 kWh/a	1,84 €/kWh/a
D ₃	319.000 €	171.733 kWh/a	1,86 €/kWh/a
F ₁	377.000 €	24.532 kWh/a	15,37 €/kWh/a
F ₂	398.000 €	42.302 kWh/a	9,41 €/kWh/a
F ₃	422.000 €	52.774 kWh/a	8,00 €/kWh/a

	Kosten	Einsparung	Effizienz
S ₃	40.000 €	215.593 kWh/a	0,19 €/kWh/a
S ₂	35.000 €	214.727 kWh/a	0,16 €/kWh/a
S ₁	28.000 €	209.730 kWh/a	0,13 €/kWh/a
D ₃	319.000 €	171.733 kWh/a	1,86 €/kWh/a
D ₂	311.000 €	169.226 kWh/a	1,84 €/kWh/a
D ₁	275.000 €	138.490 kWh/a	1,99 €/kWh/a
F ₃	422.000 €	52.774 kWh/a	8,00 €/kWh/a
F ₂	398.000 €	42.302 kWh/a	9,41 €/kWh/a
W ₃	106.000 €	31.636 kWh/a	3,35 €/kWh/a
W ₂	93.000 €	28.326 kWh/a	3,28 €/kWh/a
F ₁	377.000 €	24.532 kWh/a	15,37 €/kWh/a
Lk ₃	88.000 €	22.293 kWh/a	3,95 €/kWh/a
L	71.000 €	17.882 kWh/a	3,97 €/kWh/a
Lk ₂	69.000 €	16.409 kWh/a	4,21 €/kWh/a
W ₁	79.000 €	12.747 kWh/a	6,20 €/kWh/a
Lk ₁	48.000 €	10.885 kWh/a	4,41 €/kWh/a

	Kosten	Einsparung	Effizienz
S ₁	28.000 €	209.730 kWh/a	0,13 €/kWh/a
S ₂	35.000 €	214.727 kWh/a	0,16 €/kWh/a
S ₃	40.000 €	215.593 kWh/a	0,19 €/kWh/a
D ₂	311.000 €	169.226 kWh/a	1,84 €/kWh/a
D ₃	319.000 €	171.733 kWh/a	1,86 €/kWh/a
D ₁	275.000 €	138.490 kWh/a	1,99 €/kWh/a
W ₂	93.000 €	28.326 kWh/a	3,28 €/kWh/a
W ₃	106.000 €	31.636 kWh/a	3,35 €/kWh/a
Lk ₃	88.000 €	22.293 kWh/a	3,95 €/kWh/a
L	71.000 €	17.882 kWh/a	3,97 €/kWh/a
Lk ₂	69.000 €	16.409 kWh/a	4,21 €/kWh/a
Lk ₁	48.000 €	10.885 kWh/a	4,41 €/kWh/a
W ₁	79.000 €	12.747 kWh/a	6,20 €/kWh/a
F ₃	422.000 €	52.774 kWh/a	8,00 €/kWh/a
F ₂	398.000 €	42.302 kWh/a	9,41 €/kWh/a
F ₁	377.000 €	24.532 kWh/a	15,37 €/kWh/a

Neubau

Neubau	Kosten	Einsparung	Effizienz
N	5.222.000 €	529.079 kWh/a	9,87 €/kWh

Neubau	Kosten	Einsparung	Effizienz
N	5.222.000 €	529.079 kWh/a	9,87 €/kWh

Neubau	Kosten	Einsparung	Effizienz
N	5.222.000 €	529.079 kWh/a	9,87 €/kWh

Tabelle 5-35: Maßnahmenkatalog zur Erstellung von Sanierungsszenarien

In der Tabelle 5-35 sind nun alle Maßnahmen, welche für die Erstellung der Sanierungsszenarien herangezogen werden, dargestellt.

Diese sind, einmal nach Kosten, einmal nach der Energieeinsparung und einmal nach der Effizienz sortiert abgebildet und bieten so einen Überblick über die Werte der einzelnen Maßnahmen je Energiestandard und können im Vergleich miteinander gelesen werden.

Es sind die einzelnen Sanierungsmaßnahmen gemeinsam und der Neubau für sich dargestellt.

Vergleich Herstellungskosten

Die Maßnahme S ist die günstigste, gefolgt von den Optimierungsschritten Lk, L, W und Dach. Die Maßnahme F ist die teuerste nach den Herstellungskosten.

Ab der Maßnahme D - also für D und F - kann bei der Höhe der Herstellungskosten ein wesentlicher Sprung erkannt werden.

Vergleich Energieeinsparung

Mit der Maßnahme S lässt sich die größte Energieeinsparung erzielen, gefolgt von der Maßnahme D.

Die übrigen Maßnahmen bieten - im Vergleich zu S und D - eine erheblich geringers Energieeinsparpotential.

Es kann z.B. mit der Maßnahme F im Energiestandard 3 nur ca. 38% der Energieeinsparung erzielt werden, welche die Maßnahme D im Energiestandard 1 bewirkt. Gleichzeitig bietet F₃ nur ca. 25% der Energieeinsparung welche durch den Einbau der Maßnahme S im Energiestandard 1 erzielt wird.

Vergleich Effizienz

Hier sind vor allem große Unterschiede der einzelnen Energiestandards je Maßnahme zu beobachten.

Betrachtet man z.B. die Maßnahme W, so ist der Energiestandard 2 beinahe doppelt so effizient wie der Energiestandard 1.

Auch bei der Maßnahme F kann festgestellt werden, dass der Energiestandard 1 mit großem Abstand die ineffizienteste Maßnahme darstellt.

Zusammenfassung

Die Maßnahme S ist in allen drei Bereichen an erster Stelle, somit die energetisch und ökonomisch sinnvollste Einzel-Sanierungsmaßnahme.

Die Maßnahme F liegt im Vergleich der HKO an letzter Stelle und im Vergleich der Energieeinsparung liegt diese im Mittelfeld.

Die Energieeinsparung ist allerdings nicht groß genug, um einen guten Effizienzwert zu erhalten, denn im Vergleich zu allen anderen Optimierungsschritten liegt die Maßnahme F auch in dieser Kategorie an der letzten Stelle.

Die Maßnahme L liegt in allen drei Bereichen im Mittelfeld. Für die zu investierenden Herstellungskosten liegen die Wärmegewinne etwa in derselben Kategorie als jene, die durch den Austausch der Lichtkuppeln erzielt werden können.

Hierzu ist die Verbesserung des Nutzerkomforts ebenfalls ein wesentlicher Punkt zur Bewertung dieser Maßnahme.

Die Maßnahme W liegt - zumindest im Energiestandard 2 und 3 - immer im Mittelfeld der drei Reihungen.

PHASE IV

SANIERUNGSSZENARIEN

Aus den zuvor festgelegten Optimierungsschritten der Tabelle 5-35 werden nun Sanierungsvarianten generiert.

Es werden einzelne Maßnahmen unterschiedlicher Energiestandards ausgewählt und zusammengefügt.

Zu jeder Variante werden die Herstellungskosten, das Energieeinsparpotential aus Transmissionswärmeverluste bzw. Lüftungswärmeverluste abzüglich der solaren Gewinne sowie die Effizienz dargestellt.

In weiterer Folge wird für jede dieser Varianten eine Lebenszykluskostenberechnung für einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren durchgeführt.

Hierzu werden die gebäudebezogenen Lebenszykluskosten prozentuell in einem Tortendiagramm sowie als Liniendiagramm mit den kumulierten Barwerten über den Betrachtungszeitraum dargestellt.

Um eine lebenszykluskostenminimierte Variante bestimmen zu können, wurden zunächst vier Sanierungsvarianten (Varianten 1 bis 4), der Bestand (Variante 6) sowie eine Neubauvariante (Variante 7) berechnet um durch die daraus gewonnenen Erkenntnisse die LCC-minimierte Variante 5 festzulegen.

BERECHNUNG DER LEBENSZYKLUSKOSTEN

Die Lebenszykluskosten werden nach DGNB bzw. ÖGNI [27] unter Verwendung der Excel-Vorlage als Berechnungshilfsmittel erfasst.

Berechnungsmethode

Die Berechnung basiert auf der Barwertmethode was bedeutet, dass alle Zahlungen im Laufe des Betrachtungszeitraums auf einen Zeitpunkt (Jahr 0) bezogen werden. Dadurch können alle Ausgaben - für die Herstellung sowie alle zukünftig folgenden -

miteinander verglichen werden.

Für diese dynamische Berechnung wird jede Investition mit der Preissteigerung aufgezinnt und mit dem Diskontierungszinssatz auf das Jahr 0 abgezinst. Das bedeutet, dass eine zukünftige Zahlung, auf den Zeitpunkt 0 bezogen, weniger Wert ist, als eine gleich hohe Zahlung, die sofort fällig wäre.

Für die Berechnung sind nach [27] folgende Zinssätze festgelegt:

Diskontierungszinssatz

Als Kapitalzinssatz ist im Mittel 5,5% anzunehmen.

Allgemeine Preissteigerung

Für die Baukonstruktion, die TGA, den Wasser- und Abwasserverbrauch sowie die Reinigung ist eine Preissteigerung von 2% im Mittel anzunehmen.

Preissteigerung Energiekosten

Für die Energiepreissteigerung wird nach [27] als Referenzszenario 4% als Mittelwert angenommen.

Da die Entwicklung des Energiepreises nicht vorhersehbar ist, wird ein zweites Energiepreisszenario mit 6% im Mittel berechnet, um die Stabilität der Sanierungsvarianten bzw. die Auswirkungen einer höheren Energiepreissteigerung zu überprüfen.

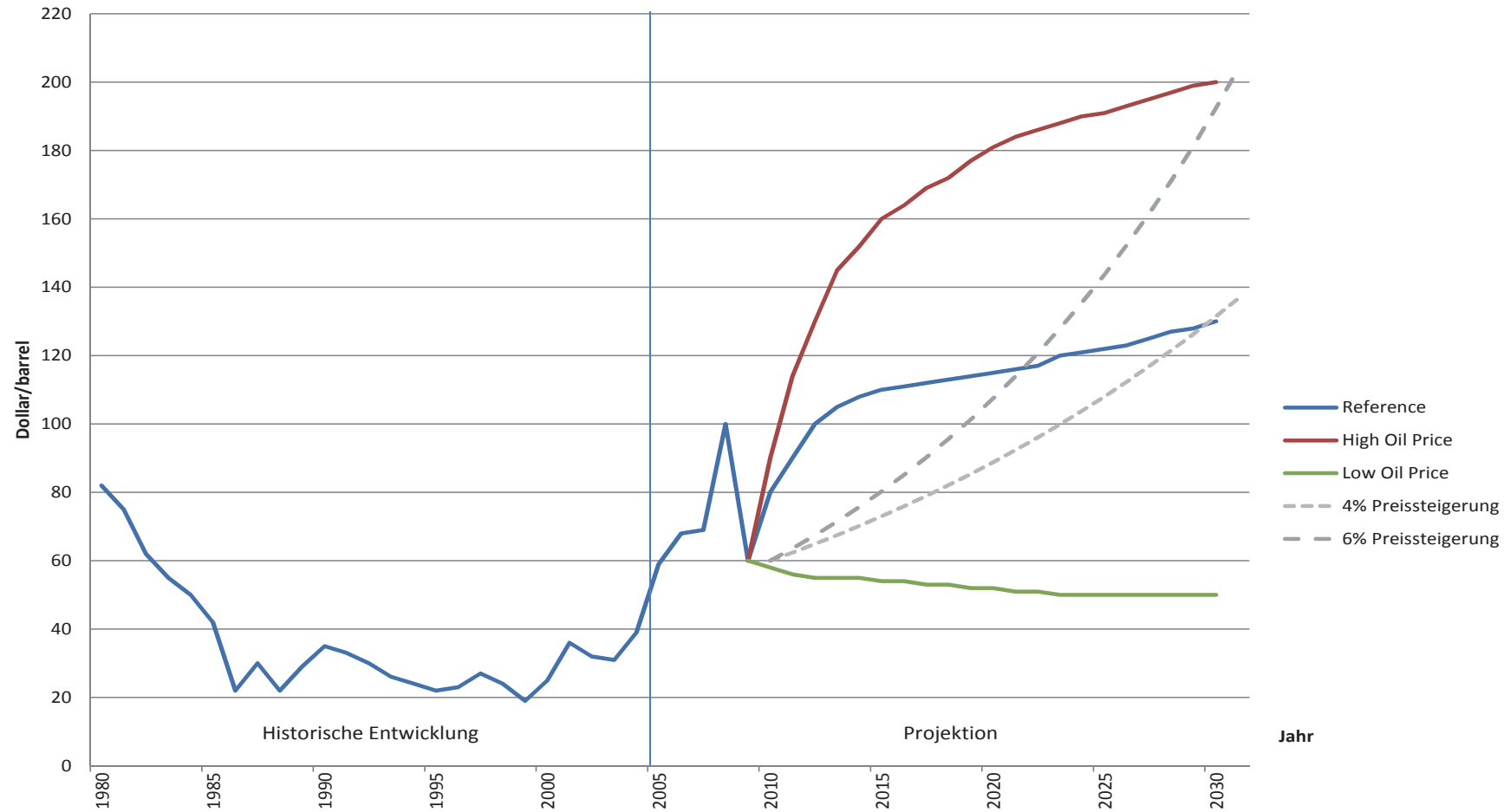
In der Abbildung 5-111 sind drei mögliche Szenarien der Energiepreisentwicklung für den Energieträger Öl abgebildet.

Da sich die Entwicklung des Preises für Erdgas daran orientiert, können diese Prognosen übernommen werden.

Das Szenario „Low Oil Price“ scheint eher unwahrscheinlich zu sein.

In Anlehnung an die „Reference“- sowie „High Oil Price“-Kurve scheinen die nach [27] vorgeschlagenen 4% und die zusätzlich betrachteten 6% als mögliche Szenarien durchaus realistisch.

Energiepreisentwicklung Öl



Quelle: DOE, International Energy Outlook 2009, Landesenergiebeauftragter Stmk, Passer A.; 2011

Abbildung 5-111: Energiepreisentwicklung Öl Prognose

Berechnungsgrundlagen

Für die Berechnung der Lebenszykluskosten wurden Annahmen nach [27] für folgende Bereiche festgelegt:

Regelmäßige Zahlungen

- Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen nach [28] für die Trinkwasserversorgung und die Reinigung. Das Regenwasser wird direkt am Grundstück zur Versickerung gebracht.
- Endenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Beleuchtung, Hilfsenergie und - wenn vorhanden - Luftförderung.
- Flächenanteile für die Reinigung des Gebäudes.
- Herstellungskosten der Baukonstruktion (Kosten für Bauwerk-Rohbau und -Ausbau) mit dem Prozentwert für die Wartung. Für die Wartung des Bestandsgebäudes wurde, aufgrund des nötigen Mehraufwandes, ein höherer Prozentsatz, als in [27] angegeben, angenommen.
- Herstellungskosten der TGA (Kosten für Bauwerk-Technik) mit den Prozentwerten für die Instandhaltung und Wartung.

Unregelmäßige Zahlungen

- Herstellungskosten für die nach [27] S. 6 erforderlichen Bauteile der Baukonstruktion mit der in [29] vorgeschlagenen rechnerischen Lebensdauer je Bauteil.
Da das Flachdach 1998 saniert wurde, und die Fensterelemente 2001 getauscht wurden, ist die Lebensdauer für diese Bauteile ab dem Zeitpunkt der letzten Sanierung gerechnet worden, das heißt für die Fenster 16 und weitere 25 Jahre (also eine Ersatzinvestition nach 16 und 41 Jahren) und für das Dach 18 und weitere 30 Jahre (also eine Ersatzinvestition nach 18 und 48 Jahren). Wenn einer oder beide Bauteile saniert werden, wird ab dem Jahr 0 mit der Rechnung der Lebensdauer begonnen. Das bedeutet, dass bei jenen Varianten, bei denen das Dach und/oder die Fenster saniert werden, sich die Ersatzinvestitionen für diese Bauteile im Vergleich zum Be-

stand verschieben.

Die Lichtkuppeln wurden seit Errichtung grundsätzlich nicht getauscht. Eine Sanierung der Lichtkuppeln in der Variante 6 - Bestand würde jedoch bedeuten, dass eine Sanierung der Lichtkuppeln in den übrigen Varianten auf den E1 nicht wirksam wäre. Da die Sanierung der Lichtkuppeln in jeder Variante berücksichtigt wird, wird angenommen, dass diese im Bestandsgebäude im Zuge der Dachsanierung instandgesetzt wurden. Daher wird für die Lebensdauer der Lichtkuppeln im Bestand eine Lebensdauer von 13 und weiteren 25 Jahren (also eine Ersatzinvestition nach 13 und 38 Jahren) angenommen.

- Herstellungskosten für die nach [27] S. 7 erforderlichen Komponenten der TGA mit der pauschal angegebenen Nutzungsdauer.

Herstellungskosten für das Jahr 0

Hier sind einerseits die Herstellungskosten der Maßnahmen der energetischen Sanierung und andererseits die unbedingt notwendigen Instandsetzungsarbeiten berücksichtigt, d.h. Teile des Gebäudes, welche seit Errichtung nicht saniert wurden, deren rechnerische Lebensdauer aber bereits abgelaufen ist.

Sie ergeben sich aus Herstellungskosten für:

- Innenanstrich
- Bodenbelag
- Sanitäranlage
- Beleuchtungsanlage
- Außenputz (nur Variante 5 und 6)
- Maßnahmen der energetischen Sanierung

Annahmen je Variante

Die für die Berechnung jeder Variante festgelegten Werte und die dafür erforderlichen Informationsquellen sind im „Anhang D - Annahmen zur Ermittlung der Lebenszykluskosten“ auf Seite 355ff festgehalten.

DARSTELLUNGSART

Maßnahmenkatalog je Bauteil

Die beispielhafte Tabelle 5-36 zeigt jeweils den nach der Effizienz sortierten gesamten Maßnahmenkatalog, aus welchem die einzelnen Optimierungsschritte gewählt werden können. Es sind alle festgelegten Schritte in jedem Energiestandard eingetragen.

Die je Variante schwarz hervorgehobenen Maßnahmen sind jene, die für die Berechnung ausgewählt wurden. Die übrigen Maßnahmen, die in der jeweiligen Variante nicht ausgeführt werden, sind grau hinterlegt zu erkennen.

In der letzten Zeile ist die Summe der Herstellungskosten für die energetische Sanierung, die Summe der Einsparung der Transmissions- bzw. Lüftungswärmeverluste abzüglich der solaren Gewinne sowie die daraus ermittelte Effizienz abgebildet.

Gebäudebezogene LCC je Variante

In der Abbildung 5-112 werden beispielhaft die gebäudebezogenen Lebenszykluskosten des Gebäudes (je Variante) dargestellt.

Dabei sind die Kosten untergliedert in:

- Herstellkosten
- Barwert unregelmäßige Zahlungen

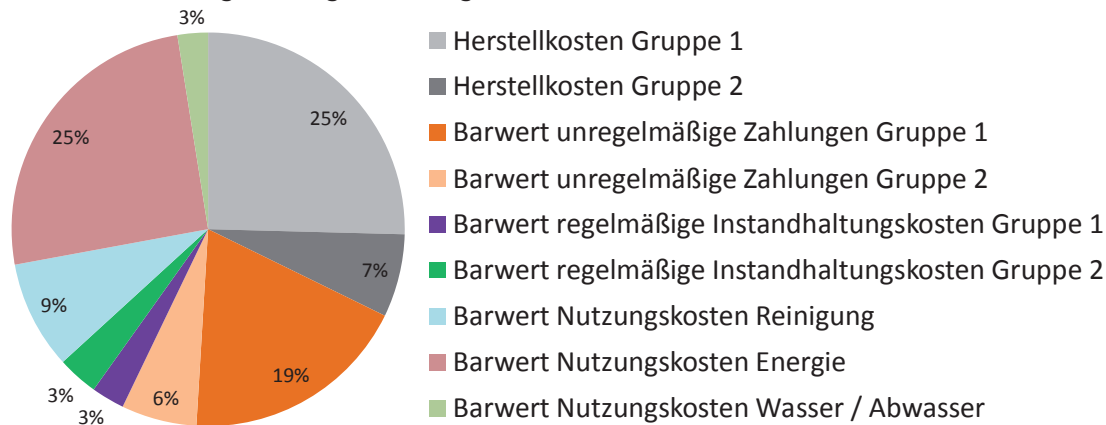


Abbildung 5-112: Gebäudebezogene LCC über 50 a je Variante

Tabelle 5-36: Maßnahmenkatalog je Variante

Variante	V _{xy}	Kosten	Einsparung	Effizienz
	S ₁	28.000 €	209.730 kWh/a	0,13 €/kWh/a
	S ₂	35.000 €	214.727 kWh/a	0,16 €/kWh/a
	S ₃	40.000 €	215.593 kWh/a	0,19 €/kWh/a
	D ₁	311.000 €	169.226 kWh/a	1,84 €/kWh/a
	D ₂	319.000 €	171.733 kWh/a	1,86 €/kWh/a
	D ₃	275.000 €	138.490 kWh/a	1,99 €/kWh/a
nicht berücksichtigte Maßnahmen grau	W ₂	93.000 €	28.326 kWh/a	3,28 €/kWh/a
	W ₃	106.000 €	31.636 kWh/a	3,35 €/kWh/a
	Lk ₃	88.000 €	22.293 kWh/a	3,95 €/kWh/a
	L	71.000 €	17.882 kWh/a	3,97 €/kWh/a
	Lk ₂	69.000 €	16.409 kWh/a	4,21 €/kWh/a
	Lk ₁	48.000 €	10.885 kWh/a	4,41 €/kWh/a
ausgewählte Maßnahmen schwarz	W ₁	79.000 €	12.747 kWh/a	6,20 €/kWh/a
	F ₃	422.000 €	52.774 kWh/a	8,00 €/kWh/a
	F ₂	398.000 €	42.302 kWh/a	9,41 €/kWh/a
	N	5.222.000 €	529.079 kWh/a	9,87 €/kWh/a
	F ₁	377.000 €	24.532 kWh/a	15,37 €/kWh/a
	Variante	Summe	Summe	Effizienz

- Barwert regelmäßige Instandhaltungskosten
- Barwert Nutzungskosten

Die Herstellkosten sowie die unregelmäßigen und regelmäßigen Zahlungen sind unterteilt in Gruppe 1 und 2. Dabei sind die Kosten der Gruppe 1 jene, die durch den Bauwerk-Rohbau sowie Bauwerk-Ausbau anfallen. Die Kosten der Gruppe 2 sind jene, die für die Bauwerk-Technik aufgebracht werden müssen. In den Herstellkosten werden alle Kosten der relevanten Teile des Gebäudes sowie der TGA nach [27] S. 5f, unabhängig davon ob diese zum Zeitpunkt 0 hergestellt werden oder nicht, dargestellt.

Die Nutzungskosten unterteilen sich in jene für die Reinigung, Energie sowie Wasser bzw. Abwasser. Die einzelnen Kostenanteile sind prozentuell eingetragen und abzulesen.

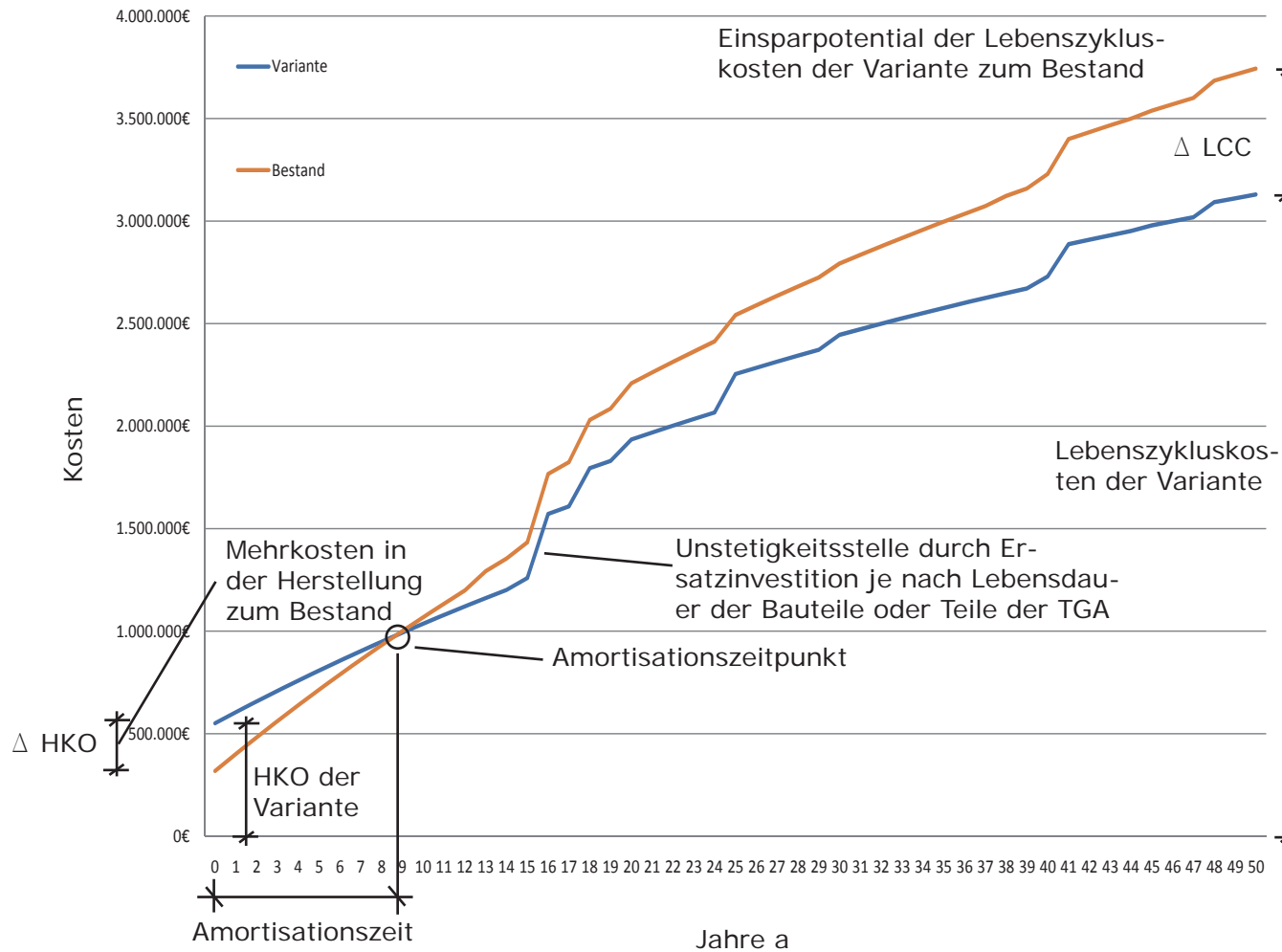


Abbildung 5-113: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% bzw. 6% je Variante im Vergleich zu einer oder mehreren anderen Varianten bzw. dem Bestand

Diagramm Barwert

In diesem beispielhaften Diagramm sind (je Variante) die einzelnen Barwerte - also die Investitionen pro Jahr auf den Zeitpunkt 0 abgezinst - dargestellt. Die Werte werden je Jahr kumuliert, was bedeutet, dass die Kosten immer aufaddiert werden.

Über den linear ansteigenden Verlauf fallen Kosten für Wasser, Abwasser, Energie, Reinigung, Wartung und Instandhaltung an. Bei den Unstetigkeitsstellen treten die Ersatzinvestitionen der Bauteile oder Teile der TGA, deren rechnerische Nutzungsdauer abgelaufen ist, auf. Je größer der Sprung, desto höher sind die Kosten für den Ersatz.

Im Jahr 0 sind die jeweiligen HKO der einzelnen Varianten ersichtlich.

Im Jahr 50 sind die Lebenszykluskosten abgezinst ersichtlich. Das bedeutet, dass das Gebäude in Summe - also kumuliert - jenen Barwert über den Betrachtungszeitraum gekostet hat.

Im Schnittpunkt kann erkannt werden, wann sich der finanzielle Mehraufwand für die Sanierung amortisiert hat. Die Zeit, die dieser Prozess benötigt, wird Amortisationszeit genannt.

Das Δ HKO ist der finanzielle Mehraufwand und das Δ LCC ist die Einsparung der Lebenszykluskosten im Verhältnis zum Bestand.

Die beiden Abbildungen 5-115a und 5-115b beziehen sich nur auf die Herstellungskosten der energetischen Sanierung. Die HKO, die durch die notwendigen Instandsetzungsarbeiten aufgebracht werden müssen, sind hier nicht dargestellt. Die Abbildungen sollen einen Vergleich der finanziellen Aufwendungen für die energetische Sanierung zu der dadurch möglichen Energieeinsparung zulassen.

Grafik Energieeinsparung

Die Darstellung der Grafik basiert auf der des Energieausweises mit dessen definierten Klasseneinteilungen. Dabei ist als rot strichlierter Pfeil die Energiekennzahl des Bestandes abgebildet. Durch den schwarz dargestellten Pfeil wird die Energiekennzahl, welche durch die Maßnahmen der jeweiligen Variante erreicht wird, dargestellt. Durch die Darstellung beider Pfeile bzw. Energiekennzahlen kann, anhand des Deltas, das Einsparpotential im Referenzklima der jeweiligen Variante zum Bestand abgelesen werden. Die Klassen A++, F und G sind transparent dargestellt. F und G spielen für die Betrachtung keine Rolle, da der Bestand in der Klasse E liegt. Die Klassen A++ wird nicht erreicht, der Neubau liegt in der Klasse A+.

Grafik Herstellungskosten Sanierungsvarianten

An der oberen, kürzeren Seite, sind jene Herstellungs-

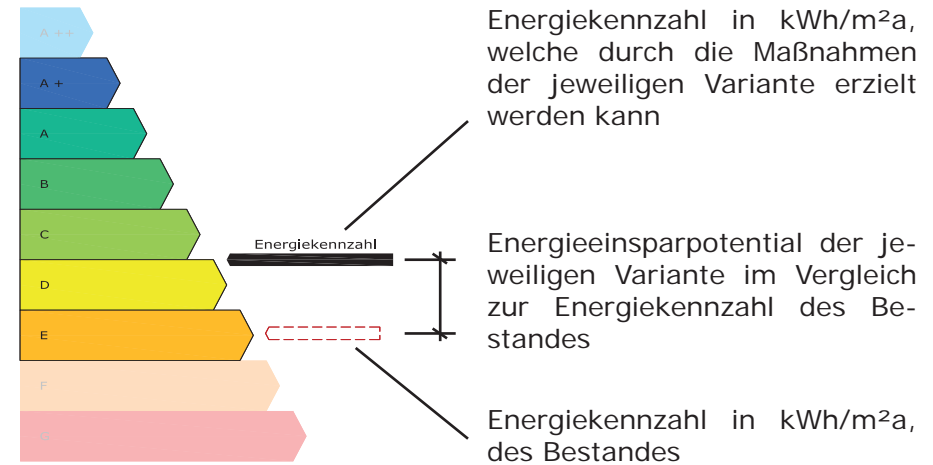
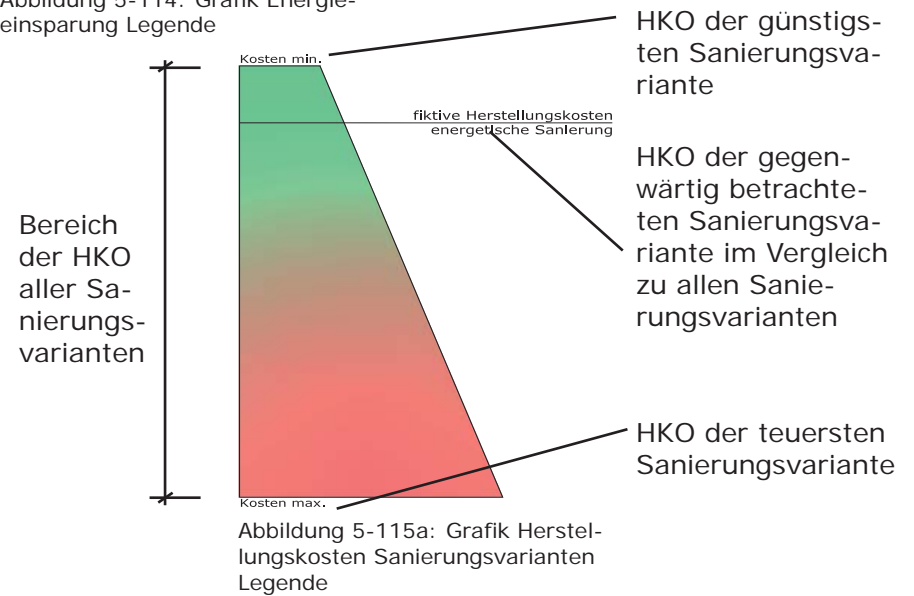


Abbildung 5-114: Grafik Energieeinsparung Legende



kosten der günstigsten Sanierungsvariante aufgetragen. An der unteren, längeren Seite, sind jene Herstellungskosten der teuersten Sanierungsvariante aufgetragen.

In der dadurch entstehenden Fläche ist eine Gerade an jener Stelle eingetragen, welche die Herstellungskosten der betrachteten Variante anzeigt.

Es kann so abgelesen werden, ob es sich um eine günstige oder teure Sanierungsvariante, im Vergleich zu allen Variante der Sanierung, handelt.

Im Vergleich mit der Grafik Energieeinsparung kann das Verhältnis beider erkannt werden, also ob für eine große Investition an HKO auch eine große Energieeinsparung zu erwarten ist oder nicht.

Grafik Herstellungskosten Neubauvariante

An der oberen, kürzeren Seite, sind jene Herstellungskosten der günstigsten Sanierungsvariante (wie in Abbildung 5-115a) aufgetragen.

An der unteren, längeren Seite, sind jene Herstellungskosten der teuersten Variante, also die des Neubaus aufgetragen.

Im oberen Teil des Diagramms sind jene Herstellungskosten als Balken dargestellt, die den Bereich der Sanierungsvarianten umfassen.

Im Vergleich dazu ist jene Gerade für die HKO der Variante des Neubaus - am unteren Ende des Diagramms - dargestellt.

Es kann so abgelesen werden, in welchem Verhältnis der Neubau zu den Sanierungsvarianten steht.

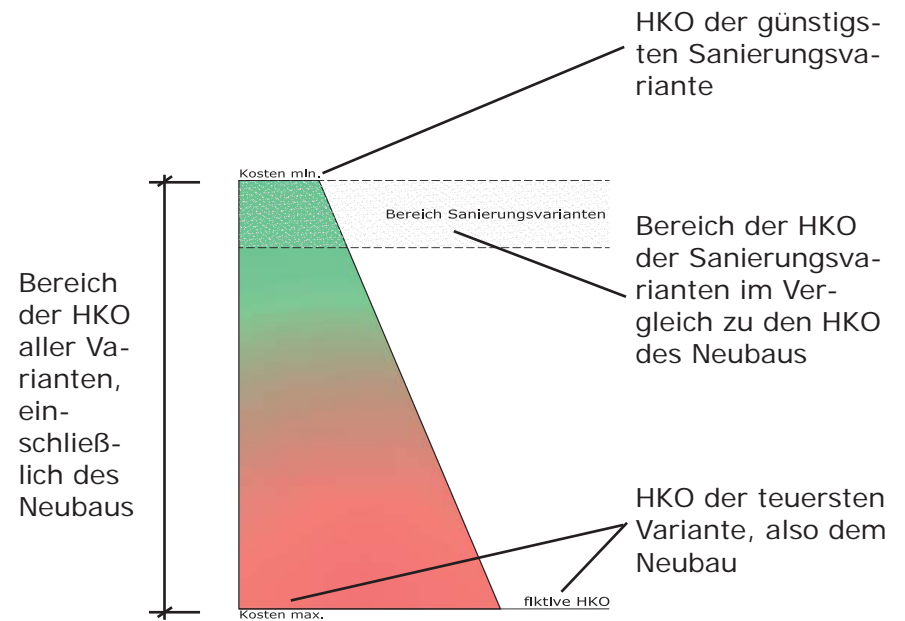


Abbildung 5-115b: Grafik Herstellungskosten Neubauvariante
Legende

Herstellungskosten

Um die Kosten auch bezogen auf die Nettanutzfläche oder bezogen auf die Bruttogeschossfläche - ähnlich der Energiekennzahl - mit anderen Projekten oder untereinander vergleichen zu können, sind diese im Anhang unter „Tabelle C-26: Herstellungskosten der Sanierungsvarianten flächenbezogen“ auf Seite 353 dargestellt.

VARIANTE 1 - SANIERUNGSVARIANTE

Allgemeines

Diese Variante wird als Minimal-Variante bezeichnet.

Dabei werden nur jene Bauteile optimiert, die seit der Errichtung des Gebäudes noch nicht saniert wurden.

Das bedeutet, dass der Bauteil Dach, der 1998 saniert wurde, und der Bauteil Fenster, der 2001 saniert wurde, in diesem Sanierungsszenario nicht berücksichtigt werden.

Dadurch ergibt sich die Tatsache, dass die beiden betreffend der Herstellungskosten teuersten Optimierungsschritte - das Dach und die Fenster - nicht ausgeführt werden.

Tabelle 5-37: Maßnahmenkatalog zur Variante 1

V1	Kosten	Einsparung	Effizienz
S ₁	28.000 €	209.730 kWh/a	0,13 €/kWh/a
S ₂	35.000 €	214.727 kWh/a	0,16 €/kWh/a
S ₃	40.000 €	215.593 kWh/a	0,19 €/kWh/a
D ₂	311.000 €	169.226 kWh/a	1,84 €/kWh/a
D ₃	319.000 €	171.733 kWh/a	1,86 €/kWh/a
D ₁	275.000 €	138.490 kWh/a	1,99 €/kWh/a
W ₂	93.000 €	28.326 kWh/a	3,28 €/kWh/a
W ₃	106.000 €	31.636 kWh/a	3,35 €/kWh/a
Lk ₃	88.000 €	22.293 kWh/a	3,95 €/kWh/a
L	71.000 €	17.882 kWh/a	3,97 €/kWh/a
Lk ₂	69.000 €	16.409 kWh/a	4,21 €/kWh/a
Lk ₁	48.000 €	10.885 kWh/a	4,41 €/kWh/a
W ₁	79.000 €	12.747 kWh/a	6,20 €/kWh/a
F ₃	422.000 €	52.774 kWh/a	8,00 €/kWh/a
F ₂	398.000 €	42.302 kWh/a	9,41 €/kWh/a
N	5.222.000 €	529.079 kWh/a	9,87 €/kWh/a
F ₁	377.000 €	24.532 kWh/a	15,37 €/kWh/a
Variante	268.000 €	277.344 kWh/a	0,97 €/kWh/a

Es werden die nach Tabelle 5-37 vier - nach den Herstellungskosten - günstigsten Optimierungsschritte, und diese im Energiestandard 2, umgesetzt. Neben den Bauteilen Wand, Lichtkuppel und der Ausbildung der Schürze ist auch eine Lüftungsanlage vorgesehen. Diese sind in der Abbildung 5-117 schematisch dargestellt.

Energieeinsparung

Mit dieser Variante lässt sich eine Energiekennzahl von 92 kWh/m²a erreichen. Das entspricht einer Einsparung vom Heizwärmebedarf des Bestandes um rund 47% bezogen auf das Standortklima.

Kosten

Diese Variante ist, die Herstellungskosten betreffend, das günstigste Sanierungsszenario.

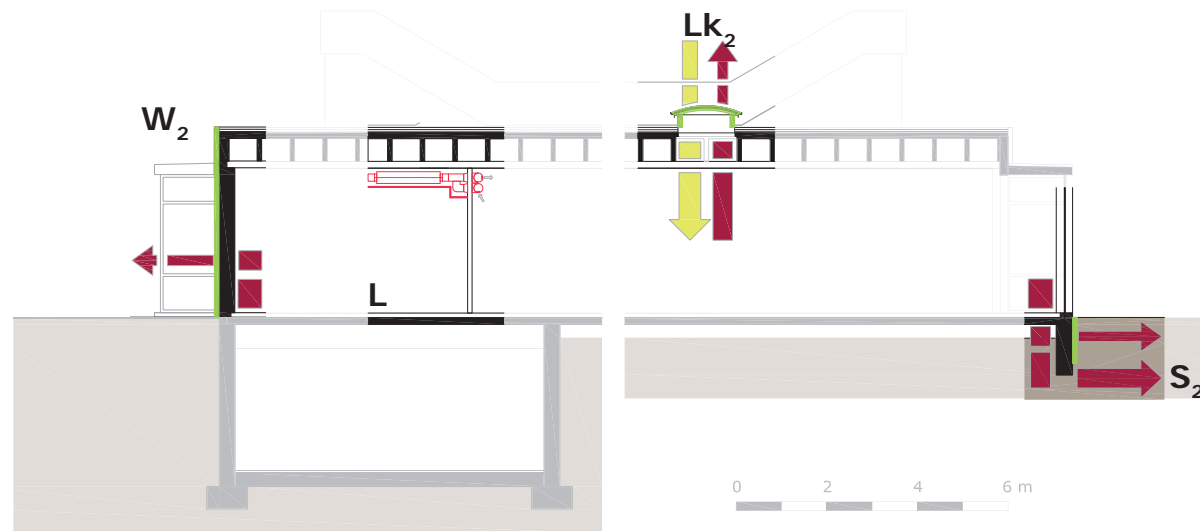


Abbildung 5-116: Einzelmaßnahmen im jeweiligen Energiestandard der Variante 1

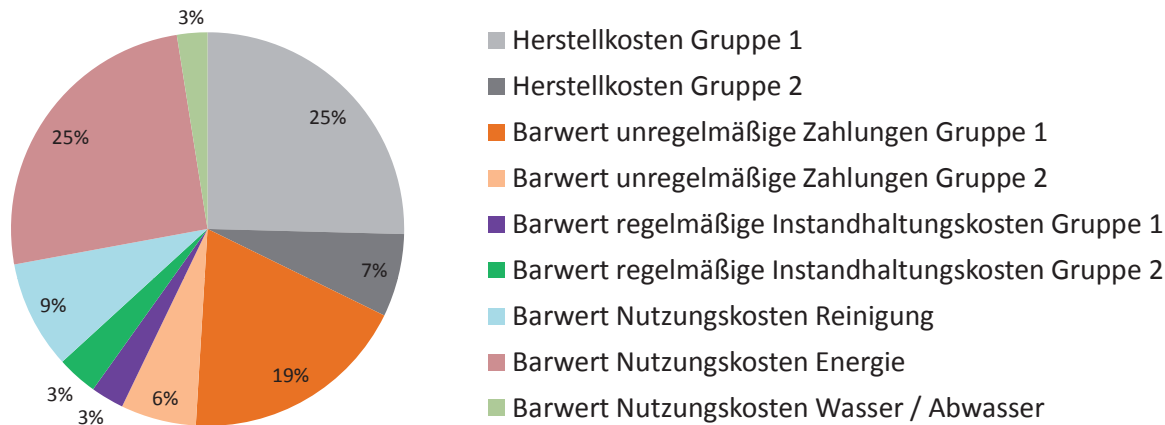


Abbildung 5-117a: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 4% für die Variante 1

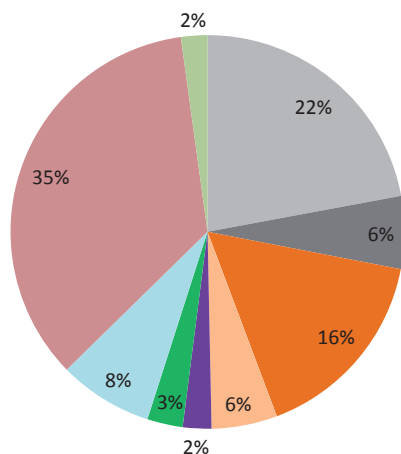


Abbildung 5-117b: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 6% für die Variante 1

Gebäudebezogene LCC bei einer Energiepreissteigerung von 4%

Es entfallen in dieser Variante ca. 32% der gebäudebezogenen Lebenszykluskosten für den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren auf die Herstellungskosten. Somit sind 68% der gesamten Lebenszykluskosten Folgekosten, wobei 25% davon für die Energieversorgung des Gebäudes anfallen.

Gebäudebezogene LCC bei einer Energiepreissteigerung von 6%

Durch die höhere angenommene Energiepreissteigerung hat sich der Anteil für die Energieversorgung des Gebäudes auf 35% der gesamten Lebenszykluskosten erhöht, der prozentuelle Anteil der Folgekosten im Vergleich zu den Herstellungskosten wird ebenfalls größer.

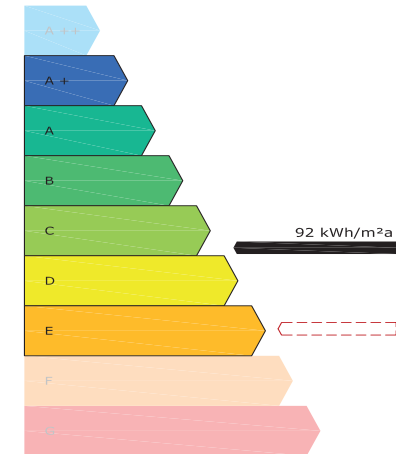


Abbildung 5-118: Grafik Energieeinsparung der Variante 1

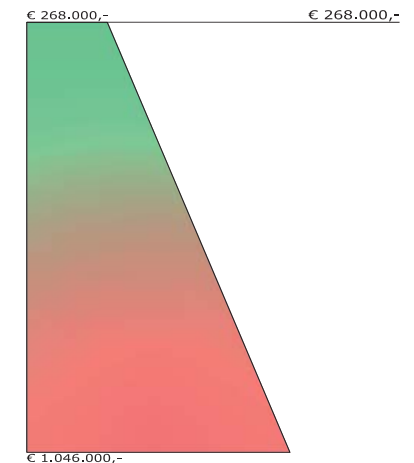


Abbildung 5-119: Grafik Herstellungskosten der Variante 1

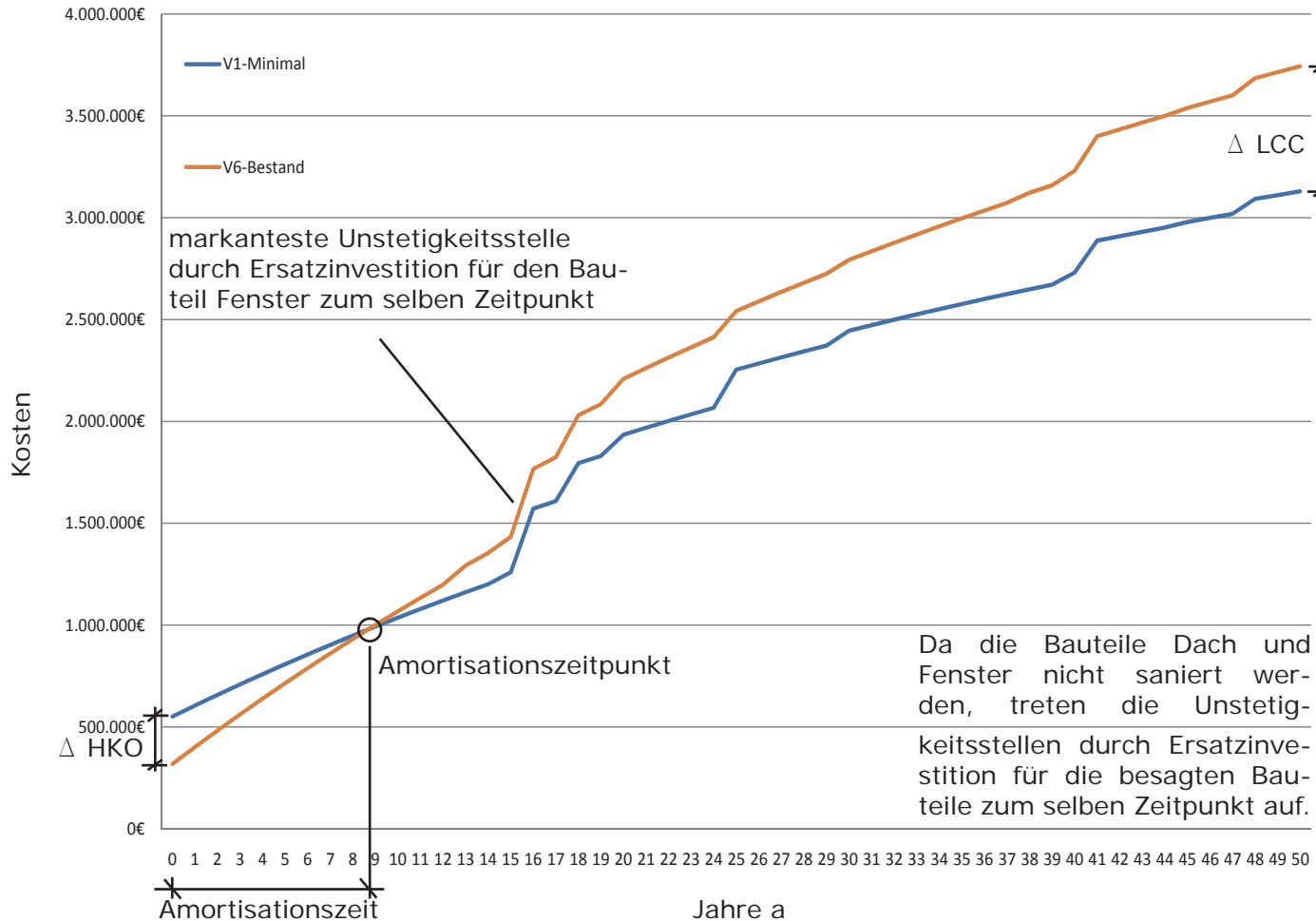


Abbildung 5-120a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 1 im Vergleich zum Bestand

Diagramm Barwert bei einer Energiepreissteigerung von 4%

Im Vergleich der LCC der Variante 1 zu denen des Bestandes (Variante 6) über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren kann Folgendes festgestellt werden:

Die zusätzlichen Herstellungskosten, also die Mehrinvestition für die energetischen Sanierungsmaßnahmen, das Δ HKO, beträgt 233.000 €.

Die auf den Betrachtungszeitraum verringerten Lebenszykluskosten der Variante 1, also das Δ LCC, beträgt ca. 614.000 €.

Somit könnten, abzüglich der investierten Herstellungskosten, auf einen Zeitraum von 50 Jahren, 381.000 € eingespart werden.

Die Variante 1 amortisiert sich nach 8 Jahren.

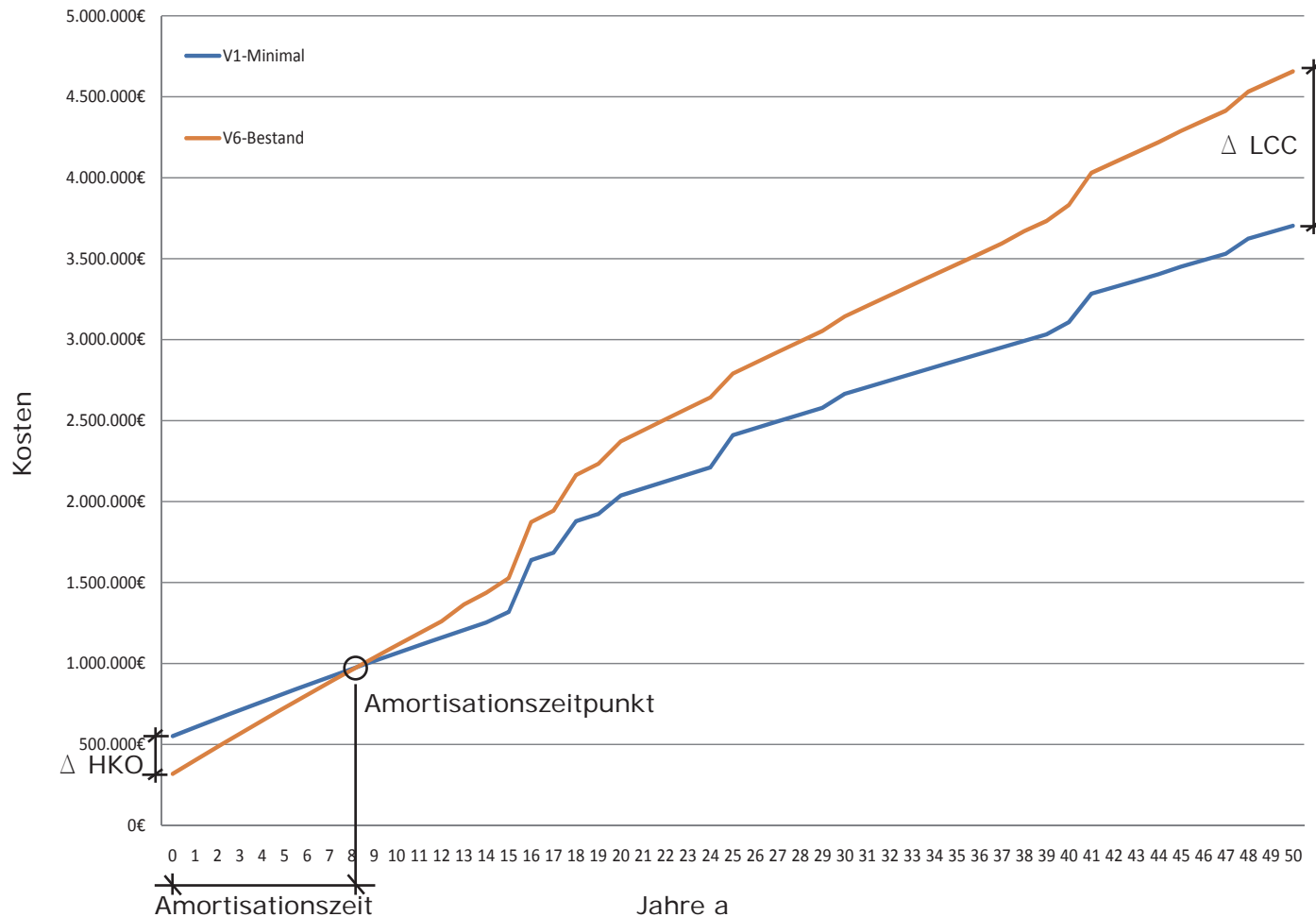


Abbildung 5-120b: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 1 im Vergleich zum Bestand

Diagramm Barwert bei einer Energiepreissteigerung von 6%

Im Vergleich zu dem Szenario mit einer Energiepreissteigerung von 4% kann Folgendes festgestellt werden:

Da durch die Sanierung der Energieverbrauch im Vergleich zum Bestand gesenkt wird, wirkt sich der Umstand durch den höheren Energiepreis positiv auf das Δ LCC aus, es beträgt 953.000 €.

Gleichzeitig steigen natürlich die gesamten LCC, die des Bestandes um ca. 913.000 € und die der Variante 1 um ca. 574.000 €.

Somit bringt die größere Einsparung des Δ LCC eine höhere Investition im Laufe des Betrachtungszeitraums mit sich.

Der Amortisationszeitpunkt liegt ebenfalls bei 8 Jahren.

VARIANTE 2 - SANIERUNGSVARIANTE

Allgemeines

Diese Variante wird als Effektiv-Variante bezeichnet.

Dabei werden alle Bauteile optimiert, und dafür der effektivste Energiestandard je Bauteil nach Tabelle 5-38 gewählt.

Das bedeutet, dass die Bauteile Dach und Wand im Energiestandard 2 und die Bauteile Lichtkuppel und Fenster im Energiestandard 3 saniert werden. Die Schürze wird im Energiestandard 1 ausgeführt. Dadurch wird für die investierten Herstellungskosten das größte Energieeinsparpotential je Bauteil erreicht.

Tabelle 5-38: Maßnahmenkatalog zur Variante 2

V2	Kosten	Einsparung	Effizienz
S ₁	28.000 €	209.730 kWh/a	0,13 €/kWh/a
S ₂	35.000 €	214.727 kWh/a	0,16 €/kWh/a
S ₃	40.000 €	215.593 kWh/a	0,19 €/kWh/a
D ₂	311.000 €	169.226 kWh/a	1,84 €/kWh/a
D ₃	319.000 €	171.733 kWh/a	1,86 €/kWh/a
D ₁	275.000 €	138.490 kWh/a	1,99 €/kWh/a
W ₂	93.000 €	28.326 kWh/a	3,28 €/kWh/a
W ₃	106.000 €	31.636 kWh/a	3,35 €/kWh/a
Lk ₃	88.000 €	22.293 kWh/a	3,95 €/kWh/a
L	71.000 €	17.882 kWh/a	3,97 €/kWh/a
Lk ₂	69.000 €	16.409 kWh/a	4,21 €/kWh/a
Lk ₁	48.000 €	10.885 kWh/a	4,41 €/kWh/a
W ₁	79.000 €	12.747 kWh/a	6,20 €/kWh/a
F ₃	422.000 €	52.774 kWh/a	8,00 €/kWh/a
F ₂	398.000 €	42.302 kWh/a	9,41 €/kWh/a
N	5.222.000 €	529.079 kWh/a	9,87 €/kWh/a
F ₁	377.000 €	24.532 kWh/a	15,37 €/kWh/a
Variante	942.000 €	482.349 kWh/a	1,95 €/kWh/a

Die ausgewählten Optimierungsschritte sind in der Abbildung 5-121 schematisch dargestellt.

Energieeinsparung

Mit dieser Variante lässt sich eine Energiekennzahl von 37 kWh/m²a erreichen. Das entspricht einer Einsparung vom Heizwärmebedarf des Bestandes um rund 79% bezogen auf das Standortklima.

Kosten

Diese Variante ist, die Herstellungskosten betreffend, das zweit teuerste Sanierungsszenario. Im Vergleich mit den beiden anderen Varianten der vollständigen Sanierung liegt diese im Mittelfeld.

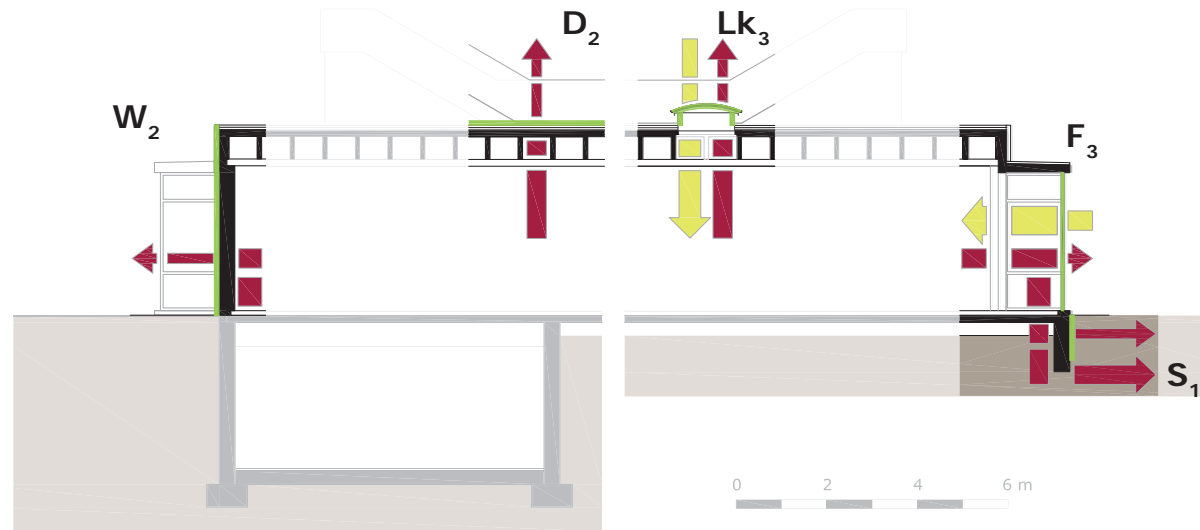


Abbildung 5-121: Einzelmaßnahmen im jeweiligen Energiestandard der Variante 2

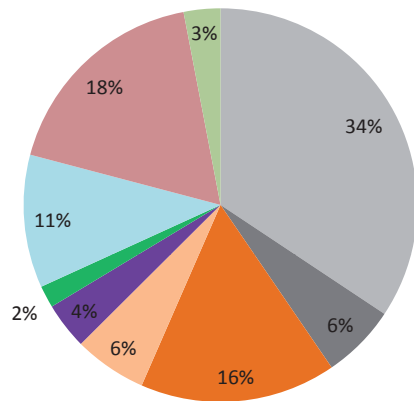


Abbildung 5-122a: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 4% für die Variante 2

- Herstellkosten Gruppe 1
- Herstellkosten Gruppe 2
- Barwert unregelmäßige Zahlungen Gruppe 1
- Barwert unregelmäßige Zahlungen Gruppe 2
- Barwert regelmäßige Instandhaltungskosten Gruppe 1
- Barwert regelmäßige Instandhaltungskosten Gruppe 2
- Barwert Nutzungskosten Reinigung
- Barwert Nutzungskosten Energie
- Barwert Nutzungskosten Wasser / Abwasser

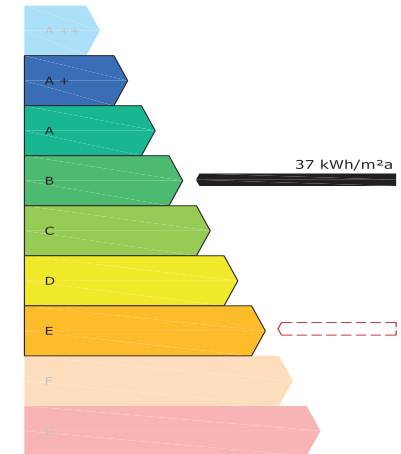


Abbildung 5-123: Grafik Energieeinsparung der Variante 2

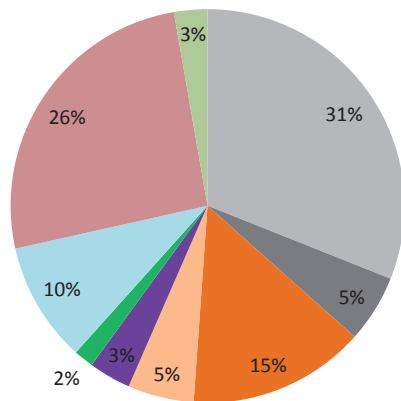


Abbildung 5-122b: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 6% für die Variante 2

Gebäudebezogene LCC bei einer Energiepreissteigerung von 4%

Es entfallen in dieser Variante ca. 40% der gebäudebezogenen Lebenszykluskosten für den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren auf die Herstellungskosten. Somit sind 60% der gesamten Lebenszykluskosten Folgekosten, wobei 18% davon für die Energieversorgung des Gebäudes anfallen.

Gebäudebezogene LCC bei einer Energiepreissteigerung von 6%

Durch die höhere angenommene Energiepreissteigerung hat sich der Anteil für die Energieversorgung des Gebäudes auf 26% der gesamten Lebenszykluskosten erhöht, der prozentuelle Anteil der Folgekosten im Vergleich zu den Herstellungskosten wird ebenfalls größer.

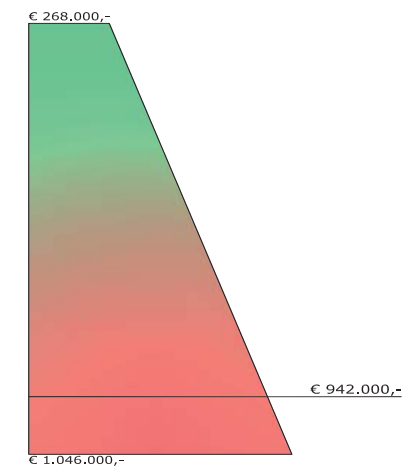


Abbildung 5-124: Grafik Herstellungskosten der Variante 2

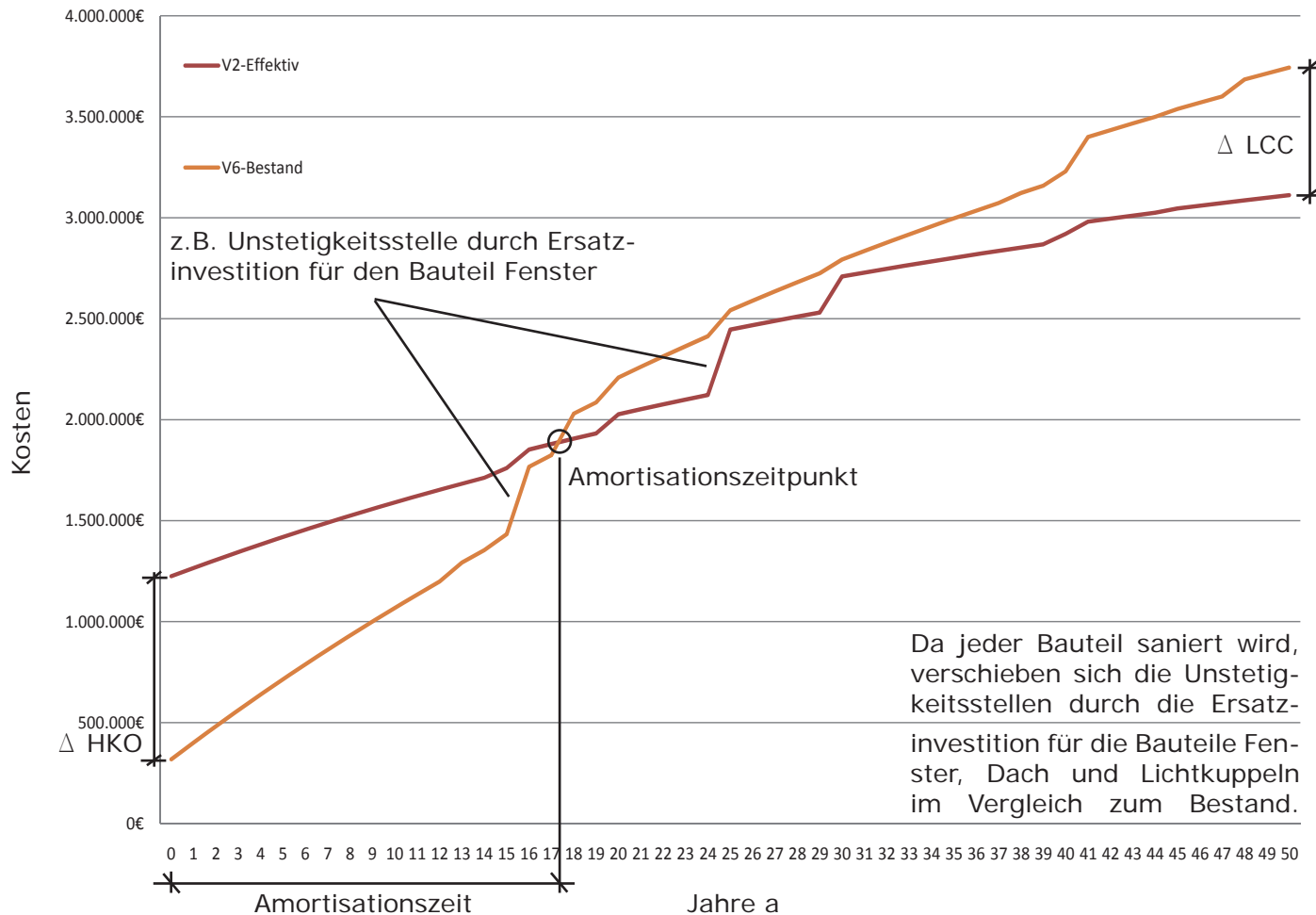


Abbildung 5-125a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 2 im Vergleich zum Bestand

Diagramm Barwert bei einer Energiepreissteigerung von 4%

Im Vergleich der LCC der Variante 2 zu denen des Bestandes (Variante 6) über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren kann Folgendes festgestellt werden:

Die zusätzlichen Herstellungskosten, also die Mehrinvestition für die energetischen Sanierungsmaßnahmen, das Δ HKO, beträgt 907.000 €.

Die auf den Betrachtungszeitraum verringerten Lebenszykluskosten der Variante 2, also das Δ LCC, beträgt ca. 631.000 €.

Die Einsparung der Lebenszykluskosten, das Δ LCC, überschreitet nicht den Betrag der investierten Herstellungskosten, das Δ HKO.

Die Variante 2 amortisiert sich nach 17 Jahren.

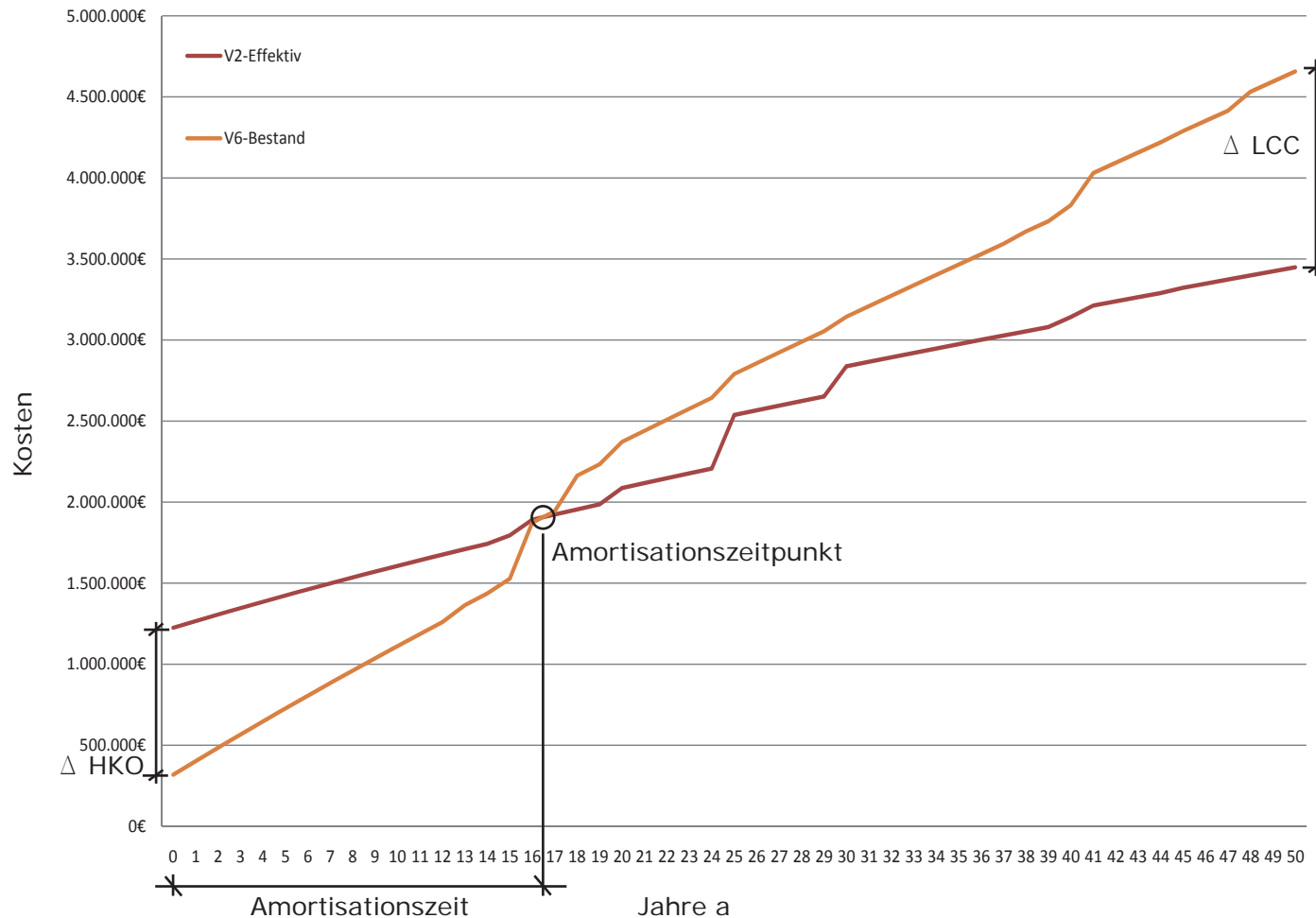


Abbildung 5-125b: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 2 im Vergleich zum Bestand

Diagramm Barwert bei einer Energiepreissteigerung von 6%

Im Vergleich zu dem Szenario mit einer Energiepreissteigerung von 4% kann Folgendes festgestellt werden:

Da durch die Sanierung der Energieverbrauch im Vergleich zum Bestand gesenkt wird, wirkt sich der Umstand durch den höheren Energiepreis positiv auf das Δ LCC aus, es beträgt 1.208.000 €.

Gleichzeitig steigen natürlich die gesamten LCC, die des Bestandes um ca. 913.000 € und die der Variante 2 um ca. 337.000 €.

In diesem Fall überschreitet die Einsparung der Lebenszykluskosten, das Δ LCC, den Betrag der investierten Herstellungskosten um ca. 301.000 €. Dennoch bringt die größere Einsparung eine höhere Investition im Laufe des Betrachtungszeitraums mit sich.

Der Amortisationszeitpunkt liegt bei 16 Jahren.

VARIANTE 3 - SANIERUNGSVARIANTE

Allgemeines

Diese Variante wird als Energiestandard 1-Variante bezeichnet.

Dabei werden alle Bauteile optimiert, und dafür der niedrigste Energiestandard nach Tabelle 5-39 gewählt.

Das heißt, dass es sich dabei um die - nach Herstellungskosten - günstigste vollständige Sanierungsvariante handelt.

Es wird je Bauteil der OIB-Mindeststandard erreicht und dabei der günstigste Optimierungsschritt je Maßnahme gewählt.

Das bedeutet, dass - außer für die Maßnahme Schürze im E1 - der Optimierungsschritt je Bauteil mit der geringsten Effizienz

enz nach Tabelle 5-39 in dieser Variante umgesetzt wird. Die Maßnahme Schürze im E1 ist die effizienteste von den drei möglichen Energiestandards für diesen Optimierungsschritt. Die verwendeten Maßnahmen sind in der Abbildung 5-126 schematisch dargestellt.

Energieeinsparung

Mit dieser Variante lässt sich eine Energiekennzahl von 58 kWh/m²a erreichen. Das entspricht einer Einsparung vom Heizwärmebedarf des Bestandes um rund 67% bezogen auf das Standortklima.

Kosten

Diese Variante ist, die Herstellungskosten betreffend, das im Mittelfeld befindliche Sanierungsszenario. Im Vergleich der vollständigen Sanierungsvarianten ist sie die günstigste.

Tabelle 5-39: Maßnahmenkatalog zur Variante 3

V3	Kosten	Einsparung	Effizienz
S ₁	28.000 €	209.730 kWh/a	0,13 €/kWh/a
S ₂	35.000 €	214.727 kWh/a	0,16 €/kWh/a
S ₃	40.000 €	215.593 kWh/a	0,19 €/kWh/a
D ₂	311.000 €	169.226 kWh/a	1,84 €/kWh/a
D ₃	319.000 €	171.733 kWh/a	1,86 €/kWh/a
D ₁	275.000 €	138.490 kWh/a	1,99 €/kWh/a
W ₂	93.000 €	28.326 kWh/a	3,28 €/kWh/a
W ₃	106.000 €	31.636 kWh/a	3,35 €/kWh/a
Lk ₃	88.000 €	22.293 kWh/a	3,95 €/kWh/a
L	71.000 €	17.882 kWh/a	3,97 €/kWh/a
Lk ₂	69.000 €	16.409 kWh/a	4,21 €/kWh/a
Lk ₁	48.000 €	10.885 kWh/a	4,41 €/kWh/a
W ₁	79.000 €	12.747 kWh/a	6,20 €/kWh/a
F ₃	422.000 €	52.774 kWh/a	8,00 €/kWh/a
F ₂	398.000 €	42.302 kWh/a	9,41 €/kWh/a
N	5.222.000 €	529.079 kWh/a	9,87 €/kWh/a
F ₁	377.000 €	24.532 kWh/a	15,37 €/kWh/a
Variante	807.000 €	396.384 kWh/a	2,04 €/kWh/a

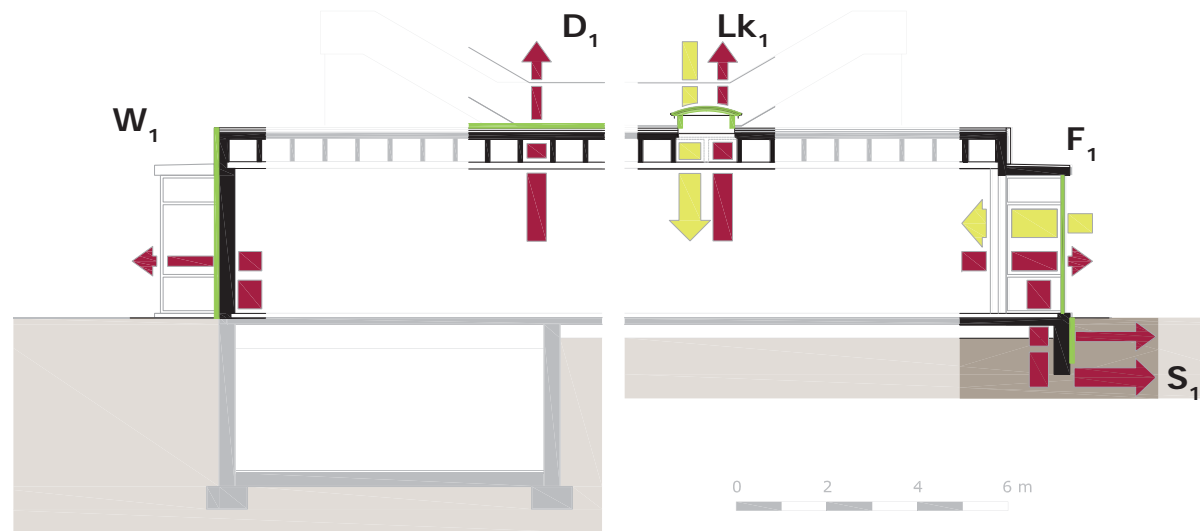


Abbildung 5-126: Einzelmaßnahmen im jeweiligen Energiestandard der Variante 3

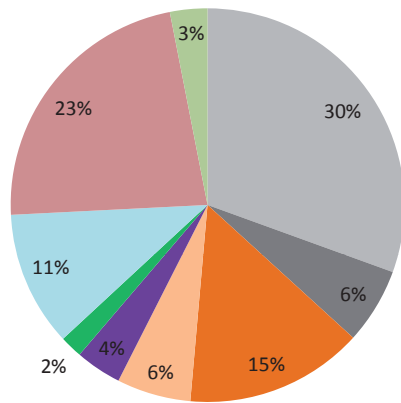


Abbildung 5-127a: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 4% für die Variante 3

- Herstellkosten Gruppe 1
- Herstellkosten Gruppe 2
- Barwert unregelmäßige Zahlungen Gruppe 1
- Barwert unregelmäßige Zahlungen Gruppe 2
- Barwert regelmäßige Instandhaltungskosten Gruppe 1
- Barwert regelmäßige Instandhaltungskosten Gruppe 2
- Barwert Nutzungskosten Reinigung
- Barwert Nutzungskosten Energie
- Barwert Nutzungskosten Wasser / Abwasser

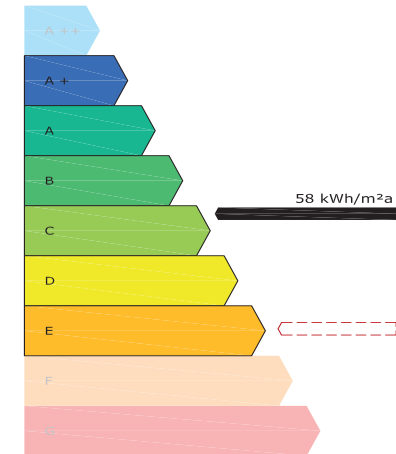


Abbildung 5-128: Grafik Energieeinsparung der Variante 3

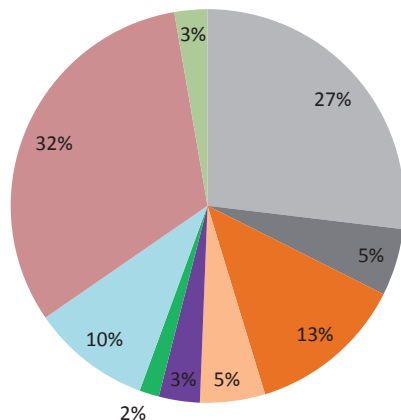


Abbildung 5-127b: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 6% für die Variante 3

Gebäudebezogene LCC bei einer Energiepreissteigerung von 4%

Es entfallen in dieser Variante ca. 36% der gebäudebezogenen Lebenszykluskosten für den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren auf die Herstellungskosten. Somit sind 64% der gesamten Lebenszykluskosten Folgekosten, wobei 23% davon für die Energieversorgung des Gebäudes anfallen.

Gebäudebezogene LCC bei einer Energiepreissteigerung von 6%

Durch die höhere angenommene Energiepreissteigerung hat sich der Anteil für die Energieversorgung des Gebäudes auf 32% der gesamten Lebenszykluskosten erhöht, der prozentuelle Anteil der Folgekosten im Vergleich zu den Herstellungskosten wird ebenfalls größer.

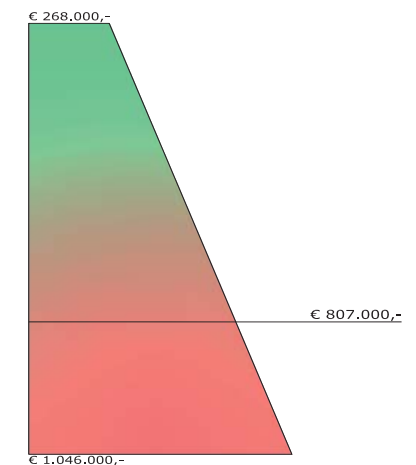


Abbildung 5-129: Grafik Herstellungskosten der Variante 3

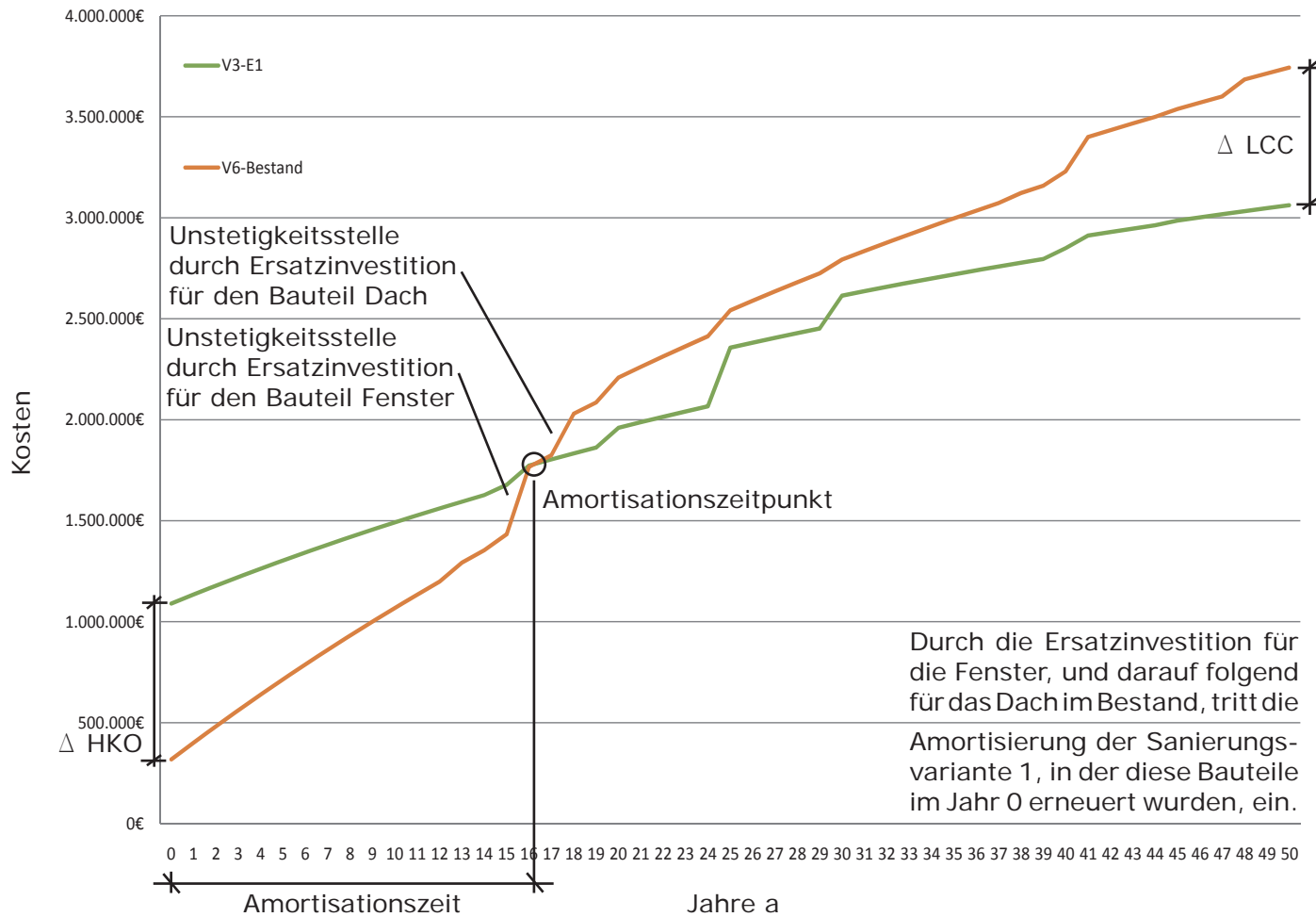


Abbildung 5-130a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 3 im Vergleich zum Bestand

Diagramm Barwert bei einer Energiepreissteigerung von 4%

Im Vergleich der LCC der Variante 3 zu denen des Bestandes (Variante 6) über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren kann Folgendes festgestellt werden:

Die zusätzlichen Herstellungskosten, also die Mehrinvestition für die energetischen Sanierungsmaßnahmen, das Δ HKO, beträgt 772.000 €.

Die auf den Betrachtungszeitraum verringerten Lebenszykluskosten der Variante 3, also das Δ LCC, beträgt ca. 681.000 €.

Die Einsparung der Lebenszykluskosten, das Δ LCC, überschreitet nicht den Betrag der investierten Herstellungskosten, das Δ HKO.

Die Variante 3 amortisiert sich nach 16 Jahren.

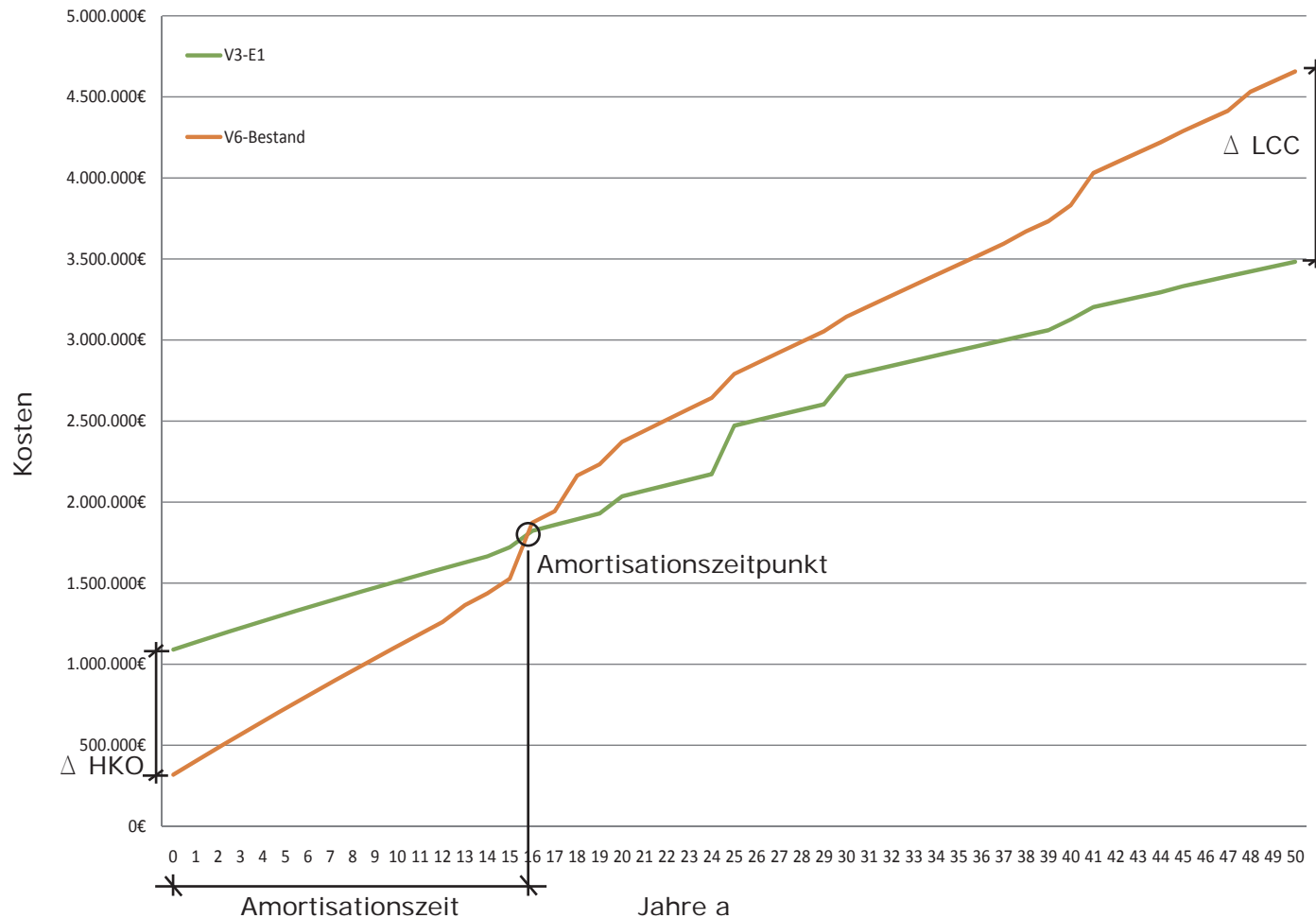


Abbildung 5-130b: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 3 im Vergleich zum Bestand

Diagramm Barwert bei einer Energiepreissteigerung von 6%

Im Vergleich zu dem Szenario mit einer Energiepreissteigerung von 4% kann folgendes festgestellt werden:

Da durch die Sanierung der Energieverbrauch im Vergleich zum Bestand gesenkt wird, wirkt sich der Umstand durch den höheren Energiepreis positiv auf das Δ LCC aus, es beträgt 1.173.000 €.

Gleichzeitig steigen natürlich die gesamten LCC, die des Bestandes um ca. 913.000 € und die der Variante 3 um ca. 421.000 €.

In diesem Fall überschreitet die Einsparung der Lebenszykluskosten, das Δ LCC, den Betrag der investierten Herstellungskosten um ca. 401.000 €. Dennoch bringt die größere Einsparung eine höhere Investition im Laufe des Betrachtungszeitraums mit sich.

Der Amortisationszeitpunkt liegt bei 15 Jahren.

VARIANTE 4 - SANIERUNGSVARIANTE

Allgemeines

Diese Variante wird als Energiestandard 3-Variante bezeichnet.

Dabei werden alle Bauteile optimiert, und dafür der höchste Energiestandard nach Tabelle 5-40 gewählt. Das bedeutet, dass es sich dabei um die - nach Herstellungskosten - teuerste vollständige Sanierung handelt. Es wird jeder Bauteil auf Passivhausstandard saniert und dabei der teuerste Optimierungsschritt je Maßnahme gewählt. Das heißt, dass für die Bauteile Lichtkuppeln sowie Fenster der effizienteste Energiestandard umgesetzt wird. Zusätzlich wird auch eine Lüftungsanlage vorgesehen. Die ausgewählten Optimierungsschritte sind in der Abbildung 5-131 schematisch dargestellt.

Tabelle 5-40: Maßnahmenkatalog zur Variante 4

V4	Kosten	Einsparung	Effizienz
S ₁	28.000 €	209.730 kWh/a	0,13 €/kWh/a
S ₂	35.000 €	214.727 kWh/a	0,16 €/kWh/a
S ₃	40.000 €	215.593 kWh/a	0,19 €/kWh/a
D ₂	311.000 €	169.226 kWh/a	1,84 €/kWh/a
D ₃	319.000 €	171.733 kWh/a	1,86 €/kWh/a
D ₁	275.000 €	138.490 kWh/a	1,99 €/kWh/a
W ₂	93.000 €	28.326 kWh/a	3,28 €/kWh/a
W ₃	106.000 €	31.636 kWh/a	3,35 €/kWh/a
Lk ₃	88.000 €	22.293 kWh/a	3,95 €/kWh/a
L	71.000 €	17.882 kWh/a	3,97 €/kWh/a
Lk ₂	69.000 €	16.409 kWh/a	4,21 €/kWh/a
Lk ₁	48.000 €	10.885 kWh/a	4,41 €/kWh/a
W ₁	79.000 €	12.747 kWh/a	6,20 €/kWh/a
F ₃	422.000 €	52.774 kWh/a	8,00 €/kWh/a
F ₂	398.000 €	42.302 kWh/a	9,41 €/kWh/a
N	5.222.000 €	529.079 kWh/a	9,87 €/kWh/a
F ₁	377.000 €	24.532 kWh/a	15,37 €/kWh/a
Variante	1.046.000 €	511.911 kWh/a	2,04 €/kWh/a

Energieeinsparung

Mit dieser Variante lässt sich eine Energiekennzahl von 29 kWh/m²a erreichen. Das entspricht einer Einsparung vom Heizwärmebedarf des Bestandes um rund 84% bezogen auf das Standortklima.

Da trotz Energiestandard 3 nicht der Passivhausstandard erreicht wird, wurde versucht, die Ursache hierfür festzustellen. Es wurde grob angenommen, dass das Bestandsgebäude zweigeschossig wäre (durch halbieren der Dach- und Fußbodenfläche), dass der Fußboden entsprechend gedämmt und die Lüftung für weitere Räume eingebaut wird. Dadurch ergab sich, dass ca. 5 kWh/m²a durch das Verdoppeln der Versorgungsfläche der Lüftung eingespart werden könnten, ca. 3 kWh/m²a durch die Dämmung des Fußbodens und ca. 10 kWh/m²a allein durch das geänderte A/V-Verhältnis. Dadurch würde theoretisch die gleiche Energiekennzahl wie jene des Neubaus erreicht werden.

Kosten

Diese Variante stellt, die Herstellungskosten betreffend, das teuerste Sanierungsszenario dar. Im Vergleich der vollständigen Sanierungsvarianten ist sie ebenfalls die teuerste.

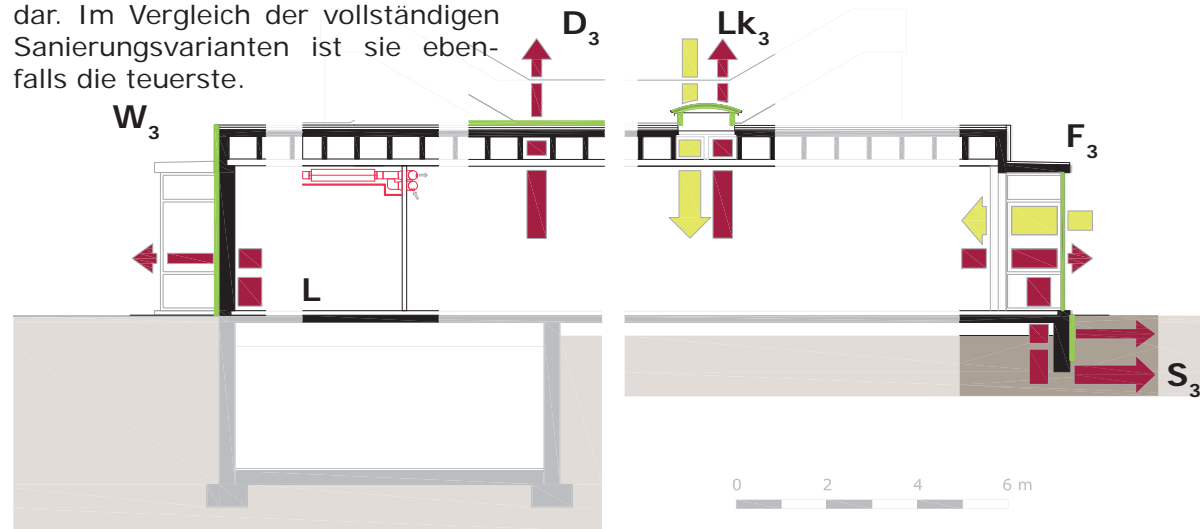
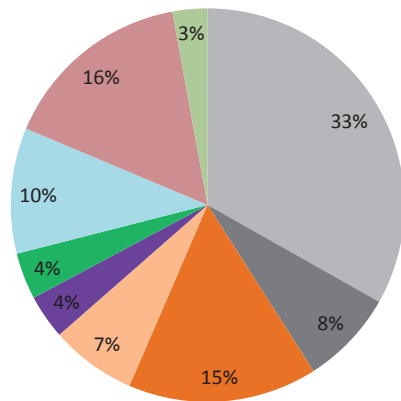
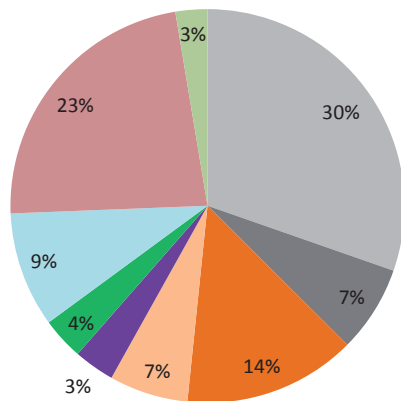


Abbildung 5-131: Einzelmaßnahmen im jeweiligen Energiestandard der Variante 4



- Herstellkosten Gruppe 1
- Herstellkosten Gruppe 2
- Barwert unregelmäßige Zahlungen Gruppe 1
- Barwert unregelmäßige Zahlungen Gruppe 2
- Barwert regelmäßige Instandhaltungskosten Gruppe 1
- Barwert regelmäßige Instandhaltungskosten Gruppe 2
- Barwert Nutzungskosten Reinigung
- Barwert Nutzungskosten Energie
- Barwert Nutzungskosten Wasser / Abwasser

Abbildung 5-132a: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 4% für die Variante 4



Gebäudebezogene LCC bei einer Energiepreissteigerung von 4%

Es entfallen in dieser Variante ca. 41% der gebäudebezogenen Lebenszykluskosten für den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren auf die Herstellungskosten. Somit sind 59% der gesamten Lebenszykluskosten Folgekosten, wobei 16% davon für die Energieversorgung des Gebäudes anfallen.

Gebäudebezogene LCC bei einer Energiepreissteigerung von 6%

Durch die höhere angenommene Energiepreissteigerung hat sich der Anteil für die Energieversorgung des Gebäudes auf 23% der gesamten Lebenszykluskosten erhöht, der prozentuelle Anteil der Folgekosten im Vergleich zu den Herstellungskosten wird ebenfalls größer.

Abbildung 5-132b: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 6% für die Variante 4

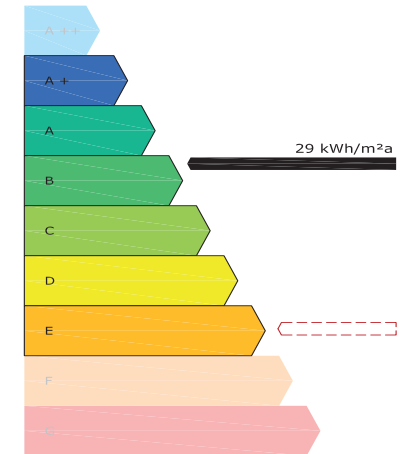


Abbildung 5-133: Grafik Energieeinsparung der Variante 4

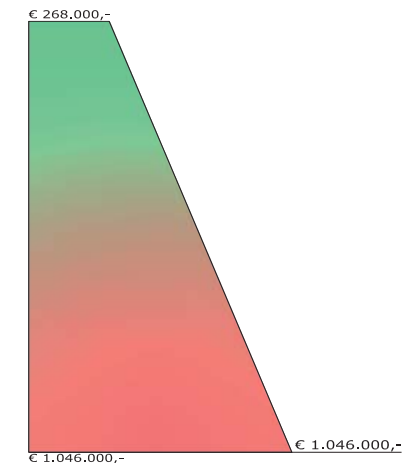


Abbildung 5-134: Grafik Herstellungskosten der Variante 4

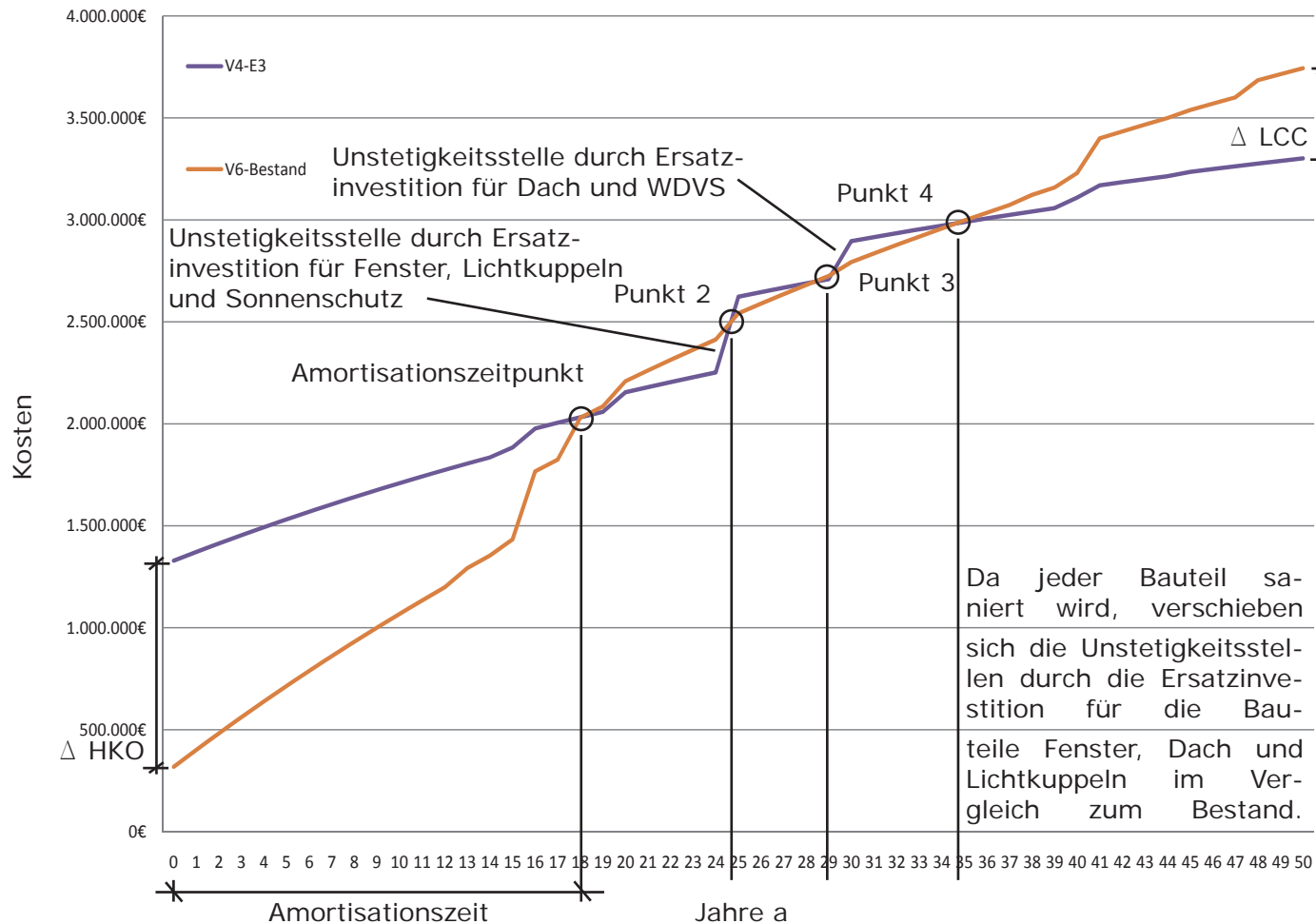


Diagramm Barwert bei einer Energiepreissteigerung von 4%

Im Vergleich der LCC der Variante 4 zu denen des Bestandes (Variante 6) über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren kann Folgendes festgestellt werden:

Die zusätzlichen Herstellungskosten, also die Mehrinvestition für die energetischen Sanierungsmaßnahmen, das Δ HKO, beträgt 1.011.000 €. Die auf den Betrachtungszeitraum verringerten Lebenszykluskosten der Variante 4, also das Δ LCC, beträgt ca. 442.000 €. Das Δ LCC überschreitet nicht das Δ HKO.

Die Variante 4 amortisiert sich grundsätzlich nach 18 Jahren. Durch die Ersatzinvestition für die Bauteile Fenster, Lichtkuppeln und den Sonnenschutz kommt es zum (Schnitt)Punkt 2. Danach amortisiert sich diese Investition wieder im Jahr 29 (Punkt 3) doch nur bis zur Ersatzinvestition für das Dach und das WDVS im Jahr 30. Diese Investition amortisiert sich schlussendlich nach dem Jahr 34 (Punkt 4).

Abbildung 5-135a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 4 im Vergleich zum Bestand

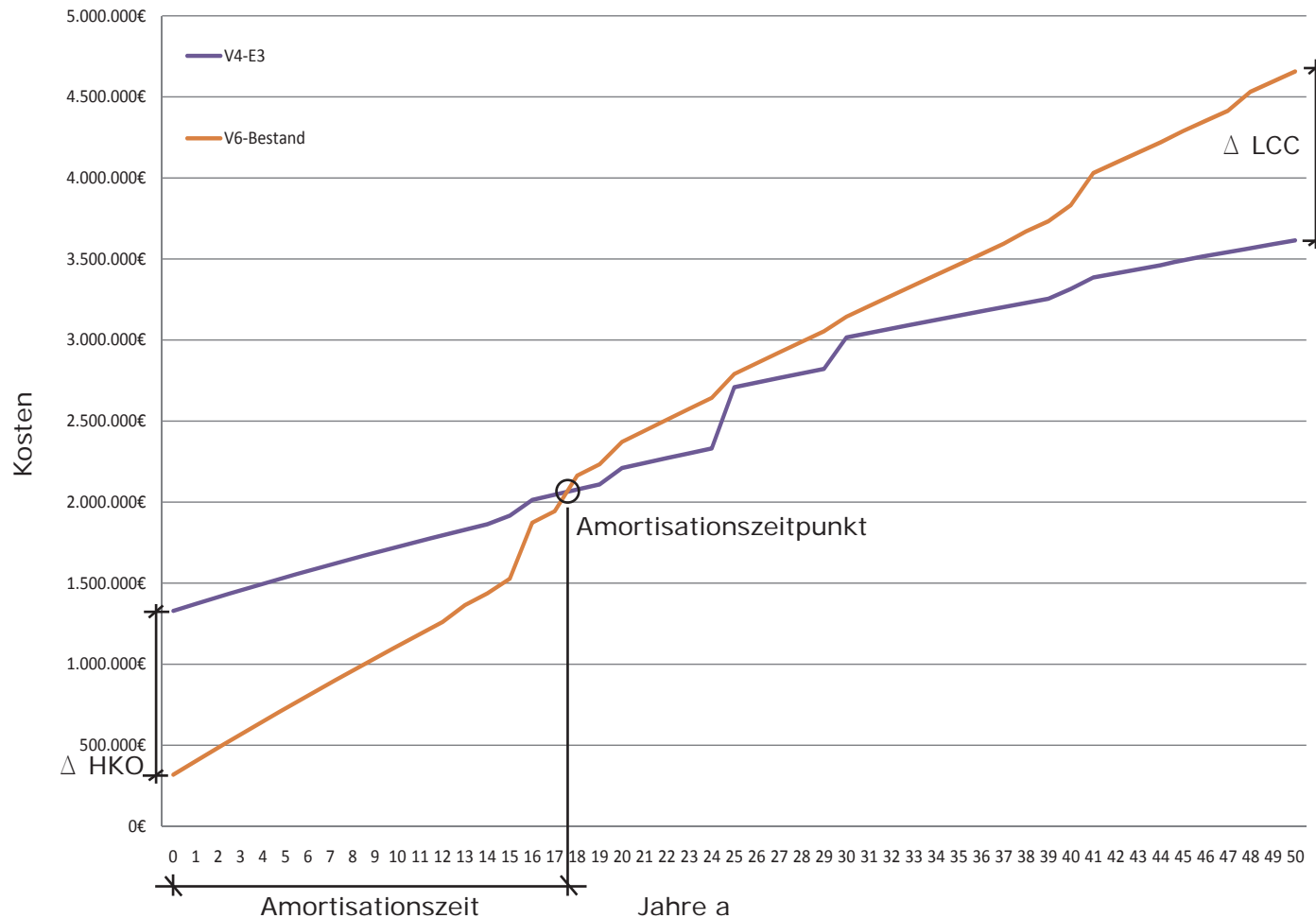


Abbildung 5-135b: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 4 im Vergleich zum Bestand

Diagramm Barwert bei einer Energiepreissteigerung von 6%

Im Vergleich zu dem Szenario mit einer Energiepreissteigerung von 4% kann Folgendes festgestellt werden:

Da durch die Sanierung der Energieverbrauch im Vergleich zum Bestand gesenkt wird, wirkt sich der Umstand durch den höheren Energiepreis positiv auf das ΔLCC aus, es beträgt 1.042.000 €.

Gleichzeitig steigen natürlich die gesamten LCC, die des Bestandes um ca. 913.000 € und die der Variante 4 um ca. 314.000 €.

In diesem Fall überschreitet die Einsparung der Lebenszykluskosten, das ΔLCC , den Betrag der investierten Herstellungskosten um ca. 31.000 €. Dennoch bringt die größere Einsparung des ΔLCC eine höhere Investition im Laufe des Betrachtungszeitraums mit sich.

Der Amortisationszeitpunkt liegt bei 17 Jahren.

VARIANTE 5 - SANIERUNGSVARIANTE

Allgemeines

Diese Variante wird als LCC-Variante bezeichnet.

Es wurde, auf Basis der Varianten 1 bis 4, eine lebenszykluskostenminimierte Variante erstellt. Dies gelang, indem nur jene Bauteile optimiert wurden, die bei möglichst geringen Herstellungskosten eine maximale Energieeinsparung bewirken.

Das trifft auf die Bauteile Schürze und das Dach zu. Diese zu sanieren birgt die größte Energieeinsparung, da über die Dach- und Fußbodenfläche aufgrund ihres großen Anteils an der Oberfläche die meisten Wärmeverluste verloren gehen (siehe dazu die „Abbildung 4-26: Flächenanteile der Bau-

Tabelle 5-41: Maßnahmenkatalog zur Variante 5

V5	Kosten	Einsparung	Effizienz
S ₁	28.000 €	209.730 kWh/a	0,13 €/kWh/a
S ₂	35.000 €	214.727 kWh/a	0,16 €/kWh/a
S ₃	40.000 €	215.593 kWh/a	0,19 €/kWh/a
D ₂	311.000 €	169.226 kWh/a	1,84 €/kWh/a
D ₃	319.000 €	171.733 kWh/a	1,86 €/kWh/a
D ₁	275.000 €	138.490 kWh/a	1,99 €/kWh/a
W ₂	93.000 €	28.326 kWh/a	3,28 €/kWh/a
W ₃	106.000 €	31.636 kWh/a	3,35 €/kWh/a
Lk ₁	88.000 €	22.293 kWh/a	3,95 €/kWh/a
L	71.000 €	17.882 kWh/a	3,97 €/kWh/a
Lk ₂	69.000 €	16.409 kWh/a	4,21 €/kWh/a
Lk ₁	48.000 €	10.885 kWh/a	4,41 €/kWh/a
W ₁	79.000 €	12.747 kWh/a	6,20 €/kWh/a
F ₃	422.000 €	52.774 kWh/a	8,00 €/kWh/a
F ₂	398.000 €	42.302 kWh/a	9,41 €/kWh/a
N	5.222.000 €	529.079 kWh/a	9,87 €/kWh/a
F ₁	377.000 €	24.532 kWh/a	15,37 €/kWh/a
Variante	387.000 €	389.841 kWh/a	0,99 €/kWh/a

teile - opak und transparent zusammen“ auf Seite 86).

Der Bauteil Lichtkuppel wird im Zuge der Dachsanierung mitberücksichtigt.

Es wurden durch Variationen der drei Bauteile in ihren jeweiligen Energiestandards die nach Tabelle 5-41 und in der Abbildung 5-136 schematisch dargestellten optimalen Maßnahmen gefunden.

Energieeinsparung

Mit dieser Variante lässt sich eine Energiekennzahl von 64 kWh/m²a erreichen. Das entspricht einer Einsparung vom Heizwärmebedarf des Bestandes um rund 64% bezogen auf das Standortklima.

Der Energieausweis zu dieser Variante ist im Anhang unter „Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert“ auf Seite 328ff zu finden.

Kosten

Diese Variante ist, die Herstellungskosten betreffend, das zweitgünstigste Sanierungsszenario.

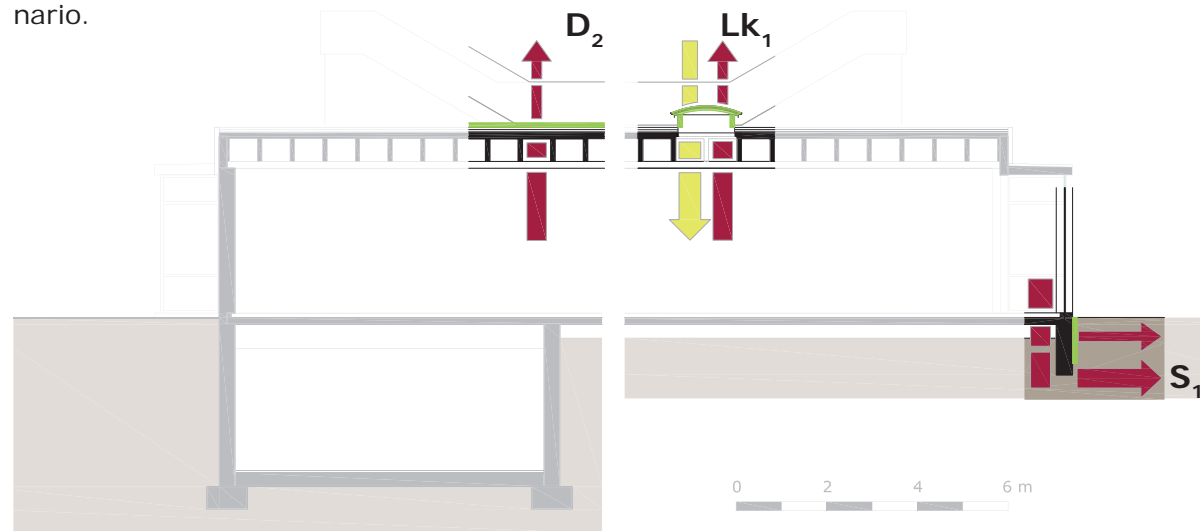


Abbildung 5-136: Einzelmaßnahmen im jeweiligen Energiestandard der Variante 5

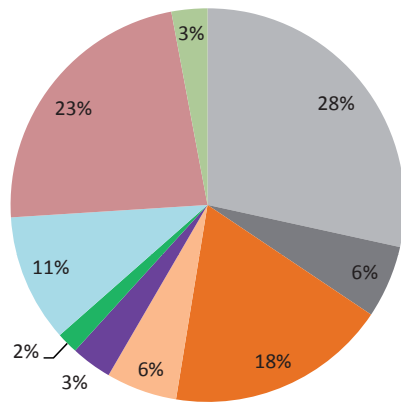


Abbildung 5-137a: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 4% für die Variante 5

- Herstellkosten Gruppe 1
- Herstellkosten Gruppe 2
- Barwert unregelmäßige Zahlungen Gruppe 1
- Barwert unregelmäßige Zahlungen Gruppe 2
- Barwert regelmäßige Instandhaltungskosten Gruppe 1
- Barwert regelmäßige Instandhaltungskosten Gruppe 2
- Barwert Nutzungskosten Reinigung
- Barwert Nutzungskosten Energie
- Barwert Nutzungskosten Wasser / Abwasser

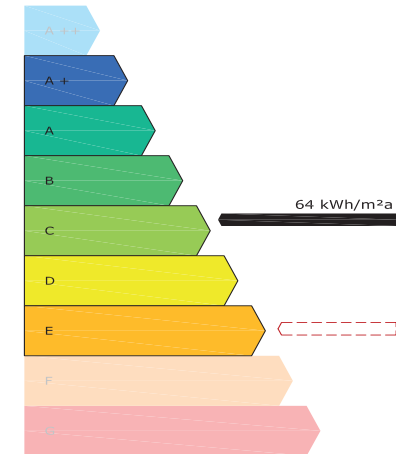


Abbildung 5-138: Grafik Energieeinsparung der Variante 5

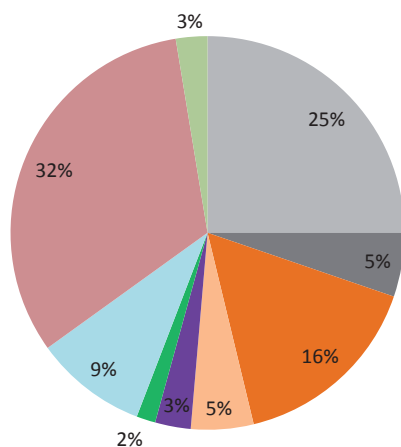


Abbildung 5-137b: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 6% für die Variante 5

Gebäudebezogene LCC bei einer Energiepreissteigerung von 4%

Es entfallen in dieser Variante ca. 34% der gebäudebezogenen Lebenszykluskosten für den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren auf die Herstellungskosten. Somit sind 66% der gesamten Lebenszykluskosten Folgekosten, wobei 23% davon für die Energieversorgung des Gebäudes anfallen.

Gebäudebezogene LCC bei einer Energiepreissteigerung von 6%

Durch die höhere angenommene Energiepreissteigerung hat sich der Anteil für die Energieversorgung des Gebäudes auf 32% der gesamten Lebenszykluskosten erhöht, der prozentuelle Anteil der Folgekosten im Vergleich zu den Herstellungskosten wird ebenfalls größer.

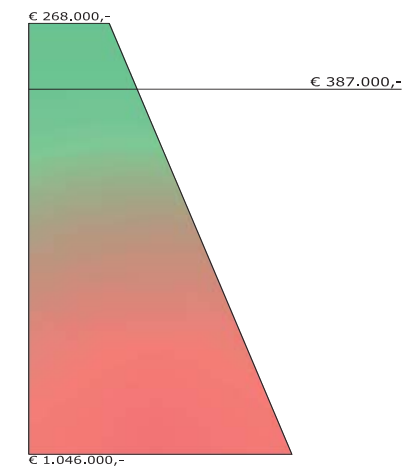


Abbildung 5-139: Grafik Herstellungskosten der Variante 5

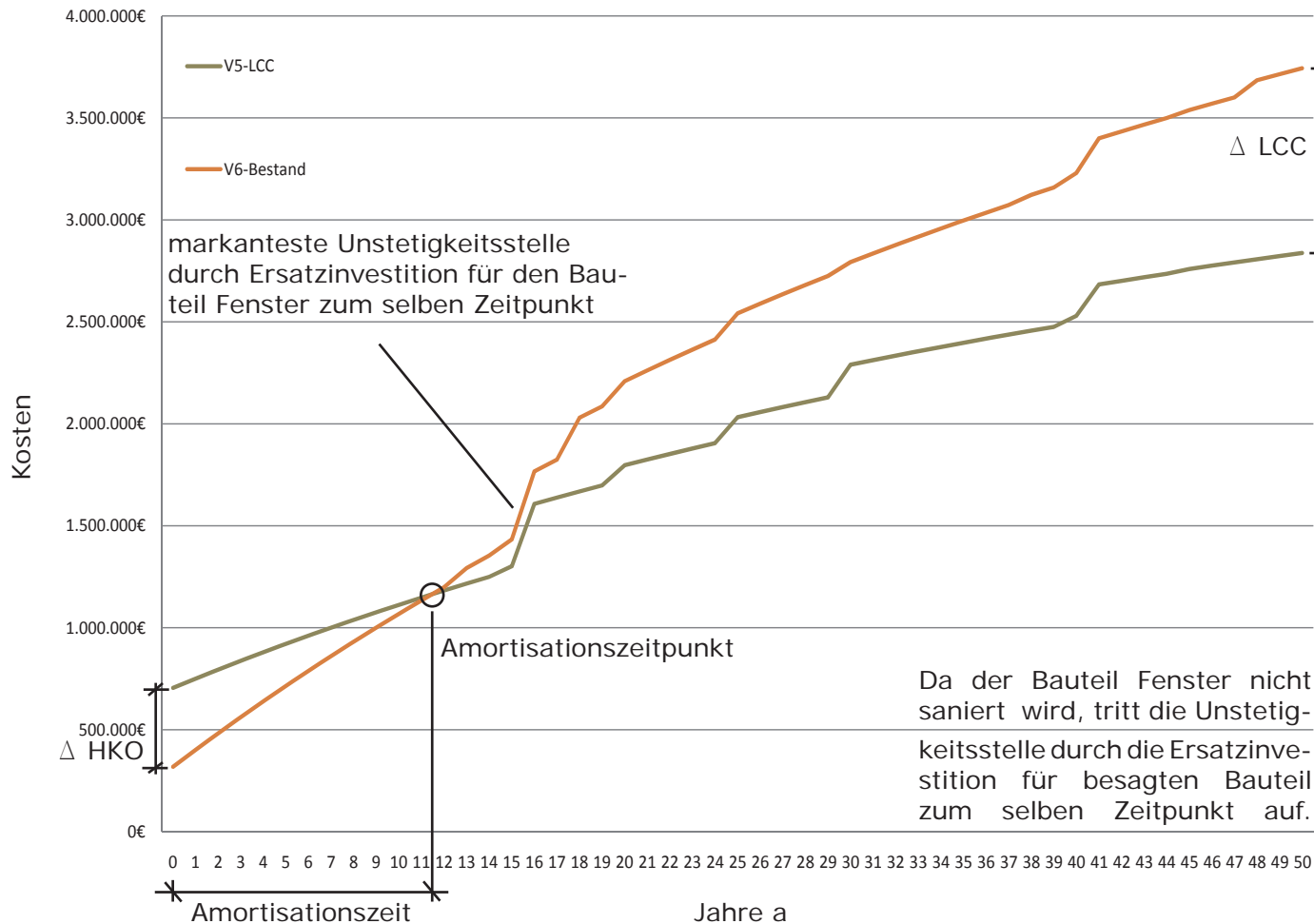


Abbildung 5-140a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 5 im Vergleich zum Bestand

Diagramm Barwert bei einer Energiepreissteigerung von 4%

Im Vergleich der LCC der Variante 5 zu denen des Bestandes (Variante 6) über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren kann Folgendes festgestellt werden:

Die zusätzlichen Herstellungskosten, also die Mehrinvestition für die energetischen Sanierungsmaßnahmen, das Δ HKO, beträgt 387.000 €.

Die auf den Betrachtungszeitraum verringerten Lebenszykluskosten der Variante 5, also das Δ LCC, beträgt ca. 906.000 €.

Somit könnten, abzüglich der investierten Herstellungskosten, auf den Zeitraum der 50 Jahre, 519.000 € eingespart werden.

Die Variante 5 amortisiert sich nach 11 Jahren.

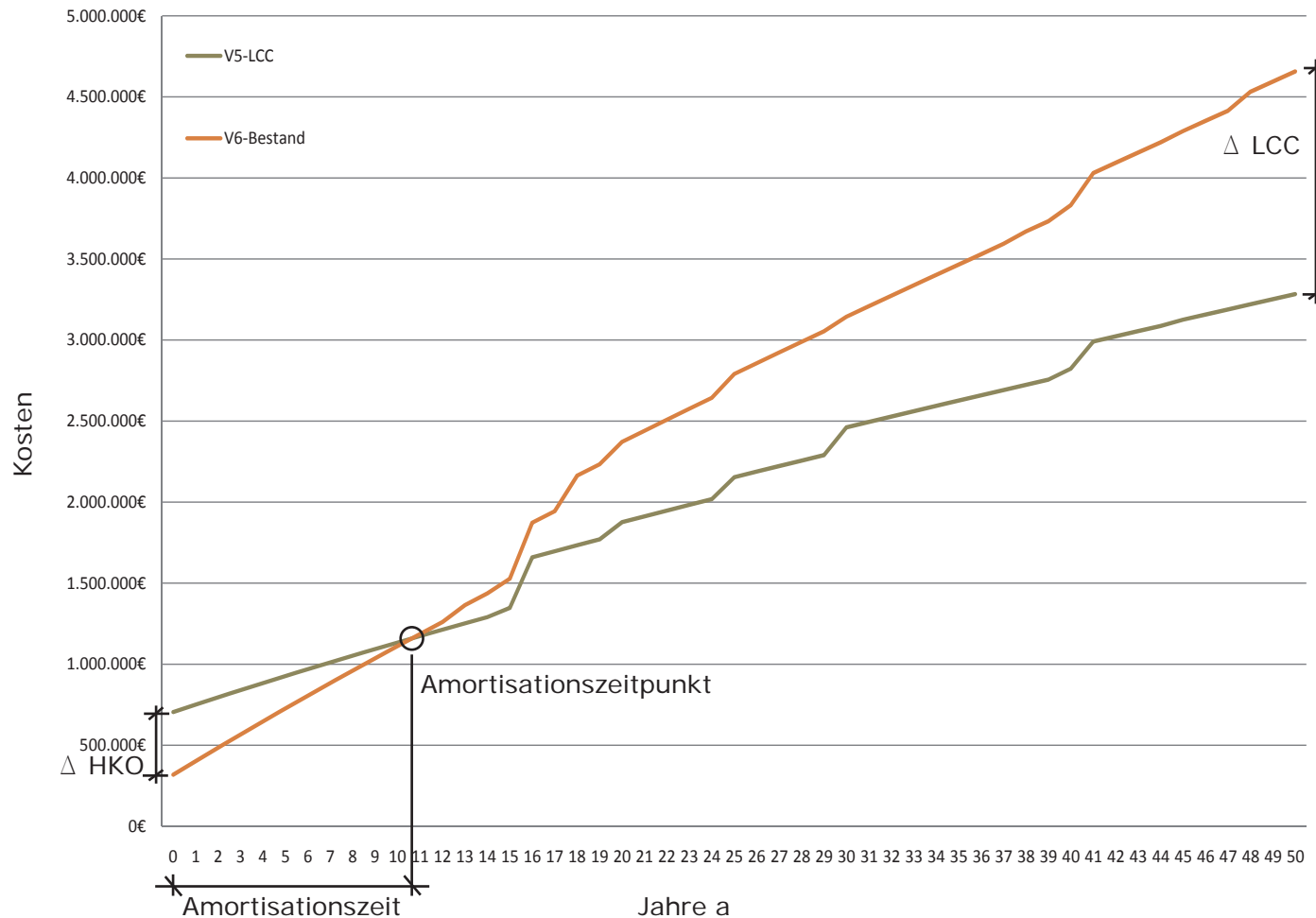


Abbildung 5-140b: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 5 im Vergleich zum Bestand

Diagramm Barwert bei einer Energiepreissteigerung von 6%

Im Vergleich zu dem Szenario mit einer Energiepreissteigerung von 4% kann Folgendes festgestellt werden:

Da durch die Sanierung der Energieverbrauch im Vergleich zum Bestand gesenkt wird, wirkt sich der Umstand durch den höheren Energiepreis positiv auf das Δ LCC aus, es beträgt 1.373.000 €.

Gleichzeitig steigen natürlich die gesamten LCC, die des Bestandes um ca. 913.000 € und die der Variante 5 um ca. 446.000 €.

Somit bringt die größere Einsparung des Δ LCC eine höhere Investition im Laufe des Betrachtungszeitraums mit sich.

Der Amortisationszeitpunkt liegt bei 10 Jahren.

VARIANTE 6 - BESTAND

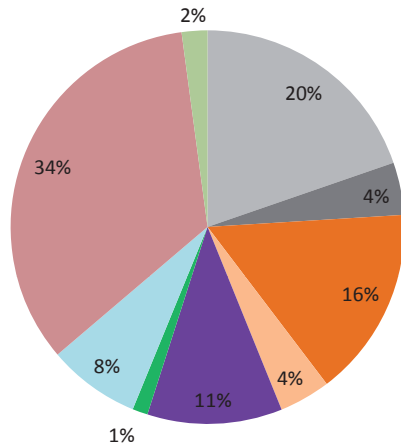


Abbildung 5-141a: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 4% für die Variante 6

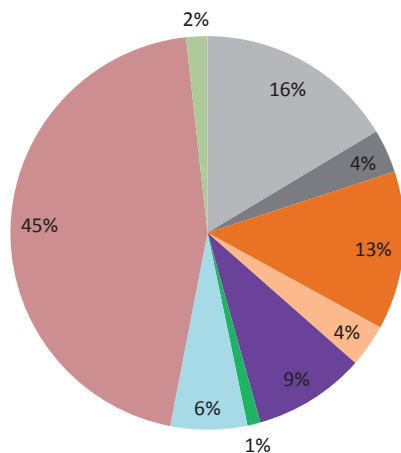


Abbildung 5-141b: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 6% für die Variante 6

- Herstellkosten Gruppe 1
- Herstellkosten Gruppe 2
- Barwert unregelmäßige Zahlungen Gruppe 1
- Barwert unregelmäßige Zahlungen Gruppe 2
- Barwert regelmäßige Instandhaltungskosten Gruppe 1
- Barwert regelmäßige Instandhaltungskosten Gruppe 2
- Barwert Nutzungskosten Reinigung
- Barwert Nutzungskosten Energie
- Barwert Nutzungskosten Wasser / Abwasser

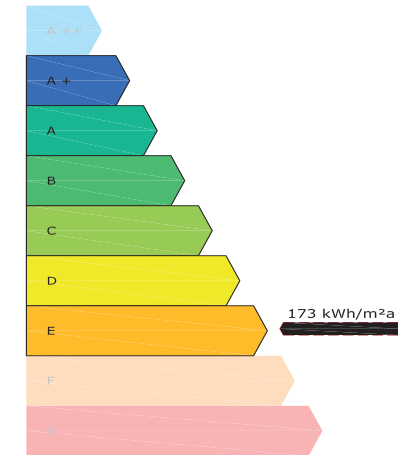


Abbildung 5-142: Grafik Energieeinsparung der Variante 6

Allgemeines

Diese Variante wird als Bestands-Variante bezeichnet. Es werden nur notwendige Instandsetzungsarbeiten - wie diese auch bei den einzelnen Sanierungsvarianten durchgeführt werden - berücksichtigt. Es wird im Bestand eine Energiekennzahl von 173 kWh/m²a bezogen auf das Referenzklima erreicht.

Gebäudebezogene LCC bei einer Energiepreissteigerung von 4%

Es entfallen in dieser Variante ca. 24% der gebäudebezogenen Lebenszykluskosten für den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren auf die Herstellungskosten. Somit sind 76% der gesamten Lebenszykluskosten Folgekosten, wobei 34% davon für die Energieversorgung des Gebäudes anfallen.

Gebäudebezogene LCC bei einer Energiepreissteigerung von 6%

Durch die höhere angenommene Energiepreissteigerung hat sich der Anteil für die Energieversorgung des Gebäudes auf 45% der gesamten Lebenszykluskosten erhöht, der prozentuelle Anteil der Folgekosten im Vergleich zu den Herstellungskosten wird ebenfalls größer.

Im Bestand kann deutlich abgelesen werden, welche Auswirkungen eine höhere Energiepreissteigerung auf die Lebenszykluskosten hat, steigt immerhin der Prozentanteil für die Kosten der Energieversorgung bei einer Preissteigerung von zusätzlichen 2% um 11% an.

VARIANTE 7 - NEUBAU

Allgemeines

Diese Variante wird als Neubau-Variante bezeichnet.

Das bestehende Gebäude wird geschliffen und stattdessen ein zweigeschossiger Neubau mit der gleichen Bruttogeschossfläche errichtet. Dabei kann eine bessere thermische Qualität mit einer annähernd wärmebrückenfreien Konstruktion im Vergleich zum Bestand sowie den Sanierungsszenarien erzielt werden.

Gleichzeitig kann mit einem Neubau auf die geänderte Situation des Schulbetriebs seit der Errichtung des Gebäudes eingegangen werden. Im Neubau ist eine dezentrale Lüftungsanlage mit einer Versorgungsfläche von ca. 66% der BGF (24 Unterrichts-

Tabelle 5-42: Maßnahmenkatalog zur Variante 7

V7	Kosten	Einsparung	Effizienz
S ₁	28.000 €	209.730 kWh/a	0,13 €/kWh/a
S ₂	35.000 €	214.727 kWh/a	0,16 €/kWh/a
S ₃	40.000 €	215.593 kWh/a	0,19 €/kWh/a
D ₂	311.000 €	169.226 kWh/a	1,84 €/kWh/a
D ₃	319.000 €	171.733 kWh/a	1,86 €/kWh/a
D ₁	275.000 €	138.490 kWh/a	1,99 €/kWh/a
W ₂	93.000 €	28.326 kWh/a	3,28 €/kWh/a
W ₃	106.000 €	31.636 kWh/a	3,35 €/kWh/a
Lk ₃	88.000 €	22.293 kWh/a	3,95 €/kWh/a
L	71.000 €	17.882 kWh/a	3,97 €/kWh/a
Lk ₂	69.000 €	16.409 kWh/a	4,21 €/kWh/a
Lk ₁	48.000 €	10.885 kWh/a	4,41 €/kWh/a
W ₁	79.000 €	12.747 kWh/a	6,20 €/kWh/a
F ₃	422.000 €	52.774 kWh/a	8,00 €/kWh/a
F ₂	398.000 €	42.302 kWh/a	9,41 €/kWh/a
N	5.222.000 €	529.079 kWh/a	9,87 €/kWh/a
F ₁	377.000 €	24.532 kWh/a	15,37 €/kWh/a
Neubau	5.222.000 €	529.079 kWh/a	9,87 €/kWh/a

und Konferenzräume), vorgesehen.

In der Abbildung 5-144 ist der Neubau schematisch dargestellt. In der Tabelle 5-42 kann der Optimierungsschritte Neubau abgelesen werden.

Energieeinsparung

Mit dieser Variante lässt sich eine Energiekennzahl von 11 kWh/m²a erreichen. Das entspricht einer Einsparung vom Heizwärmebedarf des Bestandes um rund 94% bezogen auf das Standortklima.

Für die Berechnung wurden dieselben Voraussetzungen wie im Bestand angenommen, was die Flächenanteile, die Orientierung und die Haustechnik betrifft. Wie sich eine Veränderung dieser Voraussetzungen auf die Energiekennzahl auswirkt, ist durch eine genaue Planung zu überprüfen.

Wenn die Versorgungsfläche der Lüftung auf das gesamte Gebäude ausgeweitet wird, lässt sich eine Energiekennzahl von ca. 7 kWh/m²a erreichen.

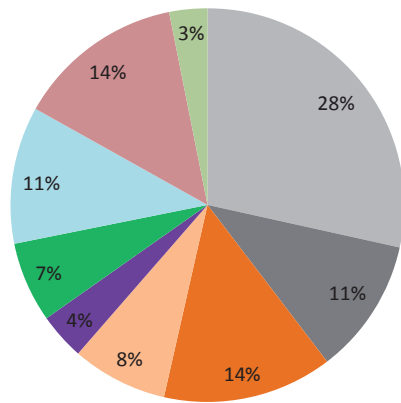
Der Energieausweis zu dieser Variante ist im Anhang unter „Energieausweis Variante Neubau“ auf Seite 318ff zu finden.

Kosten

Diese Variante ist, die Herstellungskosten betreffend, wesentlich teurer als jedes Sanierungsszenario, wie in Abbildung 5-147 zu sehen ist.

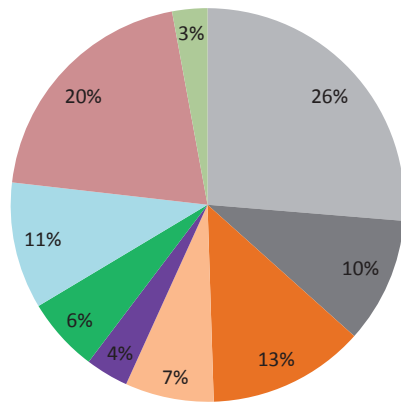


Abbildung 5-143: Einzelmaßnahme der Variante 7



- Herstellkosten Gruppe 1
- Herstellkosten Gruppe 2
- Barwert unregelmäßige Zahlungen Gruppe 1
- Barwert unregelmäßige Zahlungen Gruppe 2
- Barwert regelmäßige Instandhaltungskosten Gruppe 1
- Barwert regelmäßige Instandhaltungskosten Gruppe 2
- Barwert Nutzungskosten Reinigung
- Barwert Nutzungskosten Energie
- Barwert Nutzungskosten Wasser / Abwasser

Abbildung 5-144a: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 4% für die Variante 7



Gebäudebezogene LCC bei einer Energiepreissteigerung von 4%

Es entfallen in dieser Variante ca. 39% der gebäudebezogenen Lebenszykluskosten für den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren auf die Herstellungskosten. Somit sind 61% der gesamten Lebenszykluskosten Folgekosten, wobei 14% davon für die Energieversorgung des Gebäudes anfallen.

Gebäudebezogene LCC bei einer Energiepreissteigerung von 6%

Durch die höhere angenommene Energiepreissteigerung hat sich der Anteil für die Energieversorgung des Gebäudes auf 20% der gesamten Lebenszykluskosten erhöht, der prozentuelle Anteil der Folgekosten im Vergleich zu den Herstellungskosten wird ebenfalls größer.

Abbildung 5-144b: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 6% für die Variante 7

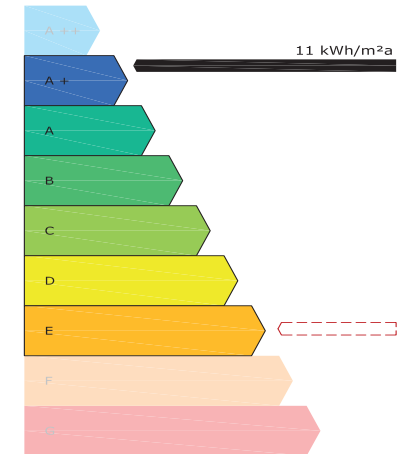


Abbildung 5-145: Grafik Energieeinsparung der Variante 7

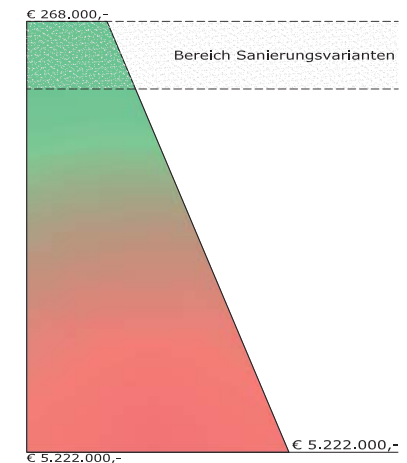


Abbildung 5-146: Grafik Herstellungskosten der Variante 7

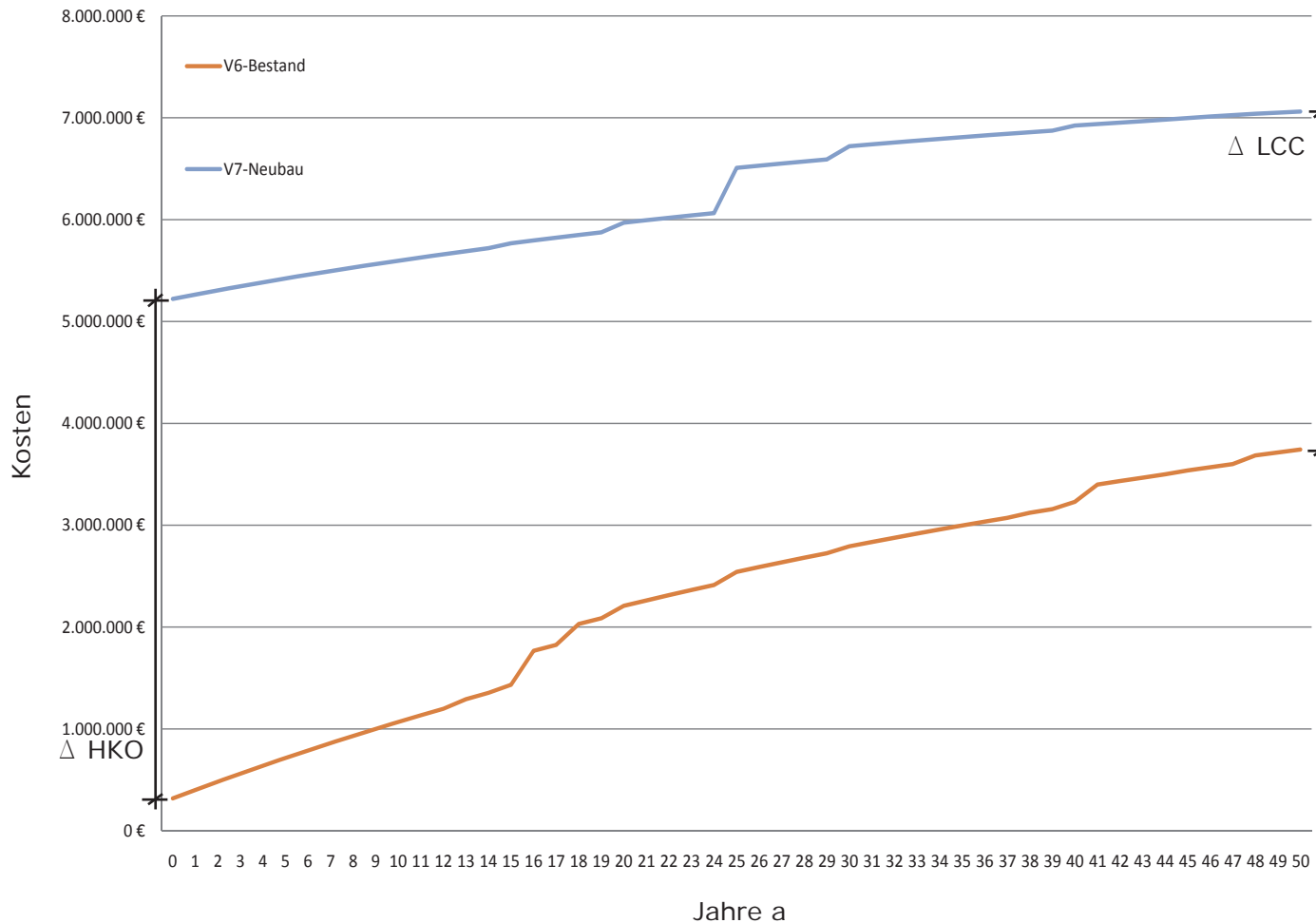


Diagramm Barwert bei einer Energiepreissteigerung von 4%

Im Vergleich der LCC der Variante 7 zu denen des Bestandes (Variante 6) über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren kann Folgendes festgestellt werden:

Die zusätzlichen Herstellungskosten, also die Mehrinvestition für die energetischen Sanierungsmaßnahmen, das Δ HKO, beträgt 4.904.000 €.

Aufgrund der hohen Investitionskosten amortisiert sich die Variante 7 im Laufe des Betrachtungszeitraums nicht.

Im Jahr 50 liegt der Unterschied, das Δ LCC, noch immer bei ca. 3.318.000 € über den Lebenszykluskosten des Bestandsgebäudes.

Es kann dadurch festgestellt werden, dass sich der Neubau über die LCC nicht rechnet.

Abbildung 5-147a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 7 im Vergleich zum Bestand

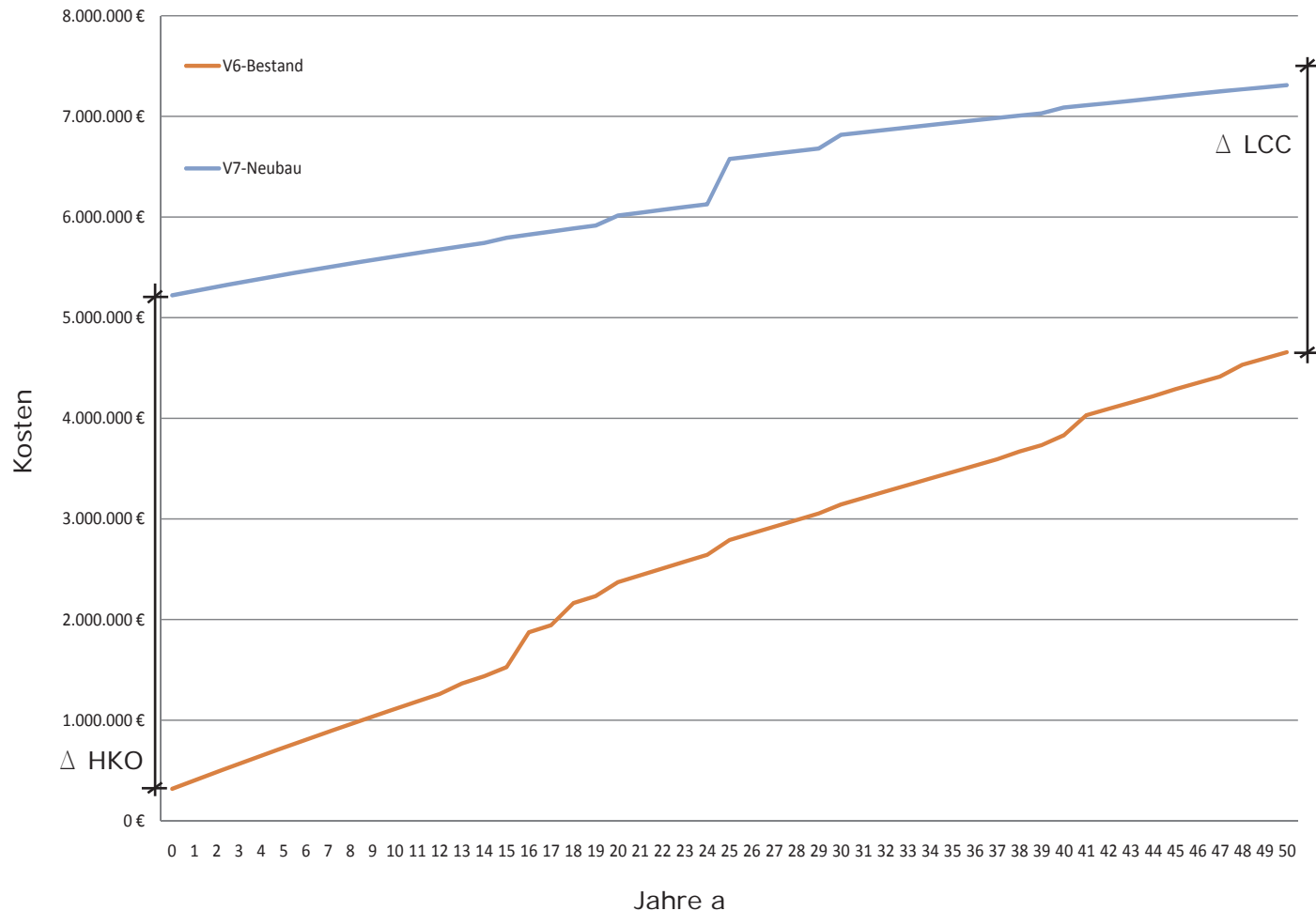


Abbildung 5-147b: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 7 im Vergleich zum Bestand

Diagramm Barwert bei einer Energiepreissteigerung von 6%

Im Vergleich zu dem Szenario mit einer Energiepreissteigerung von 4% kann Folgendes festgestellt werden:

Da durch den Neubau der Energieverbrauch im Vergleich zum Bestand gesenkt wird, wirkt sich der Umstand durch den höheren Energiepreis positiv auf das Δ LCC aus, es beträgt 2.654.000 €.

Dies liegt jedoch noch immer weit über jenen LCC des Bestandes, die Variante 7 amortisiert sich im Laufe des Betrachtungszeitraums mit diesem Energiepreisszenario ebenfalls nicht.

Die gesamten LCC steigen beim Bestand durch den höheren Energieverbrauch an, um ca. 913.000 €. Jene der Variante 7 um ca. 249.000 €.

Aufgrund der LCC-Entwicklung ist der Neubau als mögliches Szenario auszuschließen.

ZUSAMMENFASSUNG

Tabelle 5-43: Herstellungskosten der einzelnen Varianten

Varianten	Herstellungskosten			Δ HKO abzüglich Δ LCC bei 4% Energiepreis	Δ HKO abzüglich Δ LCC bei 6% Energiepreis
	energetische Sanierung	inkl. notwendiger Instandsetzung	Δ HKO der Variante zum Bestand		
V1 - Minimal	268.000 €	551.000 €	233.000 €	381.000 €	720.000 €
V2 - Effektiv	942.000 €	1.225.000 €	907.000 €	-276.000 €	301.000 €
V3 - E1	807.000 €	1.090.000 €	772.000 €	-91.000 €	401.000 €
V4 - E3	1.046.000 €	1.329.000 €	1.011.000 €	-569.000 €	31.000 €
V5 - LCC	387.000 €	705.000 €	387.000 €	519.000 €	986.000 €
V6 - Bestand	-	318.000 €	-	-	-
V7 - Neubau	5.222.000 €	-	4.904.000 €	-8.222.000 €	-7.558.000 €

In den Tabellen 5-43, 5-44 und 5-45 sind die Herstellungskosten, die Lebenszykluskosten sowie die Kennwerte über die Energieeffizienz dargestellt.

Tabelle 5-43

In der ersten Spalte sind die einzelnen Varianten aufgelistet. In der zweiten Spalte folgen die Herstellungskosten, die auf den energetischen Teil der Sanierung entfallen, das bedeutet, dass dies die Summe der Herstellungskosten der einzelnen Optimierungsschritte je Variante ist.

Tabelle 5-44: Lebenszykluskosten der einzelnen Varianten

Varianten	Lebenszykluskosten			
	4% Energiepreissteigerung		6% Energiepreissteigerung	
	LCC nach 50 Jahren	Δ LCC der Variante zum Bestand	LCC nach 50 Jahren	Δ LCC der Variante zum Bestand
V1 - Minimal	3.129.000 €	-614.000 €	3.704.000 €	-953.000 €
V2 - Effektiv	3.112.000 €	-631.000 €	3.449.000 €	-1.208.000 €
V3 - E1	3.062.000 €	-681.000 €	3.484.000 €	-1.173.000 €
V4 - E3	3.301.000 €	-442.000 €	3.615.000 €	-1.042.000 €
V5 - LCC	2.837.000 €	-906.000 €	3.284.000 €	-1.373.000 €
V6 - Bestand	3.743.000 €	-	4.657.000 €	-
V7 - Neubau	7.061.000 €	3.318.000 €	7.311.000 €	2.654.000 €

In der dritten Spalte sind zusätzlich zu den Herstellkosten für die energetische Sanierung die Kosten für die notwendigen Instandsetzungsarbeiten addiert worden. Diese sind jene für die Erneuerung des Innenanstrichs, des Bodenbelags, der Sanitär- sowie der Beleuchtungsanlage und - bei Variante 5 und 6 - des Außenputzes.

In der vierten Spalte ist das Δ HKO, also die Mehrkosten in der Herstellung im Vergleich zum Bestand, ausgewiesen. Dabei handelt es sich um den Unterschied im Jahr 0 - in den Abbildungen der kumulierten Barwerte der Lebenszykluskosten ersichtlich - zwischen den HKO der jeweiligen Variante und die des Bestands. In der fünften und sechsten Spalte ist der Gewinn der Lebenszykluskosten nach 50 Jahren dargestellt, der durch die zuvor (im Jahr 0) investierten Herstellungskosten im Vergleich zum

Tabelle 5-45: Energetische Kennwerte der einzelnen Varianten

Varianten	Maßnahme bzw. Optimierungsschritte je Energiestandard							Transmissions- und Lüftungswärmeverluste abzüglich solarer Gewinne		Heizwärmebedarf aus dem Energieausweis der jeweiligen Variante			Einsparpotential vom Bestand bezogen auf den HWB Standort
								Einsparung	Effizienz	HWB* Ref	HWB Standort	Energiekennzahl	
V1 - Minimal	-	Lk ₂	W ₂	-	S ₂	L	-	277.344 kWh/a	0,97 €/kWh/a	20,25 kW/m ³ a	295.816 kWh/a	91,74 kWh/m ² a	47%
V2 - Effektiv	D ₂	Lk ₃	W ₂	F ₃	S ₁	-	-	482.349 kWh/a	1,95 €/kWh/a	7,50 kW/m ³ a	117.571 kWh/a	36,68 kWh/m ² a	79%
V3 - E1	D ₁	Lk ₁	W ₁	F ₁	S ₁	-	-	396.384 kWh/a	2,04 €/kWh/a	12,48 kW/m ³ a	184.458 kWh/a	58,08 kWh/m ² a	67%
V4 - E3	D ₃	Lk ₃	W ₃	F ₃	S ₃	L	-	511.911 kWh/a	2,04 €/kWh/a	5,83 kW/m ³ a	91.334 kWh/a	28,81 kWh/m ² a	84%
V5 - LCC	D ₂	Lk ₁	-	-	S ₁	-	-	389.841 kWh/a	0,99 €/kWh/a	13,18 kW/m ³ a	204.059 kWh/a	64,20 kWh/m ² a	64%
V6 - Bestand	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38,40 kW/m ³ a	563.015 kWh/a	173,16 kWh/m ² a	-
V7 - Neubau	-	-	-	-	-	N	-	529.079 kWh/a	9,87 €/kWh/a	2,60 kW/m ³ a	33.935 kWh/a	11,44 kWh/m ² a	94%

Bestand entsteht.

Das bedeutet, dass vom Δ HKO (Spalte vier) das Δ LCC bei einer Energiepreissteigerung von 4% (Tabelle, 5-44, Spalte drei) bzw. das Δ LCC bei einer Energiepreissteigerung von 6% (Tabelle, 5-44, Spalte fünf) abgezogen wird.

Für das Energiepreisszenario mit 4% bedeutet das, dass für die Varianten 1 und 5 dadurch ein Gewinn nach Ablauf des Betrachtungszeitraums erzielt werden kann. Für die Varianten 2 bis 4 sowie 7 rechnen sich die investierten Herstellungskosten nicht über die 50 Jahre im Vergleich zum Bestandsgebäude.

Für das Energiepreisszenario mit 6% bedeutet das, dass für alle Sanierungsvarianten ein Gewinn nach Ablauf des Betrachtungszeitraums entsteht. Für die Variante 7 ist auch in diesem Energiepreisszenario kein Gewinn im Vergleich zum Bestandsgebäude zu erzielen.

Tabelle 5-44

In der ersten Spalte sind wiederum die Varianten aufgelistet.

Die Spalten zwei bis fünf unterteilen sich in zwei Bereiche, in einen für ein Energiepreisszenario mit 4% Preissteigerung, und in einen für ein Szenario mit 6% Energiepreissteigerung.

In den Spalten zwei und vier sind die Lebenszykluskosten einer jeden Variante nach Ablauf des Betrachtungszeitraums von 50 Jahren für beide Energiepreisszenarien festgehalten.

In den Spalten drei und fünf ist die Differenz der Lebenszykluskosten der jeweiligen Variante zu denen des Bestandes - wieder für beide Energiepreissteigerungen - eingetragen.

Dabei lässt sich erkennen, dass alle Sanierungsvarianten geringere Lebenszykluskosten als das Bestandsgebäude aufweisen. Der Neubau weist in beiden Energiepreisszenarien wesentlich höhere Lebenszykluskosten als das Bestandsgebäude auf.

Bei der Variante 4, trotz Energiestandard 3, sind die Lebenszykluskosten im Vergleich zu der im Energiestandard 1 ausgeführten Variante 3 viel höher. Das kann einerseits auf die größeren In-

vestitionen der einzelnen Komponenten und andererseits auf die zusätzlichen Wartungs- und Instandhaltungskosten der Lüftungsanlage zurückgeführt werden. Diese Mehrkosten für die Verbesserung der thermischen Qualität sowie des Nutzerkomforts gegenüber der Variante 3 amortisieren sich nicht.

Bei den drei Varianten, durch die jeder Bauteil des Gebäudes saniert werden - also die Varianten 2, 3 und 4 - ist bei einer Energiepreissteigerung von 4% die Variante 3 jene mit den geringsten Lebenszykluskosten, bei einer Energiepreissteigerung von 6% die Variante 2. Diese beiden tauschen durch die Erhöhung der Energiepreissteigerung die Plätze.

Die beiden Varianten 1 und 4 tauschen im Zuge des höheren Prozentsatzes des Energiepreises ebenfalls die Plätze.

Hierbei sind die Auswirkungen der Energiepreiserhöhung in Abhängigkeit des Energieverbrauchs deutlich zu erkennen.

Das größte Energieeinsparpotential der Lebenszykluskosten weist bei beiden Szenarien die Variante 5 auf.

Vergleiche dazu „Vergleich Energiepreisszenarien“ auf Seite 240.

Tabelle 5-45

In der ersten Spalte sind wieder die einzelnen Varianten aufgelistet, gefolgt von der Aufstellung der für jede Variante gewählten Optimierungsschritte.

In den Spalten drei und vier ist einerseits die Energieeinsparung als Summe der einzelnen Optimierungsschritte sowie die aus dem Verhältnis der Herstellungskosten zur eben erwähnten Energieeinsparung gewonnenen Effizienz.

In der Spalte fünf ist der HWB* bezogen auf das Referenzklima und auf das Bruttovolumen je Variante, in der Spalte sechs der HWB spezifisch für das Standortklima je Variante und in der siebten Spalte ist die Energiekennzahl je Variante eingetragen.

In der letzten Spalte kann der prozentuelle Anteil des Energieeinsparpotentials einer jeden Variante im Verhältnis zum Bestand bezogen auf das Standortklima abgelesen werden.

VERGLEICH DER ENERGIEPREISSZENARIEN

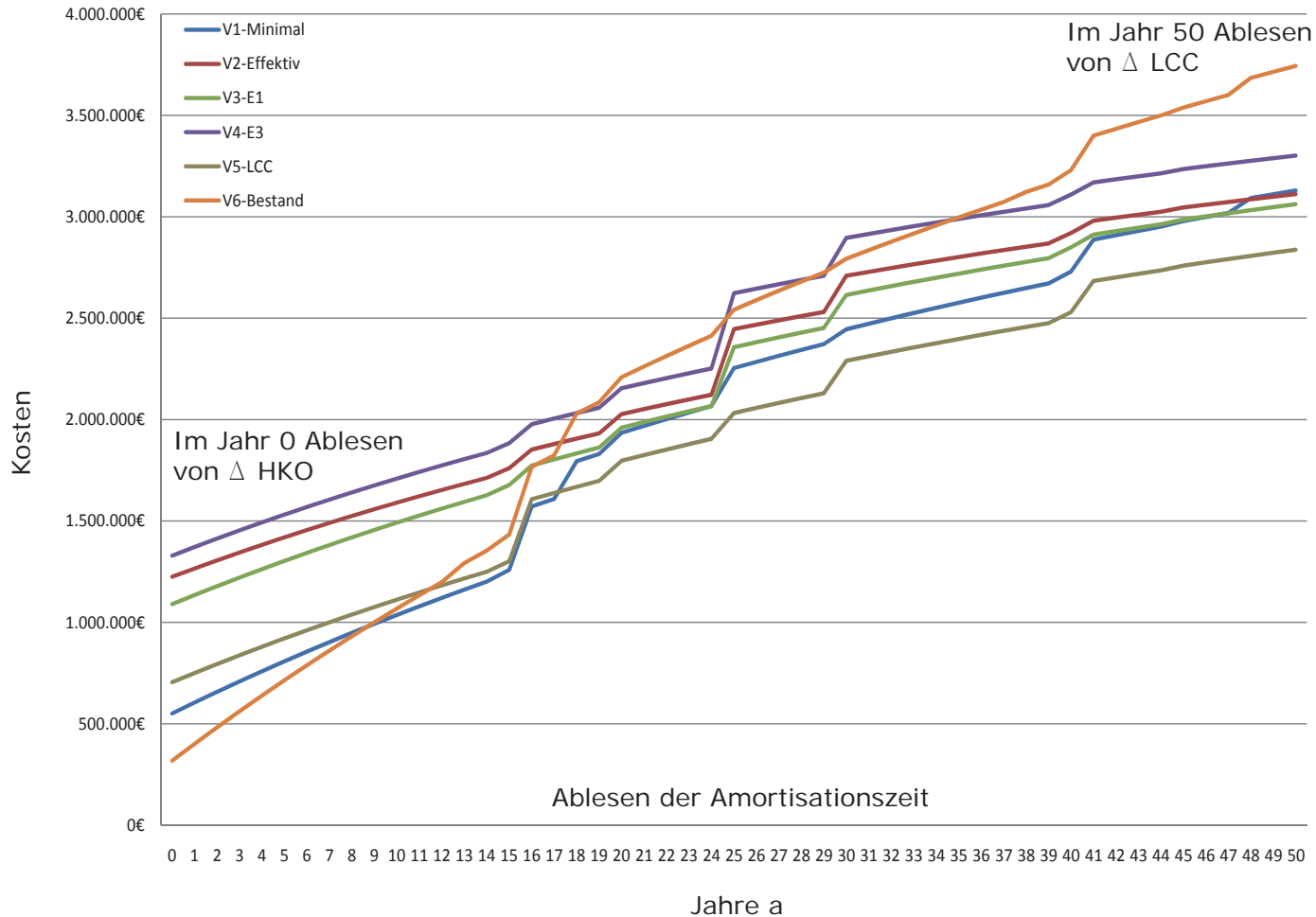


Abbildung 5-148a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 1 bis 6 im Vergleich

In der Abbildung 5-148a sind die Varianten 1 bis 6 bei einer Energiepreissteigerung von 4%, in der Abbildung 5-148b bei 6% dargestellt.

Variante 1 und 4

Die Variante 1, jene mit den geringsten HKO, hat im Szenario mit 4% noch geringere LCC als die Variante 4, bei 6% ist sie allerdings jene mit den höchsten LCC, da sie den Verlauf der Variante 4 nach ca. 47 Jahren kreuzt (Punkt 1).

Die Variante 4 ist die teuerste nach den HKO und hat im Szenario mit 4% auch die höchsten LCC.

Variante 1 und 4 tauschen bei einem Szenario von 6% die Plätze. Das erklärt sich dadurch, dass die Sanierung der Variante 1 jene mit dem größten Energieverbrauch ist. Dieser Umstand wirkt sich aufgrund der Energiepreissteigerung dementsprechend auf die LCC aus.

Variante 2, 3 und 4

Die Verläufe der drei Varianten - die eine vollständige Sanierung des Gebäudes vorsehen - behalten beim Szenario mit 4% ihre

Anordnung bei, was heißt, dass jene der drei, welche die Günstigste nach den HKO ist, auch die Günstigste nach den LCC bleibt usw.. Dabei ist zu sehen, dass sich der Verlauf der Variante 2 an jenen der Variante 3 annähert.

Beim Szenario mit 6% hat sich diese Annäherung zu einem Schnittpunkt (nach 43 Jahren, Punkt 2) bzw. zu einem Tausch der Reihenfolge dieser beiden Varianten entwickelt. Dadurch ergeben sich in diesem Szenario für die Variante 2 die geringsten LCC. Dieser Umstand erklärt sich dadurch, dass die Variante 3 die energetisch gesehen schlechteste der drei vollständigen Sanierungen ist, und bei einer höheren Energiepreissteigerung dementsprechend höhere LCC aufweist.

Variante 5

Die lebenszykluskostenminimierte Variante 5 bleibt stabil - sie hat in beiden Energiepreisszenarien die niedrigsten LCC.

Bestand

Beim Bestand wirkt sich eine höhere Energiepreissteigerung aufgrund des höheren Energieverbrauchs am stärksten aus.

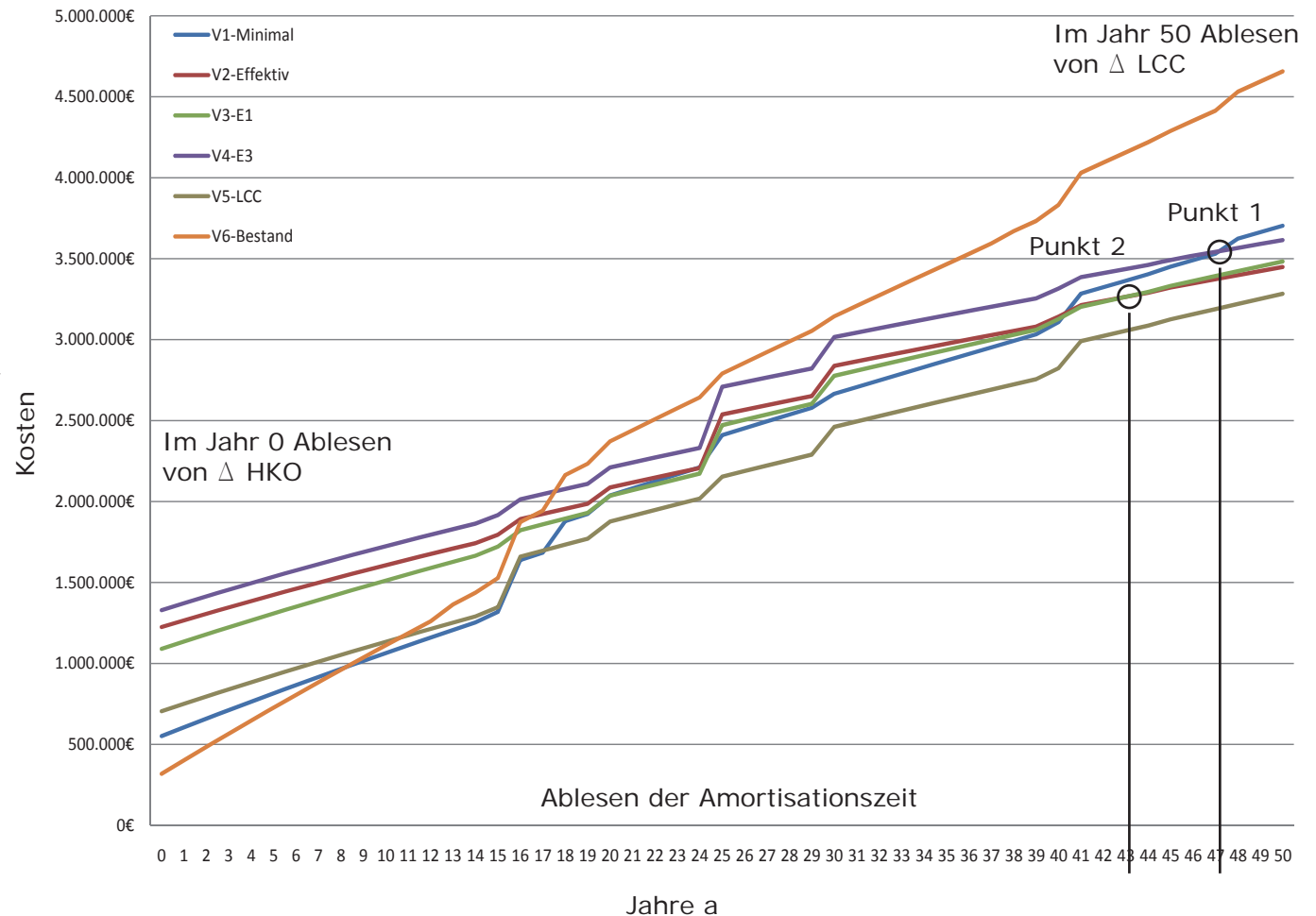


Abbildung 5-148b: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 1 bis 6 im Vergleich

DER SANIERUNGSVARIANTEN 2, 3 UND 4

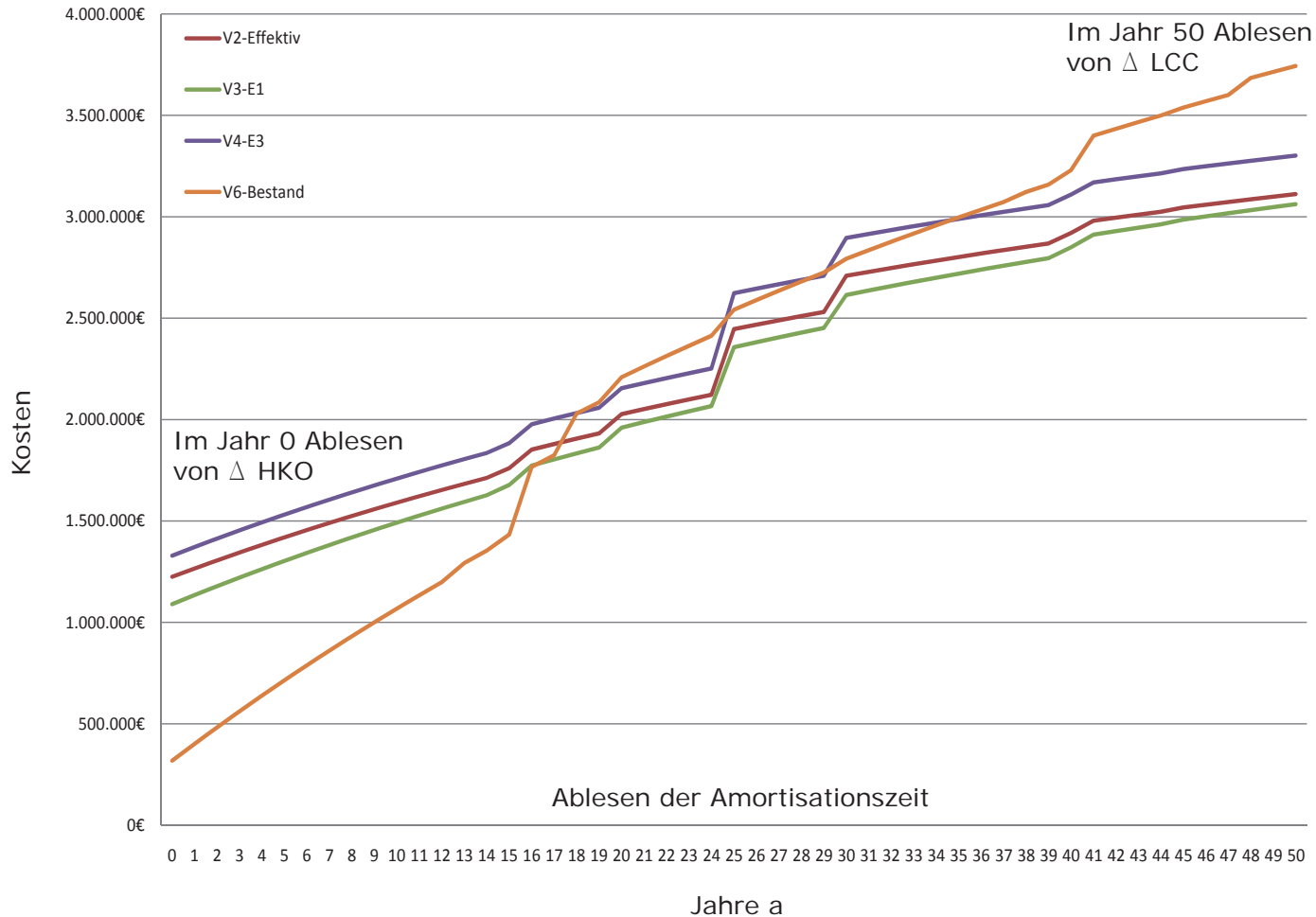


Abbildung 5-149a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 2, 3 und 4 im Vergleich zum Bestand

Im Vergleich der Sanierungsszenarien 2, 3 und 4 kann Folgendes festgestellt werden:

Variante 4

Diese Variante ist in der Herstellung die teuerste. Um den Energiestandard 3 zu erreichen, fallen höhere Investitionskosten an.

Es ist hierbei zu beobachten, dass trotz des besseren Energiestandards und somit niedrigeren Energieverbrauchs, im Gegensatz zu den Varianten 2 und 3, diese Variante bei beiden Energiepreissteigerungsszenarien die teuerste bleibt.

Dies erklärt sich einerseits dadurch, dass bei dieser Variante einige Klassenräume mit einer kontrollierten Lüftung ausgestattet sind, für diese aufgrund der Wartung, der Instandhaltung und des Ersatzes nach Ablauf der rechnerischen Lebensdauer zusätzliche Kosten anfallen, und andererseits sind die Ersatzinvestitionen für die Bauteile im Energiestandard 3 höher als für jene Bauteile der Varianten 2 und 3.

Variante 2

Diese Variante liegt bei den HKO im Mittelfeld der drei betrachteten Varianten.

Bei einem Energiepreissteigerungsszenario von 4% behält sie ihre Position im Mittelfeld über den Betrachtungszeitraum. Bei einem Szenario von 6% wird sie über den Lebenszyklus gesehen im Punkt 2 zur günstigsten dieser drei Varianten.

Variante 3

Diese Variante ist in der Herstellung die günstigste bei vollständiger Sanierung.

Bei einem Energiepreissteigerungsszenario von 4% behält sie ihre Position über den Betrachtungszeitraum. Bei einem Szenario von 6% gelangt sie über den Lebenszyklus gesehen beim Punkt 2 ins Mittelfeld der drei Varianten.

Unstetigkeitsstellen

Da jeweils alle Bauteile saniert werden, treten die Zeitpunkte für die Ersatzinvestitionen stets gleichzeitig auf und sind für die Bauteile Fenster, Dach und Lichtkuppeln von jenen des Bestandes zeitlich verschoben.

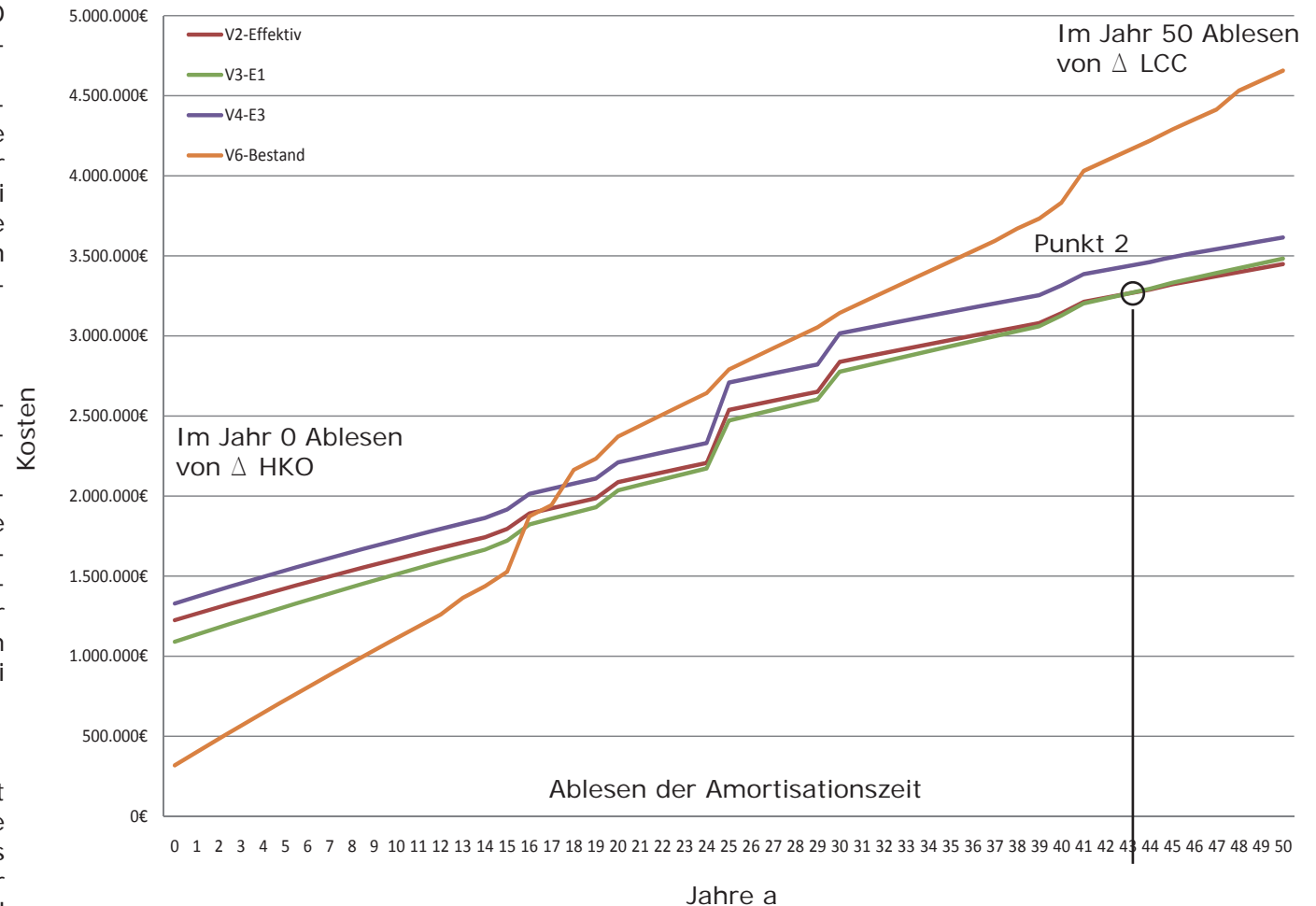


Abbildung 5-149a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 2, 3 und 4 im Vergleich zum Bestand

DER SANIERUNGSVARIANTEN 1 UND 4

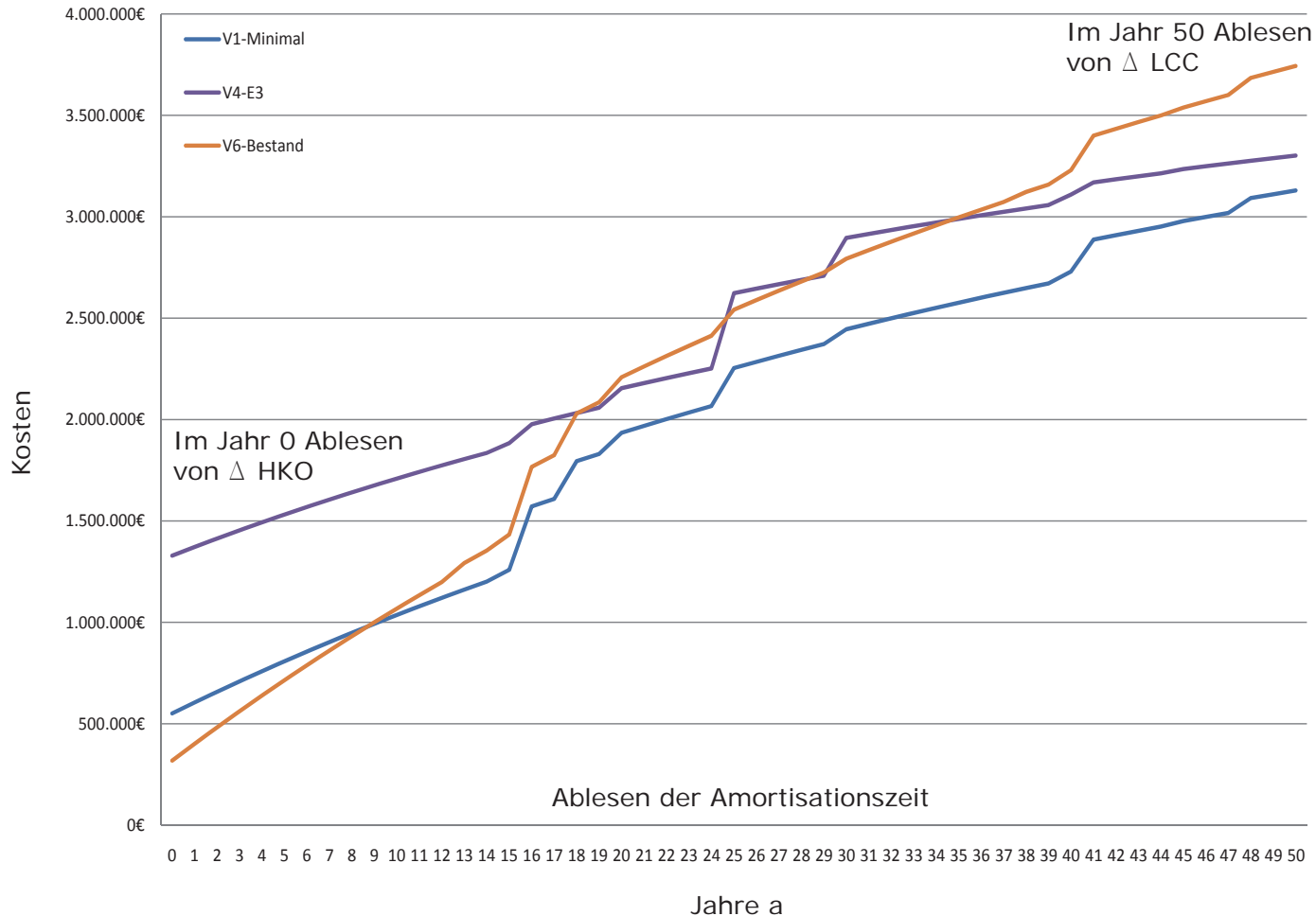


Abbildung 5-150a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 1 und 4 im Vergleich zum Bestand

Im Vergleich der Sanierungsszenarien 1 und 4 kann Folgendes festgestellt werden:

Variante 1

Diese Variante ist in der Herstellung die Günstigste. Bei einem Energiepreisszenario von 6% ist sie über den Lebenszyklus die teuerste Variante.

Variante 4

Diese Variante ist in der Herstellung die Teuerste. Bei einem Energiepreisszenario von 4% bleibt sie auch über den Lebenszyklus die teuerste Variante.

Vergleich

Bei beiden Varianten wird für einige Klassenräume eine kontrollierte Lüftung berücksichtigt, welche sich aufgrund der Wartung und Instandhaltung sowie der Ersatzinvestition auf die Kosten über den Lebenszyklus auswirkt.

Bei der Variante 1 werden - im Energiestandard 2 - die Wand und die Lichtkuppeln saniert sowie eine Dämmschürze eingebaut. Im Gegensatz dazu werden in der Variante 4 alle

Bauteile auf den Energiestandard 3 saniert. Dadurch entstehen für die Variante 4 teurere Ersatzinvestitionen als für die Variante 1.

Durch den energetisch höheren Standard der Variante 4 im Vergleich zur Variante 1 sinkt der Energieverbrauch des Gebäudes um weitere 37%.

Es ist zu erkennen, dass die Einsparung der Variante 4 über die Energiekosten höher ist, als die Mehrkosten für die Ersatzinvestitionen im Vergleich zur Variante 1.

Es ist zu sehen, dass sich die Variante 1, aufgrund des höheren Energieverbrauchs, an die Variante 4 annähert.

Dieser Umstand wirkt sich bei einer Energiepreissteigerung von 6% insofern aus, als dass die Variante 1 ab dem Punkt 1 die größten LCC aufweist.

Unstetigkeitsstellen

Da bei der Variante 1 im Gegensatz zur Variante 4 die Bauteile Dach und Fenster zum Zeitpunkt 0 nicht saniert werden, sind die Ersatzinvestitionen für diese Maßnahmen von jenen der Variante 4 zeitlich verschoben.

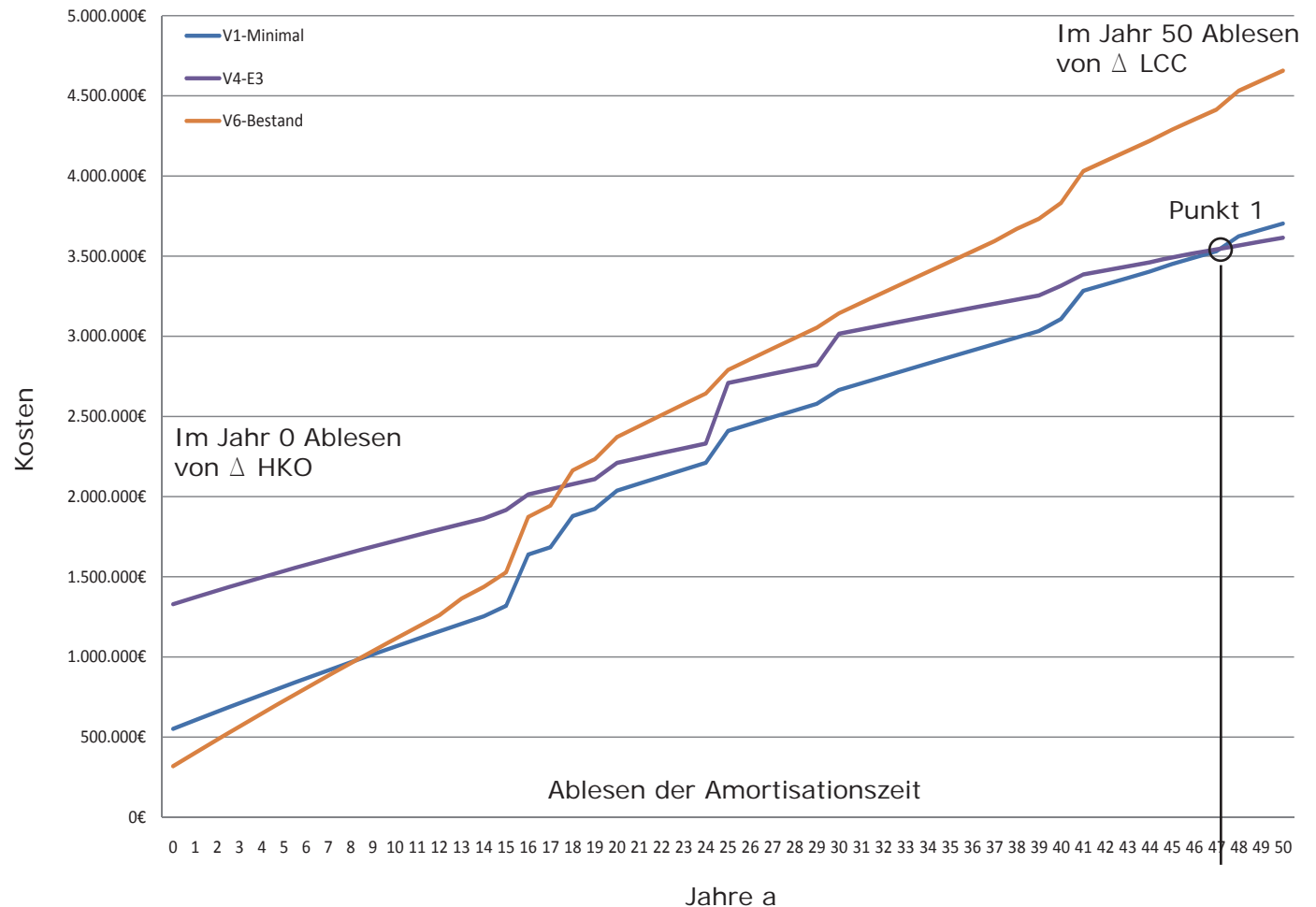


Abbildung 5-150a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 1 und 4 im Vergleich zum Bestand

DER SANIERUNGSVARIANTEN 1 UND 5

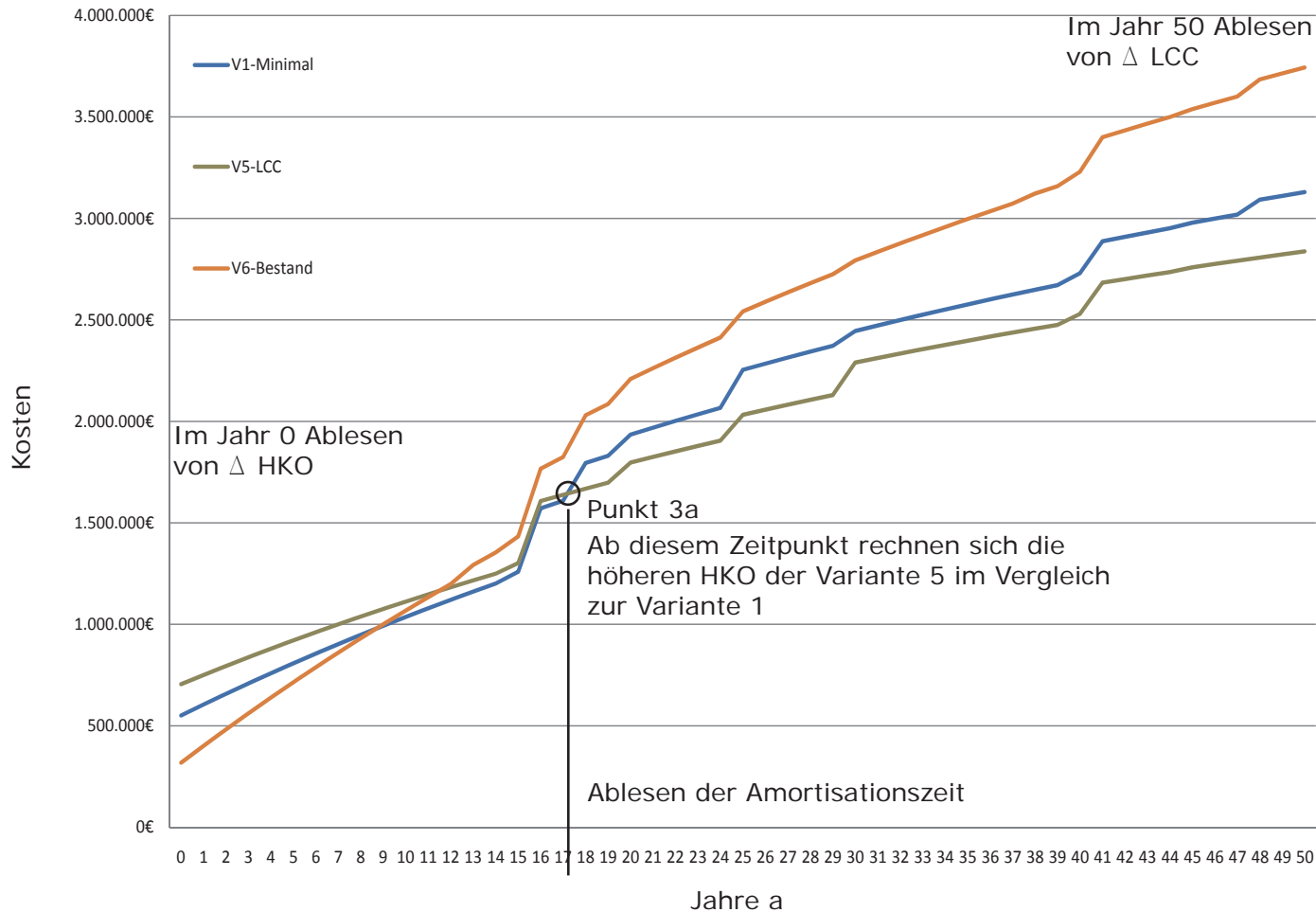


Abbildung 5-151a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 1 und 5 im Vergleich zum Bestand

Im Vergleich der Sanierungsszenarien 1 und 5 kann Folgendes festgestellt werden:

Variante 1

Diese Variante ist in der Herstellung die Günstigste und über den Lebenszyklus die Teuerste dieser beiden Varianten. Dies gilt für beide Energiepreisszenarien.

Maßnahmen, die große Investitionen erfordern, wie die Fenster- oder Flachdachsanie rung, werden nicht ausgeführt. Im Gegensatz zur Variante 5 wird bei dieser Variante für einige Klassenräume eine kontrollierte Lüftung berücksichtigt, welche sich aufgrund der Wartung und Instandsetzung sowie der Ersatzinvestition nach Ablauf der rechnerischen Lebensdauer auf die Lebenszykluskosten auswirkt.

Variante 5

Diese Variante ist in der Herstellung teurer als die Variante 1 und über den Lebenszyklus die Günstigere der beiden Varianten. Dies gilt für beide Energiepreisszenarien.

Es werden bei dieser Variante jene Bauteile saniert, die über den größten Anteil an der Hüllfläche verfügen, somit die meisten Wärmeverluste abgeben und dadurch das größte Energieeinsparpotential bieten, also das Dach und der Fußboden. Dadurch lässt sich mit dieser Variante, im Gegensatz zu Variante 1, um 17% mehr Energie einsparen.

Vergleich

Beide Varianten ergeben bei beiden Energiepreisszenarien über den Lebenszyklus gesehen, abzüglich der Herstellungskosten im Verhältnis zum Bestand, einen Gewinn im Gegensatz zu den Varianten 2, 3 und 4, bei denen sich nur im Beispiel der Erhöhung des Energiepreises um 6% die Herstellungskosten über den Lebenszyklus rechnen.

Unstetigkeitsstellen

Da bei diesen beiden Varianten nicht alle Bauteile saniert werden, insbesondere nicht die Fenster, treten die markanten Ersatzinvestitionen gleichzeitig mit jenen des Bestandes auf.

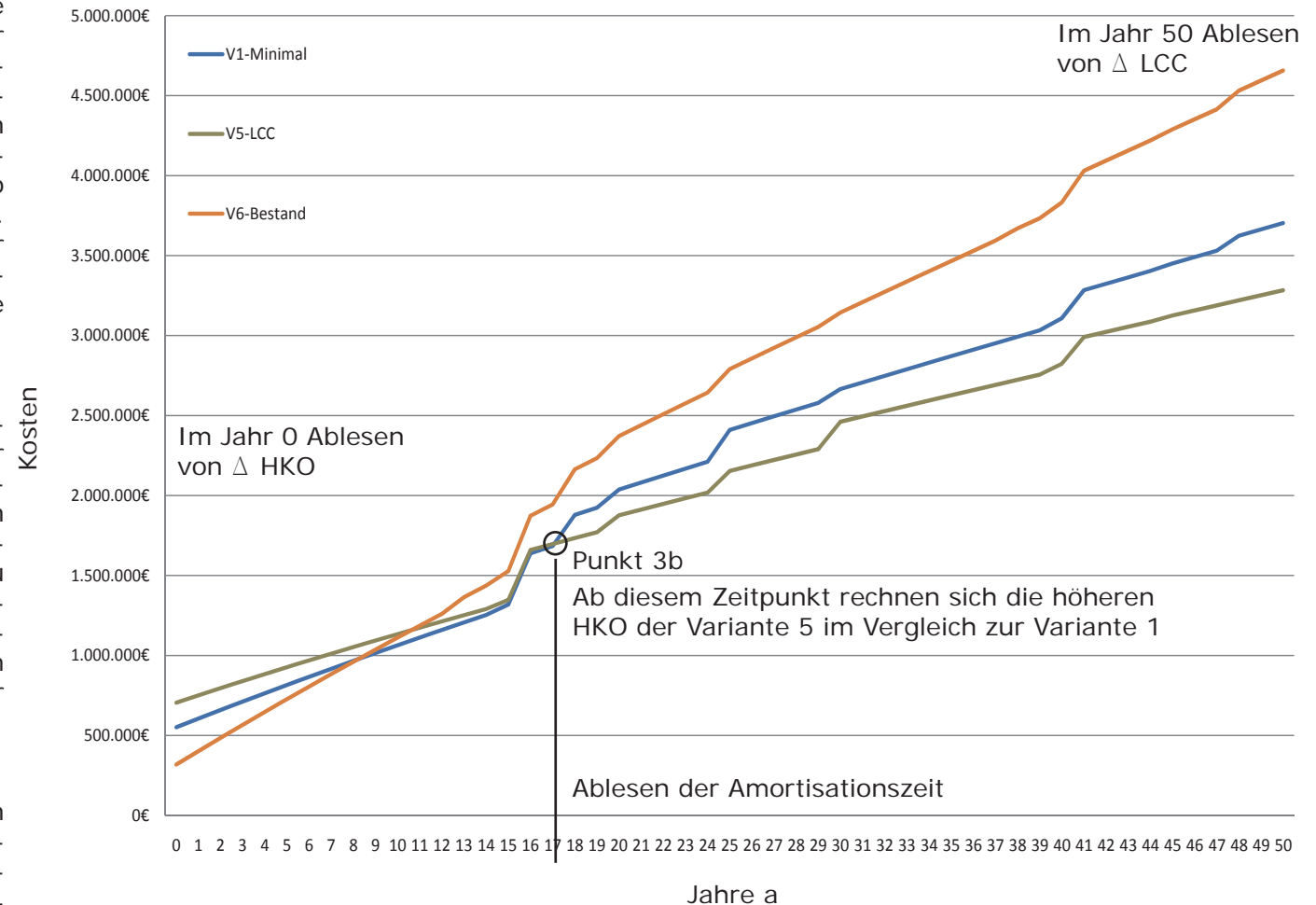


Abbildung 5-151a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 1 und 5 im Vergleich zum Bestand

ALLER VARIANTEN

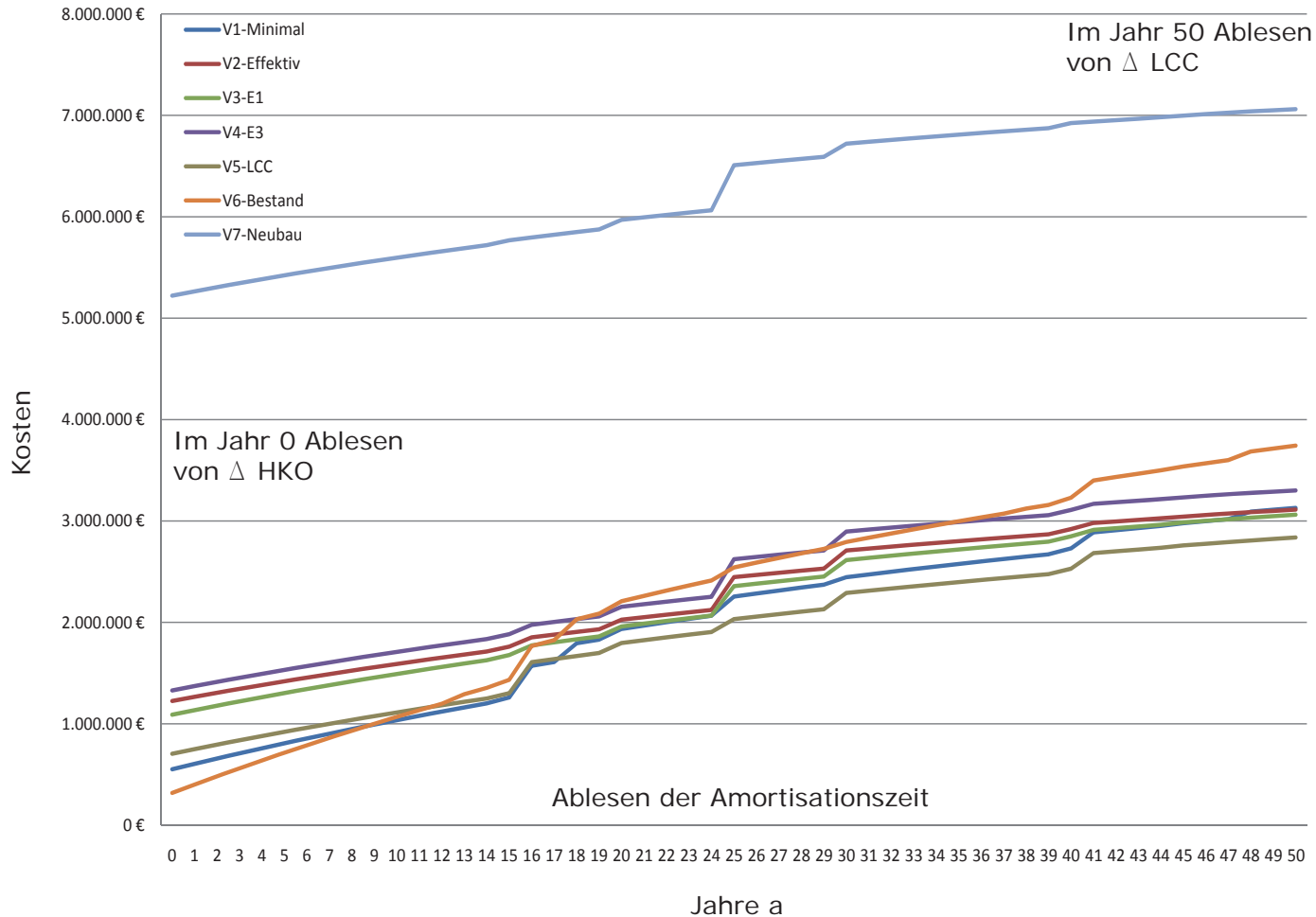


Abbildung 5-152a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für alle Variante im Vergleich zum Bestand

Im Vergleich der Sanierungsvarianten und des Neubaus mit dem Bestand kann Folgendes festgestellt werden:

Neubau - Variante 7

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Neubauvariante die größten Herstellungs- und Lebenszykluskosten aufweist.

Sanierungsvarianten

Durch jede der Varianten lassen sich im Vergleich zum Bestand die Lebenszykluskosten des Gebäudes verringern.

Variante 1

Diese ist in der Herstellung die Günstigste, über den Lebenszyklus gesehen im Szenario mit 4% die Zweitbeste, im Szenario mit 6% sogar die teuerste Variante. Es entsteht trotzdem ein Gewinn im Verhältnis der zu investierenden HKO zu den LCC.

Variante 2

Sie ist in der Herstellung und über den Lebenszyklus die Zweitbeste. Wenn der Energiepreis steigt, tauscht sie - aufgrund des höheren energetischen Standards - über den Lebenszyklus mit der Variante 3 den Platz.

Variante 3

Diese liegt bei den HKO sowie LCC bei einem Szenario mit 6% im Mittelfeld aller Varianten. Bei einem Szenario von 4% ist diese über den Lebenszyklus die zweitgünstigste Variante.

Variante 4

Diese ist die Teuerste in der Herstellung und - beim Szenario mit einer Energiepreissteigerung von 4% - im Lebenszyklus. Beim Energiepreissteigerungsszenario mit 6% ist sie die Zweitteuerste.

Variante 5

Diese Variante ist in beiden Energiepreissteigerungsszenarien stabil, das heißt, sie weist immer die günstigsten LCC auf. Weiters lässt sich ein Gewinn erzielen, von den zu investierenden HKO zu der erzielten Einsparung an LCC gegenüber dem Bestand.

Empfehlung

Die Variante 5 ist jedenfalls die ökonomisch nachhaltigste, da sie sich über den Lebenszyklus des Betrachtungszeitraums als die günstigste aller Varianten in beiden Energiepreissteigerungsszenarien darstellt.

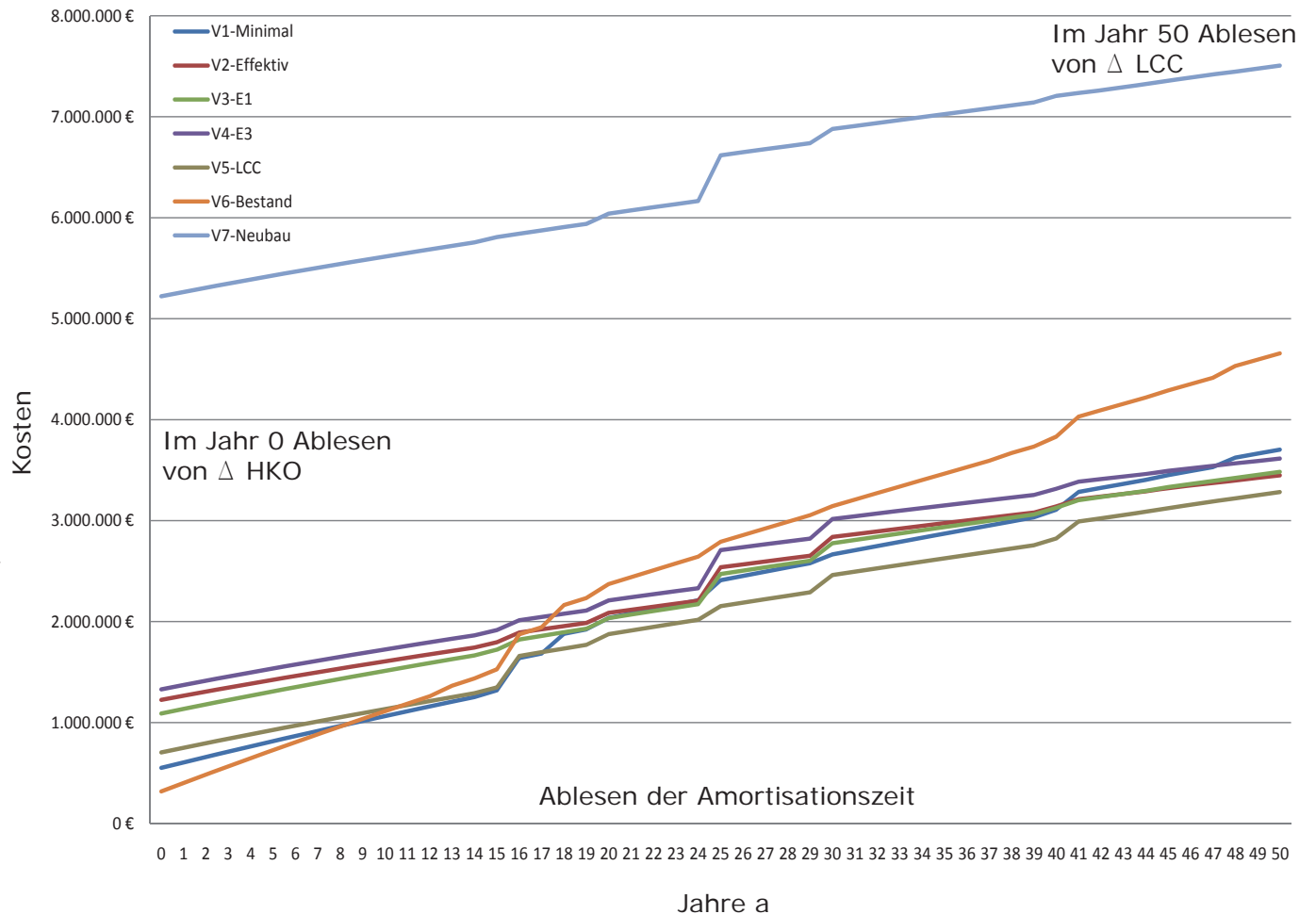


Abbildung 5-152a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für alle Variante im Vergleich zum Bestand

ZUSAMMENFASSUNG

Schulen aus den 1970er Jahren wurden dem damaligen Stand der Technik sowie der Gesetzeslage entsprechend errichtet. Dabei wurde dem Aspekt des Wärmeschutzes und des daraus zu erwartenden Energieverbrauchs nicht die Aufmerksamkeit geschenkt, wie dies heute der Fall ist.

Immer mehr rückt das Thema der Nachhaltigkeit in den Vordergrund und gleichzeitig wächst - mitunter durch den Anstieg des Energiepreises - das Bewusstsein für den Energieverbrauch und das Interesse daran Energie einzusparen bzw. alternativ zu gewinnen und nutzen.

Mit der Festlegung der Kyoto-Ziele, der Einführung der EU-Gebäuderichtlinie, der Umsetzung in der OIB-Richtlinie 6 und nicht zuletzt des aushangpflichtigen Energieausweises soll und kann auf eine unzureichend thermische Qualität mancher Bestandsgebäude aufmerksam gemacht werden.

Eben diese Gebäude können im Zuge einer (notwendigen) Sanierung energetisch - unter Berücksichtigung von ökonomischen, ökologischen und sozialen Nachhaltigkeitsaspekten - auf einen optimalen Stand gebracht werden.

Diese Arbeit beschränkt sich darauf, ein bestmögliches energetisches Ergebnis unter Berücksichtigung der ökonomischen Nachhaltigkeit zu erzielen.

Dabei wurden, anhand des Beispielprojektes der Hauptschule Mitterdorf i. M., unterschiedliche Sanierungsszenarien auf Basis der zuvor festgelegten Optimierungsschritte definiert.

Diese Optimierungsschritte stellen - in drei Energiestandards - thermische Verbesserungsmaßnahmen je Bauteil dar, und bieten in weiterer Folge die Option einer dezentralen Lüftung und die eines Neubaus.

Die Möglichkeit, das bestehende eingeschossige Gebäude aufzustocken, wurde ebenfalls untersucht, musste jedoch ausgeschlossen werden, da die Statik des Bestandsgebäudes nicht dafür ausgelegt ist und am Standort Mitterdorf i. M. kein Bedarf für die neu gewonnenen Flächen besteht.

Die für die Optimierungsschritte definierten Energiestandards legen jeweils Mindestanforderungen an die Bauteile wie folgt fest:

- Energiestandard 1: OIB-Mindeststandard
- Energiestandard 2: Standard mit Niedrigenergiehauskomponenten
- Energiestandard 3: Standard mit Passivhauskomponenten

Es wurde mit Hilfe des Energieausweises nach OIB je Optimierungsschritt und Energiestandard das mögliche Energieeinsparpotential ermittelt.

Dazu wurden fiktive Herstellungskosten angenommen.

Aus diesen beiden Werten wurde je Maßnahme und Energiestandard die Kosten der Energieeinsparung ermittelt. Diese stellt das Verhältnis der zu investierenden Herstellungskosten zu der dadurch gewonnenen Energieeinsparung dar. Damit lässt sich im Vergleich eine Aussage treffen, welche Maßnahme bzw. welcher Energiestandard je Maßnahme bei geringem Kostenaufwand ein hohes Energieeinsparpotential birgt.

Optimierungsschritte zur Sanierung desselben Bauteils wurden aufgrund der Herstellungskosten, des Energieeinsparpotentials, der Effizienz, der bautechnischen Realisierung sowie der Möglichkeit, den Schulbetrieb während der Sanierung aufrecht zu erhalten, auf eine Maßnahme reduziert.

Daraus wurde ein Maßnahmenkatalog mit folgenden Optimierungsschritten entwickelt:

Sanierung der Bauteile jeweils im Energiestandard 1, 2 und 3:

- Fenster
- Dach
- Lichtkuppel
- Wand
- Fußboden durch Schürzenausbildung

sowie

- Einbau einer dezentralen Lüftungsanlage und
- Neubauvariante

Aus diesem Maßnahmenkatalog wurden folgende Sanierungsszenarien zusammengesetzt:

- Variante 1 - Mindest-Variante, Einbau einer dezentralen Lüftungsanlage und Sanierung der Außenwand, der Lichtkuppeln sowie des Fußbodens durch das Ausbilden einer Dämmschürze, jeweils im Energiestandard 2.
- Variante 2 - Effektiv-Variante, Sanierung aller Bauteile jeweils im Energiestandard mit den geringsten Herstellungskosten im Verhältnis zum Energieeinsparpotential, also der besten Effizienz.
- Variante 3 - Energiestandard 1-Variante - Sanierung aller Bauteile jeweils im Energiestandard 1. Dies ist nach Herstellungskosten die günstigste vollständige Sanierung.
- Variante 4 - Energiestandard 3-Variante - Einbau einer dezentralen Lüftungsanlage und Sanierung aller Bauteile jeweils im Energiestandard 3. Dies ist nach Herstellungskosten die teuerste vollständige Sanierung.

Basierend auf den Erkenntnissen aus diesen vier Varianten wurde eine fünfte Sanierungsvariante erstellt:

- Variante 5 - LCC-Variante - Sanierung jener Bauteile, die bei möglichst geringen Herstellungskosten eine maximale Energieeinsparung bieten. Dabei wurde das Dach im Energiestandard 2 saniert, der Austausch der Lichtkuppeln und die Ausbildung einer Dämmschürze im Energiestandard 1 durchgeführt.

Zum Vergleich wurde der Bestand dargestellt sowie eine Neubauvariante definiert:

- Variante 6 - Bestand
- Variante 7 - Neubau-Variante - Es wird ein zweigeschossiges Gebäude mit derselben Bruttogeschossfläche wie der Bestand festgelegt. Dieses wird mit Passivhauskomponenten ausgeführt sowie mit einer dezentralen Lüftungsanlage ausgestattet.

Es wurde für jede dieser Varianten nach DGNB [27] eine Lebenszykluskostenberechnung für den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren erstellt.

Die Berechnung erfolgte nach der Barwertmethode und den nach DGNB [27] festgelegten Zinssätzen und deren Berechnungsmethode.

Es wurde zusätzlich zu dem angegebenen Referenzszenario der Energiepreissteigerung mit 4% ein weiteres Szenario mit 6%, basierend auf der Prognose der Preisentwicklung des Energieträgers Öl, berechnet.

Dies wurde durchgeführt, um Auswirkungen auf die einzelnen Varianten aufzuzeigen und die Stabilität - in der Reihenfolge - der Varianten zu überprüfen.

Für die Berechnung wurden folgende Eckdaten je Variante festgelegt:

- Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen nach [28]
- Endenergiebedarf aus dem jeweiligen Energieausweis
- Flächen für die Reinigung auf Basis des Bestandsplans
- Herstellungskosten der Baukonstruktion und der TGA und die Prozentwerte für Wartung und Instandhaltung nach [27]
- Rechnerische Lebensdauer je Teil der Baukonstruktion bzw. TGA nach [29]

Für die einzelnen Varianten wurden zwei Darstellungsarten der Lebenszykluskosten gewählt:

- Tortendiagramm mit den Prozentanteilen der einzelnen Kostengruppen
- Liniendiagramm mit den kumulierten Barwerten über den Betrachtungszeitraum

Die Varianten wurden einzeln und im Vergleich zueinander dargestellt und diskutiert.

ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

REIHUNG NACH HERSTELLUNGS- ODER LEBENSZYKLUSKOSTEN

Es konnte festgestellt werden, dass die im Zuge der Arbeit ermittelnden Herstellungskosten je Optimierungsschritt und in weiterer Folge je Sanierungsvariante nicht zwangsläufig dieselbe Reihung der Varianten hervorbringt als jene nach den Lebenszykluskosten.

Dies erklärt sich unter anderem durch folgende Umstände:

- **Effizienz der gesetzten Maßnahme**
Je mehr an Energie durch die investierten Herstellungskosten eingespart werden kann, desto besser wirkt sich dieser Umstand auf die Lebenszykluskosten aus, da der Energieverbrauch und somit die Kosten dafür sinken. Dieser Umstand ist an der Variante 5 zu erkennen.
- **Energieverbrauch**
Je höher der Energieverbrauch der gesetzten Variante ist, desto höher wird der Anteil der Lebenszykluskosten für die Energiezufuhr.
Die Variante 1 ist die günstigste in der Herstellung. Die Lebenszykluskosten sind im Vergleich zu den anderen Varianten höher. Eine Ursache dafür ist der höhere Energieverbrauch im Vergleich zu den übrigen Varianten.
- **Energiepreissteigerung**
Je höher die Preissteigerung für die Energie wird, umso eher wirken sich Unterschiede im Energieverbrauch der einzelnen Varianten im Lebenszyklus aus.
Dieser Umstand ist einerseits im Verhältnis der Variante 1 zu 4 und dem Verhältnis der beiden Varianten 2 und 3 zu erkennen. Durch die Annahme eines Energiepreissteigerungssze-

narios mit einem höheren Prozentwert weist dadurch jeweils die Variante mit dem größeren Heizwärmebedarf auch höhere Lebenszykluskosten auf.

Die Varianten tauschen jeweils die Plätze in der Reihenfolge der Varianten bezogen auf die Höhe der Kosten über den Lebenszyklus.

- **Wartungs- und Instandhaltungskosten**
Durch den Einbau einer Lüftungsanlage treten zusätzliche Kosten für die Wartung und Instandhaltung auf, welche die Kosten über den Lebenszyklus erhöhen.
Bei den Varianten 1 und 4 wurde jeweils eine dezentrale Lüftung vorgesehen, was mitunter ein Grund für die höheren Lebenszykluskosten ist.
- **Ersatzinvestitionen**
Aufgrund einer Sanierung auf einen höheren energetischen Standard, steigen nicht nur die Herstellungskosten, sondern auch jene der Ersatzinvestitionen nach Ablauf der rechnerischen Lebensdauer der einzelnen Bauteile an. Weiters wird, beim zusätzlichen Einbau einer Lüftungsanlage, auch für diese Maßnahme eine Ersatzinvestition nach Ablauf der angenommenen Lebensdauer anfallen.
Auch wenn durch den hohen energetischen Standard und dem daraus resultierenden niedrigen Energieverbrauch die Lebenszykluskosten durch die Nutzung - insbesondere der Energieversorgung - sinken, entstehen durch die Ersatzinvestitionen große Unstetigkeitsstellen, welche die Lebenszykluskosten wieder erheblich ansteigen lassen.
Dieser Umstand ist vor allem bei einem Energiepreisszenario von 4% anhand der Variante 4 zu beobachten. Dabei schneiden die Kurven der kumulierten Lebenszykluskosten der Variante 4 und des Bestandsgebäudes einander mehrmals. Die durch

das Erreichen des Amortisationszeitpunkts bereits niedrigeren Lebenszykluskosten der Variante 4 im Verhältnis zum Bestand steigen durch eine Ersatzinvestition wieder über die Lebenszykluskosten des Bestandsgebäudes an. Dieser Vorgang wiederholt sich ein zweites Mal, wie in „Abbildung 5-135a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 4 im Vergleich zum Bestand“ auf Seite 224 zu erkennen ist.

Daraus lässt sich feststellen, dass eine Bewertung ausschließlich nach den Herstellungskosten kein geeignetes Mittel ist, um auf eine ökonomisch nachhaltige Variante schließen zu können. Die nach den Herstellungskosten günstigste Variante ist nicht zwangsläufig die günstigste über ihren Lebenszyklus. Demzufolge ist die nach Herstellungskosten teuerste Variante auch nicht unbedingt jene mit den größten Lebenszykluskosten.

NEUBAU ODER SANIERUNG

Aufgrund der Prüfung folgender Kriterien kann der Neubau als Variante ausgeschlossen werden:

- **Herstellungskosten**
Diese sind mehr als viermal so hoch wie jene der teuersten Sanierungsvariante.
- **Lebenszykluskosten**
Diese sind bei beiden Energiepreissteigerungsszenarien im Vergleich zum Bestand fast doppelt so hoch.
Im Vergleich zur teuersten Sanierungsvariante belaufen sie sich auf mehr als das Doppelte.

- **Erhöhter Rohstoffbedarf**
Um einen Neubau herzustellen, sind erheblich mehr Rohstoffe als bei einer Sanierung des Bestandsgebäudes notwendig, da, zusätzlich zu den thermisch notwendigen Maßnahmen bzw. zum Austausch von Teile des Gebäudes oder der Haustechnik, auch der gesamte Roh- und Ausbau wieder hergestellt werden muss.

Zusätzlich wurden nachfolgende Punkte, die durch einen Neubau umgesetzt werden könnten, überprüft und dabei festgestellt, dass das Bestandsgebäude diesen Anforderungen genügt:

- **Barrierefreiheit**
Das Bestandsgebäude ist ebenerdig zu erreichen und nur eingeschossig ausgeführt.
- **Flexible Nutzung**
Die bestehende Hallenschule kann auf Veränderungen der Schulsituation durch Variation der Räume in Größe und Funktion eingehen, da Tragstruktur und Raumteilung voneinander getrennt sind.
- **Ausrichtung**
Das Bestandsgebäude ist nach Südwesten und Südosten ausgerichtet.
Durch einen Neubau könnte die genaue Ausrichtung des Gebäudes bzw. die Anteile der Fensterflächen optimiert werden.

VOLLSTÄNDIGE SANIERUNG ODER TEILSANIERUNG

Durch Vergleich der einzelnen Sanierungsvarianten in Abhängigkeit vom jeweiligen Energiepreissteigerungsszenario mit 4% bzw.

6% konnte eine Variante als energetisch und ökonomisch sinnvollste ermittelt werden.

Nachfolgend werden die vollständigen Sanierungen, die Teilsanierungen und schließlich alle Variante miteinander verglichen.

Vollständige Sanierungen

Die Varianten, bei denen eine vollständige Sanierung vorgesehen ist, sind:

- Variante 2 - effektivster Schritt je Maßnahme
- Variante 3 - alle Bauteile im Energiestandard 1, günstigste vollständige Sanierung
- Variante 4 - alle Bauteile im Energiestandard 3 und Lüftung, teuerste vollständige Sanierung

Im Vergleich der vollständigen Sanierungen untereinander kann Folgendes festgestellt werden:

- **Herstellungskosten**
Die Variante 4 weist die höchsten Herstellungskosten auf, die Variante 3 die geringsten.
- **Lebenszykluskosten**
Die Variante 4, jene Sanierung im Energiestandard 3 mit dezentraler Lüftungsanlage, weist bei beiden Energiepreisszenarien die größten Lebenszykluskosten auf. Demzufolge sind die Ersatzinvestitionen für die Bauteile im Energiestandard 3 und die Kosten für die Wartung, die Instandhaltung und die Ersatzmaßnahme für die Lüftung höher, als die Einsparung an Energiekosten, welche über den niedrigen Energieverbrauch zu erzielen ist.
Die Variante mit den geringsten Lebenszykluskosten hängt vom Energiepreis ab und ergibt sich wie folgt:

- **Auswirkungen bei Änderung des Energiepreisszenarios**
Bei einem Energiepreisszenario von 4% verlaufen die drei Varianten über den gesamten Betrachtungszeitraum nebeneinander, es gibt keinen Schnittpunkt, demzufolge ist die Variante mit den geringsten Herstellungskosten auch jene mit den geringsten Lebenszykluskosten. Das entspricht der Variante 3. Bei einem Energiepreisszenario von 6% steigen die Lebenszykluskosten der Variante 3 mehr als jene der Variante 2 an. Hier macht sich die schlechtere thermische Qualität der Variante 3 gegenüber der Variante 2 bemerkbar, was schlussendlich dazu führt, dass in diesem Szenario die Variante 2 jene mit den geringsten Lebenszykluskosten ist.
- **Differenz der Herstellkosten zur Einsparung der Lebenszykluskosten im Vergleich zum Bestand**
Nur bei dem Energiepreisszenario von 6% lässt sich über den Betrachtungszeitraum ein Gewinn erzielen.
Bei einer Energiepreissteigerung von 4% ist die Einsparung über die Lebenszykluskosten geringer als die Investition der Herstellung.

Teilsanierungen

Die Varianten, die nur eine Teilsanierung vorsehen, sind:

- Variante 1 - Mindest-Variante, Wand, Lichtkuppeln, Schürze im Energiestandard 2 und Einbau einer Lüftung
- Variante 5 - LCC-minimierte Variante, Dach im Energiestandard 2, Lichtkuppeln und Schürze im Energiestandard 1.

Im Vergleich kann Folgendes festgestellt werden:

- **Herstellungskosten**
Die Variante 5 weist höhere Herstellungskosten als die Vari-

ante 1 auf.

- **Lebenszykluskosten**
Die Variante mit den geringsten Herstellungskosten, also Variante 1, hat die größeren Lebenszykluskosten und umgekehrt.
- **Auswirkungen bei Änderung des Energiepreisszenarios**
Die Varianten bleiben zueinander stabil. Es tritt keine Veränderung in der Reihenfolge auf.
- **Differenz der Herstellkosten zur Einsparung der Lebenszykluskosten im Vergleich zum Bestand**
Bei beiden Varianten und Energiepreisszenarios lässt sich ein Gewinn erzielen.

Vergleich

Im Vergleich der vollständigen Sanierungen mit jenen Varianten der Teilsanierung kann Folgendes festgestellt werden:

- **Herstellungskosten**
Dabei sind selbstverständlich jene der vollständigen Sanierungen höher, und jene der Teilsanierungen geringer.
- **Lebenszykluskosten**
Die Variante 5, als Teilsanierung, weist die geringsten Lebenszykluskosten auf.
Die Variante 4, als jene mit der thermisch besten Qualität, weist die höchsten Lebenszykluskosten auf.
- **Auswirkungen bei Änderung des Energiepreisszenarios**
Die Variante 5, jene mit den niedrigsten Lebenszykluskosten,

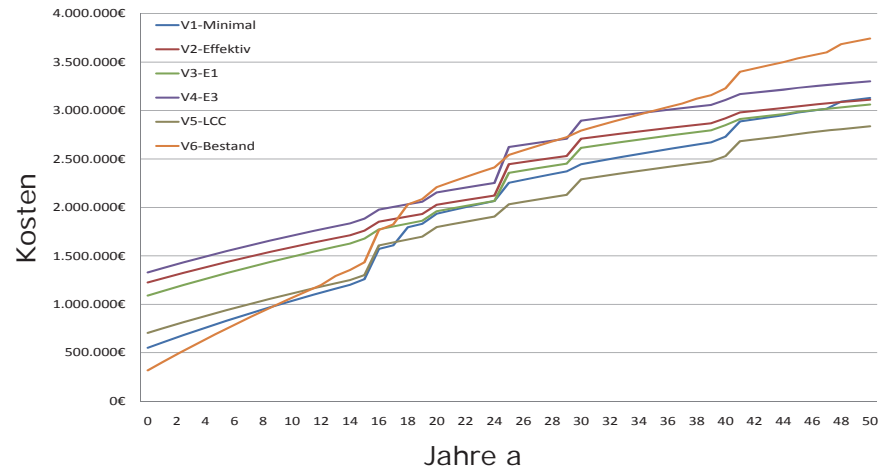


Abbildung 6-1: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 1 bis 6 im Vergleich

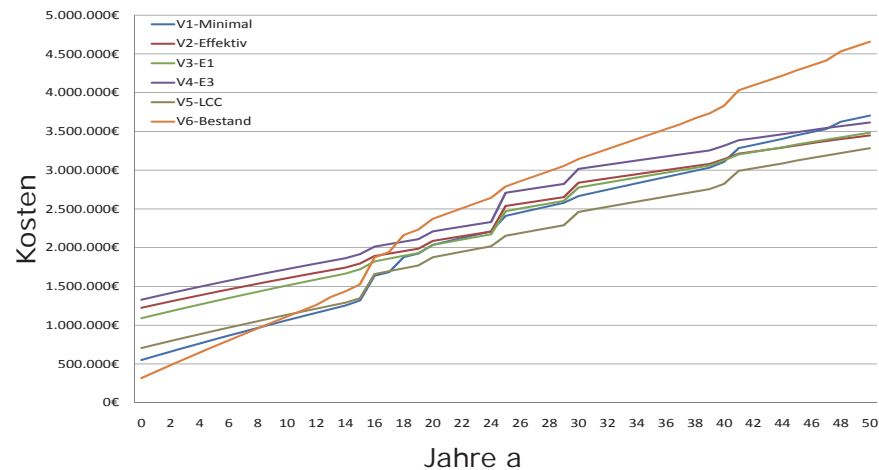


Abbildung 6-2: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 1 bis 6 im Vergleich

verhält sich stabil bei einer Energiepreiserhöhung.

Die Variante 1 erzielt durch die Erhöhung des Energiepreises höhere Lebenszykluskosten als die der Variante 4, und die Variante 3 höhere als die der Variante 2.

- **Differenz der Herstellkosten zur Einsparung der Lebenszykluskosten im Vergleich zum Bestand**

Dabei kann nur bei den Teilsanierungen in beiden Energiepreisszenarien ein Gewinn verzeichnet werden, der größte bei der Variante 5.

Es lässt sich Folgendes festhalten:

Die Sanierung auf den besten Energiestandard ist nicht nur die Variante mit den höchsten Herstellungskosten, sondern auch jene mit den höchsten Lebenszykluskosten.

- Keine der vollständigen Sanierungen, trotz größerer Energieeinsparung und einer höheren angenommenen Energiepreissteigerung, ist die ökonomisch nachhaltigste Variante.
- Dabei sind die Kosten für die Ersatzinvestitionen bzw. Wartung und Instandhaltung höher als der mögliche Gewinn über die Energiekosten.
- Die größere Energieeinsparung der Variante 4 im Vergleich zur Variante 5 rechnet sich nicht über den Betrachtungszeitraum.
- Die Variante 1 hat ein zu geringes Energieeinsparpotential bzw. einen zu großen Energiebedarf, da sich eine Energiepreissteigerung merklich im Verlauf der Lebenszykluskosten abzeichnet.

Aus diesen Erkenntnissen wurde folgende Variante als die ökonomisch nachhaltigste festgestellt:

Variante 5

Die Untersuchung der einzelnen Varianten je Energiepreisszenario haben Folgendes gezeigt:

- Es ist sinnvoll jene Bauteile zu sanieren, die den größten Anteil an der Hüllfläche besitzen und dadurch die meisten Wärmeverluste abgeben.
- Dadurch bieten die gesetzten Maßnahmen durch die investierten Herstellungskosten ein großes Energieeinsparpotential.
- Die Fenster werden nicht getauscht, da diese den teuersten Optimierungsschritt mit vergleichsweise geringstem Energieeinsparpotential darstellen.

Dadurch lässt sich der Energieverbrauch deutlich senken und die ökonomisch nachhaltigste Sanierung erzielen.

SANIERUNG AUF PASSIVHAUSSTANDARD

Bezugnehmend auf die Variante 4, jene die auf den Energiestandard 3 saniert wird, musste festgestellt werden, dass der Passivhausstandard nicht erreicht werden konnte. Dafür gibt es unter anderem folgende Gründe:

- **Kompaktheit des Bestandsgebäudes**
Wäre das Gebäude mit der selben Bruttogeschossfläche zweigeschossig, würde das A/V-Verhältnis von 0,53 auf 0,31 sinken. Dadurch könnten ca. weitere 10 kWh/m²a eingespart werden.
- **Fußboden gegen Erde**
Trotz der Ausbildung der Schürze hat der Fußboden noch nicht jenen U-Wert erreicht, welcher im Passivhaus als Standard

verwendet wird. Wenn eine zusätzliche Dämmung im Fußboden eingebaut werden würde, könnten ca. weitere 3 kWh/m²a eingespart werden.

• Lüftungsanlage

Es wurde hier eine dezentrale Lüftungsanlage für die 12 wichtigsten Klassenräume vorgesehen. Wird die Anlage, z.B. auf das Doppelte (wie in der Variante Neubau vorgesehen) erweitert, sinken damit die Lüftungswärmeverluste und es würden sich ca. weitere 5 kWh/m²a einsparen lassen.

Somit könnte man theoretisch mit der Variante 4 dieselbe Energiekennzahl wie mit der Neubauvariante 7, bei der die drei oben erwähnten Punkte bereits berücksichtigt wurden, erreichen.

Um eine weitere Verbesserung der Energiekennzahl zu erreichen, ist die Möglichkeit einer zentralen Lüftungsanlage für das gesamte Gebäude zu überlegen.

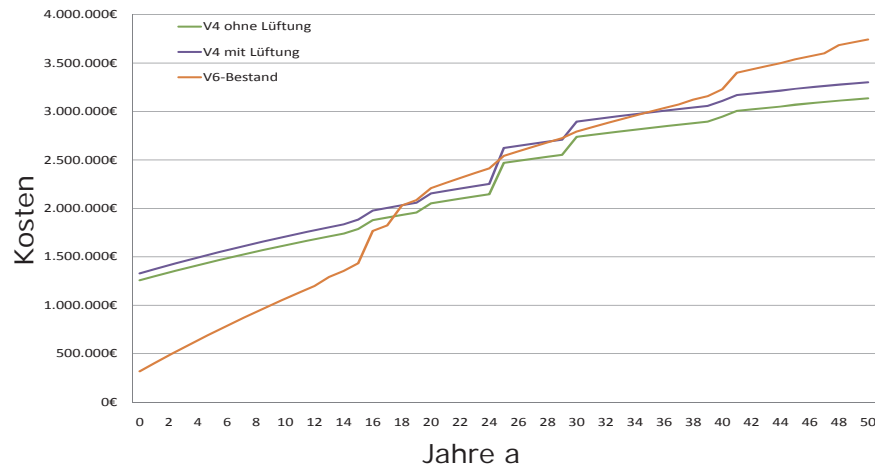


Abbildung 6-3: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 4 mit und ohne Lüftung

LÜFTUNG

Die Lüftungsanlage spielt im Schulbau eine wesentliche Rolle, wie in „Aspekte der Schulsanierung“ auf Seite 43 dargestellt.

Die Variante 4 wurde in Abbildung 6-3 mit und ohne Lüftung dargestellt. Dabei kann folgendes festgestellt werden:

- Die zu investierenden Herstellungskosten steigen durch den Einbau einer Lüftungsanlage.
- Gleichzeitig steigen die Lebenszykluskosten. Dieser Anstieg ist dadurch zu erklären, dass aufgrund der durch die Lüftung gewonnene Energieeinsparung über den Energiepreis weniger an Kosten eingespart werden kann, als für die Wartung, Instandhaltung und Ersatzinvestition anfallen.

Daraus kann festgestellt werden, dass der Einbau einer Lüftungsanlage im gegenwärtigen Beispiel ökonomisch nicht sinnvoll scheint, jedoch - vor allem im Schulbau - im Sinne der sozialen Nachhaltigkeit für eine Steigerung des Nutzerkomforts sorgt.

FAZIT

Lebenszyklus

Im Zuge der Erstellung der Arbeit hat sich gezeigt, dass Sanierungsszenarien mit niedrigen Herstellungskosten nicht unbedingt mit niedrigen Lebenszykluskosten einhergehen.

Eine Bewertung der ökonomisch nachhaltigen Aspekte kann nur über eine Betrachtung des Gebäudes über den Lebenszyklus getätigt werden.

Variante Neubau

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Variante des Neubaus über den Betrachtungszeitraum gesehen, kein ökonomisch

annehmbares Ergebnis bringt. Hierbei sind die Herstellungs- und die Lebenszykluskosten erheblich höher als jene des Bestands bzw. der einzelnen Sanierungsvarianten.

Das bedeutet, dass trotz des Passivhausstandards des Neubaus sich die Herstellungskosten über den Betrachtungszeitraum im Vergleich zum Bestand und bei beiden Energiepreissteigerungsszenarien nicht amortisieren (siehe Abbildung 6-4).

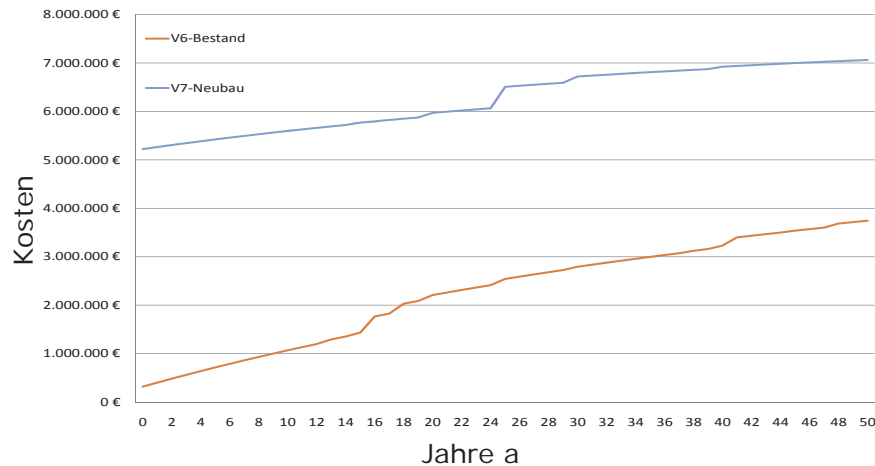


Abbildung 6-4: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante Neubau im Vergleich zum Bestand

Energiestandard 3

Weiters wurde festgestellt, dass ein thermisch bzw. energetisch optimales Ergebnis einer Sanierungsvariante nicht zwangsläufig ein ökonomisch optimales Ergebnis mit sich bringt.

Auch, wenn der Energiepreis mit den angenommenen 6% steigt, ist eine vollständige, mit Passivhauskomponenten hergestellte und einer Lüftungsanlage ausgestatteten Sanierung im gegenwärtigen Beispiel nicht jene, welche über den Betrachtungszeitraum die niedrigsten Lebenszykluskosten aufweist.

Lebenszykluskosten minimiert

Im Zuge der Untersuchung der möglichen Sanierungsvarianten wurde festgestellt, dass eine vollständige Sanierung des Gebäudes nicht zielführend ist.

Bauteile zu sanieren, deren Anteil an der thermischen Gebäudehülle vergleichsweise gering ist und deren Sanierung bei hohen Herstellungskosten dadurch nur ein geringes Energieeinsparpotential bietet, stellt keine ökonomisch sinnvolle Maßnahme dar.

Im Gegensatz dazu werden Bauteile mit einem großen Anteil an der Hüllfläche und somit an den Wärmeverlusten des Gebäudes saniert, die zum möglichen Energieeinsparpotential verhältnismäßig geringe Herstellungskosten aufweisen.

In der Abbildung 6-5 sind die Variante 4 (vollständige Sanierung auf den Energiestandard 3) und die Variante 5 (Teilsanierung mit minimierten Lebenszykluskosten) im Vergleich zum Bestand dargestellt.

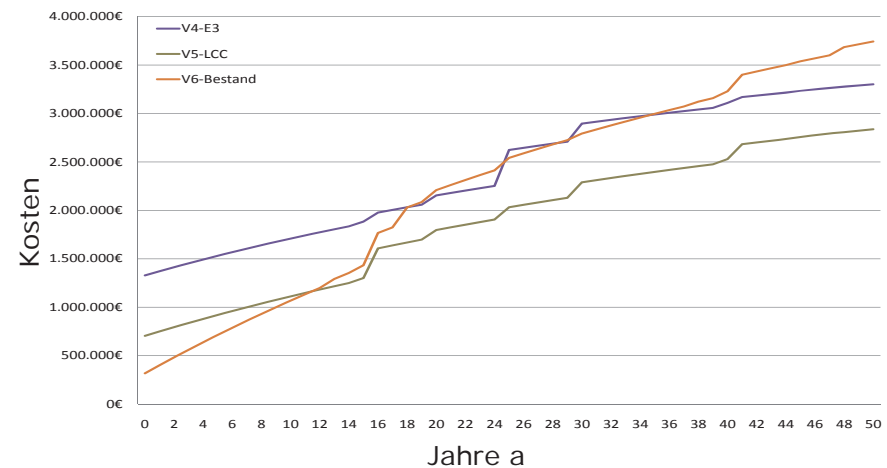


Abbildung 6-5: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 4 und 5 im Vergleich zum Bestand

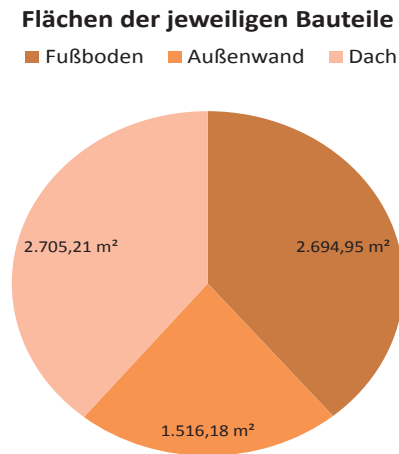


Abbildung 6-6: Flächenanteile der Bauteile - opak und transparent zusammen

In der Abbildung 6-6 ist deutlich zu erkennen, dass der Anteil der im Zuge der Variante 5 (Teilsanierung mit minimierten Lebenszykluskosten) sanierten Bauteile - der Fußboden und das Dach - mehr als Dreiviertel der gesamten Hüllfläche beträgt. Der Anteil der Außenwand inklusive der Fensterflächen beträgt nur knapp ein Viertel der gesamten thermischen Gebäudehülle.

Randbedingungen Energieverbrauch

Der mögliche energetische Standard einer Sanierung eines Bestandsgebäudes hängt vom Standort des Gebäudes, der Orientierung und vor allem vom A/V-Verhältnis ab.

Lüftungsanlage

Es ist zu bedenken, dass der Einbau einer Lüftungsanlage eine Einsparung der Lüftungswärmeverluste erwirkt und - im Schulbereich jedenfalls wichtig - den Nutzerkomfort erhöht, gleichzeitig

jedoch Kosten für die Wartung, die Instandhaltung und für die Ersatzmaßnahme nach Ablauf der rechnerischer Lebensdauer anfallen.

Resümee

Es muss je Bauvorhaben gesondert geprüft werden, ob ein Neubau, eine vollständige Sanierung oder nur eine Teilsanierung zu dem gewünschten ökonomisch nachhaltigen Ergebnis führt. Dabei ist zu hinterfragen, ob der Passivhausstandard mit seinen höheren Herstellungskosten und dem damit verbundenen Mehraufwand in der Ausführung das eigentliche Ziel ist. Es gilt dabei zu überprüfen, ob die durch den hohen thermischen Standard verringerten Energiekosten, welche in Abhängigkeit zu möglichen Energiepreissteigerungsszenarien betrachten werden sollten, über den Betrachtungszeitraum die höheren Herstellungskosten rechtfertigen.

Zusammenfassend können folgende Punkte festgehalten werden:

- Der Neubau ist bei den Herstellungs- sowie den Lebenszykluskosten bei beiden Energiepreissteigerungsszenarien die teuerste Variante.
- Der beste Energiestandard führt nicht zwangsläufig zu den niedrigsten Lebenszykluskosten.
- Bei der Variante mit den niedrigsten Lebenszykluskosten wird der Fußboden sowie das Dach thermisch saniert, also jene Bauteile mit dem größten Anteil an der Hüllfläche.
- Das Abstimmen von Maßnahmen nach Lebens- und Nutzungsdauer, also das Bündeln von zu sanierenden Bauteilen wie z.B. die Außenwand und die Fenster oder das Dach und die Lichtkuppeln, führt zu niedrigen Lebenszykluskosten.
- Die Sanierung der Bauteile auf Passivhausstandard ist nicht zielführend, da dieser aufgrund des schlechten A/V-Verhältnisses - mit sinnvollen Maßnahmen - nicht erreichbar ist.

AUSBLICK

Es wurden für die Berechnungen der Energiekennzahlen der Varianten und der Energieeinsparpotentiale der einzelnen Maßnahmen, sowie der Herstellungs- und Lebenszykluskosten Annahmen getroffen.

Um eine Vergleichbarkeit mit anderen Projekten - und in weiterer Folge von Projekten untereinander - erzielen zu können sowie die subjektive Beeinflussbarkeit der Eingabedaten für die Berechnungen weitgehend auszuschließen, wurde für nachfolgende Punkte der Bedarf an weiteren Informationen bzw. klar festgelegten Parametern und/oder einer einheitlichen Vorgehensweise festgestellt:

- **U-Werte zur Bestimmung der Energiekennzahl(en)**

Im gegenständlichen Projekt wurden die Aufbauten dem Einreichplan entnommen.

Vergleicht man die dadurch erzielten U-Werte der Bauteile des Bestandsgebäudes mit jenen, welche im Leitfaden zur OIB-Richtlinie 6 [23] für das Baujahr 1975 bzw. für die Montagebauweise vorgeschlagen werden, so liegen die Werte auseinander.

Auch bei der Ermittlung der U-Werte, basierend auf bekannten Aufbauten - sowie im vorliegenden Projekt aus dem Einreichplan entnommen - sind Abweichungen nicht auszuschließen, da die Angaben zu den verwendeten Baustoffen oft sehr dürftig sind bzw. auch nicht sichergestellt ist, ob diese wirklich so ausgeführt wurden.

Es müssen Annahmen getroffen werden, aus einer großen Auswahl an Baustoffen und Produkten mit einer gewissen Bandbreite der bauphysikalischen Werte, wie z.B. dem Lambda.

Somit sind die U-Werte für die Bauteile von Bestandsgebäuden ohne ausreichende Informationen subjektiven Einflüssen ausgesetzt.

Um eine möglichst genaue Berechnung durchführen zu können, ist eine detaillierte Aufnahme der Bauteile unumgänglich.

- **Standort**

Der Energieverbrauch jeder Variante sowie des Bestandes fließt standortbezogen in die Berechnung der Lebenszykluskosten ein.

Somit kann nicht zwangsläufig - in Abhängigkeit von möglichen Energiepreissteigerungsszenarien - Schlüsse aus den Ergebnissen für andere Standorte gezogen werden.

Um die Ergebnisse wie jene des Energieausweises vergleichen zu können, wären Daten für einen Referenzstandort notwendig.

- **Passivhaus-Sanierung**

Der Passivhausstandard ist im gegenständlichen Projekt - durch setzen von sinnvollen Maßnahmen - nicht erreichbar.

Die Sanierung der einzelnen Bauteile auf den besten Energiestandard - also mit Passivhauskomponenten - bringt, in Abhängigkeit vom jeweilig angenommenen Energiepreissteigerungsszenario, hohe Lebenszykluskosten mit sich.

Es wäre zu überprüfen, ob an einem anderen Standort und/oder bei einem besseren A/V-Verhältnis und dadurch größerem Energieeinsparpotential sich dieser Umstand ändert. Also, ob sich dann die Mehrkosten in der Herstellung und jene der Ersatzinvestitionen durch den niedrigeren Energieverbrauch amortisieren.

In Anbetracht dessen, dass sich bei den Untersuchungen des vorliegenden Projekts herausgebildet hat, dass der beste Energiestandard nicht die niedrigsten Lebenszykluskosten hervorbringt, sind Betrachtungen der Kosten über den Lebenszyklus eines Gebäudes zur ganzheitlichen Beurteilung unabdingbar, da durch eine voreilige Annahme, der beste Energiestandard

wäre das zielführende Szenario, gegebenenfalls nicht die sinnvollste Entscheidung getroffen wird.

- **Lebensdauer**

Wie die Untersuchungen gezeigt haben, sind die Unstetigkeitsstellen durch Ersatzinvestitionen für die Teile der Baukonstruktion bzw. der TGA nach Ablauf deren rechnerischer Lebensdauer markante Sprünge und unter Umständen für niedrige oder hohe Lebenszykluskosten sowie für den Amortisationszeitpunkt entscheidend.

Die Lebensdauer je Bauteil und Teil der TGA wurde anhand eines Katalogs bzw. dem Vorschlag der ÖGNI festgelegt. Da es verschiedene Kataloge mit durchaus unterschiedlichen Anhaltspunkten gibt, muss auf eine Vereinheitlichung der Werte geachtet werden.

Zur Vergleichbarkeit von Ergebnissen muss von der selben Lebensdauer für die selben Bauteile ausgegangen werden.

- **Herstellungskosten**

Diese wurden auf Basis von bereits durchgeführten Projekten angenommen. Aufgrund dessen, sind diese Kosten subjektiv beeinflussbar und unterliegen gewissen lokalen Gegebenheiten. Außerdem ist diese Ermittlung der Kosten recht zeitintensiv.

Es sollte die Möglichkeit und Sinnhaftigkeit einer Datenbank überlegt werden, die es - kombiniert mit einem Tool zur Lebenszykluskostenberechnung - erlaubt, eine grobe und rasche Abschätzung der Lebenszykluskosten einzelner thermischer Sanierungsmaßnahmen in unterschiedlichen Energiestandards treffen zu können.

In der, nach Größe des Bauvorhabens gestaffelt und nach Gebäudetyp getrennt, Preise für z.B. das WDVS je Dämmstoffstärke und -art hinterlegt sind.

Dies lässt eine Tendenz erkennen, welcher Energiestandard auszuführen oder welcher Bauteil zu sanieren zielführend ist, also niedrige Lebenszykluskosten im Vergleich der möglichen Sanierungsszenarien hervorruft.

- **Lebenszykluskosten**

Zur Berechnung der Lebenszykluskosten stehen mehrere Möglichkeiten bzw. Tools zur Verfügung.

Die Ermittlung der Lebenszykluskosten des gegenständlichen Bestandsobjektes und dessen Sanierungsvarianten erfolgte auf Basis der nach ÖGNI [27] festgelegten Berechnungsmethode und Werten für Büro-Neubauten.

Um Projekte miteinander vergleichen zu können, sind die selben Randbedingungen für die Berechnung anzunehmen, wie z.B.:

- Berechnungsmethode
- Preise für Wasser, Energie und Reinigung
- Zinssätze und Preissteigerungen
- Prozentsätze für Wartung und Instandhaltung
- Nutzungsdauer der Bauteile und Teile der TGA
- Umfang der zu berücksichtigenden Teile der Baukonstruktion bzw. der TGA

Es sollte je Gebäudetyp, für Neubauten oder Sanierungsvarianten ein vereinheitlichtes System geben.

Dabei sollte - ähnlich der Erstellung eines Energieausweises - die Möglichkeit einer Eingabemaske für eine möglichst einfache Anwendung bei gleichzeitiger Reduzierung von Eingabe- bzw. Berechnungsfehlern vorgesehen werden.

- **Sanierungsempfehlung Energieausweis**

Bei der Erstellung des Energieausweises für ein Bestandsgebäude sind Verbesserungsvorschläge im Sinne der Energieeffizienz dem Energieausweis beizulegen bzw. dem Auftraggeber

vorzuschlagen. Dabei wird das Hauptaugenmerk auf eine maximal zu erzielende Energieeinsparung im Rahmen der bautechnischen Möglichkeiten gelegt.

Es sollten gleichzeitig die Herstellungs- und vor allem die Lebenszykluskosten betrachtet werden und in den Vorschlag für den Bauherrn einfließen.

In weiterer Folge ist auch die Ökologie und die Erhöhung des Nutzerkomforts und der Qualität durch eine thermische Sanierung zu berücksichtigen.

Weiterführend zu den gewonnen Erkenntnissen im Zuge der Erstellung der Arbeit wären folgende Punkte zu betrachten:

- **Ökologie**

Die Aspekte der Nachhaltigkeit bzw. des nachhaltigen Bauens werden durch viele komplexe Zusammenhänge bestimmt und können nur durch eine ganzheitliche Betrachtung richtig erkannt und umgesetzt werden.

In dieser Arbeit wurde ein thermisches Sanierungskonzept ausschließlich unter ökonomisch nachhaltigen Gesichtspunkten entwickelt.

Ebenso wichtig, und für eine umfassende Beurteilung notwendig, sind die Aspekte der Ökologie. Dabei wären Punkte wie z.B. eine Minimierung der Ressourcen sowie eine CO₂-Reduktion unter Verwendung von ökologisch nachhaltigen Baustoffen anzudenken und zu berücksichtigen.

Da sich die Herstellungskosten im gegenständlichen Projekt auf den Dämmstoff EPS beziehen, werden sich, durch Betrachtung unterschiedlicher Dämmstoffe die Herstellungs- und in weiterer Folge die Lebenszykluskosten ändern.

Weiters sind alle Varianten hinsichtlich der Aspekte der ökologischen Nachhaltigkeit zu prüfen. Dadurch kann sich unter Umständen - ganzheitlich betrachtet - eine andere Variante als

die zielführende abzeichnen - im Gegensatz zu jener, welche aufgrund der ökonomischen Aspekte als sinnvollste Variante festgelegte wurde.

Es muss also eine Rückkopplung stattfinden.

- **Soziale Nachhaltigkeit**

Als dritte Säule des nachhaltigen Bauens ist sie ebenfalls, im Sinne der ganzheitlichen Betrachtung, ein gleichwertiger Aspekt.

Auswirkungen einer thermischen Sanierung der Baukonstruktion oder der TGA, mit dem Ziel der Erhöhung des Nutzerkomforts und der Qualität des Gebäudes, sind zu berücksichtigen.

- **Finanzierung**

Weiters könnte die Finanzierung eventueller Sanierungsmaßnahmen angedacht werden, wofür es nach Angaben von Herrn Herbert Kirchner, Gemeinde Mitterdorf i. M., folgende Vorgehensweise gäbe:

Für eine Schulsanierung besteht die Möglichkeit, Bedarfszuweisungsmittel vom Land Steiermark zu beziehen. Diese würden ca. 50 % der Sanierungskosten decken und aus dem Schulbaufonds gefördert werden. Dabei handelt es sich um eine Förderung ohne Rückzahlungsverpflichtung.

Unter einer Sanierung im Sinne der Förderung wird eine Investition ab ca. 100.000 € verstanden, alles was darunter liegt, wird nicht gefördert. Demzufolge sind Kosten, die für laufende Instandsetzungsarbeiten anfallen, von der Gemeinde aufzubringen. Somit wären nur 50% der Sanierungskosten von der Gemeinde zu tragen, wodurch sich die Einsparung über die Lebenszykluskosten erhöht.

Dies muss in weiterer Folge auch im Zusammenhang mit den laufenden Kosten des Bestandsgebäudes gesehen werden, die ausschließlich von der Gemeinde zu tragen sind.

VERZEICHNISSE

LITERATUR

- [1] *Das Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen*. UNFCCC, Kyoto am 11. Dezember 1997.
Verfügbar unter: unfccc.int/resource/docs/convkp/kpger.pdf. Datum des Zugriffs: Mai 2010.
- [2] *Richtlinie 2010/31/EU, AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN UNION (ABL) L 153/13FF VOM 19.MAI 2010: über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung)*. Europäisches Parlament, Brüssel im Mai 2010.
Verfügbar unter: www.ris.bka.gv.at. Datum des Zugriffs: September 2010.
- [3] CRESNIK G., SCHULTER D., MAYDL P., MICHLMAIR M., MACH T.: *Planungsleitlinien zur Umsetzung der „Strategie Nachhaltig Bauen und Sanieren in der Steiermark“*. Teil 1 – Projektentwicklung. Hrsg.: Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie mit angeschlossener TVFA für Festigkeits- und Materialprüfung, Institut für Wärmetechnik, Technische Universität Graz, Eigenverlag, Graz im August 2008.
Verfügbar unter: www.verwaltung.steiermark.at. Datum des Zugriffs: März 2010.
- [4] PASSER A.: Vorlesung „Nachhaltigkeit in der Bautechnik“. 2010.
- [5] KOCH P., OTT W., SEILER B.: *Instrumente für ökologisches Bauen im Vergleich*. 1998.
- [6] MAYDL P.: *Vorstudie Nachhaltiger Massivbau*. TU Graz. 2005.
- [7] MAYDL P.: Vorlesung „Nachhaltigkeit - ein Paradigmenwechsel für den Bausektor“. 10.06.2006.
- [8] SAKRET (Hrsg.): *Hochbau: Bestandsbauten. Sanieren, Renovieren, Modernisieren*, Eigenverlag.
Verfügbar unter: <http://www.sakret.de/pdf/downloads/sakret-sanieren-renovieren-modernisieren-sanremo.pdf>. Datum des Zugriffs: März 2010.
- [9] ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (Hrsg.): *OIB-Richtlinien. Begriffsbestimmungen*. Ausgabe April 2007.
Verfügbar unter: www.oib.or.at. Datum des Zugriffs: April 2010.
- [10] DAS LAND STEIERMARK ABTEILUNG 15 - WOHNBAUFÖRDERUNG (Hrsg.): *Information über die Förderung der „umfassenden energetischen“ Sanierung und der „kleinen“ Sanierung Steiermärkisches Wohnbauförderungsgesetz 1993*. Eigenverlag, Graz Stand April 2010.
Verfügbar unter: http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/dokumente/10005034_277576/3cb85c1b/wsinfo.pdf. Datum des Zugriffs: Juni 2010.
- [11] CODY B.: *Gebäudetechnik und -energetik. Vorlesungsskriptum*. Hrsg.: Institut für Gebäude und Energie, Technische Universität Graz, Eigenverlag, Graz 2004.
- [12] *Richtlinie 2002/91/EG, AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (ABL) L 1/65FF VOM 16.DEZEMBER 2002: über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden*. Europäisches Parlament, Brüssel im Dezember 2002.
Verfügbar unter: www.ris.bka.gv.at. Datum des Zugriffs: April 2010.

- [13] ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (Hrsg.): *OIB-Richtlinie 6: Energieeinsparung und Wärmeschutz*. April 2007.
Verfügbar unter: www.oib.or.at. Datum des Zugriffs: April 2010.
- [14] ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (Hrsg.): ÖNORM B 8110-5. Wärmeschutz im Hochbau. Teil 5: Nutzungsprofile und Klimadaten.
- [15] LEV – LANDESENERGIEVEREIN STEIERMARK (Hrsg.): *Energieausweise erstellen – Anleitungen – Hinweise – Empfehlungen*. Eigenverlag, Graz im Jänner 2010.
- [16] ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (Hrsg.): *Leitfaden energetisches Verhalten von Gebäuden. Version 2.5*. Oktober 2006.
Verfügbar unter: www.umwelt-beratung.de/pdf/energverhaltgebäude.pdf. Datum des Zugriffs: April 2010.
- [17] ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (Hrsg.): ÖNORM H 5055. Energieausweis für Gebäude. August 2007.
- [18] ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (Hrsg.): ÖNORM B 8110-6. Wärmeschutz im Hochbau. Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf. August 2007.
- [19] ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (Hrsg.): ÖNORM B 1801-1. Kosten im Hoch- und Tiefbau. Kostengliederung. Mai 1995.
- [20] ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (Hrsg.): ÖNORM B 1801-2. Kosten im Hoch- und Tiefbau. Objektdaten - Objektnutzung. Juni 1997.
- [21] HASELSTEINER E., LORBEEK M., STOSCH G., TEMEL R.: *Handbuch Baustelle Schule. Ein Leitfaden zur ökologisch nachhaltigen Sanierung von Schulen*. Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Eigenverlag, Wien/ Graz im Februar 2010.
Verfügbar unter: www.hausderzukunft.at. Datum des Zugriffs: Oktober 2010.
- [22] ACHLEITNER F.: Österreichische Architektur im 20. Jahrhundert. Band 2. 1983. - S. 275
- [23] ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (Hrsg.): *Leitfaden energetisches Verhalten von Gebäuden. Version 2.6*. April 2007.
Verfügbar unter: www.oib.or.at. Datum des Zugriffs: April 2010.
- [24] KAH O., FEIST W. ET AL.: *Wirtschaftlichkeit von Wärmedämmmaßnahmen im Gebäudebestand 2005*. Eigenverlag, Darmstadt im Mai 2005.
Verfügbar unter: www.passivhaustagung.de. Datum des Zugriffs: April 2010.
- [25] ZELGER T., WALTJEN T.: *PH-Sanierungsbauteilkatalog. Auswertung gebäudesanierungsbezogener HgZ-Forschungsberichte mit konstruktiven, bauphysikalischen und bauökologischen Ergänzungen. Passivhaus-Konstruktionen Online*. Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Eigenverlag, Wien im März 2009.

Verfügbar unter: www.hausderzukunft.at. Datum des Zugriffs: März 2010.

- [26] HOFER, G. ET AL.: LCC-ECO. Ganzheitliche ökologische und energetische Sanierung von Dienstleistungsgebäuden. Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Eigenverlag, Wien im Juli 2006.
Verfügbar unter: www.hausderzukunft.at. Datum des Zugriffs: März 2010.

- [27] DGNB bzw. OGNI (Hrsg.): Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus. Steckbrief Nr. NBV09-16. Version 2009.

- [28] DGNB bzw. OGNI (Hrsg.): Trinkwasserbedarf und Abwasseranfall. Steckbrief Nr. NBV09-14. Version 2009.

- [29] BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG (Hrsg.): Leitfaden nachhaltiges Bauen. Eigenverlag, im Jänner 2001.
Verfügbar unter: www.bbr.bund.de. Datum des Zugriffs: März 2011. - Anlage 6, Seite 11ff

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2-1: Magisches Dreieck der Nachhaltigkeit nach [4]	25	Abbildung 2-1: Magisches Dreieck der Nachhaltigkeit nach [4]	25
Abbildung 2-2: Leitbild Nachhaltiges Bauen. Quelle: http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/TU_Graz/Einrichtungen/Institute/i2060/Lehrgang , 20.03.2011.	25	Abbildung 2-2: Leitbild Nachhaltiges Bauen. Quelle: http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/TU_Graz/Einrichtungen/Institute/i2060/Lehrgang , 20.03.2011.	25
Abbildung 2-3: Umwelteinwirkungen von Bauwerken [5]	26	Abbildung 2-3: Umwelteinwirkungen von Bauwerken [5]	26
Abbildung 2-4: Der Lebenszyklus von Gebäuden [6]	26	Abbildung 2-4: Der Lebenszyklus von Gebäuden [6]	26
Abbildung 2-5: Magisches Dreieck der nachhaltigen Sanierung nach [4]	27	Abbildung 2-5: Magisches Dreieck der nachhaltigen Sanierung nach [4]	27
Abbildung 2-6: Nachhaltiges Bauen [7]	27	Abbildung 2-6: Nachhaltiges Bauen [7]	27
Abbildung 2-7: Weltenergieverbrauch [11]	30	Abbildung 2-7: Weltenergieverbrauch [11]	30
Abbildung 2-8: Temperaturregionen Österreichs. Quelle: ANULL ArchiPhysik 8	33	Abbildung 2-8: Temperaturregionen Österreichs. Quelle: ANULL ArchiPhysik 8	33
Abbildung 2-9: Legende zu den Temperaturregionen Österreichs. Quelle: ANULL ArchiPhysik 8	33	Abbildung 2-9: Legende zu den Temperaturregionen Österreichs. Quelle: ANULL ArchiPhysik 8	33
Abbildung 2-10: Verluste und Gewinne über die Gebäudehülle	39	Abbildung 2-10: Verluste und Gewinne über die Gebäudehülle	39
Abbildung 2-11: Kostenbereiche [19]	40	Abbildung 2-11: Kostenbereiche [19]	40
Abbildung 2-12: Zusammensetzung der Lebenszykluskosten	42	Abbildung 2-12: Zusammensetzung der Lebenszykluskosten	42
Abbildung 3-1: 3D-Bild Bestandsgebäude Südfassade	47	Abbildung 3-1: 3D-Bild Bestandsgebäude Südfassade	47
Abbildung 3-2: Lage der Gemeinde Mitterdorf im Mürztal in der Steiermark. Quelle: http://www.gis.steiermark.at/ am 11.03.2010	49	Abbildung 3-2: Lage der Gemeinde Mitterdorf im Mürztal in der Steiermark. Quelle: http://www.gis.steiermark.at/ am 11.03.2010	49
Abbildung 3-3: Lage der Gemeinde Mitterdorf im Mürztal. Quelle: http://www.gis.steiermark.at/ am 08.05.2010	49	Abbildung 3-3: Lage der Gemeinde Mitterdorf im Mürztal. Quelle: http://www.gis.steiermark.at/ am 08.05.2010	49
Abbildung 3-4: Luftbild der Hauptschule Mitterdorf i. M. Quelle: http://www.gis.steiermark.at/ am 08.05.2010	50	Abbildung 3-4: Luftbild der Hauptschule Mitterdorf i. M. Quelle: http://www.gis.steiermark.at/ am 08.05.2010	50
Abbildung 3-5: Katasterplan der Hauptschule Mitterdorf i. M. Quelle: http://www.gis.steiermark.at/ am 08.05.2010	51	Abbildung 3-5: Katasterplan der Hauptschule Mitterdorf i. M. Quelle: http://www.gis.steiermark.at/ am 08.05.2010	51
Abbildung 3-6: Polygonale Vorbauten Hauptschule Mitterdorf i. M.	52	Abbildung 3-6: Polygonale Vorbauten Hauptschule Mitterdorf i. M.	52
Abbildung 3-7: Nordostfassade Hauptschule Mitterdorf i. M.	52	Abbildung 3-7: Nordostfassade Hauptschule Mitterdorf i. M.	52
Abbildung 3-8: Südostfassade Hauptschule Mitterdorf i. M.	52	Abbildung 3-8: Südostfassade Hauptschule Mitterdorf i. M.	52
Abbildung 3-9: Südwestfassade Hauptschule Mitterdorf i. M.	52	Abbildung 3-9: Südwestfassade Hauptschule Mitterdorf i. M.	52
Abbildung 3-10: 3D-Bild Bestandsgebäude Südwestfassade	53	Abbildung 3-10: 3D-Bild Bestandsgebäude Südwestfassade	53
Abbildung 3-11: 3D-Bild Bestandsgebäude Nordostfassade	53	Abbildung 3-11: 3D-Bild Bestandsgebäude Nordostfassade	53
Abbildung 3-12: Grundriss Erdgeschoss, Zonierung - Hauptschule Mitterdorf i. M.	54	Abbildung 3-12: Grundriss Erdgeschoss, Zonierung - Hauptschule Mitterdorf i. M.	54
Abbildung 3-13: Grundriss Kellergeschoss Hauptschule Mitterdorf i. M.	55	Abbildung 3-13: Grundriss Kellergeschoss Hauptschule Mitterdorf i. M.	55
Abbildung 3-14: Grundriss Dachdraufsicht Hauptschule Mitterdorf i. M.	55	Abbildung 3-14: Grundriss Dachdraufsicht Hauptschule Mitterdorf i. M.	55
Abbildung 3-15: Ansicht ONO Hauptschule Mitterdorf i. M.	56	Abbildung 3-15: Ansicht ONO Hauptschule Mitterdorf i. M.	56

Abbildung 3-16: Ansicht WSW Hauptschule Mitterdorf i. M.	56	und Verteilung	66
Abbildung 3-17: Schnitt 5-5 Hauptschule Mitterdorf i. M.	56	Abbildung 4-6: Heizzentrale der Hauptschule Mitterdorf i. M. Quelle: Büro LPS, Kindberg	66
Abbildung 3-18: Ansicht SSO Hauptschule Mitterdorf i. M.	57	Abbildung 4-7: Anlagenschema der Hauptschule Mitterdorf i. M. Quelle: Büro LPS, Kindberg	67
Abbildung 3-19: Schnitt 2-2 Hauptschule Mitterdorf i. M.	57	Abbildung 4-8: Warmwasserbereitung der Hauptschule Mitterdorf i. M. Quelle: Büro LPS, Kindberg	67
Abbildung 3-20: Schnitt 3-3 Hauptschule Mitterdorf i. M.	57	Abbildung 4-9: Lüftungsgerät Firma Wernig, Comfort-Vent W 90-350. Quelle: http://www.wernig.at/produktpalette/register-4.html am 11.04.2011	69
Abbildung 3-21: Schnitt 4-4 Hauptschule Mitterdorf i. M.	57	Abbildung 4-10: Lüftungsgerät Firma Wernig, Comfort-Vent X-Vent II. Quelle: http://www.wernig.at/produktpalette/register-4.html am 11.04.2011	69
Abbildung 3-22: Schnitt 1-1 Hauptschule Mitterdorf i. M.	57	Abbildung 4-11: Lage der Probeschurf am Nachbargrundstück	71
Abbildung 3-23: Überblick der Schnittführung Hauptschule Mitterdorf i. M.	58	Abbildung 4-12: Schichten des Bodenaufbaus des Nachbargrundstücks: Humus. Quelle: Bodengutachten Nachbargrundstück	71
Abbildung 3-24: Tragstruktur - Systemschnitt Achse Träger	58	Abbildung 4-13: Schichten des Bodenaufbaus des Nachbargrundstücks: Grobschluff. Quelle: Bodengutachten Nachbargrundstück	71
Abbildung 3-25: Tragstruktur - Systemschnitt Achse Stegdecke	59	Abbildung 4-14: Schichten des Bodenaufbaus des Nachbargrundstücks: Schotter. Quelle: Bodengutachten Nachbargrundstück	71
Abbildung 3-26: Tragstruktur - Grundriss Stützenraster	63	Abbildung 4-15: Systemschnitt und Dachaufbau	73
Abbildung 4-1: 3D-Bild Bestandsgebäude Nordostfassade	65		
Abbildung 4-2: Heizkessel	65		
Abbildung 4-3: Beleuchtung im Klassenraum			
Abbildung 4-4 und 4-5: Warmwasserspeicher			

Abbildung 4-16: Dachdraufsicht Hauptschule Mitterdorf i. M.	74	Bestand Deckblatt 1/19	90
Abbildung 4-17: Innenansicht Pausenhallendach Hauptschule Mitterdorf i. M.	74	Abbildung 4-30: Energieausweis Hauptschule Bestand Datenblatt 2/19	90
Abbildung 4-18: Innenansicht Lichtkuppel Hauptschule Mitterdorf i. M.	74	Abbildung 4-31: Energieausweis Turnsaal Bestand Deckblatt 1/13	91
Abbildung 4-19: Dachdraufsicht Lichtkuppel Hauptschule Mitterdorf i. M.	74	Abbildung 4-32: Energieausweis Turnsaal Bestand Datenblatt 2/13	91
Abbildung 4-20: Polygonale Vorbauten Hauptschule Mitterdorf i. M.	75	Abbildung 5-1: 3D-Bild Bestandsgebäude	101
Abbildung 4-21: Systemschnitt und Aufbau der Außenwand	77	Abbildung 5-2: 3D-Bild Variante A	102
Abbildung 4-22: Systemschnitt und Aufbau des Fußbodens gegen Keller	79	Abbildung 5-3: 3D-Bild Variante B	102
Abbildung 4-23: Systemschnitt und Aufbau des Fußbodens gegen Erde	81	Abbildung 5-4: 3D-Bild Variante C	103
Abbildung 4-24: Fußboden Hauptschule Mitterdorf i. M.	83	Abbildung 5-5: 3D-Bild Variante D	103
Abbildung 4-25: Fußboden Hauptschule Mitterdorf i. M.	83	Abbildung 5-6: 3D-Bild Variante E	104
Abbildung 4-26: Flächenanteile der Bauteile - opak und transparent zusammen	86	Abbildung 5-7: 3D-Bild Variante F	104
Abbildung 4-27: Flächenanteile der Bauteile - opak und transparent getrennt	86	Abbildung 5-8: 3D-Bild Variante G	105
Abbildung 4-28: Systemschnitt und Prozentanteile der Hüllflächen	87	Abbildung 5-9: 3D-Bild Variante H	105
Abbildung 4-29: Energieausweis Hauptschule		Abbildung 5-10: 3D-Bild Variante I	106
		Abbildung 5-11: 3D-Bild Variante J	106
		Abbildung 5-12: 3D-Bild Variante K	107
		Abbildung 5-13: 3D-Bild Variante L	107
		Abbildung 5-14: Verwendete Symbole für die Berechnungen der Phase 2	114
		Abbildung 5-15: Aufbau der Berechnungen der Phase 2	115

Abbildung 5-16: Schema der Berechnung der Varianten A1 bis A3	116	Systemschnitte	137
Abbildung 5-17: Schema der Berechnung der Varianten A4, A5 und I1	117	Abbildung 5-30: Grafik Energieeinsparung Legende	138
Abbildung 5-18: Schema der Berechnung der Varianten A6 bis A9	118	Abbildung 5-31a: Grafik Herstellungskosten Sanierung Legende	138
Abbildung 5-19: Schema der Berechnung der Varianten I2 bis I5	119	Abbildung 5-31b: Grafik Herstellungskosten Neubau Legende	139
Abbildung 5-20: Schema der Berechnung der Varianten A10 bis A12	120	Abbildung 5-32: Verlauf des U-Wertes in Abhängigkeit der Dämmstoffstärke	140
Abbildung 5-21: Schema der Berechnung der Varianten I6 bis I8	121	Abbildung 5-33: Aufbau der einzelnen Optimierungsschritte	141
Abbildung 5-22: Schema der Berechnung der Varianten A13 bis A15	122	Abbildung 5-34: Skizzen der einzelnen Optimierungsschritte	143
Abbildung 5-23: Schema der Berechnung der Varianten I9 und I10	123	Abbildung 5-35: Systemschnitt der Maßnahme F	145
Abbildung 5-24: Schema der Berechnung der Varianten A16 und A17	124	Abbildung 5-36: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme F	145
Abbildung 5-25: Schema der Berechnung der Varianten I11 und I12	125	Abbildung 5-37: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme F	145
Abbildung 5-26: Schema der Berechnung der Varianten A18 und A19	126	Abbildung 5-38: Systemschnitt der Maßnahme FoV	147
Abbildung 5-27: Schema der Berechnung der Varianten I13 und I14	127	Abbildung 5-39: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme FoV	147
Abbildung 5-28: Schema der Berechnung der Varianten für den Neubau	128	Abbildung 5-40: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme FoV	147
Abbildung 5-29: Symbole und Farbgebung der		Abbildung 5-41: Systemschnitt der Maßnahme D	149
		Abbildung 5-42: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme D	149
		Abbildung 5-43: Grafik Herstellungskosten der	

Maßnahme D	149	Maßnahme FBKG	159
Abbildung 5-44: Systemschnitt der Maßnahme Lk	151	Abbildung 5-59: Systemschnitt der Maßnahme S+FBE	161
Abbildung 5-45: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme Lk	151	Abbildung 5-60: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme S+FBE	161
Abbildung 5-46: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme Lk	151	Abbildung 5-61: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme S+FBE	161
Abbildung 5-47: Systemschnitt der Maßnahme W	153	Abbildung 5-62: Systemschnitt der Maßnahme FBKG+FBE	163
Abbildung 5-48: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme W	153	Abbildung 5-63: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme FBKG+FBE	163
Abbildung 5-49: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme W	153	Abbildung 5-64: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme FBKG+FBE	163
Abbildung 5-50: Systemschnitt der Maßnahme S	155	Abbildung 5-65: Systemschnitt der Maßnahme FBKG+S	165
Abbildung 5-51: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme S	155	Abbildung 5-66: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme FBKG+S	165
Abbildung 5-52: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme S	155	Abbildung 5-67: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme FBKG+S	165
Abbildung 5-53: Systemschnitt der Maßnahme FBE	157	Abbildung 5-68: Systemschnitt der Maßnahme FBKG+FBE+S	167
Abbildung 5-54: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme FBE	157	Abbildung 5-69: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme FBKG+FBE+S	167
Abbildung 5-55: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme FBE	157	Abbildung 5-70: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme FBKG+FBE+S	167
Abbildung 5-56: Systemschnitt der Maßnahme FBKG	159	Abbildung 5-71: Systemschnitt der Maßnahme L	169
Abbildung 5-57: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme FBKG	159	Abbildung 5-72: Grafik Energieeinsparung der	
Abbildung 5-58: Grafik Herstellungskosten der			

Maßnahme L	169	men F und FoV gereiht nach Effizienz	181
Abbildung 5-73: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme L	169	Abbildung 5-88: Skizzen der Maßnahmen S, FBE, FBKG und deren Kombinationen	182
Abbildung 5-74: Systemschnitt der Maßnahme A	171	Abbildung 5-89: Diagramm Punkte der Maßnahmen S, FBE, FBKG und deren Kombinationen	183
Abbildung 5-75: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme A	171	Abbildung 5-90: Diagramm Punkte der Maßnahme FBKG	184
Abbildung 5-76: Belichtungsmöglichkeit. Quelle: http://www.architecture-page.com/de/projects/louise-t-blouin-institute__2/ am 13.02.2011	171	Abbildung 5-91: Diagramm Punkte der Maßnahmen S und FBKG+S	184
Abbildung 5-77: Systemschnitt der Maßnahme N	173	Abbildung 5-92: Diagramm Punkte der Maßnahmen FBKG, S und FBKG+S	184
Abbildung 5-78: Grafik Energieeinsparung der Maßnahme N	173	Abbildung 5-93: Diagramm Punkte der Maßnahme FBE und dessen Kombinationen	185
Abbildung 5-79: Grafik Herstellungskosten der Maßnahme N	173	Abbildung 5-94: Diagramm Säulen der Maßnahmen S, FBE, FBKG und deren Kombinationen gereiht nach Herstellungskosten	186
Abbildung 5-80: Symbole für den jeweiligen Energiestandard	175	Abbildung 5-95: Diagramm Säulen der Maßnahmen S, FBE, FBKG und deren Kombinationen gereiht nach Energieeinsparung	187
Abbildung 5-81: Diagramm Punkte Legende	176	Abbildung 5-96: Diagramm Säulen der Maßnahmen S, FBE, FBKG und deren Kombinationen gereiht nach Effizienz	187
Abbildung 5-82: Diagramm Säulen Legende	177	Abbildung 5-97: Skizzen der einzelnen Optimierungsschritte zur Erstellung von Sanierungsszenarien	189
Abbildung 5-83: Skizzen der Maßnahmen F und FoV	178	Abbildung 5-98: Aufbau der einzelnen Optimierungsschritte zur Erstellung von Sanierungsszenarien	190
Abbildung 5-84: Diagramm Punkte der Maßnahmen F und FoV	179		
Abbildung 5-85: Diagramm Säulen der Maßnahmen F und FoV gereiht nach Herstellungskosten	180		
Abbildung 5-86: Diagramm Säulen der Maßnahmen F und FoV gereiht nach Energieeinsparung	181		
Abbildung 5-87: Diagramm Säulen der Maßnah-			

Abbildung 5-99: Diagramm Punkte der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien	191	Abbildung 5-109: Diagramm Säulen der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien im Vergleich zum Neubau gereiht nach Energieeinsparung	197
Abbildung 5-100: Diagramm Punkte der Maßnahme S zur Erstellung von Sanierungsszenarien	192	Abbildung 5-110: Diagramm Säulen der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien im Vergleich zum Neubau gereiht nach Effizienz	197
Abbildung 5-101: Diagramm Punkte der Maßnahmen W, L und Lk zur Erstellung von Sanierungsszenarien	192	Abbildung 5-111: Energiepreisentwicklung Öl Prognose	204
Abbildung 5-102: Diagramm Punkte der Maßnahme D zur Erstellung von Sanierungsszenarien	193	Abbildung 5-112: Gebäudebezogene LCC über 50 a je Variante	206
Abbildung 5-103: Diagramm Punkte der Maßnahme F zur Erstellung von Sanierungsszenarien	193	Abbildung 5-113: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% bzw. 6% je Variante im Vergleich zu einer oder mehreren anderen Varianten bzw. dem Bestand	207
Abbildung 5-104: Diagramm Säulen der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien gereiht nach Herstellungskosten	194	Abbildung 5-114: Grafik Energieeinsparung Legende	208
Abbildung 5-105: Diagramm Säulen der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien gereiht nach Energieeinsparung	195	Abbildung 5-115a: Grafik Herstellungskosten Sanierungsvarianten Legende	208
Abbildung 5-106: Diagramm Säulen der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien gereiht nach Effizienz	195	Abbildung 5-115b: Grafik Herstellungskosten Neubauvariante Legende	209
Abbildung 5-107: Diagramm Säulen der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien im Vergleich zum Neubau gereiht nach Herstellungskosten	196	Abbildung 5-116: Einzelmaßnahmen im jeweiligen Energiestandard der Variante 1	210
Abbildung 5-108: Diagramm Punkte der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien im Vergleich zum Neubau	196	Abbildung 5-117a: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 4% für die Variante 1	211
		Abbildung 5-117b: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 6% für die Variante 1	211

Abbildung 5-118: Grafik Energieeinsparung der Variante 1	211	Abbildung 5-126: Einzelmaßnahmen im jeweiligen Energiestandard der Variante 3	218
Abbildung 5-119: Grafik Herstellungskosten der Variante 1	211	Abbildung 5-127a: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 4% für die Variante 3	219
Abbildung 5-120a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 1 im Vergleich zum Bestand	212	Abbildung 5-127b: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 6% für die Variante 3	219
Abbildung 5-120b: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 1 im Vergleich zum Bestand	213	Abbildung 5-128: Grafik Energieeinsparung der Variante 3	219
Abbildung 5-121: Einzelmaßnahmen im jeweiligen Energiestandard der Variante 2	214	Abbildung 5-129: Grafik Herstellungskosten der Variante 3	219
Abbildung 5-122a: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 4% für die Variante 2	215	Abbildung 5-130a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 3 im Vergleich zum Bestand	220
Abbildung 5-122b: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 6% für die Variante 2	215	Abbildung 5-130b: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 3 im Vergleich zum Bestand	221
Abbildung 5-123: Grafik Energieeinsparung der Variante 2	215	Abbildung 5-131: Einzelmaßnahmen im jeweiligen Energiestandard der Variante 4	222
Abbildung 5-124: Grafik Herstellungskosten der Variante 2	215	Abbildung 5-132a: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 4% für die Variante 4	223
Abbildung 5-125a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 2 im Vergleich zum Bestand	216	Abbildung 5-132b: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 6% für die Variante 4	223
Abbildung 5-125b: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 2 im Vergleich zum Bestand	217	Abbildung 5-133: Grafik Energieeinsparung der Variante 4	223

Abbildung 5-134: Grafik Herstellungskosten der Variante 4	223	für die Variante 6	231
Abbildung 5-135a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 4 im Vergleich zum Bestand	224	Abbildung 5-141b: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 6% für die Variante 6	231
Abbildung 5-135b: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 4 im Vergleich zum Bestand	225	Abbildung 5-142: Grafik Energieeinsparung der Variante 6	231
Abbildung 5-136: Einzelmaßnahmen im jeweiligen Energiestandard der Variante 5	226	Abbildung 5-143: Einzelmaßnahme der Variante 7	232
Abbildung 5-137a: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 4% für die Variante 5	227	Abbildung 5-144a: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 4% für die Variante 7	233
Abbildung 5-137b: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 6% für die Variante 5	227	Abbildung 5-144b: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 6% für die Variante 7	233
Abbildung 5-138: Grafik Energieeinsparung der Variante 5	227	Abbildung 5-145: Grafik Energieeinsparung der Variante 7	233
Abbildung 5-139: Grafik Herstellungskosten der Variante 5	227	Abbildung 5-146: Grafik Herstellungskosten der Variante 7	233
Abbildung 5-140a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 5 im Vergleich zum Bestand	228	Abbildung 5-147a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 7 im Vergleich zum Bestand	234
Abbildung 5-140b: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 5 im Vergleich zum Bestand	229	Abbildung 5-147b: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 7 im Vergleich zum Bestand	235
Abbildung 5-141a: Gebäudebezogene LCC über 50 a bei einer Energiepreissteigerung von 4%		Abbildung 5-148a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 1 bis 6 im Vergleich	238
		Abbildung 5-148b: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten	

von 6% für die Variante 1 bis 6 im Vergleich	239	Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für alle Variante im Vergleich zum Bestand	247
Abbildung 5-149a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 2, 3 und 4 im Vergleich zum Bestand	240	Abbildung 6-1: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 1 bis 6 im Vergleich	256
Abbildung 5-149a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 2, 3 und 4 im Vergleich zum Bestand	241	Abbildung 6-2: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 1 bis 6 im Vergleich	256
Abbildung 5-150a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 1 und 4 im Vergleich zum Bestand	242	Abbildung 6-3: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 4 mit und ohne Lüftung	258
Abbildung 5-150a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 1 und 4 im Vergleich zum Bestand	243	Abbildung 6-4: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante Neubau im Vergleich zum Bestand	259
Abbildung 5-151a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 1 und 5 im Vergleich zum Bestand	244	Abbildung 6-5: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für die Variante 4 und 5 im Vergleich zum Bestand	259
Abbildung 5-151a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 6% für die Variante 1 und 5 im Vergleich zum Bestand	245	Abbildung 6-6: Flächenanteile der Bauteile - opak und transparent zusammen	260
Abbildung 5-152a: LCC über 50 a mit einer Annahme der Preissteigerung der Energiekosten von 4% für alle Variante im Vergleich zum Bestand	246	Abbildung A-1: 3D-Bild Variante I-a	294
Abbildung 5-152a: LCC über 50 a mit einer		Abbildung A-2: 3D-Bild Variante I-b	294
		Abbildung A-3: 3D-Bild Variante I-c	295
		Abbildung A-4: 3D-Bild Variante I-d	295
		Abbildung A-5: 3D-Bild Variante I-e	296
		Abbildung A-6: 3D-Bild Variante J-a	296

Abbildung A-7: 3D-Bild Variante J-b	297	Abbildung B-15: Energieausweis Hauptschule 17/19	311
Abbildung A-8: 3D-Bild Variante J-c	297	Abbildung B-16: Energieausweis Hauptschule 18/19	311
Abbildung A-9: 3D-Bild Variante J-d	298	Abbildung B-17: Energieausweis Hauptschule 19/19	312
Abbildung A-10: 3D-Bild Variante K-a	298	Abbildung B-18: Energieausweis Turnsaal 3/13	312
Abbildung A-11: 3D-Bild Variante K-b	299	Abbildung B-19: Energieausweis Turnsaal 4/13	313
Abbildung A-12: 3D-Bild Variante K-c	299	Abbildung B-20: Energieausweis Turnsaal 5/13	313
Abbildung A-13: 3D-Bild Variante L-a	300	Abbildung B-21: Energieausweis Turnsaal 6/13	314
Abbildung A-14: 3D-Bild Variante L-b	300	Abbildung B-22: Energieausweis Turnsaal 7/13	314
Abbildung A-15: 3D-Bild Variante L-c	301	Abbildung B-23: Energieausweis Turnsaal 8/13	315
Abbildung B-1: Energieausweis Hauptschule 3/19	304	Abbildung B-24: Energieausweis Turnsaal 9/13	315
Abbildung B-2: Energieausweis Hauptschule 4/19	304	Abbildung B-25: Energieausweis Turnsaal 10/13	316
Abbildung B-3: Energieausweis Hauptschule 5/19	305	Abbildung B-26: Energieausweis Turnsaal 11/13	316
Abbildung B-4: Energieausweis Hauptschule 6/19	305	Abbildung B-27: Energieausweis Turnsaal 12/13	317
Abbildung B-5: Energieausweis Hauptschule 7/19	306	Abbildung B-28: Energieausweis Turnsaal 13/13	317
Abbildung B-6: Energieausweis Hauptschule 8/19	306	Abbildung B-29: Energieausweis Neubau 1/19	318
Abbildung B-7: Energieausweis Hauptschule 9/19	307	Abbildung B-30: Energieausweis Neubau 2/19	318
Abbildung B-8: Energieausweis Hauptschule 10/19	307	Abbildung B-31: Energieausweis Neubau 3/19	319
Abbildung B-9: Energieausweis Hauptschule 11/19	308	Abbildung B-32: Energieausweis Neubau 4/19	319
Abbildung B-10: Energieausweis Hauptschule 12/19	308	Abbildung B-33: Energieausweis Neubau 5/19	320
Abbildung B-11: Energieausweis Hauptschule 13/19	309	Abbildung B-34: Energieausweis Neubau 6/19	320
Abbildung B-12: Energieausweis Hauptschule 14/19	309	Abbildung B-35: Energieausweis Neubau 7/19	321
Abbildung B-13: Energieausweis Hauptschule 15/19	310	Abbildung B-36: Energieausweis Neubau 8/19	321
Abbildung B-14: Energieausweis Hauptschule 16/19	310	Abbildung B-37: Energieausweis Neubau 9/19	322

Abbildung B-38: Energieausweis Neubau 10/19	322	riante 5 LCC optimiert 8/19	331
Abbildung B-39: Energieausweis Neubau 11/19	323	Abbildung B-56: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 9/19	332
Abbildung B-40: Energieausweis Neubau 12/19	323	Abbildung B-57: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 10/19	332
Abbildung B-41: Energieausweis Neubau 13/19	324	Abbildung B-58: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 11/19	333
Abbildung B-42: Energieausweis Neubau 14/19	324	Abbildung B-59: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 12/19	333
Abbildung B-43: Energieausweis Neubau 15/19	325	Abbildung B-60: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 13/19	334
Abbildung B-44: Energieausweis Neubau 16/19	325	Abbildung B-61: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 14/19	334
Abbildung B-45: Energieausweis Neubau 17/19	326	Abbildung B-62: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 15/19	335
Abbildung B-46: Energieausweis Neubau 18/19	326	Abbildung B-63: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 16/19	335
Abbildung B-47: Energieausweis Neubau 19/19	327	Abbildung B-64: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 17/19	336
Abbildung B-48: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 1/19	328	Abbildung B-65: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 18/19	336
Abbildung B-49: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 2/19	328	Abbildung B-66: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 19/19	337
Abbildung B-50: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 3/19	329		
Abbildung B-51: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 4/19	329		
Abbildung B-52: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 5/19	330		
Abbildung B-53: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 6/19	330		
Abbildung B-54: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 7/19	331		
Abbildung B-55: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 8/19			

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 4-1: Aufbauten 1/3	83	nungen der Phase 2	113
Tabelle 4-2: Aufbauten 2/3	84	Tabelle 5-10: Ermittelte Kennwerte je Bauteil bzw. Maßnahme mit beispielhaften Kennwerten	135
Tabelle 4-3: Aufbauten 3/3	84	Tabelle 5-11: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme F	144
Tabelle 4-4: Bestandsfenster 1/2	85	Tabelle 5-12: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme FoV	146
Tabelle 4-5: Bestandsfenster 2/2	85	Tabelle 5-13: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme D	148
Tabelle 4-6: Flächenanteile der einzelnen Bauteile	86	Tabelle 5-14: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme Lk	150
Tabelle 4-7: Flächen der thermischen Gebäudehülle des Bestandsgebäudes	88	Tabelle 5-15: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme W	152
Tabelle 4-8: Prozentueller Anteil des Bruttovolumens	92	Tabelle 5-16: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme S	154
Tabelle 4-9: Energieverbrauchsdaten Bestand Gas	93	Tabelle 5-17: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme FBE	156
Tabelle 4-10: Energieverbrauchsdaten Bestand Strom	94	Tabelle 5-18: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme FBKG	158
Tabelle 5-1: U-Werte für Berechnungen der Phase 1	101	Tabelle 5-19: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme S+FBE	160
Tabelle 5-2: Flächen- und Voluminaangaben für den Bestand im Vergleich zu den Varianten A bis D	108	Tabelle 5-20: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme FBKG+FBE	162
Tabelle 5-3: HWB der Varianten A bis D im Vergleich	108	Tabelle 5-21: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme FBKG+S	164
Tabelle 5-4: HWB der Varianten A und E im Vergleich	108	Tabelle 5-22: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme FBKG+FBE+S	166
Tabelle 5-5: Flächen- und Voluminaangaben für den Bestand im Vergleich zu den Varianten E bis L	109		
Tabelle 5-6: HWB der Varianten E bis L im Vergleich	109		
Tabelle 5-7: U-Werte der transparente Flächen des Neubaus für die Berechnungen der Phase 2	113		
Tabelle 5-8: U-Werte der opake Flächen des Neubaus für die Berechnungen der Phase 2	113		
Tabelle 5-9: U-Werte der opake und transparente Flächen der Sanierung für die Berech-			

Tabelle 5-23: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme L	168	Tabelle 5-35: Maßnahmenkatalog zur Erstellung von Sanierungsszenarien	198
Tabelle 5-24: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme A	170	Tabelle 5-36: Maßnahmenkatalog je Variante	206
Tabelle 5-25: Ermittelte Kennwerte für die Maßnahme N	172	Tabelle 5-37: Maßnahmenkatalog zur Variante 1	210
Tabelle 5-26: Herstellungskosten je Energiestandard der Maßnahmen F und FoV	178	Tabelle 5-38: Maßnahmenkatalog zur Variante 2	214
Tabelle 5-27: Energieeinsparung je Energiestandard der Maßnahmen F und FoV	178	Tabelle 5-39: Maßnahmenkatalog zur Variante 3	218
Tabelle 5-28: Effizienz je Energiestandard der Maßnahmen F und FoV	178	Tabelle 5-40: Maßnahmenkatalog zur Variante 4	222
Tabelle 5-29: Herstellungskosten je Energiestandard der Maßnahmen S, FBE, FBKG und deren Kombinationen	183	Tabelle 5-41: Maßnahmenkatalog zur Variante 5	226
Tabelle 5-30: Energieeinsparung je Energiestandard der Maßnahmen S, FBE, FBKG und deren Kombinationen	183	Tabelle 5-42: Maßnahmenkatalog zur Variante 7	232
Tabelle 5-31: Effizienz je Energiestandard der Maßnahmen S, FBE, FBKG und deren Kombinationen	183	Tabelle 5-43: Herstellungskosten der einzelnen Varianten	236
Tabelle 5-32: Herstellungskosten je Energiestandard der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien	191	Tabelle 5-44: Lebenszykluskosten der einzelnen Varianten	236
Tabelle 5-33: Energieeinsparung je Energiestandard der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien	191	Tabelle 5-45: Energetische Kennwerte der einzelnen Varianten	236
Tabelle 5-34: Effizienz je Energiestandard der Maßnahmen zur Erstellung von Sanierungsszenarien	191	Tabelle C-1: fiktive Herstellungskosten 1/23	340
		Tabelle C-2: fiktive Herstellungskosten 2/23	341
		Tabelle C-3: fiktive Herstellungskosten 3/23	341
		Tabelle C-4: fiktive Herstellungskosten 4/23	342
		Tabelle C-5: fiktive Herstellungskosten 5/23	342
		Tabelle C-6: fiktive Herstellungskosten 6/23	343
		Tabelle C-7: fiktive Herstellungskosten 7/23	343
		Tabelle C-8: fiktive Herstellungskosten 8/23	344
		Tabelle C-9: fiktive Herstellungskosten 9/23	344

Tabelle C-10: fiktive Herstellungskosten 10/23	345	Tabelle D-3: Annahmen für die Berechnung der LCC für die Variante 3	358
Tabelle C-11: fiktive Herstellungskosten 11/23	345	Tabelle D-4: Annahmen für die Berechnung der LCC für die Variante 4	359
Tabelle C-12: fiktive Herstellungskosten 12/23	346	Tabelle D-5: Annahmen für die Berechnung der LCC für die Variante 5	360
Tabelle C-13: fiktive Herstellungskosten 13/23	346	Tabelle D-6: Annahmen für die Berechnung der LCC für die Variante 6	361
Tabelle C-14: fiktive Herstellungskosten 14/23	347	Tabelle D-7: Annahmen für die Berechnung der LCC für die Variante 7	362
Tabelle C-15: fiktive Herstellungskosten 15/23	347	Tabelle D-8: Herstellungskosten für die Berechnung der LCC je Variante	363
Tabelle C-16: fiktive Herstellungskosten 16/23	348		
Tabelle C-17: fiktive Herstellungskosten 17/23	348		
Tabelle C-18: fiktive Herstellungskosten 18/23	349		
Tabelle C-19: fiktive Herstellungskosten 19/23	349		
Tabelle C-20: fiktive Herstellungskosten 20/23	350		
Tabelle C-21: fiktive Herstellungskosten 21/23	350		
Tabelle C-22: fiktive Herstellungskosten 22/23	351		
Tabelle C-23: fiktive Herstellungskosten 23/23	351		
Tabelle C-24: Herstellungskosten der Optimierungsschritte flächenbezogen 1/2	352		
Tabelle C-25: Herstellungskosten der Optimierungsschritte flächenbezogen 2/2	352		
Tabelle C-26: Herstellungskosten der Sanierungsvarianten flächenbezogen	353		
Tabelle D-1: Annahmen für die Berechnung der LCC für die Variante 1	356		
Tabelle D-2: Annahmen für die Berechnung der LCC für die Variante 2	357		

ABKÜRZUNGEN UND SYMBOLE

3D	Dreidimensional	€	Euro
a	Anzahl der Jahre	€/kWh/a	Euro pro Kilowattstunde pro Jahr
A	Maßnahme Aufstockung	E1	Energiestandard 1
A/V	Oberflächen zu Volumen Verhältnis	E2	Energiestandard 2
BefEB	jährlicher Befeuchtungsenergiebedarf	E3	Energiestandard 3
BelEB	jährlicher Beleuchtungsenergiebedarf	EEB	jährlicher Endenergiebedarf
BGF	beheizte Bruttogeschossfläche	EPS	Expandiertes Polystyrol
BV, BGV	konditioniertes Bruttovolumen	F	Maßnahme Fenster
BWA	Herstellkosten für Bauwerk-Ausbau	FBE	Maßnahme Fußboden gegen Erde
BWR	Herstellkosten für Bauwerk-Rohbau	FBKG	Maßnahme Fußboden gegen Kellergeschoss
BWT	Herstellkosten für Bauwerk-Technik	FoV	Maßnahme Fenster ohne Vorbauten
CO ₂	Kohlenstoffdioxid-Emission	GIS	Geographisches Informationssystem
D	Maßnahme Dach	GOK	Geländeoberkante
Δ HKO	Differenz der Herstellungskosten der jeweiligen Variante zum Bestand	g-Wert	Energiedurchlassgrad
Δ LCC	Differenz der Lebenszykluskosten der jeweiligen Variante zum Bestand	HEB	jährlicher Heizenergiebedarf
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen	HFKW	Halogenfluorkohlenwasserstoffe
		HKO	Herstellungskosten

HLS	Heizung-Lüftung-Sanitär	KB*	jährlicher außeninduzierter Kühlbedarf, bei der Berechnung werden die inneren Wärmelasten und die Luftwechselrate gleich null gesetzt
HTEB	jährlicher Heiztechnikenergiebedarf		
HTEB-RH	jährlicher Heiztechnikenergiebedarf Raumheizung	KEB	jährlicher Kühlenergiebedarf
HTEB-WW	jährlicher Heiztechnikenergiebedarf Warmwasser	KG	Kellergeschoss
HWB	jährlicher Heizwärmebedarf	KTEB	jährlicher Kühltechnikenergiebedarf
HWB*	jährlicher Heizwärmebedarf unter Anwendung des Nutzungsprofil „Wohngebäude“	kW	Kilowatt
		kWh	Kilowattstunde
HWB*max	maximal zulässiger jährlicher Heizwärmebedarf unter Anwendung des Nutzungsprofil „Wohngebäude“ zur Erfüllung der Anforderungen nach OIB für eine Umfassende Sanierung	kWh/a	Kilowattstunde pro Jahr, zonenbezogen
		kWh/m ² a	Kilowattstunde pro Quadratmeter und Jahr, spezifisch
		kWh/m ³ a	Kilowattstunde pro Kubikmeter und Jahr
HWB ^(*) _{ref}	jährlicher Heizwärmebedarf bezogen auf das Referenzklima	l_c	charakteristische Länge, Verhältnis Oberfläche zu Volumen, ein Maß für die Kompaktheit eines Gebäudes
HWB _{Standort}	jährlicher Heizwärmebedarf bezogen auf das Standortklima		
i. M.	im Müritztal	λ	Wärmeleitfähigkeit in W/mK
K	Kelvin	L	Maßnahme Lüftung
KB	jährlicher Kühlbedarf	LCC	Lebenszykluskosten
		LED	Leuchtdiode

LEK	Kennwert für die thermische Qualität der Gebäudehülle unter Berücksichtigung der Geometrie	OIB	Österreichisches Institut für Bautechnik
		ONO	Ostnordost
LENI	jährlicher Beleuchtungsenergiebedarf	OSO	Ostsüdost
Lk	Maßnahme Lichtkuppel	PE	Polyethylen
m	Meter	PEB	jährlicher Primärenergiebedarf
m ²	Quadratmeter	PVC	Polyvinylchlorid
m ³	Kubikmeter	RLTEB	jährlicher Raumluftechnikenergiebedarf
N	Maßnahme Neubau	RLT	Raumluftechnik
NE	jährlicher Nutzenergiebedarf	S	Maßnahme Schürze
NERLT-d	jährlicher Nutzenergiebedarf Raumluftechnik Befeuchten	SSO	Südsüdost
NERLT-h	jährlicher Nutzenergiebedarf Raumluftechnik Heizen	TGA	Technische Gebäudeausstattung
NERLT-k	jährlicher Nutzenergiebedarf Raumluftechnik Kühlen	U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient in W/m ² K
NNF	Nettonutzfläche	U _w -Wert	Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters in W/m ² K
NNO	Nordnordost	U _G -Wert	Wärmedurchgangskoeffizient des Glases in W/m ² K
ÖGNI	Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft	V1	Variante 1
		V2	Variante 2

V3	Variante 3
V4	Variante 4
V5	Variante 5
V6	Variante 6
V7	Variante 7
W	Maßnahme Wand
W	Watt
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
WNW	Westnordwest
WSW	Westsüdwest
WWWB	jährlicher Warmwasserwärmebedarf
XPS	Extrudierter Polystyrol

ANHANG

ANHANG A - WEITERE VARIANTEN DER PHASE 1

Variante I-a

HWB*_{ref} 19,13 kWh/m³a
252.977 kWh/a

HWB_{ref} 89,53 kWh/m²a
239.902 kWh/a

HWB_{Standort} 112,74 kWh/m²a
302.087 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- Trapezförmige Vorbauten durch Fensterelemente ersetzen
- Überhöhungen des Dachs der Pausenhalle 1 abbrechen

Variante I-b

HWB*_{ref} 19,21 kWh/m³a
252.889 kWh/a

HWB_{ref} 89,50 kWh/m²a
239.817 kWh/a

HWB_{Standort} 112,70 kWh/m²a
301.987 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- Trapezförmige Vorbauten durch Fensterelemente ersetzen
- Überhöhungen des Dachs der Pausenhalle 2 abbrechen

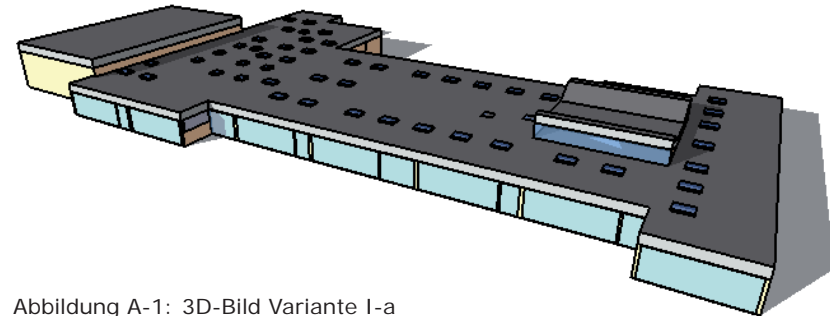


Abbildung A-1: 3D-Bild Variante I-a

Wand transparent	625 m ²	Oberfläche	6.767 m ²
Wand opak	1.353 m ²	Volumen	13.221 m ³
BGF	2.679 m ²	A/V-Verhältnis	0,51

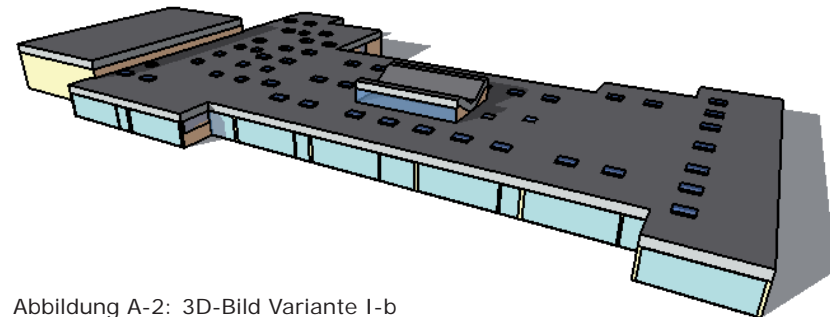


Abbildung A-2: 3D-Bild Variante I-b

Wand transparent	625 m ²	Oberfläche	6.759 m ²
Wand opak	1.345 m ²	Volumen	13.162 m ³
BGF	2.679 m ²	A/V-Verhältnis	0,51

Variante I-c

HWB*_{ref} 19,49²⁶ kWh/m³a
251.833²⁶ kWh/a

HWB_{ref} 89,07 kWh/m²a
238.655 kWh/a

HWB_{Standort} 112,34 kWh/m²a
301.022 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- Trapezförmige Vorbauten durch Fensterelemente ersetzen
- Überhöhungen des Dachs der Pausenhalle 1 und 2 abbrechen

Variante I-d

HWB*_{ref} 18,94 kWh/m³a
254.986 kWh/a

HWB_{ref} 90,16 kWh/m²a
241.585 kWh/a

HWB_{Standort} 113,89 kWh/m²a
305.164 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- Trapezförmige Vorbauten durch Fensterelemente ersetzen
- bei raumhohen Fenstern: Parapet (rundum)

²⁶ Anforderung nach OIB an eine Umfassende Sanierung wird nicht mehr erfüllt

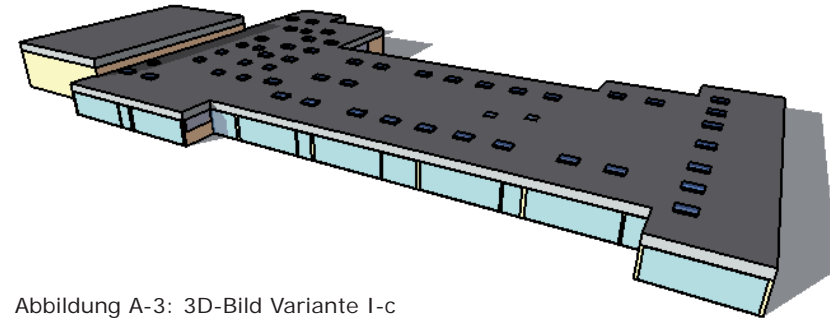


Abbildung A-3: 3D-Bild Variante I-c

Wand transparent	584 m ²	Oberfläche	6.642 m ²
Wand opak	1.240 m ²	Volumen	12.919 m ³
BGF	2.679 m ²	A/V-Verhältnis	0,51

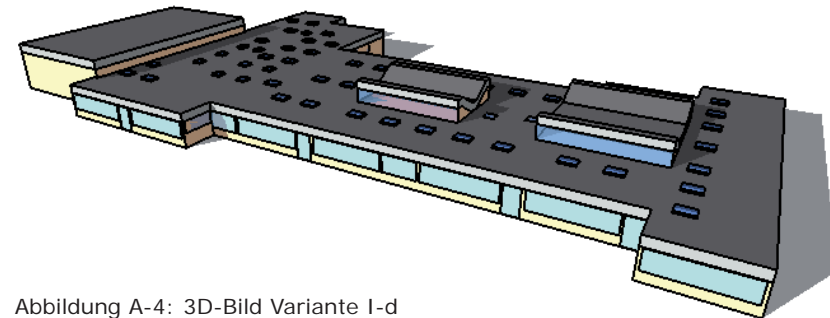


Abbildung A-4: 3D-Bild Variante I-d

Wand transparent	538 m ²	Oberfläche	6.884 m ²
Wand opak	1.458 m ²	Volumen	13.464 m ³
BGF	2.679 m ²	A/V-Verhältnis	0,51

Variante I-e

HWB*_{ref} 18,84 kWh/m³a
253.703 kWh/a

HWB_{ref} 89,78 kWh/m²a
240.562 kWh/a

HWB_{Standort} 113,09 kWh/m²a
303.009 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- Trapezförmige Vorbauten durch Fensterelemente ersetzen
- bei raumhohen Fenstern: Parapet (ONO-seitig)

Variante J-a

HWB*_{ref} 19,42 kWh/m³a
273.580 kWh/a

HWB_{ref} 89,93 kWh/m²a
259.283 kWh/a

HWB_{Standort} 113,49 kWh/m²a
327.220 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- Trapezförmige Vorbauten durch quaderförmige ersetzen
- Überhöhungen des Dachs der Pausenhalle 1 abbrechen

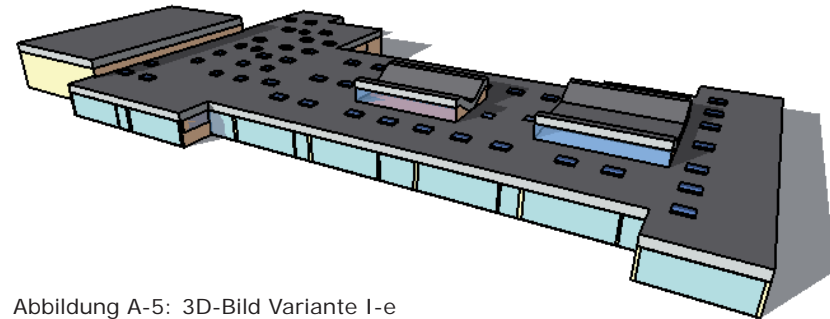


Abbildung A-5: 3D-Bild Variante I-e

Wand transparent	604 m ²	Oberfläche	6.884 m ²
Wand opak	1.458 m ²	Volumen	13.464 m ³
BGF	2.679 m ²	A/V-Verhältnis	0,51

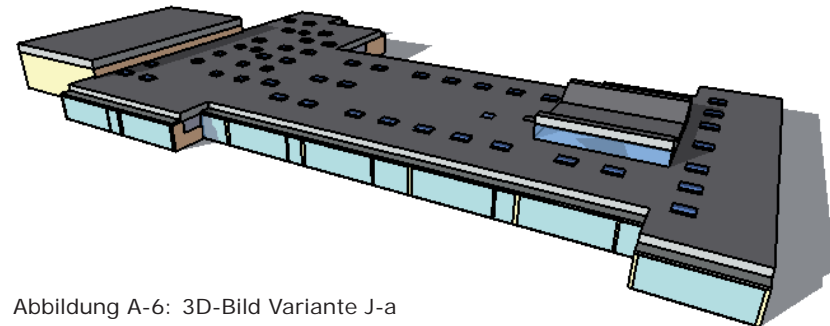


Abbildung A-6: 3D-Bild Variante J-a

Wand transparent	625 m ²	Oberfläche	7.341 m ²
Wand opak	1.377 m ²	Volumen	14.088 m ³
BGF	2.883 m ²	A/V-Verhältnis	0,52

Variante J-b

HWB*_{ref} 19,49 kWh/m³a
273.492 kWh/a

HWB_{ref} 89,90 kWh/m²a
259.198 kWh/a

HWB_{Standort} 113,45 kWh/m²a
327.120 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- Trapezförmige Vorbauten durch quaderförmige ersetzen
- Überhöhungen des Dachs der Pausenhalle 2 abbrechen

Variante J-c

HWB*_{ref} 19,77²⁷ kWh/m³a
272.491²⁷ kWh/a

HWB_{ref} 89,51 kWh/m²a
258.076 kWh/a

HWB_{Standort} 113,14 kWh/m²a
326.232 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- Trapezförmige Vorbauten durch quaderförmige ersetzen
- Überhöhungen des Dachs der Pausenhalle 1 und 2 abbrechen

²⁷ Anforderung nach OIB an eine Umfassende Sanierung wird nicht mehr erfüllt

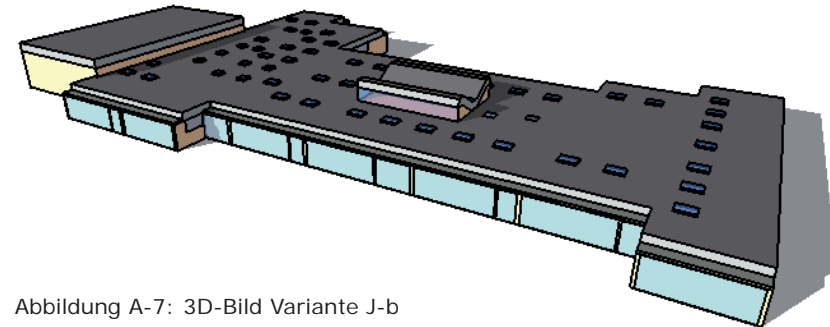


Abbildung A-7: 3D-Bild Variante J-b

Wand transparent	625 m ²	Oberfläche	7.332 m ²
Wand opak	1.368 m ²	Volumen	14.029 m ³
BGF	2.883 m ²	A/V-Verhältnis	0,52

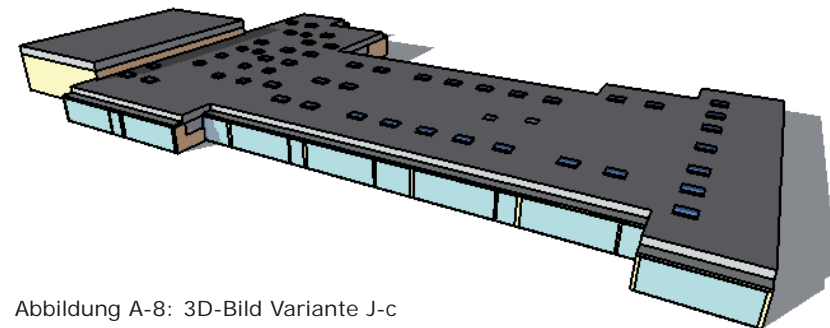


Abbildung A-8: 3D-Bild Variante J-c

Wand transparent	584 m ²	Oberfläche	7.215 m ²
Wand opak	1.263 m ²	Volumen	13.785 m ³
BGF	2.883 m ²	A/V-Verhältnis	0,52

Variante J-d

HWB*_{ref} 19,24 kWh/m³a
275.690 kWh/a

HWB_{ref} 90,53 kWh/m²a
261.032 kWh/a

HWB_{Standort} 114,61 kWh/m²a
330.454 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- Trapezförmige Vorbauten durch quaderförmige ersetzen
- bei raumhohen Fenstern: Parapet (rundum)

Variante K-a

HWB*_{ref} 18,81 kWh/m³a
256.281 kWh/a

HWB_{ref} 89,24 kWh/m²a
242.723 kWh/a

HWB_{Standort} 112,74 kWh/m²a
306.641 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- Trapezförmige Vorbauten teilw. durch Fensterel. ersetzen
- bei raumhohen Fenstern: Parapet (rundum)

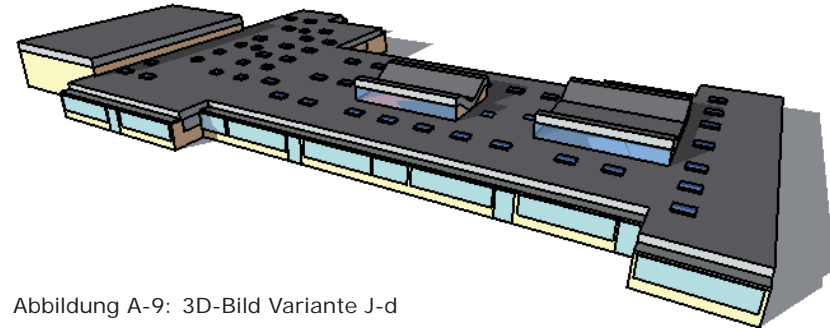


Abbildung A-9: 3D-Bild Variante J-d

Wand transparent	538 m ²	Oberfläche	7.457 m ²
Wand opak	1.482 m ²	Volumen	14.331 m ³
BGF	2.883 m ²	A/V-Verhältnis	0,52

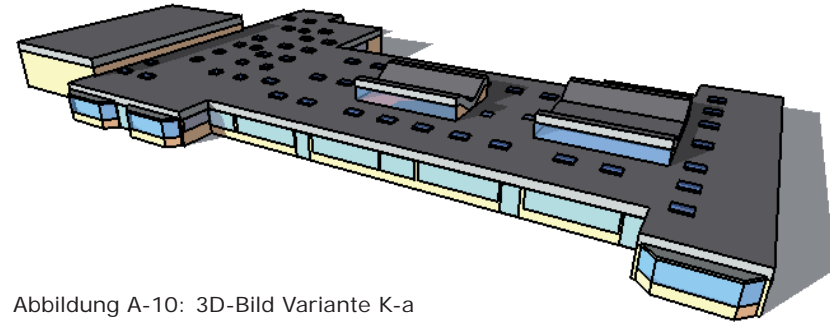


Abbildung A-10: 3D-Bild Variante K-a

Wand transparent	554 m ²	Oberfläche	6.827 m ²
Wand opak	1.285 m ²	Volumen	13.628 m ³
BGF	2.720 m ²	A/V-Verhältnis	0,50

Variante K-b

HWB_{ref}^* 18,70 kWh/m³a
254.822 kWh/a

HWB_{ref} 88,80 kWh/m²a
241.537 kWh/a

$HWB_{Standort}$ 111,86 kWh/m²a
304.237 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- Trapezförmige Vorbauten teilw. durch Fensterel. ersetzen
- bei raumhohen Fenstern: Parapet (ONO-seitig)

Variante K-c

HWB_{ref}^* 18,71 kWh/m³a
254.953 kWh/a

HWB_{ref} 88,85 kWh/m²a
241.663 kWh/a

$HWB_{Standort}$ 111,92 kWh/m²a
304.412 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- Trapezförmige Vorbauten teilw. durch Fensterel. ersetzen
- bei raumhohen Fenstern: Parapet (NNO-, ONO-, OSO-seitig)

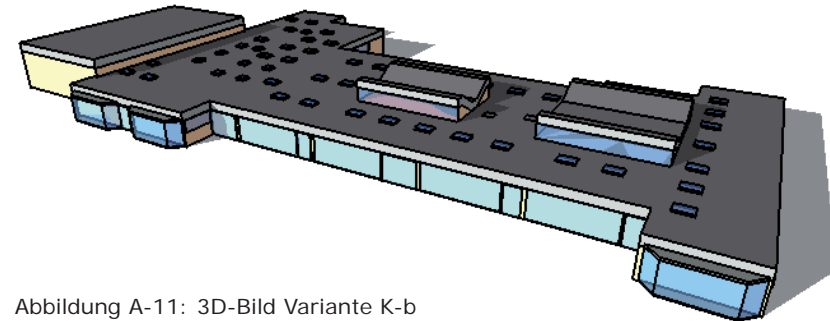


Abbildung A-11: 3D-Bild Variante K-b

Wand transparent	623 m ²	Oberfläche	6.827 m ²
Wand opak	1.285 m ²	Volumen	13.628 m ³
BGF	2.720 m ²	A/V-Verhältnis	0,50

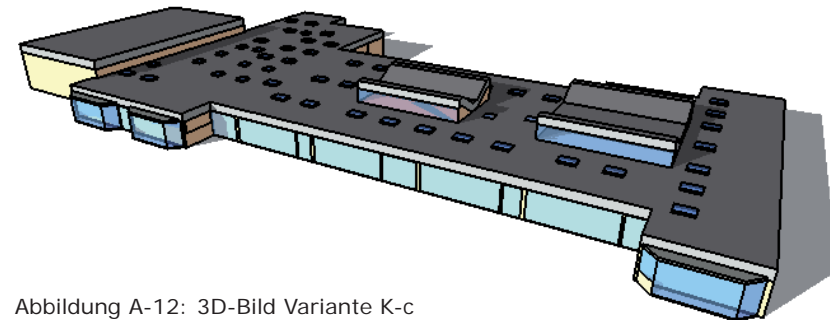


Abbildung A-12: 3D-Bild Variante K-c

Wand transparent	623 m ²	Oberfläche	6.827 m ²
Wand opak	1.285 m ²	Volumen	13.628 m ³
BGF	2.720 m ²	A/V-Verhältnis	0,50

Variante L-a

HWB_{ref}^* 19,07 kWh/m³a
263.943 kWh/a

HWB_{ref} 90,35 kWh/m²a
250.005 kWh/a

$HWB_{Standort}$ 114,24 kWh/m²a
316.104 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- Trapezförmige Vorbauten teilw. durch quaderförmige ersetzen
- bei raumhohen Fenstern: Parapet (NNO-, ONO-, OSO-seitig)

Variante L-b

HWB_{ref}^* 18,97 kWh/m³a
262.623 kWh/a

HWB_{ref} 89,97 kWh/m²a
248.957 kWh/a

$HWB_{Standort}$ 113,44 kWh/m²a
313.893 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- Trapezförmige Vorbauten teilw. durch quaderförmige ersetzen
- bei raumhohen Fenstern: Parapet (NNO-, ONO-, OSO-seitig)

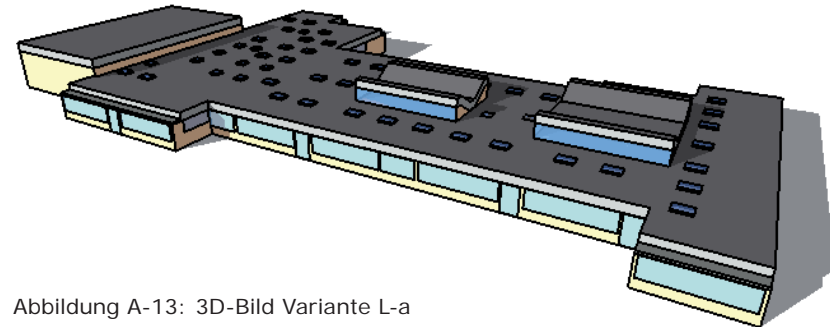


Abbildung A-13: 3D-Bild Variante L-a

Wand transparent	538 m ²	Oberfläche	7.161 m ²
Wand opak	1.504 m ²	Volumen	13.843 m ³
BGF	2.767 m ²	A/V-Verhältnis	0,52

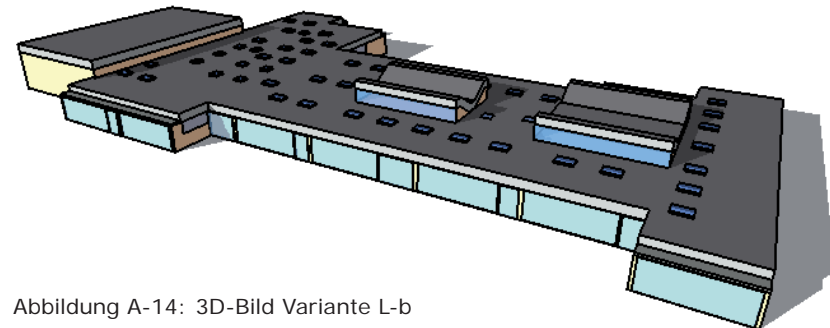


Abbildung A-14: 3D-Bild Variante L-b

Wand transparent	596 m ²	Oberfläche	7.161 m ²
Wand opak	1.504 m ²	Volumen	13.843 m ³
BGF	2.767 m ²	A/V-Verhältnis	0,52

Variante L-c

HWB*_{ref} 18,94 kWh/m³a
262.239 kWh/a

HWB_{ref} 89,85 kWh/m²a
248.615 kWh/a

HWB_{Standort} 113,24 kWh/m²a
313.329 kWh/a

Maßnahmen

- Dämmung Außenwand, Kellerdecke und Dach
- Austausch der Fenster und der Lichtkuppeln
- Rücksprünge bei Eingängen verschließen
- Trapezförmige Vorbauten teilw. durch quaderförmige ersetzen
- bei raumhohen Fenstern: Parapet (NNO-, ONO-, OSO-seitig)

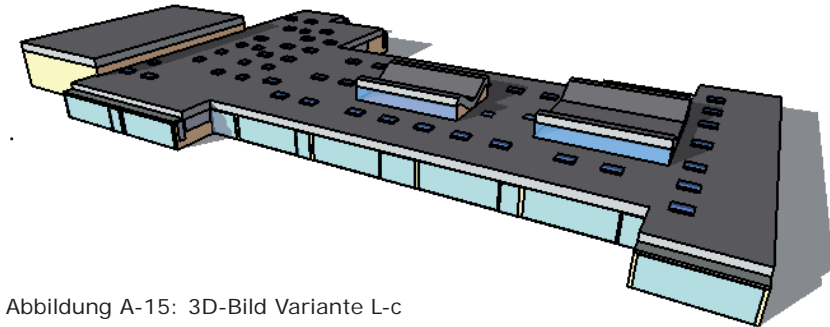


Abbildung A-15: 3D-Bild Variante L-c

Wand transparent	605 m ²	Oberfläche	7.161 m ²
Wand opak	1.504 m ²	Volumen	13.843 m ³
BGF	2.767 m ²	A/V-Verhältnis	0,52

ANHANG B - ENERGIEAUSWEISE

Es werden folgende Energieausweise angeführt:

- Bestand Hauptschule
- Bestand Turnsaal
- Neubauvariante Hauptschule
- LCC-optimierte Sanierungsvariante 5 Hauptschule

ENERGIEAUSWEIS BESTAND HAUPTSCHULE

Gewinne

HS Mitterdorf Bestand SoSchu - Schule

Wirksame Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes

schwere Bauweise

Interne Wärmegewinne

Wärmegewinne Kühlfall	q _{i,c,n} =	7,50 W/m ²
Wärmegewinne Heizfall	q _{i,h,n} =	3,75 W/m ²

Solare Wärmegewinne

Transparente Bauteile	Anzahl	FS	Summe Ag	g	A trans,c	A trans,h
		-	m ²	-	m ²	m ²
Nord-Nord-Ost						
F01 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	7	0,75	25,97	0,670	15,34	11,51
			25,97		15,34	11,51
Ost-Nord-Ost						
F02 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	7	0,75	76,23	0,670	45,04	33,78
F05 Fenster und Außentüren Schule <i>Innenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	1	0,75	7,60	0,670	4,15	3,36
F13 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	2	0,75	36,00	0,670	21,27	15,95
FT04 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	4	0,75	13,52	0,670	7,98	5,99
FT10 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	1	0,75	7,61	0,670	4,49	3,37
			140,96		82,96	62,47
Ost-Süd-Ost						
F01 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	7	0,75	25,97	0,670	15,34	11,51
			25,97		15,34	11,51
Süd-Süd-Ost						
F03 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	3	0,75	14,64	0,670	4,12	6,48
F03 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	2	0,75	9,76	0,670	5,76	4,32
F06 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	1	0,75	2,09	0,670	0,58	0,92
F07a Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	1	0,75	1,25	0,670	0,35	0,55
F07b Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	1	0,75	2,38	0,670	0,67	1,05
F08 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	5	0,75	37,55	0,670	10,59	16,64

Gewinne

HS Mitterdorf Bestand SoSchu - Schule

Transparente Bauteile	Anzahl	FS	Summe Ag	g	A trans,c	A trans,h
		-	m ²	-	m ²	m ²
F09 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	2	0,75	9,94	0,670	2,80	4,40
			77,61		24,90	34,39
Süd-Süd-West						
F01 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	7	0,75	25,97	0,670	15,34	11,51
			25,97		15,34	11,51
West-Süd-West						
F02 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	7	0,75	76,23	0,670	45,04	33,78
F05 Fenster und Außentüren Schule <i>Innenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	2	0,75	15,20	0,670	7,75	6,73
F13 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	2	0,75	36,00	0,670	21,27	15,95
FT04 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	4	0,75	13,52	0,670	7,98	5,99
			140,95		82,06	62,46
West-Nord-West						
F01 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	7	0,75	25,97	0,670	15,34	11,51
			25,97		15,34	11,51
Nord-Nord-West						
F08 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	2	0,75	15,02	0,670	8,87	6,65
F09 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	1	0,75	4,97	0,670	2,93	2,20
F11 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	1	0,75	2,48	0,670	1,46	1,09
FT12 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	1	0,75	2,01	0,670	1,18	0,89
			24,48		14,46	10,84
Horizontal						
AF Lichtkuppeln Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	1	0,75	78,40	0,670	46,32	34,74
			78,40		46,32	34,74
Heizen		Aw	Qs, h			
		m ²	kWh/a			
Nord-Nord-Ost		41,93	4.867			
Ost-Nord-Ost		219,87	35.389			
Ost-Süd-Ost		41,93	8.492			
Süd-Süd-Ost		92,80	28.932			
Süd-Süd-West		41,93	9.681			
West-Süd-West		219,88	46.092			
West-Nord-West		41,93	6.519			
Nord-Nord-West		30,35	4.588			
Horizontal		112,00	37.790			
		842,62	182.354			

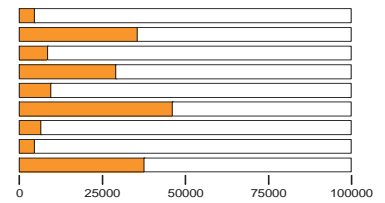
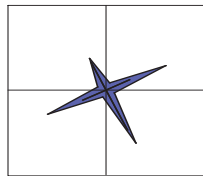
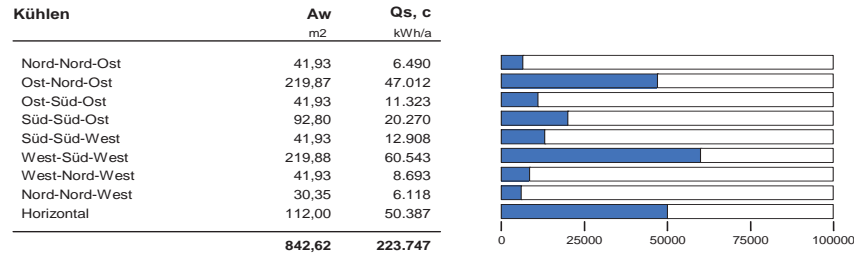


Abbildung B-1: Energieausweis Hauptschule 3/19

Abbildung B-2: Energieausweis Hauptschule 4/19

Gewinne

HS Mitterdorf Bestand SoSchu - Schule



Orientierungsdiagramm

Das Diagramm zeigt die Orientierungen und Flächen von opaken und transparenten Bauteilen

□ opak
■ transparent

Strahlungsintensitäten

Mitterdorf im Mürtal, 585 m

	S kWh/m ²	SO/SW kWh/m ²	O/W kWh/m ²	NO/NW kWh/m ²	N kWh/m ²	H kWh/m ²
Jan.	54,73	42,65	23,45	14,92	13,86	35,54
Feb.	70,45	57,03	35,22	22,36	20,13	55,91
Mär.	83,78	73,30	54,98	35,78	28,79	87,27
Apr.	79,04	77,91	67,75	50,81	39,52	112,92
Mai	79,37	85,14	83,70	66,38	51,95	144,31
Jun.	69,37	79,28	80,69	67,95	53,79	141,57
Jul.	75,37	84,24	85,72	69,46	54,68	147,79
Aug.	81,86	85,82	79,22	59,42	43,57	132,04
Sep.	82,91	75,91	61,93	43,95	35,96	99,89
Okt.	76,31	63,70	42,46	26,54	22,56	66,35
Nov.	55,92	43,83	24,56	15,49	14,73	37,79
Dez.	44,44	34,24	17,51	10,98	10,45	26,14

Abbildung B-3: Energieausweis Hauptschule 5/19

Leitwerte

HS Mitterdorf Bestand SoSchu - Schule

Gebäude

... gegen Außen	Le	3.376,66	
... über Unbeheizt	Lu	0,00	
... über das Erdreich	Lg	2.475,41	
... Leitwertzuschlag für linienförmige und punktförmige Wärmebrücken		337,66	
Transmissionsleitwert der Gebäudehülle	LT	6.189,74	W/K
Lüftungsleitwert	LV	848,41	W/K
Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient	Um	0,895	W/m ² K

... gegen Außen, über Unbeheizt und das Erdreich

Bauteile gegen Außenluft

	m ²	W/m ² K	f	fH	W/K
Nord, 30° geneigt					
D02 Dach Schule	162,26	0,641	1,0		104,01
Summe	162,26				104,01

Nord-Nord-Ost

F01 Fenster und Außentüren Schule	41,93	1,530	1,0		64,15
W02 Aussenwand Schule	1,62	0,430	1,0		0,70
W03 Aussenwand Schule gegen Erde	2,18	0,557	0,8		0,97
Summe	45,73				65,82

Ost-Nord-Ost

F02 Fenster und Außentüren Schule	132,72	1,530	1,0		203,06
F05 Fenster und Außentüren Schule	12,11	1,530	1,0		18,53
F13 Fenster und Außentüren Schule	40,86	1,530	1,0		62,52
FT04 Fenster und Außentüren Schule	22,08	1,530	1,0		33,78
FT10 Fenster und Außentüren Schule	12,10	1,530	1,0		18,51
W02 Aussenwand Schule	132,69	0,430	1,0		57,06
W03 Aussenwand Schule gegen Erde	10,20	0,557	0,8		4,55
Summe	362,76				398,01

Ost-Süd-Ost

F01 Fenster und Außentüren Schule	41,93	1,530	1,0		64,15
W02 Aussenwand Schule	1,62	0,430	1,0		0,70
W03 Aussenwand Schule gegen Erde	2,18	0,557	0,8		0,97
Summe	45,73				65,82

Süd-Süd-Ost

F03 Fenster und Außentüren Schule	17,28	1,530	1,0		26,44
F03 Fenster und Außentüren Schule	11,52	1,530	1,0		17,63
F06 Fenster und Außentüren Schule	2,58	1,530	1,0		3,95
F07a Fenster und Außentüren Schule	1,69	1,530	1,0		2,59
F07b Fenster und Außentüren Schule	3,06	1,530	1,0		4,68
F08 Fenster und Außentüren Schule	44,65	1,530	1,0		68,31
F09 Fenster und Außentüren Schule	12,02	1,530	1,0		18,39
W02 Aussenwand Schule	275,40	0,430	1,0		118,42
W03 Aussenwand Schule gegen Erde	12,12	0,557	0,8		5,40
Summe	380,32				265,81

Süd-Süd-West

F01 Fenster und Außentüren Schule	41,93	1,530	1,0		64,15
-----------------------------------	-------	-------	-----	--	-------

Abbildung B-4: Energieausweis Hauptschule 6/19

Leitwerte

HS Mitterdorf Bestand SoSchu - Schule

Süd-Süd-West

W02	Aussenwand Schule	1,62	0,430	1,0	0,70
W03	Aussenwand Schule gegen Erde	2,18	0,557	0,8	0,97
		45,73			65,82

West-Süd-West

F02	Fenster und Außentüren Schule	132,72	1,530	1,0	203,06
F05	Fenster und Außentüren Schule	24,22	1,530	1,0	37,06
F13	Fenster und Außentüren Schule	40,86	1,530	1,0	62,52
FT04	Fenster und Außentüren Schule	22,08	1,530	1,0	33,78
W02	Aussenwand Schule	132,68	0,430	1,0	57,05
W03	Aussenwand Schule gegen Erde	10,20	0,557	0,8	4,55
		362,76			398,02

West-Nord-West

F01	Fenster und Außentüren Schule	41,93	1,530	1,0	64,15
W02	Aussenwand Schule	1,62	0,430	1,0	0,70
W03	Aussenwand Schule gegen Erde	2,18	0,557	0,8	0,97
		45,73			65,82

Nord-Nord-West

F08	Fenster und Außentüren Schule	17,86	1,530	1,0	27,33
F09	Fenster und Außentüren Schule	6,01	1,530	1,0	9,20
F11	Fenster und Außentüren Schule	3,06	1,530	1,0	4,68
FT12	Fenster und Außentüren Schule	3,42	1,530	1,0	5,23
W02	Aussenwand Schule	189,67	0,430	1,0	81,56
W03	Aussenwand Schule gegen Erde	7,41	0,557	0,8	3,30
		227,43			131,30

Horizontal

D02	Dach Schule	2.303,27	0,641	1,0	1.476,40
D03	Dach Vorbauten	127,68	0,200	1,0	25,54
AF	Lichtkuppeln Schule	112,00	3,000	1,0	336,00
FB03	Fußboden Schule gegen KG	149,30	1,074	0,7	112,24
FB02	Fußboden Schule gegen Erde	2.545,65	1,314	0,7	2.341,49
		5.237,90			4.291,67

... Leitwertzuschlag für linienförmige und punktförmige Wärmebrücken

Leitwerte über Wärmebrücken

Wärmebrücken pauschal **337,66 W/K**

Leitwerte

HS Mitterdorf Bestand SoSchu - Schule

... über Lüftung

Lüftungsleitwert

Fensterlüftung

848,41 W/K

keine Nachtlüftung

Lüftungsvolumen VL = 5.605,49 m³
 Hygienisch erforderliche Luftwechselrate nL = 1,20 1/h
 Luftwechselrate Nachlüftung nL,NL = 1,50 1/h

Monate	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
n L,m,h	0,445	0,428	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445
n L,m,c	0,445	0,428	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445

Abbildung B-5: Energieausweis Hauptschule 7/19

Abbildung B-6: Energieausweis Hauptschule 8/19

Monatsbilanz Heizwärmebedarf, Referenzklima

HS Mitterdorf Bestand SoSchu - Schule

Volumen beheizt, BRI: 12152,67 m3
 Geschoßfläche, BGF: 2694,95 m2

schwere Bauweise
 Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürtzal, 585 m
 Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q h kWh
Jan.	-1,53	99.149	13.590	1,000	6.090	8.871	97.779
Feb.	0,73	80.154	10.577	0,999	9.798	7.911	73.021
Mär.	4,81	69.953	9.588	0,996	14.598	8.836	56.106
Apr.	9,62	46.260	6.267	0,971	17.809	8.302	26.416
Mai	14,20	26.710	3.661	0,783	18.381	6.943	5.047
Jun.	17,33	11.899	1.612	0,418	9.733	3.572	207
Jul.	19,12	4.053	555	0,139	3.377	1.230	1
Aug.	18,56	6.631	909	0,246	5.347	2.178	15
Sep.	15,03	22.149	3.001	0,806	13.528	6.897	4.725
Okt.	9,64	47.710	6.539	0,989	11.808	8.777	33.664
Nov.	4,16	70.593	9.564	0,999	6.325	8.549	65.283
Dez.	0,19	91.228	12.505	1,000	4.826	8.871	90.036
Summe		576.488	78.369		121.619	80.938	452.299 kWh

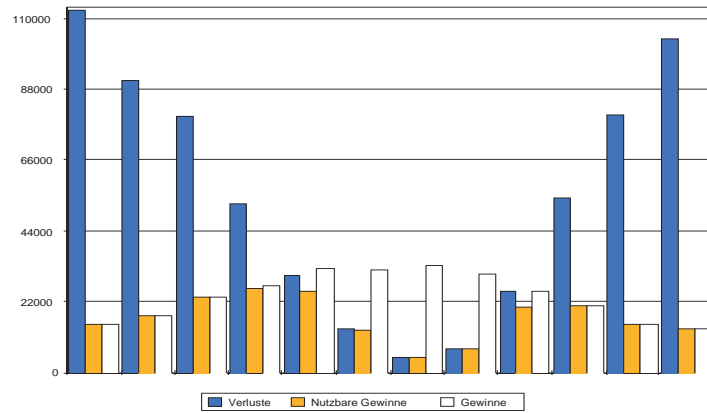


Abbildung B-7: Energieausweis Hauptschule 9/19

Monatsbilanz Heizwärmebedarf, Standort

HS Mitterdorf Bestand SoSchu - Schule

Volumen beheizt, BRI: 12152,67 m3
 Geschoßfläche, BGF: 2694,95 m2

schwere Bauweise
 Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürtzal, 585 m
 Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	HT d	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q h kWh
Jan.	-3,60	31	108.698	14.899	1,000	7.637	7.461	108.499
Feb.	-1,41	28	89.073	11.754	1,000	10.878	6.688	83.262
Mär.	2,47	31	80.686	11.060	0,998	15.400	7.446	68.900
Apr.	7,03	30	57.789	7.829	0,989	18.267	7.122	40.229
Mai	11,71	31	38.162	5.231	0,927	20.537	6.920	15.936
Jun.	14,64	10	23.881	3.235	0,789	16.773	5.686	4.657
Jul.	16,40		16.539	2.267	0,595	13.274	4.443	1.089
Aug.	15,96	3	18.586	2.548	0,675	14.128	5.039	1.966
Sep.	12,92	30	31.525	4.271	0,930	15.780	6.697	13.318
Okt.	7,76	31	56.354	7.724	0,995	12.435	7.425	44.217
Nov.	1,94	30	80.460	10.901	1,000	7.930	7.202	76.228
Dez.	-2,54	31	103.842	14.234	1,000	5.901	7.461	104.714
Summe		286	705.595	95.952		158.940	79.592	563.015 kWh

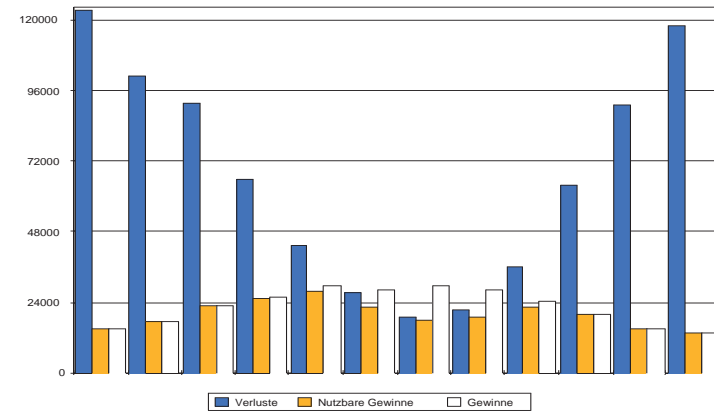


Abbildung B-8: Energieausweis Hauptschule 10/19

Monatsbilanz Heizwärmebedarf, Referenzklima

HS Mitterdorf Bestand SoSchu - Schule

Volumen beheizt, BRI: 12152,67 m³
 Geschoßfläche, BGF: 2694,95 m²

schwere Bauweise
 Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürtzal, 585 m
 Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	HT d	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q h kWh
Jan.	-1,53		99.149	12.212	1,000	6.091	6.015	99.256
Feb.	0,73		80.154	9.872	1,000	9.802	5.431	74.793
Mär.	4,81		69.953	8.616	0,998	14.622	6.000	57.946
Apr.	9,62		46.260	5.697	0,979	17.971	5.701	28.285
Mai	14,20		26.710	3.290	0,817	19.194	4.916	5.889
Jun.	17,33		11.899	1.466	0,450	10.484	2.618	262
Jul.	19,12		4.053	499	0,150	3.650	901	1
Aug.	18,56		6.631	817	0,267	5.821	1.608	20
Sep.	15,03		22.149	2.728	0,847	14.215	4.932	5.730
Okt.	9,64		47.710	5.876	0,994	11.861	5.978	35.746
Nov.	4,16		70.593	8.694	1,000	6.327	5.819	67.141
Dez.	0,19		91.228	11.236	1,000	4.827	6.015	91.623
			576.488	71.002		124.864	55.933	466.692 kWh

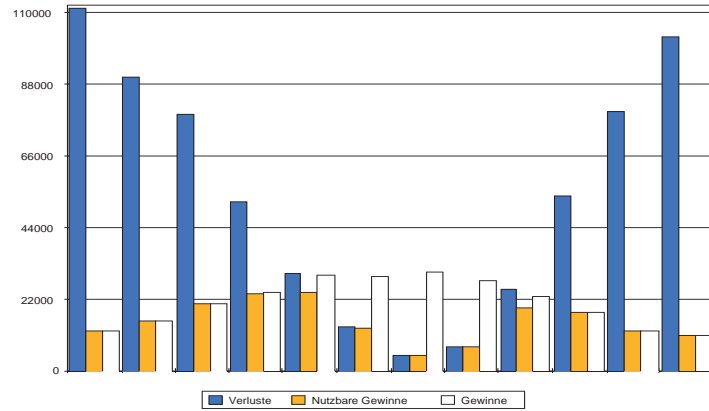


Abbildung B-9: Energieausweis Hauptschule 11/19

Monatsbilanz Kühlbedarf, Standort

HS Mitterdorf Bestand SoSchu - Schule

Volumen beheizt, BRI: 12152,67 m³
 Geschoßfläche, BGF: 2694,95 m²

schwere Bauweise
 Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürtzal, 585 m
 Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q c kWh
Jan.	-3,60	136.329	18.686	1,000	8.976	14.920	10
Feb.	-1,41	114.030	15.047	0,999	12.928	13.370	34
Mär.	2,47	108.317	14.847	0,997	18.616	14.880	139
Apr.	7,03	84.529	11.452	0,989	22.615	14.250	582
Mai	11,71	65.793	9.018	0,958	26.517	14.301	2.492
Jun.	14,64	50.620	6.858	0,917	24.460	13.216	4.766
Jul.	16,40	44.170	6.054	0,867	24.215	12.945	7.953
Aug.	15,96	46.217	6.335	0,895	23.268	13.357	6.016
Sep.	12,92	58.265	7.894	0,966	20.138	13.927	1.656
Okt.	7,76	83.985	11.512	0,995	14.877	14.849	209
Nov.	1,94	107.200	14.523	0,999	9.342	14.399	26
Dez.	-2,54	131.473	18.021	1,000	6.888	14.920	7
		1.030.928	140.247		212.840	169.333	23.891 kWh

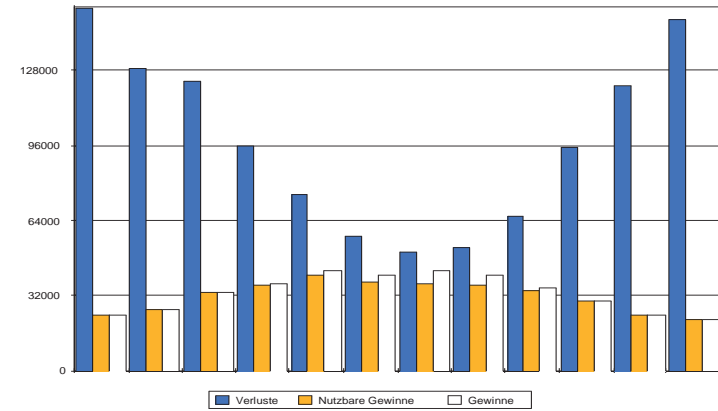


Abbildung B-10: Energieausweis Hauptschule 12/19

Monatsbilanz Kühlbedarf, Referenzklima

HS Mitterdorf Bestand SoSchu - Schule

Volumen beheizt, BRl: 12152,67 m³
 Geschoßfläche, BGF: 2694,95 m²

schwere Bauweise
 Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürtzal, 585 m
 Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Os kWh	eta Qi kWh	Q c kWh
Jan.	-1,53	126.780	5.855	1,000	7.239	-	-
Feb.	0,73	105.111	4.855	1,000	11.727	-	1
Mär.	4,81	97.584	4.507	1,000	17.741	-	8
Apr.	9,62	72.999	3.372	0,997	22.634	-	93
Mai	14,20	54.341	2.510	0,975	28.568	-	1.020
Jun.	17,33	38.639	1.785	0,923	26.985	-	3.144
Jul.	19,12	31.684	1.463	0,851	25.968	-	6.369
Aug.	18,56	34.262	1.582	0,913	24.680	-	3.294
Sep.	15,03	48.889	2.258	0,990	20.390	-	284
Okt.	9,64	75.341	3.480	1,000	14.330	-	7
Nov.	4,16	97.332	4.495	1,000	7.513	-	-
Dez.	0,19	118.859	5.490	1,000	5.678	-	-
		901.821	41.651		213.452	-	14.220 kWh

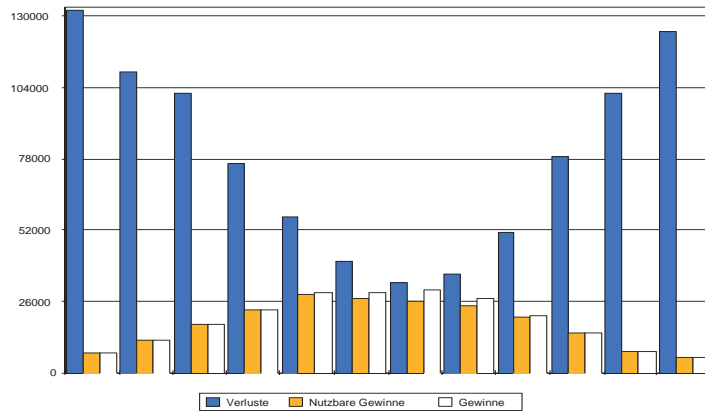


Abbildung B-11: Energieausweis Hauptschule 13/19

Bauteilliste

HS Mitterdorf Bestand SoSchu

D02	Dach Schule	Bestand		
AD	O-U	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
1	Sand, Kies jeweils lufttrocken	0,0500	0,700	0,071
2	Vlies (PE)	0,0030	0,500	0,006
3	Villas Polymerbitumenbahnen Flachdach	0,0020	0,170	0,012
4	Vlies (PE)	0,0030	0,500	0,006
5	Polyurethan-Hartschaumplatten	0,0400	0,033	1,212
6	Vlies (PE)	0,0020	0,500	0,004
7	Magerbeton / Schütt- und Stampfbeton / Aufbeton	0,0800	1,330	0,060
8	Stahlbeton	0,1200	2,500	0,048
Wärmeübergangswiderstände		0,3000	RT =	1,559
			U =	0,641

D03	Dach Vorbauten	Bestand		
AD	O-U	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
1	Bestand	0,2000	0,041	4,860
Wärmeübergangswiderstände				0,140
		0,2000	RT =	5
			U =	0,200

F01	Fenster und Außentüren Schule	Bestand					
AF		Länge m	psi W/m	g -	Fläche m ²	%	U W/m ² K
	Verglasung			0,670	3,71	61,90	
	Rahmen				2,28	38,10	
	Glasrandverbund	16,18					
				vorh.	5,99		1,53

F02	Fenster und Außentüren Schule	Bestand					
AF		Länge m	psi W/m	g -	Fläche m ²	%	U W/m ² K
	Verglasung			0,670	10,89	57,40	
	Rahmen				8,07	42,60	
	Glasrandverbund	54,79					
				vorh.	18,96		1,53

Abbildung B-12: Energieausweis Hauptschule 14/19

Bauteilliste

HS Mitterdorf Bestand SoSchu

F03 Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	4,88	84,70	
Rahmen				0,88	15,30	
Glasrandverbund	15,32					
			vorh.	5,76		1,53

F05 Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	7,60	62,80	
Rahmen				4,51	37,20	
Glasrandverbund	39,00					
			vorh.	12,11		1,53

F06 Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	2,09	81,00	
Rahmen				0,49	19,00	
Glasrandverbund	10,76					
			vorh.	2,58		1,53

F07a Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	1,25	74,00	
Rahmen				0,44	26,00	
Glasrandverbund	6,85					
			vorh.	1,69		1,53

Bauteilliste

HS Mitterdorf Bestand SoSchu

F07b Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	2,38	77,80	
Rahmen				0,68	22,20	
Glasrandverbund	8,75					
			vorh.	3,06		1,53

F08 Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	7,51	84,10	
Rahmen				1,42	15,90	
Glasrandverbund	26,98					
			vorh.	8,93		1,53

F09 Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	4,97	82,70	
Rahmen				1,04	17,30	
Glasrandverbund	17,99					
			vorh.	6,01		1,53

F11 Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	2,48	81,00	
Rahmen				0,58	19,00	
Glasrandverbund	8,99					
			vorh.	3,06		1,53

Abbildung B-13: Energieausweis Hauptschule 15/19

Abbildung B-14: Energieausweis Hauptschule 16/19

Bauteilliste

HS Mitterdorf Bestand SoSchu

F13 Fenster und Außentüren Schule Bestand

	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	18,00	88,10	
Rahmen				2,43	11,90	
Glasrandverbund	51,03					
			vorh.	20,43		1,53

FT04 Fenster und Außentüren Schule Bestand

	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	3,38	61,20	
Rahmen				2,14	38,80	
Glasrandverbund	19,84					
			vorh.	5,52		1,53

FT10 Fenster und Außentüren Schule Bestand

	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	7,61	62,90	
Rahmen				4,49	37,10	
Glasrandverbund	43,20					
			vorh.	12,10		1,53

FT12 Fenster und Außentüren Schule Bestand

	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	2,01	58,80	
Rahmen				1,41	41,20	
Glasrandverbund	11,38					
			vorh.	3,42		1,53

Abbildung B-15: Energieausweis Hauptschule 17/19

Bauteilliste

HS Mitterdorf Bestand SoSchu

W02 Aussenwand Schule Bestand

	AW	A-I	d [m]	λ [W/mK]	R [m2K/W]
			1	RÖFIX Silikatputz	0,0100
2	Polystyrol (EPS f. Wärmedämmverbundsysteme WDVS)	0,0200	0,040	0,500	
3	Stahlbeton	0,1200	2,500	0,048	
4	Sto-Mineralwolle-Dämmplatte	0,0600	0,040	1,500	
5	Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,0020	0,500	0,004	
6	Stahlbeton	0,1200	2,500	0,048	
7	SLP-it.	0,0150	0,350	0,043	
Wärmeübergangswiderstände					0,170
				0,3470	RT = 2,327
					U = 0,430

AF Lichtkuppeln Schule Bestand

	DF	Länge	psi	g	Fläche	%	U
		m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung				0,670	1,27	70,00	
Rahmen					0,55	30,00	
Glasrandverbund	5,46						
			vorh.	1,82			3,00

FB03 Fußboden Schule gegen KG Bestand

	DGK	U-O	d [m]	λ [W/mK]	R [m2K/W]
			1	PVC-Belag	0,0100
2	Zementestrich	0,0550	1,700	0,032	
3	Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,0020	0,500	0,004	
4	Heraklith-BM	0,0350	0,093	0,376	
5	Bitumen	0,0030	0,230	0,013	
6	Magerbeton / Schütt- und Stampfbeton / Aufbeton	0,1500	1,330	0,113	
Wärmeübergangswiderstände					0,340
				0,2550	RT = 0,931
					U = 1,074

Abbildung B-16: Energieausweis Hauptschule 18/19

Bauteilliste

HS Mitterdorf Bestand SoSchu

FB02 Fußboden Schule gegen Erde		Bestand		
EBu	U-O			
		d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
1	PVC-Belag	0,0100	0,190	0,053
2	Zementestrich	0,0550	1,700	0,032
3	Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,0020	0,500	0,004
4	Heraklith-BM	0,0350	0,093	0,376
5	Bitumen	0,0030	0,230	0,013
6	Magerbeton / Schütt- und Stampfbeton / Aufbeton	0,1500	1,330	0,113
Wärmeübergangswiderstände				0,170
		0,2550	RT =	0,761
			U =	1,314

W03 Aussenwand Schule gegen Erde		Bestand		
EWu	A-I			
		d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
1	Bitumen	0,0050	0,230	0,022
2	Stahlbeton	0,1200	2,500	0,048
3	Sto-Mineralwolle-Dämmplatte	0,0600	0,040	1,500
4	Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,0020	0,500	0,004
5	Stahlbeton	0,1200	2,500	0,048
6	SLP-It.	0,0150	0,350	0,043
Wärmeübergangswiderstände				0,130
		0,3220	RT =	1,795
			U =	0,557

ENERGIEAUSWEIS BESTAND TURNSAAL

Gewinne

HS Mitterdorf - Turnsaal - Turnsaal

Wirksame Wärmespeicherefähigkeit des Gebäudes

schwere Bauweise

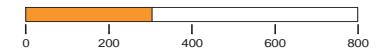
Interne Wärmegewinne

Wärmegewinne Kühlfall	qi,c,n =	7,50 W/m ²
Wärmegewinne Heizfall	qi,h,n =	7,50 W/m ²

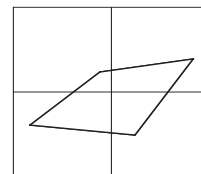
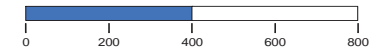
Solare Wärmegewinne

Transparente Bauteile	Anzahl	FS	Summe Ag m ²	g	A trans,c m ²	A trans,h m ²
Nord-Nord-West						
AF Fenster Turnsaal <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	1	0,75	1,62	0,670	0,95	0,71
			1,62		0,95	0,71

Heizen	Aw m ²	Qs, h kWh/a
Nord-Nord-West	2,32	304
	2,32	304



Kühlen	Aw m ²	Qs, c kWh/a
Nord-Nord-West	2,32	405
	2,32	405



Orientierungsdiagramm

Das Diagramm zeigt die Orientierungen und Flächen von opaken und transparenten Bauteilen

- opak
- transparent

Abbildung B-17: Energieausweis Hauptschule 19/19

Abbildung B-18: Energieausweis Turnsaal 3/13

Gewinne

HS Mitterdorf - Turnsaal - Turnsaal

Strahlungsintensitäten

Mitterdorf im Mürtal, 585 m

	S	SO/SW	O/W	NO/NW	N	H
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Jan.	54,73	42,65	23,45	14,92	13,86	35,54
Feb.	70,45	57,03	35,22	22,36	20,13	55,91
Mär.	83,78	73,30	54,98	35,78	28,79	87,27
Apr.	79,04	77,91	67,75	50,81	39,52	112,92
Mai	79,37	85,14	83,70	66,38	51,95	144,31
Jun.	69,37	79,28	80,69	67,95	53,79	141,57
Jul.	75,37	84,24	85,72	69,46	54,68	147,79
Aug.	81,86	85,82	79,22	59,42	43,57	132,04
Sep.	82,91	75,91	61,93	43,95	35,96	99,89
Okt.	76,31	63,70	42,46	26,54	22,56	66,35
Nov.	55,92	43,83	24,56	15,49	14,73	37,79
Dez.	44,44	34,24	17,51	10,98	10,45	26,14

Leitwerte

HS Mitterdorf - Turnsaal - Turnsaal

Gebäude

... gegen Außen	Le	421,31	
... über Unbeheizt	Lu	0,00	
... über das Erdreich	Lg	310,45	
... Leitwertzuschlag für linienförmige und punktförmige Wärmebrücken		42,13	
Transmissionsleitwert der Gebäudehülle	LT	773,90	W/K
Lüftungsleitwert	LV	459,44	W/K
Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient	Um	0,652	W/m ² K

... gegen Außen, über Unbeheizt und das Erdreich

Bauteile gegen Außenluft

		m ²	W/m ² K	f	fH	W/K
Ost-Nord-Ost						
W01	Aussenwand Turnsaal	105,86	0,430	1,0		45,52
		105,86				45,52
Süd-Süd-Ost						
W01	Aussenwand Turnsaal	65,10	0,430	1,0		27,99
		65,10				27,99
West-Süd-West						
W01	Aussenwand Turnsaal	105,86	0,430	1,0		45,52
		105,86				45,52
Nord-Nord-West						
AF	Fenster Turnsaal	2,32	1,530	1,0		3,55
W01	Aussenwand Turnsaal	29,47	0,430	1,0		12,67
		31,79				16,22
Horizontal						
D01	Dach Turnsaal	445,58	0,642	1,0		286,06
FB01	Fußboden Turnsaal	433,11	1,024	0,7		310,45
		878,69				596,51

... Leitwertzuschlag für linienförmige und punktförmige Wärmebrücken

Leitwerte über Wärmebrücken

Wärmebrücken pauschal		42,13	W/K
-----------------------	--	-------	-----

Abbildung B-19: Energieausweis Turnsaal 4/13

Abbildung B-20: Energieausweis Turnsaal 5/13

Leitwerte

HS Mitterdorf - Turnsaal - Turnsaal

... über Lüftung

Lüftungsleitwert

Fensterlüftung

keine Nachtlüftung

459,44 W/K

Lüftungsvolumen VL = 900,86 m³
 Hygienisch erforderliche Luftwechselrate nL = 3,00 1/h
 Luftwechselrate Nachlüftung nL,NL = 1,50 1/h

Monate	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
n L,m,h	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
n L,m,c	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500

Monatsbilanz Heizwärmebedarf, Referenzklima

HS Mitterdorf - Turnsaal - Turnsaal

Volumen beheizt, BRl: 2936,59 m³
 Geschoßfläche, BGF: 433,11 m²

schwere Bauweise
 Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürtzal, 585 m
 Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q h kWh
Jan.	-1,53	12.397	7.360	1,000	9	2.879	16.867
Feb.	0,73	10.022	5.950	1,000	15	2.600	13.355
Mär.	4,81	8.746	5.192	1,000	22	2.879	11.038
Apr.	9,62	5.784	3.434	0,999	31	2.783	6.403
Mai	14,20	3.340	1.983	0,983	44	2.829	2.450
Jun.	17,33	1.488	883	0,761	36	2.121	214
Jul.	19,12	507	301	0,276	13	794	1
Aug.	18,56	829	492	0,450	16	1.296	10
Sep.	15,03	2.769	1.644	0,967	26	2.695	1.692
Okt.	9,64	5.965	3.541	0,999	17	2.876	6.613
Nov.	4,16	8.826	5.240	1,000	10	2.786	11.271
Dez.	0,19	11.406	6.772	1,000	7	2.879	15.292
		72.078	42.790		246	29.418	85.204 kWh

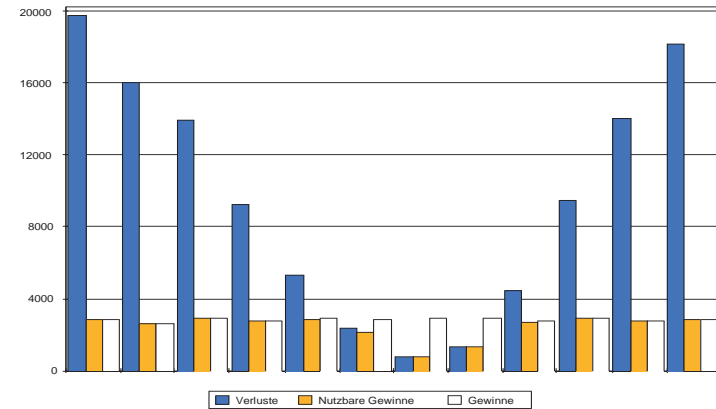


Abbildung B-21: Energieausweis Turnsaal 6/13

Abbildung B-22: Energieausweis Turnsaal 7/13

Monatsbilanz Heizwärmebedarf, Standort

HS Mitterdorf - Turnsaal - Turnsaal

Volumen beheizt, BRI: 2936,59 m³
 Geschoßfläche, BGF: 433,11 m²

schwere Bauweise
 Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürtzal, 585 m
 Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	HT d	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q h kWh
Jan.	-3,60	31	13.591	8.068	1,000	10	2.245	19.404
Feb.	-1,41	28	11.137	6.612	1,000	14	2.028	15.706
Mär.	2,47	31	10.088	5.989	1,000	22	2.245	13.810
Apr.	7,03	30	7.225	4.289	1,000	32	2.173	9.311
Mai	11,71	31	4.771	2.833	0,999	42	2.243	5.319
Jun.	14,64	30	2.986	1.773	0,992	42	2.155	2.561
Jul.	16,40	31	2.068	1.228	0,954	42	2.142	1.112
Aug.	15,96	31	2.324	1.380	0,972	35	2.181	1.487
Sep.	12,92	30	3.942	2.340	0,998	27	2.168	4.086
Okt.	7,76	31	7.046	4.183	1,000	17	2.245	8.967
Nov.	1,94	30	10.060	5.972	1,000	11	2.173	13.849
Dez.	-2,54	31	12.983	7.708	1,000	8	2.245	18.438
		365	88.220	52.373		300	26.243	114.050 kWh

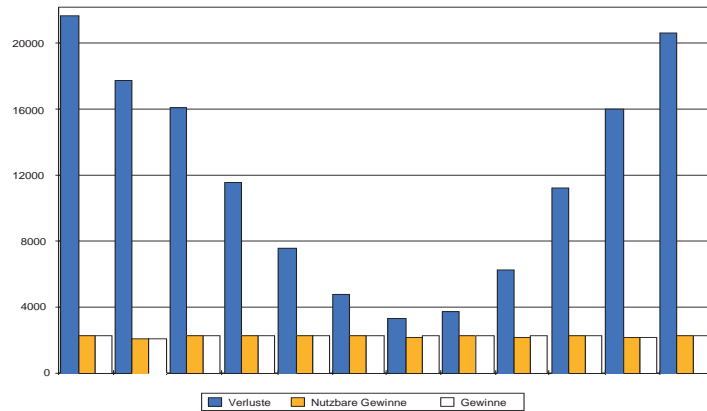


Abbildung B-23: Energieausweis Turnsaal 8/13

Monatsbilanz Heizwärmebedarf, Referenzklima

HS Mitterdorf - Turnsaal - Turnsaal

Volumen beheizt, BRI: 2936,59 m³
 Geschoßfläche, BGF: 433,11 m²

schwere Bauweise
 Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürtzal, 585 m
 Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	HT d	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q h kWh
Jan.	-1,53		12.397	1.963	1,000	9	967	13.383
Feb.	0,73		10.022	1.587	1,000	15	873	10.720
Mär.	4,81		8.746	1.385	1,000	22	967	9.142
Apr.	9,62		5.784	916	1,000	31	936	5.733
Mai	14,20		3.340	529	1,000	44	967	2.857
Jun.	17,33		1.488	236	0,992	47	928	748
Jul.	19,12		507	80	0,573	28	554	5
Aug.	18,56		829	131	0,857	31	829	101
Sep.	15,03		2.769	438	1,000	27	935	2.245
Okt.	9,64		5.965	944	1,000	17	967	5.926
Nov.	4,16		8.826	1.397	1,000	10	936	9.278
Dez.	0,19		11.406	1.806	1,000	7	967	12.238
		-	72.078	11.410		287	10.824	72.376 kWh

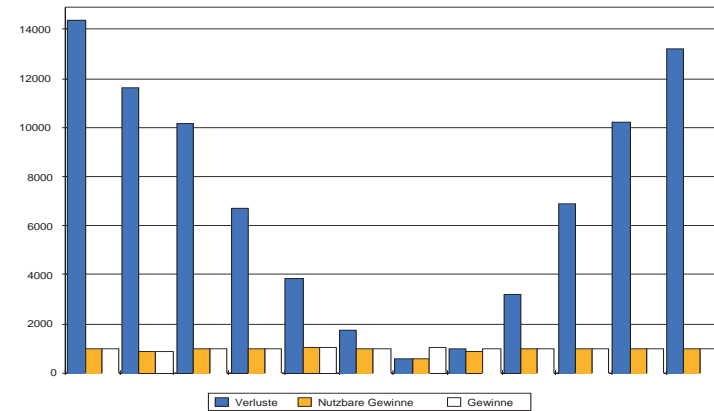


Abbildung B-24: Energieausweis Turnsaal 9/13

Monatsbilanz Kühlbedarf, Standort

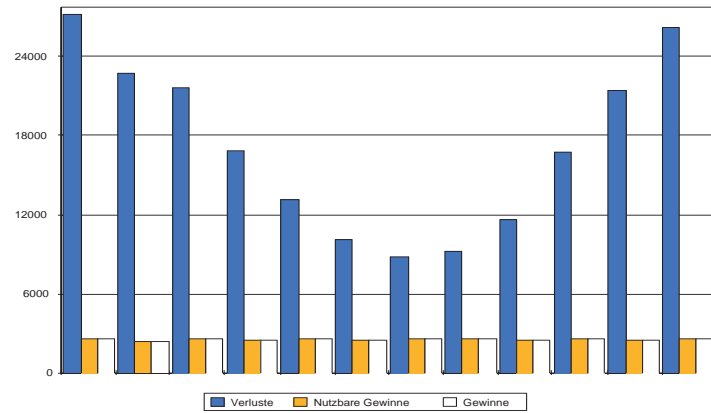
HS Mitterdorf - Turnsaal - Turnsaal

Volumen beheizt, BRI: 2936,59 m3
 Geschoßfläche, BGF: 433,11 m2

schwere Bauweise
 Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürztal, 585 m
 Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q c kWh
Jan.	-3,60	17.045	10.119	1,000	13	2.557	-
Feb.	-1,41	14.257	8.464	1,000	19	2.310	-
Mär.	2,47	13.543	8.040	1,000	29	2.557	-
Apr.	7,03	10.569	6.274	1,000	42	2.475	-
Mai	11,71	8.226	4.884	1,000	55	2.557	-
Jun.	14,64	6.329	3.757	1,000	57	2.474	1
Jul.	16,40	5.523	3.279	0,999	58	2.555	3
Aug.	15,96	5.779	3.431	0,999	48	2.555	3
Sep.	12,92	7.285	4.325	1,000	36	2.474	1
Okt.	7,76	10.501	6.234	1,000	22	2.557	-
Nov.	1,94	13.403	7.957	1,000	14	2.475	-
Dez.	-2,54	16.438	9.759	1,000	10	2.557	-
		128.896	76.522		405	30.102	8 kWh



Monatsbilanz Kühlbedarf, Referenzklima

HS Mitterdorf - Turnsaal - Turnsaal

Volumen beheizt, BRI: 2936,59 m3
 Geschoßfläche, BGF: 433,11 m2

schwere Bauweise
 Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürztal, 585 m
 Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q c kWh
Jan.	-1,53	15.851	941	1,000	13	-	-
Feb.	0,73	13.142	780	1,000	20	-	-
Mär.	4,81	12.201	724	1,000	29	-	-
Apr.	9,62	9.127	542	1,000	42	-	-
Mai	14,20	6.794	403	1,000	59	-	-
Jun.	17,33	4.831	287	1,000	63	-	-
Jul.	19,12	3.961	235	1,000	64	-	-
Aug.	18,56	4.284	254	1,000	48	-	-
Sep.	15,03	6.113	363	1,000	36	-	-
Okt.	9,64	9.420	559	1,000	23	-	-
Nov.	4,16	12.169	722	1,000	13	-	-
Dez.	0,19	14.861	882	1,000	9	-	-
		112.754	6.693		418	-	0 kWh

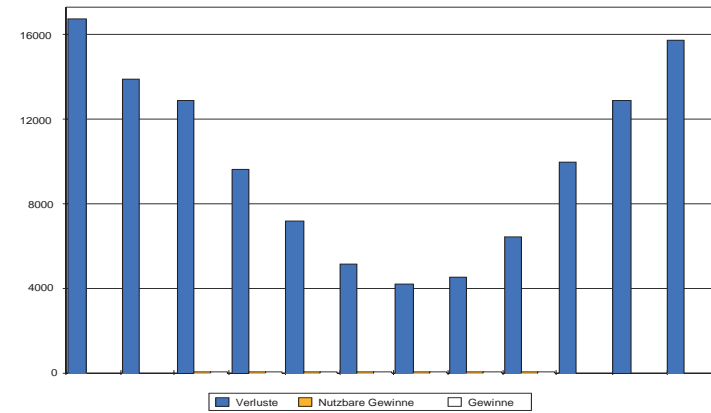


Abbildung B-25: Energieausweis Turnsaal 10/13

Abbildung B-26: Energieausweis Turnsaal 11/13

Bauteilliste

HS Mitterdorf - Turnsaal

AF Fenster Turnsaal								Bestand
AF		Länge	psi	g	Fläche	%	U	
		m	W/m	-	m ²		W/m ² K	
	Isolierverglasung 6/16/6b Argon			0,670	1,62	70,00		
	U-Wert lt. Prüfbericht Fa. Matauschek				0,70	30,00		
	Glasrandverbund	9,40						
				vorh.	2,32		1,53	

D01 Dach Turnsaal						Bestand
AD	O-U	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]		
1	Sand, Kies jeweils lufttrocken	0,0500	0,700	0,071		
2	Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,0020	0,500	0,004		
3	Bitumen	0,0020	0,230	0,009		
4	Bitumen	0,0020	0,230	0,009		
5	Vlies (PE)	0,0020	0,500	0,004		
6	Polyurethan-Hartschaumplatten	0,0400	0,033	1,212		
7	Vlies (PE)	0,0020	0,500	0,004		
8	Magerbeton / Schütt- und Stampfbeton / Aufbeton	0,0800	1,330	0,060		
9	Stahlbeton	0,1100	2,500	0,044		
	Wärmeübergangswiderstände			0,140		
		0,2900		RT = 1,557		
				U = 0,642		

FB01 Fußboden Turnsaal						Bestand
EBu	U-O	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]		
1	PVC-Belag	0,0100	0,190	0,053		
2	Holzhartfaserplatte (längs zur Faser)	0,0250	0,400	0,063		
3	8,6% Holz - Schnittholz Nadel, rauh, lufttrocken	0,0500	0,120	0,417		
	91,3% Luft steh., W-Fluss horizontal 45 < d <= 50 mm	0,0500	0,278	0,180		
4	Herakliith-BM	0,0350	0,093	0,376		
5	Bitumen	0,0020	0,230	0,009		
6	Magerbeton / Schütt- und Stampfbeton / Aufbeton	0,1500	1,330	0,113		
	Wärmeübergangswiderstände			0,170		
		RT=0,981 m ² K/W; RTu=0,972 m ² K/W;	0,2720	RT = 0,976		
				U = 1,024		

Abbildung B-27: Energieausweis Turnsaal 12/13

Bauteilliste

HS Mitterdorf - Turnsaal

W01 Aussenwand Turnsaal					Bestand
AW	A-I	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	
1	RÖFIX Silikatputz	0,0100	0,700	0,014	
2	Polystyrol (EPS f. Wärmedämmverbundsysteme WDVS)	0,0200	0,040	0,500	
3	Stahlbeton	0,1200	2,500	0,048	
4	Sto-Mineralwolle-Dämmplatte	0,0600	0,040	1,500	
5	Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,0020	0,500	0,004	
6	Stahlbeton	0,1200	2,500	0,048	
7	SLP-it.	0,0150	0,350	0,043	
	Wärmeübergangswiderstände			0,170	
		0,3470		RT = 2,327	
				U = 0,430	

Abbildung B-28: Energieausweis Turnsaal 13/13

ENERGIEAUSWEIS VARIANTE NEUBAU

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude

gemäß ÖNORM H 5055 und Richtlinie 2002/91/EG **OIB** Österreichisches Institut für Bautechnik

GEBÄUDE HS Mitterdorf Neubau L 1800m2			
Gebäudeart	Kindergarten und Pflichtschulen	Erbaut	1975
Gebäudezone	Energieausweis (Kindergarten und Pflichtschulen)	Katastralgemeinde	Mitterdorf
Straße	Schulstraße 6	KG-Nummer	60224
PLZ/Ort	8662, Mitterdorf im Mürtal	Einlagezahl	41
EigentümerIn	Mitterdorf im Mürtal	Grundstücksnummer	.343

SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEBEDARF BEI 3400 HEIZGRADTAGEN (REFERENZKLIMA)

11 kWh/m2.a

ERSTELLT			
ErstellerIn	Architekt DI Johann Michael Leitner	Organisation	Architekturbüro Leitner
ErstellerIn-Nr.	(keine)	Ausstellungsdatum	00.00.00
GWR-Zahl		Gültigkeitsdatum	29.11.-1
Geschäftszahl	Neu5D	Unterschrift	

Abbildung B-29: Energieausweis Neubau 1/19

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude

gemäß ÖNORM H 5055 und Richtlinie 2002/91/EG **OIB** Österreichisches Institut für Bautechnik

GEBÄUDEDATEN HS Mitterdorf Neubau L 1800m2		KLIMADATEN	
Brutto-Grundfläche	2.709,60 m2	Klimaregion	Alpine Zentrallage (ZA)
konditioniertes Brutto-Volumen	11.917,66 m3	Seehöhe	585 m
charakteristische Länge (lc)	3,04 m	Heizgradtage	4141 Kd
Kompaktheit (A/V)	0,33 1/m	Heiztage	240 d
mittlerer U-Wert (Um)	0,248 W/m2K	Norm-Außentemperatur	-13,1 °C
LEK-Wert	15 -	Soll-Innentemperatur	20 °C

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF	Energieausweis (Kindergarten und Pflichtschulen)				Anforderungen	
	Referenzklima zonenbezogen	spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch		
HWB*	31.005 kWh/a	2,60 kWh/m3a			16,24 kWh/m3a	erfüllt
HWB	22.816 kWh/a	8,42 kWh/m2a	33.935 kWh/a	12,52 kWh/m2a		
WWWB			25.511 kWh/a	9,42 kWh/m2a		
NERLT-h			0 kWh/a	0,00 kWh/m2a		
KB*	19.174 kWh/a	1,61 kWh/m3a			2,00 kWh/m3a	erfüllt
KB			53.282 kWh/a	19,66 kWh/m2a		
NERLT-k			0 kWh/a	0,00 kWh/m2a		
NERLT-d			0 kWh/a	0,00 kWh/m2a		
NE			5.091 kWh/a	1,88 kWh/m2a		
HTEB-RH			8.100 kWh/a	2,99 kWh/m2a		
HTEB-WW			15.904 kWh/a	5,87 kWh/m2a		
HTEB			24.864 kWh/a	9,18 kWh/m2a		
KTEB			0 kWh/a	0,00 kWh/m2a		
HEB			84.310 kWh/a	31,12 kWh/m2a		
KEB			0 kWh/a	0,00 kWh/m2a		
RLTEB			0 kWh/a	0,00 kWh/m2a		
BeIEB			34.030 kWh/a	12,56 kWh/m2a		
EEB			118.340 kWh/a	43,67 kWh/m2a		
PEB						
CO2						

ERLÄUTERUNGEN
 Endenergiebedarf (EEB): Energiemenge die dem Energiesystem des Gebäudes für Heizung und Warmwasserversorgung inklusive notwendiger Energiemengen für die Hilfsbetriebe bei einer typischen Standardnutzung zugeführt werden muss.

Abbildung B-30: Energieausweis Neubau 2/19

Gewinne

HS Mitterdorf Neubau L 1800m² - Schule

Wirksame Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes

schwere Bauweise

Interne Wärmegewinne

Wärmegewinne Kühlfall	qi,c,n =	7,50 W/m ²
Wärmegewinne Heizfall	qi,h,n =	3,75 W/m ²

Solare Wärmegewinne

Transparente Bauteile	Anzahl	FS	Summe Ag	g	A trans,c	A trans,h
		-	m ²	-	m ²	m ²
Ost-Nord-Ost						
F02 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie geregelt (Strahlung)</i>	7	0,75	136,92	0,520	31,03	47,09
F05 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie geregelt (Strahlung)</i>	1	0,75	9,19	0,520	2,08	3,16
F13 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie geregelt (Strahlung)</i>	2	0,75	26,82	0,520	6,07	9,22
FT04 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie geregelt (Strahlung)</i>	4	0,75	16,20	0,520	3,67	5,57
FT10 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie geregelt (Strahlung)</i>	1	0,75	9,15	0,520	2,07	3,14
			198,28		44,94	68,20
Süd-Süd-Ost						
F03 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie geregelt (Strahlung)</i>	3	0,75	14,61	0,520	2,25	5,02
F06 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie geregelt (Strahlung)</i>	1	0,75	2,09	0,520	0,32	0,71
F07 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie geregelt (Strahlung)</i>	1	0,75	3,29	0,520	0,50	1,13
F08 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie geregelt (Strahlung)</i>	5	0,75	32,15	0,520	4,96	11,05
F09 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie geregelt (Strahlung)</i>	2	0,75	8,52	0,520	1,31	2,93
			60,66		9,37	20,86
West-Süd-West						
F02 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie geregelt (Strahlung)</i>	7	0,75	136,92	0,520	23,56	47,09
F05 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie geregelt (Strahlung)</i>	2	0,75	18,38	0,520	3,16	6,32
F13 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie geregelt (Strahlung)</i>	2	0,75	26,82	0,520	4,61	9,22
FT04 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie geregelt (Strahlung)</i>	4	0,75	16,20	0,520	2,78	5,57
			198,32		34,13	68,21

Abbildung B-31: Energieausweis Neubau 3/19

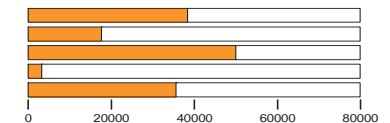
Gewinne

HS Mitterdorf Neubau L 1800m² - Schule

Transparente Bauteile	Anzahl	FS	Summe Ag	g	A trans,c	A trans,h
		-	m ²	-	m ²	m ²
Nord-Nord-West						
F08 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie geregelt (Strahlung)</i>	2	0,75	12,86	0,520	4,41	4,42
F09 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie geregelt (Strahlung)</i>	1	0,75	4,26	0,520	1,46	1,46
F11 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie geregelt (Strahlung)</i>	1	0,75	2,03	0,520	0,69	0,69
FT12 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie geregelt (Strahlung)</i>	1	0,75	2,40	0,520	0,82	0,82
			21,55		7,40	7,41
Horizontal						
AF Lichtkuppeln Schule <i>Innenjalousie geregelt (Strahlung)</i>	1	0,75	78,40	0,630	33,01	32,67
			78,40		33,01	32,67

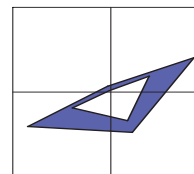
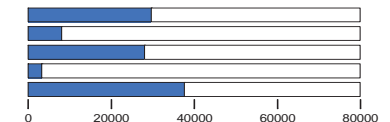
Heizen

	Aw	Qs, h
	m ²	kWh/a
Ost-Nord-Ost	245,52	38.634
Süd-Süd-Ost	73,33	17.550
West-Süd-West	245,52	50.333
Nord-Nord-West	26,43	3.135
Horizontal	112,00	35.534
	702,80	145.188



Kühlen

	Aw	Qs, c
	m ²	kWh/a
Ost-Nord-Ost	245,52	29.709
Süd-Süd-Ost	73,33	8.227
West-Süd-West	245,52	28.260
Nord-Nord-West	26,43	3.397
Horizontal	112,00	37.630
	702,80	107.225



Orientierungsdiagramm

Das Diagramm zeigt die Orientierungen und Flächen von opaken und transparenten Bauteilen

- opak
- transparent

Abbildung B-32: Energieausweis Neubau 4/19

Gewinne

HS Mitterdorf Neubau L 1800m2 - Schule

Strahlungsintensitäten

Mitterdorf im Müritzal, 585 m

	S	SO/SW	O/W	NO/NW	N	H
	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2
Jan.	54,73	42,65	23,45	14,92	13,86	35,54
Feb.	70,45	57,03	35,22	22,36	20,13	55,91
Mär.	83,78	73,30	54,98	35,78	28,79	87,27
Apr.	79,04	77,91	67,75	50,81	39,52	112,92
Mai	79,37	85,14	83,70	66,38	51,95	144,31
Jun.	69,37	79,28	80,69	67,95	53,79	141,57
Jul.	75,37	84,24	85,72	69,46	54,68	147,79
Aug.	81,86	85,82	79,22	59,42	43,57	132,04
Sep.	82,91	75,91	61,93	43,95	35,96	99,89
Okt.	76,31	63,70	42,46	26,54	22,56	66,35
Nov.	55,92	43,83	24,56	15,49	14,73	37,79
Dez.	44,44	34,24	17,51	10,98	10,45	26,14

Leitwerte

HS Mitterdorf Neubau L 1800m2 - Schule

Gebäude

... gegen Außen	Le	784,46	
... über Unbeheizt	Lu	0,00	
... über das Erdreich	Lg	95,59	
... Leitwertzuschlag für linienförmige und punktförmige Wärmebrücken		92,54	
Transmissionsleitwert der Gebäudehülle	LT	972,60	W/K
Lüftungsleitwert	LV	438,99	W/K
Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient	Um	0,248	W/m2K

... gegen Außen und über Unbeheizt

Bauteile gegen Außenluft

		m2	W/m2K	f	fH	W/K
Ost-Nord-Ost						
F02	Fenster und Außentüren Schule	172,48	0,760	1,0		131,08
F05	Fenster und Außentüren Schule	10,92	0,760	1,0		8,30
F13	Fenster und Außentüren Schule	31,28	0,730	1,0		22,83
FT04	Fenster und Außentüren Schule	19,92	0,800	1,0		15,94
FT10	Fenster und Außentüren Schule	10,92	0,780	1,0		8,52
W02	Aussenwand Schule	170,05	0,128	1,0		21,77
		415,57				208,44
Süd-Süd-Ost						
F03	Fenster und Außentüren Schule	17,28	0,730	1,0		12,61
F06	Fenster und Außentüren Schule	2,58	0,820	1,0		2,12
F07	Fenster und Außentüren Schule	4,35	0,820	1,0		3,57
F08	Fenster und Außentüren Schule	38,70	0,760	1,0		29,41
F09	Fenster und Außentüren Schule	10,42	0,770	1,0		8,02
W02	Aussenwand Schule	161,84	0,128	1,0		20,72
		235,17				76,45
West-Süd-West						
F02	Fenster und Außentüren Schule	172,48	0,760	1,0		131,08
F05	Fenster und Außentüren Schule	21,84	0,760	1,0		16,60
F13	Fenster und Außentüren Schule	31,28	0,730	1,0		22,83
FT04	Fenster und Außentüren Schule	19,92	0,800	1,0		15,94
W02	Aussenwand Schule	170,05	0,128	1,0		21,77
		415,57				208,22
Nord-Nord-West						
F08	Fenster und Außentüren Schule	15,48	0,760	1,0		11,76
F09	Fenster und Außentüren Schule	5,21	0,770	1,0		4,01
F11	Fenster und Außentüren Schule	2,66	0,800	1,0		2,13
FT12	Fenster und Außentüren Schule	3,08	0,810	1,0		2,49
W02	Aussenwand Schule	11,38	0,128	1,0		1,46
		37,81				21,85
Horizontal						
D02	Dach Schule	1.250,84	0,091	1,0		113,83
AF	Lichtkuppeln Schule	112,00	1,390	1,0		155,68
		1.362,84				269,51

Abbildung B-33: Energieausweis Neubau 5/19

Abbildung B-34: Energieausweis Neubau 6/19

Leitwerte

HS Mitterdorf Neubau L 1800m² - Schule

... über das Erdreich

Wärmeübertragung über das Erdreich (EN ISO 13370:1998-12)

Fußboden Schule gegen KG 13,88 W/K

Unkonditionierter Keller

Perimeterlänge	P =	11,15 m
Lüftungsvolumen	VL =	438,82 m ³
Luftwechselrate	n =	0,30 1/h
	m ²	W/m ² K

AW	Aussenwand Schule		Dicke [m] :	0,57
FB03	Fußboden Schule gegen KG	160,30	0,108	
AW	Aussenwand Schule		Höhe [m] :	0,00
EWu	Aussenwand Schule gegen Erde		0,131	Höhe [m] :
EBKu	Fußboden Keller gegen Erde		2,762	

Fußboden Schule gegen Erde 81,71 W/K

Bodenplatte mit vertikaler Randdämmung

Perimeterlänge	P =	114,35 m
Randdämmung	lambda =	0,04 W/mK
	D =	1,00 m
	m ²	W/m ² K

AW	Aussenwand Schule		Dicke [m] :	0,57
FB02	Fußboden Schule gegen Erde	1.194,23	0,110	

... Leitwertzuschlag für linienförmige und punktförmige Wärmebrücken

Leitwerte über Wärmebrücken

Wärmebrücken pauschal 92,54 W/K

... über Lüftung

Lüftungsleitwert

Fensterlüftung (909,60 von 2.709,60 m²) 286,35 W/K

keine Nachtlüftung

Lüftungsvolumen	VL =	1.891,96 m ³
Hygienisch erforderliche Luftwechselrate	nL =	1,20 1/h
Luftwechselrate Nachlüftung	nL,NL =	1,50 1/h

Monate	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
n L,m,h	0,445	0,428	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445
n L,m,c	0,445	0,428	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445

Abbildung B-35: Energieausweis Neubau 7/19

Leitwerte

HS Mitterdorf Neubau L 1800m² - Schule

Lüftung (1.800,00 von 2.709,60 m²)

152,63 W/K

eigene Wärmerückgewinnungsanlage, keine Nachtlüftung, Bypasssystem vorhanden
ohne Erdwärmetauscher

Lüftungsvolumen	VL =	3.744,00 m ³
Luftwechselrate RL	n L,FL =	1,20 1/h
Luftwechsel bei Luftdichtigkeitsprüfung	n50 =	0,60 1/h
zusätzliche Luftwechselrate	nx =	0,04 1/h
Wärmebereitstellungsgrad (Heizen)	eta Vges,h =	85,00 %
Wärmebereitstellungsgrad (Kühlen)	eta Vges,c =	0,00 %

Monate	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
t Nutz[h]	276	240	276	264	276	264	276	276	264	276	264	276
n L LE,h	0,519	0,500	0,519	0,513	0,519	0,513	0,519	0,519	0,513	0,519	0,513	0,519
n L LE,c	1,019	1,000	1,019	1,013	1,019	1,013	1,019	1,019	1,013	1,019	1,013	1,019

Abbildung B-36: Energieausweis Neubau 8/19

Monatsbilanz Heizwärmebedarf, Referenzklima

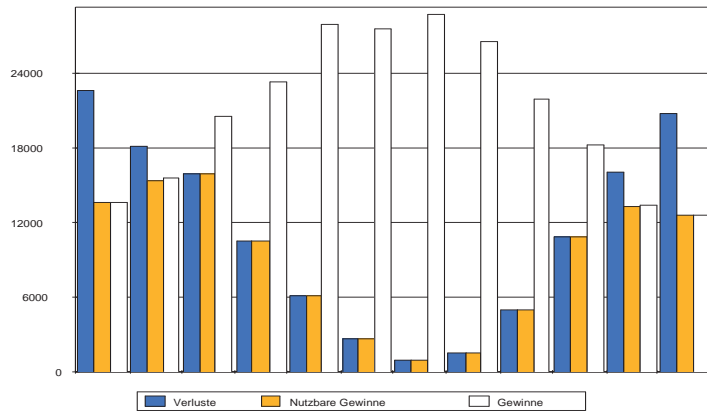
HS Mitterdorf Neubau L 1800m2 - Schule

Volumen beheizt, BRI: 11917,66 m3
Geschoßfläche, BGF: 2709,6 m2

schwere Bauweise
Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürtzal, 585 m
Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q h kWh
Jan.	-1,53	15.579	7.032	1,000	4.666	8.920	9.026
Feb.	0,73	12.595	5.499	0,987	7.484	7.856	2.754
Mär.	4,81	10.992	4.961	0,776	8.967	6.920	65
Apr.	9,62	7.269	3.247	0,451	6.638	3.879	-
Mai	14,20	4.197	1.894	0,218	4.146	1.945	-
Jun.	17,33	1.870	835	0,098	1.861	844	-
Jul.	19,12	637	287	0,032	637	287	-
Aug.	18,56	1.042	470	0,057	1.003	509	-
Sep.	15,03	3.480	1.555	0,230	3.059	1.976	-
Okt.	9,64	7.497	3.384	0,597	5.557	5.322	1
Nov.	4,16	11.092	4.956	0,990	4.798	8.515	2.735
Dez.	0,19	14.335	6.470	1,000	3.652	8.919	8.234
		90.584	40.590		52.468	55.891	22.815 kWh



Monatsbilanz Heizwärmebedarf, Standort

HS Mitterdorf Neubau L 1800m2 - Schule

Volumen beheizt, BRI: 11917,66 m3
Geschoßfläche, BGF: 2709,6 m2

schwere Bauweise
Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürtzal, 585 m
Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	HT d	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q h kWh
Jan.	-3,60	31	17.080	7.709	1,000	5.791	7.502	11.495
Feb.	-1,41	28	13.996	6.111	0,997	8.367	6.711	5.029
Mär.	2,47	5	12.678	5.722	0,905	11.015	6.787	599
Apr.	7,03		9.080	4.057	0,595	8.825	4.311	1
Mai	11,71		5.996	2.707	0,341	6.141	2.562	-
Jun.	14,64		3.752	1.676	0,221	3.828	1.601	-
Jul.	16,40		2.599	1.173	0,147	2.668	1.104	-
Aug.	15,96		2.920	1.318	0,174	2.935	1.303	-
Sep.	12,92		4.954	2.213	0,346	4.661	2.505	-
Okt.	7,76		8.855	3.997	0,744	7.236	5.585	30
Nov.	1,94	28	12.643	5.648	0,998	6.023	7.233	5.035
Dez.	-2,54	31	16.317	7.365	1,000	4.433	7.503	11.746
		123	110.871	49.695		71.924	54.706	33.935 kWh

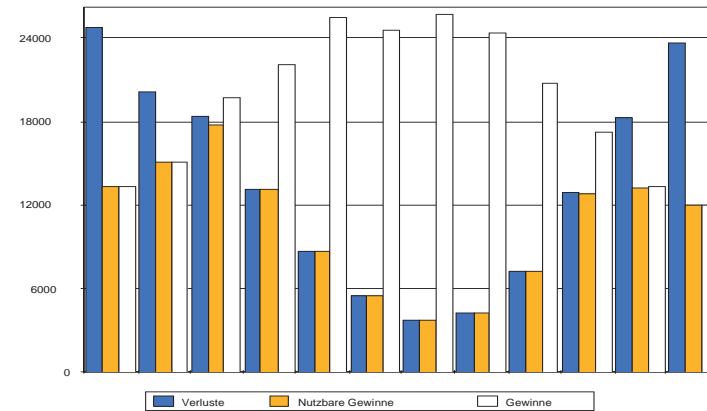


Abbildung B-37: Energieausweis Neubau 9/19

Abbildung B-38: Energieausweis Neubau 10/19

Monatsbilanz Heizwärmebedarf, Referenzklima

HS Mitterdorf Neubau L 1800m2 - Schule

Volumen beheizt, BRI: 11917,66 m3
 Geschoßfläche, BGF: 2709,6 m2

schwere Bauweise
 Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürtzal, 585 m
 Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	HT d	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q h kWh
Jan.	-1,53		15.579	6.201	1,000	4.666	6.048	11.067
Feb.	0,73		12.595	5.013	0,999	7.573	5.455	4.580
Mär.	4,81		10.992	4.375	0,861	9.959	5.210	198
Apr.	9,62		7.269	2.893	0,494	7.271	2.891	-
Mai	14,20		4.197	1.671	0,234	4.452	1.416	-
Jun.	17,33		1.870	744	0,105	1.998	616	-
Jul.	19,12		637	253	0,034	682	208	-
Aug.	18,56		1.042	415	0,062	1.084	373	-
Sep.	15,03		3.480	1.385	0,254	3.380	1.486	-
Okt.	9,64		7.497	2.984	0,682	6.352	4.125	4
Nov.	4,16		11.092	4.415	1,000	4.844	5.850	4.814
Dez.	0,19		14.335	5.706	1,000	3.652	6.048	10.341
			90.584	36.057		55.911	39.725	31.004 kWh

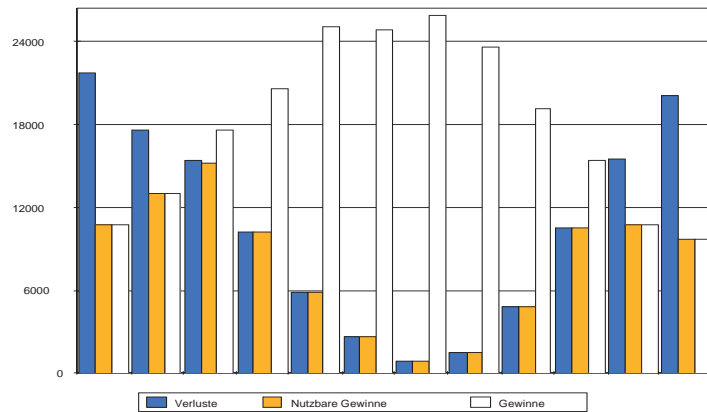


Abbildung B-39: Energieausweis Neubau 11/19

Monatsbilanz Kühlbedarf, Standort

HS Mitterdorf Neubau L 1800m2 - Schule

Volumen beheizt, BRI: 11917,66 m3
 Geschoßfläche, BGF: 2709,6 m2

schwere Bauweise
 Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürtzal, 585 m
 Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q c kWh
Jan.	-3,60	21.873	22.046	0,999	4.840	14.998	10
Feb.	-1,41	18.295	17.789	0,997	7.137	13.414	66
Mär.	2,47	17.378	17.516	0,981	10.486	14.725	504
Apr.	7,03	13.562	13.519	0,937	9.396	13.573	1.624
Mai	11,71	10.556	10.639	0,755	9.325	11.323	7.052
Jun.	14,64	8.122	8.096	0,610	7.302	8.831	10.838
Jul.	16,40	7.087	7.143	0,516	6.464	7.745	13.987
Aug.	15,96	7.415	7.474	0,560	6.445	8.403	12.250
Sep.	12,92	9.348	9.319	0,770	6.950	11.157	5.671
Okt.	7,76	13.475	13.581	0,951	7.964	14.265	1.211
Nov.	1,94	17.199	17.145	0,997	5.057	14.445	62
Dez.	-2,54	21.094	21.261	1,000	3.664	14.999	8
		165.402	165.527		85.028	147.878	53.282 kWh

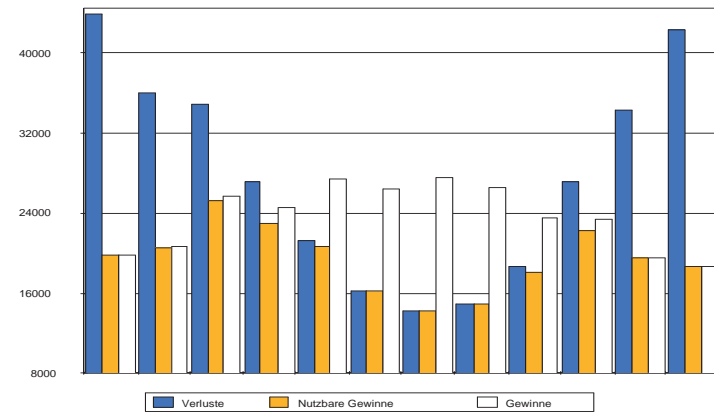


Abbildung B-40: Energieausweis Neubau 12/19

Monatsbilanz Kühlbedarf, Referenzklima

HS Mitterdorf Neubau L 1800m² - Schule

Volumen beheizt, BRI: 11917,66 m³
 Geschoßfläche, BGF: 2709,6 m²

schwere Bauweise
 Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürtzal, 585 m
 Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q c kWh
Jan.	-1,53	20.341	5.887	1,000	3.981	-	-
Feb.	0,73	16.864	4.881	1,000	6.549	-	-
Mär.	4,81	15.656	4.532	1,000	10.166	-	-
Apr.	9,62	11.712	3.390	1,000	9.961	-	2
Mai	14,20	8.718	2.523	0,853	11.138	-	1.925
Jun.	17,33	6.199	1.794	0,609	7.993	-	5.137
Jul.	19,12	5.083	1.471	0,480	6.555	-	7.114
Aug.	18,56	5.497	1.591	0,592	7.088	-	4.883
Sep.	15,03	7.844	2.270	0,987	8.807	-	114
Okt.	9,64	12.088	3.499	1,000	8.079	-	-
Nov.	4,16	15.616	4.520	1,000	4.131	-	-
Dez.	0,19	19.070	5.519	1,000	3.060	-	-
		144.688	41.878		87.508	-	19.174 kWh

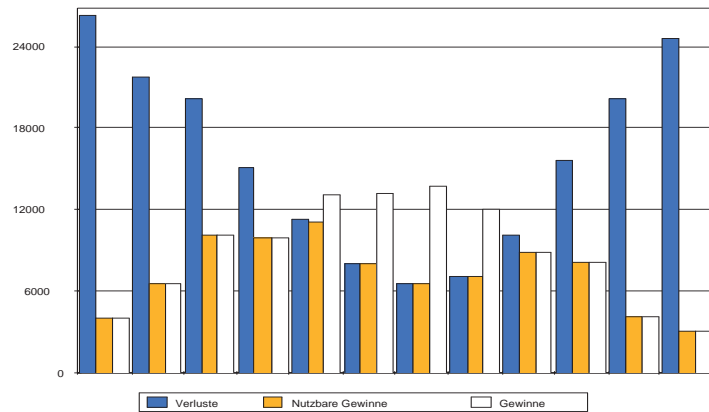


Abbildung B-41: Energieausweis Neubau 13/19

Bauteilliste

HS Mitterdorf Neubau L 1800m²

D02
AD

Dach Schule
O-U

Neubau

	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	
1	Sand, Kies jeweils lufttrocken	0,0500	0,700	0,071
2	Vlies (PE)	0,0020	0,500	0,004
3	Villas Polymerbitumenbahnen Flachdach	0,0020	0,170	0,012
4	Vlies (PE)	0,0020	0,500	0,004
5	Polystyrol EPS 20	0,4000	0,038	10,526
6	Vlies (PE)	0,0020	0,500	0,004
7	Magerbeton / Schütt- und Stampfbeton / Aufbeton	0,0800	1,330	0,060
8	Stahlbeton	0,3000	2,500	0,120
Wärmeübergangswiderstände				0,140
		0,8380	RT =	10,941
			U =	0,091

F02
AF

Fenster und Außentüren Schule

Neubau

	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m ²		W/m ² K
UNITOP 0.5 (4-12-4-12-4 Kr 90%)						
SCHÜCO Corona SI 82+						
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)						
67,48 0,050						
vorh. 24,64						
						0,76

F03
AF

Fenster und Außentüren Schule

Neubau

	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m ²		W/m ² K
UNITOP 0.5 (4-12-4-12-4 Kr 90%)						
SCHÜCO Corona SI 82+						
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)						
15,33 0,050						
vorh. 5,76						
						0,73

Abbildung B-42: Energieausweis Neubau 14/19

BauteillisteHS Mitterdorf Neubau L 1800m²

F05 Fenster und Außentüren Schule Neubau						
AF						
	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m ²		W/m ² K
UNITOP 0.5 (4-12-4-12-4 Kr 90%)			0,520	9,19	84,20	0,50
SCHÜCO Corona SI 82+				1,73	15,80	1,10
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	37,11	0,050				
			vorh.	10,92		0,76

F06 Fenster und Außentüren Schule Neubau						
AF						
	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m ²		W/m ² K
UNITOP 0.5 (4-12-4-12-4 Kr 90%)			0,520	2,09	81,00	0,50
SCHÜCO Corona SI 82+				0,49	19,00	1,10
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	10,76	0,050				
			vorh.	2,58		0,82

F07 Fenster und Außentüren Schule Neubau						
AF						
	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m ²		W/m ² K
UNITOP 0.5 (4-12-4-12-4 Kr 90%)			0,520	3,29	75,60	0,50
SCHÜCO Corona SI 82+				1,06	24,40	1,10
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	15,02	0,050				
			vorh.	4,35		0,82

F08 Fenster und Außentüren Schule Neubau						
AF						
	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m ²		W/m ² K
UNITOP 0.5 (4-12-4-12-4 Kr 90%)			0,520	6,43	83,10	0,50
SCHÜCO Corona SI 82+				1,31	16,90	1,10
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	25,20	0,050				
			vorh.	7,74		0,76

Abbildung B-43: Energieausweis Neubau 15/19

BauteillisteHS Mitterdorf Neubau L 1800m²

F09 Fenster und Außentüren Schule Neubau						
AF						
	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m ²		W/m ² K
UNITOP 0.5 (4-12-4-12-4 Kr 90%)			0,520	4,26	81,80	0,50
SCHÜCO Corona SI 82+				0,95	18,20	1,10
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	16,80	0,050				
			vorh.	5,21		0,77

F11 Fenster und Außentüren Schule Neubau						
AF						
	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m ²		W/m ² K
UNITOP 0.5 (4-12-4-12-4 Kr 90%)			0,520	2,03	76,30	0,50
SCHÜCO Corona SI 82+				0,63	23,70	1,10
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	8,16	0,050				
			vorh.	2,66		0,80

F13 Fenster und Außentüren Schule Neubau						
AF						
	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m ²		W/m ² K
UNITOP 0.5 (4-12-4-12-4 Kr 90%)			0,520	13,41	85,70	0,50
SCHÜCO Corona SI 82+				2,23	14,30	1,10
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	44,19	0,050				
			vorh.	15,64		0,73

FT04 Fenster und Außentüren Schule Neubau						
AF						
	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m ²		W/m ² K
UNITOP 0.5 (4-12-4-12-4 Kr 90%)			0,520	4,05	81,30	0,50
SCHÜCO Corona SI 82+				0,93	18,70	1,10
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	18,64	0,050				
			vorh.	4,98		0,80

Abbildung B-44: Energieausweis Neubau 16/19

Bauteilliste

HS Mitterdorf Neubau L 1800m2

FT10 Fenster und Außentüren Schule Neubau

	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
UNITOP 0.5 (4-12-4-12-4 Kr 90%)			0,520	9,15	83,80	0,50
SCHÜCO Corona SI 82+				1,77	16,20	1,10
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	40,80	0,050				
			vorh.	10,92		0,78

FT12 Fenster und Außentüren Schule Neubau

	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
UNITOP 0.5 (4-12-4-12-4 Kr 90%)			0,520	2,40	77,90	0,50
SCHÜCO Corona SI 82+				0,68	22,10	1,10
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	10,78	0,050				
			vorh.	3,08		0,81

W02 Aussenwand Schule Neubau

	d [m]			λ [W/mK]		R [m2K/W]
1 RÖFIX Silikatputz			0,0050	0,700	0,007	
2 Polystyrol (EPS f. Wärmedämmverbundsysteme WDVS)			0,3000	0,040	7,500	
3 Stahlbeton			0,2500	2,500	0,100	
4 SLP-it.			0,0150	0,350	0,043	
Wärmeübergangswiderstände						0,170
			0,5700			RT = 7,82
						U = 0,128

AF Lichtkuppeln Schule Neubau

	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
UNITOP 1.0 Premium (4-12-4 Kr 92%)			0,630	1,27	70,00	1,00
Dachkuppelfensterrahmen, > 50cm PP-Schürze				0,55	30,00	1,80
Edelstahl (2-IV; Ug <1,4; Uf <1,4)	5,46	0,050				
			vorh.	1,82		1,39

Bauteilliste

HS Mitterdorf Neubau L 1800m2

FB03 Fußboden Schule gegen KG Neubau

	d [m]	λ [W/mK]		R [m2K/W]
1 Linoleum	0,0100	0,180	0,056	
2 Zementestrich	0,0600	1,700	0,035	
3 Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,0020	0,500	0,004	
4 KI Trittschall-Dämmplatte TPS	0,0220	0,035	0,629	
5 Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,0020	0,500	0,004	
6 Splittschüttung	0,1250	0,700	0,179	
7 Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,0020	0,500	0,004	
8 Polystyrol EPS 20	0,3000	0,038	7,895	
9 Stahlbeton	0,3000	2,500	0,120	
Wärmeübergangswiderstände				0,340
		0,8230		RT = 9,266
				U = 0,108

FB04 Fußboden Keller gegen Erde Neubau

	d [m]	λ [W/mK]		R [m2K/W]
1 Zementestrich	0,0500	1,700	0,029	
2 Bitumen	0,0030	0,230	0,013	
3 Magerbeton / Schütt- und Stampfbeton / Aufbeton	0,2000	1,330	0,150	
Wärmeübergangswiderstände				0,170
		0,2530		RT = 0,362
				U = 2,762

FB02 Fußboden Schule gegen Erde Neubau

	d [m]	λ [W/mK]		R [m2K/W]
1 Linoleum	0,0100	0,180	0,056	
2 Zementestrich	0,0600	1,700	0,035	
3 Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,0020	0,500	0,004	
4 KI Trittschall-Dämmplatte TPS	0,0220	0,035	0,629	
5 Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,0020	0,500	0,004	
6 Splittschüttung	0,1250	0,700	0,179	
7 Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,0020	0,500	0,004	
8 Polystyrol EPS 20	0,3000	0,038	7,895	
9 Bitumen	0,0020	0,230	0,009	
10 Stahlbeton	0,3000	2,500	0,120	
Wärmeübergangswiderstände				0,170
		0,8250		RT = 9,105
				U = 0,110

Abbildung B-45: Energieausweis Neubau 17/19

Abbildung B-46: Energieausweis Neubau 18/19

BauteillisteHS Mitterdorf Neubau L 1800m²

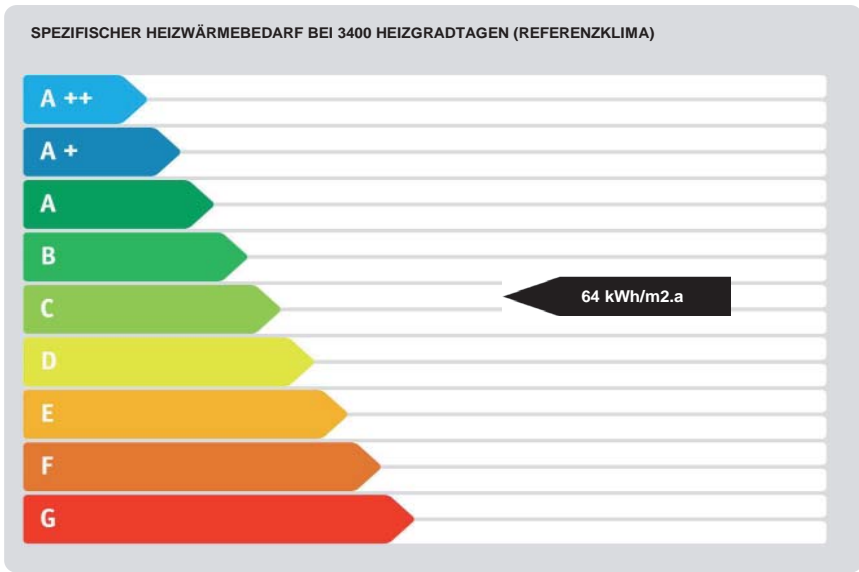
W03		Aussenwand Schule gegen Erde			Neubau
EWu		A-I			
		d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	
1	Polystyrol XPS, CO2-geschäumt	0,3000	0,041	7,317	
2	Bitumen	0,0050	0,230	0,022	
3	Stahlbeton	0,2500	2,500	0,100	
4	SLP-it.	0,0150	0,350	0,043	
Wärmeübergangswiderstände				0,130	
		0,5700	RT =	7,612	
			U =	0,131	

ENERGIEAUSWEIS SANIERUNGSVARIANTE 5 LCC OPTIMIERT

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude

gemäß ÖNORM H 5055 und Richtlinie 2002/91/EG **OIB** Österreichisches Institut für Bautechnik

GEBÄUDE		HS Mitterdorf Variante 5	
Gebäudeart	Kindergarten und Pflichtschulen	Erbaut	1975
Gebäudezone	Energieausweis (Kindergarten und Pflichtschulen)	Katastralgemeinde	Mitterdorf
Straße	Schulstraße 6	KG-Nummer	60224
PLZ/Ort	8662, Mitterdorf im Mürtal	Einlagezahl	41
EigentümerIn	Mitterdorf im Mürtal	Grundstücksnummer	.343



ERSTELLT

ErstellerIn	Architekt DI Johann Michael Leitner	Organisation	Architekturbüro Leitner
ErstellerIn-Nr.	(keine)	Ausstellungsdatum	00.00.00
GWR-Zahl		Gültigkeitsdatum	29.11.-1
Geschäftszahl		Unterschrift	

Abbildung B-48: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 1/19

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude

gemäß ÖNORM H 5055 und Richtlinie 2002/91/EG **OIB** Österreichisches Institut für Bautechnik

GEBÄUDEDATEN		HS Mitterdorf Variante 5	
Brutto-Grundfläche	2.694,95 m ²		
konditioniertes Brutto-Volumen	13.126,21 m ³		
charakteristische Länge (lc)	1,87 m		
Kompaktheit (A/V)	0,54 1/m		
mittlerer U-Wert (Um)	0,384 W/m ² K		
LEK-Wert	30 -		

KLIMADATEN	
Klimaregion	Alpine Zentrallage (ZA)
Seehöhe	585 m
Heizgradtage	4141 Kd
Heiztage	240 d
Norm-Außentemperatur	-13,1 °C
Soll-Innentemperatur	20 °C

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF Energieausweis (Kindergarten und Pflichtschulen)

	Referenzklima		Standortklima		Anforderungen	
	zonenbezogen	spezifisch	zonenbezogen	spezifisch		
HWB*	173.005 kWh/a	13,18 kWh/m ³ a			22,78 kWh/m ³ a	erfüllt
HWB	161.641 kWh/a	59,98 kWh/m ² a	204.059 kWh/a	75,72 kWh/m ² a		
WWWB			25.373 kWh/a	9,42 kWh/m ² a		
NERLT-h			0 kWh/a	0,00 kWh/m ² a		
KB*	14.604 kWh/a	1,11 kWh/m ³ a			2,00 kWh/m ³ a	erfüllt
KB			25.969 kWh/a	9,64 kWh/m ² a		
NERLT-k			0 kWh/a	0,00 kWh/m ² a		
NERLT-d			0 kWh/a	0,00 kWh/m ² a		
NE			0 kWh/a	0,00 kWh/m ² a		
HTEB-RH			10.294 kWh/a	3,82 kWh/m ² a		
HTEB-WW			13.695 kWh/a	5,08 kWh/m ² a		
HTEB			25.011 kWh/a	9,28 kWh/m ² a		
KTEB			0 kWh/a	0,00 kWh/m ² a		
HEB			254.443 kWh/a	94,41 kWh/m ² a		
KEB			0 kWh/a	0,00 kWh/m ² a		
RLTEB			0 kWh/a	0,00 kWh/m ² a		
BelEB			33.846 kWh/a	12,56 kWh/m ² a		
EEB			288.289 kWh/a	106,97 kWh/m ² a		
PEB						
CO2						

ERLÄUTERUNGEN
 Endenergiebedarf (EEB): Energiemenge die dem Energiesystem des Gebäudes für Heizung und Warmwasserversorgung inklusive notwendiger Energiemengen für die Hilfsbetriebe bei einer typischen Standardnutzung zugeführt werden muss.

Abbildung B-49: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 2/19

Gewinne

HS Mitterdorf Variante 5 - Schule

Wirksame Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes

schwere Bauweise

Interne Wärmegewinne

Wärmegewinne Kühlfall	qi,c,n =	7,50 W/m2
Wärmegewinne Heizfall	qi,h,n =	3,75 W/m2

Solare Wärmegewinne

Transparente Bauteile	Anzahl	FS	Summe Ag m2	g	A trans,c m2	A trans,h m2
Nord-Nord-Ost						
F01 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	7	0,75	25,97	0,670	15,34	11,51
			25,97		15,34	11,51
Ost-Nord-Ost						
F02 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	7	0,75	76,23	0,670	45,04	33,78
F05 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	1	0,75	7,60	0,670	3,49	3,36
F13 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	2	0,75	32,58	0,670	14,99	14,43
FT04 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	4	0,75	13,52	0,670	6,22	5,99
FT10 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	1	0,75	7,61	0,670	3,50	3,37
			137,54		73,27	60,95
Ost-Süd-Ost						
F01 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	7	0,75	25,97	0,670	15,34	11,51
			25,97		15,34	11,51
Süd-Süd-Ost						
F03 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	5	0,75	24,40	0,670	6,88	10,81
F06 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	1	0,75	2,09	0,670	0,58	0,92
F07a Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	1	0,75	1,25	0,670	0,35	0,55
F07b Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	1	0,75	2,38	0,670	0,67	1,05
F08 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	5	0,75	37,55	0,670	10,59	16,64
F09 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	2	0,75	9,94	0,670	2,80	4,40
			77,61		21,88	34,39

Abbildung B-50: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 3/19

Gewinne

HS Mitterdorf Variante 5 - Schule

Transparente Bauteile	Anzahl	FS	Summe Ag m2	g	A trans,c m2	A trans,h m2
Süd-Süd-West						
F01 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	7	0,75	25,97	0,670	15,34	11,51
			25,97		15,34	11,51
West-Süd-West						
F02 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	7	0,75	76,23	0,670	45,04	33,78
F05 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	2	0,75	15,20	0,670	5,35	6,73
F13 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	2	0,75	32,58	0,670	11,47	14,43
FT04 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	4	0,75	13,52	0,670	4,76	5,99
			137,53		66,64	60,95
West-Nord-West						
F01 Fenster und Außentüren Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	7	0,75	25,97	0,670	15,34	11,51
			25,97		15,34	11,51
Nord-Nord-West						
F08 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	2	0,75	15,02	0,670	8,38	6,65
F09 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	1	0,75	4,97	0,670	2,77	2,20
F11 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	1	0,75	2,48	0,670	1,38	1,09
FT12 Fenster und Außentüren Schule <i>Außenjalousie gesteuert (Manuell oder Zeit)</i>	1	0,75	2,01	0,670	1,12	0,89
			24,48		13,66	10,84
Horizontal						
AF Lichtkuppeln Schule <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	1	0,75	78,40	0,630	43,56	32,67
			78,40		43,56	32,67

Heizen	Aw m2	Qs, h kWh/a
Nord-Nord-Ost	41,93	4.867
Ost-Nord-Ost	216,01	34.530
Ost-Süd-Ost	41,93	8.492
Süd-Süd-Ost	92,80	28.932
Süd-Süd-West	41,93	9.681
West-Süd-West	216,02	44.974
West-Nord-West	41,93	6.519
Nord-Nord-West	30,35	4.588
Horizontal	112,00	35.534
	834,90	178.121

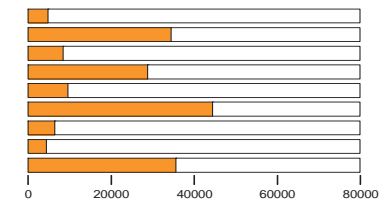
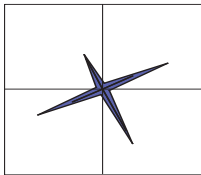


Abbildung B-51: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 4/19

Gewinne

HS Mitterdorf Variante 5 - Schule

Kühlen	Aw m2	Qs, c kWh/a	
Nord-Nord-Ost	41,93	6.490	
Ost-Nord-Ost	216,01	41.934	
Ost-Süd-Ost	41,93	11.323	
Süd-Süd-Ost	92,80	17.636	
Süd-Süd-West	41,93	12.908	
West-Süd-West	216,02	49.095	
West-Nord-West	41,93	8.693	
Nord-Nord-West	30,35	5.870	
Horizontal	112,00	47.378	
Gesamt	834,90	201.330	



Orientierungsdiagramm

Das Diagramm zeigt die Orientierungen und Flächen von opaken und transparenten Bauteilen

□ opak
■ transparent

Strahlungsintensitäten

Mitterdorf im Mürltal, 585 m

	S kWh/m2	SO/SW kWh/m2	O/W kWh/m2	NO/NW kWh/m2	N kWh/m2	H kWh/m2
Jan.	54,73	42,65	23,45	14,92	13,86	35,54
Feb.	70,45	57,03	35,22	22,36	20,13	55,91
Mär.	83,78	73,30	54,98	35,78	28,79	87,27
Apr.	79,04	77,91	67,75	50,81	39,52	112,92
Mai	79,37	85,14	83,70	66,38	51,95	144,31
Jun.	69,37	79,28	80,69	67,95	53,79	141,57
Jul.	75,37	84,24	85,72	69,46	54,68	147,79
Aug.	81,86	85,82	79,22	59,42	43,57	132,04
Sep.	82,91	75,91	61,93	43,95	35,96	99,89
Okt.	76,31	63,70	42,46	26,54	22,56	66,35
Nov.	55,92	43,83	24,56	15,49	14,73	37,79
Dez.	44,44	34,24	17,51	10,98	10,45	26,14

Leitwerte

HS Mitterdorf Variante 5 - Schule

Gebäude

... gegen Außen	Le	1.950,58	
... über Unbeheizt	Lu	0,00	
... über das Erdreich	Lg	550,94	
... Leitwertzuschlag für linienförmige und punktförmige Wärmebrücken		197,29	
Transmissionsleitwert der Gebäudehülle	LT	2.698,82	W/K
Lüftungsleitwert	LV	848,41	W/K
Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient	Um	0,384	W/m2K

... gegen Außen und über Unbeheizt

Bauteile gegen Außenluft

	m2	W/m2K	f	fH	W/K
Nord, 30° geneigt					
D02 Dach Schule	162,26	0,091	1,0		14,77
Gesamt	162,26				14,77

Nord-Nord-Ost

F01 Fenster und Außentüren Schule	41,93	1,530	1,0		64,15
W02 Aussenwand Schule	1,62	0,430	1,0		0,70
Gesamt	43,55				64,85

Ost-Nord-Ost

F02 Fenster und Außentüren Schule	132,72	1,530	1,0		203,06
F05 Fenster und Außentüren Schule	12,11	1,530	1,0		18,53
F13 Fenster und Außentüren Schule	37,00	1,530	1,0		56,61
FT04 Fenster und Außentüren Schule	22,08	1,530	1,0		33,78
FT10 Fenster und Außentüren Schule	12,10	1,530	1,0		18,51
W02 Aussenwand Schule	179,24	0,430	1,0		77,07
Gesamt	395,25				407,56

Ost-Süd-Ost

F01 Fenster und Außentüren Schule	41,93	1,530	1,0		64,15
W02 Aussenwand Schule	1,62	0,430	1,0		0,70
Gesamt	43,55				64,85

Süd-Süd-Ost

F03 Fenster und Außentüren Schule	28,80	1,530	1,0		44,06
F06 Fenster und Außentüren Schule	2,58	1,530	1,0		3,95
F07a Fenster und Außentüren Schule	1,69	1,530	1,0		2,59
F07b Fenster und Außentüren Schule	3,06	1,530	1,0		4,68
F08 Fenster und Außentüren Schule	44,65	1,530	1,0		68,31
F09 Fenster und Außentüren Schule	12,02	1,530	1,0		18,39
W02 Aussenwand Schule	291,11	0,430	1,0		125,18
Gesamt	383,91				267,16

Süd-Süd-West

F01 Fenster und Außentüren Schule	41,93	1,530	1,0		64,15
W02 Aussenwand Schule	1,62	0,430	1,0		0,70
Gesamt	43,55				64,85

West-Süd-West

F02 Fenster und Außentüren Schule	132,72	1,530	1,0		203,06
-----------------------------------	--------	-------	-----	--	--------

Abbildung B-52: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 5/19

Abbildung B-53: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 6/19

Leitwerte

HS Mitterdorf Variante 5 - Schule

West-Süd-West

F05	Fenster und Außentüren Schule	24,22	1,530	1,0	37,06
F13	Fenster und Außentüren Schule	37,00	1,530	1,0	56,61
FT04	Fenster und Außentüren Schule	22,08	1,530	1,0	33,78
W02	Aussenwand Schule	179,23	0,430	1,0	77,07
		395,25			407,58

West-Nord-West

F01	Fenster und Außentüren Schule	41,93	1,530	1,0	64,15
W02	Aussenwand Schule	1,62	0,430	1,0	0,70
		43,55			64,85

Nord-Nord-West

F08	Fenster und Außentüren Schule	17,86	1,530	1,0	27,33
F09	Fenster und Außentüren Schule	6,01	1,530	1,0	9,20
F11	Fenster und Außentüren Schule	3,06	1,530	1,0	4,68
FT12	Fenster und Außentüren Schule	3,42	1,530	1,0	5,23
W02	Aussenwand Schule	205,91	0,430	1,0	88,54
		236,26			134,98

Horizontal

D02	Dach Schule	2.303,27	0,091	1,0	209,60
D03	Dach Vorbauten	127,68	0,200	1,0	25,54
AF	Lichtkuppeln Schule	112,00	2,000	1,0	224,00
		2.542,95			459,14

... über das Erdreich

Wärmeübertragung über das Erdreich (EN ISO 13370:1998-12)

Fußboden Schule gegen KG

55,93 W/K

Unkonditionierter Keller

Perimeterlänge	P =	16,26 m
Lüftungsvolumen	VL =	408,70 m ³
Luftwechselrate	n =	0,30 1/h
	m ²	W/m ² K

AW	Aussenwand Schule			Dicke [m] :	0,34
FB03	Fußboden Schule gegen KG	149,30	1,074		
AW	Aussenwand Schule		0,430	Höhe [m] :	0,00
EWu	Aussenwand Schule gegen Erde		0,557	Höhe [m] :	3,65
EBKu	Fußboden Keller gegen Erde		2,762		

Fußboden Schule gegen Erde

495,01 W/K

Bodenplatte mit vertikaler Randdämmung

Perimeterlänge	P =	247,82 m
Randdämmung	lambda =	0,04 W/mK
	D =	1,00 m
	m ²	W/m ² K

Leitwerte

HS Mitterdorf Variante 5 - Schule

AW	Aussenwand Schule			Dicke [m] :	0,34
FB02	Fußboden Schule gegen Erde	2.545,65	1,314		

... Leitwertzuschlag für linienförmige und punktförmige Wärmebrücken

Leitwerte über Wärmebrücken

Wärmebrücken pauschal

197,29 W/K

... über Lüftung

Lüftungsleitwert

Fensterlüftung

848,41 W/K

keine Nachtlüftung

Lüftungsvolumen	VL =	5.605,49 m ³
Hygienisch erforderliche Luftwechselrate	nL =	1,20 1/h
Luftwechselrate Nachlüftung	nL,NL =	1,50 1/h

Monate	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
n L,m,h	0,445	0,428	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445
n L,m,c	0,445	0,428	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445

Abbildung B-54: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 7/19

Abbildung B-55: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 8/19

Monatsbilanz Heizwärmebedarf, Referenzklima

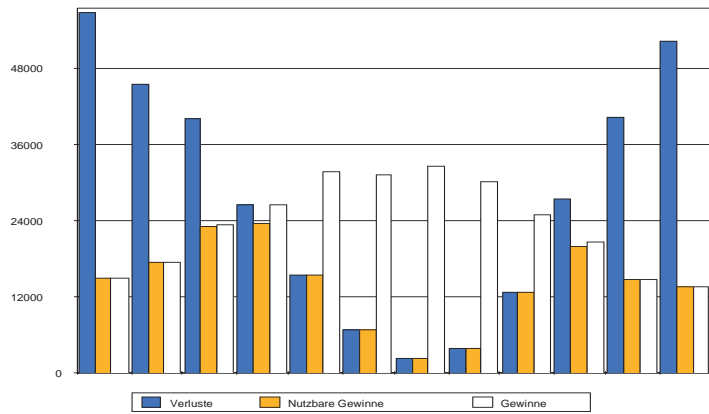
HS Mitterdorf Variante 5 - Schule

Volumen beheizt, BRI: 13126,21 m³
 Geschoßfläche, BGF: 2694,95 m²

schwere Bauweise
 Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürtzal, 585 m
 Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q h kWh
Jan.	-1,53	43.231	13.590	1,000	5.966	8.872	41.982
Feb.	0,73	34.948	10.577	1,000	9.595	7.915	28.015
Mär.	4,81	30.500	9.588	0,994	14.249	8.823	17.016
Apr.	9,62	20.170	6.267	0,888	15.905	7.595	2.938
Mai	14,20	11.646	3.661	0,481	11.017	4.266	24
Jun.	17,33	5.188	1.612	0,217	4.941	1.860	-
Jul.	19,12	1.767	555	0,071	1.691	631	-
Aug.	18,56	2.891	909	0,126	2.681	1.119	-
Sep.	15,03	9.657	3.001	0,506	8.299	4.331	28
Okt.	9,64	20.802	6.539	0,972	11.350	8.625	7.367
Nov.	4,16	30.780	9.564	1,000	6.198	8.552	25.593
Dez.	0,19	39.777	12.505	1,000	4.732	8.872	38.677
		251.357	78.369		96.622	71.462	161.641 kWh



Monatsbilanz Heizwärmebedarf, Standort

HS Mitterdorf Variante 5 - Schule

Volumen beheizt, BRI: 13126,21 m³
 Geschoßfläche, BGF: 2694,95 m²

schwere Bauweise
 Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürtzal, 585 m
 Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	HT d	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q h kWh
Jan.	-3,60	31	47.394	14.899	1,000	7.488	7.462	47.344
Feb.	-1,41	28	38.837	11.754	1,000	10.654	6.690	33.247
Mär.	2,47	31	35.181	11.060	0,998	15.060	7.449	23.731
Apr.	7,03	29	25.197	7.829	0,969	17.490	6.985	8.551
Mai	11,71		16.639	5.231	0,731	15.798	5.457	615
Jun.	14,64		10.412	3.235	0,488	10.109	3.515	23
Jul.	16,40		7.211	2.267	0,325	7.055	2.422	1
Aug.	15,96		8.104	2.548	0,382	7.798	2.850	3
Sep.	12,92	4	13.745	4.271	0,735	12.196	5.298	522
Okt.	7,76	31	24.571	7.724	0,992	12.133	7.404	12.758
Nov.	1,94	30	35.082	10.901	1,000	7.774	7.204	31.004
Dez.	-2,54	31	45.277	14.234	1,000	5.788	7.462	46.260
		215	307.650	95.952		129.343	70.200	204.059 kWh

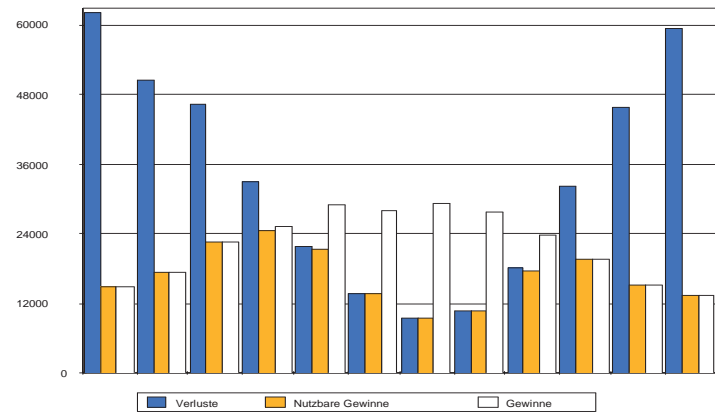


Abbildung B-56: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 9/19

Abbildung B-57: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 10/19

Monatsbilanz Heizwärmebedarf, Referenzklima

HS Mitterdorf Variante 5 - Schule

Volumen beheizt, BRI: 13126,21 m³
 Geschoßfläche, BGF: 2694,95 m²

schwere Bauweise
 Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürtal, 585 m
 Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	HT d	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q h kWh
Jan.	-1,53		43.231	12.212	1,000	5.966	6.015	43.461
Feb.	0,73		34.948	9.872	1,000	9.597	5.433	29.791
Mär.	4,81		30.500	8.616	0,998	14.294	6.001	18.822
Apr.	9,62		20.170	5.697	0,924	16.561	5.382	3.925
Mai	14,20		11.646	3.290	0,515	11.803	3.099	34
Jun.	17,33		5.188	1.466	0,233	5.297	1.357	-
Jul.	19,12		1.767	499	0,076	1.808	458	-
Aug.	18,56		2.891	817	0,136	2.890	818	-
Sep.	15,03		9.657	2.728	0,555	9.104	3.233	48
Okt.	9,64		20.802	5.876	0,988	11.532	5.941	9.205
Nov.	4,16		30.780	8.694	1,000	6.199	5.821	27.454
Dez.	0,19		39.777	11.236	1,000	4.732	6.015	40.266
			251.357	71.002		99.783	49.571	173.005 kWh

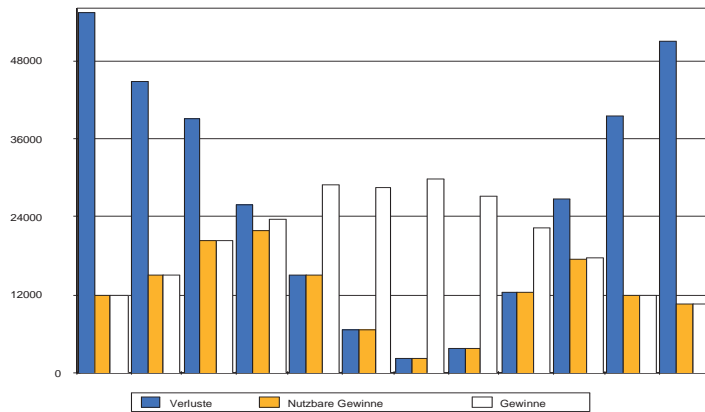


Abbildung B-58: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 11/19

Monatsbilanz Kühlbedarf, Standort

HS Mitterdorf Variante 5 - Schule

Volumen beheizt, BRI: 13126,21 m³
 Geschoßfläche, BGF: 2694,95 m²

schwere Bauweise
 Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürtal, 585 m
 Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q c kWh
Jan.	-3,60	101.779	18.686	1,000	8.069	14.923	3
Feb.	-1,41	85.131	15.047	1,000	11.643	13.378	12
Mär.	2,47	80.866	14.847	0,998	16.816	14.901	69
Apr.	7,03	63.106	11.452	0,992	20.385	14.291	404
Mai	11,71	49.119	9.018	0,957	23.832	14.282	2.398
Jun.	14,64	37.792	6.858	0,902	21.667	13.001	5.261
Jul.	16,40	32.976	6.054	0,835	20.988	12.460	9.260
Aug.	15,96	34.504	6.335	0,872	20.384	13.013	6.867
Sep.	12,92	43.498	7.894	0,966	18.092	13.926	1.558
Okt.	7,76	62.700	11.512	0,997	13.424	14.877	125
Nov.	1,94	80.032	14.523	1,000	8.405	14.406	10
Dez.	-2,54	98.154	18.021	1,000	6.187	14.923	2
		769.656	140.247		189.892	168.381	25.969 kWh

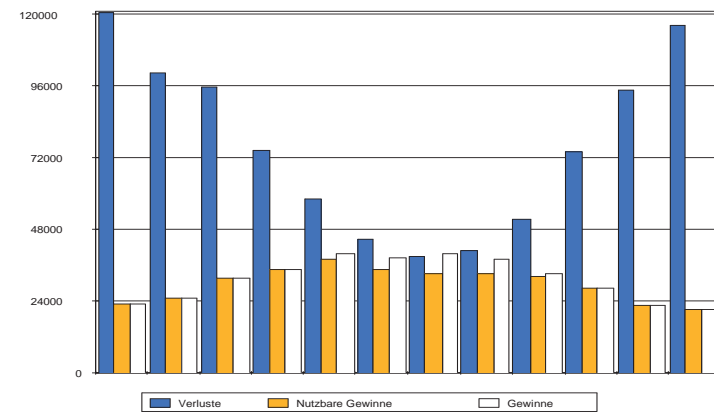


Abbildung B-59: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 12/19

Monatsbilanz Kühlbedarf, Referenzklima

HS Mitterdorf Variante 5 - Schule

Volumen beheizt, BRI: 13126,21 m³
 Geschoßfläche, BGF: 2694,95 m²

schwere Bauweise
 Keine Abluftleuchten

Mitterdorf im Mürtzal, 585 m
 Heizgradtage HGT (12/20): 4141 Kd

	Außen °C	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q c kWh
Jan.	-1,53	94.650	5.855	1,000	6.522	-	-
Feb.	0,73	78.472	4.855	1,000	10.575	-	-
Mär.	4,81	72.853	4.507	1,000	16.014	-	1
Apr.	9,62	54.499	3.372	0,999	20.381	-	35
Mai	14,20	40.569	2.510	0,979	25.818	-	772
Jun.	17,33	28.846	1.785	0,914	24.054	-	3.184
Jul.	19,12	23.654	1.463	0,816	22.428	-	7.067
Aug.	18,56	25.579	1.582	0,901	21.883	-	3.385
Sep.	15,03	36.499	2.258	0,994	18.388	-	159
Okt.	9,64	56.247	3.480	1,000	12.921	-	1
Nov.	4,16	72.665	4.495	1,000	6.768	-	-
Dez.	0,19	88.736	5.490	1,000	5.107	-	-
		673.269	41.651		190.857	-	14.604 kWh

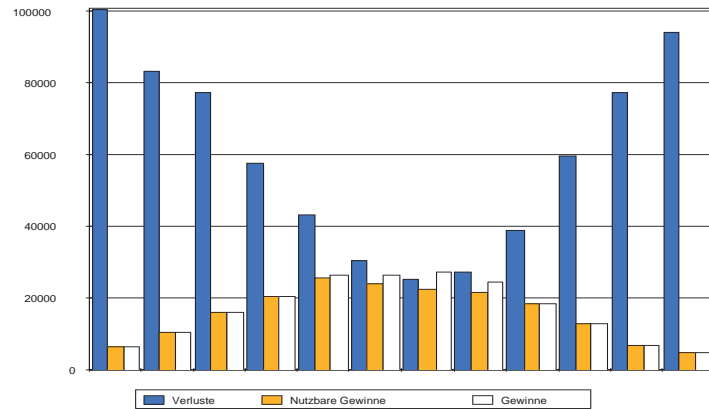


Abbildung B-60: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 13/19

Bauteilliste

HS Mitterdorf Variante 5

D02
AD

Dach Schule
O-U

Sanierung

	d [m]	λ _l [W/mK]	R [m ² K/W]	
1	Sand, Kies jeweils lufttrocken	B 0,0500	0,700	0,071
2	Vlies (PE)	0,0020	0,500	0,004
3	Villas Polymerbitumenbahnen Flachdach	0,0020	0,170	0,012
4	Vlies (PE)	0,0020	0,500	0,004
5	Polystyrol EPS 20	0,3600	0,038	9,474
6	Polyurethan-Hartschaumplatten	B 0,0400	0,033	1,212
7	Vlies (PE)	B 0,0020	0,500	0,004
8	Magerbeton / Schütt- und Stampfbeton / Aufbeton	B 0,0800	1,330	0,060
9	Stahlbeton	B 0,1200	2,500	0,048
Wärmeübergangswiderstände			0,140	
B = Bestand		0,6580	RT = 11,029	
			U = 0,091	

D03
AD

Dach Vorbauten
O-U

Bestand

	d [m]	λ _l [W/mK]	R [m ² K/W]	
1	Bestand	0,2000	0,041	4,860
Wärmeübergangswiderstände			0,140	
		0,2000	RT = 5	
			U = 0,200	

F01
AF

Fenster und Außentüren Schule

Bestand

	Länge m	psi W/m	g -	Fläche m ²	%	U W/m ² K
Verglasung			0,670	3,71	61,90	
Rahmen				2,28	38,10	
Glasrandverbund	16,18					
			vorh.	5,99		1,53

Abbildung B-61: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 14/19

Bauteilliste

HS Mitterdorf Variante 5

F02 Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	10,89	57,40	
Rahmen				8,07	42,60	
Glasrandverbund	54,79					
			vorh.	18,96		1,53

F03 Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	4,88	84,70	
Rahmen				0,88	15,30	
Glasrandverbund	15,32					
			vorh.	5,76		1,53

F05 Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	7,60	62,80	
Rahmen				4,51	37,20	
Glasrandverbund	39,00					
			vorh.	12,11		1,53

F06 Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	2,09	81,00	
Rahmen				0,49	19,00	
Glasrandverbund	10,76					
			vorh.	2,58		1,53

Abbildung B-62: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 15/19

Bauteilliste

HS Mitterdorf Variante 5

F07a Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	1,25	74,00	
Rahmen				0,44	26,00	
Glasrandverbund	6,85					
			vorh.	1,69		1,53

F07b Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	2,38	77,80	
Rahmen				0,68	22,20	
Glasrandverbund	8,75					
			vorh.	3,06		1,53

F08 Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	7,51	84,10	
Rahmen				1,42	15,90	
Glasrandverbund	26,98					
			vorh.	8,93		1,53

F09 Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF	Länge	psi	g	Fläche	%	U
	m	W/m	-	m2		W/m2K
Verglasung			0,670	4,97	82,70	
Rahmen				1,04	17,30	
Glasrandverbund	17,99					
			vorh.	6,01		1,53

Abbildung B-63: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 16/19

Bauteilliste

HS Mitterdorf Variante 5

F11 Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF		Länge	psi	g	Fläche	%
		m	W/m	-	m2	W/m2K
	Verglasung			0,670	2,48	81,00
	Rahmen				0,58	19,00
	Glasrandverbund	8,99				
				vorh.	3,06	1,53

F13 Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF		Länge	psi	g	Fläche	%
		m	W/m	-	m2	W/m2K
	Verglasung			0,670	16,29	88,10
	Rahmen				2,21	11,90
	Glasrandverbund	44,55				
				vorh.	18,50	1,53

FT04 Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF		Länge	psi	g	Fläche	%
		m	W/m	-	m2	W/m2K
	Verglasung			0,670	3,38	61,20
	Rahmen				2,14	38,80
	Glasrandverbund	19,84				
				vorh.	5,52	1,53

FT10 Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF		Länge	psi	g	Fläche	%
		m	W/m	-	m2	W/m2K
	Verglasung			0,670	7,61	62,90
	Rahmen				4,49	37,10
	Glasrandverbund	43,20				
				vorh.	12,10	1,53

Bauteilliste

HS Mitterdorf Variante 5

FT12 Fenster und Außentüren Schule Bestand						
AF		Länge	psi	g	Fläche	%
		m	W/m	-	m2	W/m2K
	Verglasung			0,670	2,01	58,80
	Rahmen				1,41	41,20
	Glasrandverbund	11,38				
				vorh.	3,42	1,53

W02 Aussenwand Schule Bestand				
AW	A-I			
		d [m]	λ[W/mK]	R [m2K/W]
1	RÖFIX Silikatputz	0,0100	0,700	0,014
2	Polystyrol (EPS f. Wärmedämmverbundsysteme WDVS)	0,0200	0,040	0,500
3	Stahlbeton	0,1200	2,500	0,048
4	Sto-Mineralwolle-Dämmplatte	0,0600	0,040	1,500
5	Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,0020	0,500	0,004
6	Stahlbeton	0,1200	2,500	0,048
7	SLP-it.	0,0150	0,350	0,043
Wärmeübergangswiderstände				0,170
			0,3470	RT = 2,327
				U = 0,430

AF Lichtkuppeln Schule Sanierung						
DF		Länge	psi	g	Fläche	%
		m	W/m	-	m2	W/m2K
	Verglasung			0,630	1,27	70,00
	Rahmen				0,55	30,00
	Glasrandverbund	5,46				
				vorh.	1,82	2,00

FB03 Fußboden Schule gegen KG Bestand				
DGK	U-O			
		d [m]	λ[W/mK]	R [m2K/W]
1	PVC-Belag	0,0100	0,190	0,053
2	Zementestrich	0,0550	1,700	0,032
3	Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,0020	0,500	0,004
4	Heraklith-BM	0,0350	0,093	0,376
5	Bitumen	0,0030	0,230	0,013
6	Magerbeton / Schütt- und Stampfbeton / Aufbeton	0,1500	1,330	0,113
Wärmeübergangswiderstände				0,340
			0,2550	RT = 0,931
				U = 1,074

Abbildung B-64: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 17/19

Abbildung B-65: Energieausweis Sanierungsvariante 5 LCC optimiert 18/19

Bauteilliste

HS Mitterdorf Variante 5

FB04		Fußboden Keller gegen Erde		Bestand	
EBKu		U-O			
		d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	
1	Zementestrich	0,0500	1,700	0,029	
2	Bitumen	0,0030	0,230	0,013	
3	Magerbeton / Schütt- und Stampfbeton / Aufbeton	0,2000	1,330	0,150	
Wärmeübergangswiderstände				0,170	
		0,2530	RT =	0,362	
			U =	2,762	

FB02		Fußboden Schule gegen Erde		Bestand	
EBu		U-O			
		d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	
1	PVC-Belag	0,0100	0,190	0,053	
2	Zementestrich	0,0550	1,700	0,032	
3	Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,0020	0,500	0,004	
4	Heraklith-BM	0,0350	0,093	0,376	
5	Bitumen	0,0030	0,230	0,013	
6	Magerbeton / Schütt- und Stampfbeton / Aufbeton	0,1500	1,330	0,113	
Wärmeübergangswiderstände				0,170	
		0,2550	RT =	0,761	
			U =	1,314	

W03		Aussenwand Schule gegen Erde		Bestand	
EWu		A-I			
		d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	
1	Bitumen	0,0050	0,230	0,022	
2	Stahlbeton	0,1200	2,500	0,048	
3	Sto-Mineralwolle-Dämmplatte	0,0600	0,040	1,500	
4	Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,0020	0,500	0,004	
5	Stahlbeton	0,1200	2,500	0,048	
6	SLP-it.	0,0150	0,350	0,043	
Wärmeübergangswiderstände				0,130	
		0,3220	RT =	1,795	
			U =	0,557	

ANHANG C - ANNAHMEN ZUR ERMITTLUNG DER HERSTELLUNGSKOSTEN

Preisbasis

Die Preise wurden aus folgenden bereits umgesetzten Projekten entnommen bzw. von nachfolgenden Personen zur Verfügung gestellt:

- Größtenteils aus einem Umbau einer Volksschule mit Kindergarten aus dem Jahr 2008 mit einer BGF von ca. 2.263,25 m².
- Für die Flachdachsanie rung aus einem Büroum- und -zubau aus dem Jahr 2007 mit einer BGF von ca. 186 m².
- Für die Fußbodensanie rung aus einem Neubauprojekt aus 2009 für Geschosswohnbauten mit einer BGF von 1.383 m².
- Für den Neubau stammt der flächenbezogene Kostenwert aus bereits durchgeführten Projekten.
- Für den Abbruch aus Abbrucharbeiten inkl. Entsorgung eines Wohngebäudes samt Nebengebäuden mit einer BGF von ca. 1.061 m².
- Für die Sanie rung des Fußbodens gegen Keller aus Auskünften einer Baufirma im Sommer 2010.
- Für die Heizung-Lüftung-Sanitär-Anlagen vom HLS-Planer, Herrn Ing. Bruno Stadlhofer, Kindberg .
- Für die Beleuchtungsanlage von Herrn Brandl Anton, Langenwang-Schwöbing.
- Für die Herstellungskosten des Bestandsgebäudes von Herrn Herbert Kirchner, Gemeinde Mitterdorf i. M.

Für die fiktiven Herstellungskosten der Kombinationen aus den Bauteilen zur Verringerung der Wärmeverluste über das Erdreich (Maßnahmen S, FBE und FBKG) wurden die Herstellungskosten der jeweiligen Einzelmaßnahmen addiert.

Die Preiskorrektur wurde mit dem Baupreisindex für die jeweiligen Leistungsgruppen aus dem entsprechendem Jahr auf das dritte Quartal 2010 hochgerechnet.

Kostenschätzung Dach 14 cm

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Standger.Dachfangger.herstellen	269,13 m	1,03	18,22 €/m	4.902,96 €
Standger.Dachfangger.vorhalten	807,39 VE	1,03	0,12 €/VE	96,71 €
Dacheindeckung abbrechen	301,97 m ²	1,06	4,81 €/m ²	1.452,27 €
Dacheindeckung entsorgen	5,74 t	1,03	30,98 €/t	177,74 €
Kies seitlich lagern	2.275,56 m ²	1,17	18,03 €/m ²	41.034,56 €
Kies wieder einbringen	1.517,04 m ²	1,17	18,03 €/m ²	27.356,37 €
Kiesschüttung 16/32 6cm dick	758,52 m ²	1,17	23,89 €/m ²	18.119,16 €
Dachhaut 1-lagig PVC-P 1,8mm	2.577,53 m ²	1,17	32,44 €/m ²	83.603,42 €
Az Dachhaut mech. Befestigung	301,97 m ²	1,17	11,83 €/m ²	3.571,28 €
Hochzug 1-lagig PVC-P 1,8mm	28,51 m ²	1,17	38,41 €/m ²	1.095,07 €
Dachhaut an Entwässerung anarbeiten	20,00 ST	1,05	45,63 €/ST	912,61 €
Dachhaut an Atrien anarbeiten	95,04 m	1,05	47,46 €/m	4.510,47 €
Dachhaut an Einfassungen anarbeiten	20,00 ST	1,05	52,73 €/ST	1.054,64 €
Filter-Schutzsch.Vlies 140g/m2	2.577,53 m ²	1,25	3,44 €/m ²	8.858,28 €
EPS W20 14 cm	2.577,53 m ²	1,03	13,49 €/m ²	34.771,06 €
Abbrechen Bleche	1.192,05 m	1,05	3,81 €/m	4.536,32 €
Metalle / Metallmix	2,38 t	1,05	47,05 €/t	112,18 €
Saumstreifen verzinkt b.15cm	365,67 m	1,05	7,57 €/m	2.767,03 €
Kittleiste verzinkt b.15cm	95,04 m	1,05	10,38 €/m	986,62 €
Wandefnf.verzinkt b.33cm	365,67 m	1,05	14,93 €/m	5.460,14 €
Klemmprofil	365,67 m	1,05	9,49 €/m	3.469,38 €
Verbundblech	460,71 m	1,17	21,73 €/m	10.012,58 €
Baustelleneinrichtung				7.765,83 €
Reserve			3%	7.998,80 €
Summe Dach 14 cm				274.625,48 €

Kostenschätzung Dach 36 cm

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Standger.Dachfangger.herstellen	269,13 m	1,03	18,22 €/m	4.902,96 €
Standger.Dachfangger.vorhalten	807,39 VE	1,03	0,12 €/VE	96,71 €
Dacheindeckung abbrechen	301,97 m ²	1,06	4,81 €/m ²	1.452,27 €
Dacheindeckung entsorgen	5,74 t	1,03	30,98 €/t	177,74 €
Kies seitlich lagern	2.275,56 m ²	1,17	18,03 €/m ²	41.034,56 €
Kies wieder einbringen	1.517,04 m ²	1,17	18,03 €/m ²	27.356,37 €
Kiesschüttung 16/32 6cm dick	758,52 m ²	1,17	23,89 €/m ²	18.119,16 €
Dachhaut 1-lagig PVC-P 1,8mm	2.577,53 m ²	1,17	32,44 €/m ²	83.603,42 €
Az Dachhaut mech. Befestigung	301,97 m ²	1,17	11,83 €/m ²	3.571,28 €
Hochzug 1-lagig PVC-P 1,8mm	28,51 m ²	1,17	38,41 €/m ²	1.095,07 €
Dachhaut an Entwässerung anarbeiten	20,00 ST	1,05	45,63 €/ST	912,61 €
Dachhaut an Atrien anarbeiten	95,04 m	1,05	47,46 €/m	4.510,47 €
Dachhaut an Einfassungen anarbeiten	20,00 ST	1,05	52,73 €/ST	1.054,64 €
Filter-Schutzsch.Vlies 140g/m2	2.577,53 m ²	1,25	3,44 €/m ²	8.858,28 €
EPS W20 36 cm	2.577,53 m ²	1,03	26,76 €/m ²	68.974,42 €
Abbr.Saum-lchse-Einf.verz.b.50cm	1.192,05 m	1,05	3,81 €/m	4.536,32 €
Metalle / Metallmix	2,38 t	1,05	47,05 €/t	112,18 €
Saumstreifen verzinkt b.15cm	365,67 m	1,05	7,57 €/m	2.767,03 €
Kittleiste verzinkt b.15cm	95,04 m	1,05	10,38 €/m	986,62 €
Wandefnf.verzinkt b.33cm	365,67 m	1,05	14,93 €/m	5.460,14 €
Klemmprofil	365,67 m	1,05	9,49 €/m	3.469,38 €

Tabelle C-1: fiktive Herstellungskosten 1/23

Verbundblech	460,71 m	1,17	21,73 €/m	10.012,58 €
Baustelleneinrichtung				8.791,93 €
Reserve			3%	9.055,68 €
Summe Dach 36 cm				310.911,83 €

**Kostenschätzung
Dach 40 cm**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Standger.Dachfanger.herstellen	269,13 m	1,03	18,22 €/m	4.902,96 €
Standger.Dachfanger.vorhalten	807,39 VE	1,03	0,12 €/VE	96,71 €
Dacheindeckung abrechen	301,97 m²	1,06	4,81 €/m²	1.452,27 €
Dacheindeckung entsorgen	5,74 t	1,03	30,98 €/t	177,74 €
Kies seitlich lagern	2.275,56 m²	1,17	18,03 €/m²	41.034,56 €
Kies wieder einbringen	1.517,04 m²	1,17	18,03 €/m²	27.356,37 €
Kiesschüttung 16/32 6cm dick	758,52 m²	1,17	23,89 €/m²	18.119,16 €
Dachhaut 1-lagig PVC-P 1,8mm	2.577,53 m²	1,17	32,44 €/m²	83.603,42 €
Az Dachhaut mech. Befestigung	301,97 m²	1,17	11,83 €/m²	3.571,28 €
Hochzug 1-lagig PVC-P 1,8mm	28,51 m²	1,17	38,41 €/m²	1.095,07 €
Dachhaut an Entwässerung anarbeiten	20,00 ST	1,05	45,63 €/ST	912,61 €
Dachhaut an Atrien anarbeiten	95,04 m	1,05	47,46 €/m	4.510,47 €
Dachhaut an Einfassungen anarbeiten	20,00 ST	1,05	52,73 €/ST	1.054,64 €
Filter-Schutzsch.Vlies 140g/m2	2.577,53 m²	1,25	3,44 €/m²	8.858,28 €
EPS W20 40 cm	2.577,53 m²	1,03	29,73 €/m²	76.638,25 €
Abbr.Saum-Ichse-Einf.verz.b.50cm	1.192,05 m	1,05	3,81 €/m	4.536,32 €
Metalle / Metallmix	2,38 t	1,05	47,05 €/t	112,18 €
Saumstreifen verzinkt b.15cm	365,67 m	1,05	7,57 €/m	2.767,03 €
Kittleiste verzinkt b.15cm	95,04 m	1,05	10,38 €/m	986,62 €
Wandefnf.verzinkt b.33cm	365,67 m	1,05	14,93 €/m	5.460,14 €
Klemmprofil	365,67 m	1,05	9,49 €/m	3.469,38 €
Verbundblech	460,71 m	1,17	21,73 €/m	10.012,58 €
Baustelleneinrichtung				9.021,84 €
Reserve			3%	9.292,50 €
Summe Dach 40 cm				319.042,38 €

**Kostenschätzung
Lichtkuppeln U 2,0**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Kies seitlich lagern und wieder einbringen	62,42 m²	1,17	36,07 €/m²	2.251,06 €
Dachhaut 1-lagig PVC-P 1,8mm	62,42 m²	1,17	32,44 €/m²	2.024,49 €
Hochzug 1-lagig PVC-P 1,8mm	28,51 m²	1,17	38,41 €/m²	1.095,07 €
Abbruch Lichtkuppeln	53,00 ST	1,03	30,98 €/ST	1.641,89 €
Entsorgen Lichtkuppeln	2,12 t	1,03	212,21 €/t	449,88 €
Lichtkuppel neu	112,00 m²	1,02	323,01 €/m²	36.176,27 €
Einbinden der Lichtkuppeln in die Dachhaut	53,00 ST	1,03	30,98 €/ST	1.641,89 €
Baustelleneinrichtung				1.358,42 €
Reserve			3%	1.399,17 €
Summe Lichtkuppel U 2,0				48.038,14 €

Tabelle C-2: fiktive Herstellungskosten 2/23

**Kostenschätzung
Lichtkuppeln U 1,4**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Kies seitlich lagern und wieder einbringen	62,42 m²	1,17	36,07 €/m²	2.251,06 €
Dachhaut 1-lagig PVC-P 1,8mm	62,42 m²	1,17	32,44 €/m²	2.024,49 €
Hochzug 1-lagig PVC-P 1,8mm	28,51 m²	1,17	38,41 €/m²	1.095,07 €
Abbruch Lichtkuppeln	53,00 ST	1,03	30,98 €/ST	1.641,89 €
Entsorgen Lichtkuppeln	2,12 t	1,03	212,21 €/t	449,88 €
Lichtkuppel neu	112,00 m²	1,02	496,86 €/m²	55.646,43 €
Einbinden der Lichtkuppeln in die Dachhaut	53,00 ST	1,03	30,98 €/ST	1.641,89 €
Baustelleneinrichtung				1.942,52 €
Reserve			3%	2.000,80 €
Summe Lichtkuppel U 1,4				68.694,04 €

**Kostenschätzung
Lichtkuppeln U 0,8**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Kies seitlich lagern und wieder einbringen	62,42 m²	1,17	36,07 €/m²	2.251,06 €
Dachhaut 1-lagig PVC-P 1,8mm	62,42 m²	1,17	32,44 €/m²	2.024,49 €
Hochzug 1-lagig PVC-P 1,8mm	28,51 m²	1,17	38,41 €/m²	1.095,07 €
Abbruch Lichtkuppeln	53,00 ST	1,03	30,98 €/ST	1.641,89 €
Entsorgen Lichtkuppeln	2,12 t	1,03	212,21 €/t	449,88 €
Lichtkuppel neu	112,00 m²	1,02	663,51 €/m²	74.311,03 €
Einbinden der Lichtkuppeln in die Dachhaut	53,00 ST	1,03	30,98 €/ST	1.641,89 €
Baustelleneinrichtung				2.502,46 €
Reserve			3%	2.577,53 €
Summe Lichtkuppel U 0,8				88.495,31 €

TGA - Bestand und Varianten

	Lebensdauer	HKO	inkl. Bauko:
Sanitärtechn. und feuerschutztechn. Anlagen	25a [27]	74.000 €	-
Heizungsanlage	25a [27]	74.000 €	-
Lüftungsanlage	25a [27]	66.000 €	71.000 €
Klimaanlage	-	-	-
Anlage zur Trinkwassererwärmung	25a [27]	6.000 €	-
Beleuchtungsanlage, Stark- und Schwachstromanlagen	25a [27]	40.000 €	-
Aufzüge	-	-	-
Gebäudeautomation	-	-	-

TGA - Neubau

	Lebensdauer	HKO	
Sanitärtechn. und feuerschutztechn. Anlagen	25a [27]	74.000 €	-
Heizungsanlage	25a [27]	88.000 €	-
Lüftungsanlage	25a [27]	132.000 €	-
Klimaanlage	-	-	-
Anlage zur Trinkwassererwärmung	25a [27]	6.000 €	-
Beleuchtungsanlage, Stark- und Schwachstromanlagen	25a [27]	40.000 €	-
Aufzüge	-	-	-
Gebäudeautomation	-	-	-

Tabelle C-3: fiktive Herstellungskosten 3/23

**Kostenschätzung
Dach Neubau**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Standger.Dachfanger.herstellen	153,00 m	1,03	18,22 €/m	2.787,32 €
Standger.Dachfanger.vorhalten	459,00 VE	1,03	0,12 €/VE	54,98 €
Kies seitlich lagern	1.362,84 m²	1,17	18,03 €/m²	24.575,71 €
Kies wieder einbringen	908,56 m²	1,17	18,03 €/m²	16.383,81 €
Kiesschüttung 16/32 6cm dick	454,28 m²	1,17	23,89 €/m²	10.851,61 €
Dachhaut 1-lagig PVC-P 1,8mm	1.362,84 m²	1,17	32,44 €/m²	44.204,37 €
Hochzug 1-lagig PVC-P 1,8mm	45,90 m²	1,17	38,41 €/m²	1.762,90 €
Dachhaut an Entwässerung anarbeiten	20,00 ST	1,05	45,63 €/ST	912,61 €
Dachhaut an Einfassungen anarbeiten	20,00 ST	1,05	52,73 €/ST	1.054,64 €
Filter-Schutzsch.Vlies 140g/m2	1.362,84 m²	1,25	3,44 €/m²	4.683,71 €
EPS W20 40 cm	1.362,84 m²	1,03	29,73 €/m²	40.521,61 €
Abbr.Saum-lchse-Einf.verz.b.50cm	459,00 m	1,05	3,81 €/m	1.746,71 €
Metalle / Metallmix	0,92 t	1,05	47,05 €/t	43,20 €
Saumstreifen verzinkt b.15cm	153,00 m	1,05	7,57 €/m	1.157,75 €
Kittleiste verzinkt b.15cm	153,00 m	1,05	14,93 €/m	2.284,58 €
Klemmprofil	153,00 m	1,05	9,49 €/m	1.451,63 €
Verbundblech	153,00 m	1,17	21,73 €/m	3.325,14 €
Baustelleneinrichtung				4.734,07 €
Reserve			3%	4.876,09 €
Summe Dach 40 cm				167.412,44 €

**Kostenschätzung
FB Kellerdecke 6 cm**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Kellerdecke 6 cm inkl. Spachtelung	142,46 m²	1,00	55,43 €/m²	7.897,22 €
Baustelleneinrichtung				236,92 €
Summe Kellerdecke 5 cm				8.134,14 €

**Kostenschätzung
FB Kellerdecke 10 cm**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Kellerdecke 10 cm inkl. Spachtelung	142,46 m²	1,00	60,21 €/m²	8.577,72 €
Baustelleneinrichtung				257,33 €
Summe Kellerdecke 10 cm				8.835,06 €

**Kostenschätzung
FB Kellerdecke 20 cm**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Kellerdecke 20 cm inkl. Spachtelung	142,46 m²	1,00	72,15 €/m²	10.278,97 €
Baustelleneinrichtung				308,37 €
Summe Kellerdecke 20 cm				10.587,34 €

Tabelle C-4: fiktive Herstellungskosten 4/23

**Kostenschätzung
Fenster gleich Ug 11**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Fenster:				
Fenster abbrehen	297,49 m²	1,03	19,56 €/m²	5.820,07 €
Fenster entsorgen	124,95 t	1,03	95,08 €/t	11.879,22 €
Portal abbrehen	549,78 m²	1,05	22,62 €/m²	12.437,02 €
Entsorgen Baustellenabfälle / Sperrmüll	230,91 t	1,05	122,63 €/t	28.316,08 €
Fenster neu	730,65 m²	1,04	345,08 €/m²	252.130,45 €
Gedämmte Paneeldachkonstruktion 120 mm	116,62 m²	1,04	53,70 €/m²	6.262,67 €
Traufenausbildung	80,92 m	1,04	21,51 €/m	444,30 €
Organgausbildung	51,24 m	1,04	21,81 €/m	456,72 €
Firstausbildung	117,18 m	1,05	23,18 €/m	509,52 €
Abgh.Decke+Stibl-Rost GKB12,5mm	116,62 m²	1,05	33,69 €/m²	3.929,33 €
Decke Dämmung Miner.5cm	116,62 m²	1,05	3,90 €/m²	454,33 €
E-Inst.Wandp2-l.Mwk.ergänz.b.2m2	55,96 m²	1,06	33,01 €/m²	1.847,21 €
I-Tiefgrund wasserl. Standard	55,96 m²	1,04	0,98 €/m²	54,66 €
I-Dispersion nasswischbest.Standard	55,96 m²	1,04	3,08 €/m²	172,12 €
Az I-Dispersion für Vollton	55,96 m²	1,04	1,01 €/m²	56,40 €
I-Dispersion Beschneiden	671,54 m	1,04	0,83 €/m	558,22 €
Außenputz ergänzen	55,96 m²	1,00	25,00 €/m²	1.399,05 €
Außenputz tiefgrundieren	55,96 m²	1,05	2,76 €/m²	154,69 €
Außenputz beschichten	55,96 m²	1,05	12,57 €/m²	703,47 €
Fensterbank innen:				
Fenster-Sohlbank Holz abbr.	37,16 m	1,05	5,48 €/m	203,79 €
Entsorgen Holzabfälle	0,22 t	1,05	48,51 €/t	10,82 €
Fe-bank kunststoffb.lief.300	37,16 m	1,04	22,79 €/m	846,80 €
Fe-bank nur vers.2,5m ü.20-30cm	2,00 ST	1,04	15,85 €/ST	31,70 €
Fe-bank nur vers. ü 2,5m bis 5,0m ü.20-30cm	10,00 ST	1,04	16,47 €/ST	164,69 €
Fensterbank außen:				
Sohlbankabdeckung Alu abbrehen	55,86 m²	1,03	3,29 €/m²	183,90 €
Entsorgen sonstige Metalle / Metallmix	0,06 t	1,03	24,62 €/t	1,38 €
Fass.Abdeckung verz.ü.25cm m2	55,86 m²	1,05	57,41 €/m²	3.206,99 €
Jalousie:				
Abbruch + Entsorgung	117,62 m²	1,03	15,40 €/m²	1.811,56 €
Innenjalousie	396,55 m²	1,01	55,19 €/m²	21.887,34 €
Baustelleneinrichtung				10.322,10 €
Reserve			3%	10.987,70 €
Summe Fenster gleich Ug 11				377.244,27 €

**Kostenschätzung
Fenster gleich Ug 07**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Fenster:				
Fenster abbrehen	297,49 m²	1,03	19,56 €/m²	5.820,07 €
Fenster entsorgen	124,95 t	1,03	95,08 €/t	11.879,22 €
Portal abbrehen	549,78 m²	1,05	22,62 €/m²	12.437,02 €
Entsorgen Baustellenabfälle / Sperrmüll	230,91 t	1,05	122,63 €/t	28.316,08 €
Fenster neu	730,65 m²	1,04	371,64 €/m²	271.537,37 €
Gedämmte Paneeldachkonstruktion 120 mm	116,62 m²	1,04	53,70 €/m²	6.262,67 €
Traufenausbildung	80,92 m	1,04	21,51 €/m	444,30 €

Tabelle C-5: fiktive Herstellungskosten 5/23

Organgausbildung	51,24 m	1,04	21,81 €/m	456,72 €
Firstausbildung	117,18 m	1,05	23,18 €/m	509,52 €
Abgh.Decke+Stbl-Rost GKB12,5mm	116,62 m²	1,05	33,69 €/m²	3.929,33 €
Decke Dämmung Miner.5cm	116,62 m²	1,05	3,90 €/m²	454,33 €
E-Inst.Wandp2-l.Mwk.ergänz.b.2m2	55,96 m²	1,06	33,01 €/m²	1.847,21 €
I-Tiefengrund wasserl. Standard	55,96 m²	1,04	0,98 €/m²	54,66 €
I-Dispersion nasswischbest.Standard	55,96 m²	1,04	3,08 €/m²	172,12 €
Az I-Dispersion für Vollton	55,96 m²	1,04	1,01 €/m²	56,40 €
I-Dispersion Beschneiden	671,54 m	1,04	0,83 €/m	558,22 €
Außenputz ergänzen	55,96 m²	1,00	25,00 €/m²	1.399,05 €
Außenputz tiefengrundieren	55,96 m²	1,05	2,76 €/m²	154,69 €
Außenputz beschichten	55,96 m²	1,05	12,57 €/m²	703,47 €
Fensterbank innen:				
Fenster-Sohlbank Holz abbr.	37,16 m	1,05	5,48 €/m	203,79 €
Entsorgen Holzabfälle	0,22 t	1,05	48,51 €/t	10,82 €
Fe-bank kunststoffb.lief.300	37,16 m	1,04	22,79 €/m	846,80 €
Fe-bank nur vers.2,5m ü.20-30cm	2,00 ST	1,04	15,85 €/ST	31,70 €
Fe-bank nur vers. ü 2,5m bis 5,0m ü.20-30cm	10,00 ST	1,04	16,47 €/ST	164,69 €
Fensterbank außen:				
Sohlbankabdeckung Alu abbrechen	55,86 m²	1,03	3,29 €/m²	183,90 €
Entsorgen sonstige Metalle / Metallmix	0,06 t	1,03	24,62 €/t	1,38 €
Fass.Abdeckung verz.ü.25cm m2	55,86 m²	1,05	57,41 €/m²	3.206,99 €
Jalousie:				
Abbruch + Entsorgung	117,62 m²	1,03	15,40 €/m²	1.811,56 €
Innenjalousie	396,55 m²	1,01	55,19 €/m²	21.887,34 €
Baustelleneinrichtung				10.884,90 €
Reserve			3%	11.586,79 €
Summe Fenster gleich Ug 07				397.813,08 €

**Kostenschätzung
Fenster gleich Ug 05**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Fenster:				
Fenster abbrechen	297,49 m²	1,03	19,56 €/m²	5.820,07 €
Fenster entsorgen	124,95 t	1,03	95,08 €/t	11.879,22 €
Portal abbrechen	549,78 m²	1,05	22,62 €/m²	12.437,02 €
Entsorgen Baustellenabfälle / Sperrmüll	230,91 t	1,05	122,63 €/t	28.316,08 €
Fenster neu	730,65 m²	1,04	403,45 €/m²	294.783,95 €
Gedämmte Paneeldachkonstruktion 120 mm	116,62 m²	1,04	53,70 €/m²	6.262,67 €
Traufenausbildung	80,92 m	1,04	21,51 €/m	444,30 €
Organgausbildung	51,24 m	1,04	21,81 €/m	456,72 €
Firstausbildung	117,18 m	1,05	23,18 €/m	509,52 €
Abgh.Decke+Stbl-Rost GKB12,5mm	116,62 m²	1,05	33,69 €/m²	3.929,33 €
Decke Dämmung Miner.5cm	116,62 m²	1,05	3,90 €/m²	454,33 €
E-Inst.Wandp2-l.Mwk.ergänz.b.2m2	55,96 m²	1,06	33,01 €/m²	1.847,21 €
I-Tiefengrund wasserl. Standard	55,96 m²	1,04	0,98 €/m²	54,66 €
I-Dispersion nasswischbest.Standard	55,96 m²	1,04	3,08 €/m²	172,12 €
Az I-Dispersion für Vollton	55,96 m²	1,04	1,01 €/m²	56,40 €
I-Dispersion Beschneiden	671,54 m	1,04	0,83 €/m	558,22 €
Außenputz ergänzen	55,96 m²	1,00	25,00 €/m²	1.399,05 €
Außenputz tiefengrundieren	55,96 m²	1,05	2,76 €/m²	154,69 €
Außenputz beschichten	55,96 m²	1,05	12,57 €/m²	703,47 €

Tabelle C-6: fiktive Herstellungskosten 6/23

Fensterbank innen:				
Fenster-Sohlbank Holz abbr.	37,16 m	1,05	5,48 €/m	203,79 €
Entsorgen Holzabfälle	0,22 t	1,05	48,51 €/t	10,82 €
Fe-bank kunststoffb.lief.300	37,16 m	1,04	22,79 €/m	846,80 €
Fe-bank nur vers.2,5m ü.20-30cm	2,00 ST	1,04	15,85 €/ST	31,70 €
Fe-bank nur vers. ü 2,5m bis 5,0m ü.20-30cm	10,00 ST	1,04	16,47 €/ST	164,69 €
Fensterbank außen:				
Sohlbankabdeckung Alu abbrechen	55,86 m²	1,03	3,29 €/m²	183,90 €
Entsorgen sonstige Metalle / Metallmix	0,06 t	1,03	24,62 €/t	1,38 €
Fass.Abdeckung verz.ü.25cm m2	55,86 m²	1,05	57,41 €/m²	3.206,99 €
Jalousie:				
Abbruch + Entsorgung	117,62 m²	1,03	15,40 €/m²	1.811,56 €
Innenjalousie	396,55 m²	1,01	55,19 €/m²	21.887,34 €
Baustelleneinrichtung				11.559,05 €
Reserve			3%	12.304,41 €
Summe Fenster gleich Ug 05				422.451,43 €

**Kostenschätzung
Fenster begradigt Ug 11**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Fenster:				
Fenster abbrechen	297,49 m²	1,03	19,56 €/m²	5.820,07 €
Fenster entsorgen	124,95 t	1,03	95,08 €/t	11.879,22 €
Portal abbrechen	549,78 m²	1,05	22,62 €/m²	12.437,02 €
Entsorgen Baustellenabfälle / Sperrmüll	230,91 t	1,05	122,63 €/t	28.316,08 €
Fenster neu	677,01 m²	1,04	345,08 €/m²	233.619,21 €
E-Inst.Wandp2-l.Mwk.ergänz.b.2m2	55,96 m²	1,06	33,01 €/m²	1.847,21 €
I-Tiefengrund wasserl. Standard	55,96 m²	1,04	0,98 €/m²	54,66 €
I-Dispersion nasswischbest.Standard	55,96 m²	1,04	3,08 €/m²	172,12 €
Az I-Dispersion für Vollton	55,96 m²	1,04	1,01 €/m²	56,40 €
I-Dispersion Beschneiden	671,54 m	1,04	0,83 €/m	558,22 €
Außenputz ergänzen	55,96 m²	1,00	25,00 €/m²	1.399,05 €
Außenputz tiefengrundieren	55,96 m²	1,05	2,76 €/m²	154,69 €
Außenputz beschichten	55,96 m²	1,05	12,57 €/m²	703,47 €
Fensterbank innen:				
Fenster-Sohlbank Holz abbr.	37,16 m	1,05	5,48 €/m	203,79 €
Entsorgen Holzabfälle	0,22 t	1,05	48,51 €/t	10,82 €
Fe-bank kunststoffb.lief.300	37,16 m	1,04	22,79 €/m	846,80 €
Fe-bank nur vers.2,5m ü.20-30cm	2,00 ST	1,04	15,85 €/ST	31,70 €
Fe-bank nur vers. ü 2,5m bis 5,0m ü.20-30cm	10,00 ST	1,04	16,47 €/ST	164,69 €
Fensterbank außen:				
Sohlbankabdeckung Alu abbrechen	52,59 m²	1,03	3,29 €/m²	173,12 €
Entsorgen sonstige Metalle / Metallmix	0,05 t	1,03	24,62 €/t	1,29 €
Fass.Abdeckung verz.ü.25cm m2	52,59 m²	1,05	57,41 €/m²	3.018,91 €
Fundament abbrechen:				
Stb.Fundament abbr.bis C25/30	48,60 m²	1,05	121,50 €/m²	5.905,09 €
Entsorgen Betonabbruch	121,50 t	1,05	16,04 €/t	1.948,97 €
Sägen Bet.decke n.unten b.30cm	34,31 m²	1,05	265,66 €/m²	9.115,90 €
Humus 20cm	89,10 m²	1,03	6,54 €/m²	582,41 €
Besämen von Humusflächen	89,10 m²	1,03	0,62 €/m²	55,20 €
Liefern und Hinterfüllen von Schüttmaterial	26,73 m³	1,03	11,88 €/m³	317,43 €

Tabelle C-7: fiktive Herstellungskosten 7/23

Wände:					
Türblatt Holz abbr.b.2,5m2	10,00 ST	1,03	11,15 €/ST	111,52 €	
Entsorgen Holzabfälle unbehandelt	0,30 t	1,03	49,57 €/t	14,87 €	
St-Zargen abbr.b.2m2	10,00 ST	1,03	29,64 €/ST	296,37 €	
Entsorgen Stahl	0,20 t	1,03	24,78 €/t	4,96 €	
Zwischenwand abbr.12cm	333,04 m²	1,03	18,07 €/m²	6.018,50 €	
Entsorgen mineralischer Bauschutt	63,78 t	1,03	30,98 €/t	1.975,80 €	
Estrichschlitze schließen bis 15 cm breit	84,32 m	1,03	56,80 €/m	4.788,68 €	
M.Stw.1f.125 4GKB12,5 48dB	351,64 m²	1,01	43,89 €/m²	15.435,28 €	
St-zarge lief+vers.b.2m2 100mm	10,00 ST	1,05	89,50 €/ST	894,98 €	
Az M-stw.U-Aussteifprof.2/75mm	20,00 m	1,05	6,84 €/m	136,88 €	
Beschichtung Zargen	10,00 ST	1,04	58,60 €/ST	586,04 €	
I-Tiefengrund wasserl. Standard	351,64 m²	1,04	0,98 €/m²	343,46 €	
I-Dispersion nasswischbest.Standard	175,82 m²	1,04	3,08 €/m²	540,77 €	
I-Dispersion waschbeständig Standard	175,82 m²	1,04	3,50 €/m²	615,67 €	
Az I-Dispersion für Vollton	351,64 m²	1,04	1,01 €/m²	354,42 €	
B-H/T-Blatt 40mm gefälzt 1-fl.T0 HPL	10,00 ST	1,05	225,65 €/ST	2.256,53 €	
Az 39dB	10,00 ST	1,05	202,56 €/ST	2.025,63 €	
Klasse B Standardbeschlag T0	10,00 ST	1,05	67,38 €/ST	673,81 €	
Az H/S Türschließer einstellbar	10,00 ST	1,05	115,45 €/ST	1.154,50 €	
Az Boden- bzw. Wandtürpuffer	10,00 ST	1,05	13,22 €/ST	132,24 €	
Böden:					
Abtragen Belag ohne Rücken PVC	815,87 m²	1,05	4,62 €/m²	3.767,69 €	
Entsorgen Baustellenabfälle / Sperrmüll	5,71 t	1,05	217,78 €/t	1.243,76 €	
Estrich ausgleich.ü.2-5mm	191,82 m²	1,05	6,40 €/m²	1.228,06 €	
Estrich ausgleich.ü.5-10mm	191,82 m²	1,05	13,22 €/m²	2.536,65 €	
Spachteln Untergrund	767,27 m²	1,05	4,62 €/m²	3.543,25 €	
Linoleum 2,5mm Kl.34 r.	767,27 m²	1,05	22,78 €/m²	17.474,67 €	
Az Linoleum Fuge schließen	767,27 m²	1,05	1,89 €/m²	1.449,51 €	
Az Linoleum Hochzug Sockel	369,01 m	1,05	14,27 €/m	5.267,20 €	
Az Linoelumb.Hochzug Inneneck.	60,00 ST	1,05	8,71 €/ST	522,68 €	
Az Linoelumb.Hochzug Außeneck.	70,00 ST	1,05	8,71 €/ST	609,79 €	
Aufsetzschiene Alu nat.30mm	8,00 m	1,05	10,81 €/m	86,48 €	
1.Pflege nach verl.Linoleum	767,27 m²	1,05	2,62 €/m²	2.013,21 €	
Bestehenden Belag beschneiden	133,34 m	1,05	0,63 €/m	83,97 €	
Sockelleiste furniert geklebt PVC	141,09 m	1,06	9,71 €/m	1.369,92 €	
Jalousie:					
Abbruch + Entsorgung	117,62 m²	1,03	15,40 €/m²	1.811,56 €	
Innenjalousie	369,73 m²	1,01	55,19 €/m²	20.406,92 €	
Baustelleneinrichtung				10.950,41 €	
Reserve			3%	12.963,61 €	
Summe Fenster begradigt Ug 11				445.083,79 €	

**Kostenschätzung
Fenster begradigt Ug 07**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Fenster:				
Fenster abbrechen	297,49 m²	1,03	19,56 €/m²	5.820,07 €
Fenster entsorgen	124,95 t	1,03	95,08 €/t	11.879,22 €
Portal abbrechen	549,78 m²	1,05	22,62 €/m²	12.437,02 €
Entsorgen Baustellenabfälle / Sperrmüll	230,91 t	1,05	122,63 €/t	28.316,08 €
Fenster neu	677,01 m²	1,04	371,64 €/m²	251.601,29 €
E-Inst.Wandp2-1.Mwk.ergänz.b.2m2	55,96 m²	1,06	33,01 €/m²	1.847,21 €

Tabelle C-8: fiktive Herstellungskosten 8/23

I-Tiefengrund wasserl. Standard	55,96 m²	1,04	0,98 €/m²	54,66 €
I-Dispersion nasswischbest.Standard	55,96 m²	1,04	3,08 €/m²	172,12 €
Az I-Dispersion für Vollton	55,96 m²	1,04	1,01 €/m²	56,40 €
I-Dispersion Beschneiden	671,54 m	1,04	0,83 €/m	558,22 €
Außenputz ergänzen	55,96 m²	1,00	25,00 €/m²	1.399,05 €
Außenputz tiefengrundieren	55,96 m²	1,05	2,76 €/m²	154,69 €
Außenputz beschichten	55,96 m²	1,05	12,57 €/m²	703,47 €
Fensterbank innen:				
Fenster-Sohlbank Holz abbr.	37,16 m	1,05	5,48 €/m	203,79 €
Entsorgen Holzabfälle	0,22 t	1,05	48,51 €/t	10,82 €
Fe-bank kunststoffb.lief.300	37,16 m	1,04	22,79 €/m	846,80 €
Fe-bank nur vers.2,5m ü.20-30cm	2,00 ST	1,04	15,85 €/ST	31,70 €
Fe-bank nur vers. ü 2,5m bis 5,0m ü.20-30cm	10,00 ST	1,04	16,47 €/ST	164,69 €
Fensterbank außen:				
Sohlbankabdeckung Alu abbrechen	52,59 m²	1,03	3,29 €/m²	173,12 €
Entsorgen sonstige Metalle / Metallmix	0,05 t	1,03	24,62 €/t	1,29 €
Fass.Abdeckung verz.ü.25cm m2	52,59 m²	1,05	57,41 €/m²	3.018,91 €
Fundament abbrechen:				
Stb.Fundament abbr.bis C25/30	48,60 m²	1,05	121,50 €/m²	5.905,09 €
Entsorgen Betonabbruch	121,50 t	1,05	16,04 €/t	1.948,97 €
Sägen Bet.decke n.unten b.30cm	34,31 m²	1,05	265,66 €/m²	9.115,90 €
Humus 20cm	89,10 m²	1,03	6,54 €/m²	582,41 €
Besämen von Humusflächen	89,10 m²	1,03	0,62 €/m²	55,20 €
Liefern und Hinterfüllen von Schüttmaterial	26,73 m³	1,03	11,88 €/m³	317,43 €
Wände:				
Türblatt Holz abbr.b.2,5m2	10,00 ST	1,03	11,15 €/ST	111,52 €
Entsorgen Holzabfälle unbehandelt	0,30 t	1,03	49,57 €/t	14,87 €
St-Zargen abbr.b.2m2	10,00 ST	1,03	29,64 €/ST	296,37 €
Entsorgen Stahl	0,20 t	1,03	24,78 €/t	4,96 €
Zwischenwand abbr.12cm	333,04 m²	1,03	18,07 €/m²	6.018,50 €
Entsorgen mineralischer Bauschutt	63,78 t	1,03	30,98 €/t	1.975,80 €
Estrichschlitze schließen bis 15 cm breit	84,32 m	1,03	56,80 €/m	4.788,68 €
M.Stw.1f.125 4GKB12,5 48dB	351,64 m²	1,01	43,89 €/m²	15.435,28 €
St-zarge lief+vers.b.2m2 100mm	10,00 ST	1,05	89,50 €/ST	894,98 €
Az M-stw.U-Aussteifprof.2/75mm	20,00 m	1,05	6,84 €/m	136,88 €
Beschichtung Zargen	10,00 ST	1,04	58,60 €/ST	586,04 €
I-Tiefengrund wasserl. Standard	351,64 m²	1,04	0,98 €/m²	343,46 €
I-Dispersion nasswischbest.Standard	175,82 m²	1,04	3,08 €/m²	540,77 €
I-Dispersion waschbeständig Standard	175,82 m²	1,04	3,50 €/m²	615,67 €
Az I-Dispersion für Vollton	351,64 m²	1,04	1,01 €/m²	354,42 €
B-H/T-Blatt 40mm gefälzt 1-fl.T0 HPL	10,00 ST	1,05	225,65 €/ST	2.256,53 €
Az 39dB	10,00 ST	1,05	202,56 €/ST	2.025,63 €
Klasse B Standardbeschlag T0	10,00 ST	1,05	67,38 €/ST	673,81 €
Az H/S Türschließer einstellbar	10,00 ST	1,05	115,45 €/ST	1.154,50 €
Az Boden- bzw. Wandtürpuffer	10,00 ST	1,05	13,22 €/ST	132,24 €
Böden:				
Abtragen Belag ohne Rücken PVC	815,87 m²	1,05	4,62 €/m²	3.767,69 €
Entsorgen Baustellenabfälle / Sperrmüll	5,71 t	1,05	217,78 €/t	1.243,76 €
Estrich ausgleich.ü.2-5mm	191,82 m²	1,05	6,40 €/m²	1.228,06 €
Estrich ausgleich.ü.5-10mm	191,82 m²	1,05	13,22 €/m²	2.536,65 €
Spachteln Untergrund	767,27 m²	1,05	4,62 €/m²	3.543,25 €
Linoleum 2,5mm Kl.34 r.	767,27 m²	1,05	22,78 €/m²	17.474,67 €
Az Linoleum Fuge schließen	767,27 m²	1,05	1,89 €/m²	1.449,51 €
Az Linoleum Hochzug Sockel	369,01 m	1,05	14,27 €/m	5.267,20 €
Az Linoelumb.Hochzug Inneneck.	60,00 ST	1,05	8,71 €/ST	522,68 €
Az Linoelumb.Hochzug Außeneck.	70,00 ST	1,05	8,71 €/ST	609,79 €
Aufsetzschiene Alu nat.30mm	8,00 m	1,05	10,81 €/m	86,48 €

Tabelle C-9: fiktive Herstellungskosten 9/23

1.Pflege nach verl.Linoleum	767,27 m ²	1,05	2,62 €/m ²	2.013,21 €
Bestehenden Belag beschneiden	133,34 m	1,05	0,63 €/m	83,97 €
Sockelleiste furniert geklebt PVC	141,09 m	1,06	9,71 €/m	1.369,92 €
Jalousie:				
Abbruch + Entsorgung	117,62 m ²	1,03	15,40 €/m ²	1.811,56 €
Innenjalousie	369,73 m ²	1,01	55,19 €/m ²	20.406,92 €
Baustelleneinrichtung				11.417,95 €
Reserve			3%	13.517,09 €
Summe Fenster begradigt Ug 07				464.086,90 €

**Kostenschätzung
Fenster begradigt Ug 05**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Fenster:				
Fenster abbrechen	297,49 m ²	1,03	19,56 €/m ²	5.820,07 €
Fenster entsorgen	124,95 t	1,03	95,08 €/t	11.879,22 €
Portal abbrechen	549,78 m ²	1,05	22,62 €/m ²	12.437,02 €
Entsorgen Baustellenabfälle / Sperrmüll	230,91 t	1,05	122,63 €/t	28.316,08 €
Fenster neu	677,01 m ²	1,04	403,45 €/m ²	273.141,12 €
E-Inst.Wandp2-l.Mwk.ergänz.b.2m2	55,96 m ²	1,06	33,01 €/m ²	1.847,21 €
I-Tiefengrund wasserl. Standard	55,96 m ²	1,04	0,98 €/m ²	54,66 €
I-Dispersion nasswischbest.Standard	55,96 m ²	1,04	3,08 €/m ²	172,12 €
Az I-Dispersion für Vollton	55,96 m ²	1,04	1,01 €/m ²	56,40 €
I-Dispersion Beschneiden	671,54 m	1,04	0,83 €/m	558,22 €
Außenputz ergänzen	55,96 m ²	1,00	25,00 €/m ²	1.399,05 €
Außenputz tiefengrundieren	55,96 m ²	1,05	2,76 €/m ²	154,69 €
Außenputz beschichten	55,96 m ²	1,05	12,57 €/m ²	703,47 €
Fensterbank innen:				
Fenster-Sohlbank Holz abbr.	37,16 m	1,05	5,48 €/m	203,79 €
Entsorgen Holzabfälle	0,22 t	1,05	48,51 €/t	10,82 €
Fe-bank kunststoffb.lief.300	37,16 m	1,04	22,79 €/m	846,80 €
Fe-bank nur vers.2,5m ü.20-30cm	2,00 ST	1,04	15,85 €/ST	31,70 €
Fe-bank nur vers. ü 2,5m bis 5,0m ü.20-30cm	10,00 ST	1,04	16,47 €/ST	164,69 €
Fensterbank außen:				
Sohlbankabdeckung Alu abbrechen	52,59 m ²	1,03	3,29 €/m ²	173,12 €
Entsorgen sonstige Metalle / Metallmix	0,05 t	1,03	24,62 €/t	1,29 €
Fass.Abdeckung verz.ü.25cm m2	52,59 m ²	1,05	57,41 €/m ²	3.018,91 €
Fundament abbrechen:				
Stb.Fundament abbr.bis C25/30	48,60 m ²	1,05	121,50 €/m ²	5.905,09 €
Entsorgen Betonabbruch	121,50 t	1,05	16,04 €/t	1.948,97 €
Sägen Bet.decke n.unten b.30cm	34,31 m ²	1,05	265,66 €/m ²	9.115,90 €
Humus 20cm	89,10 m ²	1,03	6,54 €/m ²	582,41 €
Besämen von Humusflächen	89,10 m ²	1,03	0,62 €/m ²	55,20 €
Liefen und Hinterfüllen von Schüttmaterial	26,73 m ³	1,03	11,88 €/m ³	317,43 €
Wände:				
Türblatt Holz abbr.b.2,5m2	10,00 ST	1,03	11,15 €/ST	111,52 €
Entsorgen Holzabfälle unbehandelt	0,30 t	1,03	49,57 €/t	14,87 €
St-Zargen abbr.b.2m2	10,00 ST	1,03	29,64 €/ST	296,37 €
Entsorgen Stahl	0,20 t	1,03	24,78 €/t	4,96 €
Zwischenwand abbr.12cm	333,04 m ²	1,03	18,07 €/m ²	6.018,50 €
Entsorgen mineralischer Bauschutt	63,78 t	1,03	30,98 €/t	1.975,80 €

Tabelle C-10: fiktive Herstellungskosten 10/23

Estrichschlitze schließen bis 15 cm breit	84,32 m	1,03	56,80 €/m	4.788,68 €
M.Stw.1f.125 4GKB12,5 48dB	351,64 m ²	1,01	43,89 €/m ²	15.435,28 €
St-zarge lief+vers.b.2m2 100mm	10,00 ST	1,05	89,50 €/ST	894,98 €
Az M-stw.U-Aussteifprof.2/75mm	20,00 m	1,05	6,84 €/m	136,88 €
Beschichtung Zargen	10,00 ST	1,04	58,60 €/ST	586,04 €
I-Tiefengrund wasserl. Standard	351,64 m ²	1,04	0,98 €/m ²	343,46 €
I-Dispersion nasswischbest.Standard	175,82 m ²	1,04	3,08 €/m ²	540,77 €
I-Dispersion waschbeständig Standard	175,82 m ²	1,04	3,50 €/m ²	615,67 €
Az I-Dispersion für Vollton	351,64 m ²	1,04	1,01 €/m ²	354,42 €
B-H/T-Blatt 40mm gefälzt 1-fl.TO HPL	10,00 ST	1,05	225,65 €/ST	2.256,53 €
Az 39dB	10,00 ST	1,05	202,56 €/ST	2.025,63 €
Klasse B Standardbeschlag T0	10,00 ST	1,05	67,38 €/ST	673,81 €
Az H/S Türschließer einstellbar	10,00 ST	1,05	115,45 €/ST	1.154,50 €
Az Boden- bzw. Wandtürpuffer	10,00 ST	1,05	13,22 €/ST	132,24 €
Böden:				
Abtragen Belag ohne Rücken PVC	815,87 m ²	1,05	4,62 €/m ²	3.767,69 €
Entsorgen Baustellenabfälle / Sperrmüll	5,71 t	1,05	217,78 €/t	1.243,76 €
Estrich ausgleich.ü.2-5mm	191,82 m ²	1,05	6,40 €/m ²	1.228,06 €
Estrich ausgleich.ü.5-10mm	191,82 m ²	1,05	13,22 €/m ²	2.536,65 €
Spachteln Untergrund	767,27 m ²	1,05	4,62 €/m ²	3.543,25 €
Linoleum 2,5mm Kl.34 r.	767,27 m ²	1,05	22,78 €/m ²	17.474,67 €
Az Linoleum Fuge schließen	767,27 m ²	1,05	1,89 €/m ²	1.449,51 €
Az Linoleum Hochzug Sockel	369,01 m	1,05	14,27 €/m	5.267,20 €
Az Linoelumb.Hochzug Inneneck.	60,00 ST	1,05	8,71 €/ST	522,68 €
Az Linoelumb.Hochzug Außeneck.	70,00 ST	1,05	8,71 €/ST	609,79 €
Aufsetzschiene Alu nat.30mm	8,00 m	1,05	10,81 €/m	86,48 €
1.Pflege nach verl.Linoleum	767,27 m ²	1,05	2,62 €/m ²	2.013,21 €
Bestehenden Belag beschneiden	133,34 m	1,05	0,63 €/m	83,97 €
Sockelleiste furniert geklebt PVC	141,09 m	1,06	9,71 €/m	1.369,92 €
Jalousie:				
Abbruch + Entsorgung	117,62 m ²	1,03	15,40 €/m ²	1.811,56 €
Innenjalousie	369,73 m ²	1,01	55,19 €/m ²	20.406,92 €
Baustelleneinrichtung				11.977,98 €
Reserve			3%	14.180,09 €
Summe Fenster begradigt Ug 05				486.849,76 €

Tabelle C-11: fiktive Herstellungskosten 11/23

**Kostenschätzung
Fenster Neubau**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Fenster:				
Fenster abbrechen	590,80 m ²	1,03	19,56 €/m ²	11.558,36 €
Fenster entsorgen	248,14 t	1,03	95,08 €/t	23.591,53 €
Fenster neu	590,80 m ²	1,04	403,45 €/m ²	238.360,85 €
E-Inst.Wandp2-1.Mwk.ergänz.b.2m2	75,60 m ²	1,06	33,01 €/m ²	2.495,43 €
I-Tiefgrund wasserl. Standard	75,60 m ²	1,04	0,98 €/m ²	73,84 €
I-Dispersion nasswischbest.Standard	75,60 m ²	1,04	3,08 €/m ²	232,52 €
Az I-Dispersion für Vollton	75,60 m ²	1,04	1,01 €/m ²	76,20 €
I-Dispersion Beschneiden	907,20 m	1,04	0,83 €/m	754,12 €
Außenputz ergänzen	75,60 m ²	1,00	25,00 €/m ²	1.890,00 €
Außenputz tiefgrundieren	75,60 m ²	1,05	2,76 €/m ²	208,97 €
Außenputz beschichten	75,60 m ²	1,05	12,57 €/m ²	950,33 €
Fensterbank innen:				
Fenster-Sohlbank Holz abbr.	69,00 m	1,05	5,48 €/m	378,40 €
Entsorgen Holzabfälle	0,41 t	1,05	48,51 €/t	20,08 €
Fe-bank kunststoffb.lief.300	69,00 m	1,04	22,79 €/m	1.572,36 €
Fe-bank nur vers. ü 2,5m bis 5,0m ü.20-30cm	5,00 ST	1,04	16,47 €/ST	82,35 €
Fensterbank außen:				
Sohlbankabdeckung Alu abbrechen	102,00 m ²	1,03	3,29 €/m ²	335,79 €
Entsorgen sonstige Metalle / Metallmix	0,10 t	1,03	24,62 €/t	2,51 €
Fass.Abdeckung verz.ü.25cm m2	102,00 m ²	1,05	57,41 €/m ²	5.855,73 €
Baustelleneinrichtung				5.768,79 €
Reserve			3%	8.826,24 €
Summe Fenster begradigt Ug 05				303.034,40 €

**Kostenschätzung
Neubau**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Abbruch	4.815,78 m ²	1,08	47,26 €/m ²	227.603,53 €
Neubau pauschal, inkl. Lüftung, ohne Honorare	2.543,81 m ²		2.000,00 €/m ²	5.087.624,59 €
Grundstück verkaufen	1.873,00 m ²		50,00 €/m ²	-93.650,00 €
Summe Neubau				5.221.578,13 €

**Kostenschätzung
Bestand**

Position	HKO in S	HKO in €	Faktor	HKO
Bestand	21.000.000 S	1.526.129,52 €	2,62	4.004.563,85 €
Summe Neubau				4.004.563,85 €

Tabelle C-12: fiktive Herstellungskosten 12/23

**Kostenschätzung
Wand 4 cm**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Gerüstung:				
Fassadengerüst herstellen	1.065,48 m ²	1,03	7,23 €/m ²	7.701,77 €
Fassadengerüst vorhalten	2.663,69 VE	1,03	0,15 €/VE	412,59 €
Fassadenabdeckungen:				
Sohlbankabdeckung Alu abbrechen	73,27 m ²	1,03	3,29 €/m ²	241,21 €
Entsorgen sonstige Metalle / Metallmix	0,07 t	1,03	24,62 €/t	1,80 €
Fass.Abdeckung verz.ü.25cm m2	29,85 m ²	1,05	57,41 €/m ²	1.713,70 €
WDVS:				
WDVS EPS-F 0,04W/(mK) UP3mm DD4cm	1.065,48 m ²	1,03	27,26 €/m ²	29.046,66 €
Az WDVS EPS-F für XPS 4cm	119,48 m ²	1,03	6,40 €/m ²	764,95 €
WDVS Baumit Klebeanker	1.065,48 m ²	1,03	6,51 €/m ²	6.931,59 €
WDVS Fenster/Tür-Anschlussprofil	700,73 m	1,03	3,30 €/m ²	2.315,52 €
WDVS Tropfkantenprofil Metall	271,37 m	1,03	5,58 €/m ²	1.513,23 €
WDVS Silikat-Dünnp. Reibstruktur 2 mm	1.065,48 m ²	1,03	14,04 €/m ²	14.963,43 €
Az WDVS Silikat-Dünnp. 2 mm S.-Farbe	532,74 m ²	1,03	1,14 €/m ²	605,14 €
Wand gegen Erde bis auf UK Bodenplatte:				
Reinigen der Bestandswand	119,48 m ²	1,03	3,10 €/m ²	370,14 €
Voranstrich lotrecht	119,48 m ²	1,03	2,38 €/m ²	283,77 €
Lot.Abd.n.drü.Spachtel.1k 2S	119,48 m ²	1,03	21,69 €/m ²	2.590,96 €
Mutterbod.abtragen	31,33 m ³	1,03	3,20 €/m ³	100,29 €
Mutterb.ausbreiten	31,33 m ³	1,03	6,61 €/m ³	207,06 €
Besämen von Humusflächen	156,65 m ²	1,03	0,62 €/m ²	97,06 €
Aushub. Grab.+Sch.bis 1,25m	20,18 m ³	1,03	15,28 €/m ³	308,39 €
Az Aushub Erschweren.Graben	20,18 m ³	1,03	2,17 €/m ³	43,76 €
Hinterfüll.seitl.gelag.Aushubm	20,18 m ³	1,03	4,54 €/m ³	91,68 €
Baustelleneinrichtung				6.000,00 €
Reserve			3%	2.289,14 €
Summe Wand 4 cm				78.593,85 €

**Kostenschätzung
Wand 20 cm**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Gerüstung:				
Fassadengerüst herstellen	1.070,85 m ²	1,03	7,23 €/m ²	7.740,63 €
Fassadengerüst vorhalten	2.677,13 VE	1,03	0,15 €/VE	414,68 €
Fassadenabdeckungen:				
Sohlbankabdeckung Alu abbrechen	73,27 m ²	1,03	3,29 €/m ²	241,21 €
Entsorgen sonstige Metalle / Metallmix	0,07 t	1,03	24,62 €/t	1,80 €
Fass.Abdeckung verz.ü.25cm m2	73,27 m ²	1,05	57,41 €/m ²	4.206,36 €
WDVS:				
WDVS EPS-F 0,04W/(mK) UP3mm DD20cm	1.070,85 m ²	1,03	36,87 €/m ²	39.477,19 €
Az WDVS EPS-F für XPS 20cm	120,06 m ²	1,03	15,49 €/m ²	1.859,61 €
WDVS Baumit Klebeanker	1.070,85 m ²	1,03	6,51 €/m ²	6.966,56 €
WDVS Fenster/Tür-Anschlussprofil	700,73 m	1,03	3,30 €/m ²	2.315,52 €
WDVS Tropfkantenprofil Metall	271,37 m	1,03	5,58 €/m ²	1.513,23 €
WDVS Silikat-Dünnp. Reibstruktur 2 mm	1.070,85 m ²	1,03	14,04 €/m ²	15.038,93 €

Tabelle C-13: fiktive Herstellungskosten 13/23

Az WDVS Silikat-Dünnp. 2 mm S.-Farbe	535,43 m ²	1,03	1,14 €/m ²	608,19 €
Wand gegen Erde bis auf UK Bodenplatte:				
Reinigen der Bestandswand	120,06 m ²	1,03	3,10 €/m ²	371,92 €
Voranstrich lotrecht	120,06 m ²	1,03	2,38 €/m ²	285,14 €
Lot.Abd.n.drü.Spachtel.1k 2S	120,06 m ²	1,03	21,69 €/m ²	2.603,45 €
Mutterbod.abtragen	40,02 m ³	1,03	3,20 €/m ³	128,11 €
Mutterb.ausbreiten	40,02 m ³	1,03	6,61 €/m ³	264,48 €
Besämen von Humusflächen	200,09 m ²	1,03	0,62 €/m ²	123,97 €
Aushub.Grab.+Sch.bis 1,25m	26,68 m ³	1,03	15,28 €/m ³	407,74 €
Az Aushub Erschwern.Graben	26,68 m ³	1,03	2,17 €/m ³	57,85 €
Hinterfüll.seitl.gelag.Aushubm	26,68 m ³	1,03	4,54 €/m ³	121,22 €
Baustelleneinrichtung				6.000,00 €
Reserve			3%	2.722,43 €
Summe Wand 20 cm				93.470,23 €

**Kostenschätzung
Wand 30 cm**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Gerüstung:				
Fassadengerüst herstellen	1.074,21 m ²	1,03	7,23 €/m ²	7.764,91 €
Fassadengerüst vorhalten	2.685,53 VE	1,03	0,15 €/VE	415,98 €
Fassadenabdeckungen:				
Sohlbankabdeckung Alu abbrechen	73,27 m ²	1,03	3,29 €/m ²	241,21 €
Entsorgen sonstige Metalle / Metallmix	0,07 t	1,03	24,62 €/t	1,80 €
Fass.Abdeckung verz.ü.25cm m2	100,41 m ²	1,05	57,41 €/m ²	5.764,27 €
WDVS:				
WDVS EPS-F 0,04W/(mK) UP3mm DD30cm	1.074,21 m ²	1,03	45,95 €/m ²	49.362,67 €
Az WDVS EPS-F für XPS 30cm	120,42 m ²	1,03	20,65 €/m ²	2.486,91 €
WDVS Baumit Klebeanker	1.074,21 m ²	1,03	6,51 €/m ²	6.988,42 €
WDVS Fenster/Tür-Anschlussprofil	700,73 m	1,03	3,30 €/m ²	2.315,52 €
WDVS Tropfkantenprofil Metall	271,37 m	1,03	5,58 €/m ²	1.513,23 €
WDVS Silikat-Dünnp. Reibstruktur 2 mm	1.074,21 m ²	1,03	14,04 €/m ²	15.086,12 €
Az WDVS Silikat-Dünnp. 2 mm S.-Farbe	537,11 m ²	1,03	1,14 €/m ²	610,10 €
Wand gegen Erde bis auf UK Bodenplatte:				
Reinigen der Bestandswand	120,42 m ²	1,03	3,10 €/m ²	373,04 €
Voranstrich lotrecht	120,42 m ²	1,03	2,38 €/m ²	286,00 €
Lot.Abd.n.drü.Spachtel.1k 2S	120,42 m ²	1,03	21,69 €/m ²	2.611,26 €
Mutterbod.abtragen	45,49 m ³	1,03	3,20 €/m ³	145,62 €
Mutterb.ausbreiten	45,49 m ³	1,03	6,61 €/m ³	300,64 €
Besämen von Humusflächen	227,45 m ²	1,03	0,62 €/m ²	140,93 €
Aushub.Grab.+Sch.bis 1,25m	30,77 m ³	1,03	15,28 €/m ³	470,30 €
Az Aushub Erschwern.Graben	30,77 m ³	1,03	2,17 €/m ³	66,73 €
Hinterfüll.seitl.gelag.Aushubm	30,77 m ³	1,03	4,54 €/m ³	139,82 €
Baustelleneinrichtung				6.000,00 €
Reserve			3%	3.092,56 €
Summe Wand 30 cm				106.178,04 €

Tabelle C-14: fiktive Herstellungskosten 14/23

**Kostenschätzung
Schürze 4 cm**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
WDVS:				
Reinigen der Bestandswand	265,51 m ²	1,03	3,10 €/m ²	822,53 €
Voranstrich lotrecht	265,51 m ²	1,03	2,38 €/m ²	630,60 €
Lot.Abd.n.drü.Spachtel.1k 2S	265,51 m ²	1,03	21,69 €/m ²	5.757,69 €
WDVS EPS-F 0,04W/(mK) UP3mm DD4cm	265,51 m ²	1,03	27,26 €/m ²	7.238,24 €
Az WDVS EPS-F für XPS 4cm	265,51 m ²	1,03	6,40 €/m ²	1.699,89 €
WDVS Baumit Klebeanker	265,51 m ²	1,03	6,51 €/m ²	1.727,31 €
Erdarbeiten:				
Mutterbod.abtragen	77,79 m ³	1,03	3,20 €/m ³	249,03 €
Mutterb.ausbreiten	77,79 m ³	1,03	6,61 €/m ³	514,13 €
Besämen von Humusflächen	388,97 m ²	1,03	0,62 €/m ²	241,00 €
Aushub.Grab.+Sch.bis 1,25m	249,58 m ³	1,03	15,28 €/m ³	3.814,33 €
Az Aushub Erschwern.Graben	249,58 m ³	1,03	2,17 €/m ³	541,22 €
Fördern und Entsorgen Aushubmaterial	10,62 m ³	1,03	9,29 €/m ³	98,70 €
Hinterfüll.seitl.gelag.Aushubm	238,96 m ³	1,03	4,54 €/m ³	1.085,74 €
Az höhere Verdichtung	238,96 m ³	1,04	2,50 €/m ³	598,52 €
Baustelleneinrichtung				2.500,00 €
Reserve			3%	825,57 €
Summe Schürze 4 cm				28.344,52 €

**Kostenschätzung
Schürze 20 cm**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
WDVS:				
Reinigen der Bestandswand	266,79 m ²	1,03	3,10 €/m ²	826,49 €
Voranstrich lotrecht	266,79 m ²	1,03	2,38 €/m ²	633,64 €
Lot.Abd.n.drü.Spachtel.1k 2S	266,79 m ²	1,03	21,69 €/m ²	5.785,45 €
WDVS EPS-F 0,04W/(mK) UP3mm DD20cm	266,79 m ²	1,03	36,87 €/m ²	9.835,26 €
Az WDVS EPS-F für XPS 20cm	266,79 m ²	1,03	15,49 €/m ²	4.132,46 €
WDVS Baumit Klebeanker	266,79 m ²	1,03	6,51 €/m ²	1.735,63 €
Erdarbeiten:				
Mutterbod.abtragen	86,71 m ³	1,03	3,20 €/m ³	277,56 €
Mutterb.ausbreiten	86,71 m ³	1,03	6,61 €/m ³	573,03 €
Besämen von Humusflächen	433,53 m ²	1,03	0,62 €/m ²	268,61 €
Aushub.Grab.+Sch.bis 1,25m	293,47 m ³	1,03	15,28 €/m ³	4.485,10 €
Az Aushub Erschwern.Graben	293,47 m ³	1,03	2,17 €/m ³	636,40 €
Fördern und Entsorgen Aushubmaterial	53,36 m ³	1,03	9,29 €/m ³	495,90 €
Hinterfüll.seitl.gelag.Aushubm	240,11 m ³	1,03	4,54 €/m ³	1.090,97 €
Az höhere Verdichtung	240,11 m ³	1,04	2,50 €/m ³	601,41 €
Baustelleneinrichtung				2.500,00 €
Reserve			3%	1.016,34 €
Summe Schürze 20 cm				34.894,27 €

Tabelle C-15: fiktive Herstellungskosten 15/23

**Kostenschätzung
Schürze 30 cm**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
WDVS:				
Reinigen der Bestandswand	267,59 m²	1,03	3,10 €/m²	828,97 €
Voranstrich lotrecht	267,59 m²	1,03	2,38 €/m²	635,54 €
Lot.Abd.n.drü.Spachtel.1k 2S	267,59 m²	1,03	21,69 €/m²	5.802,80 €
WDVS EPS-F 0,04W/(mK) UP3mm DD30cm	267,59 m²	1,03	45,95 €/m²	12.296,40 €
Az WDVS EPS-F für XPS 30cm	267,59 m²	1,03	20,65 €/m²	5.526,47 €
WDVS Baumit Klebeanker	267,59 m²	1,03	6,51 €/m²	1.740,84 €
Erdarbeiten:				
Mutterbod.abtragen	92,32 m³	1,03	3,20 €/m³	295,53 €
Mutterb.ausbreiten	92,32 m³	1,03	6,61 €/m³	610,12 €
Besämen von Humusflächen	461,59 m²	1,03	0,62 €/m²	286,00 €
Aushub.Grab.+Sch.bis 1,25m	321,11 m³	1,03	15,28 €/m³	4.907,51 €
Az Aushub Erschwern.Graben	321,11 m³	1,03	2,17 €/m³	696,34 €
Fördern und Entsorgen Aushubmaterial	80,28 m²	1,03	9,29 €/m³	746,07 €
Hinterfüll.seitl.gelag.Aushubm	240,83 m³	1,03	4,54 €/m³	1.094,24 €
Az höhere Verdichtung	240,83 m³	1,04	2,50 €/m³	603,21 €
Baustelleneinrichtung				2.500,00 €
Reserve			3%	1.157,10 €
Summe Schürze 30 cm				39.727,15 €

**Kostenschätzung
Wand nur verputzen**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Gerüstung:				
Fassadengerüst herstellen	1.065,48 m²	1,03	7,23 €/m²	7.701,77 €
Fassadengerüst vorhalten	2.663,69 VE	1,03	0,15 €/VE	412,59 €
Wand:				
Fassadenreinigen	1.065,48 m²	1,05	2,63 €/m²	2.796,88 €
Putz ergänzen	106,55 m²	1,00	25,00 €/m²	2.663,69 €
Fassade tiefengrundieren	1.065,48 m²	1,05	2,76 €/m²	2.936,72 €
Fassade beschichten	1.065,48 m²	1,05	12,53 €/m²	13.355,09 €
Baustelleneinrichtung				4.000,00 €
Reserve			3%	1.016,00 €
Summe Wand cm				34.882,74 €

Tabelle C-16: fiktive Herstellungskosten 16/23

**Kostenschätzung
FB gegen Erde 10 cm**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Boden PVC:				
Abtragen Belag ohne Rücken PVC	2.358,25 m²	1,05	4,62 €/m²	10.890,43 €
Entsorgen Baustellenabfälle / Sperrmüll	16,51 t	1,05	217,78 €/t	3.595,08 €
Estrich ausgleich.ü.2-5mm	235,82 m²	1,05	6,40 €/m²	1.509,81 €
Estrich ausgleich.ü.5-10mm	235,82 m²	1,05	13,22 €/m²	3.118,62 €
Spachteln Untergrund	2.358,25 m²	1,05	4,62 €/m²	10.890,43 €
Linoleum 2,5mm Kl.34 r.	2.358,25 m²	1,05	22,78 €/m²	53.709,61 €
Az Linoleum Fuge schließen	2.358,25 m²	1,05	1,89 €/m²	4.455,17 €
Az Linoleum Hochzug Sockel	1.345,30 m	1,05	14,27 €/m	19.202,62 €
Az Linoelumb.Hochzug Inneneck.	385,00 ST	1,05	8,71 €/ST	3.353,84 €
Az Linoelumb.Hochzug Außeneck.	544,00 ST	1,05	8,71 €/ST	4.738,93 €
Aufsetzschiene Alu nat.30mm	74,49 m	1,05	10,81 €/m	805,26 €
1.Pflege nach verl.Linoleum	2.358,25 m²	1,05	2,62 €/m²	6.187,74 €
Boden Fliesen:				
Abstemmen Bodenbelag Mört.	185,57 m²	1,004	18,17 €/m²	3.371,76 €
Entsorgen mineralischer Bauschutt	18,57 t	1,004	120,77 €/t	2.242,98 €
Grund-Vorstrich-Haftbrücke	247,69 m²	1,004	2,51 €/m²	621,63 €
Ausgleich.Boden ü.3-6mm	18,56 m²	1,004	13,05 €/m²	242,17 €
Altern-Feucht-abdicht.Boden W3	36,47 m²	1,004	16,36 €/m²	596,71 €
Abdicht.Eckfuge Boden/Wand	248,51 m	1,004	2,21 €/m	548,84 €
Bodenb.Dünnb.Fliese Billi glas.	185,57 m²	1,004	32,43 €/m²	6.017,01 €
I-Sockel Dünnb.Fliese Billi gl.	248,51 m	1,004	9,64 €/m	2.394,95 €
Wand Fliesen:				
Abstemmen Wandbelag Mört.	62,13 m²	1,004	18,17 €/m²	1.128,87 €
Ausgleich.Wand ü.3-6mm	6,21 m²	1,004	7,03 €/m²	43,66 €
Altern-Feucht-abdicht.Wand W3	8,54 m²	1,004	16,36 €/m²	139,81 €
Abdicht.Eckfuge Wand/Wand	40,50 m	1,004	2,21 €/m	89,45 €
Wand.Dünnb.Fl.20x20Billi weißgl	31,06 m²	1,004	33,13 €/m²	1.029,08 €
Wand Malerei:				
I-Abscheren Dispersion Standard	398,45 m²	1,04	1,56 €/m²	621,03 €
I-Abgescherte Dispersion entsorgen	398,45 m²	1,04	0,19 €/m²	74,52 €
I-Tiefengrund wasserl. Standard	199,23 m²	1,04	0,98 €/m²	194,59 €
I-Risse armieren mit Vlies Standard	50,00 m²	1,04	3,22 €/m²	161,06 €
I-Spachteln 1x Standard	199,23 m²	1,04	3,53 €/m²	703,83 €
I-Dispersion nasswischbest.Standard	199,23 m²	1,04	3,08 €/m²	612,75 €
I-Dispersion waschbeständig Standard	199,23 m²	1,04	3,50 €/m²	697,62 €
Az I-Dispersion für Vollton	398,45 m²	1,04	1,01 €/m²	401,60 €
Az I-Dispersion für Fungizid	31,06 m²	1,04	0,50 €/m²	15,49 €
I-Dispersion Beschneiden	1.593,81 m	1,04	0,83 €/m	1.324,86 €
Boden Baumeister:				
Mineralwollepl.schwer 30/25	185,57 m²	1,01	6,49 €/m²	1.203,52 €
Mineralwolleplatten 25/25mm	2.358,25 m²	1,01	7,40 €/m²	17.445,76 €
Hartschaumpl.EPS-W20 120mm	2.543,81 m²	1,01	11,35 €/m²	28.872,27 €
Schwimm.Zem.U-Estr.E225 60mm	2.543,81 m²	1,01	13,07 €/m²	33.254,67 €
Estrichbewehrung Kunstst.	2.543,81 m²	1,01	1,62 €/m²	4.124,61 €
Abschlussw.50-70mm Stahl 3mm	55,91 m	1,01	18,24 €/m	1.019,82 €
Dampfbremsfolie Polyethylen 0,2mm verklebt	5.087,62 m³	1,01	1,82 €/m³	9.280,37 €
Türblätter kürzen:				
Türblatt kürzen	20,00 ST	1,05	46,18 €/ST	923,60 €
Entsorgen Holzabfälle unbehandelt	0,50 t	1,03	49,57 €/t	24,78 €
Türblätter neu:				
Türblatt Holz abbr.b.2,5m2	56,00 ST	1,03	11,15 €/ST	624,54 €
Entsorgen Holzabfälle unbehandelt	1,68 t	1,03	49,57 €/t	83,27 €
St-Zargen abbr.b.2m2	56,00 ST	1,03	29,64 €/ST	1.659,66 €

Tabelle C-17: fiktive Herstellungskosten 17/23

Entsorgen Stahl	1,12 t	1,03	24,78 €/t	27,76 €
Zwischenwand abbr.12cm	16,73 m²	1,03	18,07 €/m²	302,24 €
Az Abbr.Kleinausm.Mauerwerk	16,73 m²	1,05	67,99 €/m²	1.137,19 €
Auflagerschlitze stemmen Mwk.	56,00 m	1,05	18,63 €/m	1.043,05 €
Entsorgen mineralischer Bauschutt	9,11 t	1,03	30,98 €/t	282,34 €
Az Mwk.Ft-Überl.ü.15-20cm	56,00 ST	1,01	8,92 €/ST	499,40 €
A-S/Stahl-UZ 40mm gefälzt 1-fl.T0 GRUND	56,00 ST	1,01	222,95 €/ST	12.485,00 €
E-Inst.Wandp2-I.Mwk.ergänz.b.2m2	40,14 m²	1,06	33,01 €/m²	1.324,95 €
Beschichtung Zargen	56,00 ST	1,04	58,60 €/ST	3.281,80 €
I-Tiefengrund wasserl. Standard	40,14 m²	1,04	0,98 €/m²	39,21 €
I-Dispersion nasswischbest.Standard	40,14 m²	1,04	3,08 €/m²	123,46 €
Az I-Dispersion für Vollton	40,14 m²	1,04	1,01 €/m²	40,46 €
I-Dispersion Beschneiden	268,80 m	1,04	0,83 €/m	223,44 €
B-H/T-Blatt 40mm gefälzt 1-fl.T0 HPL	56,00 ST	1,05	1,18 €/ST	65,92 €
Az 39dB	56,00 ST	1,05	202,56 €/ST	11.343,53 €
Klasse A Standardbeschlag WC/Bad T0	24,00 ST	1,05	58,15 €/ST	1.395,48 €
Klasse B Standardbeschlag T0	32,00 ST	1,05	67,38 €/ST	2.156,19 €
Az H/S Türschließer einstellbar	38,00 ST	1,05	115,45 €/ST	4.387,12 €
Az Boden- bzw. Wandtürpuffer	56,00 ST	1,05	13,22 €/ST	740,56 €
Abbrechen von Sanitärleitungen	108,00 m	1,03	20,29 €/m	2.191,46 €
Abbrechen und Neu Sanitärgegenstände	85,00 ST	1,00	900,00 €/ST	76.500,00 €
Baustelleneinrichtung				15.000,00 €
Reserve			3%	11.365,18 €
Summe FB gegen Erde 10 cm				378.839,26 €

**Kostenschätzung
FB gegen Erde 20 cm**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Boden PVC:				
Abtragen Belag ohne Rücken PVC	2.358,25 m²	1,05	4,62 €/m²	10.890,43 €
Entsorgen Baustellenabfälle / Sperrmüll	16,51 t	1,05	217,78 €/t	3.595,08 €
Estrich ausgleich.ü.2-5mm	235,82 m²	1,05	6,40 €/m²	1.509,81 €
Estrich ausgleich.ü.5-10mm	235,82 m²	1,05	13,22 €/m²	3.118,62 €
Spachteln Untergrund	2.358,25 m²	1,05	4,62 €/m²	10.890,43 €
Linoleum 2,5mm Kl.34 r.	2.358,25 m²	1,05	22,78 €/m²	53.709,61 €
Az Linoleum Fuge schließen	2.358,25 m²	1,05	1,89 €/m²	4.455,17 €
Az Linoleum Hochzug Sockel	1.345,30 m	1,05	14,27 €/m	19.202,62 €
Az Linoelumb.Hochzug Inneneck.	385,00 ST	1,05	8,71 €/ST	3.353,84 €
Az Linoleumb.Hochzug Außeneck.	544,00 ST	1,05	8,71 €/ST	4.738,93 €
Aufsetzschiene Alu nat.30mm	74,49 m	1,05	10,81 €/m	805,26 €
1. Pflege nach verl.Linoleum	2.358,25 m²	1,05	2,62 €/m²	6.187,74 €
Boden Fliesen:				
Abstemmen Bodenbelag Mört.	185,57 m²	1,004	18,17 €/m²	3.371,76 €
Entsorgen mineralischer Bauschutt	20,06 t	1,004	120,77 €/t	2.423,05 €
Grund-Vorstrich-Haftbrücke	272,54 m²	1,004	2,51 €/m²	684,00 €
Ausgleich.Boden ü.3-6mm	18,56 m²	1,004	13,05 €/m²	242,17 €
Altern-Feucht-abdicht.Boden W3	36,47 m²	1,004	16,36 €/m²	596,71 €
Abdicht.Eckfuge Boden/Wand	248,51 m	1,004	2,21 €/m	548,84 €
Bodenb.Dünnb.Fliese BIII glas.	185,57 m²	1,004	32,43 €/m²	6.017,01 €
I-Sockel Dünnb.Fliese BIII gl.	248,51 m	1,004	9,64 €/m	2.394,95 €
Wand Fliesen:				
Abstemmen Wandbelag Mört.	86,98 m²	1,004	18,17 €/m²	1.580,42 €

Tabelle C-18: fiktive Herstellungskosten 18/23

Ausgleich.Wand ü.3-6mm	8,70 m²	1,004	7,03 €/m²	61,12 €
Altern-Feucht-abdicht.Wand W3	11,96 m²	1,004	16,36 €/m²	195,73 €
Abdicht.Eckfuge Wand/Wand	56,70 m	1,004	2,21 €/m	125,22 €
Wand.Dünnb.FI.20x20BIII weißgl	43,49 m²	1,004	33,13 €/m²	1.440,71 €
Wand Malerei:				
I-Abscheren Dispersion Standard	557,83 m²	1,04	1,56 €/m²	869,44 €
I-Abgescherte Dispersion entsorgen	398,45 m²	1,04	0,19 €/m²	74,52 €
I-Tiefengrund wasserl. Standard	199,23 m²	1,04	0,98 €/m²	194,59 €
I-Risse armieren mit Vlies Standard	50,00 m²	1,04	3,22 €/m²	161,06 €
I-Spachteln 1x Standard	199,23 m²	1,04	3,53 €/m²	703,83 €
I-Dispersion nasswischbest.Standard	199,23 m²	1,04	3,08 €/m²	612,75 €
I-Dispersion waschbeständig Standard	199,23 m²	1,04	3,50 €/m²	697,62 €
Az I-Dispersion für Vollton	398,45 m²	1,04	1,01 €/m²	401,60 €
Az I-Dispersion für Fungizid	43,49 m²	1,04	0,50 €/m²	21,69 €
I-Dispersion Beschneiden	1.593,81 m	1,04	0,83 €/m	1.324,86 €
Boden Baumeister:				
Mineralwollepl.schwer 30/25	185,57 m²	1,01	6,49 €/m²	1.203,52 €
Mineralwolleplatten 25/25mm	2.358,25 m²	1,01	7,40 €/m²	17.445,76 €
Hartschaumpl.EPS-W20 200mm	2.543,81 m²	1,01	18,04 €/m²	45.886,29 €
Schwimm.Zem.U-Estr.E225 60mm	2.543,81 m²	1,01	13,07 €/m²	33.254,67 €
Estrichbewehrung Kunstst.	2.543,81 m²	1,01	1,62 €/m²	4.124,61 €
Abschlussw.50-70mm Stahl 3mm	55,91 m	1,01	18,24 €/m	1.019,82 €
Dampfbremfolie Polyethylen 0,2mm verklebt	5.087,62 m³	1,01	1,82 €/m³	9.280,37 €
Türblätter kürzen:				
Türblatt kürzen	20,00 ST	1,05	46,18 €/ST	923,60 €
Entsorgen Holzabfälle unbehandelt	0,60 t	1,03	49,57 €/t	29,74 €
Türblätter neu:				
Türblatt Holz abbr.b.2,5m2	56,00 ST	1,03	11,15 €/ST	624,54 €
Entsorgen Holzabfälle unbehandelt	1,68 t	1,03	49,57 €/t	83,27 €
St-Zargen abbr.b.2m2	56,00 ST	1,03	29,64 €/ST	1.659,66 €
Entsorgen Stahl	1,12 t	1,03	24,78 €/t	27,76 €
Zwischenwand abbr.12cm	23,42 m²	1,03	18,07 €/m²	423,14 €
Az Abbr.Kleinausm.Mauerwerk	23,42 m²	1,05	67,99 €/m²	1.592,06 €
Auflagerschlitze stemmen Mwk.	56,00 m	1,05	18,63 €/m	1.043,05 €
Entsorgen mineralischer Bauschutt	10,38 t	1,03	30,98 €/t	321,71 €
Az Mwk.Ft-Überl.ü.15-20cm	56,00 ST	1,01	8,92 €/ST	499,40 €
A-S/Stahl-UZ 40mm gefälzt 1-fl.T0 GRUND	56,00 ST	1,01	222,95 €/ST	12.485,00 €
E-Inst.Wandp2-I.Mwk.ergänz.b.2m2	40,14 m²	1,06	33,01 €/m²	1.324,95 €
Beschichtung Zargen	56,00 ST	1,04	58,60 €/ST	3.281,80 €
I-Tiefengrund wasserl. Standard	40,14 m²	1,04	0,98 €/m²	39,21 €
I-Dispersion nasswischbest.Standard	40,14 m²	1,04	3,08 €/m²	123,46 €
Az I-Dispersion für Vollton	40,14 m²	1,04	1,01 €/m²	40,46 €
I-Dispersion Beschneiden	268,80 m	1,04	0,83 €/m	223,44 €
B-H/T-Blatt 40mm gefälzt 1-fl.T0 HPL	56,00 ST	1,05	1,18 €/ST	65,92 €
Az 39dB	56,00 ST	1,05	202,56 €/ST	11.343,53 €
Klasse A Standardbeschlag WC/Bad T0	24,00 ST	1,05	58,15 €/ST	1.395,48 €
Klasse B Standardbeschlag T0	32,00 ST	1,05	67,38 €/ST	2.156,19 €
Az H/S Türschließer einstellbar	38,00 ST	1,05	115,45 €/ST	4.387,12 €
Az Boden- bzw. Wandtürpuffer	56,00 ST	1,05	13,22 €/ST	740,56 €
Abbrechen von Sanitärleitungen	108,00 m	1,03	20,29 €/m	2.191,46 €
Abbrechen und Neu Sanitärgegenstände	85,00 ST	1,00	900,00 €/ST	76.500,00 €
Baustelleneinrichtung				15.000,00 €
Reserve			3%	11.938,28 €
Summe FB gegen Erde 20 cm				409.881,06 €

Tabelle C-19: fiktive Herstellungskosten 19/23

**Kostenschätzung
FB gegen Erde 30 cm**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Boden PVC:				
Abtragen Belag ohne Rücken PVC	2.358,25 m²	1,05	4,62 €/m²	10.890,43 €
Entsorgen Baustellenabfälle / Sperrmüll	16,51 t	1,05	217,78 €/t	3.595,08 €
Estrich ausgleich.ü.2-5mm	235,82 m²	1,05	6,40 €/m²	1.509,81 €
Estrich ausgleich.ü.5-10mm	235,82 m²	1,05	13,22 €/m²	3.118,62 €
Spachteln Untergrund	2.358,25 m²	1,05	4,62 €/m²	10.890,43 €
Linoleum 2,5mm Kl.34 r.	2.358,25 m²	1,05	22,78 €/m²	53.709,61 €
Az Linoleum Fuge schließen	2.358,25 m²	1,05	1,89 €/m²	4.455,17 €
Az Linoleum Hochzug Sockel	1.345,30 m	1,05	14,27 €/m	19.202,62 €
Az Linoelumb.Hochzug Inneneck.	385,00 ST	1,05	8,71 €/ST	3.353,84 €
Az Linoelumb.Hochzug Außeneck.	544,00 ST	1,05	8,71 €/ST	4.738,93 €
Aufsetzschiene Alu nat.30mm	74,49 m	1,05	10,81 €/m	805,26 €
1.Pflege nach verl.Linoleum	2.358,25 m²	1,05	2,62 €/m²	6.187,74 €
Boden Fliesen:				
Abstemmen Bodenbelag Mört.	185,57 m²	1,004	18,17 €/m²	3.371,76 €
Entsorgen mineralischer Bauschutt	21,55 t	1,004	120,77 €/t	2.603,12 €
Grund-Vorstrich-Haftbrücke	297,39 m²	1,004	2,51 €/m²	746,37 €
Ausgleich.Boden ü.3-6mm	18,56 m²	1,004	13,05 €/m²	242,17 €
Altern-Feucht-abdicht.Boden W3	36,47 m²	1,004	16,36 €/m²	596,71 €
Abdicht.Eckfuge Boden/Wand	248,51 m	1,004	2,21 €/m	548,84 €
Bodenb.Dünnb.Fliese BIII glas.	185,57 m²	1,004	32,43 €/m²	6.017,01 €
I-Sockel Dünnb.Fliese BIII gl.	248,51 m	1,004	9,64 €/m	2.394,95 €
Wand Fliesen:				
Abstemmen Wandbelag Mört.	111,83 m²	1,004	18,17 €/m²	2.031,96 €
Ausgleich.Wand ü.3-6mm	11,18 m²	1,004	7,03 €/m²	78,58 €
Altern-Feucht-abdicht.Wand W3	15,38 m²	1,004	16,36 €/m²	251,66 €
Abdicht.Eckfuge Wand/Wand	72,90 m	1,004	2,21 €/m	161,00 €
Wand.Dünnb.Fl.20x20BIII weißgl	55,91 m²	1,004	33,13 €/m²	1.852,34 €
Wand Malerei:				
I-Abscheren Dispersion Standard	717,21 m²	1,04	1,56 €/m²	1.117,85 €
I-Abgescherte Dispersion entsorgen	398,45 m²	1,04	0,19 €/m²	74,52 €
I-Tiefengrund wasserl. Standard	199,23 m²	1,04	0,98 €/m²	194,59 €
I-Risse armieren mit Vlies Standard	50,00 m²	1,04	3,22 €/m²	161,06 €
I-Spachteln 1x Standard	199,23 m²	1,04	3,53 €/m²	703,83 €
I-Dispersion nasswischbest.Standard	199,23 m²	1,04	3,08 €/m²	612,75 €
I-Dispersion waschbeständig Standard	199,23 m²	1,04	3,50 €/m²	697,62 €
Az I-Dispersion für Vollton	398,45 m²	1,04	1,01 €/m²	401,60 €
Az I-Dispersion für Fungizid	55,91 m²	1,04	0,50 €/m²	27,89 €
I-Dispersion Beschneiden	1.593,81 m	1,04	0,83 €/m	1.324,86 €
Boden Baumeister:				
Mineralwollepl.schwer 30/25	185,57 m²	1,01	6,49 €/m²	1.203,52 €
Mineralwolleplatten 25/25mm	2.358,25 m²	1,01	7,40 €/m²	17.445,76 €
Hartschaumpl.EPS-W20 300mm	2.543,81 m²	1,01	27,72 €/m²	70.505,05 €
Schwimm.Zem.U-Estr.E225 60mm	2.543,81 m²	1,01	13,07 €/m²	33.254,67 €
Estrichbewehrung Kunstst.	2.543,81 m²	1,01	1,62 €/m²	4.124,61 €
Abschlussw.50-70mm Stahl 3mm	55,91 m	1,01	18,24 €/m	1.019,82 €
Dampfbremssolie Polyethylen 0,2mm verklebt	5.087,62 m²	1,01	1,82 €/m²	9.280,37 €
Türblätter kürzen:				
Türblatt kürzen	20,00 ST	1,05	46,18 €/ST	923,60 €
Entsorgen Holzabfälle unbehandelt	0,70 t	1,03	49,57 €/t	34,70 €
Türblätter neu:				
Türblatt Holz abbr.b.2,5m2	56,00 ST	1,03	11,15 €/ST	624,54 €
Entsorgen Holzabfälle unbehandelt	1,68 t	1,03	49,57 €/t	83,27 €
St-Zargen abbr.b.2m2	56,00 ST	1,03	29,64 €/ST	1.659,66 €

Tabelle C-20: fiktive Herstellungskosten 20/23

Entsorgen Stahl	1,12 t	1,03	24,78 €/t	27,76 €
Zwischenwand abbr.12cm	30,11 m²	1,03	18,07 €/m²	544,03 €
Az Abbr.Kleinausm.Mauerwerk	30,11 m²	1,05	67,99 €/m²	2.046,94 €
Auflagerschlitze stemmen Mwk.	56,00 m	1,05	18,63 €/m	1.043,05 €
Entsorgen mineralischer Bauschutt	11,66 t	1,03	30,98 €/t	361,09 €
Az Mwk.Ft-Überl.ü.15-20cm	56,00 ST	1,01	8,92 €/ST	499,40 €
A-S/Stahl-UZ 40mm gefälzt 1-fl.TO GRUND	56,00 ST	1,01	222,95 €/ST	12.485,00 €
E-Inst.Wandp2-l.Mwk.ergänz.b.2m2	40,14 m²	1,06	33,01 €/m²	1.324,95 €
Beschichtung Zargen	56,00 ST	1,04	58,60 €/ST	3.281,80 €
I-Tiefengrund wasserl. Standard	40,14 m²	1,04	0,98 €/m²	39,21 €
I-Dispersion nasswischbest.Standard	40,14 m²	1,04	3,08 €/m²	123,46 €
Az I-Dispersion für Vollton	40,14 m²	1,04	1,01 €/m²	40,46 €
I-Dispersion Beschneiden	268,80 m	1,04	0,83 €/m	223,44 €
B-H/T-Blatt 40mm gefälzt 1-fl.TO HPL	56,00 ST	1,05	1,18 €/ST	65,92 €
Az 39dB	56,00 ST	1,05	202,56 €/ST	11.343,53 €
Klasse A Standardbeschlag WC/Bad T0	24,00 ST	1,05	58,15 €/ST	1.395,48 €
Klasse B Standardbeschlag T0	32,00 ST	1,05	67,38 €/ST	2.156,19 €
Az H/S Türschließer einstellbar	38,00 ST	1,05	115,45 €/ST	4.387,12 €
Az Boden- bzw. Wandtürpuffer	56,00 ST	1,05	13,22 €/ST	740,56 €
Abbrechen von Sanitärleitungen	108,00 m	1,03	20,29 €/m	2.191,46 €
Abbrechen und Neu Sanitärgegenstände	85,00 ST	1,00	900,00 €/ST	76.500,00 €
Baustelleneinrichtung				15.000,00 €
Reserve			3%	12.739,53 €
Summe FB gegen Erde 30 cm				437.390,57 €

**Kostenschätzung
Lüftung Möglichkeit 2**

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Lüftung	12,00 KL		5.500,00 €/KL	66.000,00 €
Baumeisterarbeiten:				
WD STB 0,15m2 50cm	24,00 ST	1,03	51,63 €/ST	1.239,17 €
Entsorgen Betonabbruch	2,30 t	1,03	14,04 €/t	32,36 €
Baustelleneinrichtung				2.018,15 €
Reserve			3%	2.078,69 €
Summe Lüftung				71.368,36 €

Tabelle C-21: fiktive Herstellungskosten 21/23

Kostenschätzung
Lüftung Möglichkeit 1

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Lüftung	12,00 KL		8.000,00 €/KL	96.000,00 €
Trockenbau:				
Abgh.Decke+Stbl-Rost GKB12,5mm	120,00 m ²	1,05	33,69 €/m ²	4.043,21 €
Az Gp.Deckenschürze b.20cm	27,90 m	1,05	18,64 €/m	519,96 €
Az Gp.Deckenschürze ü.20-50cm	63,60 m	1,05	20,64 €/m	1.312,53 €
Decke Dämmung Miner.5cm	120,00 m ²	1,05	3,90 €/m ²	467,50 €
Az Wandanschl.offene Fuge	120,00 m ²	1,05	5,79 €/m	694,93 €
Az Rev.Öfn.Gp.abklappb.70/45	12,00 ST	1,05	122,88 €/ST	1.474,51 €
Az Rev.Öfn.Gp.abklappb.70/20	12,00 ST	1,05	114,98 €/ST	1.379,75 €
Eckschutzschiene Alu	38,76 m	1,05	4,32 €/m	167,33 €
Fuge Acryl-Disp.b.10mm	230,40 m	1,05	1,68 €/m	388,15 €
Malerarbeiten:				
Schutzabdeckung für Böden AN	30,00 m ²	1,04	1,04 €/m ²	31,17 €
Schutzabdeckung für Möbel AN	30,00 m ²	1,04	1,14 €/m ²	34,29 €
I-Tiefengrund wasserl. Standard	120,00 m ²	1,04	0,98 €/m ²	117,21 €
I-Dispersion nasswischbest.W/U Standard	120,00 m ²	1,04	3,51 €/m ²	420,82 €
Az I-Dispersion für Vollton	120,00 m ²	1,04	1,01 €/m ²	120,95 €
I-Dispersion Beschneiden	230,40 m	1,04	0,83 €/m	191,52 €
Baumeisterarbeiten:				
WD STB 0,15m2 50cm	24,00 ST	1,03	51,63 €/ST	1.239,17 €
Entsorgen Betonabbruch	2,30 t	1,03	14,04 €/t	32,36 €
Baustelleneinrichtung				3.259,06 €
Reserve			3%	3.356,83 €
Summe Lüftung				115.251,23 €

Kostenschätzung
Sonnenschutz innen neu - F

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Abbruch + Entsorgung	396,55 m ²	1,03	15,40 €/m ²	6.107,60 €
Innenjalousie	396,55 m ²	1,01	55,19 €/m ²	21.887,34 €
Summe Sonnenschutz Lamellen außen neu				27.994,93 €

Kostenschätzung
Sonnenschutz außen neu - Neubau

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Abbruch + Entsorgung	590,80 m ²	1,03	15,40 €/m ²	9.099,40 €
Jalousie Lamelle	590,80 m ²	1,03	61,67 €/m ²	36.432,44 €
Az A-Jal. Rdg.Blende Al L-förmig	255,00 m	1,03	25,77 €/m	6.571,06 €
Summe Sonnenschutz Lamellen außen neu				52.102,90 €

Tabelle C-22: fiktive Herstellungskosten 22/23

Kostenschätzung
Boden PVC neu

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Abtragen Belag ohne Rücken PVC	2.358,25 m ²	1,05	4,62 €/m ²	10.890,43 €
Entsorgen Baustellenabfälle / Sperrmüll	16,51 t	1,05	217,78 €/t	3.595,08 €
Estrich ausgleich.ü.2-5mm	235,82 m ²	1,05	6,40 €/m ²	1.509,81 €
Estrich ausgleich.ü.5-10mm	235,82 m ²	1,05	13,22 €/m ²	3.118,62 €
Spachteln Untergrund	2.358,25 m ²	1,05	4,62 €/m ²	10.890,43 €
Linoleum 2,5mm Kl.34 r.	2.358,25 m ²	1,05	22,78 €/m ²	53.709,61 €
Az Linoleum Fuge schließen	2.358,25 m ²	1,05	1,89 €/m ²	4.455,17 €
Az Linoleum Hochzug Sockel	1.345,30 m	1,05	14,27 €/m	19.202,62 €
Az Linoelumb.Hochzug Inneneck.	385,00 ST	1,05	8,71 €/ST	3.353,84 €
Az Linoleumb.Hochzug Außeneck.	544,00 ST	1,05	8,71 €/ST	4.738,93 €
Aufsetzschiene Alu nat.30mm	74,49 m	1,05	10,81 €/m	805,26 €
1.Pflege nach verl.Linoleum	2.358,25 m ²	1,05	2,62 €/m ²	6.187,74 €
Summe Boden PVC neu				122.457,54 €

Kostenschätzung
Boden Fliesen neu

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Abstemmen Bodenbelag Mört.	185,57 m ²	1,004	18,17 €/m ²	3.371,76 €
Entsorgen mineralischer Bauschutt	14,85 t	1,004	120,77 €/t	1.792,81 €
Grund-Vorstrich-Haltbrücke	185,57 m ²	1,004	2,51 €/m ²	465,71 €
Ausgleich.Boden ü.3-6mm	18,56 m ²	1,004	13,05 €/m ²	242,17 €
Altern-Feucht-abdicht.Boden W3	36,47 m ²	1,004	16,36 €/m ²	596,71 €
Abdicht.Eckfuge Boden/Wand	248,51 m	1,004	2,21 €/m	548,84 €
Bodenb.Dünnb.Fliese BIII glas.	185,57 m ²	1,004	32,43 €/m ²	6.017,01 €
I-Sockel Dünnb.Fliese BIII gl.	248,51 m	1,004	9,64 €/m	2.394,95 €
Summe Boden Fliesen neu				15.429,97 €

Kostenschätzung
Anstrich neu

Position	Menge	Faktor	EP	PP
I-Abscheren Dispersion Standard	2.156,89 m ²	1,04	1,56 €/m ²	3.361,74 €
I-Abgescherte Dispersion entsorgen	2.156,89 m ²	1,04	0,19 €/m ²	403,41 €
I-Tiefengrund wasserl. Standard	2.156,89 m ²	1,04	0,98 €/m ²	2.106,69 €
I-Risse armieren mit Vlies Standard	50,00 m ²	1,04	3,22 €/m ²	161,06 €
I-Spachteln 1x Standard	2.156,89 m ²	1,04	3,53 €/m ²	7.619,94 €
I-Dispersion nasswischbest.Standard	2.156,89 m ²	1,04	3,08 €/m ²	6.633,83 €
I-Dispersion waschbeständig Standard	2.156,89 m ²	1,04	3,50 €/m ²	7.552,71 €
Az I-Dispersion für Vollton	4.313,78 m ²	1,04	1,01 €/m ²	4.347,85 €
Az I-Dispersion für Fungizid	435,80 m ²	1,04	0,50 €/m ²	217,36 €
Summe Anstrich neu				32.404,59 €

Kostenschätzung
Sonnenschutz innen neu - Bestand

Position	Menge	Faktor	EP	PP
Abbruch + Entsorgung	117,62 m ²	1,03	15,40 €/m ²	1.811,56 €
Innenjalousie	117,62 m ²	1,01	55,19 €/m ²	6.491,96 €
Summe Sonnenschutz Lamellen außen neu				8.303,53 €

Tabelle C-23: fiktive Herstellungskosten 23/23

Optimierungsschritte	Energiestandard 1	Energiestandard 2	Energiestandard 3
Fenster			
fiktive HKO			
absolut	377.000 €	398.000 €	422.000 €
auf BGF bezogen	140 €/m² BGF	148 €/m² BGF	157 €/m² BGF
auf NNF bezogen	148 €/m² NNF	156 €/m² NNF	166 €/m² NNF
Fenster ohne Vorbauten			
fiktive HKO			
absolut	445.000 €	464.000 €	487.000 €
auf BGF bezogen	165 €/m² BGF	172 €/m² BGF	181 €/m² BGF
auf NNF bezogen	175 €/m² NNF	182 €/m² NNF	191 €/m² NNF
Dach			
fiktive HKO			
absolut	275.000 €	311.000 €	319.000 €
auf BGF bezogen	102 €/m² BGF	115 €/m² BGF	118 €/m² BGF
auf NNF bezogen	108 €/m² NNF	122 €/m² NNF	125 €/m² NNF
Lichtkuppeln			
fiktive HKO			
absolut	48.000 €	69.000 €	88.000 €
auf BGF bezogen	18 €/m² BGF	26 €/m² BGF	33 €/m² BGF
auf NNF bezogen	19 €/m² NNF	27 €/m² NNF	35 €/m² NNF
Wand			
fiktive HKO			
absolut	79.000 €	93.000 €	106.000 €
auf BGF bezogen	29 €/m² BGF	35 €/m² BGF	39 €/m² BGF
auf NNF bezogen	31 €/m² NNF	37 €/m² NNF	42 €/m² NNF
Schürze			
fiktive HKO			
absolut	28.000 €	35.000 €	40.000 €
auf BGF bezogen	10 €/m² BGF	13 €/m² BGF	15 €/m² BGF
auf NNF bezogen	11 €/m² NNF	14 €/m² NNF	16 €/m² NNF
Fußboden gegen Erde			
fiktive HKO			
absolut	379.000 €	410.000 €	437.000 €
auf BGF bezogen	141 €/m² BGF	152 €/m² BGF	162 €/m² BGF
auf NNF bezogen	149 €/m² NNF	161 €/m² NNF	172 €/m² NNF

Tabelle C-24: Herstellungskosten der Optimierungsschritte flächenbezogen 1/2

Optimierungsschritte	Energiestandard 1	Energiestandard 2	Energiestandard 3
Fußboden gegen KG			
fiktive HKO			
absolut	8.000 €	9.000 €	11.000 €
auf BGF bezogen	3 €/m² BGF	3 €/m² BGF	4 €/m² BGF
auf NNF bezogen	3 €/m² NNF	4 €/m² NNF	4 €/m² NNF
Schürze + Fußboden gegen Erde			
fiktive HKO			
absolut	407.000 €	445.000 €	477.000 €
auf BGF bezogen	151 €/m² BGF	165 €/m² BGF	177 €/m² BGF
auf NNF bezogen	160 €/m² NNF	175 €/m² NNF	188 €/m² NNF
Fußboden gegen Erde + Fußboden gegen KG			
fiktive HKO			
absolut	387.000 €	419.000 €	448.000 €
auf BGF bezogen	144 €/m² BGF	155 €/m² BGF	166 €/m² BGF
auf NNF bezogen	152 €/m² NNF	165 €/m² NNF	176 €/m² NNF
Fußboden gegen KG + Schürze			
fiktive HKO			
absolut	36.000 €	44.000 €	51.000 €
auf BGF bezogen	13 €/m² BGF	16 €/m² BGF	19 €/m² BGF
auf NNF bezogen	14 €/m² NNF	17 €/m² NNF	20 €/m² NNF
Schürze + Fußboden gegen Erde + Fußboden gegen KG			
fiktive HKO			
absolut	415.000 €	454.000 €	488.000 €
auf BGF bezogen	154 €/m² BGF	168 €/m² BGF	181 €/m² BGF
auf NNF bezogen	163 €/m² NNF	178 €/m² NNF	192 €/m² NNF
Lüftung			
fiktive HKO			
absolut		71.000 €	
auf BGF bezogen	-	26 €/m² BGF	-
auf NNF bezogen	-	28 €/m² NNF	-
Neubau			
fiktive HKO			
absolut		5.222.000 €	
auf BGF bezogen	-	1.938 €/m² BGF	-
auf NNF bezogen	-	2.053 €/m² NNF	-

Tabelle C-25: Herstellungskosten der Optimierungsschritte flächenbezogen 2/2

Varianten	HKO energ. Sanierung	HKO inkl. notwendiger Instandsetzungsarbeiten des Bestandsgebäudes
Variante 1		
fiktive HKO		
absolut	268.000 €	551.000 €
auf BGF bezogen	99 €/m ² BGF	204 €/m ² BGF
auf NNF bezogen	105 €/m ² NNF	217 €/m ² NNF
Variante 2		
fiktive HKO		
absolut	942.000 €	1.225.000 €
auf BGF bezogen	350 €/m ² BGF	455 €/m ² BGF
auf NNF bezogen	370 €/m ² NNF	482 €/m ² NNF
Variante 3		
fiktive HKO		
absolut	807.000 €	1.090.000 €
auf BGF bezogen	299 €/m ² BGF	404 €/m ² BGF
auf NNF bezogen	317 €/m ² NNF	428 €/m ² NNF
Variante 4		
fiktive HKO		
absolut	1.046.000 €	1.329.000 €
auf BGF bezogen	388 €/m ² BGF	493 €/m ² BGF
auf NNF bezogen	411 €/m ² NNF	522 €/m ² NNF
Variante 5		
fiktive HKO		
absolut	387.000 €	705.000 €
auf BGF bezogen	144 €/m ² BGF	262 €/m ² BGF
auf NNF bezogen	152 €/m ² NNF	277 €/m ² NNF
Variante 6		
fiktive HKO		
absolut	-	318.000 €
auf BGF bezogen	-	118 €/m ² BGF
auf NNF bezogen	-	125 €/m ² NNF
Variante 7		
fiktive HKO		
absolut	5.222.000 €	-
auf BGF bezogen	1.938 €/m ² BGF	-
auf NNF bezogen	2.053 €/m ² NNF	-

Tabelle C-26: Herstellungskosten der Sanierungsvarianten flächenbezogen

ANHANG D - ANNAHMEN ZUR ERMITTLUNG DER LEBENSZYKLUSKOSTEN

Annahmen für LCC-Berechnung		Informationsquelle	Variante 1 Sanierung	
BGF		Bestandsplan, Flächenermittlung für den Energieausweis	2.726,30 m ²	-
A	regelmäßige Zahlungen			
1	Wasser	Trinwasserbedarf [28]	971,25 m ³ /a	2,01 €/m ³
	Abwasser	Abwasseraufkommen [28]	971,25 m ³ /a	2,14 €/m ³
	Energie - Endenergiebedarf Heizwärme	Energieausweis: HWB + HTEB-RH, Preise aus [27]	307.678 kWh/a	0,06 €/kWh
	Energie - Endenergiebedarf Warmwasserbereitung	Energieausweis: WWWB + HTEB-WW, Preise aus [27]	38.665 kWh/a	0,06 €/kWh
	Energie - Endenergiebedarf Luftförderung	Energieausweis: QLF, Preise aus [27]	2.546 kWh/a	0,17 €/kWh
	Energie - Endenergiebedarf Klimakälte	-	-	-
	Energie - Endenergiebedarf Beleuchtung	Energieausweis: BelEB, Preise aus [27]	34.239 kWh/a	0,17 €/kWh
	Energie - Endenergiebedarf Hilfsenergie	Energieausweis: HEB - HTEB-WW - HTEB-RH - HWB - WWWB, Preise aus [27]	1.123 kWh/a	0,17 €/kWh
	Reinigung von Glasflächen (2-fach)	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	1.685,28 m ²	1,50 €/m ²
	Reinigung von Außenwandbekleidungen von außen, Stein	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	-	-
	Reinigung von Außenwandbekleidungen von außen, Blech	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	81,88 m ²	0,63 €/m ²
	Reinigung von Sonnenschutzvorrichtungen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	117,62 m ²	1,25 €/m ²
	Reinigung von Innentüren und -fenster	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	364,80 m ²	0,24 €/m ²
	Reinigung von Fußbodenbelägen Fliesen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	185,57 m ²	6,00 €/m ²
	Reinigung von Fußbodenbelägen PVC bzw. Linoleum	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	2.358,43 m ²	3,75 €/m ²
	Reinigung von Sanitäreinrichtungen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	85,00 m ²	17,50 €/m ²
			Instandhaltung	Wartung
2	Baukonstruktion	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C, Tabelle D-8	0	0,1
				HKO
				4.366.000 €
3	TGA			
	Sanitäranlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,55
	Heizungsanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,9	0,5
	Lüftungsanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	2,05	2,4
	Anlage zur Trinkwassererwärmung	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,55
	Beleuchtungsanlage, Stark- und Schwachstromanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,25
			Nutzungsdauer	HKO
B	unregelmäßige Zahlungen			
1	Baukonstruktion			
	Anstrich	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 15	32.000 €
	Bodenbelag	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 20	137.000 €
	Sonnenschutz	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	16 + 41	8.000 €
	Außenputz und WDVS	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	30	93.000 €
	Fenster	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	16 + 41	353.000 €
	Flachdach	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	18 + 48	275.000 €
	Lichtkuppeln	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	25	69.000 €
	Dachrinnen	-	25	-
2	TGA			
	Sanitäranlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 25	74.000 €
	Heizungsanlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	16 + 41	74.000 €
	Lüftungsanlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	25	66.000 €
	Anlage zur Trinkwassererwärmung	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	16 + 41	6.000 €
	Beleuchtungsanlage, Stark- und Schwachstromanlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 25	40.000 €
	HKO Jahr 0	fiktive HKO - siehe Anhang C, Tabelle D-8		551.000 €

Tabelle D-1: Annahmen für die Berechnung der LCC für die Variante 1

Annahmen für LCC-Berechnung		Informationsquelle	Variante 2 Sanierung		
BGF		Bestandsplan, Flächenermittlung für den Energieausweis	2.726,30 m ²	-	
A regelmäßige Zahlungen					
1	Wasser	Trinwasserbedarf [28]	971,22 m ³ /a	2,01 €/m ³	
	Abwasser	Abwasseraufkommen [28]	971,22 m ³ /a	2,14 €/m ³	
	Energie - Endenergiebedarf Heizwärme	Energieausweis: HWB + HTEB-RH, Preise aus [27]	126.265 kWh/a	0,06 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Warmwasserbereitung	Energieausweis: WWWB + HTEB-WW, Preise aus [27]	40.069 kWh/a	0,06 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Luftförderung	Energieausweis: QLF, Preise aus [27]	-	-	
	Energie - Endenergiebedarf Klimakälte	-	-	-	
	Energie - Endenergiebedarf Beleuchtung	Energieausweis: BeIEB, Preise aus [27]	34.239 kWh/a	0,17 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Hilfsenergie	Energieausweis: HEB - HTEB-WW - HTEB-RH - HWB - WWWB, Preise aus [27]	946 kWh/a	0,17 €/kWh	
	Reinigung von Glasflächen (2-fach)	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	1.648,96 m ²	1,50 €/m ²	
	Reinigung von Außenwandbekleidungen von außen, Stein	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	-	-	
	Reinigung von Außenwandbekleidungen von außen, Blech	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	81,88 m ²	0,63 €/m ²	
	Reinigung von Sonnenschutzvorrichtungen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	396,55 m ²	1,25 €/m ²	
	Reinigung von Innentüren und -fenster	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	364,80 m ²	0,24 €/m ²	
	Reinigung von Fußbodenbelägen Fliesen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	185,57 m ²	6,00 €/m ²	
	Reinigung von Fußbodenbelägen PVC bzw. Linoleum	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	2.358,43 m ²	3,75 €/m ²	
	Reinigung von Sanitäreinrichtungen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	85,00 m ²	17,50 €/m ²	
				Instandhaltung	Wartung
2	Baukonstruktion	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C, Tabelle D-8	0	0,1	HKO
					5.111.000 €
3	TGA				
	Sanitäranlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,55	74.000 €
	Heizungsanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,9	0,5	74.000 €
	Lüftungsanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	2,05	2,4	-
	Anlage zur Trinkwassererwärmung	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,55	6.000 €
	Beleuchtungsanlage, Stark- und Schwachstromanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,25	40.000 €
				Nutzungsdauer	HKO
B unregelmäßige Zahlungen					
1	Baukonstruktion				
	Anstrich	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 15	32.000 €	
	Bodenbelag	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 20	137.000 €	
	Sonnenschutz	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	25	28.000 €	
	Außenputz und WDVS	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	30	93.000 €	
	Fenster	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	25	398.000 €	
	Flachdach	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	30	311.000 €	
	Lichtkuppeln	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	25	88.000 €	
	Dachrinnen	-	25	-	
2	TGA				
	Sanitäranlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 25	74.000 €	
	Heizungsanlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	16 + 41	74.000 €	
	Lüftungsanlage	-	-	-	
	Anlage zur Trinkwassererwärmung	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	16 + 41	6.000 €	
	Beleuchtungsanlage, Stark- und Schwachstromanlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 25	40.000 €	
	HKO Jahr 0	fiktive HKO - siehe Anhang C, Tabelle D-8		1.225.000 €	

Tabelle D-2: Annahmen für die Berechnung der LCC für die Variante 2

Annahmen für LCC-Berechnung		Informationsquelle	Variante 3 Sanierung		
BGF		Bestandsplan, Flächenermittlung für den Energieausweis	2.701,09 m ²	-	
A regelmäßige Zahlungen					
1	Wasser	Trinwasserbedarf [28]	971,24 m ³ /a	2,01 €/m ³	
	Abwasser	Abwasseraufkommen [28]	971,24 m ³ /a	2,14 €/m ³	
	Energie - Endenergiebedarf Heizwärme	Energieausweis: HWB + HTEB-RH, Preise aus [27]	194.657 kWh/a	0,06 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Warmwasserbereitung	Energieausweis: WWWB + HTEB-WW, Preise aus [27]	39.321 kWh/a	0,06 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Luftförderung	Energieausweis: QLF, Preise aus [27]	-	-	
	Energie - Endenergiebedarf Klimakälte	-	-	-	
	Energie - Endenergiebedarf Beleuchtung	Energieausweis: BelEB, Preise aus [27]	33.923 kWh/a	0,17 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Hilfsenergie	Energieausweis: HEB - HTEB-WW - HTEB-RH - HWB - WWWB, Preise aus [27]	1.004 kWh/a	0,17 €/kWh	
	Reinigung von Glasflächen (2-fach)	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	1.671,16 m ²	1,50 €/m ²	
	Reinigung von Außenwandbekleidungen von außen, Stein	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	-	-	
	Reinigung von Außenwandbekleidungen von außen, Blech	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	81,88 m ²	0,63 €/m ²	
	Reinigung von Sonnenschutzvorrichtungen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	396,55 m ²	1,25 €/m ²	
	Reinigung von Innentüren und -fenster	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	364,80 m ²	0,24 €/m ²	
	Reinigung von Fußbodenbelägen Fliesen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	185,57 m ²	6,00 €/m ²	
	Reinigung von Fußbodenbelägen PVC bzw. Linoleum	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	2.358,43 m ²	3,75 €/m ²	
	Reinigung von Sanitäreinrichtungen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	85,00 m ²	17,50 €/m ²	
			Instandhaltung	Wartung	HKO
2	Baukonstruktion	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C, Tabelle D-8	0	0,1	4.976.000 €
3 TGA					
	Sanitäranlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,55	74.000 €
	Heizungsanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,9	0,5	74.000 €
	Lüftungsanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	2,05	2,4	-
	Anlage zur Trinkwassererwärmung	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,55	6.000 €
	Beleuchtungsanlage, Stark- und Schwachstromanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,25	40.000 €
			Nutzungsdauer	HKO	
B	unregelmäßige Zahlungen				
1	Baukonstruktion				
	Anstrich	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 15		32.000 €
	Bodenbelag	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 20		137.000 €
	Sonnenschutz	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	25		28.000 €
	Außenputz und WDVS	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	30		79.000 €
	Fenster	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	25		353.000 €
	Flachdach	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	30		275.000 €
	Lichtkuppeln	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	25		48.000 €
	Dachrinnen	-	25		-
2	TGA				
	Sanitäranlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 25		74.000 €
	Heizungsanlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	16 + 41		74.000 €
	Lüftungsanlage	-	-		-
	Anlage zur Trinkwassererwärmung	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	16 + 41		6.000 €
	Beleuchtungsanlage, Stark- und Schwachstromanlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 25		40.000 €
HKO Jahr 0		fiktive HKO - siehe Anhang C, Tabelle D-8			1.090.000 €

Tabelle D-3: Annahmen für die Berechnung der LCC für die Variante 3

Annahmen für LCC-Berechnung		Informationsquelle	Variante 4 Sanierung		
BGF		Bestandsplan, Flächenermittlung für den Energieausweis	2.742,57 m ²	-	
A regelmäßige Zahlungen					
1	Wasser	Trinwasserbedarf [28]	971,22 m ³ /a	2,01 €/m ³	
	Abwasser	Abwasseraufkommen [28]	971,22 m ³ /a	2,14 €/m ³	
	Energie - Endenergiebedarf Heizwärme	Energieausweis: HWB + HTEB-RH, Preise aus [27]	99.715 kWh/a	0,06 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Warmwasserbereitung	Energieausweis: WWWB + HTEB-WW, Preise aus [27]	40.684 kWh/a	0,06 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Luftförderung	Energieausweis: QLF, Preise aus [27]	2.527 kWh/a	0,17 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Klimakälte	-	-	-	
	Energie - Endenergiebedarf Beleuchtung	Energieausweis: BeIEB, Preise aus [27]	34.444 kWh/a	0,17 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Hilfsenergie	Energieausweis: HEB - HTEB-WW - HTEB-RH - HWB - WWWB, Preise aus [27]	924 kWh/a	0,17 €/kWh	
	Reinigung von Glasflächen (2-fach)	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	1.644,92 m ²	1,50 €/m ²	
	Reinigung von Außenwandbekleidungen von außen, Stein	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	-	-	
	Reinigung von Außenwandbekleidungen von außen, Blech	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	81,88 m ²	0,63 €/m ²	
	Reinigung von Sonnenschutzvorrichtungen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	396,55 m ²	1,25 €/m ²	
	Reinigung von Innentüren und -fenster	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	364,80 m ²	0,24 €/m ²	
	Reinigung von Fußbodenbelägen Fliesen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	185,57 m ²	6,00 €/m ²	
	Reinigung von Fußbodenbelägen PVC bzw. Linoleum	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	2.358,43 m ²	3,75 €/m ²	
	Reinigung von Sanitäreinrichtungen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	85,00 m ²	17,50 €/m ²	
				Instandhaltung	Wartung
2	Baukonstruktion	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C, Tabelle D-8	0	0,1	5.144.000 €
3	TGA				
	Sanitäreanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,55	74.000 €
	Heizungsanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,9	0,5	74.000 €
	Lüftungsanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	2,05	2,4	66.000 €
	Anlage zur Trinkwassererwärmung	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,55	6.000 €
	Beleuchtungsanlage, Stark- und Schwachstromanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,25	40.000 €
				Nutzungsdauer	HKO
B unregelmäßige Zahlungen					
1	Baukonstruktion				
	Anstrich	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 15	32.000 €	
	Bodenbelag	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 20	137.000 €	
	Sonnenschutz	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	25	28.000 €	
	Außenputz und WDVS	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	30	106.000 €	
	Fenster	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	25	398.000 €	
	Flachdach	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	30	319.000 €	
	Lichtkuppeln	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	25	88.000 €	
	Dachrinnen	-	25	-	
2	TGA				
	Sanitäreanlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 25	74.000 €	
	Heizungsanlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	16 + 41	74.000 €	
	Lüftungsanlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	25	66.000 €	
	Anlage zur Trinkwassererwärmung	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	16 + 41	6.000 €	
	Beleuchtungsanlage, Stark- und Schwachstromanlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 25	40.000 €	
	HKO Jahr 0	fiktive HKO - siehe Anhang C, Tabelle D-8		1.329.000 €	

Tabelle D-4: Annahmen für die Berechnung der LCC für die Variante 4

Annahmen für LCC-Berechnung		Informationsquelle	Variante 5 Sanierung		
BGF		Bestandsplan, Flächenermittlung für den Energieausweis	2.694,95 m ²	-	
A regelmäßige Zahlungen					
1	Wasser	Trinwasserbedarf [28]	971,22 m ³ /a	2,01 €/m ³	
	Abwasser	Abwasseraufkommen [28]	971,22 m ³ /a	2,14 €/m ³	
	Energie - Endenergiebedarf Heizwärme	Energieausweis: HWB + HTEB-RH, Preise aus [27]	214.353 kWh/a	0,06 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Warmwasserbereitung	Energieausweis: WWWB + HTEB-WW, Preise aus [27]	39.068 kWh/a	0,06 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Luftförderung	Energieausweis: QLF, Preise aus [27]	-	-	
	Energie - Endenergiebedarf Klimakälte	-	-	-	
	Energie - Endenergiebedarf Beleuchtung	Energieausweis: BelEB, Preise aus [27]	33.846 kWh/a	0,17 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Hilfsenergie	Energieausweis: HEB - HTEB-WW - HTEB-RH - HWB - WWWB, Preise aus [27]	1.022 kWh/a	0,17 €/kWh	
	Reinigung von Glasflächen (2-fach)	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	1.648,96 m ²	1,50 €/m ²	
	Reinigung von Außenwandbekleidungen von außen, Stein	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	123,60 m ²	1,25 €/m ²	
	Reinigung von Außenwandbekleidungen von außen, Blech	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	81,88 m ²	0,63 €/m ²	
	Reinigung von Sonnenschutzvorrichtungen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	117,62 m ²	1,25 €/m ²	
	Reinigung von Innentüren und -fenster	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	364,80 m ²	0,24 €/m ²	
	Reinigung von Fußbodenbelägen Fliesen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	185,57 m ²	6,00 €/m ²	
	Reinigung von Fußbodenbelägen PVC bzw. Linoleum	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	2.358,43 m ²	3,75 €/m ²	
	Reinigung von Sanitäreinrichtungen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	85,00 m ²	17,50 €/m ²	
			Instandhaltung	Wartung	HKO
2	Baukonstruktion	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C, Tabelle D-8	0	0,1	4.591.000 €
3 TGA					
	Sanitäranlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,55	74.000 €
	Heizungsanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,9	0,5	74.000 €
	Lüftungsanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	2,05	2,4	-
	Anlage zur Trinkwassererwärmung	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,55	6.000 €
	Beleuchtungsanlage, Stark- und Schwachstromanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,25	40.000 €
B unregelmäßige Zahlungen					
1	Baukonstruktion		Nutzungsdauer		
	Anstrich	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 15	32.000 €	
	Bodenbelag	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 20	137.000 €	
	Sonnenschutz	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	16 + 41	8.000 €	
	Außenputz / WDVS (jetzt nur malen, dann E1)	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 30	35.000 €	
	Fenster	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	16 + 41	353.000 €	
	Flachdach	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	30	311.000 €	
	Lichtkuppeln	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	25	48.000 €	
	Dachrinnen	-	25	-	
2	TGA		Nutzungsdauer		
	Sanitäranlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 25	74.000 €	
	Heizungsanlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	16 + 41	74.000 €	
	Lüftungsanlage	-	-	-	
	Anlage zur Trinkwassererwärmung	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	16 + 41	6.000 €	
	Beleuchtungsanlage, Stark- und Schwachstromanlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 25	40.000 €	
HKO Jahr 0		fiktive HKO - siehe Anhang C, Tabelle D-8		705.000 €	

Tabelle D-5: Annahmen für die Berechnung der LCC für die Variante 5

Annahmen für LCC-Berechnung		Informationsquelle	Variante 6 Bestand		
BGF		Bestandsplan, Flächenermittlung für den Energieausweis	2.694,95 m ²	-	
A regelmäßige Zahlungen					
1	Wasser	Trinwasserbedarf [28]	971,25 m ³ /a	2,01 €/m ³	
	Abwasser	Abwasseraufkommen [28]	971,25 m ³ /a	2,14 €/m ³	
	Energie - Endenergiebedarf Heizwärme	Energieausweis: HWB + HTEB-RH, Preise aus [27]	584.936 kWh/a	0,06 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Warmwasserbereitung	Energieausweis: WWWB + HTEB-WW, Preise aus [27]	37.192 kWh/a	0,06 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Luftförderung	Energieausweis: QLF, Preise aus [27]	-	-	
	Energie - Endenergiebedarf Klimakälte	-	-	-	
	Energie - Endenergiebedarf Beleuchtung	Energieausweis: BeIEB, Preise aus [27]	33.846 kWh/a	0,17 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Hilfsenergie	Energieausweis: HEB - HTEB-WW - HTEB-RH - HWB - WWWB, Preise aus [27]	1.375 kWh/a	0,17 €/kWh	
	Reinigung von Glasflächen (2-fach)	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	1.685,28 m ²	1,50 €/m ²	
	Reinigung von Außenwandbekleidungen von außen, Stein	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	123,60 m ²	1,25 €/m ²	
	Reinigung von Außenwandbekleidungen von außen, Blech	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	81,88 m ²	0,63 €/m ²	
	Reinigung von Sonnenschutzvorrichtungen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	117,62 m ²	1,25 €/m ²	
	Reinigung von Innentüren und -fenster	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	364,80 m ²	0,24 €/m ²	
	Reinigung von Fußbodenbelägen Fliesen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	185,57 m ²	6,00 €/m ²	
	Reinigung von Fußbodenbelägen PVC bzw. Linoleum	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	2.358,43 m ²	3,75 €/m ²	
	Reinigung von Sanitäreinrichtungen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	85,00 m ²	17,50 €/m ²	
			Instandhaltung	Wartung	HKO
2	Baukonstruktion	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C, Tabelle D-8	0	0,1	4.204.000 €
3 TGA					
	Sanitäranlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,55	74.000 €
	Heizungsanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,9	0,5	74.000 €
	Lüftungsanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	2,05	2,4	-
	Anlage zur Trinkwassererwärmung	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,55	6.000 €
	Beleuchtungsanlage, Stark- und Schwachstromanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,25	40.000 €
B unregelmäßige Zahlungen					
1 Baukonstruktion					
	Anstrich	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 15	32.000 €	
	Bodenbelag	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 20	137.000 €	
	Sonnenschutz	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	16 + 41	8.000 €	
	Außenputz / WDVS (jetzt nur malen, dann E1)	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 30	35.000 €	
	Fenster	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	16 + 41	353.000 €	
	Flachdach	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	18 + 48	275.000 €	
	Lichtkuppeln	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	13 + 38	48.000 €	
	Dachrinnen	-	25	-	
2 TGA					
	Sanitäranlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 25	74.000 €	
	Heizungsanlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	16 + 41	74.000 €	
	Lüftungsanlage	-	-	-	
	Anlage zur Trinkwassererwärmung	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	16 + 41	6.000 €	
	Beleuchtungsanlage, Stark- und Schwachstromanlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	JETZT + 25	40.000 €	
HKO Jahr 0		fiktive HKO - siehe Anhang C, Tabelle D-8			318.000 €

Tabelle D-6: Annahmen für die Berechnung der LCC für die Variante 6

Annahmen für LCC-Berechnung		Informationsquelle	Variante 7 Neubau		
BGF		Bestandsplan, Flächenermittlung für den Energieausweis	2.709,06 m ²	-	
A	regelmäßige Zahlungen				
1	Wasser	Trinwasserbedarf [28]	971,08 m ³ /a	2,01 €/m ³	
	Abwasser	Abwasseraufkommen [28]	971,08 m ³ /a	2,14 €/m ³	
	Energie - Endenergiebedarf Heizwärme	Energieausweis: HWB + HTEB-RH, Preise aus [27]	42.033 kWh/a	0,06 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Warmwasserbereitung	Energieausweis: WWWB + HTEB-WW, Preise aus [27]	41.408 kWh/a	0,06 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Luftförderung	Energieausweis: QLF, Preise aus [27]	5.090 kWh/a	0,17 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Klimakälte	-	-	-	
	Energie - Endenergiebedarf Beleuchtung	Energieausweis: BelEB, Preise aus [27]	34.023 kWh/a	0,17 €/kWh	
	Energie - Endenergiebedarf Hilfsenergie	Energieausweis: HEB - HTEB-WW - HTEB-RH - HWB - WWWB, Preise aus [27]	859 kWh/a	0,17 €/kWh	
	Reinigung von Glasflächen (2-fach)	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	1.405,60 m ²	1,50 €/m ²	
	Reinigung von Außenwandbekleidungen von außen, Stein	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	-	-	
	Reinigung von Außenwandbekleidungen von außen, Blech	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	102,00 m ²	0,63 €/m ²	
	Reinigung von Sonnenschutzvorrichtungen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	590,80 m ²	1,25 €/m ²	
	Reinigung von Innentüren und -fenster	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	364,80 m ²	0,24 €/m ²	
	Reinigung von Fußbodenbelägen Fliesen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	185,57 m ²	6,00 €/m ²	
	Reinigung von Fußbodenbelägen PVC bzw. Linoleum	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	2.358,43 m ²	3,75 €/m ²	
	Reinigung von Sanitäreinrichtungen	Flächen aus Bestandsplan, Preise aus [27]	85,00 m ²	17,50 €/m ²	
				Instandhaltung	Wartung
2	Baukonstruktion	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C, Tabelle D-8	0	0,1	4.882.000 €
3	TGA				
	Sanitäranlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,55	74.000 €
	Heizungsanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,9	0,5	88.000 €
	Lüftungsanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	2,05	2,4	132.000 €
	Anlage zur Trinkwassererwärmung	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,55	6.000 €
	Beleuchtungsanlage, Stark- und Schwachstromanlage	Prozentsätze [27], fiktive HKO - Anhang C	0,7	0,25	40.000 €
				Nutzungsdauer	HKO
B	unregelmäßige Zahlungen				
1	Baukonstruktion				
	Anstrich	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	15	32.000 €	
	Bodenbelag	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	20	137.000 €	
	Sonnenschutz	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	25	52.000 €	
	Außenputz und WDVS	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	30	106.000 €	
	Fenster	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	25	303.000 €	
	Flachdach	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	30	167.000 €	
	Lichtkuppeln	Lebensdauer [29], fiktive HKO - Anhang C	25	69.000 €	
	Dachrinnen	-	25	-	
2	TGA				
	Sanitäranlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	25	74.000 €	
	Heizungsanlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	25	88.000 €	
	Lüftungsanlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	25	132.000 €	
	Anlage zur Trinkwassererwärmung	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	25	6.000 €	
	Beleuchtungsanlage, Stark- und Schwachstromanlage	Lebensdauer [27], fiktive HKO - Anhang C	25	40.000 €	
	HKO Jahr 0	fiktive HKO - siehe Anhang C, Tabelle D-8		5.222.000 €	

Tabelle D-7: Annahmen für die Berechnung der LCC für die Variante 7

HKO Roh- und Ausbau, HKO Technik				
	HKO Roh- und Ausbau für Wartung	HKO Roh- und Ausbau, Technik für das	HKO der thermischen Sanierung	
Variante 1	Bestand 4.000.000 €			
	Sanitär 74.000 €			
	Heizung 74.000 €			
	L 71.000 €			
	Trinkwasser 6.000 €			
	Beleuchtung 40.000 €			
	Anstrich 32.000 €			
	Bodenbelag 137.000 €			
	S2 35.000 €			
	W2 93.000 €			
	F -			
	D -			
	Lk2 69.000 €	4.366.000 €	551.000 €	268.000 €
Variante 2	Bestand 4.000.000 €			
	Sanitär 74.000 €			
	Heizung 74.000 €			
	L -			
	Trinkwasser 6.000 €			
	Beleuchtung 40.000 €			
	Anstrich 32.000 €			
	Bodenbelag 137.000 €			
	S1 28.000 €			
	W2 93.000 €			
	F3 422.000 €			
	D2 311.000 €			
	Lk3 88.000 €	5.111.000 €	1.225.000 €	942.000 €
Variante 3	Bestand 4.000.000 €			
	Sanitär 74.000 €			
	Heizung 74.000 €			
	L -			
	Trinkwasser 6.000 €			
	Beleuchtung 40.000 €			
	Anstrich 32.000 €			
	Bodenbelag 137.000 €			
	S1 28.000 €			
	W1 79.000 €			
	F1 377.000 €			
	D1 275.000 €			
	Lk1 48.000 €	4.976.000 €	1.090.000 €	807.000 €

Variante 4	Bestand 4.000.000 €			
	Sanitär 74.000 €			
	Heizung 74.000 €			
	L 71.000 €			
	Trinkwasser 6.000 €			
	Beleuchtung 40.000 €			
	Anstrich 32.000 €			
	Bodenbelag 137.000 €			
	S3 40.000 €			
	W3 106.000 €			
	F3 422.000 €			
	D3 319.000 €			
	Lk3 88.000 €	5.144.000 €	1.329.000 €	1.046.000 €
Variante 5	Bestand 4.000.000 €			
	Sanitär 74.000 €			
	Heizung 74.000 €			
	L -			
	Trinkwasser 6.000 €			
	Beleuchtung 40.000 €			
	Anstrich 32.000 €			
	Bodenbelag 137.000 €			
	S1 28.000 €			
	Putz 35.000 €			
	F -			
	D2 311.000 €			
	Lk1 48.000 €	4.591.000 €	705.000 €	387.000 €
Variante 6	Bestand 4.000.000 €			
	Sanitär 74.000 €			
	Heizung 74.000 €			
	L -			
	Trinkwasser 6.000 €			
	Beleuchtung 40.000 €			
	Anstrich 32.000 €			
	Bodenbelag 137.000 €			
	S -			
	Putz 35.000 €			
	F -			
	D -			
	Lk -	4.204.000 €	318.000 €	0 €
Variante 7	Sanitär 74.000 €			
	Heizung 88.000 €			
	Lüftung 132.000 €			
	Trinkwasser 6.000 €			
	Beleuchtung 40.000 €	4.882.000 €	5.222.000 €	5.222.000 €

Tabelle D-8: Herstellungskosten für die Berechnung der LCC je Variante