



KÜNSTLERHAUS MOUSONTURM

Beratungsbericht zur energetischen Sanierung

Für die Inhalte der Beratungsberichte sind ausschließlich die Studierenden und nicht die Abteilung Energiemanagement verantwortlich.

Anmerkungen EM nach eigenen Technikerhebungen; Baukennwerte sind nicht bekannt
27.08.2014 65.25.20 Ni

Der Bericht enthält dennoch zahlreiche nützliche Informationen und Anregungen erstellt auf Basis DIN 16599, die die Verbrauchszahlen zu hoch berechnet.

Oliver Lange	905901
Dennis Leuze	897925
Marina Nagel	1041288
Laszlo Pobloth	905875

Inhaltsverzeichnis

1. Vorbemerkungen	3
2. Zusammenfassung	4
2.1 Gesamtsanierung in einem Zug	4
2.2 Übersicht der Maßnahmen	5
2.3 Berechnungsgrundlagen	5
2.4 Vorteile der energetischen Sanierung	5
2.5 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	6
2.5.1 Kosten/Nutzen-Verhältnis der Maßnahmen	6
2.5.2 Vergleich der jährlichen energetisch bedingten Gesamtkosten	7
2.6 Energie- und Schadstoffeinsparungen	7
2.6.1 Transmissionswärmeverluste in kWh/a	7
2.6.2 Reduktion der Endenergiebedarf in kWh/a	8
2.6.3 Reduktion des Primärenergiebedarfs in kWh/a	8
2.6.4 Reduktion der Schadstoffemissionen	9
2.7 Monatsbilanzierung des Gebäudes nach Sanierung	10
2.7.1 Monatlicher Primärenergiebedarf	10
2.7.2 Monatlicher Endenergiebedarf	11
2.8 Gesetze und Normen	11
2.8.1 Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz – EEWärmeG (Hessen)	11
2.8.2 DIN V 18599	12
3. Beschreibung des Gebäudes	13
3.1 Grunddaten	13
3.2 Ansichten	13
3.3 Gebäudezonen (Endzonierung)	14
3.3.1 Nutzungsparameter der Zonen	15
3.4 Baulicher Zustand der Gebäudehülle	16
3.5 U-Werte der Gebäudehülle	17
3.6 Wärmeversorgung	18
3.7 Trinkwasserversorgung	19
3.7.1 Versorgungsbereiche	19
3.7.2 Warmwasserbereiter	19
3.8 Beleuchtung	20
3.8.1 Tageslichtversorgung der Beleuchtungsbereiche	20
3.8.2 Kunstlichtversorgung der Beleuchtungsbereiche	20

4. Gebäudeanalyse	21
4.1 Energiebilanz des Gebäudes	21
4.2 Gemessener Energieverbrauch	22
4.3 Energetische Einstufung des Gebäudes	24
5. Energetisches Sanierungskonzept	25
5.1 Maßnahmen	27
5.1.1 Innendämmung der Fassade im denkmalgeschützten Gebäudebereich	27
5.1.2 Außendämmung der Fassade im Bereich des Anbaus	28
5.1.3 Dämmung der Kellerdecke	29
5.1.4 Dämmung des Flachdachs	30
5.1.5 Austausch der Fenster und Türen gegen Sonnenschutzverglasung	31
5.1.6 Austausch Brennwertkessel gegen BHKW mit Pufferspeicher	33
5.1.7 Installation einer Photovoltaik-Anlage	34
6. Förderung	35
7. Anhang	38

1. Vorbemerkungen

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, sollten eine sorgfältige fachliche Planung vor Durchführung sowie Überwachung während der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen erfolgen.

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 energetischen 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.

2. Zusammenfassung

2.1 Gesamtsanierung in einem Zug

Um die verschiedenen Maßnahmen optimal auf einander abstimmen zu können, empfehlen wir die Sanierung in einem Zug.

Für die Zeit der Sanierung ist der Betrieb zwar weitestgehend einzustellen, was einen Mietausfall zur Folge hätte. Jedoch sehen wir einen Vorteil in der Koordination der einzelnen Gewerke und der zeitlichen Begrenzung. Ein weiterer Vorteil der Sanierung in einem Schritt liegt in der optimalen Nutzung der Fördergelder.

Bei einer Sanierung in Schritten, wäre der Betrieb über einen längeren Zeitraum immer wieder eingeschränkt.

Folgende Maßnahmen sollen entsprechend „KfW 85“ (s. Abschnitt 00, Seite 27) durchgeführt werden:

- Innendämmung der Fassade im denkmalgeschützten Gebäudebereich
- Außendämmung der Fassade im Bereich des Anbaus
- Dämmung der Kellerdecke
- Dämmung des Flachdachs
- Austausch der Fenster und Türen gegen Sonnenschutzverglasung
- Austausch Brennwertkessel gegen BHKW mit Pufferspeicher
- Installation einer Photovoltaik-Anlage

Der wirtschaftliche Vorteil der Sanierung in einem Schritt zeichnet sich schon nach kurzer Zeit ab, da direkt nach der Sanierung Energiekosten eingespart werden können. Bei einer schrittweisen Sanierung wäre diese Einsparung erst mit Beendigung aller Maßnahmen möglich.

Zur optimalen Umsetzung der Maßnahmen empfehlen wir Ihnen eine unabhängige Planung und Bauleitung durch einen in der energetischen Sanierung erfahrenen Architekten oder Ingenieur.

2.2 Übersicht der Maßnahmen

Maßnahme	Ausführungsempfehlung
Innendämmung der Fassade	8cm PS/PUR-Hartschaumplatten WLG 025 oder gleichwertig von innen, verspachtelt und gestrichen, entsprechend Kap. 5.1.1
Außendämmung der Fassade (Anbau)	12cm Wärmedämmverbundsystem aus Mineralfaserwolle oder gleichwertig, WLG 040, entsprechend Kap. 5.1.2
Dämmung der Kellerdecke	10cm Polystyrol-Hartschaumplatten WLG 030, unterseitig, verspachtelt und gestrichen (entsprechen Absatz 0, Seite 27)
Dämmung des Flachdachs	15cm Wärmedämmverbundsystem aus Mineralfaserwolle oder gleichwertig, WLG 030, entsprechend Kap. 5.1.4
Austausch der Fenster u. Türen	2-fach Sonnenschutzverglasung, U-Wert=1,0, entsprechend Kap. 5.1.5
Austausch der Heizungsanlage	Einbau eines Blockheizkraftwerkes, 85kW elektrische Leistung, 110kW thermische Leistung, Leitungsdämmung, entsprechend Kap. 5.1.6
Installation PV-Anlage	Installation der PV-Anlage auf Flachdach des Anbaus, 15.000 kW Ertrag im Jahr, entsprechend Kap. 5.1.7

PV Anlage in kW
Ertrag in kWh/a

2.3 Berechnungsgrundlagen

Mit Hilfe der einheitlichen Vorgaben durch die EnEV werden bei dieser Energieberatung alle Rechnungen in Bezug auf Energiemenge und Wärmemenge ordnungsgemäß durchgeführt. Durch gleichmäßige Nutzerverhalten und Klima werden äußere Einflüsse ausgeblendet, womit die Vergleichbarkeit mit anderen Gebäuden gesichert wird. Da sich jedoch das Nutzerverhalten mit der Zeit etwas ändern kann, sollten Investitionsentscheidungen nicht auf Grundlage von derzeitigen Verbräuchen durchgeführt werden, sondern immer mit den Verbräuchen der letzten 3 Jahre erfolgen.

2.4 Vorteile der energetischen Sanierung

- Energiekosteneinsparungen um bis zu 83 %.
- Langfristige Absicherung Ihres Lebensstandards durch über
- Verbesserter Schallschutz durch neue Fenster und Wärmedämmung.
- Geringere Gefahr von Schimmelpilzbildung durch höhere Oberflächentemperaturen.
- Wertsicherung des Gebäudes durch Umwandlung von Energiekosten in Investitionen.
- Imageaufwertung und Beitrag zur Verbesserung des sozialen Umfeldes
- Gutes ökologisches Gewissen durch umweltfreundliches Gebäude

Für Hüllsanierung in dem Objekt unplausibel hoch, zudem sind Lüftungsanlagen im Bericht nicht betrachtet

2.5 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

2.5.1 Kosten/Nutzen-Verhältnis der Maßnahmen

In der folgenden Tabelle sind die Prognose der Energiekosten für Heizung, Sanierung und die prognostizierte Energiekosteneinsparung den energetisch bedingten Sanierungskosten und öffentlichen Fördermitteln wie Zuschüsse und Zinseinsparungen durch Förderkredite gegenübergestellt. Aus dem Verhältnis der energetisch bedingten Investitionskosten abzüglich öffentlicher Fördermittel zur Energiekosteneinsparung ergibt sich das Kosten/Nutzen-Verhältnis. Je kleiner das Kosten/Nutzen-Verhältnis ist, desto wirtschaftlicher ist die Maßnahme. Es entspricht einer statischen Amortisation ohne Berücksichtigung der marktüblichen Finanzierungskosten und Energiepreiserhöhungen und dient dem Vergleich der Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen.

Ist-Zustand vor der Sanierung		Energiekosten: 72.800 €/a Endenergiebedarf: 1.170.500 kWh/a					
Maßnahme	Energiekosten nach Sanierung [€/a]	Energetisch bedingte Investitionskosten [€]	Energiebedarf [kWh/a]	Öffentl. Fördermittel [€]	Prognostizierte Einsparung		Kosten / Nutzen
					Energiekosten [€/a]	[%]	
Fenster/Türen	63.150	207.100	169.300	-	9.650	13	21 / 1
Dämmung	54.480	209.400	321.300	-	18.320	25	11 / 1
Heizung + PV	12.860	54.500	1.022.700	18.000	59.940	82	1 / 1
KfW 85	12.070	478.156	1.033.000	-	60.730	83	8 / 1

Gas
ab 10.2014 ca. 25.000 €/a
bis 10.2014 ca. 36.000 €/a
ca. 565.000 kWh/a

alle prognostizierten Einsparungen liegen bei nur bei ca. 1/3

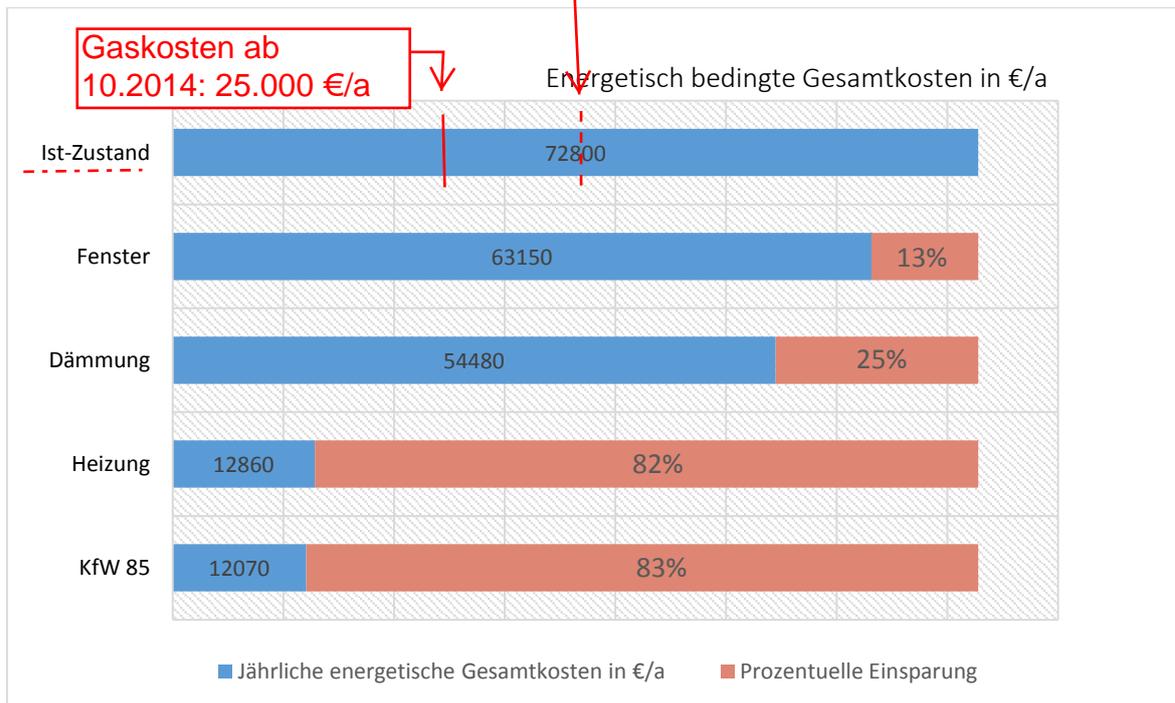
3.250 €/a

Neben der Nachhaltigkeit und der Nutzung erneuerbarer Energien steht die Wirtschaftlichkeit einer Sanierungsmaßnahme im Vordergrund. Hierbei sind vor allem die mittlere Einsparung der Energiekosten, sowie die damit verbundene Amortisationszeit entscheidend. In der von uns durchgeführten wirtschaftlichen Betrachtung sind weder übliche Bauunterhaltungskosten (z.B. Malerarbeiten), noch allgemeine Kosten (z.B. Gerüste, Baustelleneinrichtung, Planungshonorare etc.), noch Kosten ohnehin fälliger Sanierungsarbeiten enthalten.

Investition	
Gesamtinvestitionskosten	648.997 €
Ohnehin anfallende Erhaltungskosten	170.841 €
Energetisch bedingte Investitionskosten	478.156 €

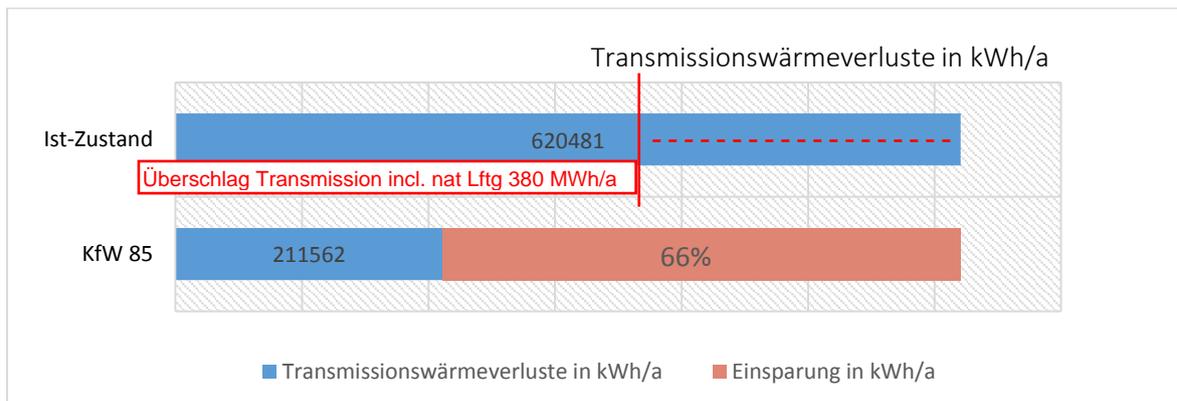
Gaskosten bis 09.2014:
ca. 36.000 €/a

2.5.2 Vergleich der jährlichen energetisch bedingten Gesamtkosten

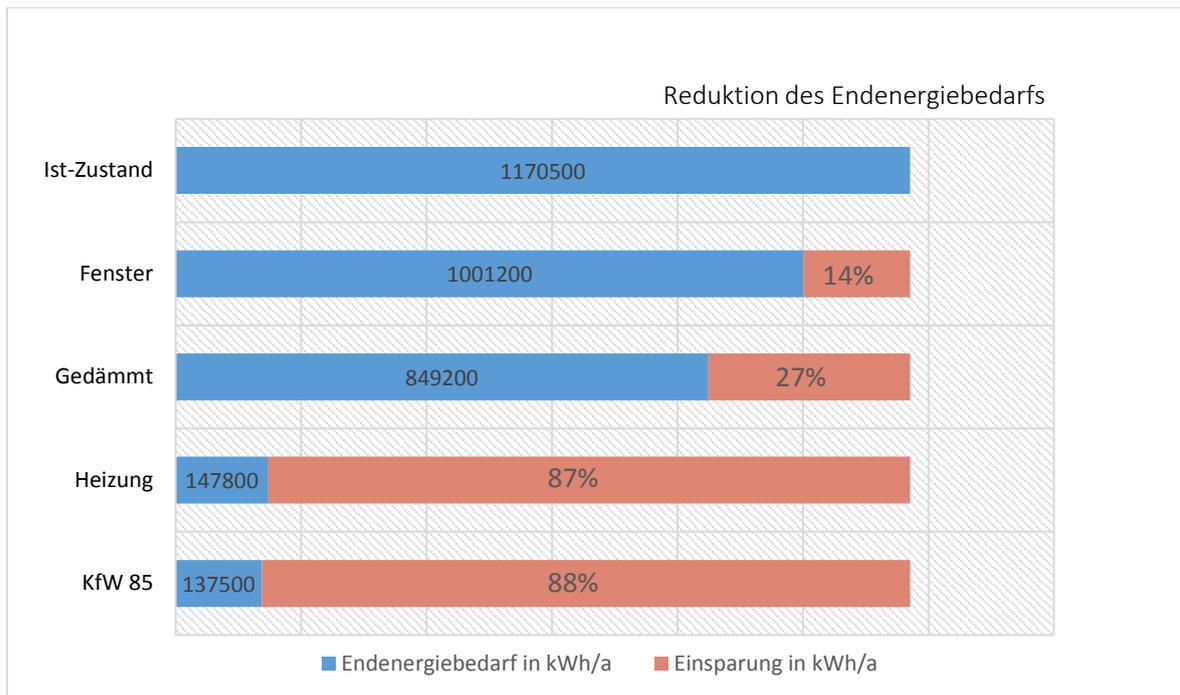


2.6 Energie- und Schadstoffeinsparungen

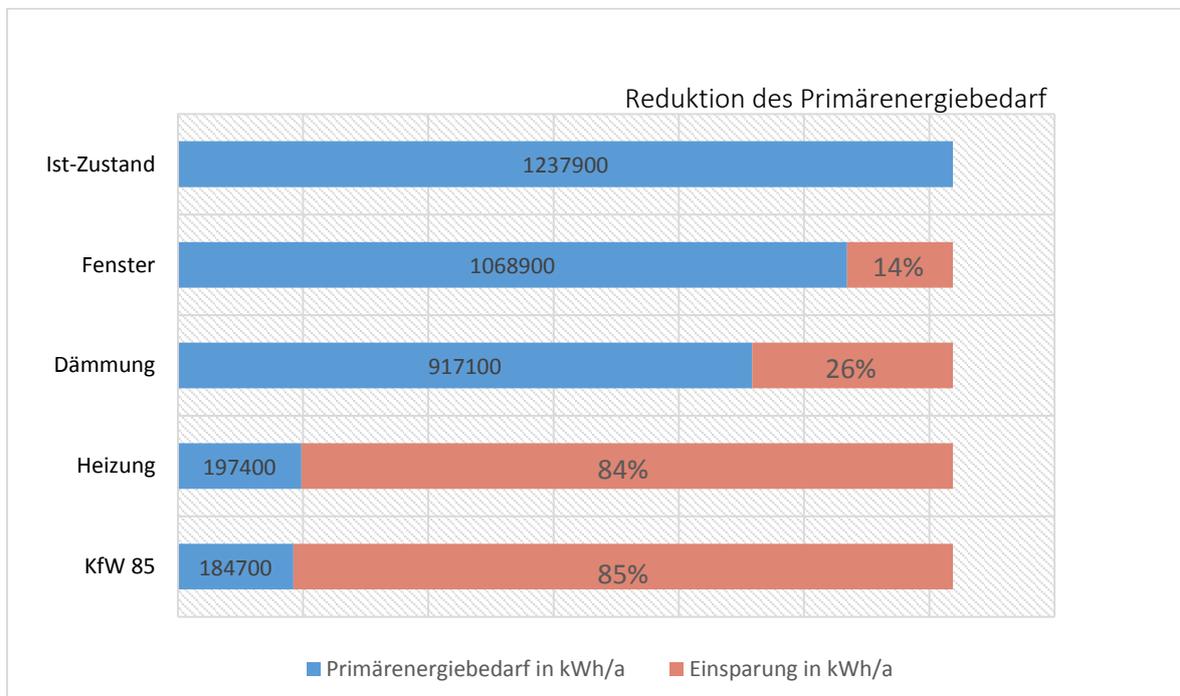
2.6.1 Transmissionswärmeverluste in kWh/a **Mechanische Lüftung fehlt**



2.6.2 Reduktion der Endenergiebedarf in kWh/a

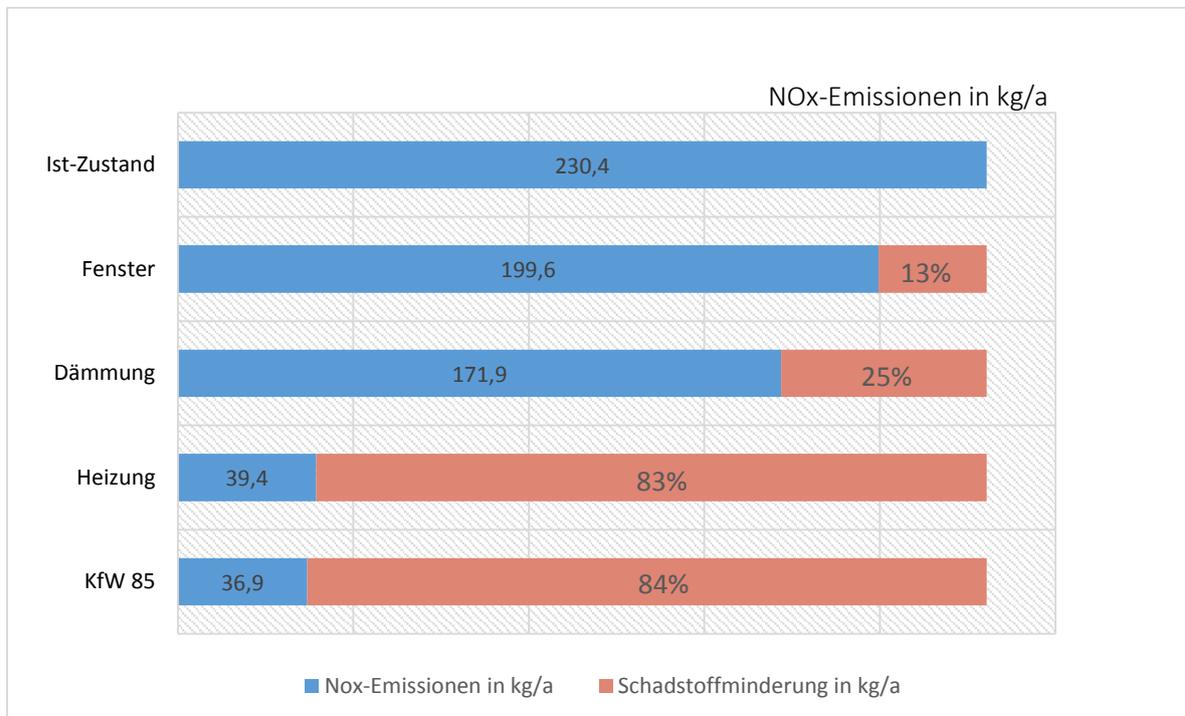


2.6.3 Reduktion des Primärenergiebedarfs in kWh/a

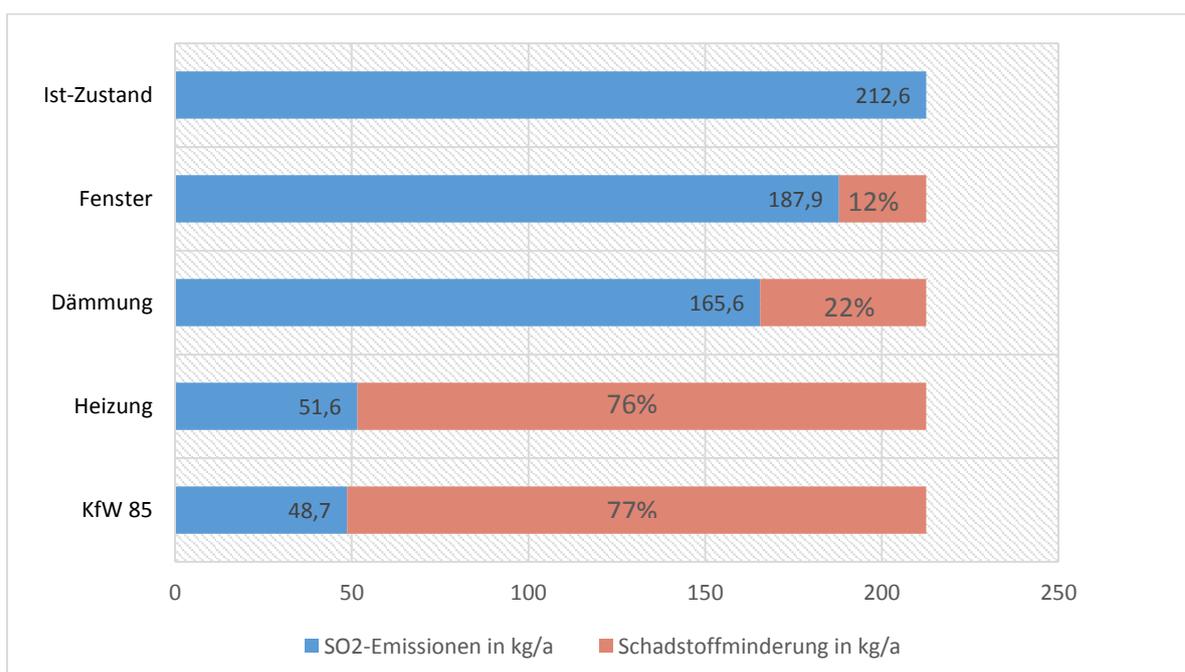


2.6.4 Reduktion der Schadstoffemissionen

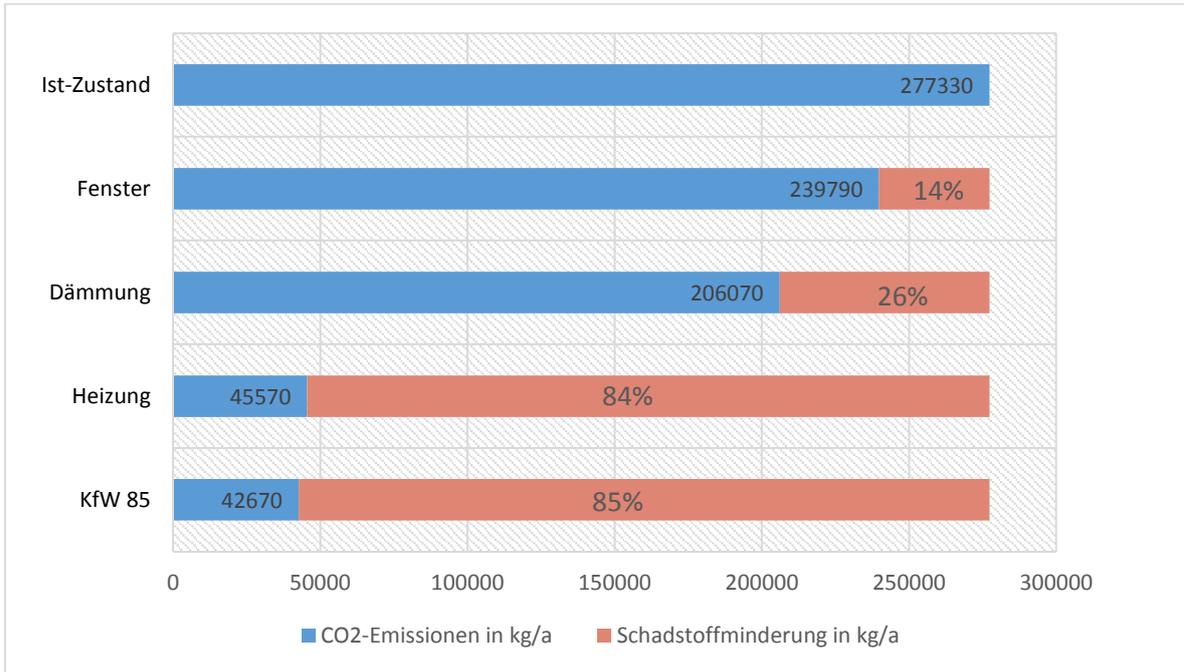
2.6.4.1 Nox-Emissionen in kg/a



2.6.4.2 SO2-Emissionen in kg/a

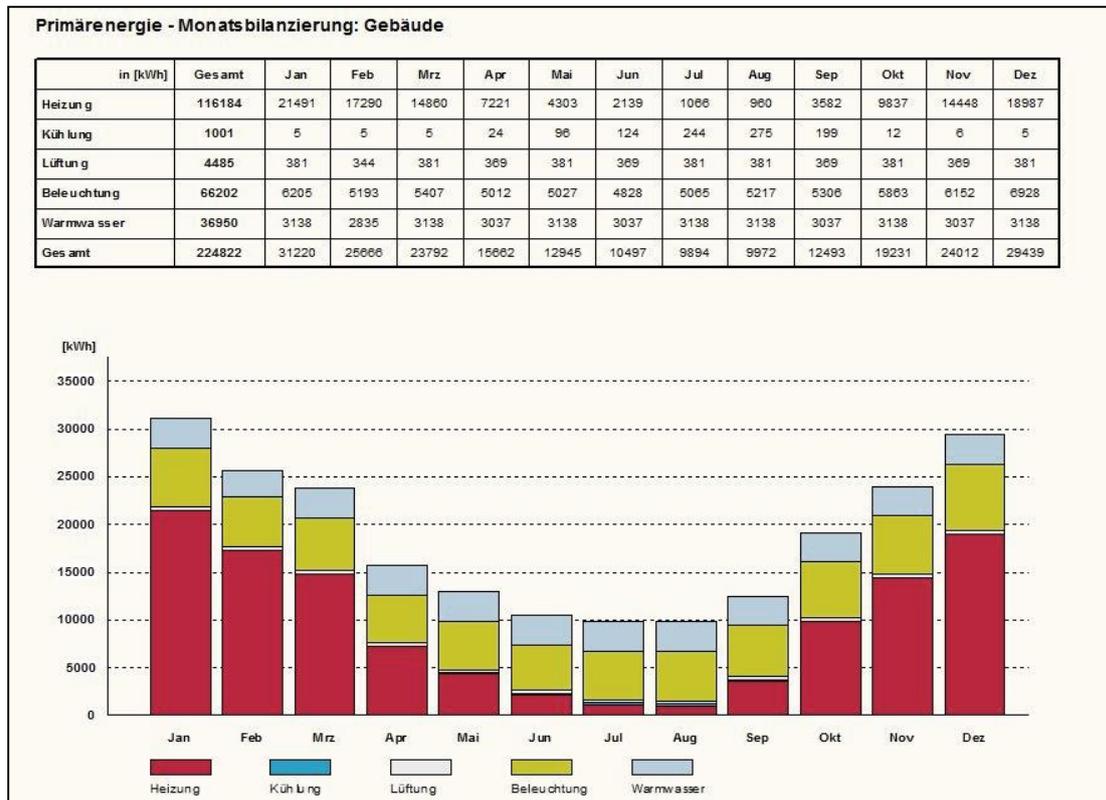


2.6.4.3 CO2-Emissionen in kg/a

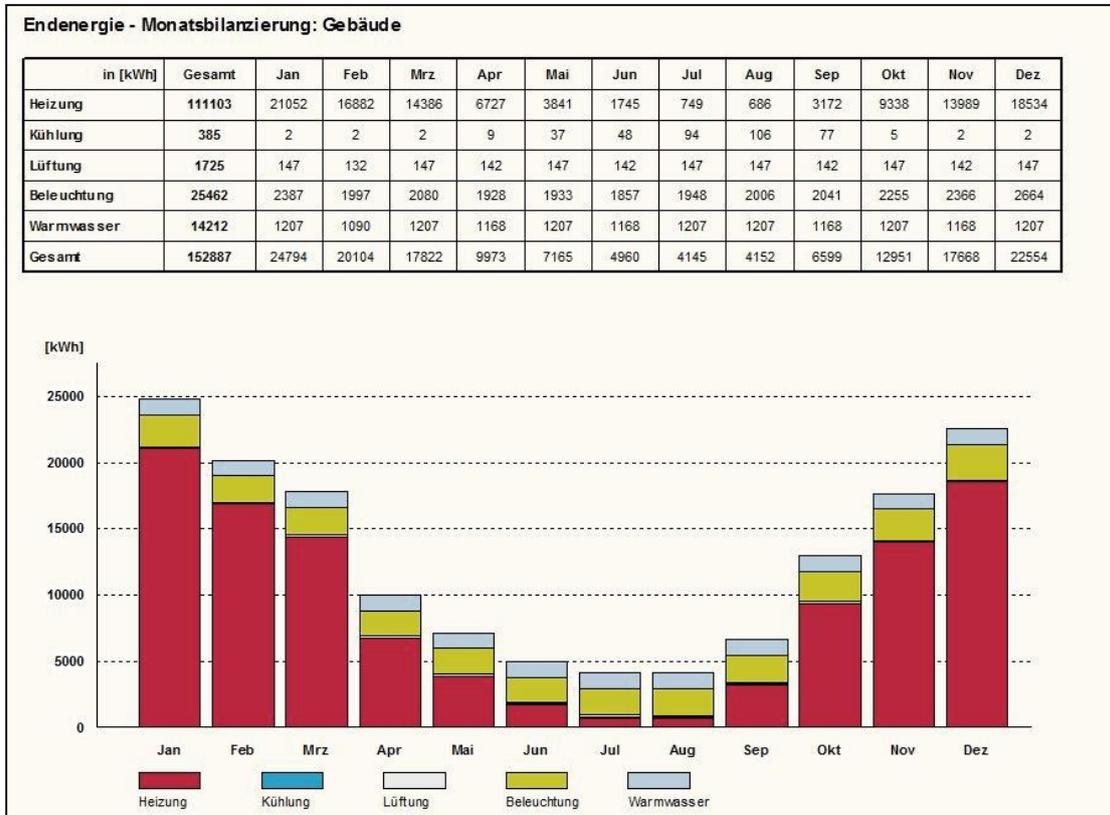


2.7 Monatsbilanzierung des Gebäudes nach Sanierung

2.7.1 Monatlicher Primärenergiebedarf



2.7.2 Monatlicher Endenergiebedarf



2.8 Gesetze und Normen

Für Ihr Gebäude sind die folgenden gesetzlichen Anforderungen und Normen zu beachten:

2.8.1 Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz – EEWärmeG (Hessen)

Wenn ein Austausch der Heizungsanlage erfolgt, müssen in Hessen mindestens 15 % des jährlichen Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Diese Pflicht gilt als erfüllt, wenn eine Solaranlage mit einer Größe von 0,04 m² Kollektorfläche pro m² Wohnfläche genutzt wird. Alternativ sind Ersatzmaßnahmen möglich. Holzpellets und Wärmepumpen müssen mindestens 50% des Wärmebedarfs decken. Die Anforderungen des EEWärmeG wurden bei den untersuchten Maßnahmen berücksichtigt.

2.8.2 DIN V 18599

Mit Hilfe der DIN V 18599 ist eine Bewertung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden möglich. Die darin aufgeführten Berechnungsmethoden ermöglichen eine ganzheitliche Betrachtung und Beurteilung der anfallenden Energiemengen in Gebäuden. Dabei werden die Energiemengen zur Beheizung, Warmwasserbereitung, raumluftechnischen Konditionierung und Beleuchtung berücksichtigt.

Das Verfahren eignet sich zur Gesamtenergiebilanz von Wohn-, Nichtwohngebäuden und für Neu- und Bestandsbauten. Entscheidende Parameter der Norm und die damit abhängige Einordnung nach EnEV für Nichtwohngebäude sind der Primärenergiebedarf und der mittlere U-Wert aller Bauteile. Um die verschiedenen Nutzungs- und Konditionierungsbereiche zu sortieren werden diese einzelnen Zonen zugeordnet. Diese Maßnahmen dienen zur vereinfachten Berechnung der gesamten Energiebilanz.

3. Beschreibung des Gebäudes

3.1 Grunddaten

Gebäudetyp	Sonderbau
Baujahr	1921 – 1926 (Sanierung 1987) ←
Netto-Grundfläche (NGF)	4.036 m ²
Gebäudevolumen	21.106 m ³ (Brutto)
Gebäudehülle	5.233 m ² (Brutto)
A/V – Verhältnis	0,25
Beheizte Vollgeschosse	7
Nutzung	Theater, Restaurant, Ausstellung

fehlt Sanierung Lüftung
Theatersaal 2012

3.2 Ansichten



Ansicht Südost



Ansicht Nordwest



Ansicht Ost



Ansicht West

3.3 Gebäudezonen (Endzonierung)

Gemäß DIN 18599 V Teil 1, 6.2 wurde das Gebäude in folgende Zonen gegliedert. Kriterien für die Unterteilung eines Gebäudes in einzelne Zonen sind unter anderem eine differenzierte Nutzung, eine abweichende Konditionierung einzelner Räume oder aber auch große Unterschiede bezüglich der jeweiligen Raumtiefe. Daher wurde im ersten Schritt folgende Zonierung, anhand der Zonennummerierung nach DIN 18599 V Teil1 festgelegt:

Zonennummerierung nach DIN 18599 V Teil 1	Zone
1	Einzelbüro
2	Gruppenbüro
13	Restaurant
14	Küche (Nichtwohngebäude)
16	WC, Sanitärraum
17	Sonstige Aufenthaltsräume
19	Verkehrsflächen
20	Lager, Technik, Archiv
23	Zuschauerbereich
24	Foyer
27	Ausstellungsflächen

Anschließend wurde die Zonierung auf die Konditionierung der einzelnen Zonen überprüft und vereinfacht. Die Zone „Gruppenbüro“ wurde der Zone „Einzelbüro“ hinzugefügt, da die Konditionierung der Räume und die geometrischen Bedingungen identisch sind. Des Weiteren wurde die Zone „Restaurant“ der Zone „Foyer“ hinzugerechnet, da es keine Abtrennung zwischen den 2 Zonen gibt und die Konditionierung identisch ist. Die Zone „Küche“ wurde ebenfalls dem Foyer zugeschlagen, da sie weniger als 3% der Grundfläche ausmacht und somit vernachlässigt werden kann. Die Ausstellungsflächen im 1.OG wurden den Lagerflächen zugeschlagen, da sie überwiegend auch als Lagerflächen genutzt werden und von der Konditionierung nicht zu unterscheiden sind. Außerdem wurde der Sanitärbereich im EG der Zone „Foyer“ zugeschlagen, da die Konditionierung identisch ist. (Die komplette Zonierung anhand der Grundrisse können Sie im Anhang 7, ab Seite 38 sehen.) Nachfolgend ist die Endzonierung, nach dem Zusammenfassen aufgeführt:

Küche:
Elektro- und Gas-Küche mit
mechanischen Lüftungsanlagen
sowie Kühlkammern im Keller sind
wesentlicher Verbraucher

Zonennummerierung nach DIN 18599 V Teil 1	Zone	Temp. [C°]	Fläche [m²]	Volumen [m³]	Mittlere lichte Raumhöhe [m]
1	Einzelbüro	20	357,26	1.692,5	3,79
16	WC, Sanitärraum	15	87,40	317,3	3,63
17	Sonstige Aufenthaltsräume	20	1.048,08	3.648,9	3,48
19	Verkehrsflächen	12	624,86	2,995	3,83
20	Lager, Technik, Archiv	18	1.172,91	5.584,8	3,81
23	Zuschauerbereich	20	362,46	3.801,3	8,39
24	Foyer	20	383,38	2.075	4,33

3.3.1 Nutzungsparameter der Zonen

Zone	Nutzung Beginn [Uhr]	Nutzung Ende [Uhr]	Tägl. Nutzungsstunden [h]	Jährl. Nutzungstage [d]	Tägl. Betriebsstunden RLT, Kühlung [h]	Tägl. Betriebsstunden Heizung [h]	Wartungswert Beleuchtungsstärke [lx]
Einzelbüro	7:00	18:00	11	250	13	13	500
WC, Sanitärraum	7:00	18:00	11	250	13	13	200
Sonstige Aufenthaltsräume	7:00	18:00	11	250	13	13	300
Verkehrsflächen	7:00	18:00	11	250	13	13	100
Lager, Technik, Archiv	7:00	18:00	11	250	13	13	100
Zuschauerbereich	19:00	23:00	4	250	6	6	200
Foyer	19:00	23:00	4	250	6	6	300

fehlen Theatersaal und Studios mit Proben
10:00 bis 18:00
zum Teil Vollastbetrieb

3.4 Baulicher Zustand der Gebäudehülle

Allgemein	Das Gebäude ist in gutem Zustand, von außen sind weder Feuchteschäden noch Risse zu erkennen
Außenwände	Altbau: Mauerwerk (Hochlochziegel), innen verputzt, ohne Wärmedämmung, unterschiedliche Wandbreiten Neubau: Stahlbeton, beidseitig verputzt, ohne Wärmedämmung Gebäude steht unter Denkmalschutz, Außenwände dürfen nicht gedämmt werden, es kommt nur eine Innendämmung in Frage.
Fenster	2-Scheiben Isolierverglasung, Kunststoffrahmen, 3 Kammern, mit Industriecharakter welcher unbedingt erhalten bleiben muss.
Türen	Haupteingangstür, Seiteneingangstür, Personal/Künstlereingangstür, Ausgang Treppenhaus: Leichtmetallrahmentür 3,5, Großflächige Verglasung mit Rahmen Notausgang, Hinterausgang Theater, Seitenausgang Theater: Stahl nach EN12524 mit Wärmedämmung
Untere Geschossdecke	Foyer, Verkehrsflächen: Boden gegen Keller, unbeheizt mit Korrekturwert fx 0,30 Theater: Boden gegen Erdreich mit Korrekturwert fx 0,30
Dach	Flachdach als Warmdach nach 2. Wärmeschutzverordnung, Umbau und Sanierung 1987, genauer Aufbau nicht bekannt

3.5 U-Werte der Gebäudehülle

Der U-Wert ist ein Maß für den Wärmeverlust eines Bauteils. Je größer der U-Wert, desto schlechter ist das Bauteil.

Die U-Werte der Bauteile Ihres Gebäudes wurden unter Annahme üblicher baujahrspezifischer Materialqualitäten und Schichtdicken ermittelt.

Bauteilname	U-Wert im Mittel [W/m ² K]	Fläche [m ²]	EnEV	KfW-Förderung
Zone Einzelbüro				
Außenwand	1,40	139,99	0,35	0,45
Fenster	2,90	75,55	1,90	1,4
Zone Foyer				
Außenwand	1,2	171,46	0,35	0,45
Fenster	2,90	83,79	1,90	1,4
Türen	3,50	55,64	1,90	1,3
Untere Geschossdecke	1,20	468,96	/	0,25
Zone Verkehrsflächen				
Außenwand	1,09	464,79	0,35	0,45
Fenster	2,90	100,24	1,90	1,4
Türen	3,50	28,17	1,90	1,3
Untere Geschossdecke	1,20	94,92	/	0,25
Decken	0,45	131,34	0,35	0,14
Zone Lager, Technik, Archiv				
Außenwand	1,20	679,18	0,35	0,45
Fenster	2,95	205,5	1,90	1,4
Decken	0,45	273,67	0,35	0,14
Zone Sonstige Aufenthaltsräume				
Außenwand	1,64	471,37	0,35	0,45
Fenster	3,01	222,66	1,90	1,4
Decken	0,48	513,46	0,35	0,14
Zone WC, Sanitärraum				
Außenwand	1,13	116,15	0,35	0,45
Fenster	2,99	14,54	1,90	1,4
Decken	0,40	19,26	0,35	0,14
Zone Zuschauerbereich				
Außenwand	0,79	440,01	0,35	0,45
Türen	0,77	12,5	1,3	1,3

3.6 Wärmeversorgung

Brennwert? unklar!

nur nominell 70/55°C (Werte unbekannt)
real ca.25 hydraulische Kurzschlüsse,
nur eine Behebung ermöglicht dann Brennwertnutzung oder BHKW

Baujahr 1987; nur 1 Kessel
in Betrieb, Regelung abgängig

Allgemein	Vor-/Rücklauf temperatur 70/55 C°, Baujahr 1990 voll funktionsfähig, keine Mängel erkennbar
Wärmeerzeuger	Zwei Brennwertkessel, zweiter Kessel springt erst an wenn der erste ausgelastet ist. Nennwärmeleistung pro Kessel 200 kW. Brennstoff Erdgas. Wirkungsgrad 93,30 %.
Speicher	Kein Heizkreis-Pufferspeicher
Verteilung	Zweirohrheizung, in beheizter Lage, Länge 559,2 m, gedämmte Leitungen mit $U=0,4 \text{ W/mK}$
Wärmeübergabe und Regelung	Heizkörper mit Thermostatventilen (1 K) Keine Nachtabsenkung

Brennerwirkungsgrad

270 kW Wärmeleistung
300 kW Wärmebelastung

ungedämmte Hauptverteilungen
im Flurbereich
mit Überhitzung Flur im Winter

3.7 Trinkwasserversorgung

3.7.1 Versorgungsbereiche

Lage	Dezentral	
Versorgte Zonen	Einzelbüro, WC/Sanitär, Foyer, Sonstige Aufenthaltsräume	
Baujahr	1988	
Pumpe		
Zirkulation	ja	
Warmwasserspeicher 1:		
Größe in l (Liter)	1.150	
Baujahr	1988	
Warmwasserspeicher 2:		
Größe in l (Liter)	2.900	
Baujahr	1988	
Warmwasserspeicher 3:		
Größe in l (Liter)	3.900	
Baujahr	1988	
Warmwasserspeicher 4:		
Größe in l (Liter)	4.200	
Baujahr	2012	
Warmwasserspeicher 5:		
Größe in l (Liter)	5.300	
Baujahr	1988	

Werte unplausibel, sicher
Faktor 10 zu hoch

3.7.2 Warmwasserbereiter

Technik	Elektro-Durchlauferhitzer
Baujahr	1988
Brennstoff	Strom-Mix

3.8 Beleuchtung

Die Beleuchtung wird zonenweise betrachtet. Dabei werden für die Tageslichtversorgung die Grundrissfläche einer Zone und die dazugehörige Fensterfläche angegeben. Bei der künstlichen Beleuchtung wird die entscheidende und überwiegende Leuchart angegeben und die dazugehörige Bewertungsleistung in W.

3.8.1 Tageslichtversorgung der Beleuchtungsbereiche

Beleuchtungsbereich	Fläche des Bereichs in m ²	Fensterfläche in m ²
Einzelbüro	357,26	94,09
WC, Sanitärräume	87,00	14,55
Sonstige Aufenthaltsräume	1048,08	216,89
Verkehrsflächen	624,86	100,23
Lager, Technik, Archiv	1172,91	205,47
Zuschauerbereich	362,46	0
Foyer	383,38	83,78

3.8.2 Kunstlichtversorgung der Beleuchtungsbereiche

Beleuchtungsbereich	Präsenzkontrolle	Tageslichtkontrolle	Bewertungsleistung in W	Leuchart	Vorschaltgerät	Regelung	Beleuchtungsart
Einzelbüros	Nein	Nein	6.408	Leuchtstofflampe – stabförmig T8	Konventionell	Manuell	Direkt
WC, Sanitärräume	Teilw.	Nein	807	Leuchtstofflampe – stabförmig T8	Konventionell	Manuell	Direkt
Sonstige Aufenthaltsräume	Nein	Nein	10.356	Leuchtstofflampe – stabförmig T8	Konventionell	Manuell	Direkt
Verkehrsflächen	Teilw.	Nein	2.896	Leuchtstofflampe – stabförmig T8	Konventionell	Manuell	Direkt
Lager, Technik, Archiv,	Nein	Nein	3.848	Leuchtstofflampe – stabförmig T8	Konventionell	Manuell	Direkt
Zuschauerbereich	Nein	Nein	1.868	Leuchtstofflampe – stabförmig T8	Konventionell	Manuell	Direkt
Foyer	Nein	Nein	3.055	Leuchtstofflampe – stabförmig T8	Konventionell	Manuell	Direkt

Summe 28,0 kW

IST 36,7 kW mit **Bühnenlicht**

4. Gebäudeanalyse

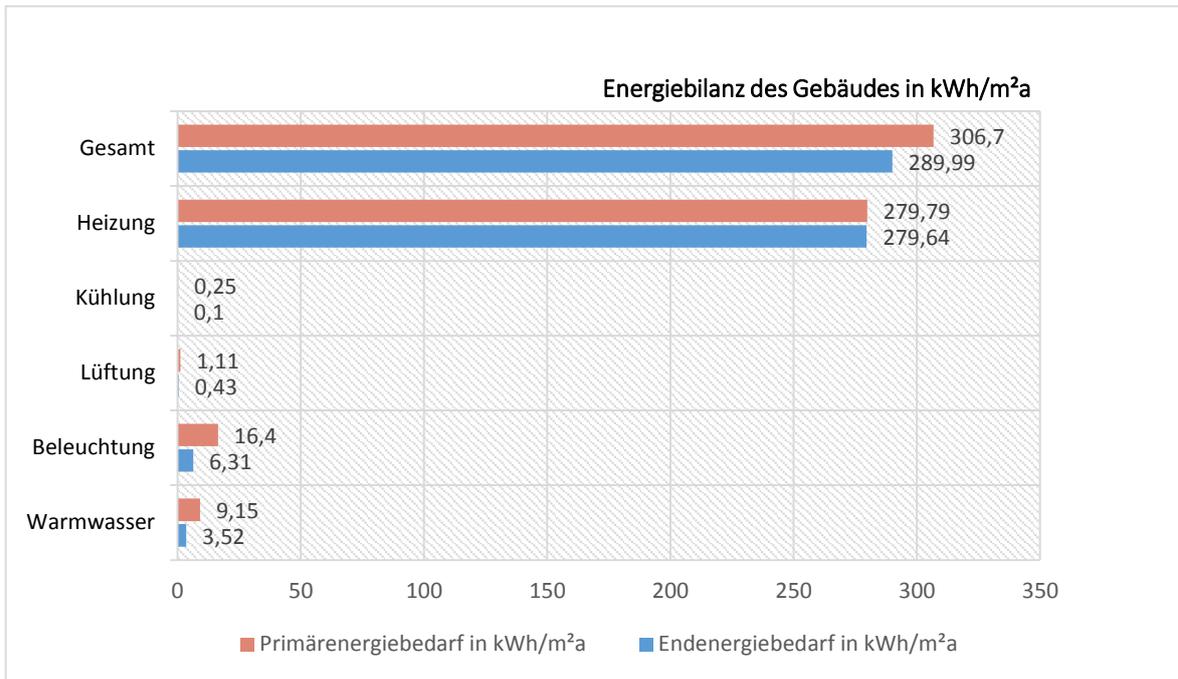
In der Gebäudeanalyse wird das Gebäude und seine Einzelteile in ihrem derzeitigen Zustand energetisch bewertet. Aus der Gebäudeanalyse ergeben sich Ansätze zu notwendigen und sinnvollen Sanierungsmaßnahmen.

4.1 Energiebilanz des Gebäudes

Energiebilanz des Gebäudes	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Verluste		
Transmissionsverluste	620.481	46
Lüftungsverluste	456.850	34
Anlagenverluste (Warmwasser, Heizung, Betriebsstrom)	252.677	20
gesamt	1.330.008	
Endenergiebedarf Q_e		
Endenergiebedarf Heizung	1.128.709	96,4
◇ Endenergiebedarf Kühlung	385	0,06
Endenergiebedarf Lüftung	1.725	0,14
Endenergiebedarf Beleuchtung	25.461	2,1
	14.212	1,2
gesamt	1.170.491	
Primärenergiebedarf Q_p		
Primärenergiebedarf Heizung	1.129.313	91,2
◇ Primärenergiebedarf Kühlung	1.001	0,1
Primärenergiebedarf Lüftung	4.485	0,4
Primärenergiebedarf Beleuchtung	66.198	5,3
Primärenergiebedarf Warmwasser	36.950	3,0
gesamt	1.237.947	

hier gerechnet: Faktor 2,6;
real Verbundsystem: Faktor unklar

In der Tabelle ist die Energiebilanz des Gebäudes in Kilowattstunden pro Jahr aufgeführt. Die Gesamtbewertung des Gebäudes nach EnEV erfolgt nach dem Primärenergiebedarf pro m^2 im Jahr und nach den Wärmedurchgangskoeffizienten (mittlerer U-Wert). Der zulässige Höchstwert des Primärenergiebedarfs bezogen auf die Nettogrundfläche, ergibt sich auf der Grundlage eines Referenzgebäudes, das die gleichen geometrischen Abmessungen, Ausrichtung und Nutzung aufweist. Dieses Referenzgebäude erfüllt bestimmte Anforderungen, gemäß EnEV 2009 (siehe Anlage 2 Tabelle 1). Daher sind nachfolgend der Primär- und der Endenergiebedarf in m^2 pro Jahr aufgeführt.



Die Höchstwerte für die mittleren U-Werte der wärmeübertragenden Hüllfläche sind in der EnEV 2009 Anlage 2 Tabelle 2 aufgelistet. Für den Mousonturm ergeben sich folgende Werte:

Mittlere U-Werte in W/m ² K	
Opake Außenbauteile	0,865
Transparente Bauteile	2,96

4.2 Gemessener Energieverbrauch

Der Energieverbrauch ist die Brennstoffmenge, die in den letzten Jahren tatsächlich verbraucht wurde. Diese wird auf Basis der von Ihnen gelieferten Verbrauchsmessungen ermittelt. Im Energieverbrauch schlagen sich damit das individuelle Nutzerverhalten und das tatsächliche Außenklima am Standort des Gebäudes nieder. Die gemessenen Verbrauchswerte weichen daher in der Regel – so auch bei Ihnen – von der Bedarfsrechnung nach EnEV ab.

Der Heizgasverbrauch betrug:

Heizperiode	2010/2011:	546.904 kWh
	2011/2012:	572.836 kWh
	2012 /2013:	594.848 kWh

Durchschnittlicher Heizgasverbrauch der letzten drei Heizperiode	571.529 kWh/a
Gaspreis des Anbieters Mainova im Paket „Fix Base Business Gas“	0.06763 €/kWh
entspricht Heizkosten von	38.652,50 €/a

ab 1.10.204 ca. 25.000 €/a

Dazu kommen noch die Kosten für den Betriebsstrom. Der Betriebsstromverbrauch wurde nicht separat gemessen. Der Stromverbrauch der Heizkreispumpe, Warmwasserzirkulation und Heizungsregelung wird daher mit 5.715 kWh pro Jahr abgeschätzt.

4 Umwälzpumpen 16.700 kWh/a (berechnet)
9 Lüftermotoren 67.700 kWh/a (berechnet)

84.400 kWh/a

Betriebsstromverbrauch	5.715 kWh/a
Strom des Anbieters Mainova im Paket „Fix Base“	0,2636 €/kWh
entspricht Stromkosten von ca. bei einem Strompreis von 23,2 ct/kWh (brutto)	1.506,47 €/a (brutto)

zuzügl

3 Lüftermotoren Küche 11.600 kWh/a (berechnet)

Ihr gemessener durchschnittlicher Energieverbrauch der letzten drei Heizperioden liegt damit bei 49 % des berechneten Energiebedarfs zur Wärmeerzeugung von 1.170.500 kWh/a.

Die Gründe der Abweichung liegen in dem nachfolgend beschriebenen Nutzerverhalten:

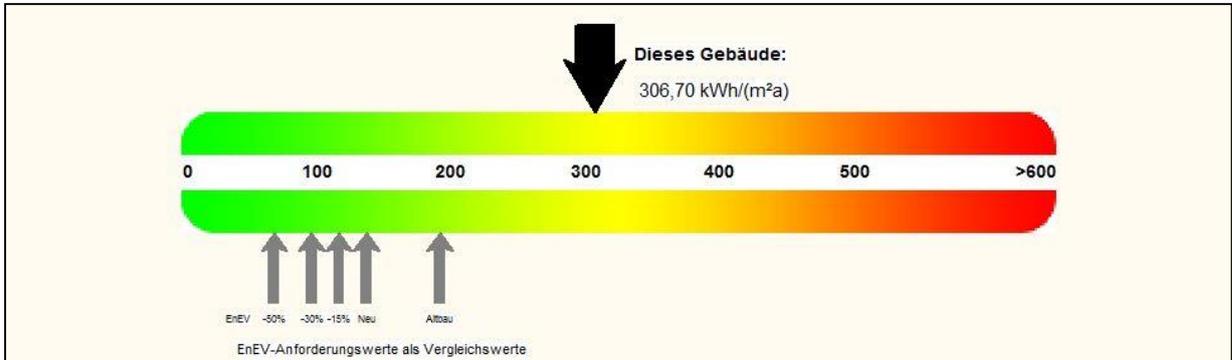
Diese großen Abweichungen sind damit zu erklären, dass die beschriebene Nutzung als Theater nicht dauerhaft ist. Dadurch wird das Gebäude in den einzelnen Bereichen auch nicht dauerhaft beheizt. Zwei der Wohnungen im 5. Obergeschoss sind als Künstlerbleiben gedacht, und sind daher genauso wie die Proberäume nicht dauerhaft genutzt und beheizt. Ebenso leerstehende Lagerflächen, welche nur an wenigen Tagen im Jahr

Das verwendet Energieberatungsprogramm „Hottg dauerhafte Nutzung. Außerdem war gerade die let daher war der Heizenergiebedarf deutlich geringer Sonneneinstrahlung die Räume extrem aufheizen werden viele Räume nur mit minimaler Heizleistung betrieben. Hauptsächlich und dauerhaft werden nur die Büroräume und die Wohneinheit des Hausmeisters im 6.OG beheizt.

- Theaterbetrieb (Auf-/Abbau, Probe, Aufführung)
Lüftungsbetrieb 15:00 bis 24:00 Uhr
- Verwaltungsbetrieb
stat. Heizung 8:00 bis 24:00 Uhr
motiviertes technisches Personal

4.3 Energetische Einstufung des Gebäudes

Einstufung gemäß Energieausweis nach EnEV: Bedarfsausweis



Einstufung gemäß Neubaustandard nach EnEV

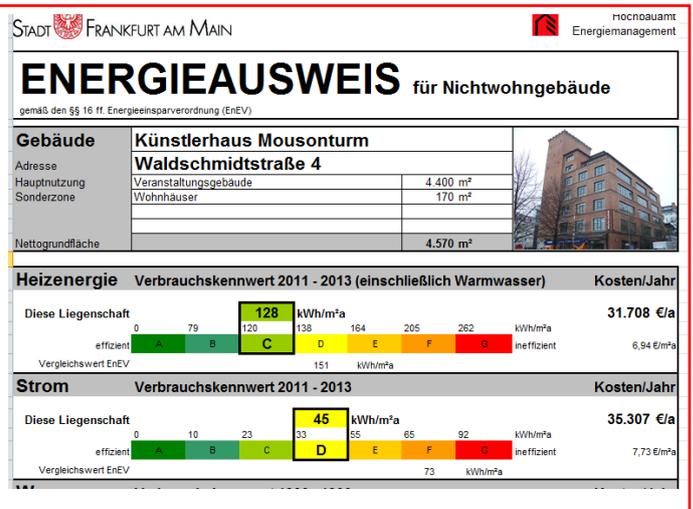
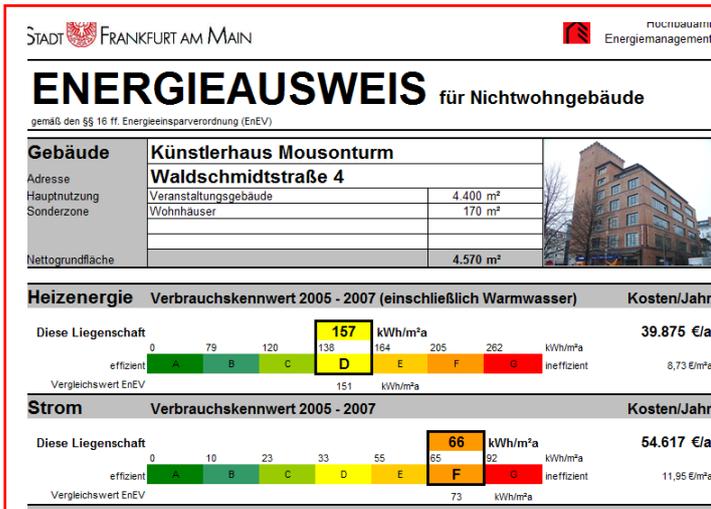
Ausgangswerte,
Rechenwerte, %-Angaben
nicht nachvollziehbar

	Referenzgebäude ¹	Ihr Gebäude vor Sanierung	Abweichung vom Referenzgebäude ¹
Primärenergiebedarf Q _p	191,75 kWh/(m²a)	306 kWh/(m²a)	124 % 159 %
Mittlere U-Werte opake Bauteile	0,49 W/(m²K)	0,865 W/(m²K)	147 % 176 %
Mittlere U-Werte transparente Bauteile	2,66 W/(m²K)	2,96 W/(m²K)	56 %

¹ das Referenzgebäude beschreibt einen Neubaustandard nach EnEV

als Ergänzung sinnvoll:
vorhandenen Verbrauchsausweis 2007

rsp. neu 2014



5. Energetisches Sanierungskonzept

Nachfolgend wird das energetische Sanierungskonzept für den Mousonturm in der Waldschmittstraße in Frankfurt am Main vorgestellt. Hierbei handelt es sich um ein denkmalgeschütztes Gebäude, daher wurden die einzelnen Sanierungsmaßnahmen genau bewertet und darauf angepasst. Das Sanierungskonzept entwickelte sich aus der Analyse des bestehenden Gebäudes, siehe Kapitel 3, indem die einzelnen Komponenten energetisch und wirtschaftlich bewertet wurden. Bei der vorgeschlagenen Sanierung in einem Zuge, wird der KfW-Standard von KfW 85 erreicht. Damit kann das KfW-Förderprogramm „218 IKK – Energetische Stadtsanierung – Energieeffizient Sanieren“ genutzt werden.

Für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer Energiesparmaßnahme werden allein die energetisch bedingten Investitionskosten herangezogen. Darin sind weder übliche Bauunterhaltskosten wie Maler- oder Spenglerarbeiten noch allgemeine Kosten einer Sanierung für z.B Gerüste, Baustelleneinrichtung, Planungshonorare noch diejenigen Kosten ohnehin fälliger Sanierungen enthalten, die nicht zur energetischen Verbesserung beitragen wie Abbruch und Entsorgung. Die vollständige Kostenermittlung ist eine Planungsleistung im Rahmen der Sanierung. Die energetische Sanierung des Gebäudes bezieht sich natürlich größtenteils auf die wirtschaftlichen Vorteile im nach hinein. Jedoch nicht unerhebliche Gründe für die Sanierung sind zum einen das verbesserte Wohlbefinden der Nutzer und zum anderen die verschiedenen zusätzlichen Nutzbarkeiten. Gerade die unangenehmen hohen Temperaturen in den Räumen im Sommer durch die hohe Sonneneinstrahlung werden mit den geplanten Maßnahmen wesentlich minimiert.

Bei der energetischen Sanierung in einem Zuge wird ein KfW-Effizienzhaus 85 erreicht.

	Referenz-gebäude ¹	Ihr Gebäude nach Sanierung	Verhältnis zum Referenzgebäude ¹	Anforderung an KfW 85 ²
Primärenergiebedarf QP	136,96 kWh/(m ² a)	45,77 kWh/(m ² a)	33 %	≤ 85 %
Mittlere U-Werte opake Bauteile	0,350 W/(m ² K)	0,219 W/(m ² K)	62 %	≤ 85 %
Mittlere U-Werte transparente Bauteile	1,900 W/(m ² K)	1,058 W/(m ² K)	56 %	≤ 85 %

¹ das Referenzgebäude beschreibt einen Neubaustandard nach EnEV

² Anforderung an KfW-Effizienzhaus im Verhältnis zum Referenzgebäude der EnEV

Bei Sanierung in einem Zuge erhalten Sie die bestmögliche Förderung und können Synergien durch Kombination von Sanierungsmaßnahmen optimal nutzen. Eine Sanierung in einem Zuge ist damit das wirtschaftlichste Vorgehen bei der energetischen Gebäudesanierung.

5.1 Maßnahmen

Sanierungsmaßnahmen KfW 85:

- Innendämmung der Fassade im denkmalgeschützten Gebäudebereich
- Außendämmung der Fassade im Bereich des Anbaus
- Dämmung der Kellerdecke
- Dämmung des Flachdachs
- Austausch der Fenster und Türen gegen Sonnenschutzverglasung
- Austausch Brennwertkessel gegen BHKW mit Pufferspeicher
- Installation einer Photovoltaik-Anlage

Energiekosten nach Sanierung [€/a]	energetisch bedingte Investitionskosten [€]	prognostizierte Einsparungen			Kosten / Nutzen
		Energiebedarf [kWh/a]	Energiekosten		
			[€/a]	[%]	
12.070	478.200	1.033.000	60.730	83	8/1

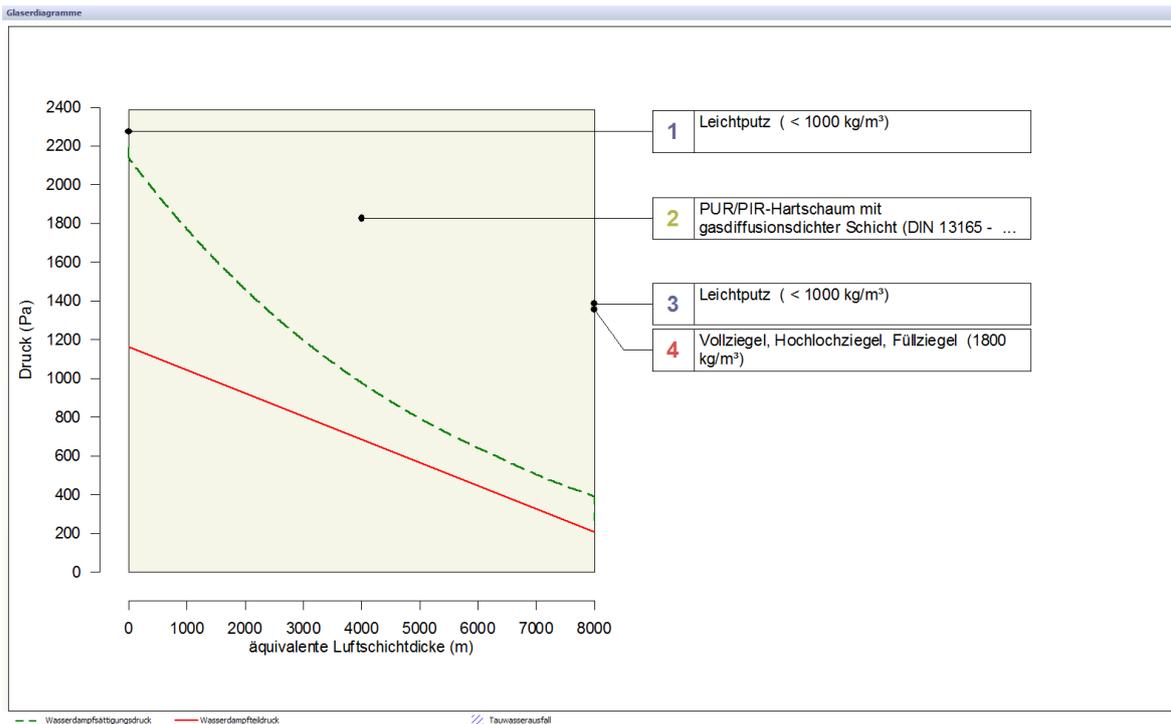
Alle Kosten verstehen sich brutto.

5.1.1 Innendämmung der Fassade im denkmalgeschützten Gebäudebereich

Der Mousonturm ist durch seine Einzigartigkeit und die bedeutende Geschichte, die er in Frankfurt am Main hat, als denkmalgeschütztes Gebäude ernannt worden. Durch den bestehenden Denkmalschutz erweist sich ein Umbau des Gebäudes von der äußeren, sichtbaren Seite als nicht realisierbar. Der vorhandene Industriecharakter des Gebäudes muss erhalten bleiben und somit kann nicht einfach die Außenhülle gedämmt werden. Eine der wenigen Maßnahmen, die wir zur Dämmung des Gebäudes vorschlagen können, ist eine Innendämmung. Hierzu empfehlen wir den Einbau und innenseitig fugenfreie Anbringung von 9 cm starken Gips-PS/PUR-Hartschaum-Verbundplatten (WLG 025). Durch die niedrige Wärmeleitgruppe kann trotz der geringen Dicken der Platten eine hohe Dämmwirkung erzeugt werden. Auf die Wärmedämmung wird ein zwei Zentimeter dicker Leichtputz aufgetragen und im Anschluss können Malerarbeiten durchgeführt werden. In Räumen, in denen die Wand stärker belastet werden könnte (z.B. durch vermehrtes Anprallen(Proberäume)) würden wir zusätzlich die Anbringung von OSB-Platten empfehlen. Die OSB-Platten würden sich dann vor der Dämmschicht befinden und diese damit schützen. In den von uns genannten und berechneten Maßnahmen ist dieser Vorschlag nicht berücksichtigt.

Die Problematik von Innendämmungen generell ist die Gefahr des Tauwasserausfalls an der Wand. Dies entsteht durch einen mangelhaften Einbau oder auch durch eine hohe Anzahl von Wärmebrücken. Mit Hilfe des Glaserverfahrens (siehe Abbildung Seite 28) weisen wir nach, dass im gedämmten Wandbereich kein Tauwasser ausfällt. Jedoch können sich in den Grenzbereichen zwischen Innenwand und Dämmebene Wärmebrücken bilden, die so nicht nachgewiesen werden konnten.

Im Falle der Sanierung mit einer Innenwanddämmung, wie hier beschrieben, empfehlen wir eine genaue Betrachtung der Wärmebrücken durch einen Fachingenieur.



Innendämmung der Fassade im denkmalgeschützten Gebäudebereich, PS/PUR-Hartschaumplatten, WLG025

U-Wert nach Sanierung: i.M. 0,24 W/(m²K]

Bauteilfläche [m ²]	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt) [Jahre]
	spezifisch[€/m ²]	pauschal[€]	gesamt[€]	
2290	48,00	-	109.920	30

5.1.2 Außendämmung der Fassade im Bereich des Anbaus

Das Bestandsgebäude erhielt 1987 einen Anbau, wodurch auch der Mousonturm erst zum Theater bzw. Künstlerhaus wurde.

Der Anbau wurde nach der zweiten Wärmeschutzverordnung erstellt und hat eine Dämmebene. Die Fassade des Anbaus steht anders als beim „Hochhaus“ nicht unter Denkmalschutz, da sie nicht die typische Klinkerfassade aufweist. Der Anbau erstreckt sich in südlicher Richtung, und ist oberhalb des Zuschauerraums nur bis zum 3. Stock vorhanden.

Wir empfehlen für diesen Bereich ein Wärmedämmverbundsystem aus Polystyrol-Hartschaum oder Mineralfaserplatten von außen. Um einen noch nachhaltigeren und ökologischeren Effekt zu erlangen, könnten Platten aus Holzfaserwolle verwendet werden.

Auf den bestehenden Wandaufbau kommen zusätzlich 12cm Dämmebene und eine Leichtputzschicht hinzu.

Für die Wärmedämmung der Außenwände muss folgendes beachtet werden:

- Die Fensterbänke müssen verlängert und an die neue Fassadenbreite angepasst werden
- Die Attika muss neu ausgebildet und an die neuen Gegebenheiten angepasst werden
- Die Regenwasserleitungen müssen abmontiert und anschließend auf der neuen Dämmebenen wieder angebracht werden.

Außendämmung der Fassade im Bereich des Anbaus, WDVS aus Polysterol oder Mineralfaserplatten, WLG040				
U-Wert nach Sanierung: 0,21 W/(m ² K)				
Bauteilfläche [m ²]	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt) [Jahre]
	spezifisch[€/m ²]	pauschal[€]	gesamt[€]	
1.008	62,20	-	62.697,6	30

5.1.3 Dämmung der Kellerdecke

Lediglich unter dem „Hochhaus“, also dem ursprünglichen Bestandgebäude befindet sich ein Kellergeschoss. Dieses ist mit ca. 3,00m lichte Raumhöhe relativ weiträumig. Daher stellt eine Dämmung der Kellerdecke auch keine räumliche Einschränkung dar. Wir empfehlen unterseitiges Anbringen von 10 cm starken Polystyrol-Hartschaum-Platten, inklusive Verspachtelung und Anstrich der Oberfläche. Um die Aufbaustärke trotzdem gering zu halten, empfehlen wir ihnen eine Wärme-Leitfähigkeit von 0,030 W / (m*K) für das vorgeschlagene Material. Die Platten werden unter die Betondecke geklebt oder gedübelt. In Nebenräumen kann eventuell auf die Veredelung der Oberflächen verzichtet werden.

Da unter der Kellerdecke Leitungen der Trinkwasser und Heizungsanlage verlaufen, empfiehlt sich die Kellerdeckendämmung zusammen mit der Heizungssanierung. Die Leitungen können im Zuge der Heizungssanierung so weit von der Decke abgehängt werden, dass genügend Platz zum Anbringen der Wärmedämmung ist. Auf ein ordnungsgemäßes Anbringen der Wärmedämmung muss geachtet werden, so dass die Leitungen anschließend auf der Dämmebene verlaufen können.

Durch das dämmen der Kellerdecke werden die Transmissionswärmeverluste minimiert. Des Weiteren erhöht sich das Wohlbefinden der Nutzer, da sich die Oberflächentemperatur des Fußbodens im Foyer-Bereich erhöht. Dies führt zu einer angenehmen Temperaturschichtung im Raum, Fußkälte wird vermieden. Dies ist zwar kein entscheidender Punkt, der zu einer Entscheidung für das energetische Sanieren führt, jedoch stellt es in der Gesamtheit der Maßnahmen einen wichtigen Faktor zur Verbesserung der Gebäudehülle da.

Dämmung der Kellerdecke, 10cm Polysterolhartschaum-Platten, WLG030U-Wert nach Sanierung: 0,24 W/(m²K)

Bauteilfläche [m ²]	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt) [Jahre]
	spezifisch[€/m ²]	pauschal[€]	gesamt[€]	
564	15,00	-	8.460	50

5.1.4 Dämmung des Flachdachs

Mit dem Umbau des Mousonturms 1987/88 wurden die Dachflächen nach dem damaligen Stand der Technik wärmegeklämt. Leider lagen uns keine genauen Informationen über den Bauteilaufbau vor. Um die Transmissionswärmeverluste zu minimieren und die Gebäudehülle zu verbessern empfehlen wir die Dämmung des Flachdachs in allen Bereichen gegen Außenluft. Flachdächer als Warmdächer können in der Regel kostengünstig energetisch saniert werden, indem eine zweite Dämmebene auf die bereits vorhandene Dämmung aufgebracht wird. Wir empfehlen hierzu 15cm starke Polysterolhartschaum Platten oder gleichwertig mit einer Wärme-Leitfähigkeit von 0,030 W / (m*K). Durch die geringe Wärme-Leitfähigkeit können dünnere Platten verwendet werden, die aber gleichzeitig eine gute Dämmeigenschaft aufweisen.

Durch das Dämmen der Flachdachflächen wird ebenfalls der Überhitzung im Sommer in den betreffenden Bereichen entgegengewirkt. Somit steigt der Raumkomfort in den betreffenden Bereichen. Dies ist vor allem in den Wohnräumen im 5. und 6. Obergeschoss notwendig. Die Vorsprünge über 1. und 2. OG wurden in der Betrachtung vernachlässigt, da sie weniger als 3% der Grundfläche ausmachen. Bei einer Sanierung sollte dieser Bereich aber auch mitgedämmt werden.

Wir empfehlen eine sorgfältige Detailplanung durch einen Fachingenieur um Bauschäden, wie Feuchtigkeitseintritt, zu vermeiden.

Dämmung des Flachdachs, 15cm Polysterolhartschaum-Platten, WLG030U-Wert nach Sanierung: 0,14 W/(m²K)

Bauteilfläche [m ²]	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt) [Jahre]
	spezifisch[€/m ²]	pauschal[€]	gesamt[€]	
937	29,00	-	27.173	30

5.1.5 Austausch der Fenster und Türen gegen Sonnenschutzverglasung

Eine weitere Besonderheit bei der energetischen Sanierung des Mousonturms zeigt sich im Austausch der bestehenden Fenster. Da das Gebäude unter Denkmalschutz steht, gibt es besondere Anforderungen an die Fenster. Bei einem Austausch muss der Industrielle Charakter der Fenster erhalten bleiben. Ausserdem müsste eine genaue Abstimmung mit dem Denkmalamt Frankfurter erfolgen. Leider war es in der kurzen Zeit nicht möglich genauere Informationen zu den Fenstern und vom Denkmalamt, zu möglichen Sanierungsempfehlungen zu bekommen. Die Fenster wurden beim Umbau 1987/88 eingebaut und es handelt sich dabei um eine 2-fach Isolierverglasung. Das größte Problem ist die Überhitzung des Gebäudes, welche vorallem durch die schlechten Wärmeschutzigenschaften der Fenster zu erklären ist.

Für die Sanierung der Fenster und Türen empfehlen wir den Einbau von 2-fach Sonnenschutzverglasung mit einem U-Wert von $U_w = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ inklusive Rahmen. Durch die Sonnenschutzverglasung wird eine große Menge der Wärmeenergie absorbiert und reflektiert. Siehe hierzu Abbildung Lediglich die kurzwelligen Strahlen, die sich für das Licht verantwortlich zeigen, gelangen in das Gebäude wodurch die natürliche Beleuchtung gewährleistet wird. Sonnenschutzverglasung kann vor allem da eingesetzt werden, wo keine Jalousien oder Rollläden eingesetzt werden können. Dies ist beim Mousonturm aufgrund des Denkmalschutzes der Fall.

Die neuen Türen sollten ebenfalls als Sonnenschutzverglasung ausgeführt werden und einen U-Wert von höchstens $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ aufweisen. Beim Einbau der neuen Fenster und Haustüre ist auf den luftdichten Anschluss an das Mauerwerk zu achten.

Wir empfehlen die gleichzeitige Sanierung der Fassade und den Austausch der Fenster und Türen, da sich hierdurch ein hoher Synergieeffekt. Dadurch können die Investitionskosten optimiert, und mögliche Schwierigkeiten frühzeitig erkannt werden. Zudem kann die Lage von Fenstern und Türen zur neuen Dämmebene nach innen und im Anbau nach außen optimiert werden, um Wärmebrücken und Verschattung durch Laibungen zu reduzieren und eine durchgängige luftdichte Ebene herzustellen. Die Sanierung der Fenster trägt wesentlich zur Komfortverbesserung des Gebäudes bei, da vor allem der Überhitzung durch Sonneneinstrahlung entgegengewirkt wird.

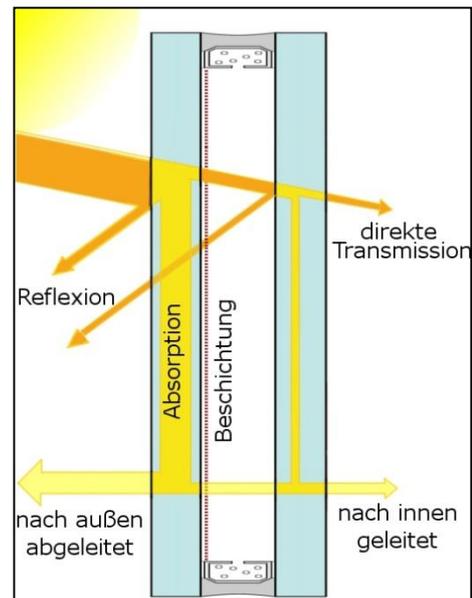


Abb. .. Quelle: <http://www.glaserei-exner-huedler.de/sonnenschutzglas.jpg>

Austausch der Fenster gegen Sonnenschutzverglasung, U_w 1,0 W/m²K
U-Wert nach Sanierung: 1,00 W/(m²K)

Bauteilfläche [m ²]	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt) [Jahre]
	spezifisch[€/m ²]	pauschal[€]	gesamt[€]	
1.205	250,00	-	301.250	50

Austausch der Türen gegen Sonnenschutzverglasung, $U=$ 1,3 W/m²K
U-Wert nach Sanierung: 1,30 W/(m²K)

Bauteilfläche [m ²]	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt) [Jahre]
	spezifisch[€/m ²]	pauschal[€]	gesamt[€]	
49,6	600,00	-	29.760	50

5.1.6 Austausch Brennwertkessel gegen BHKW mit Pufferspeicher

Die vorhandene Heizungsanlage und die dazu gehörigen Leitungen etc. sind in einem veralteten und schlechten Zustand. Daher ist es dringend notwendig die Anlagenteile auszutauschen. Die vorhandene Heizungsanlage besteht aus zwei Brennwertkesseln mit jeweils 200kW Brennerleistung. Dabei läuft der eine Kessel im Winter dauerhaft und der zweite Kessel schaltet sich hinzu wenn die Heizleistung des ersten Kessels nicht mehr ausreicht. Die gesamten Leitungen vom Heizkessel zu den Heizkörpern sind ungedämmt und somit geht durch diese viel Wärme verloren, wo sie nicht unbedingt benötigt wird.

Für eine energetische Sanierung der Heizungsanlage schlagen wir ein Blockheizkraftwerk mit dazugehörigem Pufferspeicher vor. Der Vorteil eines BHKW ist eindeutig, dass dieses neben der Wärmeproduktion auch Strom produziert. Wichtig ist dabei aber, dass eine dauerhafte Stromabnahme vorhanden ist, sodass das BHKW möglichst leistungseffizient über das ganze Jahr arbeiten kann. Genau diese Gegebenheiten sind in dem Mousonturm vorhanden. Durch die verschiedenen Nutzungsarten und der Größe des Gebäudes ist eine dauerhafte Stromabnahme vorhanden. Der Nutzungsgrad des BHKW liegt bei 85% und ist damit sehr gut. Die Heizung wird voraussichtlich eine elektrische Leistung von 85kW, eine thermische Leistung von 110kW und eine Gesamtleistung von 225kW haben. Das Blockheizkraftwerk wird mit Erdgas betrieben und somit können die vorhandenen Gasanschlüsse der alten Kessel genutzt werden. Zusätzlich zu dem Wärmeerzeuger wird ein stehender Pufferspeicher mit einem Fassungsvermögen von 3500 Liter zur Unterstützung des BHKW's installiert. Die schon angesprochenen Leitungen der Heizungsanlage werden nach EnEV-Standard oder auch doppeltem EnEV gedämmt, sodass sich die Leitungsverluste auf ein Minimum reduzieren. Insgesamt gesehen ist dieser Schritt der Wichtigste aller Sanierungsmaßnahmen, wenn es darum geht möglichst viel Endenergie einzusparen. Ein alleiniger Austausch der Heizungsanlage ist zwar vorstellbar, aber nicht zu empfehlen, da ohne die Dämmung der Fassade zu viel der Heizenergie verloren gehen würde.

Austausch Brennwertkessel gegen BHKW mit Pufferspeicher

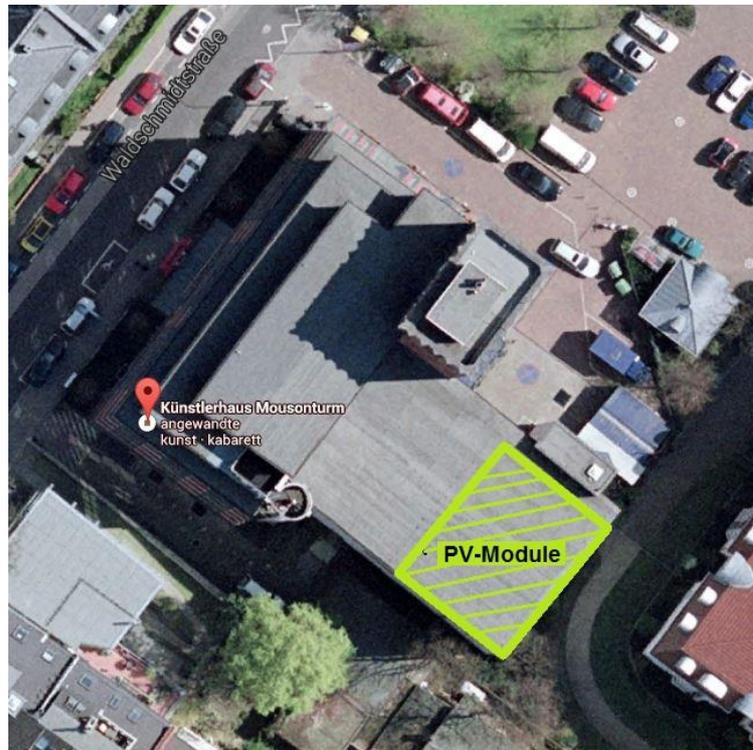
Gesamtleistung: 225kW; Elektrische Leistung: 85kW; Heizleistung: 110kW

Bauteilfläche [m ²]	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt) [Jahre]
	spezifisch[€/m ²]	pauschal[€]	gesamt[€]	
-	-	24.500	24.500	30

fehlt: Beseitigung hydraulischer Kurzschlüsse ca, 25 fach an Lüftungsregistern!

5.1.7 Installation einer Photovoltaik-Anlage

Da ein großes Gebäude, wie der Mousonturm es ist, einen hohen Bedarf an elektrischer Energie hat ist es sinnvoll diesen Bedarf zum Teil durch die Nutzung der Sonnenenergie zu tilgen. Daher empfehlen wir die Installation einer Photovoltaik-Anlage als zusätzliche Stromquelle. Durch den Anbau am Mousonturm und dem damit vorhandenen Flachdach sind auch gute Bedingungen gegeben, um die geplante PV-Anlage effizient zu platzieren. Die Anlage wird eine Größe von 100 m² haben und im 20° Grad-Winkel auf dem Dach des Neubaus installiert. Um möglichen Verschattungen durch den Turmteil des Mousonturm zu vermeiden werden die 100 m² am südlichen Ende des Anbaus befestigt. Eine Verschattung durch anliegende Gebäude oder Bäume besteht nicht. Die geplanten Zellen werden einfache monochristalline Zellen sein, die einen Jahresertrag von insgesamt ca. 15.000 kW leisten werden. Zusammen mit den Blockheizkraftwerk und der Photovoltaikanlage kann der größte Teil des Strombedarfs im Mousonturm gedeckt werden



und es muss nur eine geringe Menge aus dem örtlichen Stromnetz entnommen werden. Bei einer Überproduktion an Strom kann dieser auch in das regionale Netz eingespeist werden.

Installation einer Photovoltaik-Anlage

Jahresleistung: 15.000 kW

Bauteilfläche [m ²]	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt) [Jahre]
	spezifisch [€/m ²]	pauschal [€]	gesamt [€]	
100	400	-	40.000	30

100 qm Flachdach = 50 qm PV = 10 kW PVpeak
 10 kW PVpeak zu 1.500 €/qm 15.000 € 20 a
 Ertragsprognose ca. 10.000 kWh/a

6. Förderung

Bei der vorgeschlagenen Sanierung in einem Zug, wird der KfW-Standard von KfW 85 erreicht. Damit kann das KfW-Förderprogramm „218 IKK – Energetische Stadtsanierung – Energieeffizient Sanieren“ genutzt werden. In dem KfW-Programm 218 werden energetische Sanierungsmaßnahmen an öffentlichen Gebäuden mit bis zu 500€ pro m² Nettogrundfläche gedeckt. Hierbei wird ein effektiver Jahreszins von 0,10% für die ersten 10 Jahre, und eine 3 jährige tilgungsfreie Anlaufzeit, angeboten. Der Kredit muss dabei über eine Laufzeit von 20 Jahren ausgelegt sein. Bei 4036 m² liegt der maximale Kreditbetrag bei 2.018.000€ und damit deutlich über den geplanten 648.997€. Hierbei wird zusätzlich ein Tilgungszuschuss von 7,5% durch die KfW gewährleistet.

Öffentliche Fördermittel in €			
Förderprogramm:	Maßnahmen		
	BHKW	PV	KfW 85
KfW 218 Energetische Stadtsanierung	Kredit s.o. zu günstigen Konditionen + 7,5 % Tilgungszuschuss		
Marktanreizprogramm MAP	KWK- Zuschlag ₁	18.000 €	18.000 € + KWK-Zuschlag
Summe	KWK- Zuschlag	18.000 €	18.000 € + KWK-Zuschlag

¹ Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) fördert über einen bestimmten Zeitraum den sogenannten KWK-Zuschlag. Das heißt der in der Anlage erzeugte Strom der in das regionale Netz eingespeist wird, wird durch den Stromnetzbetreiber vergütet. Voraussetzung ist die Zulassung der Anlage durch das BAFA

Alle aufgeführten Programme sind grundsätzlich kumulierbar, mit Ausnahme der Heizungserneuerung als Einzelmaßnahmen im KfW-Programm „Energieeffizient Sanieren“ mit einem Zuschuss aus dem Marktanreizprogramm MAP. Die Beschreibung der Förderprogramme und Berechnung der Fördermittel sind im Folgenden genauer dargestellt.

KfW-Förderprogramm 218 „Energetische Stadtsanierung“

Die KfW bietet mit dem Förderprodukt IKK einen Kredit zur energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden der kommunalen und sozialen Infrastruktur. Dabei werden Städte, Gemeinden, Landkreise und Gemeindeverbände gefördert. Die Höhe der Förderung fällt dabei je nach dem erreichten energetischen Standard aus: Je effizienter, umso höher die Förderung. Das KfW-Effizienzhaus ist ein technischer Standard, wobei die verschiedenen Zahlenwerte den Jahresprimärenergiebedarf des Gebäudes im Zusammenhang mit einem vergleichbaren Neubau angeben.

	KfW 85	Marktübliche Konditionen
Konditionen		
Kreditbetrag	649.000 €	
Auszahlung	100 %	
Laufzeit	20 Jahre	
tilgungsfreie Anlaufjahre	3	0
Zinsbindung	10 Jahre	
Sollzins [%]	0	2,5
Tilgungszuschuss [%]	7,5	-
Turnus der Zahlungen	monatlich	
Monatsrate während der Zinsbindung		
Anlaufjahre [€/Monat]	54,0	3.721,05
Folgejahre [€/Monat]	3.208,62	3.721,05

	KfW 85	Marktübliche Konditionen
Gesamtzahlungen nach Ende der Zinsbindung		
Zinsen [€]	5.132,29	122.025,53
Tilgung [€]	266.241,75	324.500,40
Tilgungszuschuss [€]	19.968,13	-
Anschlussfinanzierung bis Ende der Laufzeit		
Restschuld [€]	334.083,24	324.500,00
Sollzins [%]	4,5	
Monatsrate [€/Monat]	3.415,66	3.317,68
Zinsen [€]	79.795,07	73.620,89
Zinseinsparung gegenüber marktüblichen Konditionen		
Zinseinsparung gesamt	110.719,06	-

Marktanreizprogramm Erneuerbare Energien MAP

Die Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien, auch als Marktanreizprogramm bezeichnet, werden durch das Bundesumweltministerium erlassen. Im Rahmen dieses Marktanreizprogramms können Sie grundsätzlich einen Investitionszuschuss (Teil BAFA) oder ein langfristiges, zinsgünstiges Darlehen mit einem Tilgungszuschuss (Teil KfW) beantragen. Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) fördert im Rahmen des Marktanreizprogramms zur Förderung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (MAP) die Errichtung von thermischen Solaranlagen, Wärmepumpen und Biomasseanlagen. Bei der Kombination einer thermischen Solaranlage mit einer Wärmepumpe oder Biomasseanlage wird eine zusätzliche Förderung gewährt. Bei Neubauten ist der Einsatz erneuerbarer Energien für die Wärmeerzeugung gesetzlich vorgeschrieben (EEWärmeG) und wird nicht mehr gefördert. Mit dem Marktanreizprogramm werden nur noch Anlagen im Gebäudebestand gefördert.

7. Anhang

Im folgenden finden Sie im Anhang:

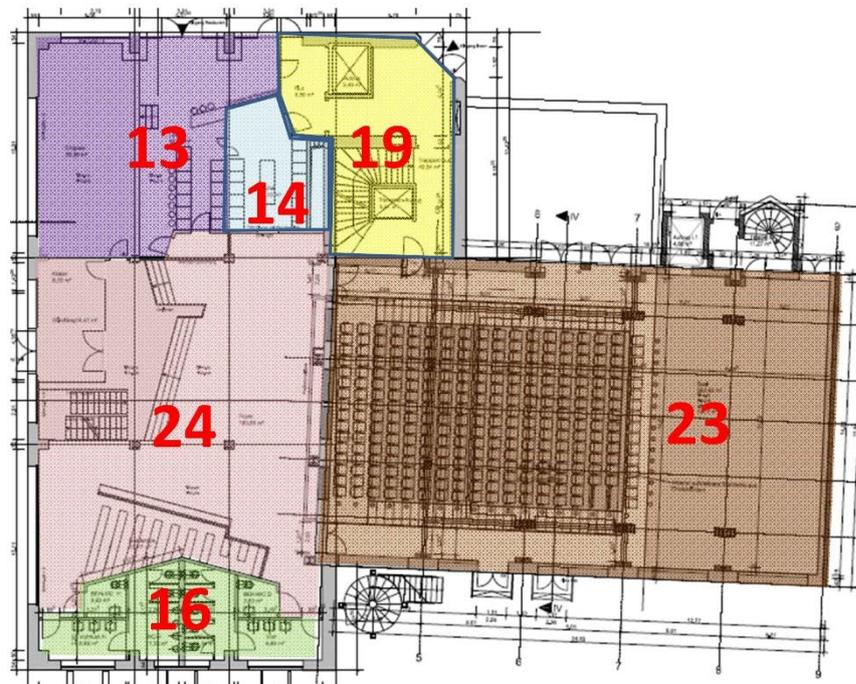
- Zonierung
- Übersicht der Außenwände
- Bauteilübersicht
- Erfassungsbogen

1. Zonierung

Übersicht der Zonen (I)

Farbe		Nr. nach DIN V 18599 Teil 1	Beschreibung
	1.	1	Einzelbüro
	2.	2	Gruppenbüro
	3.	13	Restaurant
	4.	14	Küche (Nichtwohngebäude)
	5.	16	Sanitärbereiche
	6.	17	Sonstige Aufenthaltsräume
	7.	19	Verkehrsflächen
	8.	20	Lager, Technik
	9.	23	Zuschauerraum (Theaterbauten)
	10.	24	Foyer (Theaterbauten)
	11.	27	Ausstellungsflächen

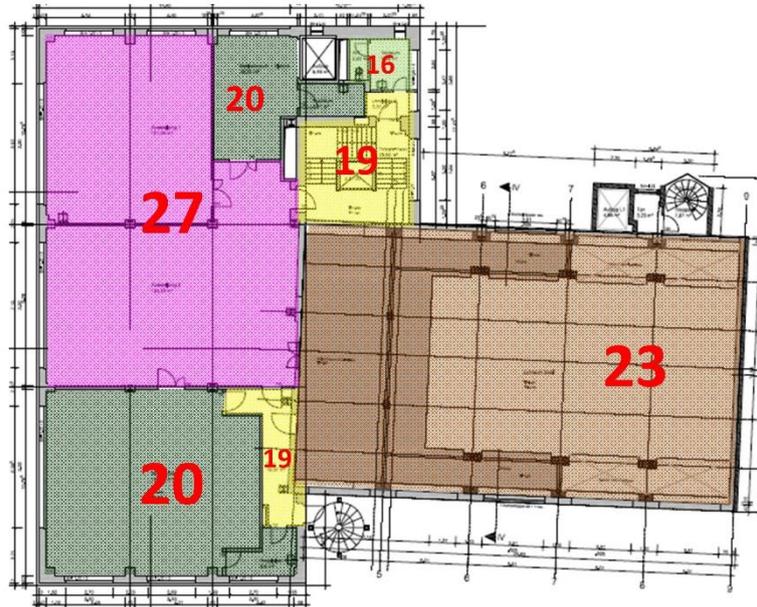
EG



- | | |
|-----------------------------|--|
| 13 Restaurant | 19 Verkehrsflächen |
| 14 Küche (Nichtwohngebäude) | 23 Zuschauerbereich (Theater und Veranstaltungsbauten) |
| 16 Sanitärbereiche | 24 Foyer (Theater und Veranstaltungsbauten) |

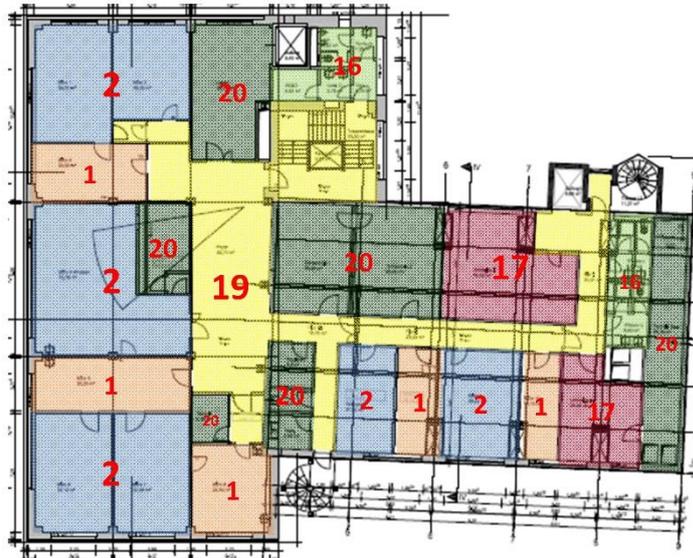
1. Zonierung

1.OG



- | | |
|---------------------------|--|
| 16 Sanitärbereiche | 23 Zuschauerbereich (Theater und Veranstaltungsbauten) |
| 19 Verkehrsflächen | 27 Ausstellungenräume |
| 20 Lager, Archiv, Technik | |

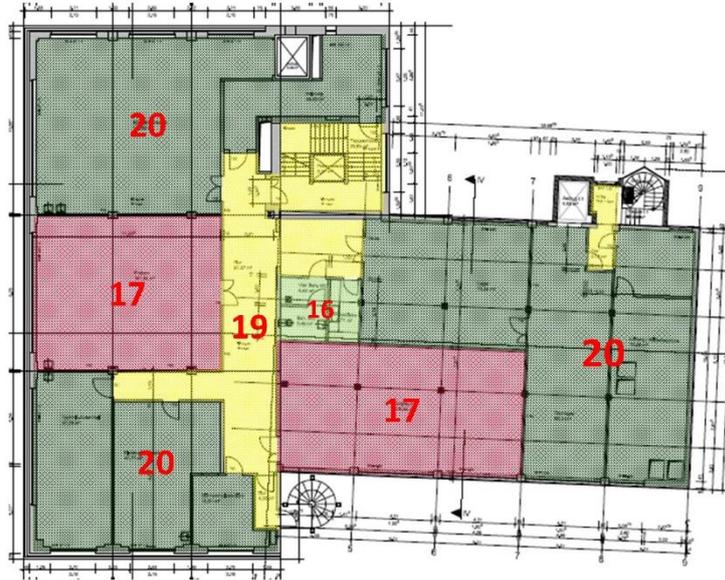
2.OG



- | | |
|--------------------|------------------------------|
| 1 Einzelbüro | 17 Sonstige Aufenthaltsräume |
| 2 Gruppenbüro | 19 Verkehrsflächen |
| 16 Sanitärbereiche | 20 Lager, Archiv, Technik |

1. Zonierung

3.OG



- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| 16 Sanitärbereiche | 20 Lager, Archiv, Technik |
| 17 Sonstige Aufenthaltsräume | |
| 19 Verkehrsflächen | |

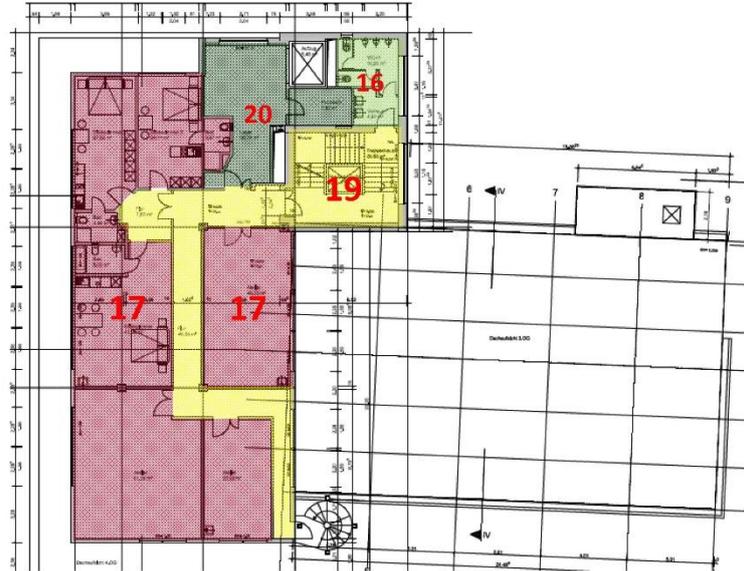
4.OG



- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| 16 Sanitärbereiche | 20 Lager, Archiv, Technik |
| 17 Sonstige Aufenthaltsräume | |
| 19 Verkehrsflächen | |

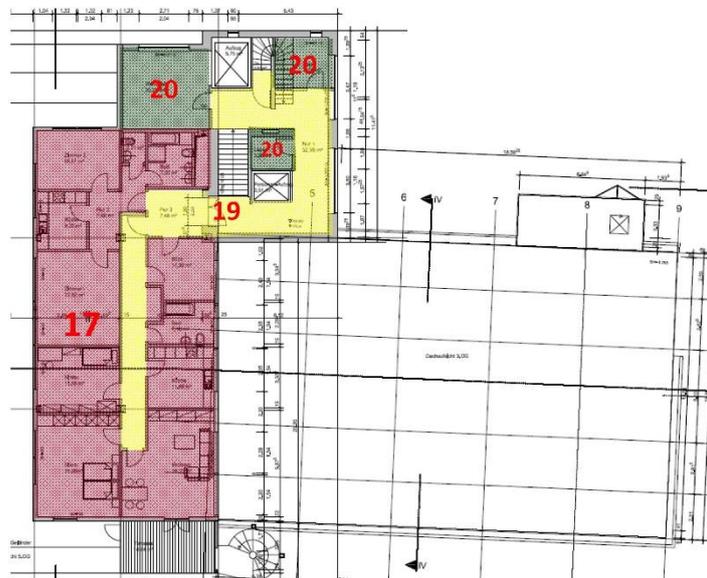
1. Zonierung

5.OG



- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| 16 Sanitärbereiche | 20 Lager, Archiv, Technik |
| 17 Sonstige Aufenthaltsräume | |
| 19 Verkehrsflächen | |

6.OG



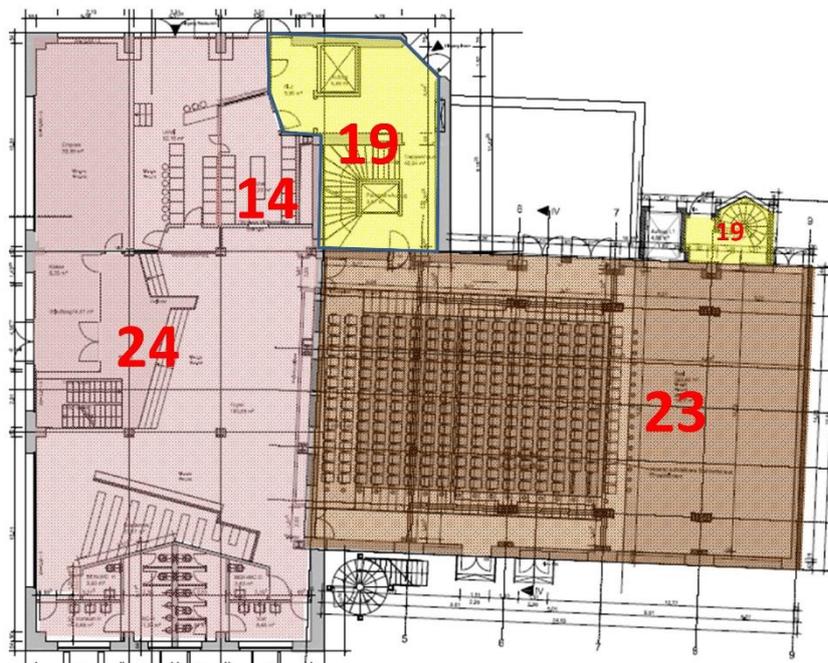
- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| 17 Sonstige Aufenthaltsräume | 20 Lager, Archiv, Technik |
| 19 Verkehrsflächen | |

2. Zonierung

Übersicht der Zonen (II)

Farbe		Nr. nach DIN V 18599 Teil 1	Beschreibung
	1.	1	Einzelbüro
	3.	16	Sanitärbereiche
	4.	17	Sonstige Aufenthaltsräume
	5.	19	Verkehrsflächen
	6.	20	Lager, Technik
	7.	23	Zuschauerraum (Theaterbauten)
	8.	24	Foyer (Theatebauten)

EG

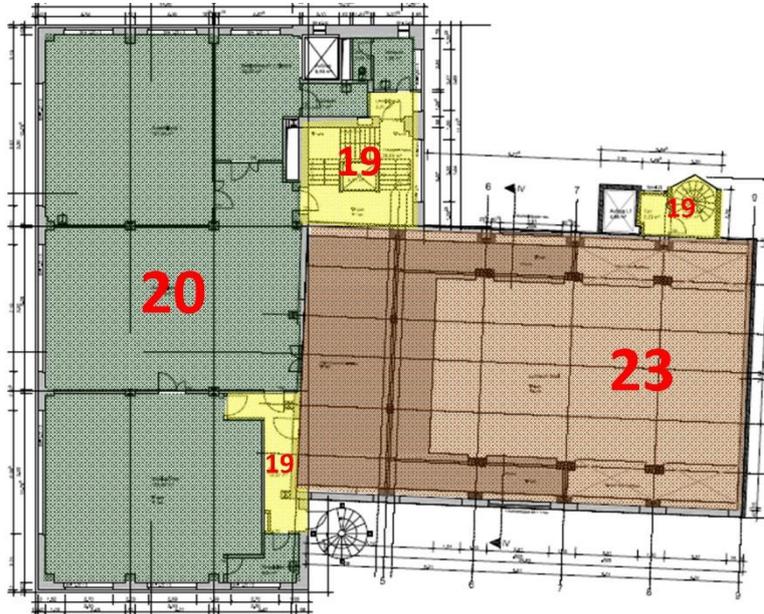


14 Küche (Nichtwohngebäude)
19 Verkehrsflächen

23 Zuschauerbereich (Theater und Veranstaltungsbauten)
24 Foyer (Theater und Veranstaltungsbauten)

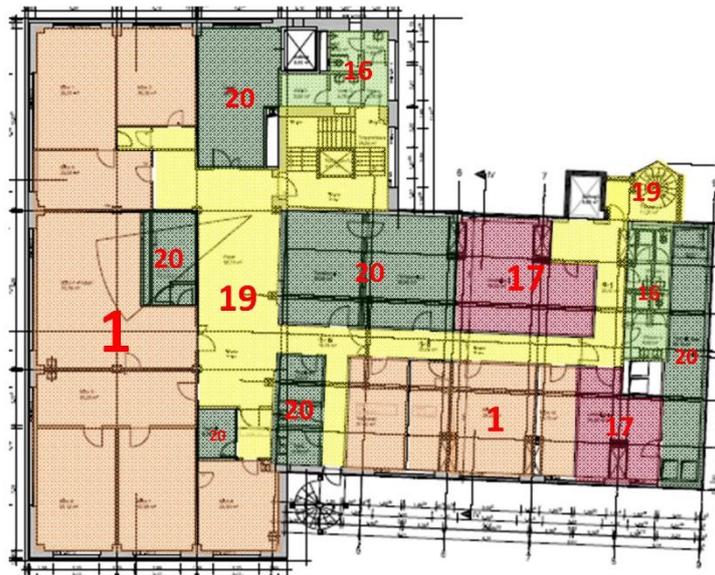
2. Zonierung

1.OG



- | | |
|--------------------|--|
| 16 Sanitärbereiche | 20 Lager, Archiv, Technik |
| 19 Verkehrsflächen | 23 Zuschauerbereich (Theater und Veranstaltungsbauten) |

2.OG



- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| 1 Einzelbüro | 19 Verkehrsflächen |
| 16 Sanitärbereiche | 20 Lager, Archiv, Technik |
| 17 Sonstige Aufenthaltsräume | |

2. Zonierung

3.OG



- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| 16 Sanitäre Bereiche | 19 Verkehrsflächen |
| 17 Sonstige Aufenthaltsräume | 20 Lager, Archiv, Technik |

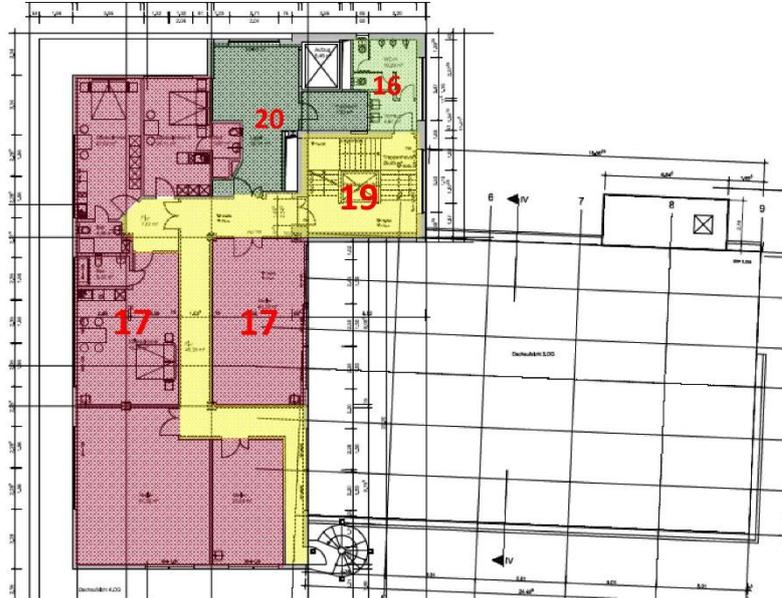
4.OG



- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| 16 Sanitäre Bereiche | 19 Verkehrsflächen |
| 17 Sonstige Aufenthaltsräume | 20 Lager, Archiv, Technik |

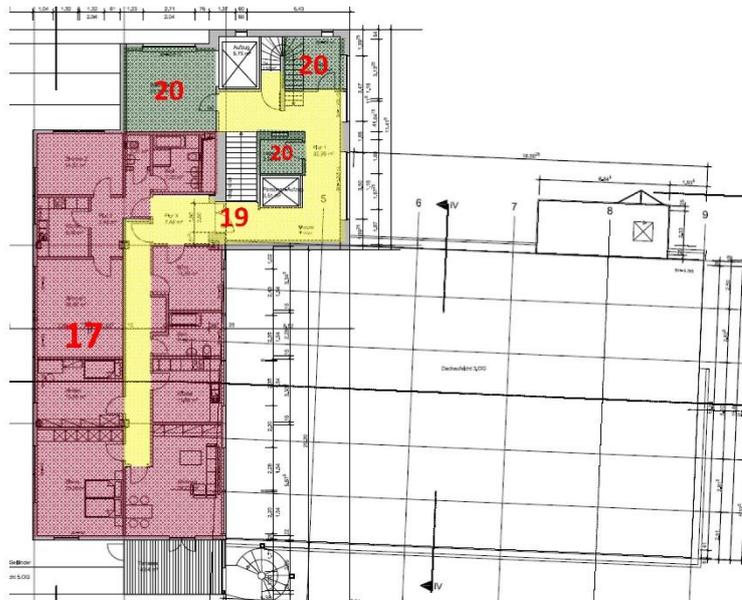
2. Zonierung

5.OG



- 16 Sanitäre Bereiche
- 17 Sonstige Aufenthaltsräume
- 19 Verkehrsflächen
- 20 Lager, Archiv, Technik

6.OG



- 17 Sonstige Aufenthaltsräume
- 19 Verkehrsflächen
- 20 Lager, Archiv, Technik

Übersicht der Außenwände

