

SANIERUNGSFAHRPLAN-BW

Musterbericht für ein Nichtwohngebäude nach Sanierungsfahrplan-Verordnung Baden-Württemberg

(Stand: Februar 2019)

Herausgeber:

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg,
Kernerplatz 9, 70182 Stuttgart

Redaktion:

Michael Keller
ECONSULT Lambrecht Jungmann Partnerschaft Physiker und Ingenieur,
Rottenburg und Stuttgart



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Hinweise zum Musterbericht

Das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft veröffentlicht einen exemplarischen Musterbericht, der den Anforderungen der Sanierungsfahrplan-Verordnung vom 28. Juli 2015 (GBl. S. 749), zuletzt geändert am 8. Mai 2018 (GBl. S. 154) entspricht.

Der Musterbericht ist ein gelungenes Beispiel im Hinblick auf Struktur und Umfang eines Beratungsberichts sowie der Darstellung einzelner Punkte, die nach der Sanierungsfahrplan-Verordnung zum Mindestinhalt eines Beratungsberichts gehören. Dem Musterbericht liegt ein konkretes Büro-/Verwaltungsgebäude (eine Leit- und Einsatzzentrale) zugrunde. Der Musterbericht dient als **Orientierungshilfe** für Aussteller von Sanierungsfahrplänen im Nichtwohngebäudebereich. **Zu beachten ist, dass bei der Erstellung eines Sanierungsfahrplans stets die Besonderheiten des jeweiligen Einzelfalls zu berücksichtigen sind und eine schematische Übertragung des Musterberichts auf andere Projekte nicht möglich ist.**

Der Musterbericht entspricht der Sanierungsfahrplan-Verordnung, sodass er als Sanierungsfahrplan Baden-Württemberg zur Erfüllung der Nutzungspflicht des Erneuerbare-Wärme-Gesetzes (EWärmeG) anerkannt werden kann. Teilweise werden Ausführungen gemacht, die über die Mindestanforderungen hinaus gehen.

Ergänzend zum Musterbericht stellt das Umweltministerium weitere Informationen zur Verfügung. Unter anderem kann unter www.sanierungsfahrplan-bw.de eine Checkliste heruntergeladen werden.

Anlage 4
(zu § 6 Absatz 3 und 4)

ERKLÄRUNG NICHTWOHNGBÄUDE (Zutreffendes bitte ankreuzen)

1. Hiermit erkläre ich, dass ich ausstellungsberechtigt im Sinne der Sanierungsfahrplan-Verordnung bin:

Berufsqualifikation

- Voraussetzung nach § 21 EnEV für die Ausstellung von Energieausweisen für Nichtwohngebäude liegt vor (zwingend)

und (mindestens eine weitere Voraussetzung muss erfüllt sein)

- innerhalb der letzten zwei Jahre eine Energieberatung für Nichtwohngebäude, die den Anforderungen der Sanierungsfahrplanverordnung entspricht, durchgeführt und dokumentiert wurde

oder

- innerhalb der letzten zwei Jahre eine Fortbildung im Bereich der Energieberatung bei Nichtwohngebäuden im Umfang von mindestens 16 Unterrichtseinheiten absolviert wurde.

2. Ich bestätige außerdem, dass alle Angaben sachlich richtig sind, der Sanierungsfahrplan den Anforderungen der Sanierungsfahrplan-Verordnung vollständig entspricht und ich gewerkeübergreifend, neutral und frei von wirtschaftlichen Eigeninteressen an bestimmten Investitionsentscheidungen der beratenen Person berate und nicht durch diesbezügliche wirtschaftliche Interessen Dritter beeinflusst bin.

- Ich erhalte oder fordere keine Provisionen oder sonstige geldwerte Vorteile von am Sanierungsvorhaben betroffenen Unternehmen oder Personen

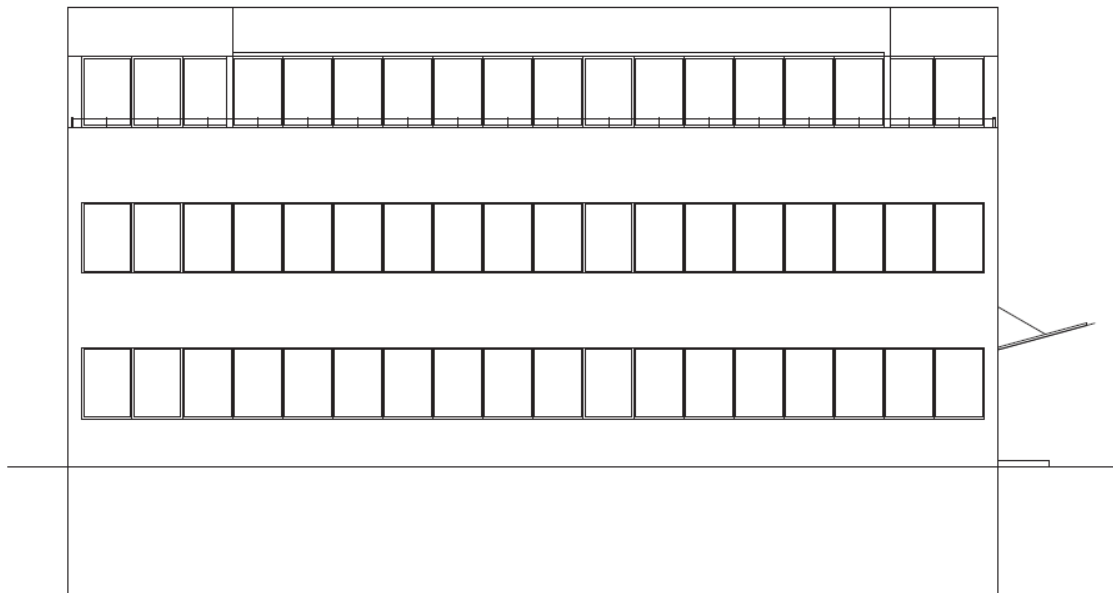
oder

- Ich erhalte oder fordere Provisionen oder sonstige geldwerte Vorteile von am Sanierungsvorhaben betroffenen Unternehmen oder Personen.

Ort, Datum Unterschrift

Energieberatungsbericht für die Leit- und Einsatzzentrale der Firma XY

Energieberatungsbericht gemäß den Vorgaben der
Sanierungsfahrplan-Verordnung



Gebäude: Leit- und Einsatzzentrale der Firma XY
Musterstraße 99
70176 Stuttgart

Eigentümer: Firma XY
Musterstraße 99
70176 Stuttgart

Berater: Musterberater XY

Datum: 31.10.2018

Allgemeine Angaben

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen auf Grundlage der verfügbaren Daten erstellt. Irrtümer sind vorbehalten.

Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung des Gebäudeeigentümers. Um den Erfolg zu sichern und Bauschäden aufgrund der bauphysikalischen Problematik im Altbau zu vermeiden, sollte eine sorgfältige fachliche Planung vor Durchführung sowie Überwachung während der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen erfolgen.

Die empfohlenen Sanierungsmaßnahmen basieren auf dem heutigen Stand der Technik. Bei zukünftiger Durchführung sollten die Sanierungsempfehlungen im Rahmen einer energetischen Fachplanung dem jeweils aktuellen Stand der Technik angepasst werden. Nur dann kann ein technisch und wirtschaftlich optimales Ergebnis erzielt werden.

Dieser Beratungsbericht beinhaltet keinerlei Planungsleistungen insbesondere im Bereich von energetischen Nachweisen oder Fördergeldanträgen, Kostenermittlung, Ausführungsplanung oder Bauphysik. Die Berechnungen des vorliegenden Berichts basieren auf den Geometriedaten des unsanierten Gebäudes. Für sämtliche energetische Nachweise sind grundsätzlich die Geometriedaten der Sanierungsplanung zugrunde zu legen. Die angegebenen Investitionskosten sind grobe Schätzungen. Die genauen Baukosten sollten durch Vergleichsangebote ermittelt werden. Die Annahmen zu Baukonstruktion und Anlagentechnik sind bei Durchführung der Maßnahmen vor Ort zu prüfen.

Verzeichnisse

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassende Darstellung.....	1
1.1 Empfohlene Maßnahmen zur energetischen Sanierung des Gebäudes	1
1.2 Erzielbare Einsparungen durch die energetische Sanierung.....	3
1.3 Kosten der Sanierung und öffentliche Förderung.....	7
1.4 Wirtschaftlichkeit	8
1.4.1 Betrachtung jährlicher Kosten	8
1.4.2 Betrachtung der Kosten über einen Zeitraum.....	9
2. Einführung.....	11
2.1 Sanierungskonzept und Randbedingungen.....	12
2.1.1 Energiekosten	12
2.1.2 Berücksichtigung lokaler Klimabedingungen	13
2.1.3 Berücksichtigung individueller Nutzungsprofile.....	13
2.1.4 Nicht gesicherte Datengrundlagen und Abweichung von Randbedingungen	13
2.2 Weitere Hinweise	13
3. Ist-Zustand.....	15
3.1 Beschreibung des Gebäudes	15
3.1.1 Ansichten.....	16
3.1.2 Schnitt, Grundrisse und beheiztes Volumen,	17
3.1.3 Zonierung	19
3.2 Bauteile der Gebäudehülle	21
3.3 Anlagentechnik.....	24
3.3.1 Heizung	24
3.3.2 Trinkwarmwasser	25
3.3.3 Kühlung	25
3.3.4 Belüftung.....	26
3.3.5 Beleuchtung.....	26
3.4 Energien und -kosten	27
3.4.1 Energieverbrauch im Ist-Zustand	27
3.4.2 Energiebedarf im Ist-Zustand	27
3.4.3 Wärmebilanz des Gebäudes	28
3.4.4 Energiebilanz des Gebäudes.....	28
3.4.5 Darstellung Energieeffizienz im Ist-Zustand.....	28
4. Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz.....	30
4.1 Maßnahmenpaket M1	30
4.1.1 Sanierung Flachdach/Dachterrasse und Wärmebrückenplanung (M1.1)	31
4.1.2 Ersatz Lüftungs- und Klimaanlage und Nachweis der Luftdichtheit (M1.2)	31
4.1.3 Anpassung Heizungssystem (M1.3).....	32
4.1.4 Weitere Maßnahmen (M1.4)	32
4.2 Maßnahme M2: Photovoltaik-Anlage	33

4.3	Maßnahmenpaket M3.....	34
4.3.1	Sanierung Fassade und Nachweis der Luftdichtheit (M3.1)	36
4.3.2	Ersatz Beleuchtungsanlage (M3.2).....	36
4.3.3	Anpassung Heizungssystem (M3.3).....	37
4.4	Maßnahmenpaket M4.....	37
4.4.1	Ersatz Wärmeerzeuger (M4.1)	38
4.4.2	Dämmung der Bauteile im Keller (M4.2)	38
4.5	Sanierung in einem Zug	39
5.	Erläuterungen zur Wirtschaftlichkeit	40
6.	Anhang	42
6.1	Energieverbrauchsabrechnungen.....	42
6.2	Berechnungsprotokoll Energiebilanzierung	42
6.3	Prüftabelle	43

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Erzielbare Einsparungen im Endenergiebedarf.	3
Abbildung 2: Erzielbare Einsparungen im Primärenergiebedarf.....	3
Abbildung 3: Erzielbare Einsparungen bei den Kohlenstoffdioxid-Emissionen.....	4
Abbildung 4: Erzielbare Einsparungen bei den Energiekosten.....	4
Abbildung 5: Erzielbare Einsparungen bei den Transmissionswärmeverlusten.	6
Abbildung 6: Darstellung finanzieller Aspekte der energetischen Sanierung.....	8
Abbildung 7: Übersicht über die Gesamtkosten über einen Zeitraum von 22 Jahren.....	9
Abbildung 8: Vergleich der Gesamtkosten über einen Zeitraum von 22 Jahren mit und ohne Preissteigerung.	10
Abbildung 9: Gebäudeansicht Süd.....	16
Abbildung 10: Gebäudeansicht Ost.....	16
Abbildung 11: Beheiztes Volumen – Schnitt.	17
Abbildung 12: Beheiztes Volumen – Untergeschoss.....	17
Abbildung 13: Beheiztes Volumen – Erdgeschoss.	18
Abbildung 14: Beheiztes Volumen – Obergeschoss.....	18
Abbildung 15: Beheiztes Volumen – Dachgeschoss.	19
Abbildung 16: Zonierung Untergeschoss.	20
Abbildung 17: Zonierung Erdgeschoss.....	20
Abbildung 18: Zonierung Obergeschoss.	21
Abbildung 19: Zonierung Dachgeschoss.....	21
Abbildung 20: Transmissionswärmeverlust durch die Bauteile.....	24
Abbildung 21: Wärmebilanz des Gebäudes im Ist-Zustand.	28
Abbildung 22: Energiebilanz des Gebäudes im Ist-Zustand.	28
Abbildung 23: Übersicht über die Energieverbrauchsabrechnungen der Jahre 2015 bis 2017.	42

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: SANIERUNGSFAHRPLAN – ÜBERSICHT	1
TABELLE 2: ÜBERSICHT ÜBER DIE EINZELMAßNAHMEN IN DEN SANIERUNGSSCHRITTEN	2
TABELLE 3: ERZIELBARE EINSPARUNGEN DURCH DIE SANIERUNG DES GEBÄUDES	5
TABELLE 4: ÜBERSICHT ÜBER FINANZIELLE ASPEKTE DER SANIERUNG	7
TABELLE 5: GEBÄUDEDATEN	15
TABELLE 6: BAUTEILE DES GEBÄUDES	22
TABELLE 7: WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENTEN DER BAUTEILE IM GEBÄUDE	23
TABELLE 8: ANLAGENTECHNIK IM BEREICH HEIZUNG	25
TABELLE 9: ANLAGENTECHNIK IM BEREICH TRINKWARMWASSER- VERSORGUNG	25
TABELLE 10: ANLAGENTECHNIK IM BEREICH KÜHLUNG	26
TABELLE 11: ANLAGENTECHNIK IM BEREICH BELÜFTUNG	26
TABELLE 12: ANLAGENTECHNIK IM BEREICH BELEUCHTUNG	27
TABELLE 13: ÜBERSICHT ÜBER DIE ENERGIEVERBRAUCHSABRECHNUNGEN UND ENERGIEKOSTEN DER JAHRE 2015 BIS 2017	27
TABELLE 14: ÜBERSICHT ÜBER DEN ENERGIEBEDARF DES GEBÄUDES UND DER HIERDURCH VERURSACHTEN ENERGIEKOSTEN	28
TABELLE 15: NUTZ-, END-, UND PRIMÄRENERGIEBEDARF SOWIE CO2- EMISSIONEN IM IST-ZUSTAND	29
TABELLE 16: SANIERUNGSSCHRITT M1 IM ÜBERBLICK.....	30
TABELLE 17: NUTZ-, END-, UND PRIMÄRENERGIEBEDARF SOWIE CO2- EMISSIONEN NACH DURCHFÜHRUNG DES SANIERUNGSSCHRITTS M1	31
TABELLE 18: SANIERUNGSSCHRITT M2 IM ÜBERBLICK.....	33
TABELLE 19: NUTZ-, END-, UND PRIMÄRENERGIEBEDARF SOWIE CO2- EMISSIONEN NACH DURCHFÜHRUNG DES SANIERUNGSSCHRITTS M2	34
TABELLE 20: SANIERUNGSSCHRITT M3 IM ÜBERBLICK.....	35
TABELLE 21: NUTZ-, END-, UND PRIMÄRENERGIEBEDARF SOWIE CO2- EMISSIONEN NACH DURCHFÜHRUNG DES SANIERUNGSSCHRITTS M3	35
TABELLE 22: SANIERUNGSSCHRITT M4 IM ÜBERBLICK.....	37
TABELLE 23: NUTZ-, END-, UND PRIMÄRENERGIEBEDARF SOWIE CO2- EMISSIONEN NACH DURCHFÜHRUNG DES SANIERUNGSSCHRITTS M4 (ENTSPRICHT ZIEL-ZUSTAND)	38
TABELLE 24: EINSPARUNGEN DURCH DIE SANIERUNG DES GEBÄUDES.....	39

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen

CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EEG	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG)
EnEV	Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV)
M1	Sanierungsschritt M1
M2	Sanierungsschritt M2
M3	Sanierungsschritt M3
M4	Sanierungsschritt M4
MZ	Sanierung zum Ziel-Zustand in einem Zug
SFP-VO	Verordnung der Landesregierung zum gebäudeindividuellen energetischen Sanierungsfahrplan Baden-Württemberg (Sanierungsfahrplan-Verordnung – SFP-VO)
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient
WLS	Wärmeleitstufe

Einheiten

a	Jahr
cm	Zentimeter
° C	Grad Celsius
h	Stunde
K	Kelvin
kWh	Kilowattstunde
kW _p	Nennleistung Photovoltaik-Anlage
MWh	Megawattstunde
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
t	Tonne
W	Watt
€	Euro

1. Zusammenfassende Darstellung

In Kapitel 1 erfolgt zunächst eine kompakte Darstellung der Ergebnisse. Um die Übersichtlichkeit zu verbessern, werden diese in der Zusammenfassung nur sehr knapp beschrieben und erläutert. Die einzelnen Sanierungsschritte sind in Kapitel 4 detailliert beschrieben.

1.1 Empfohlene Maßnahmen zur energetischen Sanierung des Gebäudes

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die empfohlenen Sanierungsmaßnahmen. Die Sanierung kann in mehreren Schritten (Sanierungsfahrplan, Schritte M1 bis M4) erfolgen. Alternativ können die im Sanierungsfahrplan empfohlenen Maßnahmen zu einem gemeinsamen Zeitpunkt umgesetzt werden (Sanierung in einem Zug, MZ).

TABELLE 1: SANIERUNGSFAHRPLAN – ÜBERSICHT

<i>Schritt</i>	<i>Maßnahme/Maßnahmenpaket</i>	<i>Zeitpunkt der Durchführung</i>	<i>voraussichtliche Nutzungsdauer in Jahren</i>
<i>Sanierung in Schritten:</i>			
M1	Sanierung Dach, Erneuerung Lüftungs- und Klimaanlage, Anpassung Heizungssystem und weitere geringinvestive Maßnahmen	2019	40
M2	Photovoltaik-Anlage (nach Dachsanierung)	2020	20
M3	Sanierung Fassade, Erneuerung Beleuchtung und Anpassung Heizungssystem	2022	40/20
M4	Erneuerung Wärmeerzeuger und Dämmung der Bauteile im Keller	2029	20/40
<i>Sanierung in einem Zug (alternativ):</i>			
MZ	Sanierung zum Ziel-Zustand in einem Zug (M1 bis M4 zum selben Zeitpunkt)	2019	40/20

Der empfohlene Zeitpunkt der Durchführung richtet sich einerseits nach dem Lebenszyklus von Bauteilen (Außenmauern, Fenster, Dach, etc.) und technischen Anlagen (Heizungssystem, Beleuchtung, etc.) im Gebäude und andererseits nach einer sinnvollen Reihenfolge von Sanierungsmaßnahmen zu dessen energetischer Optimierung und den Vorstellungen des Eigentümers. Für Bauteile wird eine Nutzungsdauer von 40 Jahren und für Elemente der Anlagentechnik eine Lebenserwartung von 20 Jahre angenommen.

Die in Tabelle 1 gezeigte Übersicht zum Sanierungsfahrplan wird durch Tabelle 2 genauer erläutert. Hier finden sich detaillierte Angaben über Einzelmaßnahmen im jeweiligen Sanierungsschritt sowie Empfehlungen zur Ausführung.

TABELLE 2: ÜBERSICHT ÜBER DIE EINZELMAßNAHMEN IN DEN SANIERUNGSSCHRITTEN

<i>Sanierungsschritt/ Maßnahme</i>	<i>Ausführungsempfehlung</i>
M1	
M1.1: Sanierung Flachdach/Dachterrasse und Wärmebrückenplanung	Wärmedämmung des Flachdachs/der Dachterrasse mit 14 cm PUR-Flachdachdämmplatten (Wärmeleitfähigkeitsstufe (WLS) 023) unter neuer Dachabdichtung; neuer U-Wert: 0,16 W/(m ² ·K). Verankerung für Photovoltaik-Anlage vorsehen. Wärmebrückenplanung und -berechnung durchführen.
M1.2: Erneuerung Lüftungs- und Klimaanlage und Nachweis Luftdichtheit	Ersatz der alten Lüftungsanlage durch zentrale Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (Grad der Wärmerückgewinnung: 75 %). Ersatz der alten Kompressionskältemaschine durch ein Neugerät mit einer Leistungszahl von 4,1. Nachweis der Luftdichtheit führen. Bei Bedarf Gebäude nachträglich abdichten.
M1.3: Anpassung Heizungssystem	Einbau von elektronischen Heizkörper-Thermostaten. Einbau hocheffizienter Pumpen (bedarfsausgelegt, druckgeregelt). Rohrleitungssystem hydraulisch abgleichen und Heizkreistemperaturen anpassen (Vorlauf 65 °C, Rücklauf 50 °C).
M1.4: Weitere Maßnahmen	Nutzerschulung durchführen. Energie-Monitoring einführen. Energetische Kennzahlen über Bildschirm im Eingangsbereich visualisieren. Bei Neuanschaffung von Geräten der Informations- und Kommunikationstechnologie auf Energieeffizienz achten.
M2	
Installation Photovoltaik-Anlage	Installation einer Photovoltaik-Anlage auf dem Dach des Gebäudes. Modulfläche: 160 m ² (entspricht einer Nennleistung von knapp 22 kW _p).
M3	
M3.1: Sanierung Fassade und Nachweis Luftdichtheit	Ersatz der Fenster/Pfosten-Riegel-Fassade durch neue Bauteile; neuer U-Wert (U _w /U _{cw}): 0,85 W/(m ² ·K). Einbau sensorgesteuerter Jalousien, ausgeführt als lichtlenkendes System. Installation eines innenliegenden Blendschutzes. Wärmedämmung der Außenwand mit 14 cm Mineralfaser als Wärmedämmverbundsystem (WLS) 035); neuer U-Wert: 0,19 W/(m ² ·K). Nachweis der Luftdichtheit führen.
M3.2: Ersatz Beleuchtungsanlage	Ersatz der alten Beleuchtungsanlage durch LED-Leuchten. Steuerung der Beleuchtung über Sensoren: Erfassung der Anwesenheit von Personen und Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit des verfügbaren Tageslichts.
M3.3: Anpassung Heizungssystem	Rohrleitungssystem hydraulisch abgleichen und Heizkreistemperaturen anpassen (Vorlauf 55 °C, Rücklauf 45 °C).
M4	
M4.1: Ersatz Wärmeerzeuger	Einbau eines Pelletkessels mit Pufferspeicher. Rohrleitungssystem hydraulisch abgleichen und Heizkreistemperaturen anpassen (Vorlauf 50 °C, Rücklauf 40 °C).
M4.2: Dämmung der Bauteile im Keller	Wärmedämmung der Kellerwand im Treppenhaus mit 12 cm Mineralfaser (WLS 035); neuer U-Wert: 0,21 W/(m ² ·K) Wärmedämmung der Kellerdecke mit 10 cm Mineralfaser-Verbundplatten (WLS 035); neuer U-Wert: 0,24 W/(m ² ·K) Wärmedämmung der Innenwand im Treppenhaus mit 14 cm Mineralfaser (WLS 035); neuer U-Wert: 0,23 W/(m ² ·K)

1.2 Erzielbare Einsparungen durch die energetische Sanierung

Die Einsparungen, die durch die energetische Sanierung erreicht werden, sind von großer Bedeutung für die hieraus abgeleitete Empfehlung zur Umsetzung. Im Folgenden werden daher die Einsparungen verschiedener Bezugsgrößen dargestellt. Die Maßnahmen/-pakete bauen schrittweise aufeinander auf, d.h. in späteren Sanierungsschritten sind die Auswirkungen durch vorherige Sanierungsschritte bereits eingerechnet. Beispiel: Die in Sanierungsschritt M3 ausgewiesene Einsparung an CO₂-Emissionen bezieht sich auf die ausgewiesenen CO₂-Emissionen nach Durchführung des Sanierungsschritts M2.

ENDENERGIEBEDARF

Abbildung 1 zeigt die Reduktion des Endenergiebedarfs in Abhängigkeit des jeweiligen Sanierungsschritts. Nach der vollständigen Umsetzung des Sanierungsfahrplans (Ziel-Zustand) reduziert sich der Endenergiebedarf um 79 Prozent im Vergleich zum heutigen Gebäude (Ist-Zustand).

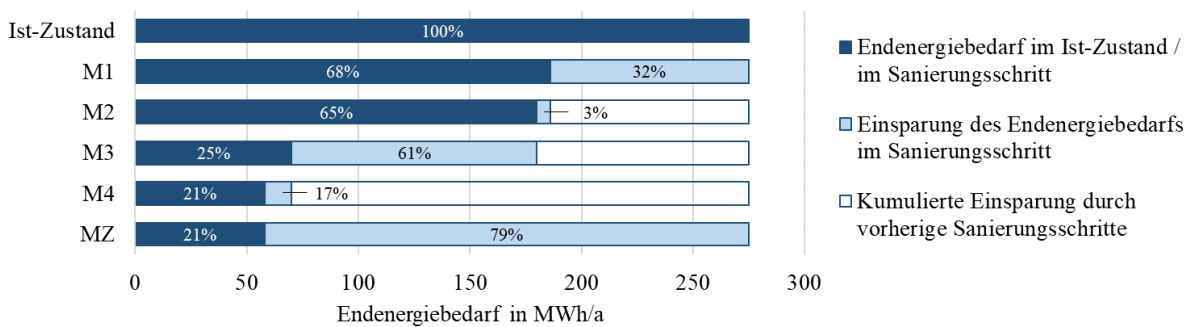


Abbildung 1: Erzielbare Einsparungen im Endenergiebedarf.

PRIMÄRENERGIEBEDARF

Für die ökologische Bewertung spielt der Primärenergiebedarf eine wichtige Rolle. Die hier erzielbaren Einsparungen werden in Abbildung 2 dargestellt (eine Gutschrift für eingespeisten Strom aus der Photovoltaik-Anlage ist hier nicht berücksichtigt). Im Ziel-Zustand beträgt der Primärenergiebedarf nur noch neun Prozent vom Wert des unsanierten Gebäudes. Dies entspricht einer Einsparung von 91 Prozent.

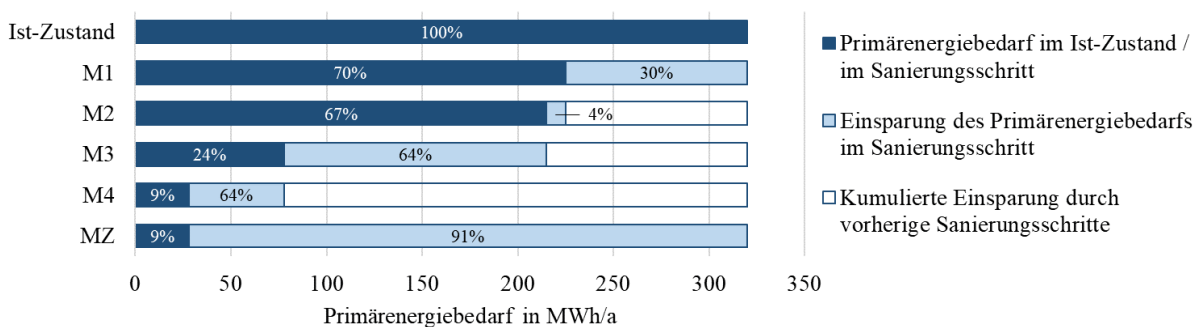


Abbildung 2: Erzielbare Einsparungen im Primärenergiebedarf.

KOHLENSTOFFDIOXID-EMISSIONEN

Eine weitere, außerordentlich wichtige ökologische Leitgröße ist die Höhe der Kohlenstoffdioxid-Emissionen (CO₂-Emissionen). Wie in Abbildung 3 gezeigt, sinken diese durch die energetische Sanierung sehr stark (eine Gutschrift für eingespeisten Strom aus der Photovoltaik-Anlage ist hier nicht berücksichtigt). Im Vergleich zum unsanierten Gebäude reduziert sich der Ausstoß von Kohlenstoffdioxid um 91 Prozent.

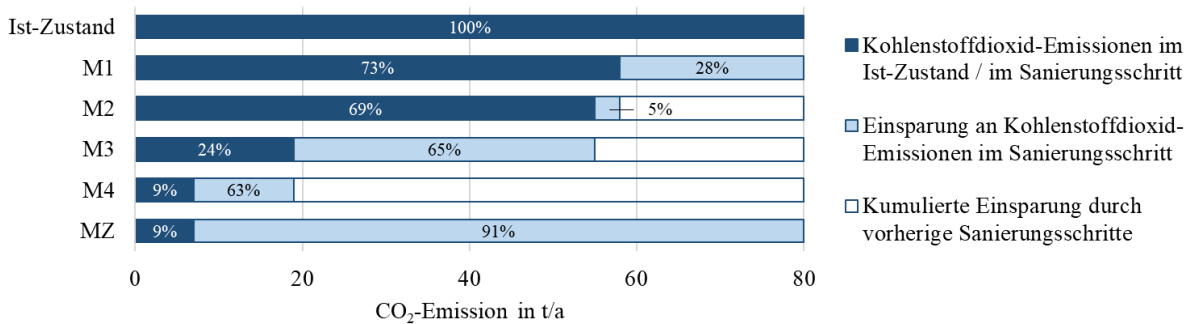


Abbildung 3: Erzielbare Einsparungen bei den Kohlenstoffdioxid-Emissionen.

ENERGIEKOSTEN

Im Zuge der Sanierung sinken auch die Kosten, die durch den Bezug von Energie in Form von Erdgas und Strom anfallen (eine Gutschrift für eingespeisten Strom aus der Photovoltaik-Anlage ist hier nicht berücksichtigt). Nach der vollständigen Durchführung der Sanierung entstehen, wie in Abbildung 4 gezeigt, nur noch 17 Prozent der heutigen Kosten zur Deckung des Energiebedarfs.

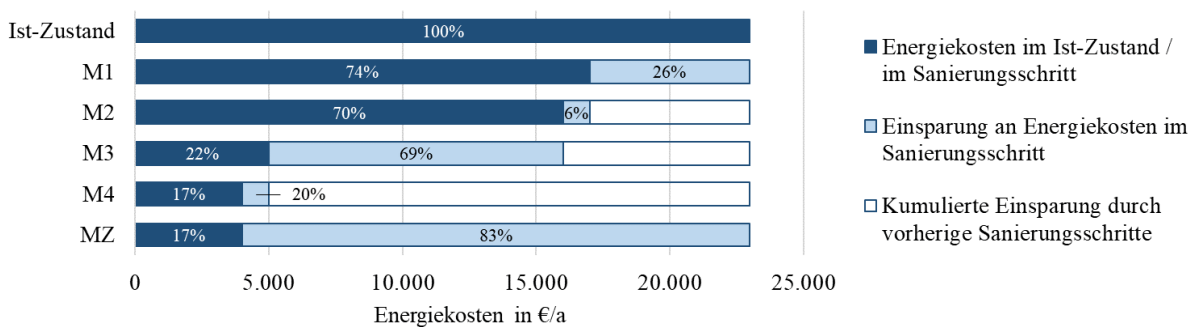


Abbildung 4: Erzielbare Einsparungen bei den Energiekosten.

Ergänzend zur grafischen Darstellung werden die erzielbaren Einsparungen auch in Form einer Tabelle gezeigt. Neben der prozentualen Einsparung sind hier auch die absoluten Werte aufgeführt (siehe Tabelle 3).

TABELLE 3: ERZIELBARE EINSPARUNGEN DURCH DIE SANIERUNG DES GEBÄUDES

<i>Sanierungsschritt</i>	<i>vor dem Sanierungsschritt</i>	<i>nach dem Sanierungsschritt</i>	<i>Einsparung absolut</i>	<i>Einsparung prozentual</i>
<i>Endenergie-Bedarf¹</i>	<i>[MWh/a]</i>	<i>[MWh/a]</i>	<i>[MWh/a]</i>	<i>[%]</i>
M1	275,0	185,6	89,3	32,5
M2	185,6	180,3	5,3	2,8
M3	180,3	70,2	110,1	61,1
M4	70,2	58,1	12,1	17,2
MZ	275,0	58,1	216,9	78,9
<i>Primärenergie-Bedarf¹</i>	<i>[MWh/a]</i>	<i>[MWh/a]</i>	<i>[MWh/a]</i>	<i>[%]</i>
M1	320,3	224,7	95,6	29,8
M2	224,7	215,2	9,5	4,2
M3	215,2	78,3	136,9	63,6
M4	78,3	27,7	50,6	64,6
MZ	320,3	27,7	292,6	91,4
<i>CO₂-Emissionen¹</i>	<i>[t/a]</i>	<i>[t/a]</i>	<i>[t/a]</i>	<i>[%]</i>
M1	80,2	57,8	22,4	27,9
M2	57,8	54,8	3,0	5,2
M3	54,8	19,0	35,8	65,4
M4	19,0	7,0	11,9	62,8
MZ	80,2	7,0	73,1	91,2
<i>Energiekosten¹</i>	<i>[€/a]</i>	<i>[€/a]</i>	<i>[€/a]</i>	<i>[%]</i>
M1	23.000	17.000	6.000	26,1
M2	17.000	16.000	1.000	5,9
M3	16.000	5.000	11.000	68,8
M4	5.000	4.000	1.000	20,0
MZ	23.000	4.000	19.000	82,6

¹ Eine Gutschrift für eingespeisten Strom aus der Photovoltaik-Anlage (Überschuss-Strom) ist hier nicht berücksichtigt.

TRANSMISSIONSWÄRMEVERLUSTE

Im Ist-Zustand entweicht über 75 Prozent der Wärme als Transmissionswärmeverlust über die Bauteile, die das Gebäude nach außen hin begrenzen (Systemgrenze). Dies betrifft sowohl opake (Außenwand, Flachdach, Außenwand Keller, Bodenplatte Keller, Kellerdecke und Innenwand Keller) als auch transparente Bauteile (Fenster und Pfosten-Riegel-Fassade).

Abbildung 5 zeigt die erzielbare Einsparung von Transmissionswärmeverlusten bei den einzelnen Bauteilen. Es wird ersichtlich, dass insbesondere bei den Fenstern/der Pfosten-Riegel-Fassade große Einsparpotenziale bestehen. In einer prozentual vergleichbaren Größenordnung können die Transmissionswärmeverluste der Außenwand, des Flachdachs und der Kellerdecke reduziert werden. Der absolute Betrag ist hierbei jedoch deutlich geringer.

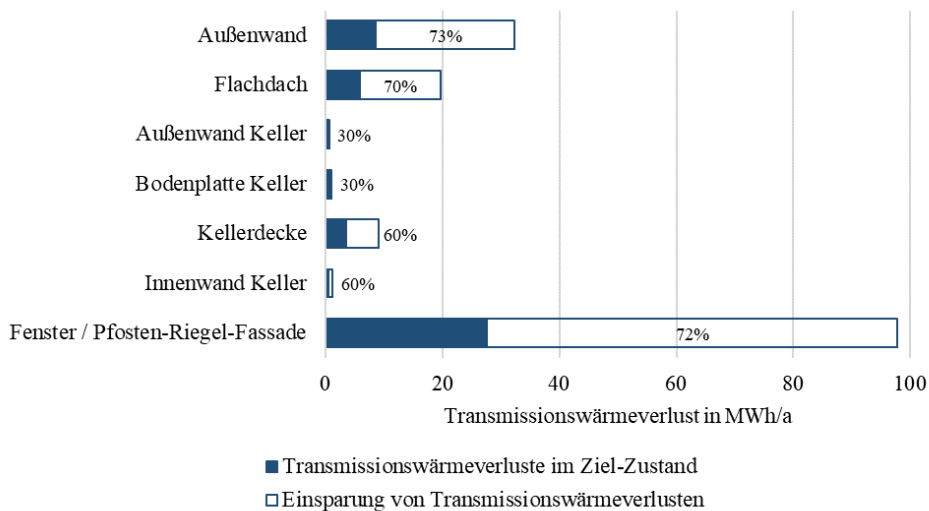


Abbildung 5: Erzielbare Einsparungen bei den Transmissionswärmeverlusten.

1.3 Kosten der Sanierung und öffentliche Förderung

Durch die energetische Sanierung des Gebäudes fallen Kosten an. Bei der Angabe der Kosten (die genannten Kosten beziehen sich auf die heute gültigen Kosten) wird zwischen Vollkosten, Sowieso-Kosten und energetisch bedingten Mehrkosten unterschieden. Diese Begriffe definieren sich wie folgt:

- Sowieso-Kosten: Teilmenge der Vollkosten; Aufwendungen, die nicht zu einer energetischen Verbesserung des Gebäudes führen
- Energetisch bedingte Mehrkosten: Teilmenge der Vollkosten; Aufwendungen, die zu einer energetischen Verbesserung des Gebäudes führen
- Vollkosten: Insgesamt anfallende Investitionskosten für die Sanierungsmaßnahme(n); Summe aus Sowieso-Kosten und energetisch bedingten Mehrkosten

Bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit untersuchter Maßnahmen wird jeweils auf die energetisch bedingten Mehrkosten Bezug genommen. Alle Kostenangaben verstehen sich netto einschließlich 15% Baunebenkostenaufschlag. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die anfallenden Kosten der Sanierung. Die Höhe der Investitionskosten (Vollkosten) beträgt bei einer Sanierung in Schritten insgesamt 571.000 Euro. Hiervon entfällt ein Betrag von 246.000 Euro auf die energetisch bedingten Mehrkosten. Bei einer Sanierung in einem Zug liegen die Investitionskosten mit 558.000 Euro und die energetisch bedingten Mehrkosten mit 242.000 Euro durch die Nutzung von Synergien geringfügig tiefer.

Die energetische Sanierung von Gebäuden wird durch verschiedene Fördergeber und -programme unterstützt. Daher werden auch die für die empfohlenen Sanierungsmaßnahmen verfügbaren Fördermittel aufgezeigt. Bei einer Sanierung in Schritten summieren sich diese auf 35.600 Euro. Wird das Gebäude in einem Zug saniert, kann eine erhöhte Förderung von 100.000 Euro in Anspruch genommen werden.

Das Kosten-Nutzen-Verhältnis beschreibt das Verhältnis der energetisch bedingten Mehrkosten abzüglich öffentlicher Fördermittel zur Summe der Einsparung aus Energie- und Wartungskosten. Der Wert beschreibt damit die Amortisationszeit der Maßnahme(n), also die Dauer, bis sich die Ausgaben durch die verminderten Energie- und Wartungskosten selbst finanziert haben. Bei einer Sanierung in Schritten ergibt sich insgesamt ein Kosten-Nutzen-Verhältnis von 11:1, bei einer Sanierung in einem Zug aufgrund der höheren Fördermittel ein Verhältnis von 8:1. Die Amortisationszeit liegt in beiden Fällen deutlich innerhalb der Nutzungsdauer der Bauteile/Anlagentechnik und ist somit positiv zu bewerten.

TABELLE 4: ÜBERSICHT ÜBER FINANZIELLE ASPEKTE DER SANIERUNG

<i>Sanierungs-</i> <i>schritt</i>	<i>Investitions-</i> <i>kosten in €</i>	<i>Energetisch</i> <i>bedingte</i> <i>Mehrkosten in €</i>	<i>Öffentliche</i> <i>Fördermittel in €</i>	<i>Kosten-Nutzen-</i> <i>Verhältnis</i>
<i>Sanierung in Schritten:</i>				
M1	170.000	75.000	8.600	11:1
M2	31.000	31.000	0	16:1
M3	299.000	94.000	15.000	7:1
M4	71.000	46.000	12.000	34:1
Summe	571.000	246.000	35.600	11:1
<i>Sanierung in einem Zug (alternativ):</i>				
MZ	558.000	242.000	100.000	8:1

Alle Kosten verstehen sich netto einschließlich Baunebenkosten.

1.4 Wirtschaftlichkeit

Kapitel 1.4 gibt einen Überblick über die Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahmen. Hierbei werden einerseits die jährlichen Kosten betrachtet, die im jeweiligen Sanierungsschritt anfallen, andererseits wird dargestellt, wie sich die Kosten für die energetische Sanierung über einen längeren Zeitraum entwickeln. Bei der Berechnung der Kosten wurden folgende Aspekte berücksichtigt: Energie- und Wartungskosten, energetisch bedingte Mehrkosten, öffentliche Fördermittel und Gutschrift für die Eigenstromerzeugung durch die Photovoltaik-Anlage.

1.4.1 Betrachtung jährlicher Kosten

Abbildung 6 gibt einen Überblick über die jährlich anfallenden Kosten ohne Zinsen und Preissteigerung.

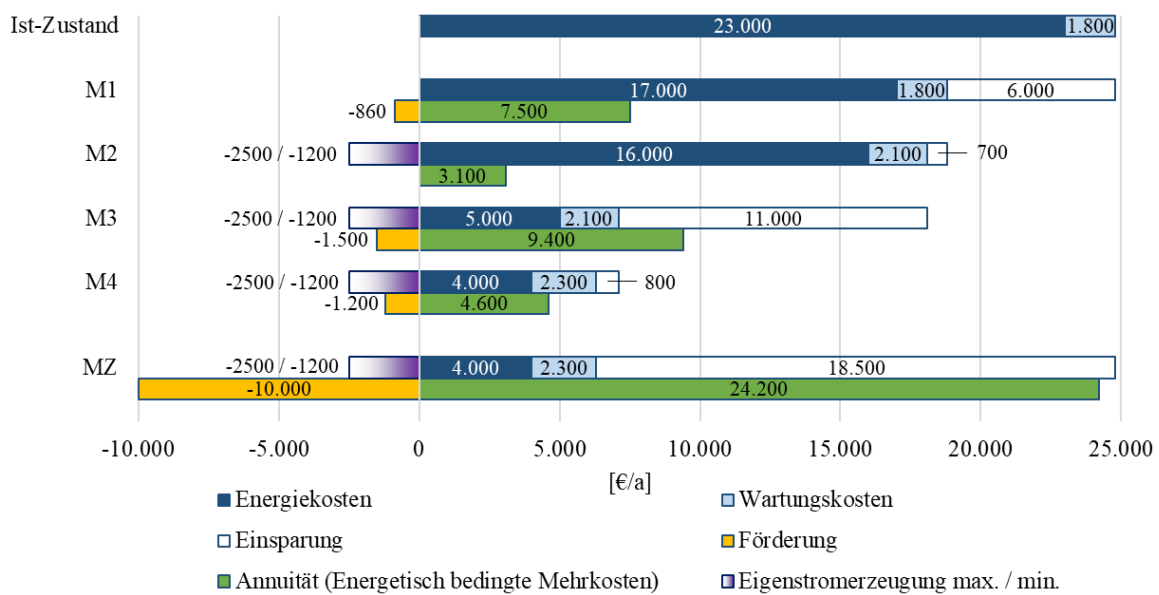


Abbildung 6: Darstellung finanzieller Aspekte der energetischen Sanierung.

ENERGIE- UND WARTUNGSKOSTEN

Für den Betrieb des unsanierten Gebäudes fallen neben den Energiekosten (Erdgas, Strom) auch Kosten für die Wartung der Anlagentechnik an, wobei der Anteil der Kosten für den Bezug der Energie wesentlich stärker ins Gewicht fällt. Durch die schrittweise Sanierung des Gebäudes reduzieren sich die Energiekosten deutlich, die Wartungskosten hingegen verändern sich nur geringfügig: In den ersten beiden Sanierungsschritten ist ein leichter Rückgang zu verzeichnen, in den Sanierungsschritten M3 und M4 steigen diese sogar bis über die Wartungskosten des unsanierten Gebäudes hinaus an. Im Vergleich zu den Energiekosten nehmen die Wartungskosten daher im sanierten Zustand eine weitaus bedeutendere Rolle als beim unsanierten Gebäude ein.

ENERGETISCH BEDINGTE MEHRKOSTEN UND ÖFFENTLICHE FÖRDERMITTEL

Abbildung 6 zeigt – neben den Energie- und Wartungskosten – auch die energetisch bedingten Mehrkosten der Sanierung, die anhand der Annuität dargestellt sind. Der gewählte Betrachtungszeitraum beträgt hierbei zehn Jahre. Dem gegenüber stehen öffentliche Fördermittel, die die Annuität um den ausgewiesenen Betrag reduzieren. Die Höhe der Tilgungszuschüsse wurde ebenfalls auf zehn Jahre heruntergebrochen.

EIGENSTROMERZEUGUNG DURCH PHOTOVOLTAIK-ANLAGE

Durch die Installation der Photovoltaik-Anlage in Sanierungsschritt M2 wird Strom erzeugt, der nicht vollständig für den Betrieb der Anlagentechnik im Gebäude verwendet werden kann. Der überschüssige Strom wird entweder in das öffentliche Stromnetz eingespeist oder im Gebäude, beispielsweise für den Betrieb der PCs (diese gehören nicht zur Anlagentechnik im Sinne der DIN V 18599:2011-12), eingesetzt.

Es wird angenommen, dass der durch die Photovoltaik-Anlage erzeugte Strom zu einem Anteil von 30 Prozent im Gebäude verwendet werden kann (dieser Anteil wurde bei den Berechnungen direkt vom Endenergiebedarf abgezogen). Die verbleibenden 70 Prozent werden demnach in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Diese Annahme ist eher konservativ gewählt, gegebenenfalls ist auch ein höherer Anteil an Eigenstromversorgung möglich. Daher ist beim Erlös eine Spanne angegeben. Der minimale Erlös bezeichnet den Erlös, der entsteht, wenn der überschüssige Strom der Photovoltaik-Anlage über die Einspeisevergütung nach dem Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) vergütet wird. Der maximale Erlös bezeichnet eine vollständige Nutzung des insgesamt produzierten Stroms durch die Photovoltaik-Anlage.

1.4.2 Betrachtung der Kosten über einen Zeitraum

Die Sanierung des Gebäudes endet mit der Umsetzung des letzten Sanierungsschritts M4, der für das Jahr 2029 vorgesehen ist. Bei einem Betrachtungszeitraum der Annuität von zehn Jahren sind die Kosten mit dem Ablauf des Jahres 2038 abgegolten, d.h. ab diesem Zeitpunkt fallen nur noch die Energie- und Wartungskosten an. Abbildung 7 zeigt die Entwicklung der jährlichen Gesamtkosten einschließlich Zinsen sowie die kumulierten Kosten über einen Zeitraum von 22 Jahren (2018 bis 2039). Bei den Sanierungsmaßnahmen wurden nur die energetisch bedingten Mehrkosten berücksichtigt.

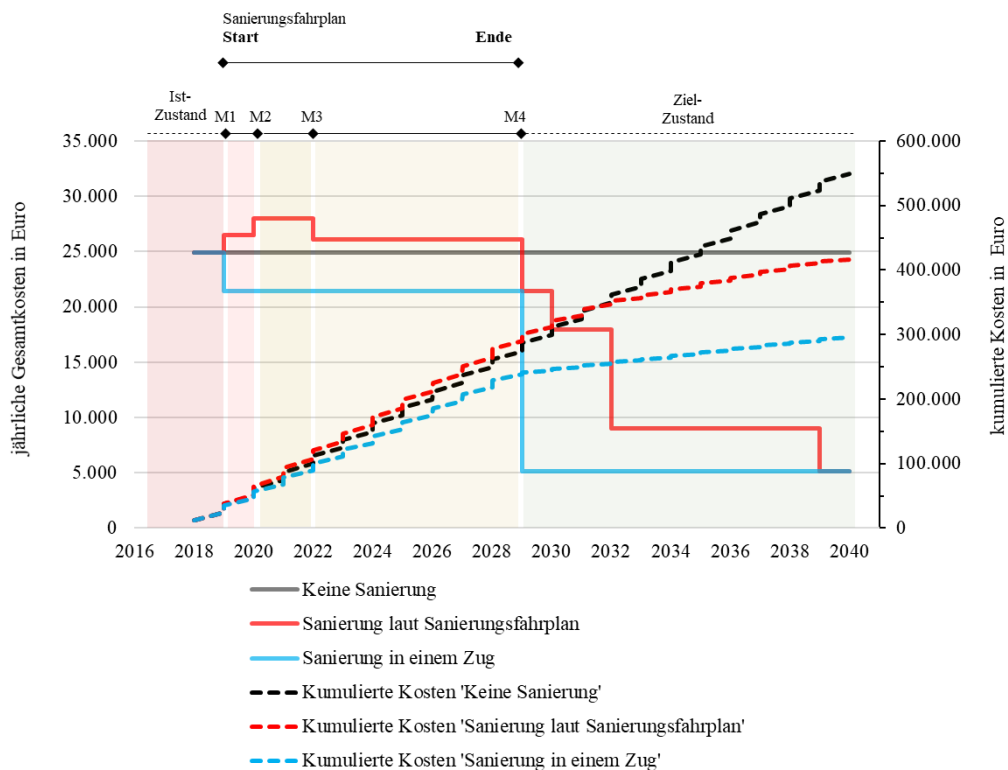


Abbildung 7: Übersicht über die Gesamtkosten über einen Zeitraum von 22 Jahren.

Es wird ersichtlich, dass die kumulierten Kosten am höchsten liegen, wenn das Gebäude nicht saniert wird. Die Kosten für eine Sanierung in einem Zug hingegen liegen aufgrund der erhöhten Förderung am geringsten. Dazwischen befinden sich die kumulierten Kosten für eine Sanierung in Schritten.

Vorteilhaft hierbei ist, dass die finanzielle Belastung über einen größeren Zeitraum verteilt und gleichzeitig der Lebenszyklus der Bauteile und Anlagentechnik besser ausgenutzt wird.

Bei den Berechnungen zu den Kosten in Abbildung 7 wurde eine vollständige Fremdfinanzierung mit einer Darlehenslaufzeit von 10 Jahren und einem Zinssatz von zwei Prozent angenommen, jedoch keine Preissteigerung berücksichtigt. Künftige Preise sind nur schwer vorherzusagen und damit nur bedingt aussagekräftig. Dennoch wurden auch die kumulierten Gesamtkosten ermittelt, die bei einer Preissteigerung von zwei Prozent pro Jahr anfallen. Diese sind in Abbildung 8 gezeigt.

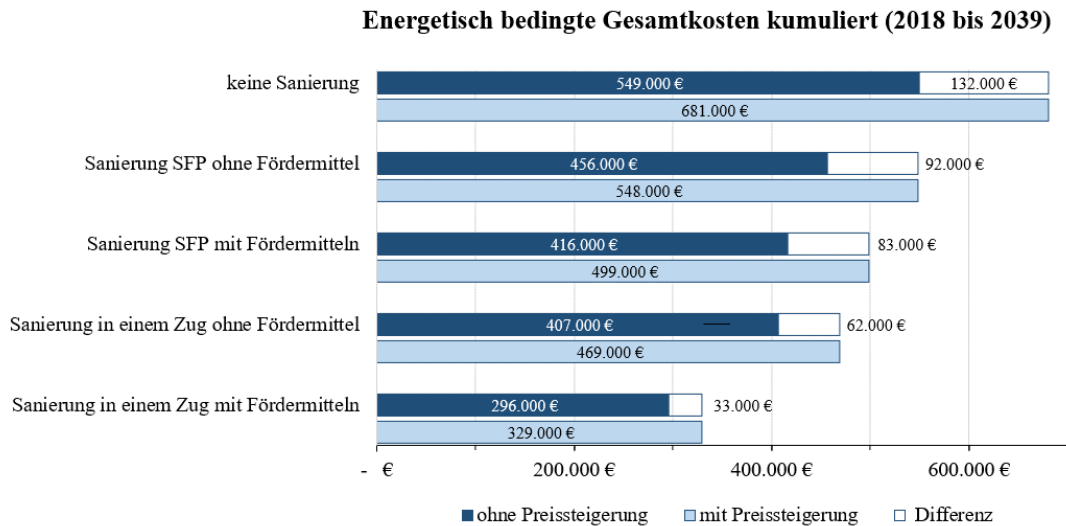


Abbildung 8: Vergleich der Gesamtkosten über einen Zeitraum von 22 Jahren mit und ohne Preissteigerung.

Es wird ersichtlich, dass sich eine Preissteigerung insbesondere im unsanierten Zustand sehr stark auswirkt. Bei einer Sanierung des Gebäudes in einem Zug ergibt sich neben den geringsten Gesamtkosten die geringste Unsicherheit bezüglich der kumulierten Kosten über den Betrachtungszeitraum.

2. Einführung

Zunächst erfolgt eine kurze Einführung in die Themenbereiche Klimaschutz, Ressourcenschutz, energieeffiziente Sanierung und Modernisierung – unter Berücksichtigung der Anforderungen durch den Eigentümer des Gebäudes – sowie individuellem Nutzen durch die energetische Sanierung.

KLIMA- UND RESSOURCENSCHUTZ

Der Betrieb von Gebäuden wirkt sich auf die Umwelt aus. Einerseits führt die Entnahme von fossilen Energieträgern (Erdöl, Erdgas, Kohle, etc.) aus der Erdkruste zu einer Verknappung von Ressourcen. Diese sind endlich und müssen daher verantwortungsvoll eingesetzt werden.

Andererseits werden bei der Verbrennung fossiler Energieträger zur Beheizung von Gebäuden und zur Versorgung mit Trinkwarmwasser in großer Menge Treibhausgase – insbesondere Kohlenstoffdioxid – freigesetzt. Dies führt langfristig zu einer Veränderung des Klimas. Auch Luftschadstoffe wie Stickoxide und Feinstaub gelangen so in unsere Umwelt.

Auch durch die Verwendung von elektrischem Strom, der zum Betrieb von Gebäuden eingesetzt wird, beispielsweise zur Kühlung, in Lüftungsanlagen, zur Beleuchtung oder in Form von Hilfsenergie für die Beheizung und Bereitstellung von Trinkwarmwasser, entstehen Emissionen. Zur Sicherung der Lebensgrundlagen und zur Verhinderung einer starken, globalen Veränderung des Klimas, sollten Ressourcen geschont und die Verbrennung fossiler Energieträger vermieden werden.

Auch erneuerbare Energien stehen nicht unbegrenzt bzw. nicht ohne negative Nebenwirkungen zur Verfügung. Deshalb muss der Energieverbrauch auch bei Nutzung erneuerbarer Energien deutlich abgesenkt werden.

Ziel dieses Sanierungsfahrplans ist die Entwicklung und Vermittlung einer Sanierungsstrategie für das vorliegende Gebäude. Dem übergeordneten Ziel der Bundesregierung, bis zum Jahr 2050 einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand zu erreichen, soll hiermit Rechnung getragen werden.

ENERGIEEFFIZIENTE SANIERUNG UND MODERNISIERUNG

Der Betrieb von Gebäuden trägt maßgeblich zum Verbrauch fossiler Energieträger und damit zur Emission von Kohlenstoffdioxid bei. Insbesondere alte, unsanierte Gebäude weisen häufig einen sehr hohen Energiebedarf auf, der jedoch durch eine Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes sowie durch die Nutzung energieeffizienter Anlagentechnik stark reduziert werden kann.

BERÜCKSICHTIGUNG DER DURCH DEN EIGENTÜMER DES GEBÄUDES GESTELLTEN ANFORDERUNGEN

Bei der Erstellung des Sanierungskonzepts wurden neben rechtlichen und bauphysikalischen Vorgaben auch die Anforderungen des Gebäudeeigentümers berücksichtigt. Im Hinblick auf finanzielle Aspekte wurden Einschränkungen durch den Eigentümer vorgenommen. So sollen kurzfristige Maßnahmen einen Kostenrahmen von 200.000 Euro nicht überschreiten. Für mittel- und langfristige Veränderungen am Gebäude soll ein Gesamtbudget von 600.000 Euro eingehalten werden. Es soll der wirtschaftlichste Weg hin zu einem sehr sparsamen und klimafreundlichen Gebäude gefunden werden. Da innerhalb dieses Investitionsrahmens das dann sanierte Gebäude zum Ziel beiträgt, bis zum Jahr 2050 einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand zu erreichen, kann diese Forderung berücksichtigt werden. Zudem wünscht der Eigentümer aus steuerlichen Gründen, dass technische Anlagen selbst erworben und betrieben werden (kein Contracting).

INDIVIDUELLER NUTZEN DURCH DIE ENERGETISCHE SANIERUNG

Die energetische Sanierung von Gebäuden führt in vielerlei Hinsicht zu einer Verbesserung:

- Beitrag zum Klima- und Umweltschutz
- Senkung der laufenden Energiekosten
- Kostensicherheit und steigende Unabhängigkeit von künftigen Energiekosten
- Wertsicherung/-steigerung des Gebäudes durch Umwandlung von Energiekosten in Investitionen
- Verbesserung des Komforts im Gebäude durch höhere Oberflächentemperaturen und geringere Zuglufterscheinungen
- Image-Verbesserung

Gleichzeitig sind bei einer energetischen Sanierung weitere Sanierungsmaßnahmen nicht-energetischer Art möglich. So kann bei der Sanierung beispielsweise die Einbruchsicherheit in das Gebäude erhöht und/oder die Barrierefreiheit verbessert werden. Sanierungsmaßnahmen nicht-energetischer Art sind im Zuge der Planung und Umsetzung der energetischen Sanierung gesondert zu prüfen.

2.1 Sanierungskonzept und Randbedingungen

Die Weiterentwicklung eines bestehenden Gebäudes, das bislang einen hohen Energieverbrauch aufweist, zu einem energetisch optimierten Gebäude kann auf zwei Arten erfolgen: Entweder erfolgt eine vollumfängliche Sanierung des Gebäudes zu einem bestimmten Zeitpunkt (Sanierung in einem Zug) oder das Gebäude wird über einen längeren Zeitraum in Schritten saniert (Sanierung in Schritten).

Bei der Sanierung in einem Zug sind Synergien nutzbar, die zu einer verbesserten Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen führen. Gleichzeitig ist derzeit eine erhöhte Inanspruchnahme von öffentlichen Fördermitteln im Vergleich zu einer schrittweisen Sanierung möglich. Bei einer Sanierung in Schritten hingegen verteilt sich einerseits die finanzielle Last über einen größeren Zeitraum, andererseits ermöglicht der zeitabhängige Ersatz von Bauteilen und Anlagentechnik eine verbesserte Ausnutzung der Lebensdauer.

Das vorliegende Sanierungskonzept basiert grundsätzlich auf einer Sanierung des Gebäudes in Schritten. Zu dessen Durchführung werden insgesamt vier Maßnahmen/-pakete empfohlen, die schrittweise aufeinander aufbauen. Als Alternative zu einer Sanierung in Schritten kann eine vollumfängliche Sanierung des Gebäudes zum Ziel-Zustand in einem Zug erfolgen. Auch für diesen Fall werden Angaben im Beratungsbericht getätigt.

2.1.1 Energiekosten

Einer der entscheidenden Einflussfaktoren bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen ist der Energiepreis. Dieser unterscheidet sich in Abhängigkeit des genutzten Energieträgers. Die angesetzten Energiepreise für Erdgas und Strom sind der letzten Energieverbrauchsabrechnung entnommen. Für den Energieträger Pellets, der im sanierten Zustand Verwendung findet, wird ein marktüblicher Preis festgesetzt.

Als heutige Energiepreise (netto, ohne MwSt.) werden folgende Werte angenommen:

- | | |
|-------------------------------|-------------|
| - Erdgas (brennwertbezogen): | 0,053 €/kWh |
| - Strom: | 0,198 €/kWh |
| - Pellets (brennwertbezogen): | 0,042 €/kWh |

Da zukünftige Energiekostensteigerungen kaum abgeschätzt werden können, wurden bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz die heutigen Energiepreise angesetzt. Zukünftige Energiekostensteigerungen wurden ergänzend berücksichtigt (siehe Kapitel 1.4.2).

2.1.2 Berücksichtigung lokaler Klimabedingungen

Das vorherrschende Klima am Standort des Gebäudes hat einen wesentlichen Einfluss auf dessen Energiebedarf. Bei der Berechnung des Energiebedarfs im Ist-Zustand und in den vorgeschlagenen Sanierungsvarianten wurde der Standort Stuttgart (Testreferenzjahr 12) berücksichtigt.

2.1.3 Berücksichtigung individueller Nutzungsprofile

Neben den lokalen Klimabedingungen nimmt auch die Nutzung des Gebäudes einen starken Einfluss auf den Energiebedarf. Für das vorliegende Gebäude wurden daher individuelle Nutzungsprofile bestimmt und diese bei der Berechnung des Energiebedarfs berücksichtigt. Die zugrunde gelegten Nutzungsprofile sind dem Berechnungsprotokoll im Anhang zu entnehmen. Einer der größten Einflussfaktoren hierbei sind die langen Nutzungszeiten der Büroräume im Gebäude von 5.00 Uhr bis 23.00 Uhr.

2.1.4 Nicht gesicherte Datengrundlagen und Abweichung von Randbedingungen

NICHT GESICHERTE DATENGRUNDLAGEN

Einige Bauteilaufbauten (z.B. Außenwand, Bodenplatte) konnten weder bei der Datenaufnahme vor Ort noch durch die vorliegenden Baupläne mit Sicherheit bestimmt werden, wodurch Unsicherheiten bei den vorliegenden Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) resultieren. Für die betroffenen Bauteile wurden baujahrtypische Konstruktionen angenommen.

ABWEICHUNG VON RANDBEDINGUNGEN

Durch die in der SFP-VO geforderte Verwendung lokaler Klimabedingungen und individueller Nutzungsprofile bei der Berechnung des Energiebedarfs wurde von den Berechnungsgrundlagen der Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) abgewichen. Eine weitere Abweichung von den Randbedingungen fand nicht statt.

2.2 Weitere Hinweise

Dieser Bericht erfüllt die Anforderungen der Sanierungsfahrplan-Verordnung (SFP-VO). Hierzu müssen die in der Verordnung inhaltlich geforderten Elemente vollständig bearbeitet und beschrieben werden. Daher wird an dieser Stelle eine Begründung angegeben, wenn Themenfelder nicht (oder nicht ausreichend) im Sanierungsfahrplan berücksichtigt sind.

MAßNAHMEN ZUR OPTIMIERUNG DER WÄRME-/KÄLTESPEICHERMASSE

In Kapitel 4.1.2 wird darauf hingewiesen, dass im Zuge der Sanierung der Lüftungs- und Klimaanlage zu prüfen ist, ob die abgehängte Decke durch Schallschutz-Elemente ersetzt werden kann. Da die Wände im bestehenden Gebäude aus massivem Mauerwerk errichtet und nicht verkleidet sind, sind keine weiteren Maßnahmen zur Optimierung der Wärme-/Kältespeichermasse notwendig.

EINSATZ VON KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG

Der Einsatz eines Blockheizkraftwerks zur kombinierten Erzeugung von Wärme und Strom wurde geprüft. Wegen geringer Laufzeiten im Sommer konnte hierfür jedoch keine Empfehlung ausgesprochen werden.

WÄRMENETZ

Da kein Wärmenetz am Standort des Gebäudes vorhanden ist, entfällt diese Möglichkeit zur Versorgung des Gebäudes mit Wärme.

ABWÄRMENUTZUNG

Es fällt keine nutzbare Abwärme im Gebäude an. Auch in der näheren Umgebung des Gebäudes liegen keine nutzbaren (Ab-)Wärmequellen vor.

EINSATZ VON QUERSCHNITTSTECHNOLOGIEN

Im vorliegenden Gebäude können keine Maßnahmen zur Nutzung von Querschnittstechnologien empfohlen werden.

EIGNUNG FÜR ENERGIEDIENSTLEISTUNGEN, CONTRACTING, ÖFFENTLICH-PRIVATE PARTNERSCHAFT

Der Bauherr wird auf die Möglichkeit des Contracting hingewiesen. Da der Eigentümer die technischen Anlagen ausdrücklich selbst erwerben und betreiben möchte (siehe Kapitel 2), wurde diese Option nicht weiter vertieft.

3. Ist-Zustand

Durch eine tiefgründige Analyse des Gebäudes im Ist-Zustand soll der Energiebedarf möglichst genau bestimmt werden. Bei dieser Gelegenheit können vorhandene Schwachstellen in der Gebäudehülle und in der Anlagentechnik identifiziert werden, die es durch Sanierungsmaßnahmen zu beseitigen gilt.

In Kapitel 3.1 erfolgt zunächst eine allgemeine Beschreibung des Gebäudes, anschließend werden die in der Gebäudehülle verwendeten Bauteile und deren Wärmedurchgangskoeffizienten (Kapitel 3.2) sowie die im Gebäude verwandte Anlagentechnik (Kapitel 3.3) dargestellt. In Kapitel 3.4 werden Energiemengen und die hieraus resultierenden Kosten beleuchtet.

3.1 Beschreibung des Gebäudes

Das Gebäude, errichtet im Jahr 1980, wird derzeit als Leit- und Einsatzzentrale genutzt. Es besteht aus drei Vollgeschossen und einem Dachgeschoss. Die Nettogrundfläche beträgt 1.180 m², wovon 876 m² beheizt werden. Das Gebäude besteht größtenteils aus massiven Bauteilen und weist einen hohen Glasflächenanteil auf. In Tabelle 5 werden grundlegende Daten zum Gebäude dargestellt.

TABELLE 5: GEBÄUDEDATEN

<i>Leit- und Einsatzzentrale</i>	
Gebäudetyp	Nichtwohngebäude
Baujahr	1980
Lage	Gebäude im Kontext städtisch-zentraler Bebauung, mittlere Windabschirmung
Hauptnutzung	Leit- und Einsatzzentrale
Bauweise	Bauteile größtenteils massiv, hoher Glasflächenanteil
Vollgeschosse	3
Nettogrundfläche	1.180 m ² , davon 876 m ² beheizt
Wärmeübertragende Umfassungsfläche	2.515 m ²
Nettovolumen	3.309 m ³
Bruttovolumen	4.713 m ³
Bauliche Besonderheiten	Dachgeschoss als Staffelgeschoss

3.1.1 Ansichten

Die folgenden Abbildungen (Abbildung 9, Abbildung 10) zeigen Ansichten des untersuchten Gebäudes. Da wegen der umliegenden Bebauung lediglich die Ansichten mit östlicher und südlicher Ausrichtung dargestellt werden können, erfolgt für die nördliche und westliche Ansicht eine textliche Beschreibung.

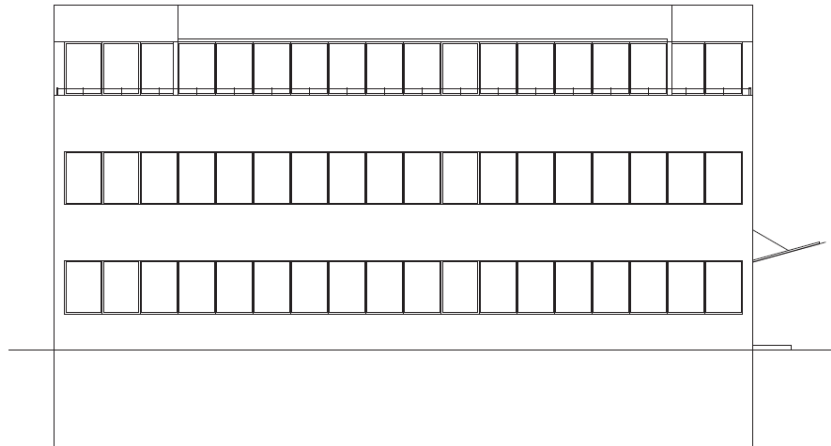


Abbildung 9: Gebäudeansicht Süd.
Quelle: © 2016 ECONSULT Lambrecht Jungmann Partnerschaft.

Die nördliche Ansicht entspricht in den Ausmaßen der südlichen Ansicht, wobei Fensterflächen lediglich im Treppenhaus vorkommen. Die westliche Ansicht entspricht weitgehend einer Spiegelung der östlichen Ansicht. Lediglich der Eingangsbereich ist durch eine durchgehende Pfosten-Riegel-Fassade ersetzt.

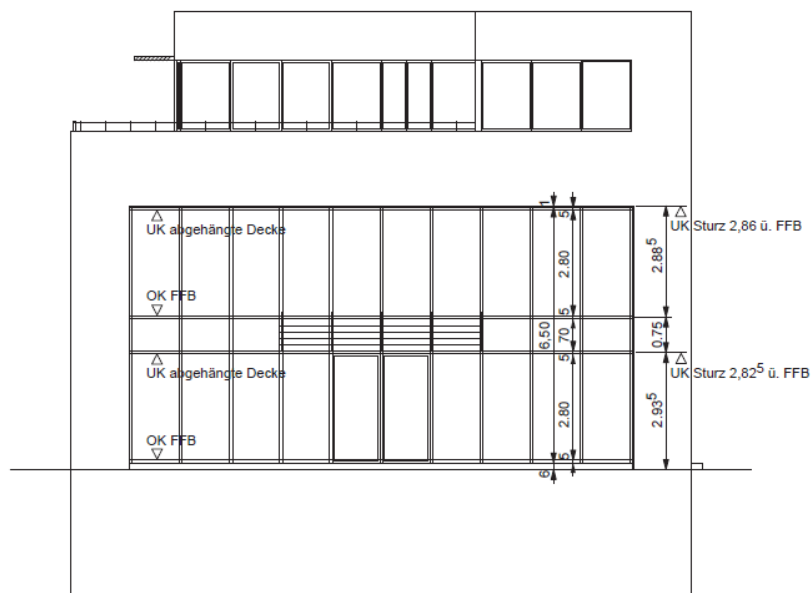


Abbildung 10: Gebäudeansicht Ost.
Quelle: © 2016 ECONSULT Lambrecht Jungmann Partnerschaft.

3.1.2 Schnitt, Grundrisse und beheiztes Volumen,

In Abbildung 11 wird ein Schnitt durch das Gebäude gezeigt, die hierauf folgenden Abbildungen (Abbildung 12 bis Abbildung 15) zeigen den Grundriss des jeweils betrachteten Stockwerks. In allen Abbildungen ist zudem das beheizte Volumen (Systemgrenze, blaue Markierung) dargestellt.

SCHNITT DURCH DAS GEBÄUDE

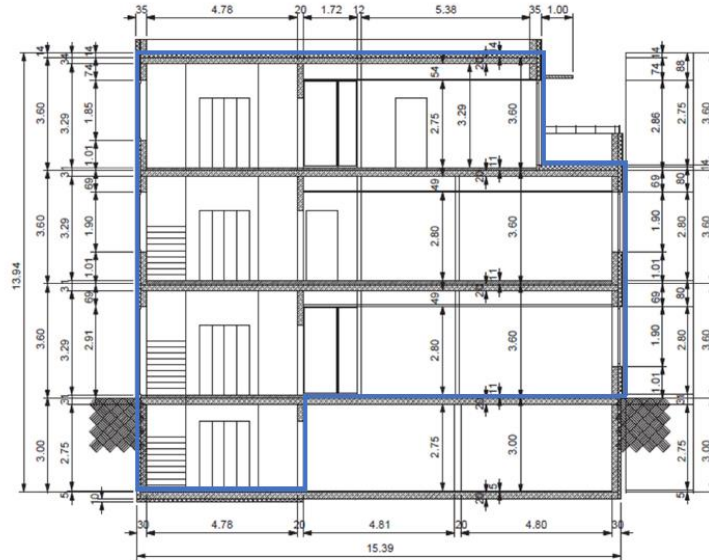


Abbildung 11: Beheiztes Volumen – Schnitt.
Quelle: © 2016 ECONSULT Lambrecht Jungmann Partnerschaft.

UNTERGESCHOSS

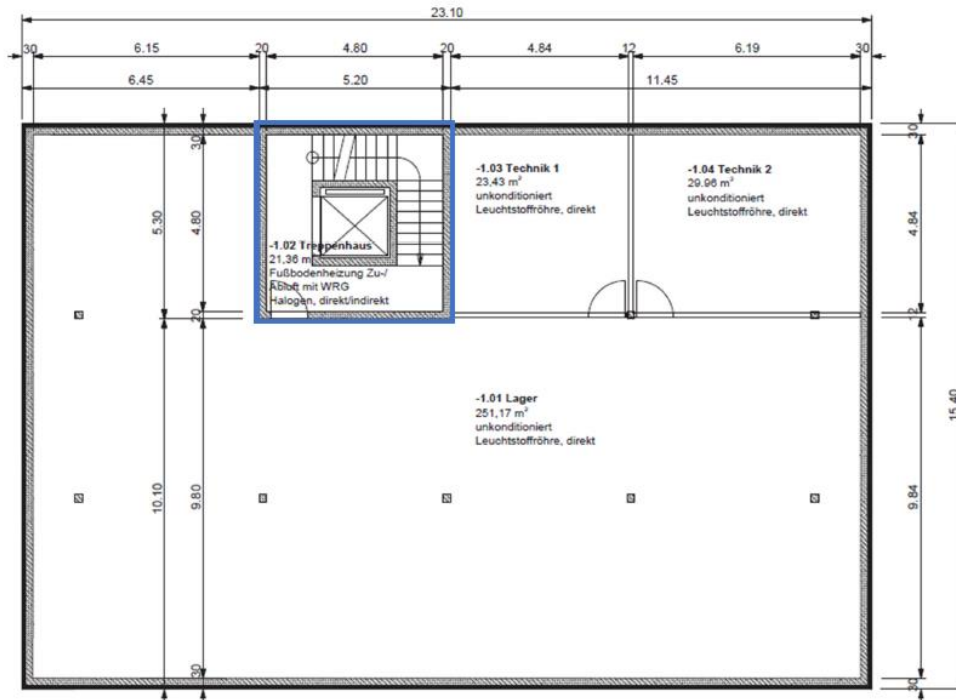


Abbildung 12: Beheiztes Volumen – Untergeschoss.
Quelle: © 2016 ECONSULT Lambrecht Jungmann Partnerschaft.

ERDGESCHOSS

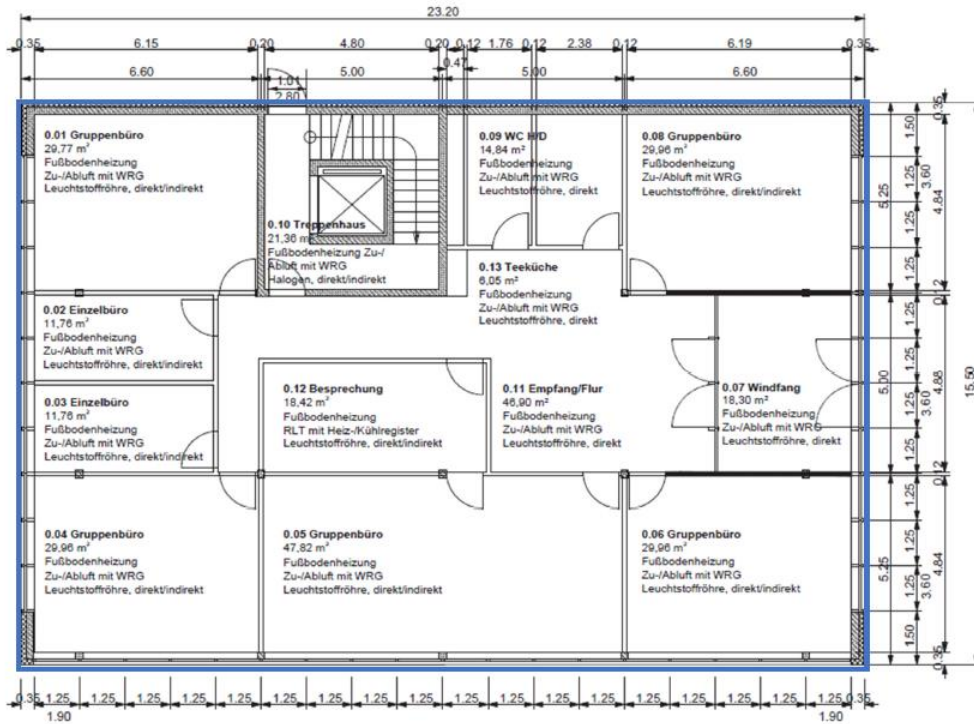


Abbildung 13: Beheiztes Volumen – Erdgeschoss.
Quelle: © 2016 ECONSULT Lambrecht Jungmann Partnerschaft.

OBERGESCHOSS

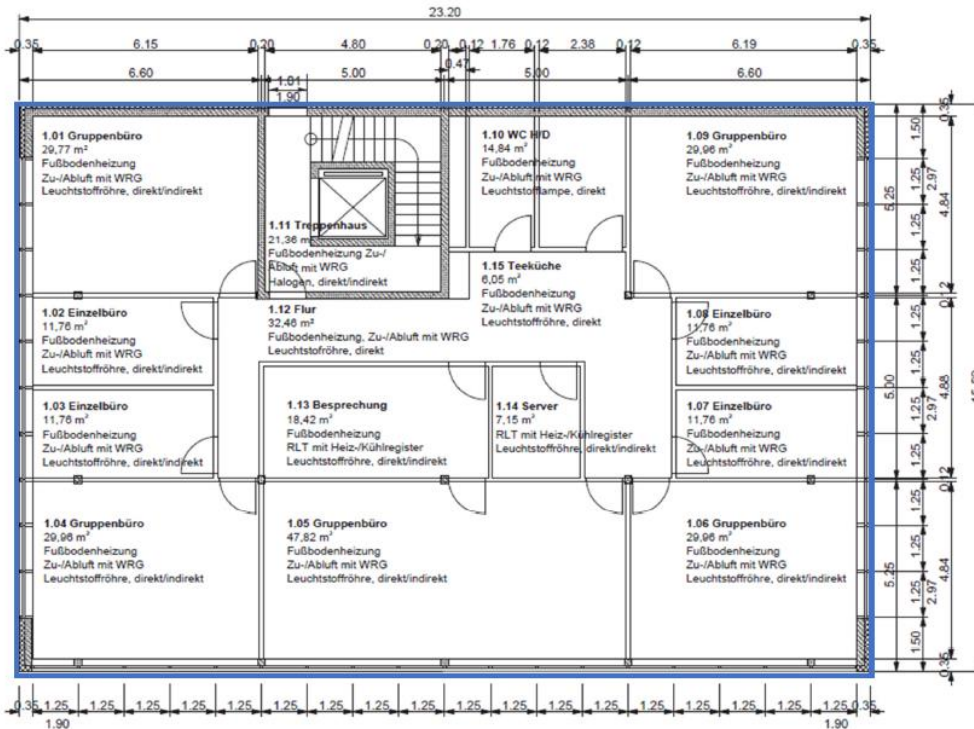


Abbildung 14: Beheiztes Volumen – Obergeschoss.
Quelle: © 2016 ECONSULT Lambrecht Jungmann Partnerschaft.

DACHGESCHOSS

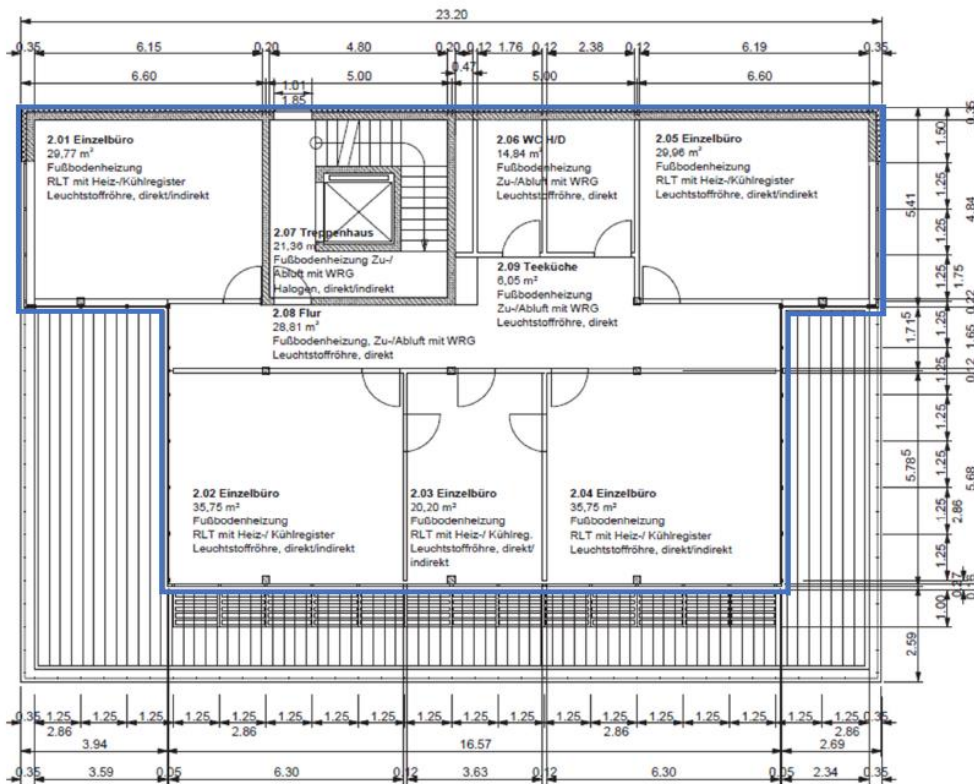


Abbildung 15. Beheiztes Volumen – Dachgeschoss.
Quelle: © 2016 ECONSULT Lambrecht Jungmann Partnerschaft.

3.1.3 Zonierung

Das Bilanzierungsverfahren der DIN V 18599:2011-12 zur energetischen Bewertung von Gebäuden (Berechnung des Nutz-, End-, und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung) setzt für das betrachtete Gebäude eine zonenweise Berechnung des Energiebedarfs voraus. Daher wurde für das Gebäude eine Zonierung vorgenommen. Diese wird in den folgenden Abbildungen (Abbildung 16 bis Abbildung 19) geschossweise dargestellt.

Es werden unter anderem drei Einzelbürozonien angelegt die sich hinsichtlich Fensterflächenanteil und Kühlung unterscheiden. Die Besprechungsräume haben einen Nettogrundflächenanteil unter 5 Prozent und werden daher den gekühlten Büroräumen mit geringerem Fensterflächenanteil zugeschlagen (DIN 18599:2011-1 Nr. 6.3.4). Auch Gruppenbüros werden als Einzelbüro behandelt (EnEV Anlage 2 Nr. 2.2.1).

ZONIERUNG UNTERGESCHOSS

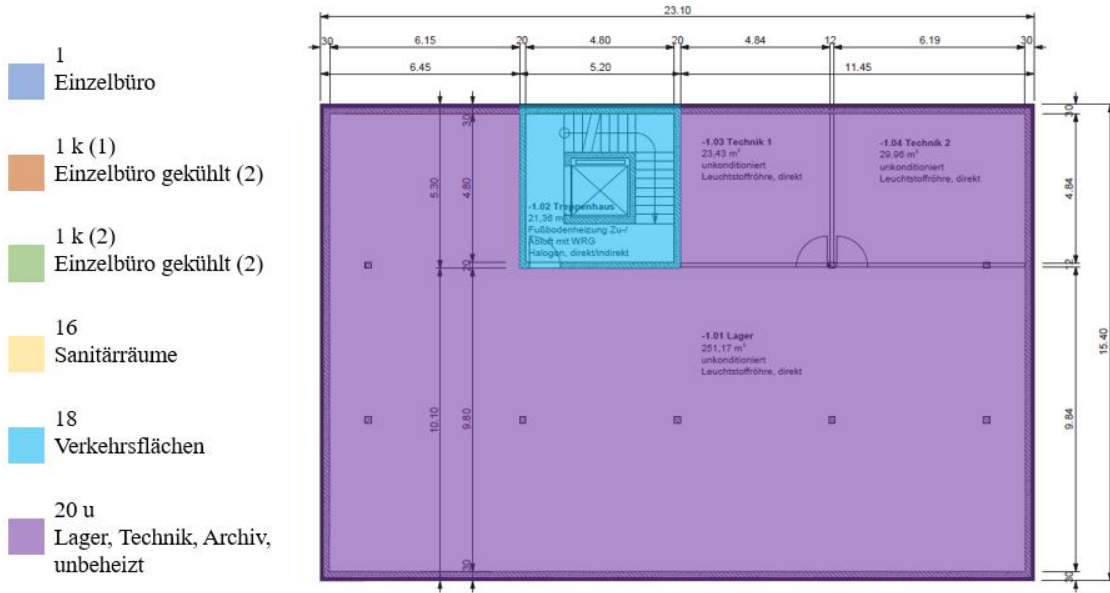


Abbildung 16: Zonierung Untergeschoss.

Quelle: © 2016 ECONSULT Lambrecht Jungmann Partnerschaft.

ZONIERUNG ERDGESCHOSS

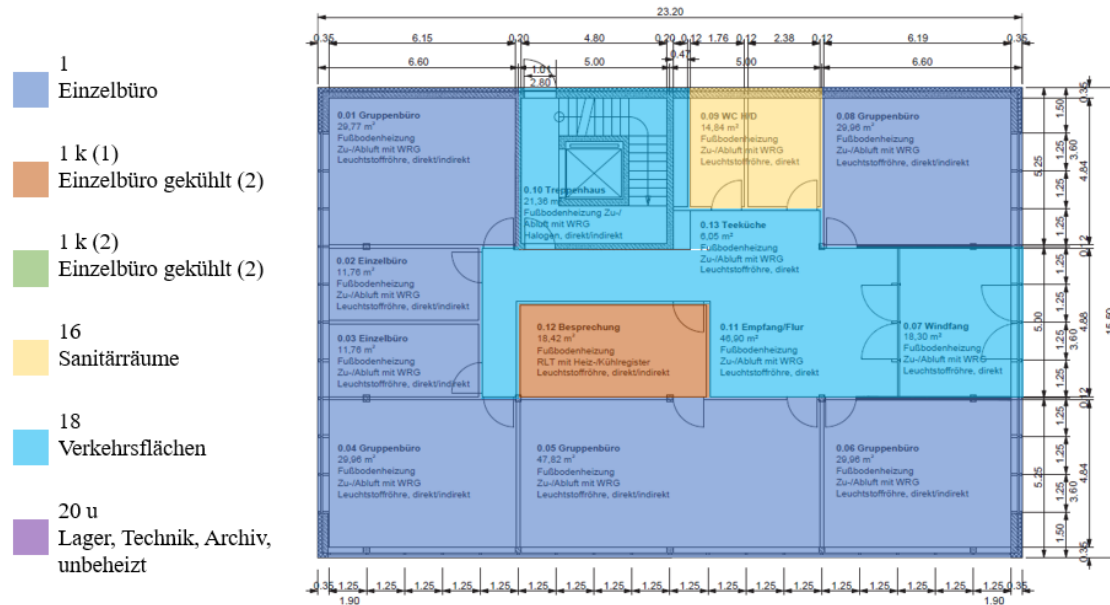


Abbildung 17: Zonierung Erdgeschoss.

Quelle: © 2016 ECONSULT Lambrecht Jungmann Partnerschaft.

ZONIERUNG OBERGESCHOSS

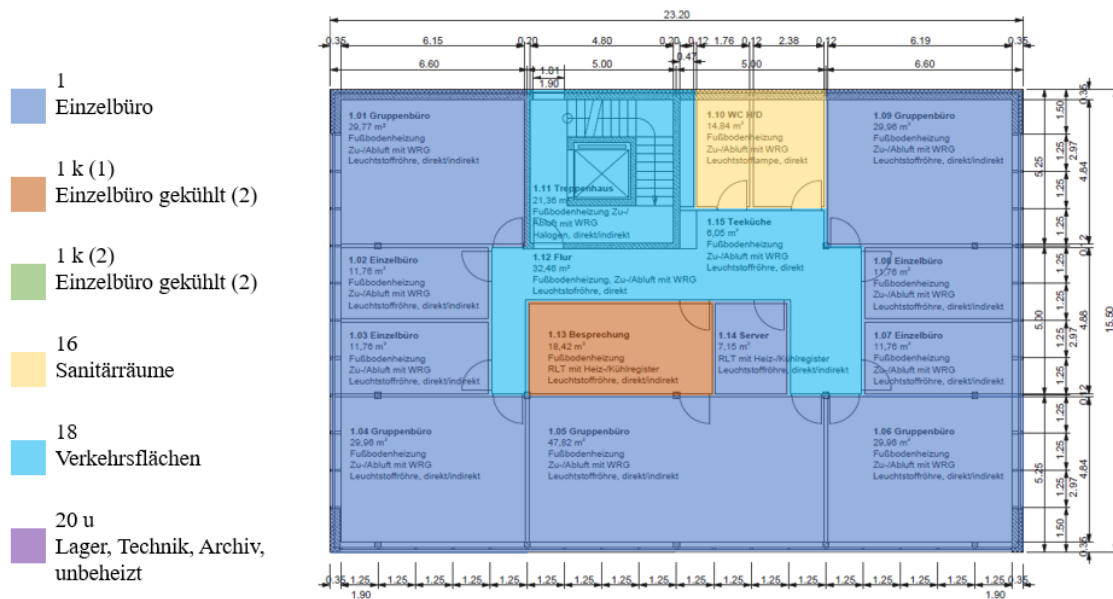


Abbildung 18: Zonierung Obergeschoss.
Quelle: © 2016 ECONSULT Lambrecht Jungmann Partnerschaft.

ZONIERUNG DACHGESCHOSS

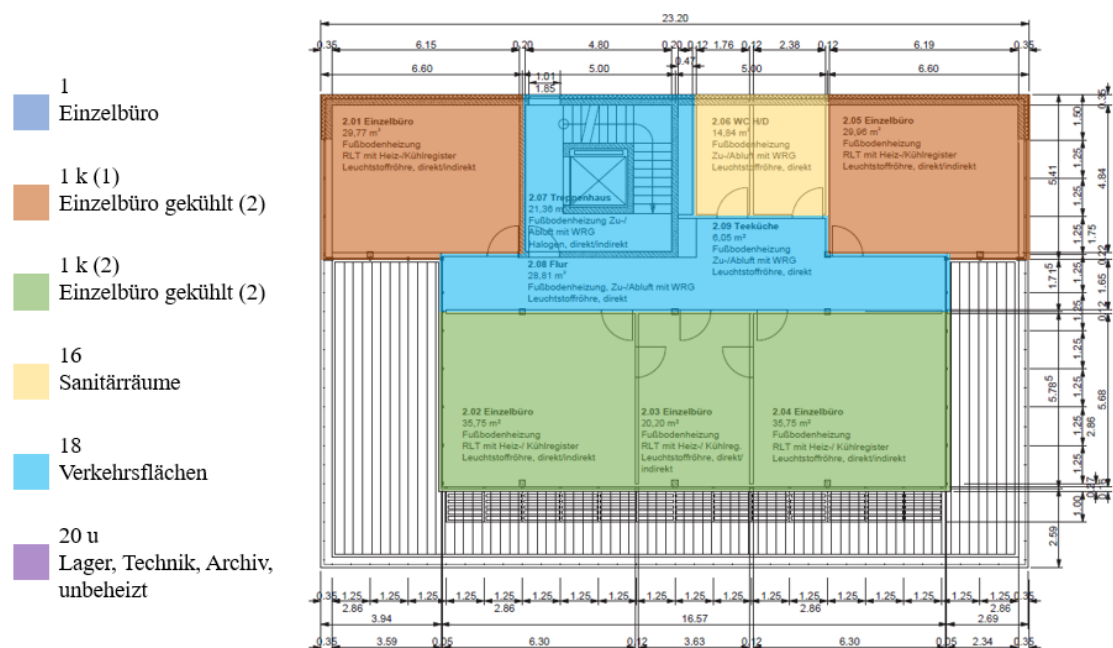


Abbildung 19: Zonierung Dachgeschoss.
Quelle: © 2016 ECONSULT Lambrecht Jungmann Partnerschaft.

3.2 Bauteile der Gebäudehülle

Zunächst erfolgt eine kurze Beschreibung der Bauteile, wobei auch eine Bewertung des baulichen Zustands vorgenommen wird. Anschließend werden die ermittelten Wärmedurchgangskoeffizienten der einzelnen Bauteile dargestellt und mit den folgenden Anforderungswerten verglichen:

- Energieeinsparverordnung: gemäß Anlage 3 i.V.m. § 9 EnEV

- Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW): Förderprogramm Energieeffizient Bauen und Sanieren, Programmnummer 278: gemäß Technische Mindestanforderungen Einzelmaßnahmen
- Sanierungsfahrplan-Verordnung: gemäß EnEV abzüglich 20 Prozent

Zur Einordnung erfolgt hier eine Einschätzung zur Qualität der Bauteile aus energetischer Sicht. Zum Abschluss werden die Transmissionswärmeverluste der einzelnen Bauteile gezeigt.

ALLGEMEINE BESCHREIBUNG DER BAUTEILE UND BAULICHER ZUSTAND

Die Bauteile des Gebäudes werden in Tabelle 6 kurz beschrieben. Das Gebäude befindet sich in einem insgesamt verbesserungswürdigen Zustand, da bei der Besichtigung einige bauliche Mängel festgestellt werden konnten: Das Dach ist an mehreren Stellen undicht und die Fenster haben das Ende ihrer Lebensdauer beinahe erreicht.

TABELLE 6: BAUTEILE DES GEBÄUDES

<i>Bauteile des Gebäudes</i>	<i>Aufbau/Material</i>	<i>Schichtdicke in cm</i>	<i>baulicher Zustand</i>
Außenwand	Mauerwerk	30,0	gut
	Innen-/Außenputz	1,0/1,0	
Flachdach	Stahlbeton	20,0	schlecht
	Dämmung	6,0	
	Abdichtung	0,5	
Außenwand Keller	Stahlbeton	20,0	gut
	Abdichtung	0,5	
	Dämmung	5,0	
Bodenplatte Keller	Stahlbeton	20,0	gut
	Dämmung	5,0	
	Estrich	5,0	
Geschossdecke Keller	Stahlbeton	20,0	gut
	Dämmung	3,5	
	Estrich	6,5	
	Fußbodenbelag PVC	0,3	
Innenwand Keller	Stahlbeton	20,0	gut
	Dämmung	4,0	
Fenster	Doppelverglasung	-	schlecht
Pfosten-Riegel-Fassade	Doppelverglasung	-	schlecht

WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENTEN DER BAUTEILE

Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) ist ein Maß für den Wärmeverlust eines Bauteils. Je größer der Wert, desto schlechter ist das Bauteil. In der folgenden Tabelle 7 werden die U-Werte der einzelnen Bauteile im Ist-Zustand beschrieben. In der Bewertung wird ersichtlich, dass alle Bauteile einen schlechten bis sehr schlechten energetischen Standard aufweisen. Die Berechnungen zur Ermittlung der U-Werte sind dem Berechnungsprotokoll im Anhang des Berichts zu entnehmen.

TABELLE 7: WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENTEN DER BAUTEILE IM GEBÄUDE

<i>Bauteil</i>	<i>Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) in W/(m²·K)</i>				<i>Energetische Einschätzung</i>
	<i>Ist-Zustand</i>	<i>EnEV¹</i>	<i>KfW-Förderung²</i>	<i>SFP-VO³</i>	
Außenwand	0,80	0,24	0,20	0,19	schlecht
Flachdach	0,60	0,20	0,14	0,16	schlecht
Außenwand Keller	0,78	0,30	0,25	0,24	schlecht
Bodenplatte Keller	0,75	0,30/0,50	0,25	0,24/0,40	schlecht
Geschossdecke Keller	0,79	0,30	0,25	0,24	schlecht
Innenwand Keller	0,81	0,30	0,25	0,24	schlecht
Fenster (U _w)	3,00	1,30	0,95	1,04	sehr schlecht
Pf.-Riegel-Fassade (U _{cw})	3,20	1,50	1,30	1,20	sehr schlecht

¹ Die Mindestanforderungen an U-Werte nach dem Bauteilverfahren der EnEV 2014 gelten nicht, wenn das Gebäude insgesamt den Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes und die Transmissionswärmeverluste nach Anlage 1 Tabelle 2 der EnEV um nicht mehr als 40 Prozent überschreitet

² Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderung gelten nicht für die Förderung von KfW-Effizienzhäusern. Die Anforderungen können jederzeit aktualisiert werden (Stand: 10/2018).

³ Ambitionierte Maßnahmen nach SFP-VO: U-Werte EnEV abzüglich 20 %

TRANSMISSIONSWÄRMEVERLUSTE

Der Transmissionswärmeverlust beschreibt die Energiemenge, die durch den Vorgang der Wärmeleitung (Transmission) durch die Bauteile an die Umwelt verloren geht. Die Transmissionswärmeverluste der einzelnen Bauteile werden in Abbildung 20 gezeigt. Es wird ersichtlich, dass insbesondere durch die Fenster/Pfosten-Riegel-Fassade hohe Verluste hervorgerufen werden. Auch die Außenwand und das Flachdach sind für große Verluste verantwortlich.

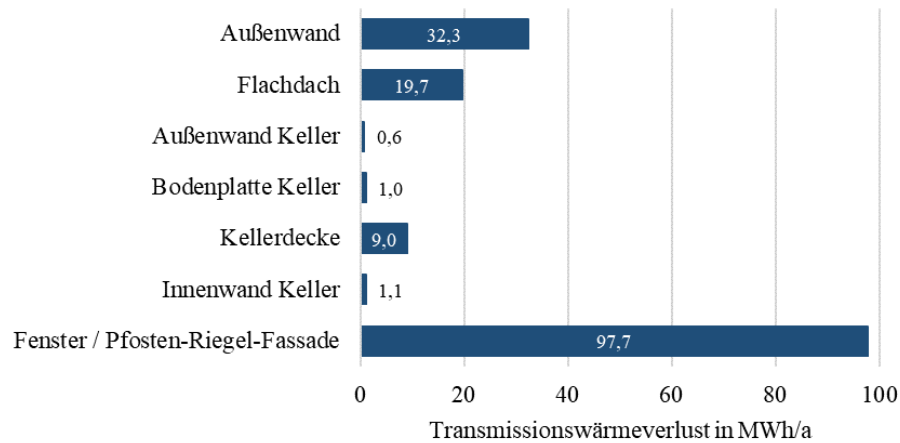


Abbildung 20: Transmissionswärmeverlust durch die Bauteile.

3.3 Anlagentechnik

Für die Konditionierung des Gebäudes kommen verschiedene technische Anlagen zur Anwendung. Elemente der technischen Gebäudeausrüstung mit Einfluss auf den Energiebedarf, die CO₂-Emissionen und die Energiekosten finden sich in den folgenden Bereichen:

- Beheizung
- Trinkwarmwasser-Versorgung
- Kühlung
- Belüftung
- Beleuchtung

Die im Gebäude verwendeten Anlagen werden im Folgenden dargestellt und erkannte Schwachstellen benannt.

3.3.1 Heizung

In der folgenden Tabelle 8 folgt eine kurze Übersicht zur Wärmeerzeugung, -speicherung, -verteilung und -übergabe im Gebäude. Zudem wird auf erkannte Schwachstellen des Heizsystems hingewiesen.

TABELLE 8: ANLAGENTECHNIK IM BEREICH HEIZUNG

<i>Beheizung des Gebäudes</i>	
Art der Versorgung	Wärmebereitstellung erfolgt gebäudezentral
Erzeugung	Niedertemperaturkessel Erdgas, 200 kW, Baujahr 2009
Speicherung	Kein Pufferspeicher vorhanden
Verteilung	1) Verteilung von Warmwasser über ein Zweirohrnetz, hydraulisch nicht abgeglichen, Vor-/Rücklauftemperatur 70/55 °C; Verteilleitung gedämmt; überdimensionierte, konstantdruckgeregelte Heizkreispumpe 2) Verteilung von Warmluft über Luftkanäle mit zentralem Heizregister, hydraulisch nicht abgeglichen; überdimensionierte, konstantdruckgeregelte Pumpe
Übergabe und Regelung	Heizkörper (Radiatoren), Thermostatregelventile geringer Regelgenauigkeit
Besondere Schwachstellen	Fehlender hydraulischer Abgleich; überdimensionierte, konstantdruckgeregelte Pumpen; Thermostatregelventile mit geringer Regelgenauigkeit

ANLAGENVERLUSTE IM IST-ZUSTAND

Die Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Übergabe von Wärme und Kälte ist mit Verlusten behaftet. Im vorliegenden Gebäude belaufen sich die Anlagenverluste auf 83,7 Megawattstunden pro Jahr (im Folgenden mit MWh/a abgekürzt) und betragen somit 38,2 Prozent der aufgewendeten Energie für die Beheizung/Kühlung des Gebäudes.

3.3.2 Trinkwarmwasser

Der Endenergiebedarf für Trinkwarmwasser beträgt 6,3 MWh/a. Verglichen mit der Beheizung des Gebäudes, die einen Endenergiebedarf von 211,0 MWh/a aufweist, spielt die Versorgung mit Trinkwarmwasser eine untergeordnete Rolle. Tabelle 9 zeigt eine Übersicht über die Versorgung des Gebäudes mit Trinkwarmwasser.

TABELLE 9: ANLAGENTECHNIK IM BEREICH TRINKWARMWASSER-VERSORGUNG

<i>Versorgung mit Trinkwarmwasser</i>	
Art der Versorgung	Wärmebereitstellung erfolgt gebäudezentral
Erzeugung	Kombinierte Erzeugung (siehe Wärmeerzeuger im Bereich Heizung)
Speicherung	Trinkwarmwasser-Speicher, Baujahr 1980
Verteilung	Verteilleitung gedämmt; Zirkulationspumpe überdimensioniert und ungeregelt
Besondere Schwachstellen	Zirkulationspumpe überdimensioniert und ungeregelt; prozentual hohe Verluste in der Verteilung durch gebäudezentrale Versorgung bei gleichzeitig geringem Trinkwarmwasserbedarf

3.3.3 Kühlung

Ein Teil des Gebäudes ist gekühlt. Dies betrifft die Besprechungsräume im Erdgeschoss und ersten Obergeschoss, den Serverraum im ersten Obergeschoss sowie die Einzelbüros im zweiten

Obergeschoss. Tabelle 10 zeigt eine Übersicht über die Kälteerzeugung, -speicherung, -verteilung und -übergabe im Gebäude. Zudem wird auf erkannte Schwachstellen im Kühlsystem hingewiesen.

TABELLE 10: ANLAGENTECHNIK IM BEREICH KÜHLUNG

<i>Kühlung des Gebäudes</i>	
Art der Versorgung	Kältebereitstellung erfolgt gebäudezentral
Erzeugung	Kompressionskältemaschine wassergekühlt
Speicherung	Kein Speicher vorhanden
Verteilung	Verteilung von Kaltluft über RLT-Anlage; Vor-/Rücklauftemperatur: Primärkreis 6/12 °C, Rückkühlkreis 27/33 °C; hydraulisch nicht abgeglichen
Übergabe	Standard-Nutzungsgrad
Besondere Schwachstellen	Fehlender hydraulischer Abgleich, niedrige Primärkreistemperaturen

3.3.4 Belüftung

Die Belüftung des Gebäudes wird durch eine zentrale Lüftungsanlage sichergestellt. Diese verfügt über einen Wärmetauscher, der die in der Abluft enthaltene Wärme teilweise wieder der zuströmenden Luft zuführt. Der Grad der Rückgewinnung beträgt 50 Prozent.

Die Lüftungsanlage entspricht nicht den heute gültigen hygienischen Anforderungen, wobei eine Ertüchtigung wegen des hohen Alters nicht möglich ist. Da die Anlage nicht über einen längeren Zeitraum weiter betrieben werden kann, muss diese in naher Zukunft durch eine neue Anlage ersetzt werden. Weitere Hinweise zur Anlagentechnik im Bereich der Belüftung finden sich in Tabelle 11.

TABELLE 11: ANLAGENTECHNIK IM BEREICH BELÜFTUNG

<i>Belüftung des Gebäudes</i>	
Art der Versorgung	Belüftung über zentrale Lüftungsanlage (Zu- und Abluft)
Lüftungsanlage	Mit Wärmerückgewinnung, Grad der Rückgewinnung: 50 %
Regelung	Lüftungssystem läuft konstant (IDA-C1)
Auslegungsdruckverlust Kanalnetz	Unbekannt; Berechnung über Standard-Werte
Besondere Schwachstellen	Entspricht nicht den heute gültigen hygienischen Anforderungen an Lüftungsanlagen; geringer Grad der Wärmerückgewinnung; konstanter Betrieb; vermutlich hohe Druckverluste im Kanalnetz

3.3.5 Beleuchtung

Die Beleuchtungstechnik, die im gesamten Gebäude gleichartig ist, zeigt Tabelle 12. Verglichen mit typischen Büro- und Verwaltungsgebäuden weist das vorliegende Gebäude deutlich verlängerte Nutzungszeiten auf. Ein großer Teil der Betriebszeit fällt in die Nachtstunden, wodurch die Beleuchtung eine wichtige Rolle spielt.

TABELLE 12: ANLAGENTECHNIK IM BEREICH BELEUCHTUNG

<i>Beleuchtung des Gebäudes</i>	
Art der Beleuchtung	Leuchtstofflampe (stabförmig)
Vorschaltgerät	Verlustarm (VVG)
Beleuchtungsart	Direkt/indirekt
Präsenzerfassung	keine
tageslichtabhängiges Kontrollsystem	Nicht vorhanden
Besondere Schwachstellen	Art der Beleuchtung entspricht nicht dem Stand der Technik; keine Beleuchtungskontrolle vorhanden

3.4 Energiemengen und -kosten

Grundsätzlich ist zwischen dem Energieverbrauch und dem Energiebedarf eines Gebäudes zu unterscheiden. Der Energieverbrauch ist die tatsächlich zum Betrieb eines Gebäudes verwendete Energiemenge, deren Höhe aus der Energieverbrauchsabrechnung entnommen werden kann. Der Energiebedarf hingegen ist eine rechnerische Größe, die durch das in der EnEV vorgeschriebene Bilanzierungsverfahren der DIN V 18599:2011-12 ermittelt wird.

3.4.1 Energieverbrauch im Ist-Zustand

Als Energieträger im Ist-Zustand finden Erdgas und Strom Verwendung. Für die letzten drei Jahre (2015 – 2017) liegen Verbrauchsabrechnungen vor, denen der Energieverbrauch und die angefallenen Energiekosten entnommen werden können (siehe Tabelle 13). Die Energieverbrauchsabrechnungen sind dem Anhang beigelegt (siehe Kapitel 6.1).

TABELLE 13: ÜBERSICHT ÜBER DIE ENERGIEVERBRAUCHSABRECHNUNGEN UND ENERGIEKOSTEN DER JAHRE 2015 BIS 2017

<i>Energie-träger</i>	<i>Jahr</i>	<i>Endenergieverbrauch in MWh/a</i>	<i>Endenergieverbrauch klimabereinigt in MWh/a</i>	<i>Energiekosten in €/a</i>	<i>Energiekosten klimabereinigt in €/a</i>
<i>Erdgas</i>	2015	198,3	222,8	10.510	11.809
	2016	193,9	208,5	10.277	11.050
	2017	207,1	222,7	10.976	11.802
		Ø 199,8	Ø 218,0	Ø 10.590	Ø 11.550
<i>Strom</i>	2015	65,6	-	12.989	-
	2016	59,7	-	11.821	-
	2017	67,1	-	13.286	-
		Ø 64,1	-	Ø 12.700	-

3.4.2 Energiebedarf im Ist-Zustand

Tabelle 14 zeigt den Endenergiebedarf des Gebäudes sowie die hieraus resultierenden Energiekosten.

TABELLE 14: ÜBERSICHT ÜBER DEN ENERGIEBEDARF DES GEBÄUDES UND DER HIERDURCH VERURSACHTEN ENERGIEKOSTEN

Energieträger	Endenergiebedarf in MWh/a	Energiekosten in €/a
Erdgas	215,9	11.440
Strom	59,1	11.700
Summe	275,0	23.140

Der Wärmeenergiebedarf eines Gebäudes wird aus der Summe der Erzeugernutzwärmeabgabe und Erzeugernutzkälteabgabe errechnet und beträgt im vorliegenden Gebäude 184,6 MWh:

- Erzeugernutzwärmeabgabe Heizung: 172,4 MWh
- Erzeugernutzwärmeabgabe Trinkwarmwasser: 5,8 MWh
- Erzeugernutzkälteabgabe Kühlung: 6,4 MWh

3.4.3 Wärmebilanz des Gebäudes

Abbildung 21 zeigt die Wärmebilanz des Gebäudes im Ist-Zustand.

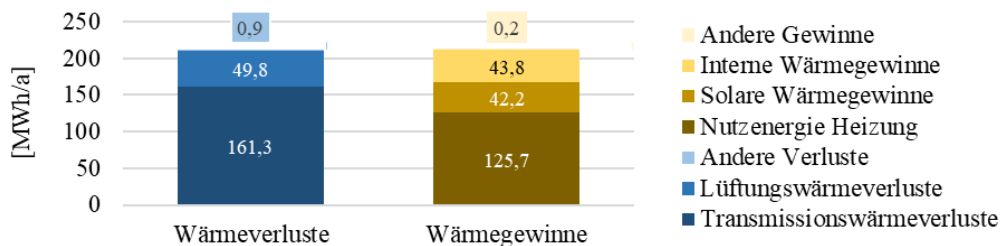


Abbildung 21: Wärmebilanz des Gebäudes im Ist-Zustand.

3.4.4 Energiebilanz des Gebäudes

Abbildung 22 zeigt die Energiebilanz des Gebäudes im Ist-Zustand. Auffällig hierbei sind die hohen Anlagenverluste (83,7 MWh/a) im Bereich der Wärmeversorgung.

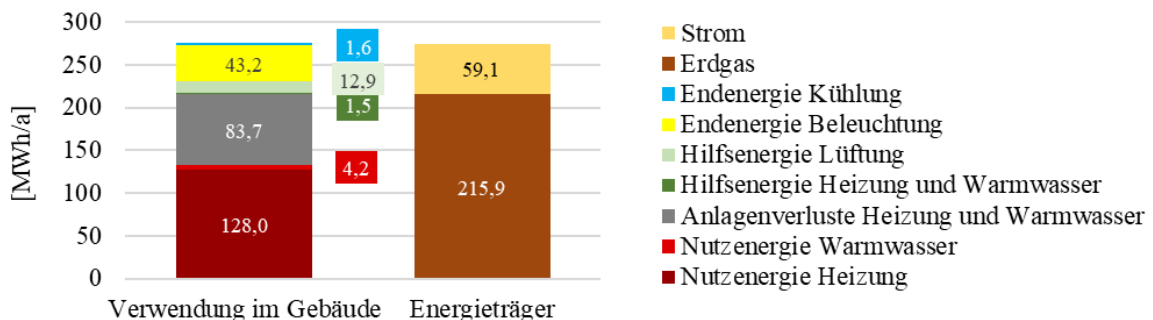


Abbildung 22: Energiebilanz des Gebäudes im Ist-Zustand.

3.4.5 Darstellung Energieeffizienz im Ist-Zustand

Bei der Betrachtung der Energieeffizienz eines Gebäudes ist nicht nur der Endenergiebedarf entscheidend, sondern auch der Nutz- und der Primärenergiebedarf. Der Nutzenergiebedarf beschreibt

den Energiebedarf ohne die Berücksichtigung von Erzeugungs-, Speicherungs- und Verteilverlusten. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt vorgelagerte Prozesse in der Energiebereitstellung und dient als ökologische Bezugsgröße. Tabelle 15 zeigt den Nutz-, End-, und Primärenergiebedarf sowie die CO₂-Emissionen des vorliegenden Gebäudes im Ist-Zustand.

TABELLE 15: NUTZ-, END-, UND PRIMÄRENERGIEBEDARF SOWIE CO₂-EMISSIONEN IM IST-ZUSTAND

	<i>Nutzenergie- Bedarf (in MWh/a)</i>	<i>Endenergie¹- Bedarf (in MWh/a)</i>	<i>Primärenergie- Bedarf (in MWh/a)</i>	<i>CO₂-Emissionen (in t/a)</i>
Heizung	128,0	211,0	210,2	46,1
Trinkwarmwasser	4,2	6,3	6,3	1,4
Kühlung	13,2	1,6	2,9	0,9
Belüftung	0,0	12,9	23,2	7,3
Beleuchtung	43,2	43,2	77,7	24,5
Summe	188,5	275,0	320,3	80,2

¹ Die Angabe der Endenergie erfolgt brennwertbezogen

4. Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz

In Kapitel 4 werden Maßnahmen aufgezeigt, die zu einer energetischen Verbesserung des Gebäudes führen. Da die zur Umsetzung empfohlenen Sanierungsschritte aufeinander aufbauen, werden gegebenenfalls bereits in früheren Sanierungsschritten vorbereitende Maßnahmen für später folgende Sanierungsschritte genannt. Zudem wird auf Aspekte hingewiesen, die bei der Umsetzung der Maßnahmen zu berücksichtigen sind.

Besteht ein Sanierungsschritt aus mehreren Einzelmaßnahmen (= Maßnahmenpaket), wird zuerst eine Übersicht über die einzelnen Maßnahmen anhand einer Tabelle gezeigt. Anschließend folgt hierzu eine detaillierte Erläuterung. Zu den einzelnen Sanierungsmaßnahmen werden die jeweils ermittelten Investitionskosten (Vollkosten und energetisch bedingte Mehrkosten) angegeben. Ist für die vorgeschlagene Maßnahme eine Inanspruchnahme öffentlicher Fördermittel möglich, wird deren Höhe sowie der Fördergeber und das Förderprogramm genannt. Alle vorgeschlagenen Maßnahmen sind ambitionierte Einzelmaßnahmen im Sinne der SFP-VO.

4.1 Maßnahmenpaket M1

Das Flachdach ist an mehreren Stellen undicht, weswegen dieses dringend instandgesetzt werden muss. Die Lüftungs- und Klimaanlage entspricht nicht den heute gültigen hygienischen Anforderungen und wird daher ersetzt. Durch den reduzierten Energiebedarf im Gebäude müssen Anpassungen am Heizungssystem vorgenommen werden. Zudem werden Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz vorgeschlagen, die nicht auf einer Verbesserung der Gebäudehülle oder Anlagentechnik beruhen. Die Vollkosten für dieses Maßnahmenpaket werden auf 170.000 Euro geschätzt. Einen Überblick über die einzelnen Sanierungsmaßnahmen gibt Tabelle 16.

TABELLE 16: SANIERUNGSSCHRITT M1 IM ÜBERBLICK

<i>Sanierungsschritt M1</i>						
Maßnahmenpaket M1 bestehend aus						
<i>Energetisch bedingte Investitionskosten</i>	<i>Öffentliche Fördermittel</i>	<i>Prognostizierte Einsparungen</i>		<i>Nutzungsdauer</i>	<i>Kosten-Nutzen-Verhältnis</i>	
		<i>Endenergiebedarf</i>	<i>Energie- und Wartungskosten</i>			
[€]	[€]	[MWh/a]	[€/a]	[%]	[Jahre]	[-]
75.000	8.600	89	6.000	24	40/20	11:1

Alle Kosten verstehen sich netto.

Durch die Sanierung des Gebäudes nach den in den Kapiteln 4.1.1 bis 4.1.4 beschriebenen Maßnahmen ergibt sich eine Reduktion des Endenergiebedarfs in Höhe von 89 MWh/a und eine Einsparung der Energie- und Wartungskosten in Höhe von 6.000 Euro pro Jahr. Unter Berücksichtigung öffentlicher

Fördermittel müssen hierfür 66.400 Euro aufgewendet werden. Hierbei ergibt sich ein günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis von 11:1.

Tabelle 17 zeigt den Nutz-, End-, und Primärenergiebedarf sowie die CO₂-Emissionen nach der Durchführung des Sanierungsschritts M1.

TABELLE 17: NUTZ-, END-, UND PRIMÄRENERGIEBEDARF SOWIE CO₂-EMISSIONEN NACH DURCHFÜHRUNG DES SANIERUNGSSCHRITTS M1

	<i>Nutzenergie- Bedarf (in MWh/a)</i>	<i>Endenergie¹- Bedarf (in MWh/a)</i>	<i>Primärenergie- Bedarf (in MWh/a)</i>	<i>CO₂-Emissionen (in t/a)</i>
Heizung	89,3	130,1	129,7	28,5
Trinkwarmwasser	4,2	6,3	6,4	1,4
Kühlung	12,9	1,2	2,1	0,7
Belüftung	0,0	4,9	8,8	2,8
Beleuchtung	43,2	43,2	77,7	24,5
Summe	149,6	185,6	224,7	57,8

¹ Die Angabe der Endenergie erfolgt brennwertbezogen

4.1.1 Sanierung Flachdach/Dachterrasse und Wärmebrückenplanung (M1.1)

Die Abdichtung in den Bereichen des Flachdachs und der Dachterrasse ist knapp 40 Jahre alt und damit am Ende ihrer Lebensdauer. An einigen Stellen weist das Dach bereits Undichtigkeiten auf. Daher ist eine Sanierung ohnehin dringend notwendig. Im Zuge der Instandsetzung wird unterhalb der Abdichtung eine Dämmschicht aufgebracht. Diese besteht aus 14 cm PUR-Flachdachdämmplatten mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,023 W/(m·K). Durch die Sanierung sinkt der Wärmedurchgangskoeffizient auf einen Wert von 0,16 W/(m²·K). Bei der Planung und Ausführung ist bereits eine Verankerung für die in Sanierungsschritt M2 vorgesehene Photovoltaik-Anlage vorzusehen.

Da eine umfassende Sanierung des Gebäudes erfolgt, wird eine Planung und Berechnung der Wärmebrücken empfohlen. Zur Ermittlung des Endenergiebedarfs wurde im letzten Sanierungsschritt (M4) ein reduzierter Wärmebrückenzuschlag von 0,05 W/(m²·K) anstelle der sonst verwendeten 0,10 W/(m²·K) angesetzt. Soll ein verringerter Wärmebrückenzuschlag erreicht werden, sind die Wärmebrücken bereits bei der Dämmung des Flachdachs/der Dachterrasse entsprechend auszuführen.

Die ermittelten Vollkosten für die Sanierung des Flachdachs/der Dachterrasse werden auf 70.000 Euro geschätzt. Dem gegenüber stehen energetisch bedingte Mehrkosten in Höhe von 31.000 Euro. Die Kosten für die Planung und Berechnung der Wärmebrücken, die vollständig den energetisch bedingten Mehrkosten zugeschlagen werden, werden auf 5.000 Euro geschätzt. Die empfohlene Ausführung erfüllt die Anforderungen an die Förderung von Einzelmaßnahmen im KfW-Programm 278 (Sanierung mit Einzelmaßnahmen). Neben einem zinsgünstigen Kredit wird hier ein Tilgungszuschuss in Höhe von fünf Prozent der Investitionskosten gewährt. Bei förderfähigen Kosten in Höhe von 75.000 Euro entspricht dies einem Förderbetrag von 3.800 Euro.

4.1.2 Ersatz Lüftungs- und Klimaanlage und Nachweis der Luftdichtheit (M1.2)

Die Lüftungs- und Klimaanlage entspricht nicht den heute gültigen hygienischen Anforderungen und ist daher nicht betriebstauglich. Da allein durch Fensterlüftung der notwendige Luftwechsel nicht sichergestellt werden kann, wird erneut eine Lüftungsanlage eingebaut. Die zentrale Lüftungsanlage

(Zu- und Abluftanlage) verfügt – ebenso wie die alte Anlage – über eine Wärmerückgewinnung. Diese weist jedoch eine höhere Effizienz auf. Der Grad der Wärmerückgewinnung liegt bei 75 Prozent.

Bei der Planung der Anlage ist darauf zu achten, dass durch einen angepassten Querschnitt der Luftschächte der Druckverlust möglichst niedrig gehalten wird. Zur Verteilung der Luft sind hocheffiziente Ventilatoren einzusetzen. Bei der Verteilung von Wärme und Kälte sind hocheffiziente Pumpen zu verwenden, deren Leistung auf den Bedarf angepasst ist. Gleichzeitig ist ein hydraulischer Abgleich des Leitungssystems durchzuführen. Zur Klimatisierung des Gebäudes wird eine neue Kompressionskältemaschine eingesetzt, die eine verbesserte Nennkälteleistungszahl von 4,1 aufweist.

Die Funktion der Lüftungsanlage kann nur dann sichergestellt werden, wenn die Luftdichtheit des Gebäudes nachgewiesen ist. Daher ist eine Prüfung nach dem Differenzdruck-Messverfahren durchzuführen. Dabei ist anzustreben, dass ein n_{50} -Wert von $1,5 \text{ h}^{-1}$ nicht überschritten wird. Ist dies der Fall, muss das Gebäude nachträglich abgedichtet werden.

Da zur Verlegung der Luftschächte die abgehängte Decke ohnehin geöffnet werden müssen, ist zu überlegen, ob diese durch Schallschutz-Elemente ersetzt wird. Dies führt einerseits zu einer verbesserten Akustik in den Arbeitsräumen und andererseits zu einer Erhöhung der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit. Hierdurch können Temperaturschwankungen im Gebäude besser ausgeglichen werden.

Die Vollkosten für den Ersatz der Lüftungs- und Klimaanlage (einschließlich Nachweis der Luftdichtheit) wurden auf 91.000 Euro geschätzt. Hiervon entfallen 40 Prozent (entspricht 37.000 Euro) auf den Bereich der energetisch bedingten Mehrkosten. Auch diese Maßnahme ist im KfW-Programm 278 (Sanierung mit Einzelmaßnahmen) förderfähig, der Tilgungszuschuss beträgt 4.600 Euro.

4.1.3 Anpassung Heizungssystem (M1.3)

Durch die Sanierung des Flachdachs/der Dachterrasse und die Erneuerung der Lüftungs- und Klimaanlage werden Maßnahmen zur Anpassung des Heizungssystems erforderlich, da hierdurch die für das Gebäude benötigte Heizleistung sinkt. Unter anderem sollte das Temperaturniveau im Heizkreis geringfügig gesenkt werden (Vorlauf: 65 °C statt 70 °C , Rücklauf 50 °C statt 55 °C).

Das Rohrleitungssystem zur Versorgung der Heizkörper mit Warmwasser wurde bislang nicht hydraulisch abgeglichen. Der hydraulische Abgleich ist jedoch eine notwendige Voraussetzung zur gleichmäßigen und effizienten Beheizung des Gebäudes und wird deshalb an dieser Stelle empfohlen. Da die alten, ungenau regelnden Heizkörper-Thermostate (inkl. Ventile) im Zuge des hydraulischen Abgleichs erneuert werden müssen, wird empfohlen im gesamten Gebäude elektronisch gesteuerte Heizkörper-Thermostate einzubauen. Die alten Pumpen zur Verteilung der Wärme (Heizkreis und Trinkwarmwasser) werden durch hocheffiziente, druckgeregelte Pumpen ersetzt, die zudem auf die benötigte Leistung abgestimmt sind.

Die Kosten für die Anpassung des Heizungssystems werden auf 4.000 Euro geschätzt, wovon die Hälfte als energetisch bedingte Mehrkosten betrachtet wird. Die Anpassung des Heizungssystems ist im KfW-Programm 278 (Sanierung als Einzelmaßnahme) förderfähig, der Tilgungszuschuss beträgt 200 Euro.

4.1.4 Weitere Maßnahmen (M1.4)

Neben Veränderungen an der Gebäudehülle und der Anlagentechnik sind weitere Maßnahmen zu ergreifen, die dabei helfen können den Energieverbrauch im Gebäude zu reduzieren. Hierzu zählen:

- Nutzerschulung (u.a. korrekte Bedienung der Gebäudetechnik, Sensibilisierung der Nutzer bezüglich deren Einfluss auf den Energieverbrauch, Nachtlüftung zur Reduzierung des Kühlenergiebedarfs, etc.)
- Einführung Energie-Monitoring (Erfassung und Analyse des Energieverbrauchs)

- Visualisierung (Darstellung von Kennwerten zum aktuellen/vergangenen Energieverbrauch sowie Zielgrößen auf einem Bildschirm im Eingangsbereich des Gebäudes)
- Augenmerk auf energieeffiziente Informations- und Kommunikationstechnik bei der Neuanschaffung von Geräten

Eine finanzielle Bewertung ist hierbei kaum möglich, daher werden die beschriebenen Maßnahmen nicht in die Wirtschaftlichkeitsrechnung eingeschlossen.

4.2 Maßnahme M2: Photovoltaik-Anlage

Die Dachfläche des Gebäudes eignet sich für die Installation einer Photovoltaik-Anlage mit einer Kollektorfläche von 160 m². Dies entspricht einer Anlagenleistung von knapp 22 kW_P (Kilowatt_{Peak}). Die Module werden hierzu in einem Winkel von zehn Grad auf eine (in Sanierungsschritt M1 bereits teilweise vorbereitete) Unterkonstruktion aufgebracht.

Durch die Installation der Photovoltaik-Anlage wird Strom in Höhe von 17,6 MWh/a erzeugt. Jedoch kann der produzierte Strom nicht vollständig für den Betrieb der Anlagentechnik im Gebäude verwendet werden. Der überschüssige Strom wird entweder in das öffentliche Stromnetz eingespeist oder im Gebäude, beispielsweise für den Betrieb der PCs (diese gehören nicht zur Anlagentechnik im Sinne der DIN V 18599:2011-12), eingesetzt.

Es wird angenommen, dass der durch die Photovoltaik-Anlage erzeugte Strom zu einem Anteil von 30 Prozent im Gebäude verwendet werden kann (dieser Anteil wurde bei den Berechnungen direkt vom Endenergiebedarf abgezogen). Die verbleibenden 70 Prozent werden demnach in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Diese Annahme ist eher konservativ gewählt, gegebenenfalls ist auch ein höherer Anteil an Eigenstromversorgung möglich. Daher ist beim Erlös eine Spanne angegeben. Der minimale Erlös bezeichnet den Erlös, der entsteht, wenn der überschüssige Strom der Photovoltaik-Anlage über die Einspeisevergütung nach dem Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) vergütet wird. Der maximale Erlös bezeichnet eine vollständige Nutzung des insgesamt produzierten Stroms durch die Photovoltaik-Anlage. Der Einspeisevergütung nach dem EEG wurde ein Satz von 0,10 Euro pro Kilowattstunde zugrunde gelegt.

Die Vollkosten dieser Maßnahme werden auf 31.000 Euro geschätzt. Einen Überblick über die Sanierungsmaßnahme gibt Tabelle 18.

TABELLE 18: SANIERUNGSSCHRITT M2 IM ÜBERBLICK

<i>Sanierungsschritt M2</i>						
Maßnahme M2 bestehend aus						
- Installation einer Photovoltaik-Anlage						
<i>Energetisch bedingte Investitionskosten</i>	<i>Öffentliche Fördermittel</i>	<i>Prognostizierte Einsparungen</i>		<i>Nutzungsdauer</i>	<i>Kosten-Nutzen-Verhältnis</i>	
		<i>Endenergiebedarf</i>	<i>Energie- und Wartungskosten</i>			
[€]	[€]	[MWh/a]	[€/a]	[%]	[Jahre]	[-]
31.000	0	6	2.000	10	20	16:1

Alle Kosten verstehen sich netto.

Durch die Installation der Photovoltaik-Anlage reduziert sich der Endenergiebedarf im Gebäude um 6 MWh/a. Dies führt zu einer Einsparung bei den Energie- und Wartungskosten in Höhe von 2.000 Euro pro Jahr. Öffentliche Fördermittel in Form eines Tilgungszuschusses sind nicht vorhanden, der

eingespeiste Strom wird jedoch nach dem EEG vergütet. Die Vollkosten, die gleichzeitig den energetisch bedingten Mehrkosten entsprechen, betragen 31.000 Euro. Es ergibt sich ein günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme von 16:1.

Tabelle 19 zeigt den Nutz-, End-, und Primärenergiebedarf sowie die CO₂-Emissionen nach der Durchführung des Sanierungsschritts M2.

TABELLE 19: NUTZ-, END-, UND PRIMÄRENERGIEBEDARF SOWIE CO₂-EMISSIONEN NACH DURCHFÜHRUNG DES SANIERUNGSSCHRITTS M2

	<i>Nutzenergie- Bedarf (in MWh/a)</i>	<i>Endenergie¹- Bedarf (in MWh/a)</i>	<i>Primärenergie- Bedarf (in MWh/a)</i>	<i>CO₂-Emissionen (in t/a)</i>
Heizung	89,3	130,1	129,7	28,5
Trinkwarmwasser	4,2	6,3	6,4	1,4
Kühlung	12,9	1,2	2,1	0,7
Belüftung	0,0	4,9	8,8	2,8
Beleuchtung	43,2	43,2	77,7	24,5
Stromerzeugung	0	-5,3	-9,5	-3,0
Summe	149,6	180,3	215,2	54,8
Überschuss Stromerzeugung	0,0	-12,3	-34,6	-7,0
Summe Überschuss berücksichtigt	149,6	168,0	180,6	47,8

¹ Die Angabe der Endenergie erfolgt brennwertbezogen

4.3 Maßnahmenpaket M3

Die Fassade ist zum vorgeschlagenen Zeitpunkt der Sanierung bereits über 40 Jahre alt und damit am Ende der Lebensdauer angelangt. Die Beleuchtungsanlage wurde ebenfalls über diesen Zeitraum betrieben und wird durch eine effizientere Anlage ersetzt. Durch den reduzierten Energiebedarf werden abermals Anpassungen am Heizungssystem notwendig. Die Vollkosten für dieses Maßnahmenpaket werden auf 299.000 Euro geschätzt. Einen Überblick über die einzelnen Sanierungsmaßnahmen gibt Tabelle 20.

TABELLE 20: SANIERUNGSSCHRITT M3 IM ÜBERBLICK

<i>Sanierungsschritt M3</i>						
Maßnahmenpaket M3 bestehend aus						
<i>Energetisch bedingte Investitionskosten</i>	<i>Öffentliche Fördermittel</i>	<i>Prognostizierte Einsparungen</i>		<i>Nutzungsdauer</i>	<i>Kosten-Nutzen-Verhältnis</i>	
		<i>Endenergiebedarf</i>	<i>Energie- und Wartungskosten</i>			
[€]	[€]	[MWh/a]	[€/a]	[%]	[Jahre]	[-]
94.000	15.000	110	10.800	64	40/20	7:1

Alle Kosten verstehen sich netto.

Durch die Sanierung des Gebäudes nach den in den Kapiteln 4.3.1 bis 4.3.3 beschriebenen Maßnahmen ergibt sich eine Reduktion des Endenergiebedarfs in Höhe von 110 MWh/a und eine Einsparung der Energie- und Wartungskosten in Höhe von 10.800 Euro pro Jahr. Unter Berücksichtigung öffentlicher Fördermittel müssen hierfür 79.000 Euro aufgewendet werden. Hierbei ergibt sich ein günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis von 7:1. Tabelle 21 zeigt den Nutz-, End-, und Primärenergiebedarf sowie die CO₂-Emissionen nach der Durchführung des Sanierungsschritts M3.

TABELLE 21: NUTZ-, END-, UND PRIMÄRENERGIEBEDARF SOWIE CO₂-EMISSIONEN NACH DURCHFÜHRUNG DES SANIERUNGSSCHRITTS M3

	<i>Nutzenergie-Bedarf (in MWh/a)</i>	<i>Endenergie¹-Bedarf (in MWh/a)</i>	<i>Primärenergie-Bedarf (in MWh/a)</i>	<i>CO₂-Emissionen (in t/a)</i>
Heizung	34,3	54,1	54,2	11,9
Trinkwarmwasser	4,2	6,2	6,3	1,4
Kühlung	5,4	0,6	1,1	0,3
Belüftung	0,0	4,1	7,4	2,3
Beleuchtung	10,5	10,5	18,9	5,9
Stromerzeugung	0	-5,3	-9,5	-3,0
Summe	54,4	70,2	78,3	19,0
Überschuss Stromerzeugung	0,0	-12,3	-34,6	-7,0
Summe Überschuss berücksichtigt	54,4	57,9	43,7	12,0

¹ Die Angabe der Endenergie erfolgt brennwertbezogen

4.3.1 Sanierung Fassade und Nachweis der Luftdichtheit (M3.1)

Die Fenster und die Pfosten-Riegel-Fassade befinden sich in einem baulich schlechten Zustand, daher werden diese erneuert. Wichtige Spezifikationen der neuen Fenster/Pfosten-Riegel-Fassade sind der folgenden Aufzählung zu entnehmen:

- Dreifachverglasung
- Wärmedurchgangskoeffizient (U_w/U_{cw}): 0,85 W/(m²·K)
- Energiedurchlassgrad: 0,62
- Lichttransmissionsgrad: 0,69

Mit der Erneuerung der Fenster/Pfosten-Riegel-Fassade werden gleichzeitig Jalousien eingebaut, deren Betätigung himmelsrichtungsabhängig und sensorgesteuert (jedoch vom Nutzer übersteuerbar) erfolgt. Die Jalousien verhindern im Sommer einen übermäßigen Anstieg der Raumtemperatur. Um die Räume im geschlossenen Zustand dennoch mit Tageslicht zu versorgen, sind diese mit einem lichtlenkenden System versehen. Zusätzlich wird ein innenliegender Blendschutz installiert, um im Heizfall solare Gewinne (ohne Blendungserscheinungen) nutzen zu können.

Im Zuge der Sanierung der Fenster/Pfosten-Riegel-Fassade wird auf die Außenwand ein Wärmedämmverbundsystem (Mineralfaser) aufgebracht. Die Schichtdicke der Dämmung beträgt 14 cm, deren Wärmeleitfähigkeit einen Wert von 0,035 W/(m·K). Damit ergibt sich ein Wärmedurchgangskoeffizient von 0,19 W/(m²·K). Beim Einbau der Fenster/Pfosten-Riegel-Fassade und der Dämmung der Außenwand ist darauf zu achten, dass die Ausführung der Wärmebrücken gemäß Wärmebrückenplanung erfolgt (siehe Kapitel 4.1.1).

Durch die Sanierung der Fassade steigt die Luftdichtheit des Gebäudes. Zur Sicherstellung der Qualität erfolgt abermals der Nachweis der Luftdichtheit. Dabei ist ein Prüfwert für die Luftwechselrate anzustreben, der 0,6 h⁻¹ unterschreitet.

Die Vollkosten für den Austausch der Fenster/Pfosten-Riegel-Fassade (inkl. Jalousien und deren Steuerung) werden auf 176.000 Euro geschätzt. Da diese Bauteile ohnehin saniert werden müssen, werden hiervon 20 Prozent als energetisch bedingte Mehrkosten angesetzt (entspricht 35.000 Euro). Die empfohlene Ausführung erfüllt die Anforderungen an die Förderung von Einzelmaßnahmen im KfW Programm 278 (Sanierung mit Einzelmaßnahmen). Der Tilgungszuschuss beträgt 8.900 Euro.

Die Vollkosten für das Wärmedämmverbundsystem werden auf 62.000 Euro geschätzt, die energetisch bedingten Mehrkosten betragen 27.000 Euro. Die empfohlene Ausführung erfüllt die Anforderungen an die Förderung von Einzelmaßnahmen im KfW Programm 278 (Sanierung mit Einzelmaßnahmen). Der Tilgungszuschuss beträgt 3.100 Euro.

4.3.2 Ersatz Beleuchtungsanlage (M3.2)

Die Beleuchtungsanlage ist zum Zeitpunkt der empfohlenen Sanierung über 40 Jahre alt und hat somit das Ende ihrer Lebensdauer erreicht. Die neue Beleuchtungsanlage besteht aus Leuchten, die auf der LED-Technologie basieren. Die bereits sehr hohe Stromeinsparung, die allein durch diese Umstellung bewirkt wird, kann durch Maßnahmen zur besseren Regelung der Beleuchtung noch verstärkt werden.

Hierzu werden Sensoren, die die Anwesenheit von Menschen im Raum erfassen, installiert. Sind keine Personen zugegen, wird die Beleuchtung abgeschaltet. Gleichzeitig wird die Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit des aktuell verfügbaren Tageslichts von den Sensoren gesteuert. Bei der Planung der neuen Beleuchtungsanlage ist darauf zu achten, dass die notwendige Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit der Raumsituation berechnet wird, die Leuchten entsprechend ausgewählt werden und nach Installation eine Einmessung erfolgt.

Die Vollkosten für die Erneuerung der Beleuchtungsanlage (inkl. Steuerung) werden auf 59.000 Euro geschätzt, die energetisch bedingten Mehrkosten betragen 30.000 Euro. Die empfohlene Ausführung

erfüllt die Anforderungen an die Förderung von Einzelmaßnahmen im KfW-Programm 278 (Sanierung mit Einzelmaßnahmen). Der Tilgungszuschuss beträgt 3.000 Euro.

Alternativ zum Ersatz der Beleuchtungsanlage in Sanierungsschritt M3 kann diese Maßnahme auch in Sanierungsschritt M1 (im Zuge der Sanierung der Lüftungs- und Klimaanlage) vorgenommen werden.

4.3.3 Anpassung Heizungssystem (M3.3)

Durch die Sanierung der Fassade werden Maßnahmen zur Anpassung des Heizungssystems erforderlich, da hierdurch der Energiebedarf des Gebäudes sinkt. Das Temperaturniveau im Heizkreis kann weiter abgesenkt werden (Vorlauf: 55 °C, Rücklauf 45 °C), das Rohrleitungssystem ist erneuert hydraulisch abzugleichen.

Die Investitionskosten für die Anpassung des Heizungssystems werden auf 1.500 Euro geschätzt. Diese werden vollständig den energetisch bedingten Mehrkosten zugeschlagen. Die Anpassung des Heizungssystems ist im KfW-Programm 278 (Sanierung als Einzelmaßnahme) förderfähig, der Tilgungszuschuss beträgt 80 Euro.

4.4 Maßnahmenpaket M4

Der Niedertemperatur-Gaskessel hat zum Zeitpunkt der empfohlenen Sanierung das Ende seiner Lebensdauer erreicht, er wird durch einen Pelletkessel ersetzt. Mit der Dämmung der Bauteile im Keller ist die Sanierung abgeschlossen. Die Vollkosten dieses Maßnahmenpakets werden auf 71.000 Euro geschätzt. Einen Überblick über die einzelnen Sanierungsmaßnahmen gibt Tabelle 22. In diesem Sanierungsschritt wird ein KfW-Effizienzgebäude 55 erreicht. Damit wird der energetische Standard für das derzeit höchstmögliche Förderniveau (KfW-Effizienzgebäude 70) sogar wesentlich überschritten. Eine Förderung nach dem KfW-Förderprogramm 277 (Sanierung zum Effizienzgebäude) kann hiermit in Anspruch genommen werden. Der Tilgungszuschuss beträgt 17,5 Prozent der förderfähigen Kosten.

TABELLE 22: SANIERUNGSSCHRITT M4 IM ÜBERBLICK

<i>Sanierungsschritt M4</i>						
Maßnahmenpaket M3 bestehend aus						
<i>Energetisch bedingte Investitionskosten</i>	<i>Öffentliche Fördermittel</i>	<i>Prognostizierte Einsparungen</i>		<i>Nutzungsdauer</i>	<i>Kosten-Nutzen-Verhältnis</i>	
[€]	[€]	<i>Endenergiebedarf</i>	<i>Energie- und Wartungskosten</i>		[Jahre]	[-]
		[MWh/a]	[€/a]	[%]		
46.000	12.000	12	1000	16	40/20	34:1

Alle Kosten verstehen sich netto.

Durch die Sanierung des Gebäudes nach den in den Kapiteln 4.1.1 und 4.4.2 beschriebenen Maßnahmen ergibt sich eine Reduktion des Endenergiebedarfs in Höhe von 12 MWh/a und eine Einsparung der Energie- und Wartungskosten in Höhe von 1000 Euro pro Jahr. Unter Berücksichtigung öffentlicher Fördermittel müssen hierfür 34.000 Euro aufgewendet werden. Hierbei ergibt sich ein Kosten-Nutzen-Verhältnis von 34:1.

Tabelle 23 zeigt den Nutz-, End-, und Primärenergiebedarf sowie die CO₂-Emissionen nach der Durchführung des Sanierungsschritts M4.

TABELLE 23: NUTZ-, END-, UND PRIMÄRENERGIEBEDARF SOWIE CO₂-EMISSIONEN NACH DURCHFÜHRUNG DES SANIERUNGSSCHRITTS M4 (ENTSPRICHT ZIEL-ZUSTAND)

	<i>Nutzenergie- Bedarf (in MWh/a)</i>	<i>Endenergie¹- Bedarf (in MWh/a)</i>	<i>Primärenergie- Bedarf (in MWh/a)</i>	<i>CO₂-Emissionen (in t/a)</i>
Heizung	25,3	42,0	8,4	1,2
Trinkwarmwasser	4,2	6,1	1,2	0,2
Kühlung	6,0	0,6	1,1	0,4
Belüftung	0,0	4,2	7,6	2,4
Beleuchtung	10,5	10,5	18,9	5,9
Stromerzeugung	0	-5,3	-9,5	-3,0
Summe	45,9	58,1	27,7	7,0
Überschuss Stromerzeugung	0,0	-12,3	-34,6	-7,0
Summe Überschuss berücksichtigt	45,9	45,8	-6,9	0,0

¹ Die Angabe der Endenergie erfolgt brennwertbezogen

4.4.1 Ersatz Wärmeerzeuger (M4.1)

Ein Pelletkessel sorgt künftig für die Beheizung und die Trinkwarmwasserbereitung im Gebäude. Um die Laufzeiten des Kessels zu optimieren, wird zusätzlich ein Pufferspeicher installiert. Der alte Trinkwarmwasserspeicher wird zusammen mit dem Niedertemperatur-Gaskessel entsorgt. Da durch die Dämmung der Bauteile im Keller (siehe Kapitel 4.4.2) der Energiebedarf abermals sinkt, wird der hydraulische Abgleich durchgeführt. Gleichzeitig wird das Temperaturniveau im Heizkreis auf 50 °C im Vorlauf und 40 °C im Rücklauf abgesenkt.

Die Vollkosten für die Erneuerung der Heizungsanlage (inkl. Speicher, hydraulischer Abgleich und Anpassung der Heizkreistemperatur) werden auf 44.000 Euro geschätzt. Hiervon sind 19.000 Euro energetisch bedingte Mehrkosten. Der Austausch der Heizung ist im KfW-Programm 277 (Sanierung zum Effizienzgebäude) förderfähig, der Tilgungszuschuss beträgt 7.700 Euro.

4.4.2 Dämmung der Bauteile im Keller (M4.2)

Im Keller werden folgende Bauteile gedämmt:

- Kellerwand (gegen Erdreich) im Bereich des Treppenhauses
- Kellerdecke
- Innenwand Keller im Bereich des Treppenhauses

Bei allen Bauteilen ist darauf zu achten, dass die Wärmebrücken gemäß Wärmebrückenplanung ausgeführt werden.

Auf die Kellerwand im Bereich des Treppenhauses wird auf der warmen Seite eine 12 cm dicke Dämmschicht aus Mineralfaser aufgebracht. Die Wärmeleitfähigkeit der Dämmschicht beträgt 0,035 W/(m·K), der Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils nach der Sanierung 0,21 W/(m²·K). Die Kosten werden auf 700 Euro geschätzt und sind vollumfänglich den energetisch bedingten Mehrkosten zuzurechnen. Die Dämmung der Kellerwand ist im KfW-Programm 277 (Sanierung zum Effizienzgebäude) förderfähig, der Tilgungszuschuss beträgt 120 Euro.

Die Kellerdecke wird unterseitig mit einer 10 cm dicken Mineralfaser-Verbundplatten gedämmt. Deren Wärmeleitfähigkeit beträgt 0,035 W/(m·K), der Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils nach Durchführung der Sanierung 0,24 W/(m²·K). Die Kosten werden auf 24.000 Euro geschätzt und sind ebenfalls vollständig den energetisch bedingten Mehrkosten zuzurechnen. Die Dämmung der Kellerdecke ist im KfW-Programm 277 (Sanierung zum Effizienzgebäude) förderfähig, der Tilgungszuschuss beträgt 4.200 Euro.

Auf die Innenwand im Bereich des Treppenhauses wird auf der kalten Seite eine 14 cm dicke Dämmschicht aus Mineralfaser aufgebracht. Die Wärmeleitfähigkeit der Dämmschicht beträgt 0,035 W/(m²·K), der Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils nach Durchführung der Sanierung 0,23 W/(m²·K). Die Kosten für die Dämmung der Innenwand werden auf 2.200 Euro geschätzt. Diese entfallen vollständig auf die energetisch bedingten Mehrkosten. Die Dämmung ist im KfW-Programm 277 (Sanierung zum Effizienzgebäude) förderfähig, der Tilgungszuschuss beträgt 390 Euro.

4.5 Sanierung in einem Zug

Mit der Durchführung des Sanierungsschritts M4 ist die Sanierung abgeschlossen. Das Gebäude weist nun in einen hohen energetischen Standard auf, der dem übergeordneten Ziel eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands entspricht. Alternativ kann die Sanierung auch in einem Zug durchgeführt werden. Der Ziel-Zustand bei der Sanierung in einem Zug entspricht dem Ziel-Zustand einer Sanierung in Schritten. Die Kosten verringern sich im Vergleich zu einer Sanierung in Schritten jedoch geringfügig, da eine Wiederholung in Bezug auf den hydraulischen Abgleich, die Anpassung der Heizkreistemperatur und den Nachweis der Luftdichtheit entfällt. Die Förderung erhöht sich hingegen signifikant (100.000 Euro statt 35.600 Euro), da für alle Sanierungsmaßnahmen ein Tilgungszuschuss in Höhe von 17,5 Prozent der förderfähigen Kosten in Anspruch genommen werden kann (KfW-Förderprogramm 277, Sanierung zum Effizienzgebäude).

Dem unsanierten Gebäude wird das Gebäude im fertig sanierten Zustand gegenübergestellt (siehe Tabelle 24). Hierbei wird ersichtlich, dass sowohl beim End- und Primärenergiebedarf als auch bei den CO₂-Emissionen und Energiekosten sehr große Einsparungen erreicht werden.

TABELLE 24: EINSPARUNGEN DURCH DIE SANIERUNG DES GEBÄUDES

	<i>Ist-Zustand</i>	<i>Ziel-Zustand</i>	<i>Einsparung Absolutwert</i>	<i>Einsparung Prozentwert</i>
Endenergiebedarf	275,0 MWh/a	58,1 MWh/a	216,9 MWh/a	78,9 %
Primärenergiebedarf	320,3 MWh/a	27,7 MWh/a	292,6 MWh/a	91,4 %
CO ₂ -Emissionen	80,2 t/a	7,0 t/a	73,1 t/a	91,2 %
Energiekosten	23.000 €/a	4.000 €/a	19.000 €/a	82,6 %

5. Erläuterungen zur Wirtschaftlichkeit

Die im Sanierungsfahrplan vorkommenden Abbildungen und Tabellen, die Aussagen über die Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen treffen, unterliegen Annahmen, die im Folgenden erläutert werden.

WARTUNGSKOSTEN

Neben den Energiekosten beeinflussen die Wartungskosten die laufenden Kosten im Betrieb des Gebäudes. Für den Ist-Zustand werden folgende Wartungskosten angenommen:

- Gaskessel: 400 Euro pro Jahr (Investitionskosten 24.000 Euro, hiervon Wartungskosten in Höhe von 1,5 Prozent pro Jahr)
- Lüftungs- und Klimaanlage: 1.400 Euro pro Jahr (Wartungskosten entsprechen den Wartungskosten der neuen Anlage)

Für das sanierte Gebäude werden folgende Wartungskosten angenommen:

- Pelletkessel: 600 Euro pro Jahr (Investitionskosten inkl. Pelletlager und Pufferspeicher in Höhe von 44.000 Euro, hiervon zwei Drittel für den Kessel. Wartungskosten in Höhe von 2,0 Prozent pro Jahr der Investitionskosten des Kessels)
- Lüftungs- und Klimaanlage: 1.400 Euro pro Jahr (Investitionskosten 91.000 Euro, hiervon Wartungskosten in Höhe von 1,5 Prozent pro Jahr)
- Photovoltaik-Anlage: 300 Euro pro Jahr (Investitionskosten 31.000 Euro, hiervon Wartungskosten in Höhe von 1,0 Prozent pro Jahr)

Die Wartungskosten der Beleuchtungsanlage wurden nicht berücksichtigt, da angenommen wird, dass diese sehr gering ausfallen. Die Wartungskosten in den einzelnen Sanierungsschritten bestimmen sich nach der dort vorhandenen Anlagentechnik, d.h. bis zum Austausch einer technischen Anlage werden die Kosten des Ist-Zustands angenommen, ab dem Austausch die neuen Wartungskosten. Kommt eine technische Anlage hinzu, werden die Kosten ab dem entsprechenden Sanierungsschritt berücksichtigt.

INVESTITIONSKOSTEN

Als Grundlage für den Wirtschaftlichkeitsvergleich werden bei der Berechnung der Gesamtkosten jeweils ausschließlich die energetisch bedingten Mehrkosten zugrunde gelegt. Die Sowieso-Kosten werden demnach nicht berücksichtigt. Die Investitionskosten wurden einschließlich eines Aufschlags für die Baunebenkosten in Höhe von 15 Prozent der Netto-Investitionskosten ermittelt und dargestellt.

ZINSEN

Für die Betrachtung der Gesamtkosten über einen Zeitraum (siehe Kapitel 1.4.2) wurde angenommen, dass die Investitionskosten vollständig fremdfinanziert werden. Für den Anteil der energetisch bedingten Mehrkosten werden die hierfür fälligen Zinsen unter Berücksichtigung der Preissteigerung auf die Gesamtkosten aufgeschlagen. Für die Ermittlung der Höhe der Zinsen wird angenommen, dass die Laufzeit des Darlehens zehn Jahre und dessen Zinssatz zwei Prozent pro Jahr beträgt. Das erste Jahr bleibt tilgungsfrei.

ÖFFENTLICHE FÖRDERMITTEL

Berücksichtigt wurden hierbei nur direkte Zuschüsse. Der Vorteil, der durch die Inanspruchnahme eines gegebenenfalls zinsgünstigeren Kredits (im Vergleich zu einem marktüblichen Zinssatz) entsteht, wurde nicht berücksichtigt. Um eine Förderung von Sanierungsmaßnahmen in den KfW-Förderprogrammen 278 (Sanierung mit Einzelmaßnahmen) und 277 (Sanierung zum Effizienzgebäude) in

Anspruch zu nehmen, ist die Einbindung eines für die Bundes-Förderprogramme zugelassenen Sachverständigen eine notwendige Voraussetzung.

KOSTENSTEIGERUNGEN

Die Angabe der Gesamtkosten in den einzelnen Sanierungsschritten erfolgt unter Berücksichtigung der heute gültigen Kosten. Die in Kapitel 1.4.2 dargestellte Entwicklung der Kosten berücksichtigt zusätzlich eine Steigerung der Kosten. Diese wurden mit einer Höhe von zwei Prozent pro Jahr angesetzt (Energie-, Wartungs- und Investitionskosten).

EINSPEISUNG ÜBERSCHUSS-STROM AUS PHOTOVOLTAIK-ANLAGE

Es wird angenommen, dass eine Kilowattstunde Strom, die in das öffentliche Stromnetz eingespeist wird, mit 0,10 Euro vergütet wird.

6. Anhang

Der Anhang enthält sowohl die Energieverbrauchsabrechnungen als auch das Berechnungsprotokoll aus der Energiebilanzierung.

6.1 Energieverbrauchsabrechnungen

Abbildung 23 zeigt eine Übersicht über die Energieverbrauchsabrechnungen der Jahre 2015 bis 2017.

Energieunternehmen XY Energistraße 123 12345 Energiestadt		
Mitteilung über Energiemenge und -kosten der Jahre 2015-2017		
Energieverbrauchsabrechnung 2015		
	Menge	Kosten
Erdgas	198,3 MWh	10.510 €
Strom	65,6 MWh	12.989 €
Energieverbrauchsabrechnung 2016		
	Menge	Kosten
Erdgas	193,9 MWh	10.277 €
Strom	59,7 MWh	11.821 €
Energieverbrauchsabrechnung 2017		
	Menge	Kosten
Erdgas	207,1 MWh	10.976 €
Strom	67,1 MWh	13.286 €
Mit freundlichen Grüßen Ihr Energieunternehmen XY		

Abbildung 23: Übersicht über die Energieverbrauchsabrechnungen der Jahre 2015 bis 2017.
Quelle: Energieunternehmen XY

6.2 Berechnungsprotokoll Energiebilanzierung

Zur Dokumentation der Berechnungsergebnisse wird im Folgenden das Berechnungsprotokoll der Energiebilanzierung dargestellt.

6.3 Prüftabelle

Die Paragraphen der SFP-VO werden den passenden Passagen im Muster SFP zugeordnet.