

HSO – Hamburgische Staatsoper

Bestands- und Bedarfsanalyse

Energiebedarf und energetische
Optimierungsmöglichkeiten

Sprinkenhof GmbH

Projektnummer: 60616576

15.12.2020

Dokumentenerstellung / Prüfvermerk

Erstellt durchGeprüft durchGeprüft durchGenehmigt durch

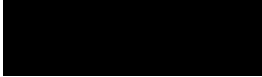
Status Dokumentüberarbeitung

Überarbeitung	Datum der Details Überarbeitung	Autorisiert	Name	Position
Original	15.12.2020			

Erstellt für:

Sprinkenhof GmbH
Burchardstr. 8
20095 Hamburg

Erstellt durch:



Im Auftrag von

AECOM Deutschland GmbH
Schweriner Straße 8-12
22143 Hamburg
Deutschland

T: +49 (0)40 303 339-440
aecom.com

© 15.12.2020 AECOM Deutschland GmbH. Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Dokument wurde von AECOM Deutschland GmbH ("AECOM") für die Nutzung durch den Auftraggeber („Kunde“) gemäß dem Auftragszweck, den allgemein anerkannten Beratungsgrundsätzen und den zwischen AECOM und dem Kunden vereinbarten Vertragsbedingungen erstellt. Alle von Dritten zur Verfügung gestellten Informationen, auf die hier Bezug genommen wird, wurden von AECOM nicht geprüft oder verifiziert, sofern nichts anderes ausdrücklich in diesem Dokument angegeben ist. Die Nutzung des Dokumentes für andere Zwecke als beauftragt, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung von AECOM.

Inhalt

Zusammenfassung.....	1
1. Einführung.....	4
2. Grundlagen und Regelwerke	5
2.1 Energieeinsparverordnung (EnEV) / DIN 18599	5
2.2 Begriffliche Erläuterungen	5
2.2.1 Endenergie	5
2.2.2 Primärenergie	5
2.2.3 CO ₂ -Emission	5
2.2.4 Spezifischer Transmissionswärmeverlust	6
2.3 Bedarfsorientierter Energieausweis nach DIN 18599	6
2.3.1 Grundlagen	6
2.3.2 Zonierung.....	6
2.3.3 Datenaufnahme	6
2.4 Denkmalschutz	7
3. Vorgehensweise.....	8
3.1 Bearbeitungsschritte	8
3.2 Erstellung der Energieausweise	8
3.3 Emissionsfaktoren	9
3.4 Begehung und verfügbare Daten	9
3.5 Verwendete Terminologie	9
3.6 Angaben zu Kosten	10
3.7 Darstellung von Energiebedarfen in Form von Bandtachos.....	10
3.8 Einschränkungen.....	10
4. Energetische Situation des Bestandsgebäudes	11
4.1 Bestandsbewertung.....	11
4.1.1 Gebäudehülle	11
4.1.2 Technische Ausstattung	12
4.1.3 Energetische Bewertung der Bestandssituation (B).....	12
5. Energetische Verbesserung durch die Generalsanierung	14
6. Zusätzliche energetische Optimierungsmaßnahmen	16
6.1 Auswahl der zu betrachtenden Maßnahmen.....	16
6.2 Rahmenbedingungen zur Nutzung regenerativer Energien	18
7. Berechnungen zum energetischen Optimierungspotential	19
7.1 Vergleichende Gegenüberstellung	19
7.2 Energetische Optimierung durch Generalsanierung	21
7.3 Energetische Optimierung durch zusätzliche Modernisierungsmaßnahmen	21
7.3.1 Innendämmung der Außenwände (G + Z1).....	21
7.3.2 Innen- + Außendämmung der Außenwände (G + Z2).....	22
7.3.3 Erneuerung Fenster/Außentüren in 2-fach Verglasung (G + Z3)	23
7.3.4 Erneuerung Fenster in 3-fach Verglasung (G + Z4)	24
7.3.5 Verbesserung der Luftdichtheit (G + Z5)	24
7.4 Energetische Optimierung mit Maßnahmenpaket (MP)	25
7.5 Abgleich mit Anforderungen KfW 70 / KfW 100	26
8. Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise	28

Anlagen

Anlage A1	Energieausweis Bestand
Anlage A2	Bauteilaufbauten, Zonierung
Anlage A3	Energieausweis nach Generalsanierung
Anlage A4	Berechnungen

Zusammenfassung

AECOM hat für die Hamburger Staatsoper („HSO“) eine energetische Bewertung durchgeführt. Als Grundlage wurden für das Gebäude bedarfsorientierte Energieausweise gemäß DIN 18599 erstellt. Neben der Ausgangslage (B) und dem energetischen Zustand nach Abschluss der geplanten Generalsanierung (G) wurde das Einsparpotential zusätzlicher energetischer Maßnahmen berechnet. Folgende Fälle wurden betrachtet:

- Bestandssituation vor der Sanierung (**B**)
- Energetischer Zustand nach Generalsanierung, basierend auf den Zwischenergebnissen der Bestands- und Bedarfsanalyse (**G**)
- Generalsanierung + Innendämmung Bühnenhaus ober- und unterirdisch + Innendämmung Zuschauerhaus unterirdisch (**Z1**)
- Generalsanierung + Außendämmung Bühnenhaus oberirdisch + Innendämmung Bühnenhaus und Zuschauerhaus unterirdisch (**Z2**)
- Generalsanierung + Erneuerung der Fenster Zuschauerhaus 2-fach-Verglasung (**Z3**)
- Generalsanierung + Erneuerung aller Fenster 3-fach-Verglasung (**Z4**)
- Generalsanierung + Verbesserung der Luftdichtigkeit (**Z5**)
- Generalsanierung + Maßnahmenpaket (Kombination aller Maßnahmen, soweit sinnvoll)

In Tabelle 1 und 2 auf den folgenden Seiten sind der Endenergiebedarf und die CO₂-Einsparung der betrachteten Varianten dargestellt. Danach würde durch das vorgesehene Programm der Generalsanierung eine Verringerung des Endenergiebedarfs von ca. 18 % und der CO₂-Emission von ca. 42 % erreicht.

Das Einsparziel der FHH von 30% Endenergie würde insofern nicht erreicht. Hierzu wären hierfür zusätzliche Maßnahmen erforderlich, wie z.B. durch eine Dämmung der Außenwände von innen (Z1) oder von außen (Z2).

Die durch sinnvolle Kombination aller betrachteten zusätzlichen Maßnahmen errechnete maximale Einsparung beträgt ca. 47% Endenergie und 56% CO₂.

Tabelle 1: Ergebnisübersicht Endenergiebedarf

Endenergie						
	Bestand	G: Generalsanierung	Z1: G+Innendämmu	Z2: Außen-/Innendä	Z3: G+Fenster 2-fac	Z4: G+Fenster 3-fac
Beleuchtung	14.3 kWh/m ²	11.8 kWh/m ²	11.8 kWh/m ²	11.8 kWh/m ²	11.8 kWh/m ²	11.8 kWh/m ²
Heizung	72.2 kWh/m ²	59.9 kWh/m ²	48.1 kWh/m ²	46.5 kWh/m ²	59.4 kWh/m ²	57.0 kWh/m ²
Trinkwarmwasser	1.6 kWh/m ²	1.1 kWh/m ²	1.1 kWh/m ²	1.1 kWh/m ²	1.1 kWh/m ²	1.1 kWh/m ²
Kühlung	0.4 kWh/m ²	0.4 kWh/m ²	0.4 kWh/m ²	0.4 kWh/m ²	0.4 kWh/m ²	0.4 kWh/m ²
Belüftung	7.4 kWh/m ²	5.0 kWh/m ²	5.0 kWh/m ²	5.0 kWh/m ²	5.0 kWh/m ²	5.0 kWh/m ²
Gesamt	95.9 kWh/m ²	78.2 kWh/m ²	66.4 kWh/m ²	64.8 kWh/m ²	77.7 kWh/m ²	75.3 kWh/m ²
Höhere Endenergie im Vergleich zum Bestand	+50 % +25 % 0 %					
Niedrigere Endenergie im Vergleich zum Bestand	-25 % -50 %					
Beleuchtung	---	-17.2 %	-17.2 %	-17.2 %	-17.2 %	-17.2 %
Heizung	---	-17.0 %	-33.4 %	-35.7 %	-17.7 %	-21.2 %
Trinkwarmwasser	---	-29.7 %	-29.7 %	-29.7 %	-29.7 %	-29.7 %
Kühlung	---	-10.9 %	-10.9 %	-10.9 %	-10.9 %	-10.9 %
Belüftung	---	-32.2 %	-32.2 %	-32.2 %	-32.2 %	-32.2 %
Gesamt	---	-18.4 %	-30.7 %	-32.5 %	-18.9 %	-21.5 %
Endenergie						
	Bestand	Z5: G+Luftdicht	Z6: G+MP			
Beleuchtung	14.3 kWh/m ²	11.9 kWh/m ²	11.8 kWh/m ²			
Heizung	72.2 kWh/m ²	51.2 kWh/m ²	32.4 kWh/m ²			
Trinkwarmwasser	1.6 kWh/m ²	1.1 kWh/m ²	1.1 kWh/m ²			
Kühlung	0.4 kWh/m ²	0.4 kWh/m ²	0.4 kWh/m ²			
Belüftung	7.4 kWh/m ²	5.0 kWh/m ²	5.0 kWh/m ²			
Gesamt	95.9 kWh/m ²	69.5 kWh/m ²	50.7 kWh/m ²			
Höhere Endenergie im Vergleich zum Bestand						
Niedrigere Endenergie im Vergleich zum Bestand						
Beleuchtung	---	-17.1 %	-17.3 %			
Heizung	---	-29.1 %	-55.2 %			
Trinkwarmwasser	---	-29.7 %	-29.7 %			
Kühlung	---	-10.6 %	-10.9 %			
Belüftung	---	-32.1 %	-32.2 %			
Gesamt	---	-27.5 %	-47.1 %			

Nutzung regenerativer Energiequellen

Die HSO ist an das Hamburger Fernwärmenetz angeschlossen, über das bereits heute anteilig regenerativ erzeugte Energie für die Gebäudeheizung genutzt wird. Die ab April 2020 gültigen, verbesserten energetischen Kennwerte dokumentieren einen wachsenden Anteil ökologisch sinnvoll genutzter Energiequellen bei der Hamburger Fernwärmeversorgung.

Im Rahmen der Generalsanierung ist die Installation einer Photovoltaik-Anlage sowie einer Solarthermie-Anlage geplant, durch die auch lokal erzeugte, regenerative Energie durch die HSO genutzt würde.

Tabelle 2: Ergebnisübersicht CO₂-Emission

CO ₂ -Emission						
	Bestand	G: Generalsanierung	Z1: G+Innendämmung	Z2: Außen-/Innendämmung	Z3: G+Fenster 2-fac	Z4: G+Fenster 3-fac
CO ₂ -Emission	36.3 kg/(m ² a)	21.0 kg/(m ² a)	18.9 kg/(m ² a)	18.6 kg/(m ² a)	20.9 kg/(m ² a)	20.5 kg/(m ² a)
Höhere CO ₂ -Emission im Vergleich zum Bestand	+50 % +25 % 0 %					
Niedrigere CO ₂ -Emission im Vergleich zum Bestand	-25 % -50 %					
Gesamt	---	-42.1 %	-47.9 %	-48.7 %	-42.3 %	-43.6 %

CO ₂ -Emission			
	Bestand	Z5: G+Luftdicht	Z6: G+MP
CO ₂ -Emission	36.3 kg/(m ² a)	19.5 kg/(m ² a)	16.1 kg/(m ² a)
Höhere CO ₂ -Emission im Vergleich zum Bestand			
Niedrigere CO ₂ -Emission im Vergleich zum Bestand			
Gesamt	---	-46.3 %	-55.5 %

Die Installation weiterer Systeme zur regenerativen Energieerzeugung erscheint vor dem Hintergrund der bestehenden Fernwärmeversorgung, der vorgesehenen PV und Solarthermie-Anlagen und den mit anderen Systemen verbundenen Einschränkungen nicht empfehlenswert und wurde in Abstimmung mit der SPR im Rahmen der vorliegenden Bewertung deshalb nicht vertiefend untersucht. Vgl. hierzu auch Abschnitt 6.1.

Einhaltung von KFW-Standards

Mit dem Programm der Generalsanierung (G) einschließlich des Maßnahmenpakets MP würde für das Gebäude ein Primärenergiebedarf von rd. 43 kWh/m²a sowie ein mittlerer U-Wert der opaken Bauteile von 0,30 W/m²K erreicht.

- Bezüglich des Primärenergiebedarfs werden die Anforderungen der Standards KFW 100 und KFW 70 erfüllt. Entscheidend hierfür ist der günstige Primärenergiefaktor der Fernwärmeversorgung.
- Die Anforderungen an den Wärmeschutz, d.h. an die mittleren U-Werte der Gebäudehülle, werden nur für KFW 100 erfüllt, erscheinen ggf. aber auch für KFW 70 erreichbar.

Für weitere Informationen vgl. Abschnitt 7.5.

Einsparungen im Verbrauch

Der tatsächliche Energieverbrauch des Gebäudes nach der Sanierung kann von den in der Bedarfsermittlung berechneten Werten abweichen, z.B. aufgrund des Nutzerverhaltens. Zusätzliche Verbräuche, die bei der Berechnung der Bedarfe gemäß DIN 18599 nicht berücksichtigt werden, entstehen durch nutzungsspezifische Einrichtungen, wie z.B. die Bühnentechnik („Effektbeleuchtung“ im Sinne der EnEV) oder für elektrische Geräte wie PCs, Kühlschränke und Kaffeemaschinen.

Deshalb empfehlen wir, die in diesem Bericht ausgewiesenen prozentualen Einsparungen auf die tatsächlichen Verbräuche anzurechnen und auf dieser Basis die Kosteneffizienz der Maßnahmen zu vergleichen.

1. Einführung

Die AECOM Deutschland GmbH („AEC“) erarbeitet für die Sprinkenhof GmbH („SPR“) eine Bestands- und Bedarfsanalyse für ein Portfolio von Hamburger Kulturimmobilien als Grundlage für die geplante Generalsanierung dieser Gebäude.

Die Freie und Hansestadt Hamburg („FHH“) beabsichtigt, die Energieeffizienz öffentlicher Gebäude der FHH im Bestand zu verbessern. Dazu werden Leitkriterien entwickelt, die derzeit als Entwurf in der Fassung vom 29.5.2019 vorliegen. Als Ziel wird darin u.a. eine Verringerung des Endenergiebedarfs für den öffentlichen Gebäudebestand um 30 % bis 2030 genannt.

Deshalb sollen im Rahmen der Bestands- und Bedarfsanalyse neben notwendigen Instandsetzungen sowie Maßnahmen aufgrund des Nutzerbedarfs ebenfalls energetische Optimierungsmöglichkeiten betrachtet werden.

Die SPR hat AEC am 13.9.2019 im Rahmen eines Nachtrags zum Hauptauftrag mit der Erstellung von Energieausweisen sowie der Identifizierung und Bewertung von energetischen Optimierungsmaßnahmen für die Kulturimmobilien beauftragt.

Der vorliegende Bericht bezieht sich auf die Hamburgische Staatsoper („HSO“).

2. Grundlagen und Regelwerke

2.1 Energieeinsparverordnung (EnEV) / DIN 18599

Grundlage der Bewertung ist die Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV 2014).

Die EnEV verweist für die Berechnungen des Energiebedarfs auf DIN V 18599 Teil 1-11, Ausgabe 2011-12: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung.

Die EnEV wurde letztmalig im Dezember 2013 novelliert und ist seit dem 01.05.2014 baurechtlich anzuwenden (allgemeiner Sprachgebrauch: EnEV 2014). Für Bauvorhaben mit Bauantragstellung bzw. Bauanzeige ab dem 01.01.2016 gelten zum Teil verschärfte Anforderungen, es wurde dafür jedoch kein neues Regelwerk verfasst (allgemeiner Sprachgebrauch: EnEV 2016).

Die EnEV definiert Anforderungen an die bauliche und technische Qualität eines Gebäudes. Die Pflicht zur Anwendung der EnEV wird ausgelöst, wenn an einem Gebäude Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden, welche über übliche Instandhaltungsmaßnahmen hinausgehen. Bei denkmalgeschützten Bauwerken bestehen Ausnahmeregelungen, vgl. hierzu Abschnitt 2.4.

2.2 Begriffliche Erläuterungen

2.2.1 Endenergie

In der vorliegenden Bewertung wird die *Endenergie* als zentrale Größe zur Beurteilung der energetischen Effizienz verwendet. Ziel der FHH ist eine 30%ige Einsparung der Endenergie gegenüber dem Ist-Zustand. Der Begriff *Endenergie* lässt sich am besten mit einem Beispiel beschreiben:

Um ein Gebäude auf 20°C zu temperieren, ist, abhängig von der Qualität der Gebäudehülle, eine bestimmte Energiemenge nötig, welche als *Nutzenergie* bezeichnet wird.

Bei der Wärmeerzeugung, -speicherung, -verteilung und -übergabe treten Wärmeverluste auf, die zusätzlich zur Nutzenergie aufgebracht werden müssen. Die Summe aus den o.g. Verlusten und der Nutzenergie ist die *Endenergie* und in der Regel die einzukaufende Energiemenge.

Entsprechendes gilt analog auch für Lüftung, Kühlung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung.

2.2.2 Primärenergie

Die *Primärenergie* erweitert den Begriff der Endenergie um eine ökologische Komponente. Aus dem Endenergiebedarf wird über einen sog. Primärenergiefaktor der Einfluss von Energieaufwendungen bei Produktion, Gewinnung und Transport der Energieträger ergänzend berücksichtigt. Über den Primärenergiebedarf ist es möglich, Faktoren wie Nachhaltigkeit in der Energiegewinnung und Klimabilanz des verwendeten Energieträgers in der energetischen Bewertung zu berücksichtigen.

Der Primärenergiebedarf eines Gebäudes dient, neben dem mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten, als Haupt-Bewertungsfaktor in Energieausweisen und erlaubt einen direkten Vergleich zu den Bewertungsgrößen der KfW-Standards (vgl. Kapitel 7.5)

Zur wirtschaftlichen Bewertung von Sanierungsmaßnahmen ist diese Größe jedoch nicht geeignet, da sie im Unterschied zur Endenergie nicht die einzukaufende Energiemenge beschreibt.

2.2.3 CO₂-Emission

Für die ökologische Bewertung in Hinblick auf den Klimaschutz wird die Kenngröße der *CO₂-Emission* verwendet. Der CO₂ Ausstoß wird rechnerisch durch Multiplikation des Endenergieverbrauchs / -bedarfs mit den Emissionsfaktoren der zugehörigen Energieträger ermittelt.

Die CO₂ Emission wird insbesondere für eine auf den Klimaschutz ausgerichtete Bewertung herangezogen.

2.2.4 Spezifischer Transmissionswärmeverlust

Der spezifische, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene *Transmissionswärmeverlust* HT' ist ein Kennwert für die energetische Qualität der Gebäudehülle. Er beschreibt den flächenspezifischen Wärmeverlust je m² Hüllfläche und je Kelvin Temperaturdifferenz (innen zu außen) und wird in dieser Ausarbeitung zur Beurteilung der Wirksamkeit von Wärmedämmmaßnahmen verwendet.

2.3 Bedarfsorientierter Energieausweis nach DIN 18599

2.3.1 Grundlagen

Mit einem Energieausweis nach DIN 18599 wird die energetische Qualität von Gebäuden erfasst und untereinander vergleichbar gemacht. Aus diesem Grund folgen die Berechnungen einheitlichen Nutzungsszenarien und Nutzungsprofilen, welche softwareseitig hinterlegt sind.

Für die energetische Gebäudebilanzierung im Rahmen der Erstellung der Energieausweise nach DIN 18599 ist ein Berechnungsmodell erforderlich, welches neben der thermischen Gebäudehülle auch die Parameter der Haustechnik berücksichtigt.

Dazu wird aus den Gebäudeplänen ein digitales 3D-Modell angefertigt und in Nutzungszonen unterteilt (vgl. Kapitel 2.3.2). Mit Hilfe einer Berechnungssoftware werden die bautechnischen Kennwerte sowie andere relevante Parameter erfasst.

Ein Energieausweis gilt jeweils für ein vollständiges Gebäude. Wenn mehrere Gebäude eine Liegenschaft bilden, ist nach §17 EnEV je Gebäude ein Energieausweis auszustellen.

2.3.2 Zonierung

Die Zonierung wird nach den Rechenregeln der DIN 18599 erstellt und ist die Basis für die wärmeschutztechnischen Berechnungen eines Gebäudes. Die Zonenzuordnung für die Berechnung erfolgt auf Basis der Angaben zur Raumnutzung in den architektonischen Grundrissen. Dabei können einzelne kleine Räume, Raumbereiche und Versprünge übermessen bzw. anderen Zonen zugeordnet werden, wenn deren Einfluss auf das Resultat unerheblich ist.

Ein Detaillierungsgrad auf einzelne Räume ist nicht Ziel einer Zonierung nach DIN 18599. Ein Abgleich der Zonierung mit der architektonischen Raumplanung und mit den ausgewiesenen Kenngrößen (Nettogrundfläche, Gebäudevolumen, wärmeübertragende Umfassungsfläche) wird auf Grund der unterschiedlichen Regelwerke gewisse Abweichungen aufweisen.

Kleine Zonen dürfen nach den folgenden Regeln anderen Zonen zugeschlagen werden:

- Zonen mit einem Anteil von bis zu 5 % der Gesamtfläche des Gebäudes dürfen anderen Zonen mit gleichartiger technischer Konditionierung, jedoch abweichender Nutzung zugeschlagen werden, sofern sich die inneren Lasten der Zonen nicht erheblich unterscheiden. Hierbei ist eine Zone mit möglichst ähnlicher Nutzung und Art der heizungs- und raumluftechnischen Versorgungssysteme auszuwählen.
- Sehr kleine Zonen mit einem Anteil von bis zu 1 % der Gesamtfläche des Gebäudes dürfen auch bei abweichender Art der technischen Konditionierung einer anderen Zone zugeschlagen werden. Hierbei ist eine Zone mit Übereinstimmung in möglichst vielen Konditionierungsarten und mit möglichst ähnlicher Nutzung auszuwählen.¹

2.3.3 Datenaufnahme

Als Berechnungsgrundlage für das energetische Bilanzierungsmodell sind neben den Gebäudehüllflächen auch deren technische Kennwerte, hier vor allem der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) zu erfassen.

Sofern die für die Erstellung eines Energieausweises benötigten Angaben zur energetischen Qualität der Gebäudehülle, der technischen Gebäudeausstattung oder anderer Komponenten nicht vollständig vorliegen und

¹ DIN 18599-1 Kap. 6.3.4.

nicht anderweitig in Erfahrung gebracht werden können, können entsprechend der *Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand vom 7. April 2015*² die Bauteilqualitäten nach Baujahren eingeschätzt werden.

2.4 Denkmalschutz

Die meisten Gebäude des Kulturimmobilienportfolios stehen unter Denkmalschutz. Dieser Umstand hat wesentlichen Einfluss auf die Umsetzbarkeit von energetischen Sanierungsmaßnahmen. Grundsätzlich müssen energetische Sanierungsmaßnahmen im Einzelfall mit dem Denkmalschutz abgestimmt werden.

Im Rahmen dieses Projektes gab es noch keine konkrete Abstimmung mit dem Denkmalschutzamt zu den empfohlenen Maßnahmen. Daher wurden bei der Einschätzung der Durchführbarkeit aus der Erfahrung Annahmen getroffen, die im weiteren Prozess überprüft werden müssen, wie zum Beispiel:

- Dämmmaßnahmen an den Außenseiten von Fassaden erscheinen kaum genehmigungsfähig, da diese das Erscheinungsbild des Gebäudes erheblich beeinflussen würden.
- Maßnahmen an Fenstern wurden ebenfalls als umsetzbar angesehen, sofern die Gestaltung beibehalten wird. So können z.B. Bestandsrahmen mit neuer Verglasung ausgestattet werden oder Kastenfenster durch Installation eines zweiten, isolierverglasten Fensters auf der Innen- oder Außenseite energetisch optimiert werden.
- Bei der Installation von Photovoltaikanlagen bzw. solarthermischen Anlagen auf Dachflächen ist nach unserem Verständnis insbesondere die Einsehbarkeit der Anlage für die Genehmigungsfähigkeit entscheidend.

Sofern es sich um Baudenkmäler handelt, ist gemäß §16 Abs. 5 EnEV die Erstellung von Energieausweisen nicht gefordert.

Gemäß §24 EnEV kann bei denkmalgeschützten Gebäuden von den Anforderungen der EnEV abgewichen werden, wenn das äußere Erscheinungsbild beeinträchtigt wird oder Maßnahmen zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand führen.

² Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit vom 7.4.2015

3. Vorgehensweise

3.1 Bearbeitungsschritte

Die vorliegende Bewertung umfasst die folgenden Schritte:

- Schritt 1: Energetische Bestandsaufnahme inkl. Erstellung eines bedarfsorientierten Energieausweises für das bestehende Gebäude. Der Energieausweis (als Entwurf, d.h. ohne Registriernummer) bildet den energetischen Ist-Zustand von HSO ab (vgl. Kapitel 4 und Anhang A1)
- Schritt 2: Die energetisch relevanten Sanierungsmaßnahmen und Nutzerbedarfe, die im Rahmen der Bestands- und Bedarfsanalyse durch AECOM erfasst wurden, werden rechnerisch bewertet und in einem weiteren Energieausweis (als Entwurf) dargestellt. Dieser zeigt den energetischen Zustand nach der Generalsanierung (vgl. Kapitel 5 und Anhang A3)
- Schritt 3: Im dritten Schritt werden zusätzlich mögliche, in Abstimmung mit der SPR ausgewählte energetische Optimierungsmaßnahmen energetisch bewertet (Kapitel 6 bis 7)

Sofern aus den in der Zustandsbewertung erfassten Maßnahmen der Generalsanierung oder aus Nutzerwünschen Änderungen in den Grundrissen oder Flächennutzungen (Verschieben von Flächen, Gebäudeerweiterungen) resultieren, werden diese im Rahmen der energetischen Betrachtung rechnerisch nicht berücksichtigt, da eine Vergleichbarkeit mit dem Bestand (Schritt 1) nicht mehr gegeben wäre. Außerdem fehlen für eine qualifizierte Berücksichtigung derzeit entsprechende Planungen.

3.2 Erstellung der Energieausweise

Die HSO umfasst ein zusammenhängendes Gebäudevolumen mit drei Gebäudeteilen, welches gemäß DIN 18599 zusammenhängend betrachtet wird und für das dementsprechend ein gemeinsamer Energieausweis angefertigt wurde.

Die auf Basis der vorliegenden Pläne angenommenen Nettogrundfläche nach DIN 18599 beträgt 31.532 m².

Der Detaillierungsgrad der den Energieausweisen zugrunde liegenden Rechenmodelle entspricht einem Mehrzonenmodell nach DIN 18599 unter Berücksichtigung der darin festgelegten Vereinfachungsregeln (vgl. auch Abschnitt 2.3.2)

Der Warmwasserbedarf wird grundsätzlich rechnerisch berücksichtigt, jedoch in untergeordneten Bereichen nach den Vereinfachungsregeln der DIN 18599 vernachlässigt, sofern der tägliche Bedarf weniger als 5 Liter Warmwasser je Person beträgt.

Das Gebäudeaufmaß bzw. die Ermittlung der Bauteilflächen erfolgt über die Erstellung und Konvertierung eines 3D-Modells mit der Software SolarComputer K12 V 5.24.01. Die energetischen Berechnungen erfolgen mit der Software SolarComputer B55 V 5.24.01.

AECOM hat die Energieausweise nicht an die zuständige Stelle eingereicht und registrieren lassen, da

- für unter Denkmalschutz stehende Gebäude keine Aushangpflicht für einen Energieausweis besteht;
- mit der Generalsanierung der derzeitige Zustand überholt sein wird, so dass der Bestandsausweis insofern nicht relevant ist;
- ein Energieausweis für einen zukünftigen Zustand nach Generalsanierung nicht registriert werden kann.

Aufgrund der fehlenden Registrierung sind die von AECOM erstellten und diesem Bericht beigelegten Energieausweise als „Entwurf“ gekennzeichnet. Diese Einschränkung bezieht sich lediglich auf den formellen Status, nicht jedoch auf deren Inhalt.

3.3 Emissionsfaktoren

Als Emissionsfaktor für die Fernwärmeversorgung in Hamburg ist durch die Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA) für den bis zum 07.04.2020 gültigen Primärenergiefaktor (fp) von 0,57 ein Wert von 312 g/kWh sowie für den ab dem 08.04.2020 gültigen fp von 0,36 ein Wert von 175 g/kWh festgelegt worden.

AECOM hat in Abstimmung mit der SPR den Bestand (Variante B) einheitlich mit den höheren Werten gerechnet (0,57 bzw. 312 g/kWh). Für die Generalsanierung (Variante G) sowie alle weiteren Berechnungen wurden die aktuellen, niedrigeren Werten verwendet.

Als Emissionsfaktor für Strom hat AECOM gem. DIN 18599 einen Wert von 595 g/kWh zu Grunde gelegt.

3.4 Begehung und verfügbare Daten

Grundlage der Bestandsbewertung war der Zustand der Liegenschaft zum Zeitpunkt der Begehung am 04.12.2019.

Für die Bewertung des Energiebedarfs nach der Generalsanierung wurden Sanierungen bzw. Modernisierungen aus dem Maßnahmenprogramm gemäß Bestands- und Bedarfsanalyse, Zwischenergebnisse vom 06.03.2020 bei der Berechnung berücksichtigt, die einen relevanten Einfluss auf den Energiebedarf des gesamten Gebäudes haben.

Die Bauteilqualitäten im Bestand wurden anhand von visuellen Einschätzungen vor Ort sowie vorliegender Unterlagen bestimmt. Eine zerstörende Untersuchung der Bauteile (z.B. durch Kernbohrung) wurde nicht durchgeführt. Sofern benötigte Angaben zum Gebäude nicht vorlagen, wurden diese auf Basis technisch anerkannter Regelwerke abgeschätzt bzw. angenommen (vgl. Abschnitt 2.3.3).

Als Grundlage der Bewertung dienten darüber hinaus:

- Bühnenhaus + Zuschauerhaus: Architekturpläne, Stand 1953-1954, 1995-1997
- Betriebsgebäude: Architekturpläne, Stand 2001-2004
- Abstimmungsgespräche mit fachlich Beteiligten

Die Beurteilung der genehmigungsrechtlichen und technischen Umsetzbarkeit von zusätzlichen energetischen Modernisierungsmaßnahmen, sowie ihrer Auswirkungen auf Energiebedarf und CO₂-Ausstoß erfolgte basierend auf Erfahrungswerten.

3.5 Verwendete Terminologie

Die von AECOM im Rahmen der Bestands- und Bedarfsanalyse des HSO erfassten Maßnahmen beeinflussen teilweise den Energieverbrauch und führen zu einer Optimierung der energetischen Qualität. Sie werden im vorliegenden Bericht daher auch „*Modernisierungsmaßnahmen*“ genannt.

Beim Vergleich der Bestandssituation mit dem energetischen Zustand nach Generalsanierung bzw. bei Umsetzung zusätzlicher Modernisierungsmaßnahmen wird im Bericht folgende Terminologie verwendet:

B Bestand (vgl. Energieausweis in Anhang A1)

G Generalsanierung (vgl. Energieausweis in Anhang A3)

Z1 - Zx: G + jeweils eine weitere zusätzliche energetische Maßnahme

MP: G + Maßnahmenpaket aus einer mit SPR abgestimmten Kombination von Maßnahmen zur Darstellung des maximal erreichbaren energetischen Einsparpotentials. Bei widersprüchlichen Kombinationen wurde die gesamtenergetisch sinnvollere Maßnahme berücksichtigt.

Die Varianten **G**, **Z** und **MP** werden jeweils mit **B** verglichen. **MP** wird zudem mit den Anforderungswerten der KfW verglichen.

3.6 Angaben zu Kosten

Alle im Bericht genannten Kosten verstehen sich einschließlich Mehrwertsteuer von 19% und 40% Baunebenkosten, sofern nicht anders angegeben.

3.7 Darstellung von Energiebedarfen in Form von Bandtachos

Die Darstellung des Primärenergiebedarfs in diesem Bericht in Form eines „Bandtachos“, wie z.B. in Abbildung 1, erfolgt softwareseitig und kann nicht angepasst werden. Dadurch ergeben sich zwischen den betrachteten Varianten ggf. unterschiedliche Skalen, die die grafische Darstellung beeinflussen und bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden sollten.

Bei der Bewertung des angegebenen Primärenergiebedarfs sollte berücksichtigt werden, dass dieser nicht den voraussichtlichen Verbrauch widerspiegelt, sondern aufgrund des berücksichtigten Primärenergiefaktors deutlich unter diesem liegen kann.

Wir weisen außerdem darauf hin, dass die in diesem Bericht verwendete Darstellungsform des Bandtachos von der Darstellung in den Berichten zu anderen Liegenschaften abweichen kann, die mit einer anderen Software berechnet wurden.

3.8 Einschränkungen

Die vorgelegten Ergebnisse basieren auf den in diesem Bericht genannten Randbedingungen. Darüber hinaus sind die folgenden Einschränkungen zu berücksichtigen:

- Die in diesem Bericht angesetzten Energiebedarfe wurden basierend auf den verfügbaren Informationen und den Regeln der DIN 18599 ermittelt. Der tatsächliche Energieverbrauch des Gebäudes kann von den berechneten Werten abweichen. Vgl. hierzu auch Abschnitt 8.
- Im Sinne des Zieles der FHH, den Endenergiebedarf für Bestandsimmobilien deutlich zu verringern, beschränkt sich diese Untersuchung grundsätzlich auf die Betrachtung solcher energetischer Optimierungsmaßnahmen, die erfahrungsgemäß einen relevanten Einfluss auf den Energiebedarf des Gesamtgebäudes haben, wie beispielsweise die Erneuerung der Fenster. Andere Maßnahmen, die im Kontext einer energetischen Sanierung ebenfalls sinnvoll sein können, aber üblicherweise nur einen geringen Anteil am Endenergiebedarf haben, wie beispielsweise die Erneuerung der Außentüren aufgrund ihres geringen Flächenanteils, werden nicht betrachtet. Im Rahmen der Planung sollte das Sanierungsprogramm daraufhin überprüft werden.
- Planungsleistungen waren nicht Bestandteil der Bearbeitung und die vorliegenden Ergebnisse stellen keine Planung dar. Die dargestellten Optionen zur energetischen Optimierung sollten im Rahmen der Planung durch den Architekten und/oder Fachingenieure geprüft und detailliert werden.
- Im Fokus der Bewertung stehen energetische Optimierungspotentiale, nicht jedoch eine wirtschaftliche Bewertung, die über eine grobe Abschätzung der Baukosten hinausgeht.
- Die angegebenen Kosten sind grob überschlägig auf Basis begrenzter Informationen und ohne zugrunde liegende Planung geschätzt. Die tatsächlichen Baukosten können erheblich abweichen.
- Eine Überprüfung der Umsetzbarkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen hat AECOM nicht durchgeführt, z.B. hinsichtlich der Tragfähigkeit von Dächern oder der Genehmigungsfähigkeit von Maßnahmen in denkmalgeschützten Gebäuden.
- Die im Bericht dargestellten zusätzlichen Maßnahmen und einschließlich des Maßnahmenpakets MP sind nicht als Empfehlung von AECOM zu verstehen, diese umzusetzen.
- Die im Rahmen dieses Berichtes angefertigten und als Anlagen angehängten Energieausweise dienen lediglich informativen Zwecken. Eine Verwendung in Immobilienanzeigen (gemäß §16a) ist ebenso ausgeschlossen wie das Aushängen gemäß §16 Abs. 3 und 4 EnEV. Modernisierungsempfehlungen gemäß §20 EnEV werden nicht ausgegeben.

4. Energetische Situation des Bestandsgebäudes

Die Hamburgische Staatsoper umfasst das Zuschauerhaus, das Bühnenhaus und das Betriebsgebäude, die räumlich miteinander verbunden sind.

- Im Zuschauerhaus befinden sich im Wesentlichen die für Publikum zugänglichen Bereiche sowie kleinere Nutzungsbereiche, die im direkten Zusammenhang mit dem Veranstaltungen stehen.
- Im Bühnenhaus sind im Wesentlichen die Bühne sowie Garderoben und Technikflächen untergebracht.
- Das Betriebsgebäude beinhaltet u.a. Proberäume, Werkstätten, Büros, Garderoben und Technik.

Die Gebäudeteile haben unterschiedliche Baujahre. Das Bühnenhaus ist von 1926 und das (derzeitige) Zuschauerhaus von 1956. Im Jahr 2004 wurden die HSO durch das Betriebsgebäude baulich ergänzt.

Die nachfolgenden Aufstellungen zur Gebäudehülle und zur Haustechnik fassen die aufgenommenen und für die energetische Betrachtung angesetzten Parameter zusammen. Soweit Informationen nicht verfügbar waren, wurden Annahmen getroffen und Erkenntnisse aus Ortsterminen und Abstimmungsgesprächen berücksichtigt.

4.1 Bestandsbewertung

4.1.1 Gebäudehülle

Die in der Berechnung angesetzten Bauteilkennwerte (U-Werte) sind in Tabelle 3 dargestellt. Für weitere Information siehe Anhang A4.

Tabelle 3: Energetische Kennwerte der Gebäudehülle

Kürzel	Bezeichnung	U-Wert W/(m²K)
Außenfenster		
AF01	Außenfenster ZH (eigene Erm.)	1.600
AF02	Außenfenster BTG (eigene Erm.)	1.400
AF03	Außenfenster BH (eigene Erm.)	1.400
AF04	Neu: Außenfenster 2-fach	1.300
AF05	Neu: Außenfenster 3-fach	0.900
Außentür		
AT01	Außentür ZH (eigene Erm.)	2.500
AT02	Außentür BH/BTG (eigene Erm.)	2.500
AT03	Neu: Außentür ZH/BH (eigene Erm.)	1.800
Außenwand		
AW02	AW g. Bestand BTG	0.500
AW03	AW g. Außenluft ZH (eigene Erm.)	0.260
AW04	AW g. Außenluft BTG (eigene Erm.)	0.350
AW05	AW g. Außenluft BH (Literatur)	1.500
AW06	AW g. Erde ZH (Literatur)	1.500
AW07	AW g. Erde BTG (Annahme)	0.700
AW08	AW g. Erde BH (Literatur)	1.500
AW09	Neu: AW Innendämmung 8 cm 042	0.390
AW10	Neu: AW Außendämmung 16 cm 035	0.200
Dach		
DA01	Dach BH 2004 saniert 16cm (Annahme)	0.250
DA02	Dach BTG 2004 16cm (eigene Erm.)	0.250
DA03	Dach ZH 2004 saniert 16cm (Annahme)	0.250
DA04	Decke g. Außenluft 16cm (Annahme)	0.250
Fußboden		
FB01	Decke g. Außenluft	0.500
FB02	FB g. Innenluft	0.500
FB04	FB g. Erdreich ZH (Literatur)	1.600
FB05	FB g. Erdreich BH (Literatur)	1.600
FB06	FB g. Erdreich BTG (Literatur)	0.600

4.1.2 Technische Ausstattung

Heizungsanlage

- Wärmeerzeugung durch Anschluss an das Hamburger Fernwärmenetz
- Übergabestation innerhalb der thermischen Hülle
- Wärmeübergabe durch Heizkörper und Lüftungsanlagen
- Lager, Verkehrsflächen und Nebenflächen werden als niedrig beheizt betrachtet (12-19°C)
- Raumtemperaturregelung über Thermostatventile
- Vorlauf / Rücklauf 70°/50° C

Trinkwarmwasserbereitung

- Zentrale Warmwasserversorgung

Kühlung

Anlagen zur Kühlung von nachfolgenden Räumen wurden berücksichtigt:

- Zuschauerraum + Bühne, Proberäume, Werkstätten, Umkleiden

Raumluftechnische Anlagen

RLT Anlagen für die Belüftung von nachfolgenden Räumen wurden berücksichtigt:

- Zu- und Abluft in Zuschauerraum, Bühne, Proberäume, Werkstätten, Magazin, Umkleiden, Foyers, Garderoben 1.UG, Kantine, Lager (mit Wärmerückgewinnung)
- Zu- und Abluft in WC/Sanitär, Personal, Garderobe 2.UG, Stimmzimmer (ohne Wärmerückgewinnung)

Beleuchtung

Überwiegend Leuchtstoffröhren wurden in allen Bereichen berücksichtigt.

4.1.3 Energetische Bewertung der Bestandssituation (B)

Die Staatsoper wird aus energetischer Sicht insgesamt als verbesserungswürdig bewertet.

- Die Fenster sind 2001 – 2006. Insbesondere die älteren Fenster entsprechen wahrscheinlich nicht dem heutigen energetischen Standard.
- Für die Dachflächen ist eine Sanierung im Jahr 2004 durchgeführt worden (bzw. im Betriebsgebäude das Dach 2004 errichtet worden). Es wird aus diesem Grund eine Dämmung von 16 cm angenommen.
- Die Außenwand des Zuschauerhauses ist mit 15 cm Stärke gegen Außenluft gedämmt. Die Außenwand des Bühnenhauses ist ungedämmt. Die Wände gegen das Erdreich sind hier ungedämmt. Für das Betriebsgebäude ist die Dämmstärke der Wände nicht bekannt. Es werden hier Anforderungswerte der EnEV 2002 zugrunde gelegt.
- Die Bodenplatten des Zuschauerhauses und des Bühnenhauses sind ungedämmt. Für die Bodenplatte des Betriebsgebäudes wird eine Dämmung ca. 6 cm angenommen.
- In Bezug auf die Gebäudetechnik sind im Wesentlichen ältere Komponenten vorhanden, die ertüchtigt werden sollten.

Tabelle 4 zeigt die Bauteiltransmission im Bestand, sortiert nach Transmission absolut. Danach entstehen ca. 25 % der Transmissionswärmeverluste über die ungedämmte Außenwand des Bühnenhauses. Weitere ca. 21 % der Transmissionswärme geht über Fenster verloren. Der verhältnismäßig hohe Anteil liegt nicht nur im Zustand der Fenster, sondern auch in dem relativ großen Flächenanteil begründet. Über die Wände gegen Erdreich sind ca. 19 % der Transmissionswärmeverluste zu verzeichnen. Die Wandbauteile sind insofern die wichtigsten Ansatzpunkte zur energetischen Verbesserung der Staatsoper, gefolgt von den Fenstern.

Tabelle 4: Transmissionswerte im Bestand nach Bauteilen

Bauteil	U-Wert W/(m²K)	Fläche		Transmission	
		m²	%	kWh	%
AW05 - AW g. Außenluft BH (Literatur)	1.500	2741.45	12.10	368835.99	25.46
AF02 - Außenfenster BTG (eigene Erm.)	1.400	1245.99	5.50	161051.90	11.12
AW04 - AW g. Außenluft BTG (eigene Erm.)	0.350	3320.13	14.66	133380.55	9.21
AW07 - AW g. Erde BTG (Annahme)	0.700	1729.83	7.64	130427.11	9.00
AF01 - Außenfenster ZH (eigene Erm.)	1.600	661.49	2.92	101661.44	7.02
DA02 - Dach BTG 2004 16cm (eigene Erm.)	0.250	2798.34	12.35	90597.23	6.25
AW08 - AW g. Erde BH (Literatur)	1.500	595.79	2.63	79377.80	5.48
AW03 - AW g. Außenluft ZH (eigene Erm.)	0.260	2080.69	9.18	69485.09	4.80
AW06 - AW g. Erde ZH (Literatur)	1.500	447.50	1.98	66360.54	4.58
AF03 - Außenfenster BH (eigene Erm.)	1.400	375.11	1.66	49085.95	3.39
DA01 - Dach BH 2004 saniert 16cm (Annahme)	0.250	1632.84	7.21	47686.84	3.29
FB06 - FB g. Erdreich BTG (Literatur)	0.600	2339.26	10.33	42680.35	2.95
DA03 - Dach ZH 2004 saniert 16cm (Annahme)	0.250	1208.24	5.33	38143.35	2.63
FB04 - FB g. Erdreich ZH (Literatur)	1.600	714.33	3.15	31375.31	2.17
DA04 - Decke g. Außenluft 16cm (Annahme)	0.250	420.95	1.86	13504.17	0.93
FB05 - FB g. Erdreich BH (Literatur)	1.600	284.69	1.26	11293.76	0.78
AT01 - Außentür ZH (eigene Erm.)	2.500	42.90	0.19	10519.54	0.73
AT02 - Außentür BH/BTG (eigene Erm.)	2.500	14.26	0.06	3411.18	0.24
FB02 - FB g. Innenluft	0.500	1.07	0.00	59.07	0.00
Gesamt:		22654.86	100.00	1448937.20	100.00

Der spezifische Transmissionswärmeverlust der Gebäudehülle beträgt im Bestand 0,725 W/m²K.

Der errechnete, derzeitige Primärenergiebedarf der Staatsoper ist in Abbildung 1 dargestellt.

Der entsprechende Energieausweis ist diesem Bericht als Anhang A1 beigelegt.

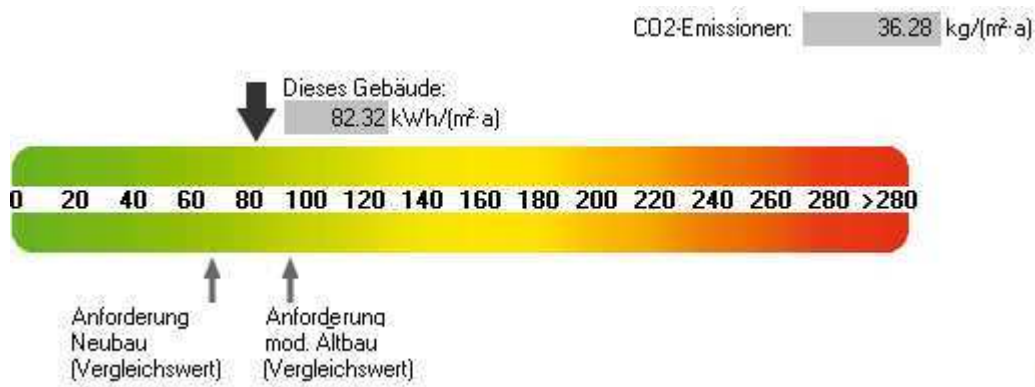


Abbildung 1: Primärenergiebedarf im Bestand (B)

5. Energetische Verbesserung durch die Generalsanierung

Im Rahmen der Bestands- und Bedarfsanalyse hat AECOM Modernisierungsmaßnahmen identifiziert, die aus unterschiedlichen Gründen erforderlich sind. Im Zuge der vorliegenden Bewertung wurden diese in ihren energetischen Auswirkungen als Gesamtpaket betrachtet und berechnet. Zur energetischen Bewertung der vorgesehenen Generalsanierung siehe Abschnitt 7 sowie Anhang A4.

Für die Staatsoper wurden folgende Sanierungsmaßnahmen mit energetischer Relevanz erfasst:

HSO Zuschauerhaus + Bühnenhaus

- Installation Photovoltaik-Anlage 80 m²
- Installation Solarthermieanlage 20 m²
- Dämmung Rohrleitungen
- Erneuerung Plattenwärmetauscher (Rückwärmezahl 75 % angesetzt)
- Erneuerung Thermostatventile
- Erneuerung Pumpen, Regelventile und Steuereinrichtungen
- Erneuerung Lüftungsanlage 5, WC, Zu- und Abluft
- Erneuerung Lüftungsanlage 6, Eisspeicher/Werkstatt, Zu- und Abluft
- Erneuerung Lüftungsanlage 1, Abluft Zuschauer Stadtseite, Abluft
- Erneuerung Lüftungsanlage 1, Abluft Zuschauer Landseite, Abluft
- Erneuerung Lüftungsanlage 1, Zuluft Zuschauer, Zuluft + Luftleitungsnetz
- Erneuerung Lüftungsanlage 2, Abluft Raucher, Abluft
- Erneuerung Lüftungsanlage 2, Abluft Nichtraucher, Abluft
- Erneuerung Lüftungsanlage 2, Foyer, Zuluft + Luftleitungsnetz
- Erneuerung Lüftungsanlage 3, Garderobe, Zu- und Abluft + Luftleitungsnetz
- Erneuerung Lüftungsanlage 4, Stimmzimmer, Zu- und Abluft + Luftleitungsnetz
- Erneuerung Lüftungsanlage, Beleuchterraum, Zu- und Abluft + Luftleitungsnetz
- Umstellung auf LED-Beleuchtung
- Installation Klimatisierung Garderobe Foyer

HSO Betriebsgebäude

- Installation Photovoltaik-Anlage 100 m²
- Installation Solarthermieanlage 20 m²
- Erneuerung der zentralen Trinkwarmwasserbereitung
- Erneuerung Pumpen, Regelventile und Steuereinrichtungen
- Erneuerung Lüftungsanlage Aufbauraum (außer Luftleitungsnetz)
- Erneuerung Lüftungsanlage Lager (außer Luftleitungsnetz)
- Erneuerung Lüftungsanlage WC/Umkleiden (außer Luftleitungsnetz)
- Erneuerung Lüftungsanlage Werkstatt B8 (außer Luftleitungsnetz)
- Erneuerung Zu- und Abluft Küche B14, Zu- und Abluft (außer Luftleitungsnetz)
- Erneuerung Vollklimaanlage Probebühne 1, (außer Luftleitungsnetz)
- Erneuerung Vollklimaanlage Probebühne 2, (außer Luftleitungsnetz)
- Erneuerung Vollklimaanlage Probebühne 3, (außer Luftleitungsnetz)
- Erneuerung Vollklimaanlage Studio, (außer Luftleitungsnetz)
- Erneuerung Vollklimaanlage Chor-Orch.-Solo-Probe B6, (außer Luftleitungsnetz)
- Erneuerung Vollklimaanlage Ballettsaal B7, (außer Luftleitungsnetz)
- Dämmung Rohrleitungen
- Umstellung auf LED-Beleuchtung
- Erneuerung Thermostatventile

Die in der Bestands- und Bedarfsanalyse festgehaltenen Maßnahmen zum Nutzerbedarf haben keinen wesentlichen Einfluss auf den Energiebedarf.

6. Zusätzliche energetische Optimierungsmaßnahmen

6.1 Auswahl der zu betrachtenden Maßnahmen

In Tabelle 5 sind Maßnahmen aufgeführt, die generell geeignet sind, um den Energiebedarf und damit verbunden den CO₂-Ausstoß zu reduzieren. Für jede Maßnahme ist stichwortartig kommentiert, inwiefern diese eine sinnvolle Option sein kann.

Für die weitere Untersuchung wurden Maßnahmen ausgewählt, die unter Berücksichtigung der örtlichen Rahmenbedingungen, insbesondere des Denkmalschutzes, den größten energetischen Nutzen erwarten lassen. Die angegebene Auswahl wurde mit der Sprinkenhof im Zuge der Bearbeitung abgestimmt.

Tabelle 5: Auswahl zusätzlicher energetischer Optimierungsmaßnahmen

Maßnahme	Argumentation	Auswahl	Maßnahmenpaket
Dämmung der Dachfläche / obersten Geschossdecke	- Es wird gemäß erfolgter Dachsanierungen eine Dachdämmung angenommen. Eine Erhöhung der Dämmstärke ist prinzipiell möglich, der energetische Nutzen jedoch vermutlich begrenzt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dämmung der Kellerdecken	- Entfällt, da kein unbeheizter Keller vorhanden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Austausch der Fenster in 2-fach Verglasung (ggf. inkl. Sonnenschutz)	- Fenster aus dem Jahr 2001 – 2006, Austausch der Fenster zumindest von 2001 empfehlenswert - Prüfung der tatsächlichen Bestandsqualität vor Austausch zu empfehlen - Abstimmung mit dem Denkmalschutz erforderlich	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Austausch der Fenster in 3-fach Verglasung	- Erneuerung aller Fenster, einschl. vorh. Fenster mit 2-Scheiben-Isolierverglasung, mit 3-fach-Verglasung, $U_w = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Höherer energetischer Nutzen im Vergleich zu 2-fach-Verglasung - Abstimmung mit dem Denkmalschutz erforderlich	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Außendämmung der Fassade	- Nur für das Bühnenhaus relevant, da ungedämmte Außenwand - Voraussichtlich hoher energetischer Nutzen und positiver Einfluss auf thermische Behaglichkeit - Abstimmung mit dem Denkmalschutz erforderlich	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Innendämmung der Fassade	- Für Bühnenhaus sowie Zuschauerhaus zu Erdreich relevant - Abstimmung mit Denkmalschutz, Umsetzung erscheint möglich - Relativ hoher Aufwand bei Planung und Umsetzung, (Minimierung von Wärmebrücken, Flankendämmung...), Verkleinerung der Fläche, Raumnutzung während der Baumaßnahme eingeschränkt - Voraussichtlich hoher energetischer Nutzen und positiver Einfluss auf thermische Behaglichkeit im Winter, ggf. Nachteile im Sommer.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Erneuerung Außentüren	- Aufgrund des üblicherweise kleinen Flächenanteils mit relativ geringem energetischem Nutzen, aber positivem Effekt auf die Luftdichtigkeit - Abstimmung mit Denkmalschutz erforderlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Austausch der Beleuchtung	- Bereits im Programm der Generalsanierung vorgesehen - Energetischer Einfluss auf das Gesamtgebäude mittel - Maßnahme empfehlenswert und sinnvoll	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Maßnahme	Argumentation	Auswahl	Maßnahmenpaket
Photovoltaik	<ul style="list-style-type: none"> - Ermöglicht regenerative Energieerzeugung am Standort - Installation einer PV-Anlage ist im Programm der Generalsanierung vorgesehen - Energetischer Nutzen abhängig von Anlagengröße, Strombedarf im Gebäude, Speicherdimensionierung - Bemessung und mögliche Deckungsanteile müssen im Rahmen der Planung geprüft werden. 	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Solarthermie	<ul style="list-style-type: none"> - Ermöglicht regenerative Energieerzeugung am Standort - Standortvoraussetzungen grundsätzlich gegeben (ähnlich wie für Photovoltaik) - Installation einer Solarthermie-Anlage ist im Programm der Generalsanierung vorgesehen - Die insgesamt nutzbare Wärmemenge ist abschätzungsweise eher gering. Bemessung und mögliche Deckungsanteile müssten im Zuge einer Planung geprüft werden. 	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Geothermie und Umweltwärme	<ul style="list-style-type: none"> - Ermöglicht regenerative Energieerzeugung am Standort - Möglichkeit von Bohrungen für Erdsonden wäre zu klären - Nutzung nur in Verbindung mit Flächenheizung (z.B. Fußbodenheizung, Deckenheizung) effizient (niedrige Vorlauftemperaturen). - Umrüstung der bestehenden Heizkörperanlage sehr aufwändig 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biomasse	<ul style="list-style-type: none"> - Ermöglicht regenerative Energieerzeugung am Standort. - Vorratshaltung für Brennstoff erforderlich mit entsprechendem Platzbedarf - Großer Pufferspeicher erforderlich, Biomassewärmerezeuger können in der Regel nur in geringem Maß die Leistung anpassen - Höherer Wartungsaufwand im Betrieb (z.B. Ascheentsorgung) - Bemessung müsste im Rahmen einer Planung geprüft werden. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Austausch des Wärmerezeugers	<ul style="list-style-type: none"> - Vorhandene Übergabesysteme (Heizkörper) sind für Hochtemperatursysteme ausgelegt (Gaskessel, BHKW, Fernwärme) - Ein Wechsel auf BHKW oder Gaskessel erscheint nicht sinnvoll, da keine nennenswerte Endenergieeinsparung und hoher Umrüstungsaufwand - Je nach System CO₂-Ersparnis möglich (abhängig vom Emissionsfaktor der Fernwärme) - Wechsel auf regenerative Energie erscheint unrealistisch, da keine Niedertemperatur-Flächenheizsysteme vorhanden 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Optimierung TGA, Erzeugung und Übergabe	<ul style="list-style-type: none"> - Bereits im Programm der Generalsanierung vorgesehen - Mittlerer Umsetzungsaufwand - Geringer bis mittlerer energetischer Nutzen, je nach Umfang 	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Optimierung Luftdichtheit, Blower Door Messung	<ul style="list-style-type: none"> - Durch Luftdichtheitsprüfung bzw. Leckageortung lässt sich schnell eine Einschätzung zur Luftdichtheit des Gesamtgebäudes erreichen - Durch Verbesserung der Luftdichtigkeit lassen sich unkontrollierte Wärmeverluste vermeiden - Geringer Umsetzungsaufwand für die Prüfung - Energetischer Nutzen ist abhängig von Ist-Zustand und Optimierungspotential 	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

6.2 Rahmenbedingungen zur Nutzung regenerativer Energien

Die HSO verfügt über einen Fernwärmeanschluss, über den sie bereits heute anteilig regenerativ erzeugte Energie für die Gebäudeheizung bezieht. Die ab April 2020 gültigen, verbesserten energetischen Kennwerte (Primärenergiefaktor f_p 0,36 statt bisher 0,57, Emissionsfaktor 175 g/kWh statt 312 g/kWh) dokumentieren einen wachsenden Anteil ökologisch sinnvoll genutzter Energiequellen bei der Hamburger Fernwärmeversorgung.

Im Rahmen der Generalsanierung ist vorgesehen, eine Photovoltaik-Anlage auf den Dachflächen des Gebäudes zu installieren und damit einen Beitrag zur regenerativen Stromerzeugung zu leisten. Zusätzlich ist eine Solarthermieanlage zur Trinkwarmwassererwärmung geplant. Diese Maßnahmen hat AECOM für die Berechnung der energetischen Einsparung durch die Generalsanierung (Variante G) berücksichtigt.

Die Installation anderer Formen regenerativer Energieerzeugung erscheint vor dem Hintergrund der bestehenden Fernwärmeversorgung, der vorgesehenen Installation von PV- und Solarthermieanlagen und den mit anderen Systemen verbundenen Einschränkungen nicht empfehlenswert.

7. Berechnungen zum energetischen Optimierungspotential

In diesem Kapitel werden die Berechnungsergebnisse der ausgewählten Maßnahmen dargestellt und kommentiert. Vorangestellt in Abschnitt 7.1 ist eine vergleichende Gegenüberstellung.

7.1 Vergleichende Gegenüberstellung

Tabelle 6: Ergebnisübersicht Endenergiebedarf

Endenergie						
	Bestand	G: Generalsanierung	Z1: G+Innendämmu	Z2: Außen-/Innendä	Z3: G+Fenster 2-fac	Z4: G+Fenster 3-fac
Beleuchtung	14.3 kWh/m²	11.8 kWh/m²	11.8 kWh/m²	11.8 kWh/m²	11.8 kWh/m²	11.8 kWh/m²
Heizung	72.2 kWh/m²	59.9 kWh/m²	48.1 kWh/m²	46.5 kWh/m²	59.4 kWh/m²	57.0 kWh/m²
Trinkwarmwasser	1.6 kWh/m²	1.1 kWh/m²	1.1 kWh/m²	1.1 kWh/m²	1.1 kWh/m²	1.1 kWh/m²
Kühlung	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²
Belüftung	7.4 kWh/m²	5.0 kWh/m²	5.0 kWh/m²	5.0 kWh/m²	5.0 kWh/m²	5.0 kWh/m²
Gesamt	95.9 kWh/m²	78.2 kWh/m²	66.4 kWh/m²	64.8 kWh/m²	77.7 kWh/m²	75.3 kWh/m²
Höhere Endenergie im Vergleich zum Bestand						
Niedrigere Endenergie im Vergleich zum Bestand						
Beleuchtung	---	-17.2 %	-17.2 %	-17.2 %	-17.2 %	-17.2 %
Heizung	---	-17.0 %	-33.4 %	-35.7 %	-17.7 %	-21.2 %
Trinkwarmwasser	---	-29.7 %	-29.7 %	-29.7 %	-29.7 %	-29.7 %
Kühlung	---	-10.9 %	-10.9 %	-10.9 %	-10.9 %	-10.9 %
Belüftung	---	-32.2 %	-32.2 %	-32.2 %	-32.2 %	-32.2 %
Gesamt	---	-18.4 %	-30.7 %	-32.5 %	-18.9 %	-21.5 %
Endenergie						
	Bestand	Z5: G+Luftdicht	Z6: G+MP			
Beleuchtung	14.3 kWh/m²	11.9 kWh/m²	11.8 kWh/m²			
Heizung	72.2 kWh/m²	51.2 kWh/m²	32.4 kWh/m²			
Trinkwarmwasser	1.6 kWh/m²	1.1 kWh/m²	1.1 kWh/m²			
Kühlung	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²			
Belüftung	7.4 kWh/m²	5.0 kWh/m²	5.0 kWh/m²			
Gesamt	95.9 kWh/m²	69.5 kWh/m²	50.7 kWh/m²			
Höhere Endenergie im Vergleich zum Bestand						
Niedrigere Endenergie im Vergleich zum Bestand						
Beleuchtung	---	-17.1 %	-17.3 %			
Heizung	---	-29.1 %	-55.2 %			
Trinkwarmwasser	---	-29.7 %	-29.7 %			
Kühlung	---	-10.6 %	-10.9 %			
Belüftung	---	-32.1 %	-32.2 %			
Gesamt	---	-27.5 %	-47.1 %			

- B** Bestand (vgl. Abschnitt 4.1)
G Generalsanierung (7.2)
G + Z1 Generalsanierung + Innendämmung (7.3.1)
G + Z2 Generalsanierung + Außen- / Innendämmung (7.3.2)
G + Z3 Generalsanierung + Austausch Fenster Bühnenhaus mit 2-fach Verglasung (7.3.3)
G + Z4 Generalsanierung + Austausch aller Fenster mit 3-fach Verglasung (7.3.4)
G + Z5 Generalsanierung + Verbesserung der Luftdichtigkeit (7.3.5)
G + Z6: Generalsanierung + Maßnahmenpaket (7.4)

In und Tabelle 7 sind die Ergebnisse der berechneten Varianten für den Endenergiebedarf und die CO₂-Einsparung dargestellt. Detaillierte Ergebnisse sind in den nachfolgenden Abschnitten sowie in Anhang A4 enthalten. Dort findet sich auch eine Darstellung des Nutz- und Primärenergiebedarfs.

Die Berechnungen zeigen, dass sich der Endenergiebedarf durch das vorgesehene Programm der Generalsanierung rechnerisch um gut 18% und die CO₂-Emissionen um rd. 42% reduzieren ließen. Den mit Abstand größten Einfluss am Endenergiebedarf hat die Gebäudeheizung. Durch die geplante Generalsanierung ergibt sich hier eine Verringerung von 72,2 kWh/m² auf 59,9 kWh/m².

Das Einsparziel der FHH von rd. 30% Endenergie würde demnach mit dem vorgesehenen Programm der Generalsanierung nicht erreicht werden. Weitere Einsparungen können mit zusätzlichen Maßnahmen erreicht werden, wie z.B. durch eine Dämmung der Außenwände von innen (Z1) oder von außen (Z2).

Das maximal erreichbare Potential zur Verringerung des Endenergiebedarfs durch sinnvoll Kombination von zusätzlichen Maßnahmen liegt bei rd. 47 % bzw. bei 56 % für die CO₂-Emissionen (Variante MP, siehe auch Abschnitt 7.4).

Tabelle 7: Ergebnisübersicht CO₂-Emission

CO ₂ -Emission						
	Bestand	G: Generalsanierung	Z1: G+Innendämmung	Z2: Außen-/Innendämmung	Z3: G+Fenster 2-fach	Z4: G+Fenster 3-fach
CO ₂ -Emission	36.3 kg/(m ² a)	21.0 kg/(m ² a)	18.9 kg/(m ² a)	18.6 kg/(m ² a)	20.9 kg/(m ² a)	20.5 kg/(m ² a)
Höhere CO ₂ -Emission im Vergleich zum Bestand	+50 % +25 % 0 %					
Niedrigere CO ₂ -Emission im Vergleich zum Bestand	-25 % -50 %					
Gesamt	---	-42.1 %	-47.9 %	-48.7 %	-42.3 %	-43.6 %
CO ₂ -Emission						
	Bestand	Z5: G+Luftdicht	Z6: G+MP			
CO ₂ -Emission	36.3 kg/(m ² a)	19.5 kg/(m ² a)	16.1 kg/(m ² a)			
Höhere CO ₂ -Emission im Vergleich zum Bestand						
Niedrigere CO ₂ -Emission im Vergleich zum Bestand						
Gesamt	---	-46.3 %	-55.5 %			

7.2 Energetische Optimierung durch Generalsanierung

Die im Rahmen der Generalsanierung vorgesehenen Maßnahmen würden den Endenergiebedarf rechnerisch um 18 % sowie den CO₂-Ausstoß um 42 % reduzieren. Detaillierte Ergebnisse sind in Anhang A4 dargestellt.

Der spezifische Transmissionswärmeverlust der Gebäudehülle verbessert sich durch die Generalsanierung gegenüber dem Bestand nicht.

Der resultierende Primärenergiebedarf ist in Abbildung 2 dargestellt.

Der Energieausweis zur Generalsanierung ist diesem Bericht als Anlage A3 beigelegt.

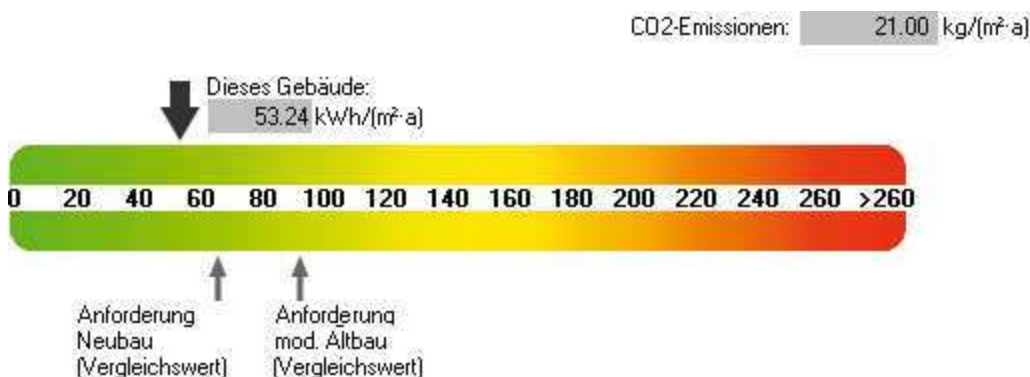


Abbildung 2: Primärenergiebedarf nach Generalsanierung (G)

7.3 Energetische Optimierung durch zusätzliche Modernisierungsmaßnahmen

7.3.1 Innendämmung der Außenwände (G + Z1)

Ergänzend zu den Maßnahmen der Generalsanierung (G) wurde eine Innendämmung der unterirdischen Außenwände des Zuschauerhauses sowie der ober- und unterirdischen Außenwände des Bühnenhauses untersucht (8 cm Calciumsilikatplatten der WLS 042). Insgesamt würde sich dadurch eine Einsparung von ca. 31% Endenergie (+ 13%) und ca. 48% CO₂ (+ 6%) gegenüber dem unsanierten Bestand ergeben, so dass das Einsparziel der FHH mit dieser Maßnahme auch für den Endenergiebedarf erreicht würde.

Der U-Wert der Außenwände von ca. 1,50 W/m²K (Literaturwert) wird auf ca. 0,39 W/m²K verbessert. Der Transmissionswärmeverlust sinkt durch diese Maßnahme gegenüber dem Bestand deutlich um ca. 26% (+26% gegenüber Variante G).

Das zusätzliche Einsparpotential der Einzelmaßnahme (Differenz zwischen Z1 und G) liegt bei ca. 12 kWh/m²a bzw. 20% (Wärme). Eine relevante Einsparung beim Strombedarf ergibt sich durch Innendämmung nicht.

Die resultierende Primärenergiebedarf ist in Abbildung 3 dargestellt.

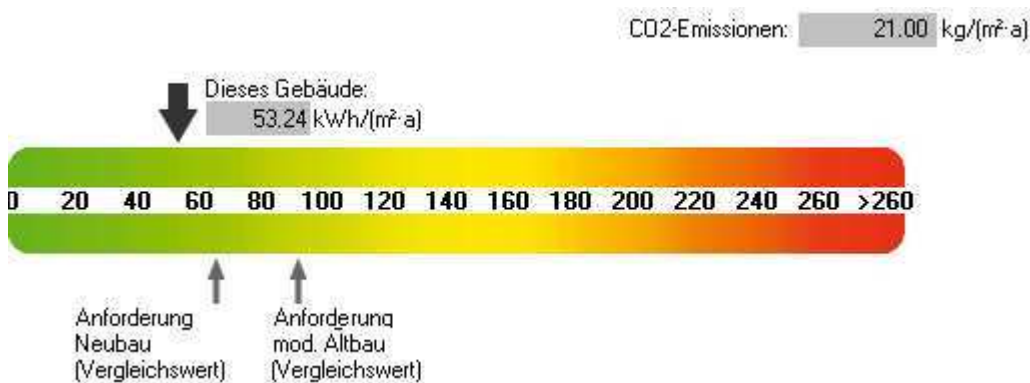


Abbildung 3: Primärenergiebedarf „Generalsanierung + Innendämmung“

Die Kosten für eine Innendämmung der Außenwände werden mit ca. 340 €/m² (netto) geschätzt. Bei einer Fläche von rd. 3.800 m² ergeben sich Gesamtkosten einschl. Baunebenkosten und Mehrwertsteuer in Höhe von rd. 2,15 Mio. €. Flankendämmung, Maler- / Spachtelarbeiten etc. gemittelt über mehrere Räume sind beinhaltet.

Es ist zu beachten, dass durch den Einbau einer Innendämmung die thermische Speichermasse des Gebäudes an der Außenwand deaktiviert wird. Dies führt ggf. zu Veränderungen der thermischen Behaglichkeit:

- Verbesserung des Komforts im Winter, da weniger „kalt strahlende“ Oberflächen
- Verschlechterung des Komforts im Sommer, da Temperaturspitzen weniger gepuffert werden
- Grundlegende Veränderungen in Bezug auf Heizlast und Wärmebedarf
 - Durch reduzierte Speichermasse schnelleres Abkühlen des Raumes, bspw. bei geöffneten Fenstern
 - Daraus folgend ggf. Anpassung der Wärmeübergabe erforderlich

Weiterhin sollte berücksichtigt werden, dass die an der Fassade liegenden Räume in ihrer Grundfläche um das Maß der Dämmstärke verkleinert werden.

Bei der Planung und Ausführung sollten folgende Punkte beachtet werden:

- Die zugrunde gelegte Dämmstärke stellt abschätzungsweise ein Optimum aus Dämmschichtstärke / energetischer Wirksamkeit, technischer Umsetzbarkeit (Verkleinerung der Raumgrundflächen) und ökonomischen Aspekten dar. Dieser Ansatz sollte im Rahmen der Planung verifiziert und nach Bedarf angepasst werden. Vgl. hierzu auch Abschnitt 7.5.
- Fachgerechte Bauteilanschlüsse und ggf. Flankendämmung, nach Erfordernis ergänzt durch Wärmebrückenberechnungen und thermische Simulationen.
- AECOM empfiehlt, eine feuchteverträgliche Innendämmung zu verwenden, z.B. Calciumsilikatplatten (Multopor) oder Schaumglas. Von der Verwendung von Mineralwolle in Vorsatzschalen wird abgeraten.
- Der durch die Dämmung resultierende geringere Heizwärmebedarf sollte im Falle der Erneuerung der Heizungsanlage bei deren Auslegung berücksichtigt werden.

7.3.2 Innen- + Außendämmung der Außenwände (G + Z2)

Alternativ zur Variante Z1 hat AECOM die Innendämmung der unterirdischen Außenwände des Zuschauerhauses und des Bühnenhauses (8 cm Calciumsilikatplatten der WLS 042), kombiniert mit einer Außendämmung der oberirdischen Außenwände des Bühnenhauses (16 cm WLS 035), untersucht. Insgesamt würde dadurch eine Einsparung von ca. 33% Endenergie (+ 14%) und ca. 49% CO₂ (+ 7%) gegenüber dem unsanierten Bestand erreicht, also noch etwas besser als in der Variante Z1.

Der U-Wert der Außenwände von ca. 1,50 W/m²K (Literaturwert) wird, bezogen auf Innendämmung, auf ca. 0,39 W/m²K verbessert. Bezogen auf die Außendämmung verringert sich der U-Wert der Außenwände von ca. 1,50 W/m²K (Literaturwert) auf ca. 0,20 W/m²K. Der Transmissionswärmeverlust sinkt gegenüber dem Bestand deutlich um ca. 29% (+29% gegenüber Variante G).

Die resultierende Primärenergiebedarf ist in Abbildung 3 dargestellt.

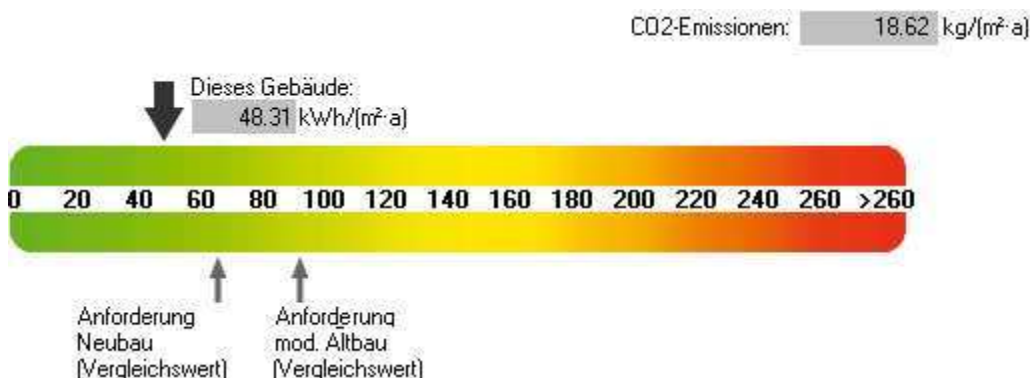


Abbildung 4: Primärenergiebedarf „Generalsanierung + Innen- + Außendämmung“

Das zusätzliche Einsparpotential der Einzelmaßnahme (Differenz zwischen Z1 und G) liegt bei ca. 13 kWh/m²a bzw. 22% (Wärme). Eine relevante Einsparung beim Strombedarf ergibt sich durch die Dämmmaßnahmen nicht.

Die Kostenprognose für diese Maßnahme ergibt sich wie folgt:

- Für die Innendämmung der Außenwände ist mit ca. 340 €/m² (netto) zu rechnen. Bei einer Fläche von ca. 1.050 m² ergeben sich Kosten von ca. 600.000 € (einschl. BNK und MwSt.). Flankendämmung, Maler- / Spachtelarbeiten etc. gemittelt über mehrere Räume sind beinhaltet.
- Für die Außendämmung von ca. 2.750 m² Außenwänden ist auf Basis eines EHP von 160 €/m² (netto) mit Kosten von ca. 730.000,- € zu rechnen.
- Insgesamt ergeben sich Gesamtkosten einschl. Baunebenkosten und Mehrwertsteuer in Höhe von 1,33 Mio. €.

Eine Außendämmung bietet im Gegensatz zur Innendämmung technische und wirtschaftliche Vorteile. Neben deutlich geringerer Kosten ist die Energieeinsparung etwas höher und die Thematik der Wärmebrücken bauphysikalisch einfacher zu lösen. Weiterhin geht im Innenbereich keine Raumfläche verloren. Im Hinblick auf den Denkmalschutz ist die Außendämmung ggf. jedoch aufgrund der Veränderung des äußeren Erscheinungsbildes nicht genehmigungsfähig.

Vgl. hierzu auch die weiterführenden Hinweise in Abschnitt 7.3.1.

7.3.3 Erneuerung Fenster/Außentüren in 2-fach Verglasung (G + Z3)

Bezüglich der Erneuerung von Fenstern hat AECOM zwei Varianten betrachtet:

- Erneuerung der älteren Fenster im Zuschauerhaus mit 2-fach Verglasung gemäß dem EnEV-Standard von 1,3 W/m²K (diese Maßnahme Z3)
- Austausch aller Fenster gegen 3-fach Verglasung mit U_w-Wert 0,9 W/m²K (Maßnahme Z4, vgl. folgender Abschnitt 7.3.4).

Die rechnerisch ermittelte Einsparung durch Erneuerung der älteren Fenster im Zuschauerhaus mit 2-fach Verglasung zusammen mit dem Programm der Generalsanierung beträgt ca. 19% Endenergie (+0,5%) und ca. 42% CO₂ (+0,2%) gegenüber dem unsanierten Bestand.

Der spezifische Transmissionswärmeverlust der Gebäudehülle verbessert sich durch diese Maßnahme gegenüber dem Bestand um ca. 1% (+1% gegenüber Variante G).

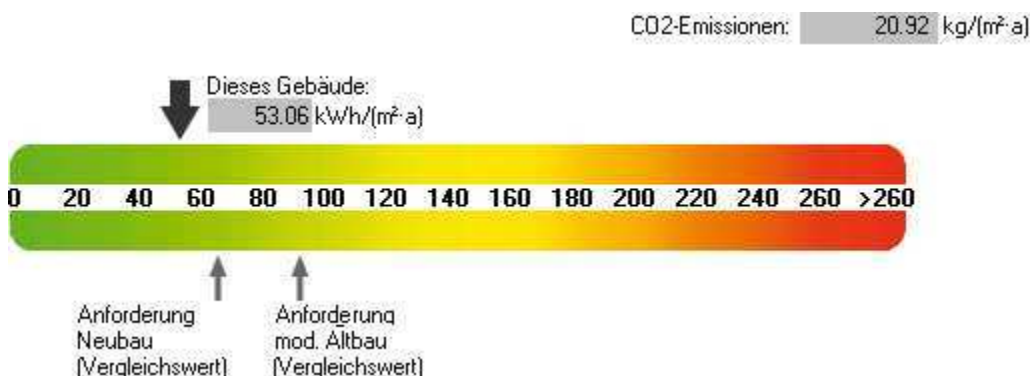


Abbildung 5: Primärenergiebedarf „Generalsanierung + Fenster mit 2-fach Verglasung“

Das Einsparpotential der Einzelmaßnahme (Differenz zwischen Z1 und G) liegt bei ca. 0,5 kWh/m²a bzw. 1% (Wärme).

Die resultierende Primärenergiebedarf ist in Abbildung 5 dargestellt.

Die Kosten für Erneuerung der Fenster werden auf ca. 650 €/m² (netto) geschätzt. Bei einer Fläche von ca. 660 m² ergeben sich eine Gesamtinvestition einschl. Baunebenkosten und Mehrwertsteuer von gut 700.000 €.

Die Berechnungen zeigen, dass das zusätzliche Einsparpotential gering. Eine Erneuerung der Fenster in EnEV-Standard nur aus energetischen Erwägungen erscheint wirtschaftlich nicht sinnvoll.

7.3.4 Erneuerung Fenster in 3-fach Verglasung (G + Z4)

Alternativ zur Variante Z3 hat AECOM die Erneuerung aller Fenstern in 3-fach Verglasung mit $U_w = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ berechnet, ein Standard, der über die Anforderungen der EnEV hinausgeht.

Durch die Maßnahme ergibt sich zusammen mit dem Programm der Generalsanierung eine Einsparung von insgesamt ca. 22% Endenergie (+3%) und ca. 44% CO_2 (+2%) gegenüber dem unsanierten Bestand.

Der spezifische Transmissionswärmeverlust der Gebäudehülle verbessert sich durch diese Maßnahme gegenüber dem Bestand um ca. 8% (+8% gegenüber Variante G).

Das Einsparpotential der Einzelmaßnahme (Differenz zwischen Z4 und G) beträgt ca. $3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ bzw. 5% (Wärme). Eine relevante Veränderung des Strombedarf ergibt sich durch die Erneuerung der Fenster nicht.

Die resultierende Primärenergiebedarf ist in Abbildung 6 dargestellt.

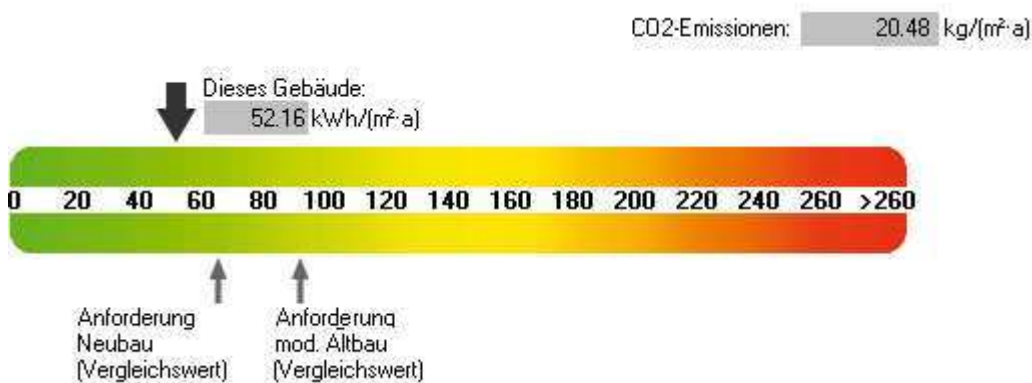


Abbildung 6: Primärenergiebedarf „Generalsanierung + Fenster mit 3-fach Verglasung“

Die Kosten für Erneuerung der Fenster mit 3-fach Verglasung werden mit ca. 700 €/m² (netto) geschätzt. Bei einer Fläche von rd. 2.300 m² ergibt sich ein Gesamtaufwand einschl. Baunebenkosten und Mehrwertsteuer von rd. 2,7 Mio. €.

Ein reiner Austausch der Verglasung sollte nicht durchgeführt werden, da die Bestandsrahmen ggf. eine nicht ausreichende thermische Qualität besitzen. Die Folge wären neben höheren Wärmeverlusten ungewollte Wärmebrücken. Dieses sollte im Rahmen der Planung überprüft werden.

Die verbesserte Luftdichtheit moderner Fenster und Türen erfordert eine aktive Lüftung der Räume. Vgl. hierzu auch Abschnitt 7.3.5.

Idealerweise sollten beim Einbau energetisch hochwertiger Fenster auch die Außenwände gedämmt werden, um möglichen Tauwasser- und Schimmelschäden vorzubeugen (vgl. Abschnitte 7.3.1. und 7.3.2).

Auf korrekte Planung und Ausführung der Bauteilanschlüsse und ggf. erforderliche Flankendämmung ist zu achten. Gegebenenfalls sind für Anschlüsse an bestehenden und ungedämmten Außenwänden Wärmebrückenberechnungen erforderlich, um Tauwasserbildung zu vermeiden.

7.3.5 Verbesserung der Luftdichtheit (G + Z5)

Durch eine verbesserte Luftdichtheit werden die Lüftungswärmeverluste des Gebäudes verringert.

Wenn ergänzend zur Generalsanierung (G) eine verbesserte Luftdichtheit erreicht wird, kann rechnerisch eine Einsparung von insgesamt ca. 28% Endenergie (+ 9%) sowie eine um 46% reduzierte CO_2 -Emission (+ 4%) im Vergleich zum unsanierten Bestand realisiert werden.

Eine weitere Verringerung der Transmissionswärmeverluste H_{tr} wird durch diese Maßnahme nicht erreicht.

Das Einsparpotential der Einzelmaßnahme (Differenz Z5 zu G) liegt bei ca. 9 kWh/m²a bzw. 15% Wärme. Eine Einsparung beim Strombedarf ergibt sich durch eine Verbesserung der Luftdichtheit des Gebäudes nicht.

Die tatsächlich erzielbare Verringerung des Verbrauchs durch verbesserte Luftdichtheit hängt von den konkreten Gegebenheiten ab, insbesondere dem Umfang vorhandener Leckagen, und können von dem errechneten Bedarf abweichen. Rechnerisch liegen Annahmen zu Grunde, entsprechend Vorgaben der DIN 18599.

Der resultierende Primärenergiebedarf ist in Abbildung 7 dargestellt.

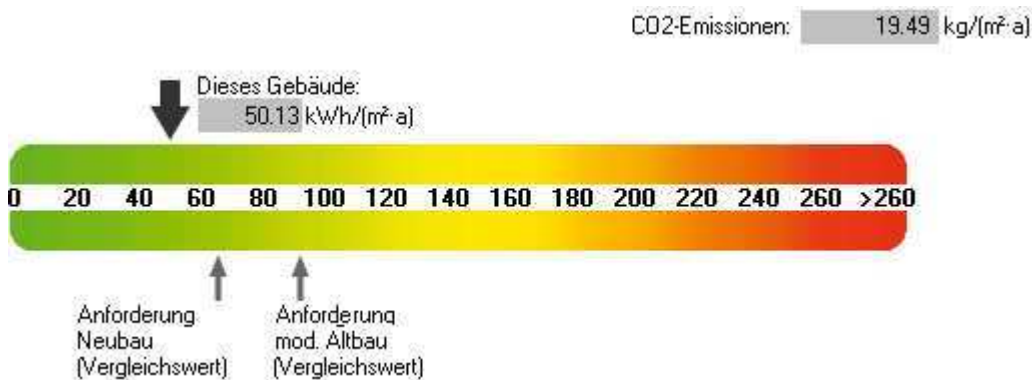


Abbildung 7: Primärenergiebedarf „G + Verbesserung der Luftdichtheit“

Die Kosten für die Durchführung einer Luftdichtheitsprüfung und zugehörige Leckageortung sind vergleichsweise gering. Kosten für die Beseitigung vorgefundener Leckagen können erst im Nachgang zur Dichtheitsprüfung ermittelt werden.

Zur Beurteilung der derzeitigen Lüftungswärmeverluste muss eine Luftdichtheitsprüfung mittels Differenzdruck-Messverfahren in Kombination mit einer Leckageortung durchgeführt werden. Um die Schwachstellen aufzuspüren sind ggf. zusätzliche Maßnahmen wie thermografische Messungen oder Bauteilöffnungen erforderlich. Ziel ist es, die Luftdichtheit zu optimieren, indem die identifizierten Leckagen abgedichtet werden.

Eine verbesserte Luftdichtheit erfordert eine aktive Lüftung der Räume, um einen hygienischen Luftwechsel sicherzustellen. Dieses kann entweder durch eine Lüftungsanlage oder durch angepasstes Nutzerverhalten erfolgen.

7.4 Energetische Optimierung mit Maßnahmenpaket (MP)

Um das maximale energetische Einsparpotential aufzuzeigen, hat AECOM eine Kombination der in Abschnitt 7.3 diskutierten zusätzlichen Maßnahmen (Außen-/Innendämmung, Erneuerung Fenster mit 3-fach Verglasung und Luftdichtheitsprüfung) zusätzlich zum Programm der Generalsanierung untersucht.

Mit diesem Maßnahmenpaket, zusätzlich zur Generalsanierung, ließe sich der Endenergiebedarf gegenüber dem unsanierten Bestand um ca. 47% reduzieren. Im Vergleich zur Generalsanierung ohne zusätzliche Maßnahmen ergibt sich eine Verbesserung um ca. +29%.

Die CO₂-Bilanz würde sich rechnerisch um ca. 56% verbessern (+ 14% gegenüber Generalsanierung ohne zusätzliche Maßnahmen).

Der spezifische Transmissionswärmeverlust der Gebäudehülle würde sich gegenüber dem Bestand um ca. 36% verbessern.

Das Einsparpotential aller Zusatzmaßnahmen (Differenz zwischen MP und G) liegt bei ca. 28 kWh/m²a bzw. 35% Wärme/Strom (vgl. Anlage A4).

Der Anteil regenerativ erzeugter Energie an der Energieversorgung am Gebäude verändert sich durch die Umsetzung des Maßnahmenpakets nicht.

Der resultierende Primärenergiebedarf ist in Abbildung 8 dargestellt.

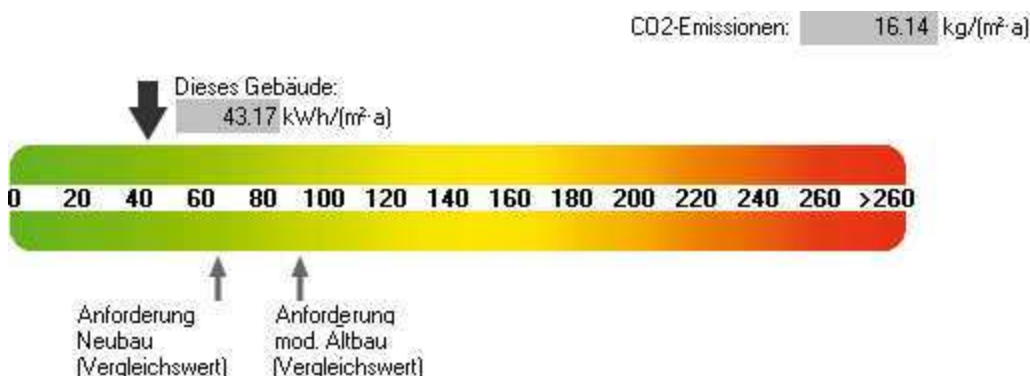


Abbildung 8: Primärenergiebedarf „Generalsanierung + Maßnahmenpaket“

7.5 Abgleich mit Anforderungen KFW 70 / KFW 100

Für den Abgleich mit den Anforderungen der KFW-Standards wurden die Rechenmodelle bzw. die Variantenbetrachtungen als Neubau nach den entsprechenden energetischen Standards berücksichtigt. Die Anforderungen der KFW-Standards beziehen sich immer auf das Referenzgebäude der EnEV 2014.

- KFW 70 beschreibt ein Gebäude, dessen Primärenergiebedarf bei 70% des Referenzgebäudes der EnEV 2014 liegt, demnach 30% besser ist.
- Die Anforderung KFW 100 entspricht dem Referenzgebäude der EnEV 2014.

Die Anforderungen an die mittleren U-Werte der Gebäudehülle, unterteilt nach Bauteilgruppen, können im [KFW Programm 276](#) unter „technische Mindestanforderungen“ eingesehen werden.

Der Abgleich der Ist-Werte (G + Maßnahmenpaket MP) mit den Anforderungen ergibt folgendes Ergebnis:

- Bezüglich des Primärenergiebedarfs werden die Anforderungen der Standards KFW 100 und KFW 70 erfüllt. Entscheidend hierfür ist der günstige Primärenergiefaktor der Fernwärmeversorgung.
- Die Anforderungen an den Wärmeschutz, d.h. an die mittleren U-Werte der Gebäudehülle, werden nur für KfW100 erfüllt. Für KfW70 werden die Grenzwerte im Bereich der opaken Bereiche der thermischen Gebäudehülle nicht eingehalten.

Da die Ist-Werte nur relativ geringfügig von den Anforderungswerten abweichen, empfehlen wir, im Rahmen der Planung zu prüfen, ob diese durch eine entsprechend optimierte Dämmung erreicht werden können.

Tabelle 8: Energieeffizienz im Vergleich zu KFW 70 Anforderungen**Anforderung an den Primärenergiebedarf:**

Zeile		Ist-Wert kWh/(m²a)	Anforde- rungswert kWh/(m²a)	Anforde- rungswert Neubau kWh/(m²a)*	Nachweis
1	Primärenergiebedarf	43.17	45.92	65.60	erfüllt

*Die Verschärfungen der Zeile 1 Anlage 2 der EnEV wurden bei der Berechnung dieses Wertes nicht berücksichtigt.

Wärmeschutzanforderungen:

Zeile	Bauteil	Wärmedurchgangskoeffizienten, bezogen auf dem Mittelwert der jeweiligen Bauteile				Nachweis
		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall > 19 °C		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall von 12 bis < 19 °C		
		Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	
1	Opake Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	0.30	0.26	0.25	0.43	nicht erfüllt
2	Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	0.9	1.4	0.9	2.4	erfüllt
3	Vorhangfassade	---	1.4	---	2.4	---
4	Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	---	2.4	---	2.6	---

Tabelle 9: Energieeffizienz im Vergleich zu KFW 100 Anforderungen**Anforderung an den Primärenergiebedarf:**

Zeile		Ist-Wert kWh/(m²a)	Anforde- rungswert kWh/(m²a)	Anforde- rungswert Neubau kWh/(m²a)*	Nachweis
1	Primärenergiebedarf	43.17	65.60	65.60	erfüllt

*Die Verschärfungen der Zeile 1 Anlage 2 der EnEV wurden bei der Berechnung dieses Wertes nicht berücksichtigt.

Wärmeschutzanforderungen:

Zeile	Bauteil	Wärmedurchgangskoeffizienten, bezogen auf dem Mittelwert der jeweiligen Bauteile				Nachweis
		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall > 19 °C		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall von 12 bis < 19 °C		
		Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	
1	Opake Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	0.30	0.34	0.25	0.58	erfüllt
2	Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	0.9	1.8	0.9	3.2	erfüllt
3	Vorhangsfassade	---	1.8	---	3.2	---
4	Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	---	3.0	---	3.6	---

Erläuterung der Begrifflichkeiten:

- Ist Wert: Errechneter Energiewert für Generalsanierung G + Maßnahmenpaket MP
- Anforderungswert: Anforderung an den Primärenergiebedarf in Bezug auf KFW 70 / 100
- Anforderungswert Neubau: Wert des Referenzgebäudes EnEV 2014 (identisch zum Anforderungswert KFW 100)

8. Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise

In diesem Bericht sind die wesentlichen Kriterien für die Auswahl zusätzlicher energetischer Maßnahmen hergeleitet. Diese sind:

- das prozentuale Einsparpotential bezogen auf den Energiebedarf
- die prognostizierten zusätzliche Investitionskosten.

Der tatsächliche Energieverbrauch des Gebäudes kann von den berechneten Werten abweichen, z.B. aufgrund des Nutzerverhaltens. Zusätzliche Verbräuche entstehen auch durch nutzungsspezifische Einrichtungen, wie z.B. die Bühnentechnik („Effektbeleuchtung“ im Sinne der EnEV) oder für elektrische Geräte wie PCs, Kühlschränke und Kaffeemaschinen, die bei der Berechnung der Bedarfe gemäß DIN 18599 nicht berücksichtigt werden.

Deshalb empfehlen wir, die in diesem Bericht ausgewiesenen prozentualen Einsparungen auf die tatsächlichen Verbräuche anzurechnen und auf dieser Basis die Kosteneffizienz der Maßnahmen zu vergleichen.

Anlage A1 - Energieausweis Bestand

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Registriernummer ² ohne Nummer

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

Gültig bis: 07.12.2030

1

Gebäude

Hauptnutzung / Gebäudekategorie	HSO, Oper/Proberäume/Werkstätten/Büro		
Adresse	Große Theaterstraße 25, 20354 Hamburg		
Gebäudeteil	Zuschauerhaus, Bühnenhaus, Betriebsgebäude		
Baujahr Gebäude ³	1926 (BH), 1955 (ZH), 2004 (BG)		
Baujahr Wärmeerzeuger ^{3, 4}	keine Angabe		
Nettogrundfläche ⁵	31532 m²		
Wesentliche Energieträger für Heizung und Warmwasser ³	Nah-/Fernwärme KWK, fossiler Brennstoff, Strom-Mix		
Erneuerbare Energien	Art: keine	Verwendung: keine	
Art der Lüftung/Kühlung ³	<input checked="" type="checkbox"/> Fensterlüftung <input checked="" type="checkbox"/> Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung <input checked="" type="checkbox"/> Anlage zur Kühlung <input type="checkbox"/> Schachtlüftung <input checked="" type="checkbox"/> Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung		
Anlass der Ausstellung des Energieausweises	<input type="checkbox"/> Neubau <input type="checkbox"/> Modernisierung (Änderung/Erweiterung) <input type="checkbox"/> Aushangpflicht <input type="checkbox"/> Vermietung/Verkauf <input checked="" type="checkbox"/> Sonstiges (freiwillig)		

Hinweise zu den Angaben über die energetische Qualität des Gebäudes

Die energetische Qualität eines Gebäudes kann durch die Berechnung des **Energiebedarfs** unter Annahme von standardisierten Randbedingungen oder durch die Auswertung des **Energieverbrauchs** ermittelt werden. **Als Bezugsfläche dient die Nettogrundfläche.** Teil des Energieausweises sind die Modernisierungsempfehlungen (Seite 4).

- ☒ Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Berechnungen des **Energiebedarfs** erstellt (Energiebedarfsausweis). Die Ergebnisse sind auf **Seite 2** dargestellt. Zusätzliche Informationen zum Verbrauch sind freiwillig. Diese Art der Ausstellung ist Pflicht bei Neubauten und bestimmten Modernisierungen nach § 16 Absatz 1 Satz 3 EnEV. Die angegebenen Vergleichswerte sind die Anforderungen der EnEV zum Zeitpunkt der Erstellung des Energieausweises (**Erläuterungen - siehe Seite 5**).
- ☐ Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Auswertungen des **Energieverbrauchs** erstellt (Energieverbrauchsausweis). Die Ergebnisse sind auf **Seite 3** dargestellt. Die Vergleichswerte beruhen auf statistischen Auswertungen.

Datenerhebung Bedarf/Verbrauch durch ☐ Eigentümer ☒ Aussteller

☐ Dem Energieausweis sind zusätzliche Informationen zur energetischen Qualität beigelegt (freiwillige Angabe).

Hinweise zur Verwendung des Energieausweises

Der Energieausweis dient lediglich der Information. Die Angaben im Energieausweis beziehen sich auf das gesamte Gebäude oder den oben bezeichneten Gebäudeteil. Der Energieausweis ist lediglich dafür gedacht, einen überblickbaren Vergleich von Gebäuden zu ermöglichen.

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

Registriernummer ² ohne Nummer

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

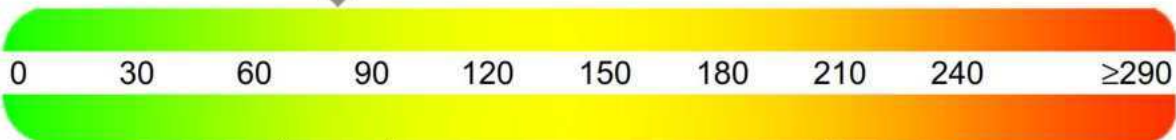
2

Primärenergiebedarf

CO₂-Emissionen ³ 36 kg/(m²·a)

Primärenergiebedarf dieses Gebäudes

82 kWh/(m²·a)



EnEV-Anforderungswert
Neubau (Vergleichswert)

EnEV-Anforderungswert
modernisierter Altbau (Vergleichswert)

Anforderungen gemäß EnEV ⁴

Primärenergiebedarf

Ist-Wert kWh/(m²·a)

Anforderungswert

kWh/(m²·a)

Mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten

☐ eingehalten

Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau)

☐ eingehalten

Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren

- ☒ Verfahren nach Anlage 2 Nummer 2 EnEV
- ☐ Verfahren nach Anlage 2 Nummer 3 EnEV ("Ein-Zonen-Modell")
- ☒ Vereinfachungen nach § 9 Absatz 2 EnEV
- ☐ Vereinfachungen nach Anlage 2 Nummer 2.1.4 EnEV

Endenergiebedarf

Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m²·a) für

Energieträger	Heizung	Warmwasser	Eingebaute Beleuchtung	Lüftung ⁵	Kühlung einschl. Befeuchtung	Gebäude insgesamt
<small>Nach-Formelwerte aus KWK, knauser Stromerzeuger</small>	71,8	1,6	0	0	0	73,4
allgemeiner Strommix	0,4	0	14,3	7,4	0,4	22,5

Endenergiebedarf Wärme [Pflichtangabe in Immobilienanzeigen]

74 kWh/(m²·a)

Endenergiebedarf Strom [Pflichtangabe in Immobilienanzeigen]

22 kWh/(m²·a)

Angaben zum EEWärmeG ⁶

Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs auf Grund des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG)

Art: %
Deckungsanteil: %
 %

Ersatzmaßnahmen ⁷

Die Anforderungen des EEWärmeG werden durch die Ersatzmaßnahme nach § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG erfüllt.

- ☐ Die nach § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG verschärfte Anforderungswerte der EnEV sind eingehalten.

Verschärfte Anforderungswert kWh/(m²·a)
Primärenergiebedarf:

- ☐ Die in Verbindung mit § 8 EEWärmeG um % verschärfte Anforderungswerte der EnEV sind eingehalten.

Verschärfte Anforderungswert kWh/(m²·a)
Primärenergiebedarf:

Gebäudezonen

Nr.	Zone	Fläche [m ²]	Anteil [%]
1	Büro BTG	1599	4,51
2	Büro BH	110	0,31
3	Büro ZH	99	0,28
4	Verkehrsfläche BTG	3683	10,38
5	Verkehrsfläche BH	1582	4,46
6	Verkehrsfläche ZH	3709	10,45
7	Zuschauerbereich ZH	657	1,85
<input checked="" type="checkbox"/>	weitere Zonen in Anlage		

Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Die Energieeinsparverordnung lässt für die Berechnung des Energiebedarfs in vielen Fällen neben dem Berechnungsverfahren alternative Vereinfachungen zu, die im Einzelfall zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die ausgewiesenen Bedarfswerte sind spezifische Werte nach der EnEV pro Quadratmeter beheizte/gekühlte Nettogrundfläche.

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises
Angabe

⁶ nur bei Neubau

⁴ nur bei Neubau sowie bei Modernisierung im Fall des § 16 Absatz 1 Satz 3 EnEV

⁷ nur bei Neubau im Fall der Anwendung von § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG

² siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises

³ freiwillige

⁵ nur Hilfsenergiebedarf

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Erfasster Energieverbrauch des Gebäudes

Registriernummer ² ohne Nummer

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

3

Endenergieverbrauch

☐ Warmwasser enthalten

Der Wert enthält den Stromverbrauch für

☐ Zusatzheizung ☐ Warmwasser ☐ Lüftung ☐ eingebaute Beleuchtung ☐ Kühlung ☐ Sonstiges

Verbrauchserfassung

Zeitraum		Energieträger ⁴	Primär- energie- faktor	Energieverbrauch Wärme [kWh]	Anteil Warmwasser [kWh]	Anteil Heizung [kWh]	Klima- faktor	Energieverbrauch Strom [kWh]
von	bis							

Primärenergieverbrauch dieses Gebäudes

kWh/(m²·a)

Gebäudenutzung

Gebäudekategorie/ Nutzung	Flächen- anteil	Vergleichswerte ³	
		Heizung und Warmwasser	Strom

Erläuterungen zum Verfahren

Das Verfahren zur Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter beheizte/gekühlte Nettogrundfläche. Der tatsächliche Energieverbrauch eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens von den angegebenen Kennwerten ab.

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises unter www.bbsr-energieeinsparung.de durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

² siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises
⁴ gegebenenfalls auch Leerstandszuschläge in kWh

³ veröffentlicht

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Empfehlungen des Ausstellers

Registriernummer ² **ohne Nummer**

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

4

Empfehlungen zur kostengünstigen Modernisierung

Maßnahmen zur kostengünstigen Verbesserung der Energieeffizienz sind ☐ möglich ☒ nicht möglich

Empfohlene Modernisierungsmaßnahmen

Nr.	Bau- oder Anlagenteile	Maßnahmenbeschreibung in einzelnen Schritten	empfohlen		(freiwillige Angaben)	
			in Zusammenhang mit größerer Modernisierung	als Einzelmaßnahme	geschätzte Amortisationszeit	geschätzte Kosten pro eingesparte Kilowattstunde Endenergie

☐ weitere Empfehlungen auf gesondertem Blatt

Hinweis: Modernisierungsempfehlungen für das Gebäude dienen lediglich der Information. Sie sind nur kurz gefasste Hinweise und kein Ersatz für eine Energieberatung.

Genauere Angaben zu den Empfehlungen sind erhältlich bei/unter:

<http://www.bbsr-energieeinsparung.de>

Ergänzende Erläuterungen zu den Angaben im Energieausweis (Angaben freiwillig)

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises

² siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Erläuterungen

5

Angabe Gebäudeteil - Seite 1

Bei Nichtwohngebäuden, die zu einem nicht unerheblichen Anteil zu Wohnzwecken genutzt werden, ist die Ausstellung des Energieausweises gemäß dem Muster nach Anlage 7 auf den Gebäudeteil zu beschränken, der getrennt als Nichtwohngebäude zu behandeln ist (siehe im Einzelnen § 22 EnEV). Dies wird im Energieausweis durch die Angabe "Gebäudeteil" deutlich gemacht.

Erneuerbare Energien - Seite 1

Hier wird darüber informiert, wofür und in welcher Art erneuerbare Energien genutzt werden. Bei Neubauten enthält Seite 2 (Angaben zum EEWärmeG) dazu weitere Angaben.

Energiebedarf - Seite 2

Der Energiebedarf wird hier durch den Jahres-Primärenergiebedarf und den Endenergiebedarf für die Anteile Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung dargestellt. Diese Angaben werden rechnerisch ermittelt. Die angegebenen Werte werden auf der Grundlage der Bauunterlagen bzw. gebäudebezogener Daten und unter Annahme von standardisierten Randbedingungen (z.B. standardisierte Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, standardisierte Innentemperatur und innere Wärmegevinne) berechnet. So lässt sich die energetische Qualität des Gebäudes unabhängig vom Nutzerverhalten und von der Wetterlage beurteilen. Insbesondere wegen der standardisierten Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch.

Primärenergiebedarf - Seite 2

Der Primärenergiebedarf bildet die Energieeffizienz des Gebäudes ab. Er berücksichtigt neben der Endenergie auch die so genannte "Vorkette" (Erkundung, Gewinnung, Verteilung, Umwandlung) der jeweils eingesetzten Energieträger (z.B. Heizöl, Gas, Strom, erneuerbare Energien etc.). Ein kleiner Wert signalisiert einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz sowie eine die Ressourcen und die Umwelt schonende Energienutzung. Die angegebenen Vergleichswerte geben für das Gebäude die Anforderungen der EnEV an, die zum Zeitpunkt der Ausstellung des Energieausweises galt. Sie sind im Fall eines Neubaus oder einer Modernisierung des Gebäudes, die nach den Vorgaben des § 9 Absatz 1 Satz 2 EnEV durchgeführt wird, einzuhalten. Bei Bestandsgebäuden dienen sie zur Orientierung hinsichtlich der energetischen Qualität des Gebäudes. Zusätzlich können die mit dem Energiebedarf verbundenen CO₂-Emissionen des Gebäudes freiwillig angegeben werden.

Der Endwert der Skala zum Primärenergiebedarf beträgt, auf die Zehnerstelle gerundet, das Dreifache des Vergleichswerts "EnEV Anforderungswert modernisierter Altbau" (140 % des "EnEV Anforderungswerts Neubau").

Wärmeschutz - Seite 2

Die EnEV stellt bei Neubauten und bestimmten baulichen Änderungen auch Anforderungen an die energetische Qualität aller wärmeübertragenden Umfassungsflächen (Außenwände, Decken, Fenster etc.) sowie bei Neubauten an den sommerlichen Wärmeschutz (Schutz vor Überhitzung) eines Gebäudes.

Pflichtangaben für Immobilienanzeigen - Seite 2 und 3

Nach der EnEV besteht die Pflicht, in Immobilienanzeigen die in § 16a Absatz 1 genannten Angaben zu machen. Die dafür erforderlichen Angaben sind dem Energieausweis zu entnehmen, je nach Ausweisart der Seite 2 oder 3.

Endenergiebedarf - Seite 2

Der Endenergiebedarf gibt die nach technischen Regeln berechnete, jährlich benötigte Energiemenge für Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung an. Er wird unter Standardklima und Standardnutzungsbedingungen errechnet und ist ein Indikator für die Energieeffizienz eines Gebäudes und seiner Anlagentechnik. Der Endenergiebedarf ist die Energiemenge, die dem Gebäude unter Annahme von standardisierten Bedingungen und unter Berücksichtigung der Energieverluste zugeführt werden muss, damit die standardisierte Innentemperatur, der Warmwasserbedarf, die notwendige Lüftung und eingebaute Beleuchtung sichergestellt werden können. Ein kleiner Wert signalisiert einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz.

Angaben zum EEWärmeG - Seite 2

Nach dem EEWärmeG müssen Neubauten in bestimmtem Umfang erneuerbare Energien zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs nutzen. In dem Feld "Angaben zum EEWärmeG" sind die Art der eingesetzten erneuerbaren Energien und der prozentuale Anteil der Pflichterfüllung abzulesen. Das Feld "Ersatzmaßnahmen" wird ausgefüllt, wenn die Anforderungen des EEWärmeG teilweise oder vollständig durch Maßnahmen zur Einsparung von Energie erfüllt werden. Die Angaben dienen gegenüber der zuständigen Behörde als Nachweis des Umfangs der Pflichterfüllung durch die Ersatzmaßnahme und der Einhaltung der für das Gebäude geltenden verschärften Anforderungswerte der EnEV.

Endenergieverbrauch - Seite 3

Die Angaben zum Endenergieverbrauch von Wärme und Strom werden für das Gebäude auf der Basis der Abrechnungen von Heizkosten bzw. der Abrechnungen von Energielieferanten ermittelt. Dabei werden die Energieverbrauchsdaten des gesamten Gebäudes und nicht der einzelnen Nuteinheiten zugrunde gelegt. Die so ermittelten Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter Nettogrundfläche nach der EnEV. Der erfasste Energieverbrauch für die Heizung wird anhand der konkreten örtlichen Wetterdaten und mithilfe von Klimafaktoren auf einen deutschlandweiten Mittelwert umgerechnet. Die Angaben zum Endenergieverbrauch geben Hinweise auf die energetische Qualität des Gebäudes. Ein kleiner Wert signalisiert einen geringen Verbrauch. Ein Rückschluss auf den künftig zu erwartenden Verbrauch ist jedoch nicht möglich. Der tatsächliche Verbrauch einer Nutzungseinheit oder eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens oder sich ändernder Nutzungen vom angegebenen Endenergieverbrauch ab.

Im Fall längerer Leerstände wird hierfür ein pauschaler Zuschlag rechnerisch bestimmt und in die Verbrauchserfassung einbezogen. Ob und inwieweit derartige Pauschalen in die Erfassung eingegangen sind, ist der Tabelle "Verbrauchserfassung" zu entnehmen.

Die Vergleichswerte ergeben sich durch die Beurteilung gleichartiger Gebäude. Kleinere Verbrauchswerte als der Vergleichswert signalisieren eine gute energetische Qualität im Vergleich zum Gebäudebestand dieses Gebäudetyps. Die Endwerte der beiden Skalen zum Endenergieverbrauch betragen, auf die Zehnerstelle gerundet, das Doppelte des jeweiligen Vergleichswerts.

Primärenergieverbrauch - Seite 3

Der Primärenergieverbrauch geht aus dem für das Gebäude insgesamt ermittelten Endenergieverbrauch für Wärme und Strom hervor. Wie der Primärenergiebedarf wird er mithilfe von Umrechnungsfaktoren ermittelt, die die Vorkette der jeweils eingesetzten Energieträger berücksichtigen.

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Zusatzseite Gebäudezonierung

Registriernummer ² ohne Nummer

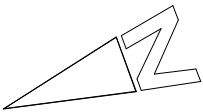
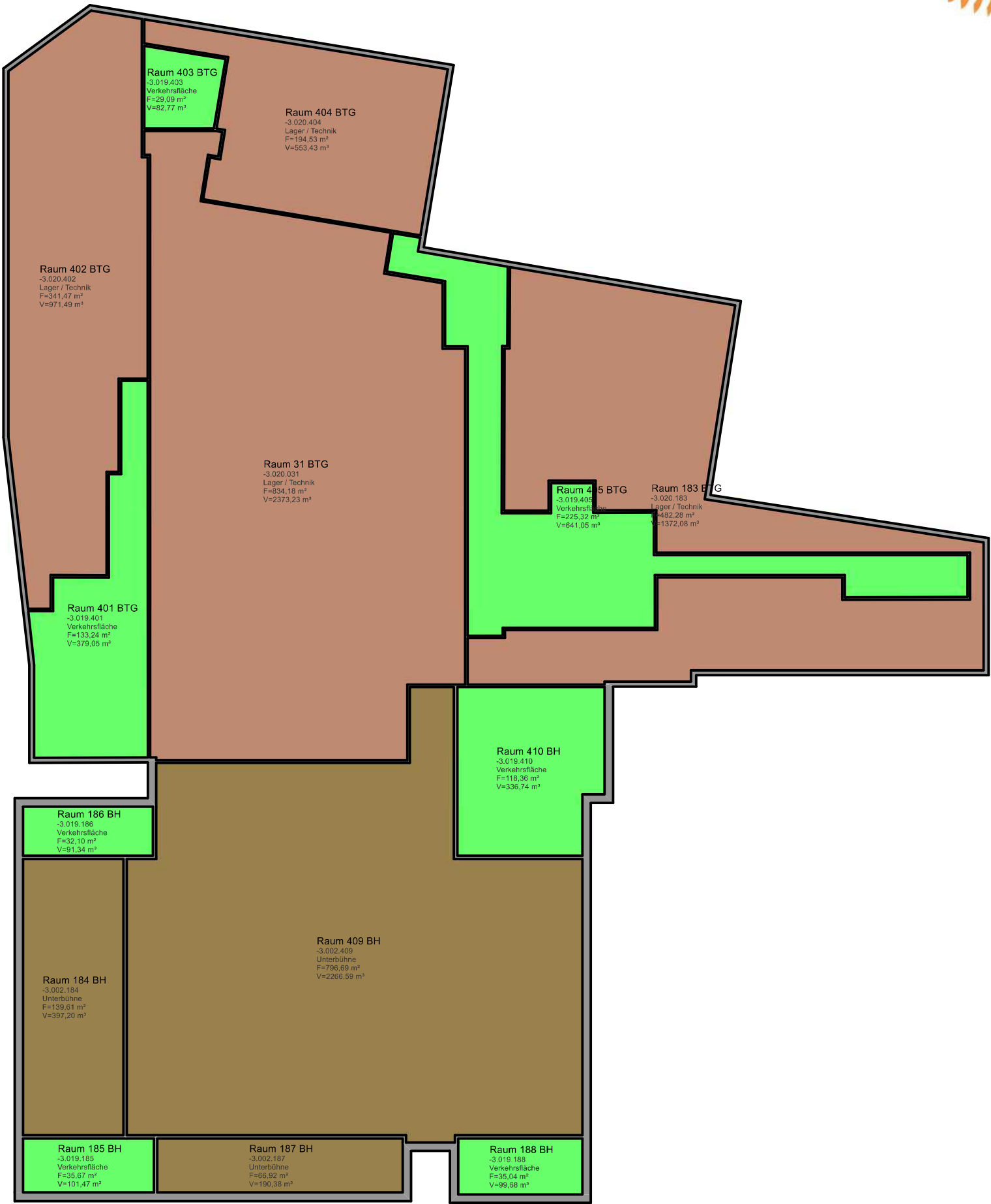
(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

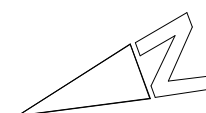
6

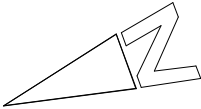
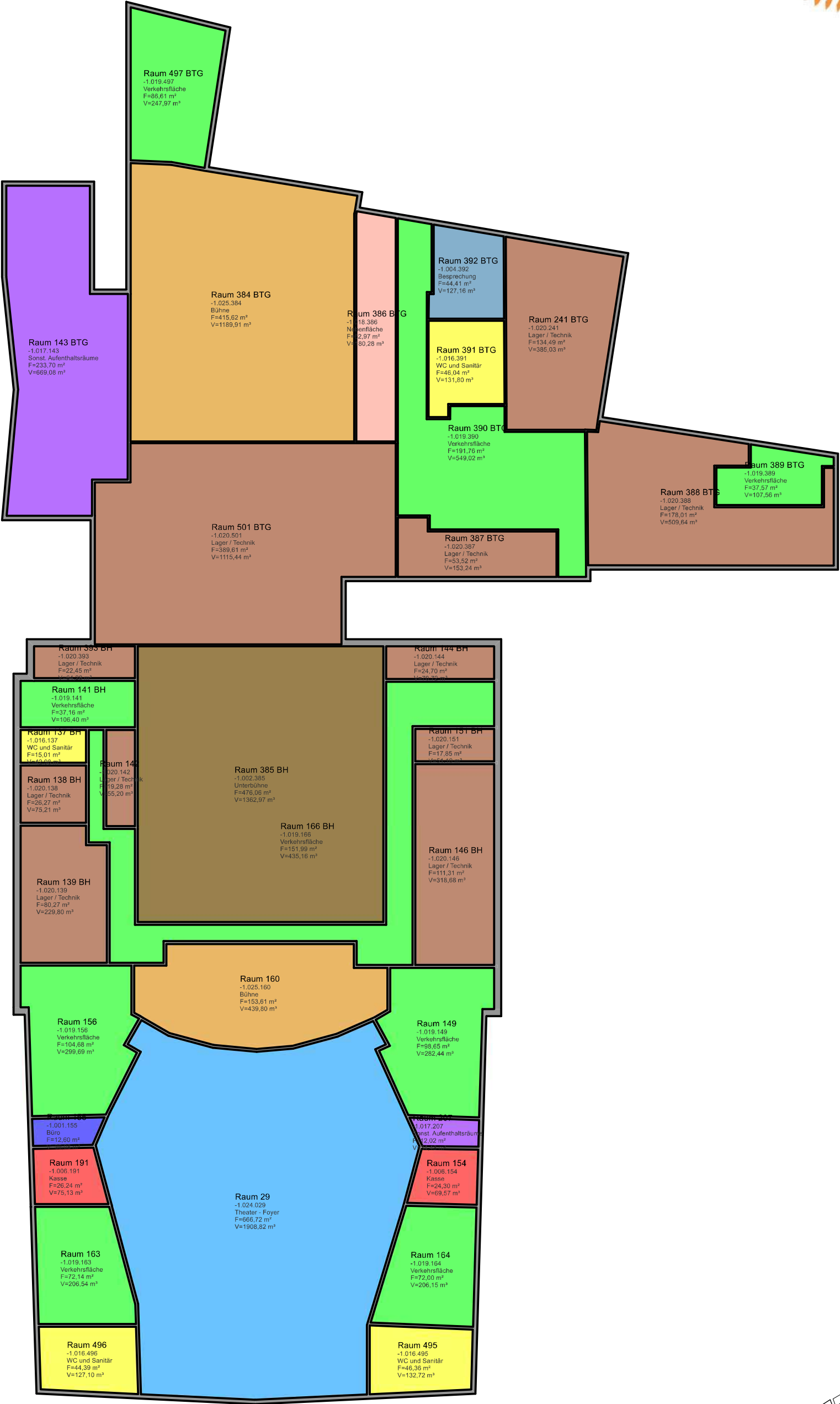
Gebäudezonen

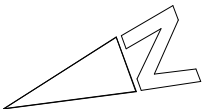
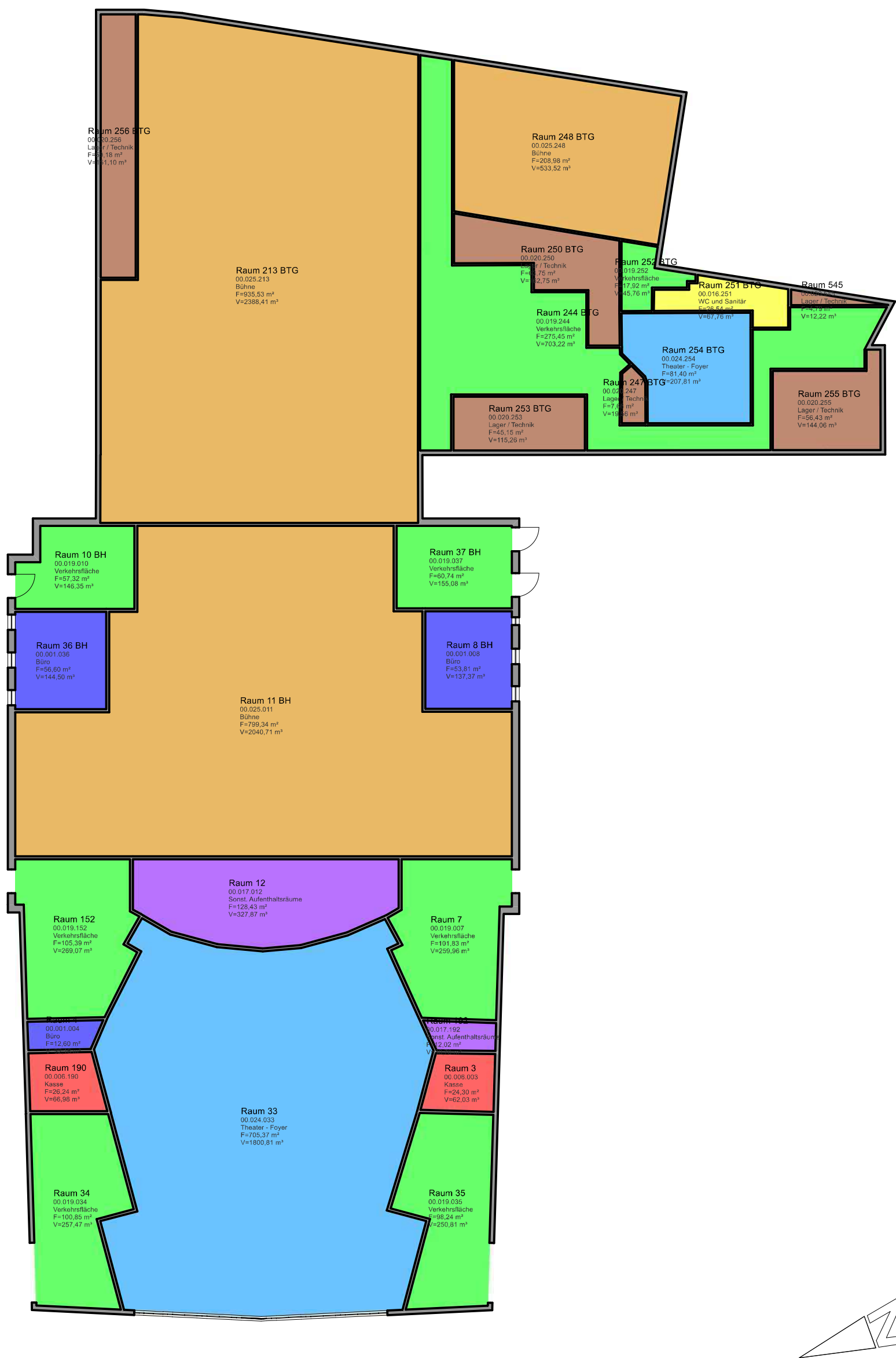
Nr.	Zone	Fläche [m²]	Anteil [%]
1	Foyer ZH	2143	6,04
2	Foyer BTG	81	0,23
3	WC und Sanitär BTG	796	2,24
4	WC und Sanitär BH	81	0,23
5	WC und Sanitär ZH	316	0,89
6	Kantine BTG	279	0,79
7	Bühne BTG	2237	6,31
8	Bühne BH	2867	8,08
9	Personal / Stimmzimmer BTG	1214	3,42
10	Personal / Stimmzimmer ZH	495	1,4
11	Probe / Ballettsaal BTG	666	1,88
12	Werkstätten u.ä.	1089	3,07
13	Lager / Abstellräume / Mag BTG	4506	12,7
14	Lager / Abstellräume BH	1614	4,55
15	Technik BTG	958	2,7
16	Technik ZH	703	1,98
17	Sonstige Aufenthaltsräume BH	1709	4,82
18	Technik BH	2284	6,44
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			

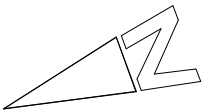
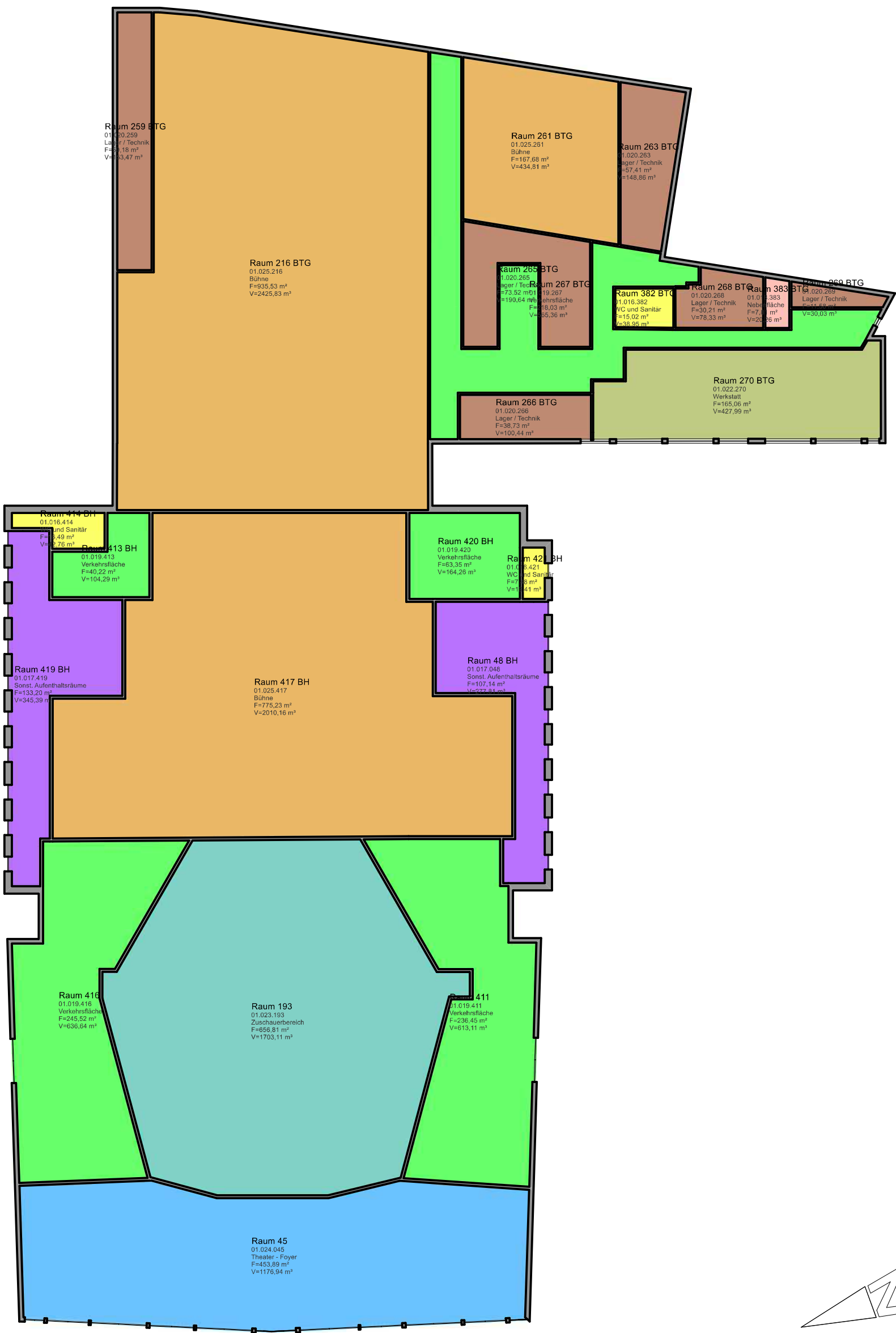
Anlage A2 - Zonierung

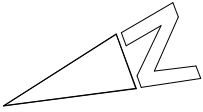
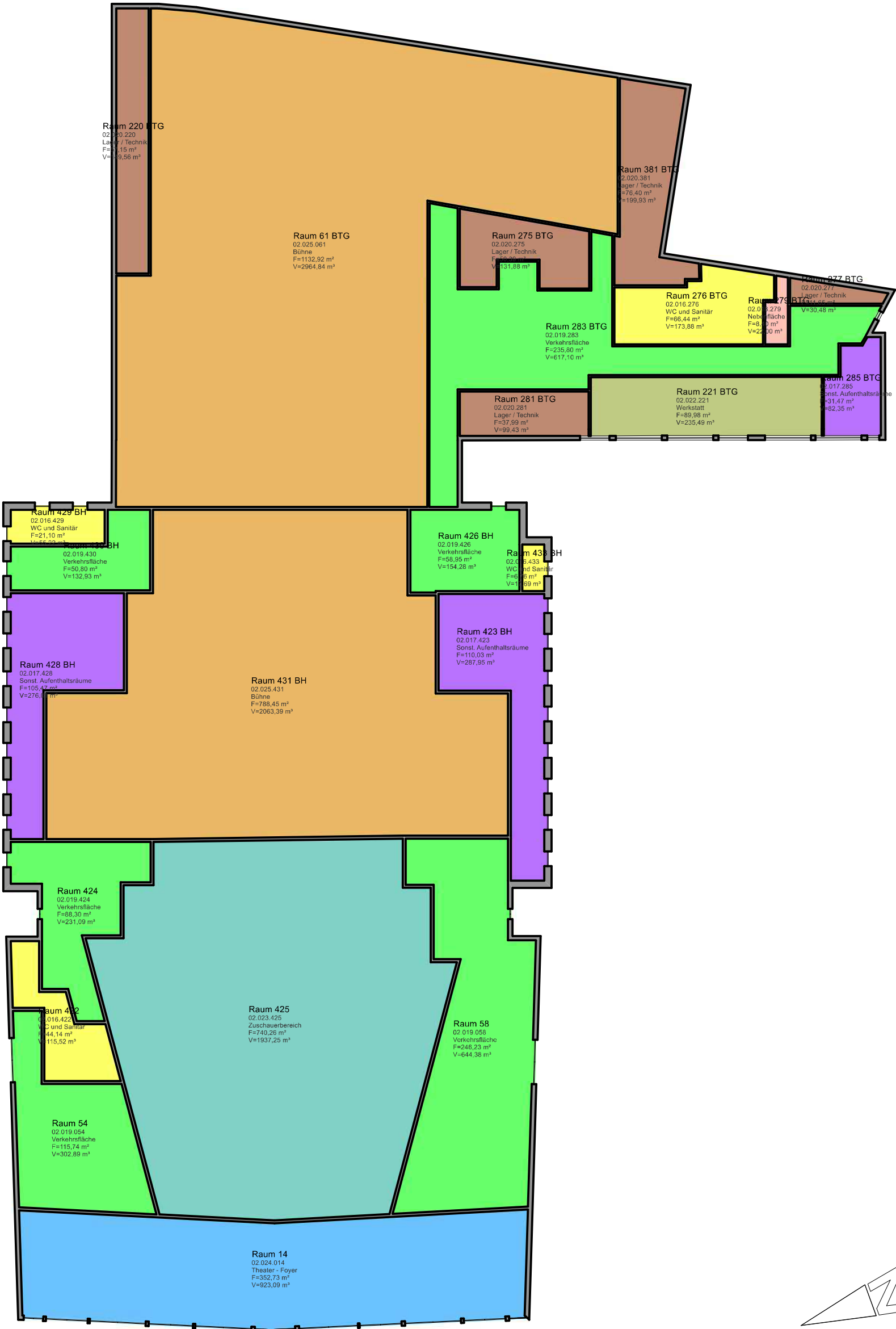


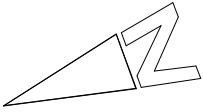
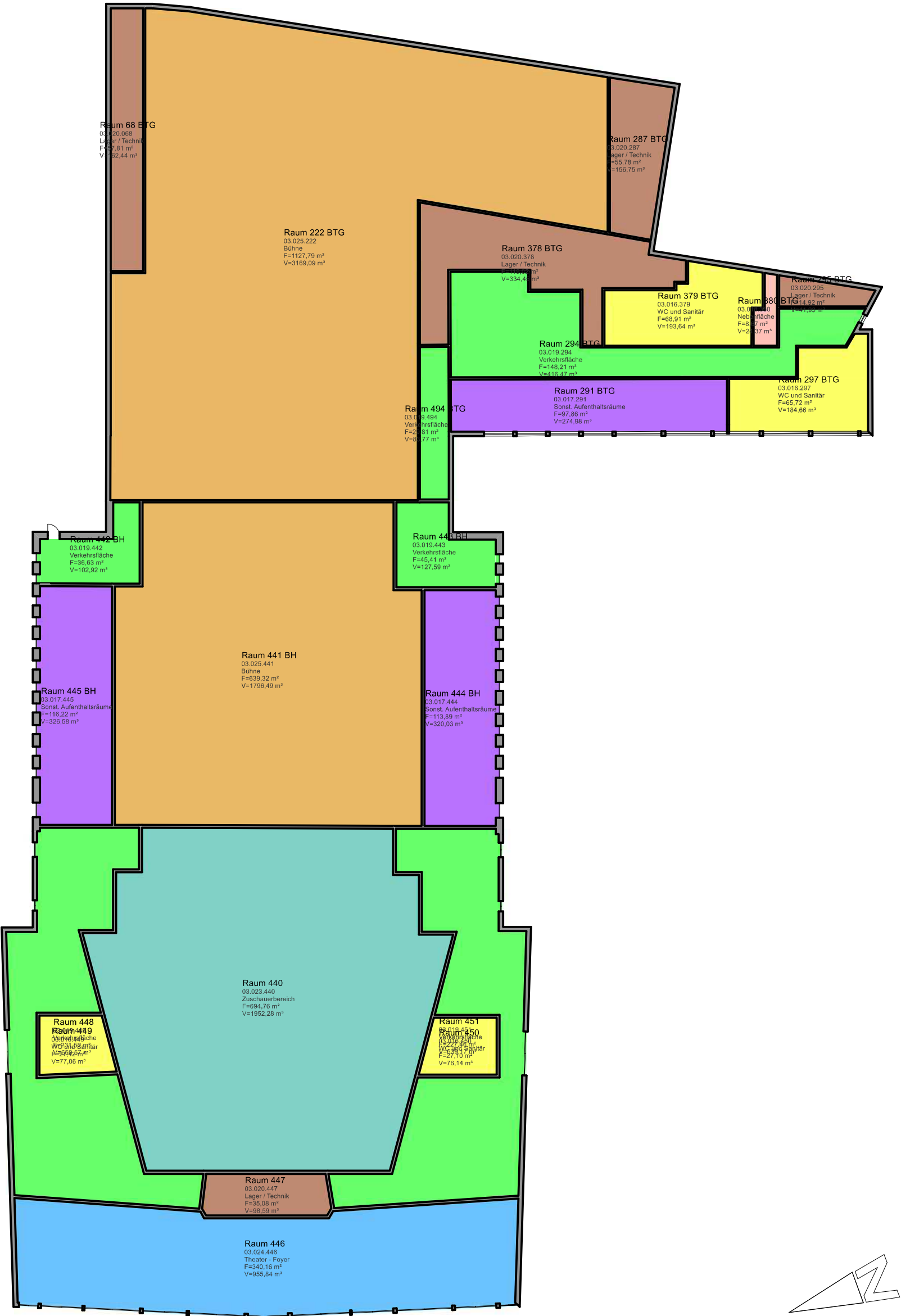


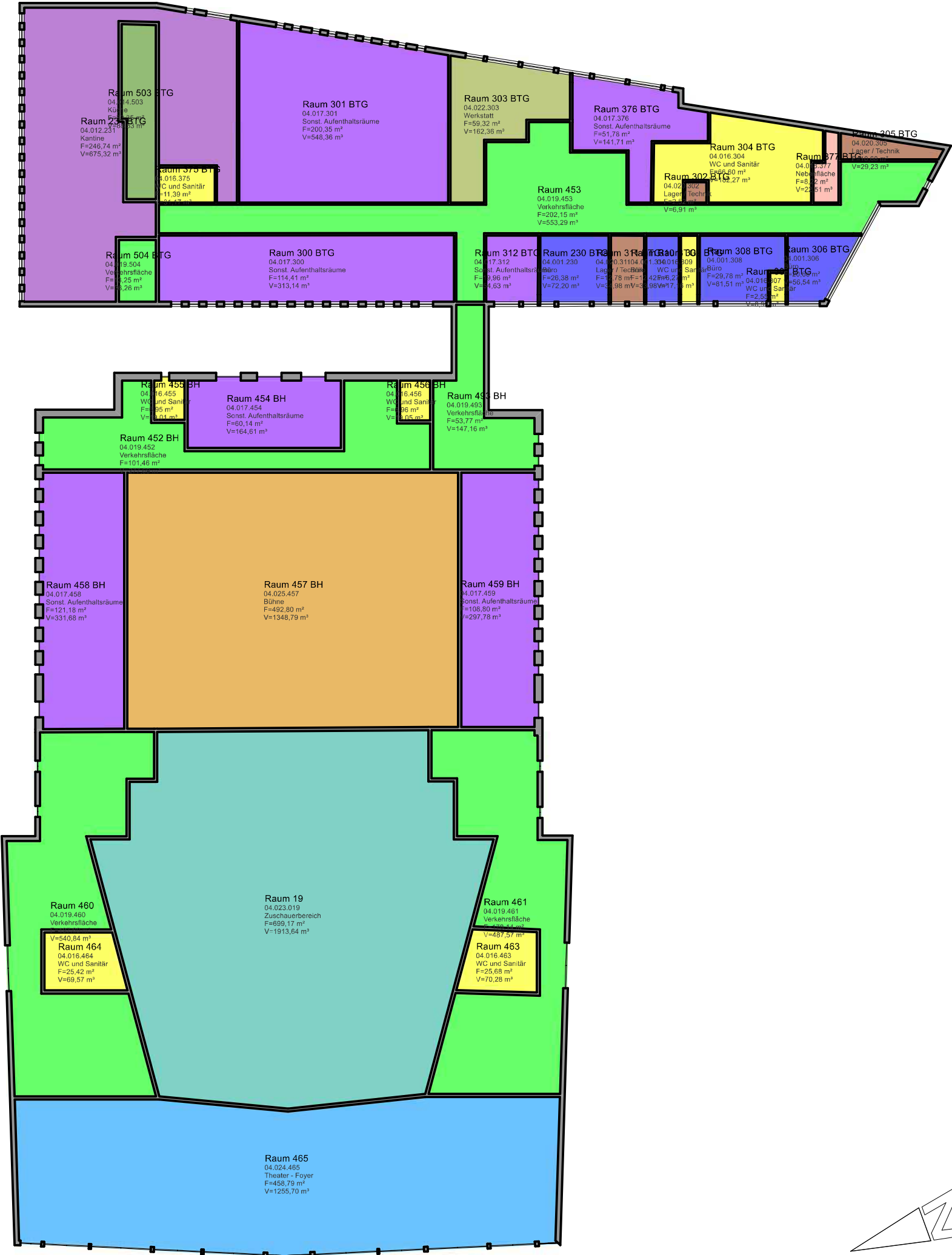


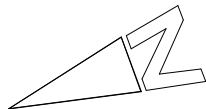
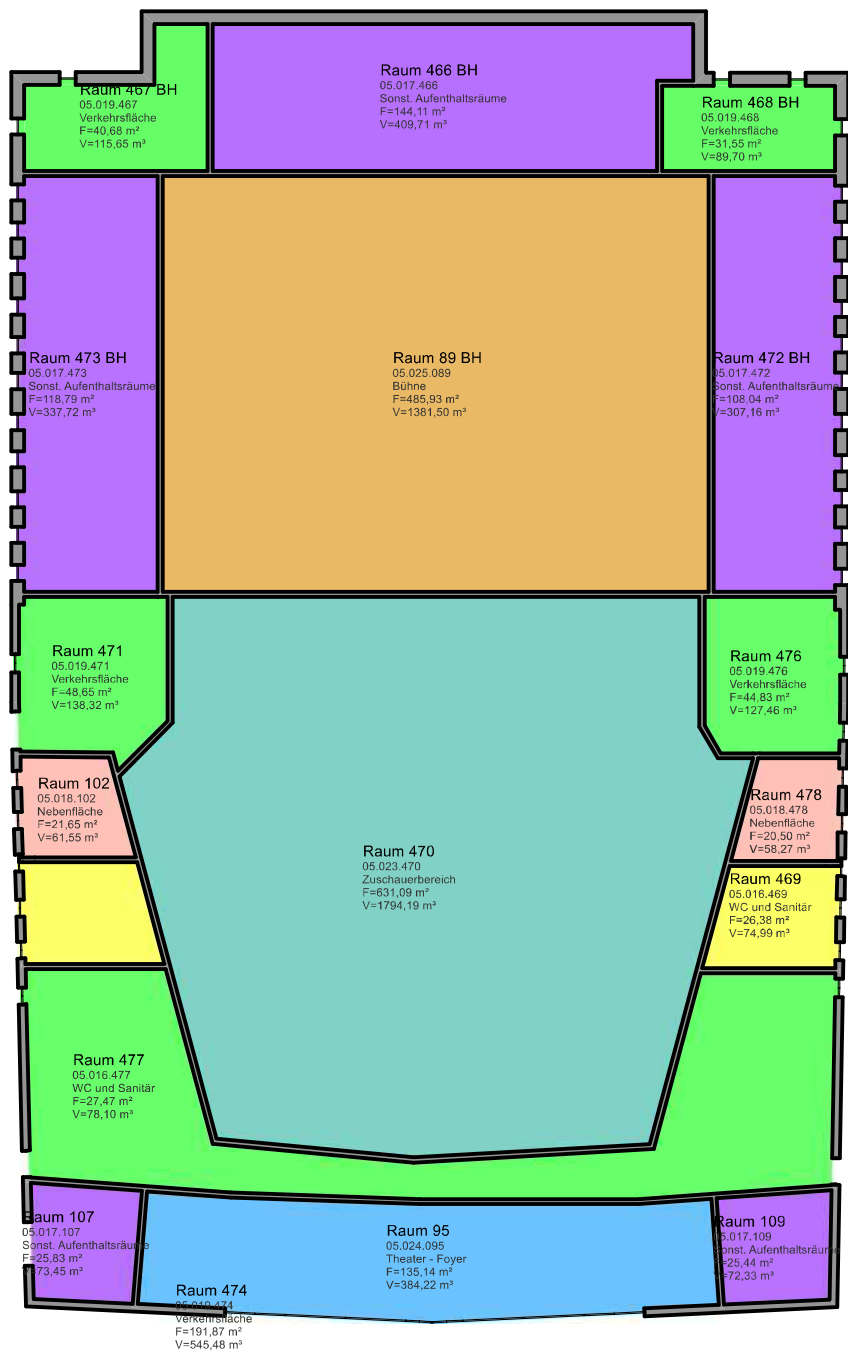


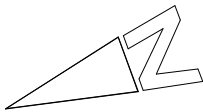
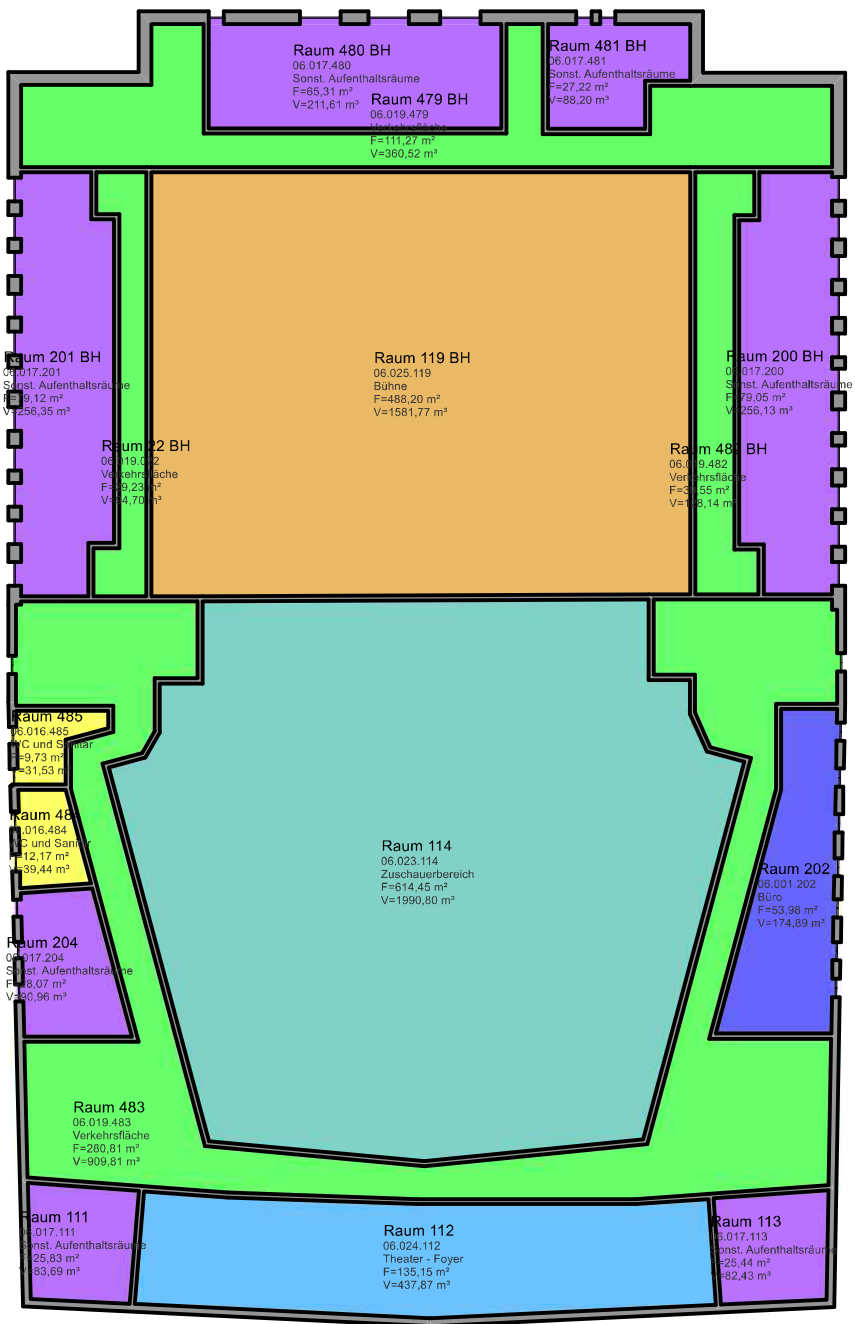
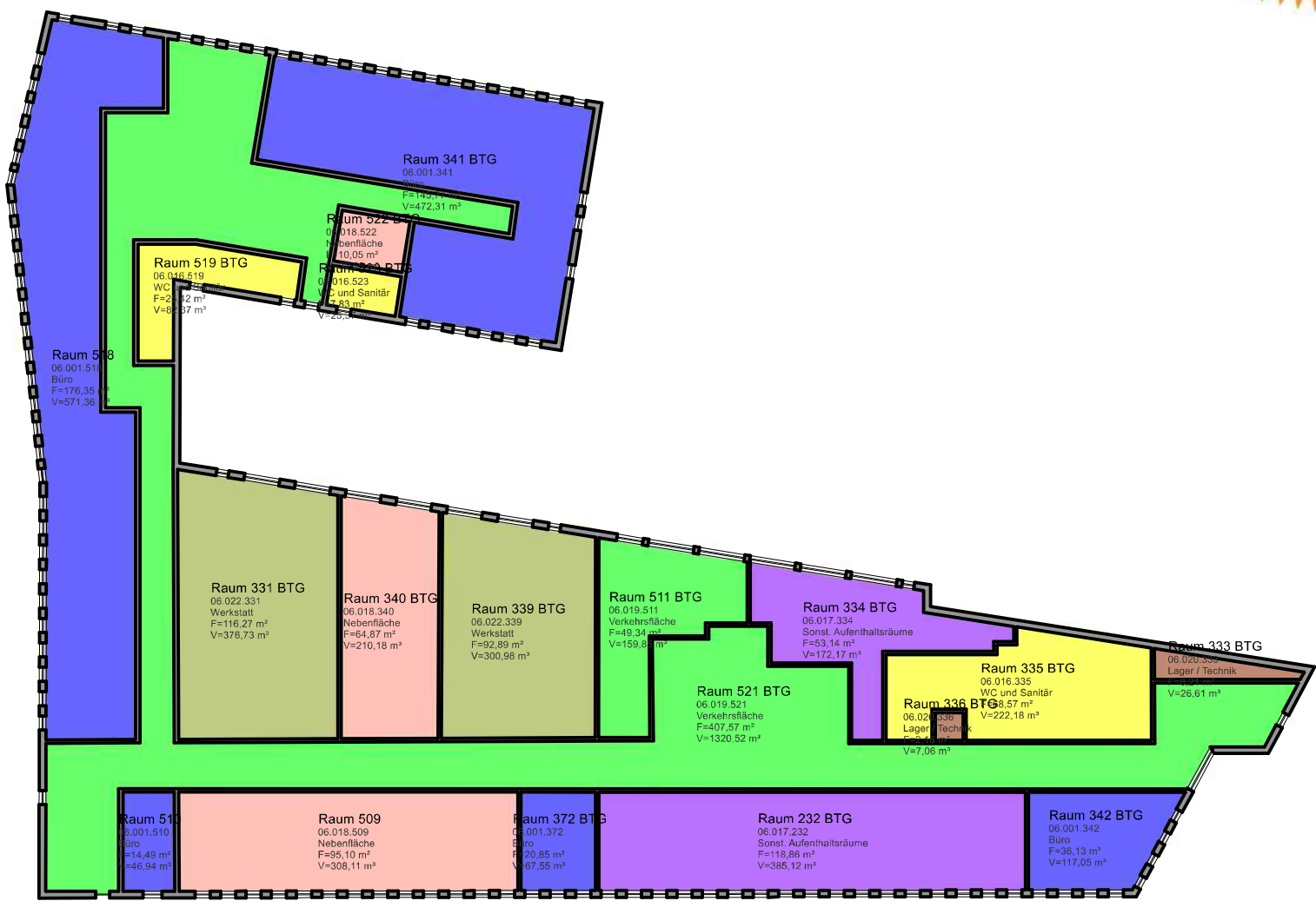


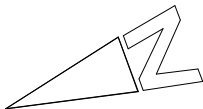
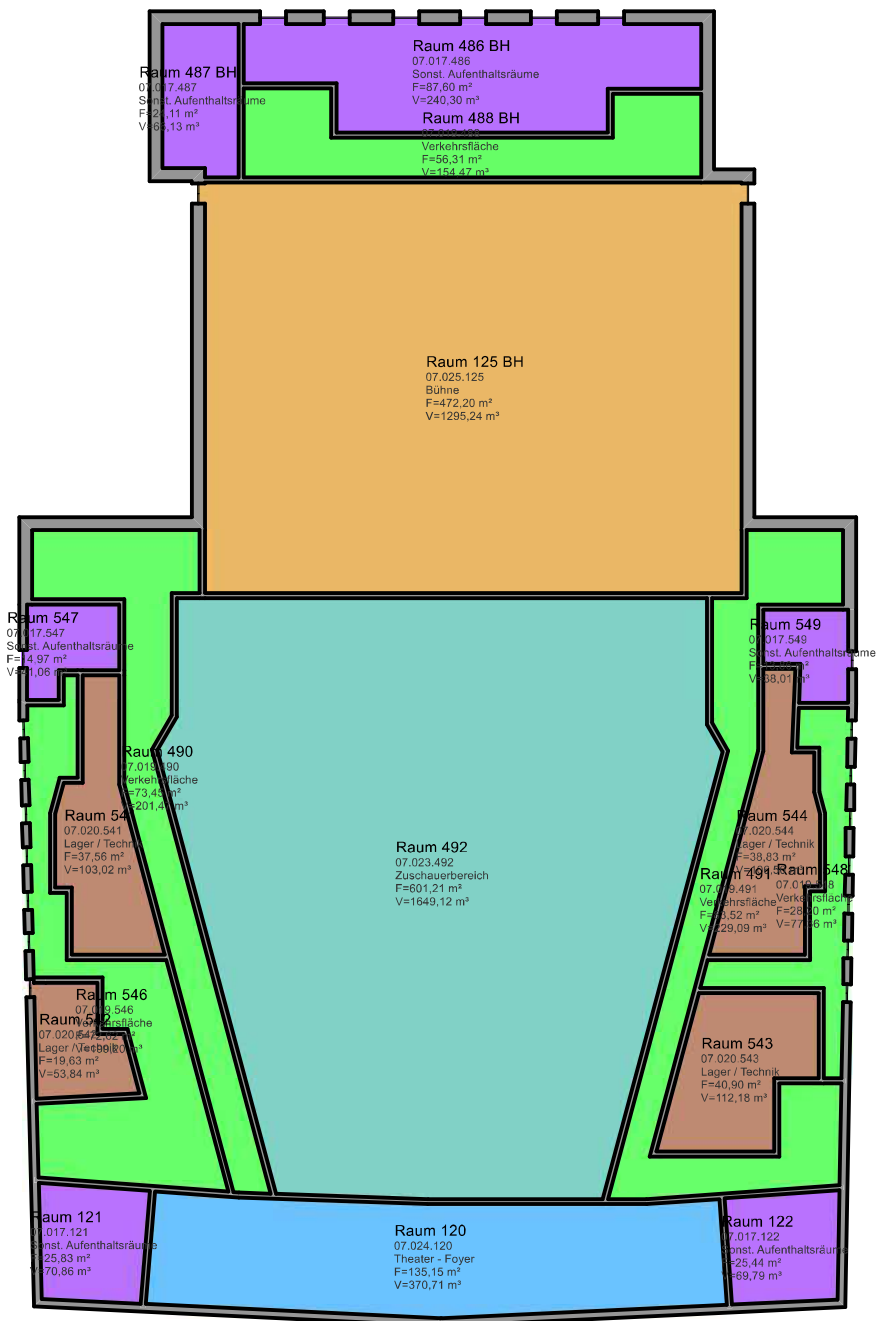
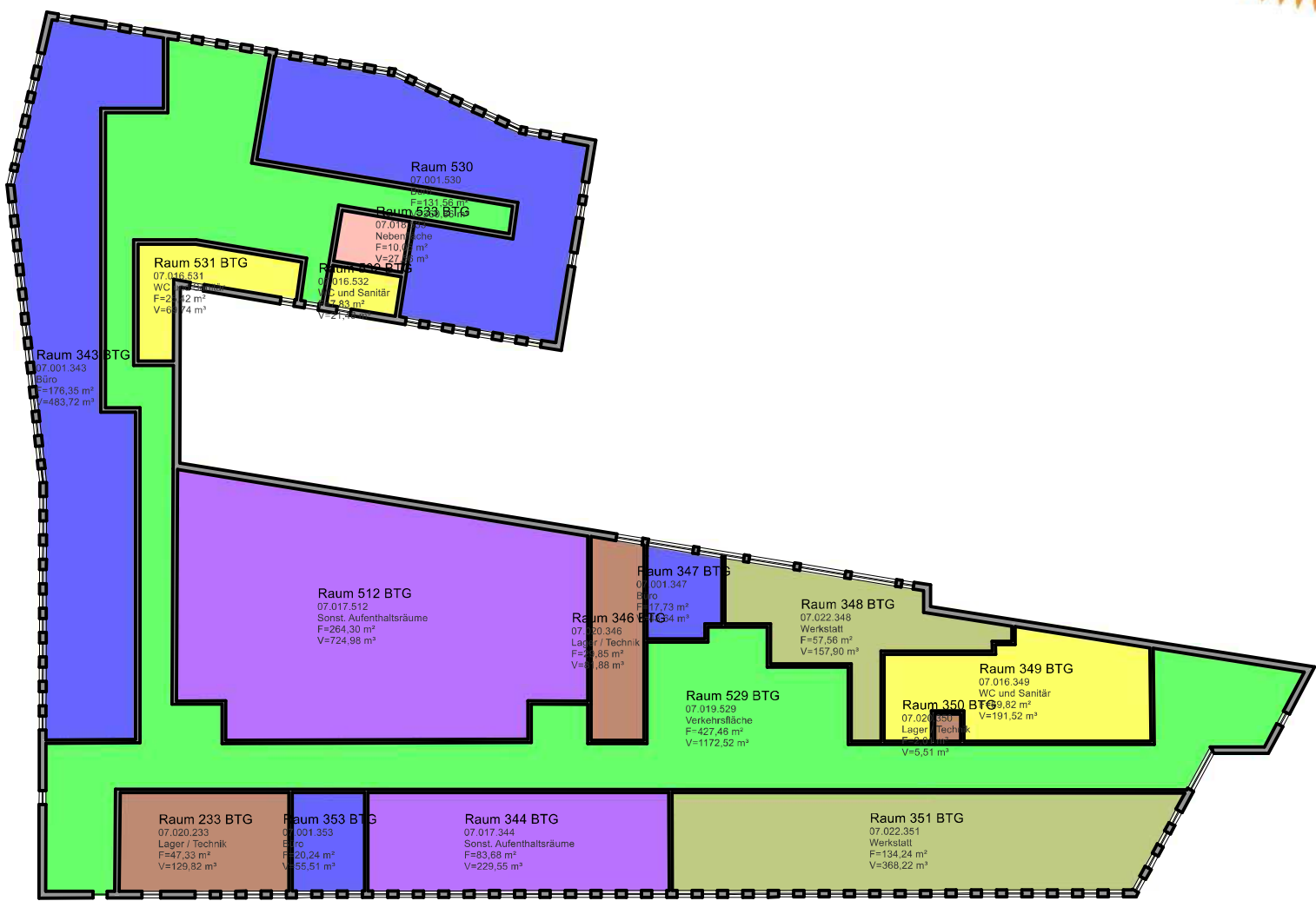


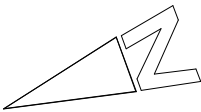
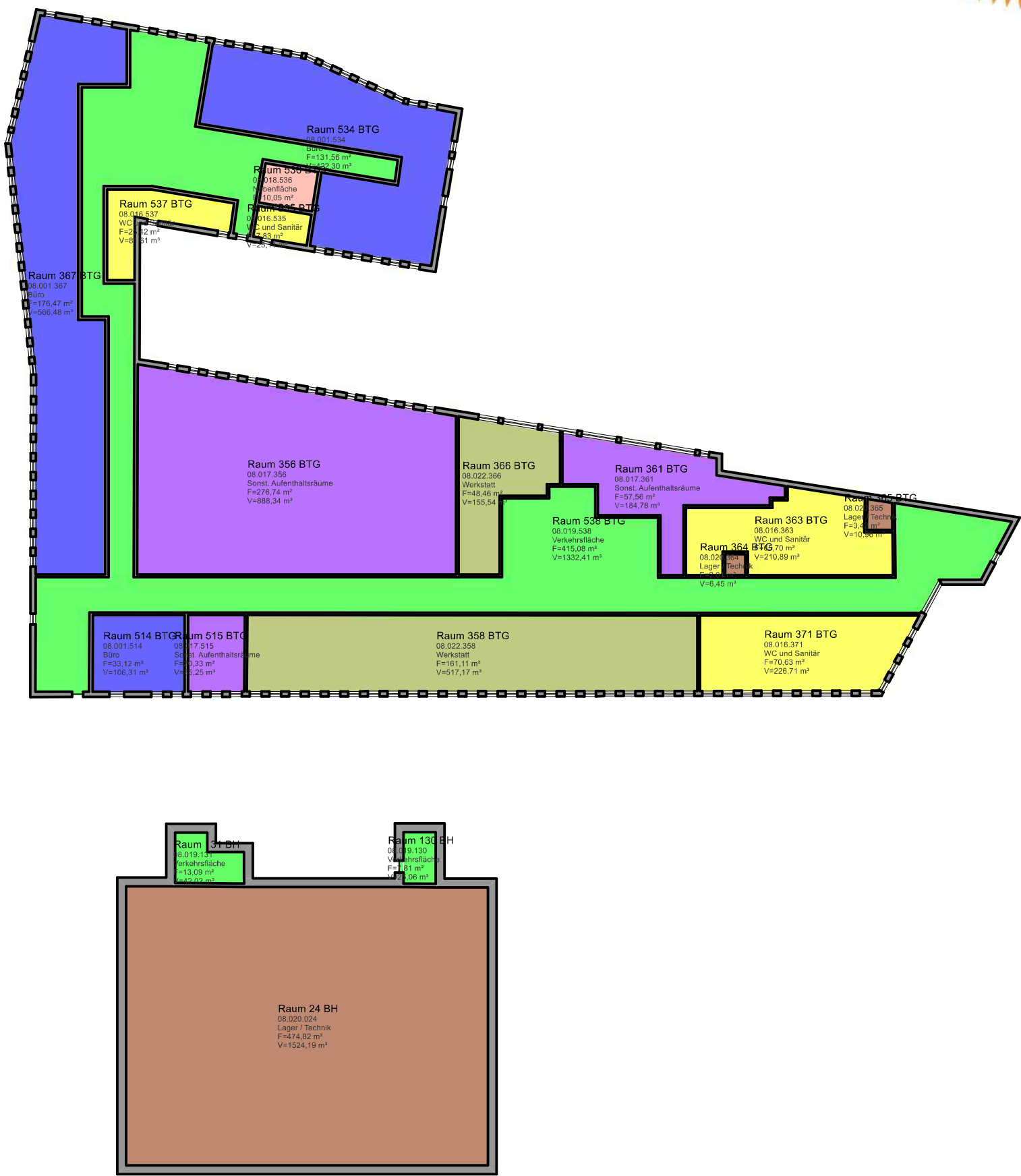


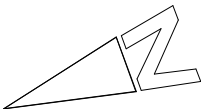
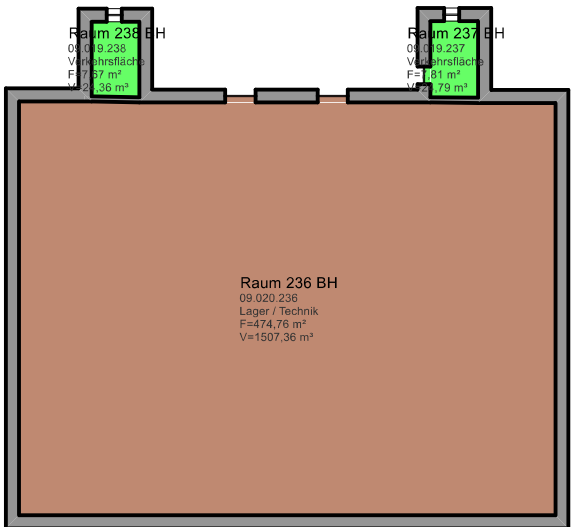
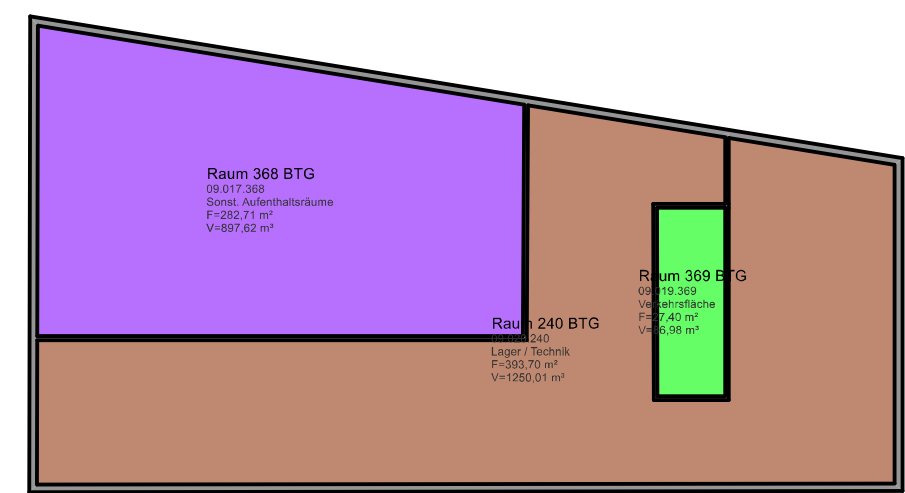


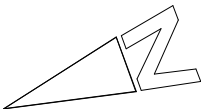
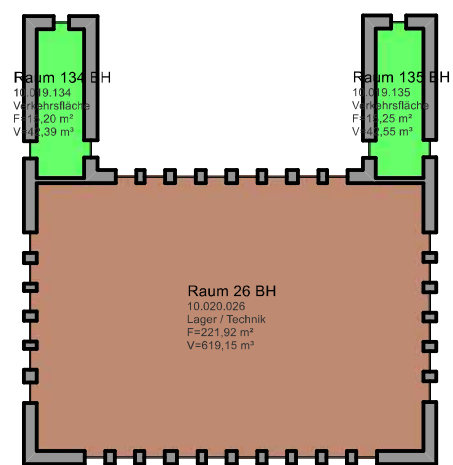


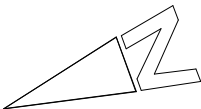
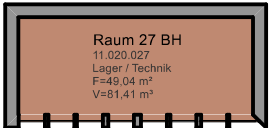












Anlage A3 - Energieausweis nach Generalsanierung

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Registriernummer ² ohne Nummer

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

Gültig bis: 07.12.2030

1

Gebäude

Hauptnutzung / Gebäudekategorie	HSO, Oper/Proberäume/Werkstätten/Büro		
Adresse	Große Theaterstraße 25, 20354 Hamburg		
Gebäudeteil	Zuschauerhaus, Bühnenhaus, Betriebsgebäude		
Baujahr Gebäude ³	1926 (BH), 1955 (ZH), 2004 (BG)		
Baujahr Wärmeerzeuger ^{3, 4}	keine Angabe		
Nettogrundfläche ⁵	31532 m²		
Wesentliche Energieträger für Heizung und Warmwasser ³	Umweltenergie, Nah-/Fernwärme KWK, fossiler Brennstoff, Strom-Mix		
Erneuerbare Energien	Art: Umweltenergie	Verwendung: Strom	
Art der Lüftung/Kühlung ³	<input checked="" type="checkbox"/> Fensterlüftung <input checked="" type="checkbox"/> Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung <input checked="" type="checkbox"/> Anlage zur Kühlung <input type="checkbox"/> Schachtlüftung <input checked="" type="checkbox"/> Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung		
Anlass der Ausstellung des Energieausweises	<input type="checkbox"/> Neubau <input type="checkbox"/> Modernisierung (Änderung/Erweiterung) <input type="checkbox"/> Aushangpflicht <input type="checkbox"/> Vermietung/Verkauf <input checked="" type="checkbox"/> Sonstiges (freiwillig)		

Hinweise zu den Angaben über die energetische Qualität des Gebäudes

Die energetische Qualität eines Gebäudes kann durch die Berechnung des **Energiebedarfs** unter Annahme von standardisierten Randbedingungen oder durch die Auswertung des **Energieverbrauchs** ermittelt werden. **Als Bezugsfläche dient die Nettogrundfläche.** Teil des Energieausweises sind die Modernisierungsempfehlungen (Seite 4).

- ☒ Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Berechnungen des **Energiebedarfs** erstellt (Energiebedarfsausweis). Die Ergebnisse sind auf **Seite 2** dargestellt. Zusätzliche Informationen zum Verbrauch sind freiwillig. Diese Art der Ausstellung ist Pflicht bei Neubauten und bestimmten Modernisierungen nach § 16 Absatz 1 Satz 3 EnEV. Die angegebenen Vergleichswerte sind die Anforderungen der EnEV zum Zeitpunkt der Erstellung des Energieausweises (**Erläuterungen - siehe Seite 5**).
- ☐ Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Auswertungen des **Energieverbrauchs** erstellt (Energieverbrauchsausweis). Die Ergebnisse sind auf **Seite 3** dargestellt. Die Vergleichswerte beruhen auf statistischen Auswertungen.

Datenerhebung Bedarf/Verbrauch durch ☐ Eigentümer ☒ Aussteller

☐ Dem Energieausweis sind zusätzliche Informationen zur energetischen Qualität beigelegt (freiwillige Angabe).

Hinweise zur Verwendung des Energieausweises

Der Energieausweis dient lediglich der Information. Die Angaben im Energieausweis beziehen sich auf das gesamte Gebäude oder den oben bezeichneten Gebäudeteil. Der Energieausweis ist lediglich dafür gedacht, einen

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

Registriernummer ² ohne Nummer

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

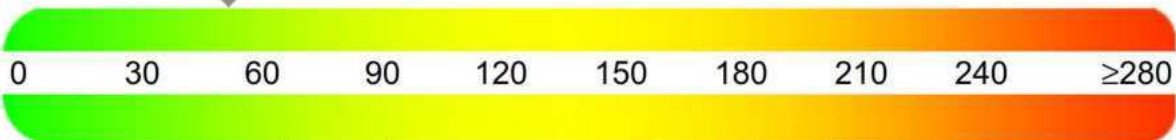
2

Primärenergiebedarf

CO₂-Emissionen ³ 21 kg/(m²·a)

Primärenergiebedarf dieses Gebäudes

53 kWh/(m²·a)



EnEV-Anforderungswert
Neubau (Vergleichswert)

EnEV-Anforderungswert
modernisierter Altbau (Vergleichswert)

Anforderungen gemäß EnEV ⁴

Primärenergiebedarf

Ist-Wert kWh/(m²·a) Anforderungswert kWh/(m²·a)

Mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten

Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau)

Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren

- ☒ Verfahren nach Anlage 2 Nummer 2 EnEV
- ☐ Verfahren nach Anlage 2 Nummer 3 EnEV ("Ein-Zonen-Modell")
- ☒ Vereinfachungen nach § 9 Absatz 2 EnEV
- ☐ Vereinfachungen nach Anlage 2 Nummer 2.1.4 EnEV

Endenergiebedarf

Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m²·a) für

Energieträger	Heizung	Warmwasser	Eingebaute Beleuchtung	Lüftung ⁵	Kühlung einschl. Befeuchtung	Gebäude insgesamt
<small>Nach-Formelwerte aus KWK, knauser Stromerzeuger</small>	59,7	1,1	0	0	0	60,8
allgemeiner Strommix	0,2	0	11,8	5	0,4	17,4
Solarenergie	0	0	0	0	0	0

Endenergiebedarf Wärme [Pflichtangabe in Immobilienanzeigen]

61 kWh/(m²·a)

Endenergiebedarf Strom [Pflichtangabe in Immobilienanzeigen]

17 kWh/(m²·a)

Angaben zum EEWärmeG ⁶

Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs auf Grund des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG)

Art: %
Deckungsanteil: %
%

Ersatzmaßnahmen ⁷

Die Anforderungen des EEWärmeG werden durch die Ersatzmaßnahmen nach § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG erfüllt.

- ☐ Die nach § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG verschärfte Anforderungswerte der EnEV sind eingehalten.

Verschärfte Anforderungswert kWh/(m²·a)
Primärenergiebedarf:

- ☐ Die in Verbindung mit § 8 EEWärmeG um % verschärfte Anforderungswerte der EnEV sind eingehalten.

Verschärfte Anforderungswert kWh/(m²·a)
Primärenergiebedarf:

Gebäudezonen

Nr.	Zone	Fläche [m ²]	Anteil [%]
1	Büro BTG	1599	4,51
2	Büro BH	110	0,31
3	Büro ZH	99	0,28
4	Verkehrsfläche BTG	3683	10,38
5	Verkehrsfläche BH	1582	4,46
6	Verkehrsfläche ZH	3709	10,45
7	Zuschauerbereich ZH	657	1,85
<input checked="" type="checkbox"/>	weitere Zonen in Anlage		

Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Die Energieeinsparverordnung lässt für die Berechnung des Energiebedarfs in vielen Fällen neben dem Berechnungsverfahren alternative Vereinfachungen zu, die im Einzelfall zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die ausgewiesenen Bedarfswerte sind spezifische Werte nach der EnEV pro Quadratmeter beheizte/gekühlte Nettogrundfläche.

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises
Angabe

⁶ nur bei Neubau

⁴ nur bei Neubau sowie bei Modernisierung im Fall des § 16 Absatz 1 Satz 3 EnEV

⁷ nur bei Neubau im Fall der Anwendung von § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG

² siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises

³ freiwillige

⁵ nur Hilfsenergiebedarf

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Erfasster Energieverbrauch des Gebäudes

Registriernummer ² ohne Nummer

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

3

Endenergieverbrauch

☐ Warmwasser enthalten

Der Wert enthält den Stromverbrauch für

☐ Zusatzheizung ☐ Warmwasser ☐ Lüftung ☐ eingebaute Beleuchtung ☐ Kühlung ☐ Sonstiges

Verbrauchserfassung

Zeitraum		Energieträger ⁴	Primär- energie- faktor	Energieverbrauch Wärme [kWh]	Anteil Warmwasser [kWh]	Anteil Heizung [kWh]	Klima- faktor	Energieverbrauch Strom [kWh]
von	bis							

Primärenergieverbrauch dieses Gebäudes

kWh/(m²·a)

Gebäudenutzung

Gebäudekategorie/ Nutzung	Flächen- anteil	Vergleichswerte ³	
		Heizung und Warmwasser	Strom

Erläuterungen zum Verfahren

Das Verfahren zur Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter beheizte/gekühlte Nettogrundfläche. Der tatsächliche Energieverbrauch eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens von den angegebenen Kennwerten ab.

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises unter www.bbsr-energieeinsparung.de durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

² siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises
⁴ gegebenenfalls auch Leerstandszuschläge in kWh

³ veröffentlicht

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Empfehlungen des Ausstellers

Registriernummer ² **ohne Nummer**

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

4

Empfehlungen zur kostengünstigen Modernisierung

Maßnahmen zur kostengünstigen Verbesserung der Energieeffizienz sind ☐ möglich ☒ nicht möglich

Empfohlene Modernisierungsmaßnahmen

Nr.	Bau- oder Anlagenteile	Maßnahmenbeschreibung in einzelnen Schritten	empfohlen		(freiwillige Angaben)	
			in Zusammenhang mit größerer Modernisierung	als Einzelmaßnahme	geschätzte Amortisationszeit	geschätzte Kosten pro eingesparte Kilowattstunde Endenergie

☐ weitere Empfehlungen auf gesondertem Blatt

Hinweis: Modernisierungsempfehlungen für das Gebäude dienen lediglich der Information. Sie sind nur kurz gefasste Hinweise und kein Ersatz für eine Energieberatung.

Genauere Angaben zu den Empfehlungen sind erhältlich bei/unter:

<http://www.bbsr-energieeinsparung.de>

Ergänzende Erläuterungen zu den Angaben im Energieausweis (Angaben freiwillig)

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises

² siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Erläuterungen

5

Angabe Gebäudeteil - Seite 1

Bei Nichtwohngebäuden, die zu einem nicht unerheblichen Anteil zu Wohnzwecken genutzt werden, ist die Ausstellung des Energieausweises gemäß dem Muster nach Anlage 7 auf den Gebäudeteil zu beschränken, der getrennt als Nichtwohngebäude zu behandeln ist (siehe im Einzelnen § 22 EnEV). Dies wird im Energieausweis durch die Angabe "Gebäudeteil" deutlich gemacht.

Erneuerbare Energien - Seite 1

Hier wird darüber informiert, wofür und in welcher Art erneuerbare Energien genutzt werden. Bei Neubauten enthält Seite 2 (Angaben zum EEWärmeG) dazu weitere Angaben.

Energiebedarf - Seite 2

Der Energiebedarf wird hier durch den Jahres-Primärenergiebedarf und den Endenergiebedarf für die Anteile Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung dargestellt. Diese Angaben werden rechnerisch ermittelt. Die angegebenen Werte werden auf der Grundlage der Bauunterlagen bzw. gebäudebezogener Daten und unter Annahme von standardisierten Randbedingungen (z.B. standardisierte Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, standardisierte Innentemperatur und innere Wärmegevinne) berechnet. So lässt sich die energetische Qualität des Gebäudes unabhängig vom Nutzerverhalten und von der Wetterlage beurteilen. Insbesondere wegen der standardisierten Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch.

Primärenergiebedarf - Seite 2

Der Primärenergiebedarf bildet die Energieeffizienz des Gebäudes ab. Er berücksichtigt neben der Endenergie auch die so genannte "Vorkette" (Erkundung, Gewinnung, Verteilung, Umwandlung) der jeweils eingesetzten Energieträger (z.B. Heizöl, Gas, Strom, erneuerbare Energien etc.). Ein kleiner Wert signalisiert einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz sowie eine die Ressourcen und die Umwelt schonende Energienutzung. Die angegebenen Vergleichswerte geben für das Gebäude die Anforderungen der EnEV an, die zum Zeitpunkt der Ausstellung des Energieausweises galt. Sie sind im Fall eines Neubaus oder einer Modernisierung des Gebäudes, die nach den Vorgaben des § 9 Absatz 1 Satz 2 EnEV durchgeführt wird, einzuhalten. Bei Bestandsgebäuden dienen sie zur Orientierung hinsichtlich der energetischen Qualität des Gebäudes. Zusätzlich können die mit dem Energiebedarf verbundenen CO₂-Emissionen des Gebäudes freiwillig angegeben werden.

Der Endwert der Skala zum Primärenergiebedarf beträgt, auf die Zehnerstelle gerundet, das Dreifache des Vergleichswerts "EnEV Anforderungswert modernisierter Altbau" (140 % des "EnEV Anforderungswerts Neubau").

Wärmeschutz - Seite 2

Die EnEV stellt bei Neubauten und bestimmten baulichen Änderungen auch Anforderungen an die energetische Qualität aller wärmeübertragenden Umfassungsflächen (Außenwände, Decken, Fenster etc.) sowie bei Neubauten an den sommerlichen Wärmeschutz (Schutz vor Überhitzung) eines Gebäudes.

Pflichtangaben für Immobilienanzeigen - Seite 2 und 3

Nach der EnEV besteht die Pflicht, in Immobilienanzeigen die in § 16a Absatz 1 genannten Angaben zu machen. Die dafür erforderlichen Angaben sind dem Energieausweis zu entnehmen, je nach Ausweisart der Seite 2 oder 3.

Endenergiebedarf - Seite 2

Der Endenergiebedarf gibt die nach technischen Regeln berechnete, jährlich benötigte Energiemenge für Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung an. Er wird unter Standardklima und Standardnutzungsbedingungen errechnet und ist ein Indikator für die Energieeffizienz eines Gebäudes und seiner Anlagentechnik. Der Endenergiebedarf ist die Energiemenge, die dem Gebäude unter Annahme von standardisierten Bedingungen und unter Berücksichtigung der Energieverluste zugeführt werden muss, damit die standardisierte Innentemperatur, der Warmwasserbedarf, die notwendige Lüftung und eingebaute Beleuchtung sichergestellt werden können. Ein kleiner Wert signalisiert einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz.

Angaben zum EEWärmeG - Seite 2

Nach dem EEWärmeG müssen Neubauten in bestimmtem Umfang erneuerbare Energien zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs nutzen. In dem Feld "Angaben zum EEWärmeG" sind die Art der eingesetzten erneuerbaren Energien und der prozentuale Anteil der Pflichterfüllung abzulesen. Das Feld "Ersatzmaßnahmen" wird ausgefüllt, wenn die Anforderungen des EEWärmeG teilweise oder vollständig durch Maßnahmen zur Einsparung von Energie erfüllt werden. Die Angaben dienen gegenüber der zuständigen Behörde als Nachweis des Umfangs der Pflichterfüllung durch die Ersatzmaßnahme und der Einhaltung der für das Gebäude geltenden verschärften Anforderungswerte der EnEV.

Endenergieverbrauch - Seite 3

Die Angaben zum Endenergieverbrauch von Wärme und Strom werden für das Gebäude auf der Basis der Abrechnungen von Heizkosten bzw. der Abrechnungen von Energielieferanten ermittelt. Dabei werden die Energieverbrauchsdaten des gesamten Gebäudes und nicht der einzelnen Nuteinheiten zugrunde gelegt. Die so ermittelten Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter Nettogrundfläche nach der EnEV. Der erfasste Energieverbrauch für die Heizung wird anhand der konkreten örtlichen Wetterdaten und mithilfe von Klimafaktoren auf einen deutschlandweiten Mittelwert umgerechnet. Die Angaben zum Endenergieverbrauch geben Hinweise auf die energetische Qualität des Gebäudes. Ein kleiner Wert signalisiert einen geringen Verbrauch. Ein Rückschluss auf den künftig zu erwartenden Verbrauch ist jedoch nicht möglich. Der tatsächliche Verbrauch einer Nutzungseinheit oder eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens oder sich ändernder Nutzungen vom angegebenen Endenergieverbrauch ab.

Im Fall längerer Leerstände wird hierfür ein pauschaler Zuschlag rechnerisch bestimmt und in die Verbrauchserfassung einbezogen. Ob und inwieweit derartige Pauschalen in die Erfassung eingegangen sind, ist der Tabelle "Verbrauchserfassung" zu entnehmen.

Die Vergleichswerte ergeben sich durch die Beurteilung gleichartiger Gebäude. Kleinere Verbrauchswerte als der Vergleichswert signalisieren eine gute energetische Qualität im Vergleich zum Gebäudebestand dieses Gebäudetyps. Die Endwerte der beiden Skalen zum Endenergieverbrauch betragen, auf die Zehnerstelle gerundet, das Doppelte des jeweiligen Vergleichswerts.

Primärenergieverbrauch - Seite 3

Der Primärenergieverbrauch geht aus dem für das Gebäude insgesamt ermittelten Endenergieverbrauch für Wärme und Strom hervor. Wie der Primärenergiebedarf wird er mithilfe von Umrechnungsfaktoren ermittelt, die die Vorkette der jeweils eingesetzten Energieträger berücksichtigen.

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Zusatzseite Gebäudezonierung

Registriernummer ² ohne Nummer

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

6

Gebäudezonen

Nr.	Zone	Fläche [m²]	Anteil [%]
1	Foyer ZH	2143	6,04
2	Foyer BTG	81	0,23
3	WC und Sanitär BTG	796	2,24
4	WC und Sanitär BH	81	0,23
5	WC und Sanitär ZH	316	0,89
6	Kantine BTG	279	0,79
7	Bühne BTG	2237	6,31
8	Bühne BH	2867	8,08
9	Personal / Stimmzimmer BTG	1214	3,42
10	Personal / Stimmzimmer ZH	495	1,4
11	Probe / Ballettsaal BTG	666	1,88
12	Werkstätten u.ä.	1089	3,07
13	Lager / Abstellräume / Mag BTG	4506	12,7
14	Lager / Abstellräume BH	1614	4,55
15	Technik BTG	958	2,7
16	Technik ZH	703	1,98
17	Sonstige Aufenthaltsräume BH	1709	4,82
18	Technik BH	2284	6,44
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			

Anlage A4 - Berechnungen

Projekt: Kulturimmobilien Hamburg

Übersicht Bauteile

Kürzel	Bezeichnung	U-Wert W/(m²K)	Rges m²K/W	Rsi m²K/W	Rse m²K/W
Außenfenster					
AF01	Außenfenster ZH (eigene Erm.)	1.600	0.625	0.130	0.040
AF02	Außenfenster BTG (eigene Erm.)	1.400	0.714	0.130	0.040
AF03	Außenfenster BH (eigene Erm.)	1.400	0.714	0.130	0.040
AF04	Neu: Außenfenster 2-fach	1.300	0.769	0.130	0.040
AF05	Neu: Außenfenster 3-fach	0.900	1.111	0.130	0.040
Außentür					
AT01	Außentür ZH (eigene Erm.)	2.500	0.400	0.130	0.040
AT02	Außentür BH/BTG (eigene Erm.)	2.500	0.400	0.130	0.040
AT03	Neu: Außentür ZH/BH (eigene Erm.)	1.800	0.556	0.130	0.040
Außenwand					
AW02	AW g. Bestand BTG	0.500	2.000	0.130	0.040
AW03	AW g. Außenluft ZH (eigene Erm.)	0.260	3.846	0.130	0.040
AW04	AW g. Außenluft BTG (eigene Erm.)	0.350	2.857	0.130	0.040
AW05	AW g. Außenluft BH (Literatur)	1.500	0.667	0.130	0.040
AW06	AW g. Erde ZH (Literatur)	1.500	0.667	0.130	0.040
AW07	AW g. Erde BTG (Annahme)	0.700	1.429	0.130	0.040
AW08	AW g. Erde BH (Literatur)	1.500	0.667	0.130	0.040
AW09	Neu: AW Innendämmung 8 cm 042	0.390	2.564	0.130	0.040
AW10	Neu: AW Außendämmung 16 cm 035	0.200	5.000	0.130	0.040
Dach					
DA01	Dach BH 2004 saniert 16cm (Annahme)	0.250	4.000	0.100	0.040
DA02	Dach BTG 2004 16cm (eigene Erm.)	0.250	4.000	0.100	0.040
DA03	Dach ZH 2004 saniert 16cm (Annahme)	0.250	4.000	0.100	0.040
DA04	Decke g. Außenluft 16cm (Annahme)	0.250	4.000	0.100	0.040
Fußboden					
FB01	Decke g. Außenluft	0.500	2.000	0.170	0.040
FB02	FB g. Innenluft	0.500	2.000	0.170	0.170
FB04	FB g. Erdreich ZH (Literatur)	1.600	0.625	0.170	0.000
FB05	FB g. Erdreich BH (Literatur)	1.600	0.625	0.170	0.040
FB06	FB g. Erdreich BTG (Literatur)	0.600	1.667	0.170	0.040

Zusatzinformationen Bauteile

Kürzel	Bezeichnung	U-Wert W/(m²K)	Rges m²K/W	Rsi m²K/W	Rse m²K/W
Außenfenster					
AF01	Außenfenster ZH (eigene Erm.)	1.600	0.625	0.130	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten:	Nein			
	Bauteiltyp:	transparentes Bauteil			
	Verglasungstyp:	Wärmedämmglas 2-fach, Ug = 1,4 W/(m²K)			
	U-Wert der Verglasung:	1.400 W/(m²K)			
	Rahmenanteil an der Gesamtfläche:	30.00 %			
	Transmissionsgrad der Verglasung:	0.58			
	Lichttransmissionsgrad der Verglasung:	0.78			
	Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung:	0.67			

Zusatzinformationen Bauteile

Kürzel	Bezeichnung	U-Wert W/(m²K)	Rges m²K/W	Rsi m²K/W	Rse m²K/W
Außenfenster					
AF02	Außenfenster BTG (eigene Erm.)	1.400	0.714	0.130	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten:				Nein
	Bauteiltyp:				transparentes Bauteil
	Verglasungstyp:				Wärmedämmglas 2-fach, Ug = 1,1 W/(m²K)
	U-Wert der Verglasung:				1.100 W/(m²K)
	Rahmenanteil an der Gesamtfläche:				30.00 %
	Transmissionsgrad der Verglasung:				0.54
	Lichttransmissionsgrad der Verglasung:				0.80
Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung:				0.60	
AF03	Außenfenster BH (eigene Erm.)	1.400	0.714	0.130	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten:				Nein
	Bauteiltyp:				transparentes Bauteil
	Verglasungstyp:				Wärmedämmglas 2-fach, Ug = 1,1 W/(m²K)
	U-Wert der Verglasung:				1.100 W/(m²K)
	Rahmenanteil an der Gesamtfläche:				30.00 %
	Transmissionsgrad der Verglasung:				0.54
	Lichttransmissionsgrad der Verglasung:				0.80
Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung:				0.60	
AF04	Neu: Außenfenster 2-fach	1.300	0.769	0.130	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten:				Nein
	Bauteiltyp:				transparentes Bauteil
	Verglasungstyp:				Wärmedämmglas 2-fach, Ug = 1,1 W/(m²K)
	U-Wert der Verglasung:				1.100 W/(m²K)
	Rahmenanteil an der Gesamtfläche:				30.00 %
	Transmissionsgrad der Verglasung:				0.54
	Lichttransmissionsgrad der Verglasung:				0.80
Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung:				0.60	
AF05	Neu: Außenfenster 3-fach	0.900	1.111	0.130	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten:				Nein
	Bauteiltyp:				transparentes Bauteil
	Verglasungstyp:				Wärmedämmglas 3-fach, Ug = 0,8 W/(m²K), g = 0,5
	U-Wert der Verglasung:				0.800 W/(m²K)
	Rahmenanteil an der Gesamtfläche:				30.00 %
	Transmissionsgrad der Verglasung:				0.39
	Lichttransmissionsgrad der Verglasung:				0.69
Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung:				0.50	
Außentür					
AT01	Außentür ZH (eigene Erm.)	2.500	0.400	0.130	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten:				Nein
				keine Transparenz	
AT02	Außentür BH/BTG (eigene Erm.)	2.500	0.400	0.130	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten:				Nein
				keine Transparenz	
AT03	Neu: Außentür ZH/BH (eigene Erm.)	1.800	0.556	0.130	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten:				Nein
				keine Transparenz	
Außenwand					
AW02	AW g. Bestand BTG	0.500	2.000	0.130	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten:				Nein
AW03	AW g. Außenluft ZH (eigene Erm.)	0.260	3.846	0.130	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten:				Nein

Projekt: Kulturimmobilien Hamburg

Zusatzinformationen Bauteile

Kürzel	Bezeichnung	U-Wert W/(m²K)	Rges m²K/W	Rsi m²K/W	Rse m²K/W
Außenwand					
AW04	AW g. Außenluft BTG (eigene Erm.)	0.350	2.857	0.130	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten: Nein				
AW05	AW g. Außenluft BH (Literatur)	1.500	0.667	0.130	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten: Nein				
AW06	AW g. Erde ZH (Literatur)	1.500	0.667	0.130	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten: Nein				
AW07	AW g. Erde BTG (Annahme)	0.700	1.429	0.130	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten: Nein				
AW08	AW g. Erde BH (Literatur)	1.500	0.667	0.130	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten: Nein				
AW09	Neu: AW Innendämmung 8 cm 042	0.390	2.564	0.130	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten: Nein				
AW10	Neu: AW Außendämmung 16 cm 035	0.200	5.000	0.130	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten: Nein				
Dach					
DA01	Dach BH 2004 saniert 16cm (Annahme)	0.250	4.000	0.100	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten: Nein				
DA02	Dach BTG 2004 16cm (eigene Erm.)	0.250	4.000	0.100	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten: Nein				
DA03	Dach ZH 2004 saniert 16cm (Annahme)	0.250	4.000	0.100	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten: Nein				
DA04	Decke g. Außenluft 16cm (Annahme)	0.250	4.000	0.100	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten: Nein				
Fußboden					
FB01	Decke g. Außenluft	0.500	2.000	0.170	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten: Nein				
FB02	FB g. Innenluft	0.500	2.000	0.170	0.170
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten: Nein				
FB04	FB g. Erdreich ZH (Literatur)	1.600	0.625	0.170	0.000
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten: Nein				
FB05	FB g. Erdreich BH (Literatur)	1.600	0.625	0.170	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten: Nein				
FB06	FB g. Erdreich BTG (Literatur)	0.600	1.667	0.170	0.040
	Wärmebrückenzuschlag im U-Wert des Bauteils enthalten: Nein				

Gebäudedaten:

Zeile	Randbedingungen	Eigenschaft	Einheit
1	Nicht-Wohngebäude, EnEV-Anforderungen	Bezugsfläche	31532 m ²
2	Nachweis für ein Gebäude im Bestand	wärmeübertragende Fläche	22655 m ²
3	ausführliche Berechnung	Volumen Ve	149698 m ³
4	Randbedingungen EnEV ab 1.1.2016	Verhältnis A/Ve	0.15 1/m
5	Klimaregion 4 - Potsdam	Fensterflächenanteil	21.8 %
6	Dichtheitsprüfung des Gebäudes nach DIN 4108-7	Luftwechsel n50	0.38 1/h
7	pauschaler Wärmebrückenzuschlag	Wärmebrückenzuschlag	0.100 W/(m ² K)

Anforderung an den Primärenergiebedarf:

Zeile		Ist-Wert kWh/(m ² a)	Anforde- rungswert kWh/(m ² a)	Anforde- rungswert Neubau kWh/(m ² a)*	Nachweis
1	Primärenergiebedarf	82.32	94.08	67.20	erfüllt

*Die Verschärfungen der Zeile 1 Anlage 2 der EnEV wurden bei der Berechnung dieses Wertes nicht berücksichtigt.

Wärmeschutzanforderungen:

Zeile	Bauteil	Wärmedurchgangskoeffizienten, bezogen auf dem Mittelwert der jeweiligen Bauteile				Nachweis
		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall > 19 °C		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall von 12 bis < 19 °C		
		Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	
1	Opake Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	0.47	0.49	0.83	0.70	nicht erfüllt*
2	Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	1.5	2.7	1.4	3.9	erfüllt*
3	Vorhangsfassade	---	2.7	---	4.2	---
4	Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	---	4.3	---	4.3	---

* Der Anforderungswert der EnEV für Neubauten darf um 40% überschritten werden

spezifischer Transmissionswärmeverlust:

Zeile		H _T ' W/m ² K
1	Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust des Originalgebäudes	0.725
2	Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust des Referenzgebäudes	0.421

CO₂-Emission:

Zeile		CO ₂ kg/(m ² a)
1	CO ₂ -Emission des Originalgebäudes	36.28
2	CO ₂ -Emission des Referenzgebäudes	19.54

Gebäudedaten:

Zeile	Randbedingungen	Eigenschaft	Einheit
1	Nicht-Wohngebäude, EnEV-Anforderungen	Bezugsfläche	31532 m²
2	Nachweis für ein Gebäude im Bestand	wärmeübertragende Fläche	22655 m²
3	ausführliche Berechnung	Volumen Ve	149698 m³
4	Randbedingungen EnEV ab 1.1.2016	Verhältnis A/Ve	0.15 1/m
5	Klimaregion 4 - Potsdam	Fensterflächenanteil	21.8 %
6	Dichtheitsprüfung des Gebäudes nach DIN 4108-7	Luftwechsel n50	0.38 1/h
7	pauschaler Wärmebrückenzuschlag	Wärmebrückenzuschlag	0.100 W/(m²K)

Anforderung an den Primärenergiebedarf:

Zeile		Ist-Wert kWh/(m²a)	Anforde- rungswert kWh/(m²a)	Anforde- rungswert Neubau kWh/(m²a)*	Nachweis
1	Primärenergiebedarf	53.24	91.85	65.60	erfüllt

*Die Verschärfungen der Zeile 1 Anlage 2 der EnEV wurden bei der Berechnung dieses Wertes nicht berücksichtigt.

Wärmeschutzanforderungen:

Zeile	Bauteil	Wärmedurchgangskoeffizienten, bezogen auf dem Mittelwert der jeweiligen Bauteile				Nachweis
		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall > 19 °C		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall von 12 bis < 19 °C		
		Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	
1	Opake Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	0.47	0.49	0.83	0.70	nicht erfüllt*
2	Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	1.5	2.7	1.4	3.9	erfüllt*
3	Vorhangsfassade	---	2.7	---	4.2	---*
4	Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	---	4.3	---	4.3	---*

* Der Anforderungswert der EnEV für Neubauten darf um 40% überschritten werden

spezifischer Transmissionswärmeverlust:

Zeile		H _T ' W/m²K
1	Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust des Originalgebäudes	0.725
2	Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust des Referenzgebäudes	0.421

CO2-Emission:

Zeile		CO2 kg/(m²a)
1	CO2-Emission des Originalgebäudes	21.00
2	CO2-Emission des Referenzgebäudes	19.14

Gebäudedaten:

Zeile	Randbedingungen	Eigenschaft	Einheit
1	Nicht-Wohngebäude, EnEV-Anforderungen	Bezugsfläche	31532 m²
2	Nachweis für ein Gebäude im Bestand	wärmeübertragende Fläche	22655 m²
3	ausführliche Berechnung	Volumen Ve	149698 m³
4	Randbedingungen EnEV ab 1.1.2016	Verhältnis A/Ve	0.15 1/m
5	Klimaregion 4 - Potsdam	Fensterflächenanteil	21.8 %
6	Dichtheitsprüfung des Gebäudes nach DIN 4108-7	Luftwechsel n50	0.38 1/h
7	pauschaler Wärmebrückenzuschlag	Wärmebrückenzuschlag	0.100 W/(m²K)

Anforderung an den Primärenergiebedarf:

Zeile		Ist-Wert kWh/(m²a)	Anforde- rungswert kWh/(m²a)	Anforde- rungswert Neubau kWh/(m²a)*	Nachweis
1	Primärenergiebedarf	48.92	91.85	65.60	erfüllt

*Die Verschärfungen der Zeile 1 Anlage 2 der EnEV wurden bei der Berechnung dieses Wertes nicht berücksichtigt.

Wärmeschutzanforderungen:

Zeile	Bauteil	Wärmedurchgangskoeffizienten, bezogen auf dem Mittelwert der jeweiligen Bauteile				Nachweis
		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall > 19 °C		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall von 12 bis < 19 °C		
		Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	
1	Opake Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	0.32	0.49	0.33	0.70	erfüllt*
2	Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	1.5	2.7	1.4	3.9	erfüllt*
3	Vorhangsfassade	---	2.7	---	4.2	---*
4	Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	---	4.3	---	4.3	---*

* Der Anforderungswert der EnEV für Neubauten darf um 40% überschritten werden

spezifischer Transmissionswärmeverlust:

Zeile		H _T ' W/m²K
1	Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust des Originalgebäudes	0.540
2	Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust des Referenzgebäudes	0.421

CO2-Emission:

Zeile		CO2 kg/(m²a)
1	CO2-Emission des Originalgebäudes	18.92
2	CO2-Emission des Referenzgebäudes	19.14

Gebäudedaten:

Zeile	Randbedingungen	Eigenschaft	Einheit
1	Nicht-Wohngebäude, EnEV-Anforderungen	Bezugsfläche	31532 m²
2	Nachweis für ein Gebäude im Bestand	wärmeübertragende Fläche	22655 m²
3	ausführliche Berechnung	Volumen Ve	149698 m³
4	Randbedingungen EnEV ab 1.1.2016	Verhältnis A/Ve	0.15 1/m
5	Klimaregion 4 - Potsdam	Fensterflächenanteil	21.8 %
6	Dichtheitsprüfung des Gebäudes nach DIN 4108-7	Luftwechsel n50	0.38 1/h
7	pauschaler Wärmebrückenzuschlag	Wärmebrückenzuschlag	0.100 W/(m²K)

Anforderung an den Primärenergiebedarf:

Zeile		Ist-Wert kWh/(m²a)	Anforde- rungswert kWh/(m²a)	Anforde- rungswert Neubau kWh/(m²a)*	Nachweis
1	Primärenergiebedarf	48.31	91.85	65.60	erfüllt

*Die Verschärfungen der Zeile 1 Anlage 2 der EnEV wurden bei der Berechnung dieses Wertes nicht berücksichtigt.

Wärmeschutzanforderungen:

Zeile	Bauteil	Wärmedurchgangskoeffizienten, bezogen auf dem Mittelwert der jeweiligen Bauteile				Nachweis
		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall > 19 °C		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall von 12 bis < 19 °C		
		Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	
1	Opake Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	0.30	0.49	0.25	0.70	erfüllt*
2	Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	1.5	2.7	1.4	3.9	erfüllt*
3	Vorhangsfassade	---	2.7	---	4.2	---*
4	Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	---	4.3	---	4.3	---*

* Der Anforderungswert der EnEV für Neubauten darf um 40% überschritten werden

spezifischer Transmissionswärmeverlust:

Zeile		H _T ' W/m²K
1	Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust des Originalgebäudes	0.517
2	Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust des Referenzgebäudes	0.421

CO2-Emission:

Zeile		CO2 kg/(m²a)
1	CO2-Emission des Originalgebäudes	18.62
2	CO2-Emission des Referenzgebäudes	19.14

Gebäudedaten:

Zeile	Randbedingungen	Eigenschaft	Einheit
1	Nicht-Wohngebäude, EnEV-Anforderungen	Bezugsfläche	31532 m²
2	Nachweis für ein Gebäude im Bestand	wärmeübertragende Fläche	22655 m²
3	ausführliche Berechnung	Volumen Ve	149698 m³
4	Randbedingungen EnEV ab 1.1.2016	Verhältnis A/Ve	0.15 1/m
5	Klimaregion 4 - Potsdam	Fensterflächenanteil	21.8 %
6	Dichtheitsprüfung des Gebäudes nach DIN 4108-7	Luftwechsel n50	0.38 1/h
7	pauschaler Wärmebrückenzuschlag	Wärmebrückenzuschlag	0.100 W/(m²K)

Anforderung an den Primärenergiebedarf:

Zeile		Ist-Wert kWh/(m²a)	Anforde- rungswert kWh/(m²a)	Anforde- rungswert Neubau kWh/(m²a)*	Nachweis
1	Primärenergiebedarf	53.06	91.85	65.60	erfüllt

*Die Verschärfungen der Zeile 1 Anlage 2 der EnEV wurden bei der Berechnung dieses Wertes nicht berücksichtigt.

Wärmeschutzanforderungen:

Zeile	Bauteil	Wärmedurchgangskoeffizienten, bezogen auf dem Mittelwert der jeweiligen Bauteile				Nachweis
		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall > 19 °C		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall von 12 bis < 19 °C		
		Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	
1	Opake Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	0.47	0.49	0.83	0.70	nicht erfüllt*
2	Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	1.4	2.7	1.4	3.9	erfüllt*
3	Vorhangsfassade	---	2.7	---	4.2	---*
4	Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	---	4.3	---	4.3	---*

* Der Anforderungswert der EnEV für Neubauten darf um 40% überschritten werden

spezifischer Transmissionswärmeverlust:

Zeile		H _T ' W/m²K
1	Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust des Originalgebäudes	0.716
2	Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust des Referenzgebäudes	0.421

CO2-Emission:

Zeile		CO2 kg/(m²a)
1	CO2-Emission des Originalgebäudes	20.92
2	CO2-Emission des Referenzgebäudes	19.14

Gebäudedaten:

Zeile	Randbedingungen	Eigenschaft	Einheit
1	Nicht-Wohngebäude, EnEV-Anforderungen	Bezugsfläche	31532 m ²
2	Nachweis für ein Gebäude im Bestand	wärmeübertragende Fläche	22655 m ²
3	ausführliche Berechnung	Volumen Ve	149698 m ³
4	Randbedingungen EnEV ab 1.1.2016	Verhältnis A/Ve	0.15 1/m
5	Klimaregion 4 - Potsdam	Fensterflächenanteil	21.8 %
6	Dichtheitsprüfung des Gebäudes nach DIN 4108-7	Luftwechsel n50	0.38 1/h
7	pauschaler Wärmebrückenzuschlag	Wärmebrückenzuschlag	0.100 W/(m ² K)

Anforderung an den Primärenergiebedarf:

Zeile		Ist-Wert kWh/(m ² a)	Anforde- rungswert kWh/(m ² a)	Anforde- rungswert Neubau kWh/(m ² a)*	Nachweis
1	Primärenergiebedarf	52.16	91.85	65.60	erfüllt

*Die Verschärfungen der Zeile 1 Anlage 2 der EnEV wurden bei der Berechnung dieses Wertes nicht berücksichtigt.

Wärmeschutzanforderungen:

Zeile	Bauteil	Wärmedurchgangskoeffizienten, bezogen auf dem Mittelwert der jeweiligen Bauteile				Nachweis
		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall > 19 °C		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall von 12 bis < 19 °C		
		Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	
1	Opake Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	0.47	0.49	0.83	0.70	nicht erfüllt*
2	Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	0.9	2.7	0.9	3.9	erfüllt*
3	Vorhangsfassade	---	2.7	---	4.2	---*
4	Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	---	4.3	---	4.3	---*

* Der Anforderungswert der EnEV für Neubauten darf um 40% überschritten werden

spezifischer Transmissionswärmeverlust:

Zeile		H _T ' W/m ² K
1	Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust des Originalgebäudes	0.669
2	Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust des Referenzgebäudes	0.421

CO₂-Emission:

Zeile		CO ₂ kg/(m ² a)
1	CO ₂ -Emission des Originalgebäudes	20.48
2	CO ₂ -Emission des Referenzgebäudes	19.14

Gebäudedaten:

Zeile	Randbedingungen	Eigenschaft	Einheit
1	Nicht-Wohngebäude, EnEV-Anforderungen	Bezugsfläche	31532 m ²
2	Nachweis für ein Gebäude im Bestand	wärmeübertragende Fläche	22655 m ²
3	ausführliche Berechnung	Volumen Ve	149698 m ³
4	Randbedingungen EnEV ab 1.1.2016	Verhältnis A/Ve	0.15 1/m
5	Klimaregion 4 - Potsdam	Fensterflächenanteil	21.8 %
6	Dichtheitsprüfung des Gebäudes nach DIN 4108-7	Luftwechsel n50	0.38 1/h
7	pauschaler Wärmebrückenzuschlag	Wärmebrückenzuschlag	0.100 W/(m ² K)

Anforderung an den Primärenergiebedarf:

Zeile		Ist-Wert kWh/(m ² a)	Anforde- rungswert kWh/(m ² a)	Anforde- rungswert Neubau kWh/(m ² a)*	Nachweis
1	Primärenergiebedarf	50.13	91.85	65.60	erfüllt

*Die Verschärfungen der Zeile 1 Anlage 2 der EnEV wurden bei der Berechnung dieses Wertes nicht berücksichtigt.

Wärmeschutzanforderungen:

Zeile	Bauteil	Wärmedurchgangskoeffizienten, bezogen auf dem Mittelwert der jeweiligen Bauteile				Nachweis
		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall > 19 °C		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall von 12 bis < 19 °C		
		Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	
1	Opake Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	0.47	0.49	0.83	0.70	nicht erfüllt*
2	Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	1.5	2.7	1.4	3.9	erfüllt*
3	Vorhangsfassade	---	2.7	---	4.2	---*
4	Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	---	4.3	---	4.3	---*

* Der Anforderungswert der EnEV für Neubauten darf um 40% überschritten werden

spezifischer Transmissionswärmeverlust:

Zeile		H _T ' W/m ² K
1	Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust des Originalgebäudes	0.725
2	Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust des Referenzgebäudes	0.421

CO₂-Emission:

Zeile		CO ₂ kg/(m ² a)
1	CO ₂ -Emission des Originalgebäudes	19.49
2	CO ₂ -Emission des Referenzgebäudes	19.14

Gebäudedaten:

Zeile	Randbedingungen	Eigenschaft	Einheit
1	Nicht-Wohngebäude, EnEV-Anforderungen	Bezugsfläche	31532 m ²
2	Nachweis für ein Gebäude im Bestand	wärmeübertragende Fläche	22655 m ²
3	ausführliche Berechnung	Volumen Ve	149698 m ³
4	Randbedingungen EnEV ab 1.1.2016	Verhältnis A/Ve	0.15 1/m
5	Klimaregion 4 - Potsdam	Fensterflächenanteil	21.8 %
6	Dichtheitsprüfung des Gebäudes nach DIN 4108-7	Luftwechsel n50	0.38 1/h
7	pauschaler Wärmebrückenzuschlag	Wärmebrückenzuschlag	0.100 W/(m ² K)

Anforderung an den Primärenergiebedarf:

Zeile		Ist-Wert kWh/(m ² a)	Anforde- rungswert kWh/(m ² a)	Anforde- rungswert Neubau kWh/(m ² a)*	Nachweis
1	Primärenergiebedarf	43.17	91.85	65.60	erfüllt

*Die Verschärfungen der Zeile 1 Anlage 2 der EnEV wurden bei der Berechnung dieses Wertes nicht berücksichtigt.

Wärmeschutzanforderungen:

Zeile	Bauteil	Wärmedurchgangskoeffizienten, bezogen auf dem Mittelwert der jeweiligen Bauteile				Nachweis
		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall > 19 °C		Zonen mit Raum-Soll-temperaturen im Heizfall von 12 bis < 19 °C		
		Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	Ist-Wert W/(m²K)	Höchstwert W/(m²K)	
1	Opake Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	0.30	0.49	0.25	0.70	erfüllt*
2	Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	0.9	2.7	0.9	3.9	erfüllt*
3	Vorhangsfassade	---	2.7	---	4.2	---
4	Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	---	4.3	---	4.3	---

* Der Anforderungswert der EnEV für Neubauten darf um 40% überschritten werden

spezifischer Transmissionswärmeverlust:

Zeile		H _T ' W/m ² K
1	Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust des Originalgebäudes	0.461
2	Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust des Referenzgebäudes	0.421

CO₂-Emission:

Zeile		CO ₂ kg/(m ² a)
1	CO ₂ -Emission des Originalgebäudes	16.14
2	CO ₂ -Emission des Referenzgebäudes	19.14

Gesamtgebäude

Nutzenergie						
	Bestand	G: Generalsanierung	Z1: G+Innendämmu	Z2: G+Außen-/Inne	Z3: G+Fenster 2-fac	Z4: G+Fenster 3-fac
Beleuchtung	3.3 kWh/m²	3.3 kWh/m²	3.3 kWh/m²	3.3 kWh/m²	3.3 kWh/m²	3.3 kWh/m²
Heizung	45.6 kWh/m²	38.6 kWh/m²	29.4 kWh/m²	28.4 kWh/m²	38.2 kWh/m²	36.0 kWh/m²
Trinkwarmwasser	1.3 kWh/m²	1.3 kWh/m²	1.3 kWh/m²	1.3 kWh/m²	1.3 kWh/m²	1.3 kWh/m²
Kühlung	1.2 kWh/m²	1.2 kWh/m²	1.2 kWh/m²	1.2 kWh/m²	1.2 kWh/m²	1.2 kWh/m²
Belüftung	---	---	---	---	---	---
Gesamt	51.5 kWh/m²	44.3 kWh/m²	35.2 kWh/m²	34.1 kWh/m²	43.9 kWh/m²	41.7 kWh/m²
Höhere Nutzenergie im Vergleich zum Bestand	+50 % +25 % 0 %					
Niedrigere Nutzenergie im Vergleich zum Bestand	-25 % -50 %					
Beleuchtung	---	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Heizung	---	-15.4 %	-35.5 %	-37.8 %	-16.4 %	-21.2 %
Trinkwarmwasser	---	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Kühlung	---	-6.8 %	-6.8 %	-6.8 %	-6.8 %	-6.8 %
Belüftung	---	---	---	---	---	---
Gesamt	---	-13.9 %	-31.6 %	-33.7 %	-14.7 %	-19.0 %

Endenergie						
	Bestand	G: Generalsanierung	Z1: G+Innendämmu	Z2: G+Außen-/Inne	Z3: G+Fenster 2-fac	Z4: G+Fenster 3-fac
Beleuchtung	14.3 kWh/m²	11.8 kWh/m²	11.8 kWh/m²	11.8 kWh/m²	11.8 kWh/m²	11.8 kWh/m²
Heizung	72.2 kWh/m²	59.9 kWh/m²	48.1 kWh/m²	46.5 kWh/m²	59.4 kWh/m²	57.0 kWh/m²
Trinkwarmwasser	1.6 kWh/m²	1.1 kWh/m²	1.1 kWh/m²	1.1 kWh/m²	1.1 kWh/m²	1.1 kWh/m²
Kühlung	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²
Belüftung	7.4 kWh/m²	5.0 kWh/m²	5.0 kWh/m²	5.0 kWh/m²	5.0 kWh/m²	5.0 kWh/m²
Gesamt	95.9 kWh/m²	78.2 kWh/m²	66.4 kWh/m²	64.8 kWh/m²	77.7 kWh/m²	75.3 kWh/m²
Höhere Endenergie im Vergleich zum Bestand	+50 % +25 % 0 %					
Niedrigere Endenergie im Vergleich zum Bestand	-25 % -50 %					
Beleuchtung	---	-17.2 %	-17.2 %	-17.2 %	-17.2 %	-17.2 %
Heizung	---	-17.0 %	-33.4 %	-35.7 %	-17.7 %	-21.2 %
Trinkwarmwasser	---	-29.7 %	-29.7 %	-29.7 %	-29.7 %	-29.7 %
Kühlung	---	-10.9 %	-10.9 %	-10.9 %	-10.9 %	-10.9 %
Belüftung	---	-32.2 %	-32.2 %	-32.2 %	-32.2 %	-32.2 %
Gesamt	---	-18.4 %	-30.7 %	-32.5 %	-18.9 %	-21.5 %

Gesamtgebäude

Primärenergie						
	Bestand	G: Generalsanierung	Z1: G+Innendämmung	Z2: G+Außen-/Inne	Z3: G+Fenster 2-fac	Z4: G+Fenster 3-fac
Beleuchtung	25.7 kWh/m²	21.3 kWh/m²	21.3 kWh/m²	21.3 kWh/m²	21.3 kWh/m²	21.3 kWh/m²
Heizung	41.7 kWh/m²	21.9 kWh/m²	17.6 kWh/m²	17.0 kWh/m²	21.7 kWh/m²	20.8 kWh/m²
Trinkwarmwasser	0.9 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²
Kühlung	0.7 kWh/m²	0.6 kWh/m²	0.6 kWh/m²	0.6 kWh/m²	0.6 kWh/m²	0.6 kWh/m²
Belüftung	13.3 kWh/m²	9.0 kWh/m²	9.0 kWh/m²	9.0 kWh/m²	9.0 kWh/m²	9.0 kWh/m²
Gesamt	82.3 kWh/m²	53.2 kWh/m²	48.9 kWh/m²	48.3 kWh/m²	53.1 kWh/m²	52.2 kWh/m²
Höhere Primärenergie im Vergleich zum Bestand	+100 % +50 % 0 %					
Niedrigere Primärenergie im Vergleich zum Bestand	-50 % -100 %					
Beleuchtung	---	-17.2 %	-17.2 %	-17.2 %	-17.2 %	-17.2 %
Heizung	---	-47.5 %	-57.9 %	-59.3 %	-47.9 %	-50.1 %
Trinkwarmwasser	---	-52.2 %	-52.2 %	-52.2 %	-52.2 %	-52.2 %
Kühlung	---	-10.9 %	-10.9 %	-10.9 %	-10.9 %	-10.9 %
Belüftung	---	-32.2 %	-32.2 %	-32.2 %	-32.2 %	-32.2 %
Gesamt	---	-35.3 %	-40.6 %	-41.3 %	-35.5 %	-36.6 %

CO2-Emission						
	Bestand	G: Generalsanierung	Z1: G+Innendämmung	Z2: G+Außen-/Inne	Z3: G+Fenster 2-fac	Z4: G+Fenster 3-fac
CO2-Emission	36.3 kg/(m²a)	21.0 kg/(m²a)	18.9 kg/(m²a)	18.6 kg/(m²a)	20.9 kg/(m²a)	20.5 kg/(m²a)
Höhere CO2-Emission im Vergleich zum Bestand	+50 % +25 % 0 %					
Niedrigere CO2-Emission im Vergleich zum Bestand	-25 % -50 %					
Gesamt	---	-42.1 %	-47.9 %	-48.7 %	-42.3 %	-43.6 %

Gesamtgebäude

Endenergie nach Energieträgern						
	Bestand	G: Generalsanierung	Z1: G+Innendämmung	Z2: G+Außen-/Inne	Z3: G+Fenster 2-fac	Z4: G+Fenster 3-fac
Nah-/Fernwärm...	73.4 kWh/m²	60.8 kWh/m²	49.0 kWh/m²	47.4 kWh/m²	60.3 kWh/m²	57.8 kWh/m²
Strom-Mix	22.5 kWh/m²	17.4 kWh/m²	17.4 kWh/m²	17.4 kWh/m²	17.4 kWh/m²	17.4 kWh/m²
Solarenergie	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---
Gesamt	95.9 kWh/m²	78.2 kWh/m²	66.4 kWh/m²	64.8 kWh/m²	77.7 kWh/m²	75.3 kWh/m²
Höhere Endenergie im Vergleich zum Bestand	+50 % +25 % 0 %					
Niedrigere Endenergie im Vergleich zum Bestand	-25 % -50 %					
Nah-/Fernwärm...	---	-17.2 %	-33.2 %	-35.4 %	-17.8 %	-21.2 %
Strom-Mix	---	-22.6 %	-22.8 %	-22.8 %	-22.6 %	-22.6 %
Solarenergie	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---
Gesamt	---	-18.4 %	-30.7 %	-32.5 %	-18.9 %	-21.5 %

Primärenergie nach Energieträgern						
	Bestand	G: Generalsanierung	Z1: G+Innendämmung	Z2: G+Außen-/Inne	Z3: G+Fenster 2-fac	Z4: G+Fenster 3-fac
Nah-/Fernwärm...	41.8 kWh/m²	21.9 kWh/m²	17.7 kWh/m²	17.1 kWh/m²	21.7 kWh/m²	20.8 kWh/m²
Strom-Mix	40.5 kWh/m²	31.3 kWh/m²	31.3 kWh/m²	31.2 kWh/m²	31.3 kWh/m²	31.3 kWh/m²
Solarenergie	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---
Gesamt	82.3 kWh/m²	53.2 kWh/m²	48.9 kWh/m²	48.3 kWh/m²	53.1 kWh/m²	52.2 kWh/m²
Höhere Primärenergie im Vergleich zum Bestand	+100 % +50 % 0 %					
Niedrigere Primärenergie im Vergleich zum Bestand	-50 % -100 %					
Nah-/Fernwärm...	---	-47.7 %	-57.8 %	-59.2 %	-48.1 %	-50.2 %
Strom-Mix	---	-22.6 %	-22.8 %	-22.8 %	-22.6 %	-22.6 %
Solarenergie	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---
Gesamt	---	-35.3 %	-40.6 %	-41.3 %	-35.5 %	-36.6 %

Gesamtgebäude

Nutzenergie			
	Bestand	Z5: G+Luftdicht	Z6: G+MP
Beleuchtung	3.3 kWh/m²	3.3 kWh/m²	3.3 kWh/m²
Heizung	45.6 kWh/m²	31.3 kWh/m²	17.9 kWh/m²
Trinkwarmwasser	1.3 kWh/m²	1.3 kWh/m²	1.3 kWh/m²
Kühlung	1.2 kWh/m²	1.2 kWh/m²	1.2 kWh/m²
Belüftung	---	---	---
Gesamt	51.5 kWh/m²	37.1 kWh/m²	23.6 kWh/m²
Höhere Nutzenergie im Vergleich zum Bestand			
Niedrigere Nutzenergie im Vergleich zum Bestand			
Beleuchtung	---	0.0 %	0.0 %
Heizung	---	-31.3 %	-60.8 %
Trinkwarmwasser	---	0.0 %	0.0 %
Kühlung	---	-6.8 %	-6.8 %
Belüftung	---	---	---
Gesamt	---	-28.0 %	-54.1 %



Endenergie			
	Bestand	Z5: G+Luftdicht	Z6: G+MP
Beleuchtung	14.3 kWh/m²	11.9 kWh/m²	11.8 kWh/m²
Heizung	72.2 kWh/m²	51.2 kWh/m²	32.4 kWh/m²
Trinkwarmwasser	1.6 kWh/m²	1.1 kWh/m²	1.1 kWh/m²
Kühlung	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²
Belüftung	7.4 kWh/m²	5.0 kWh/m²	5.0 kWh/m²
Gesamt	95.9 kWh/m²	69.5 kWh/m²	50.7 kWh/m²
Höhere Endenergie im Vergleich zum Bestand			
Niedrigere Endenergie im Vergleich zum Bestand			
Beleuchtung	---	-17.1 %	-17.3 %
Heizung	---	-29.1 %	-55.2 %
Trinkwarmwasser	---	-29.7 %	-29.7 %
Kühlung	---	-10.6 %	-10.9 %
Belüftung	---	-32.1 %	-32.2 %
Gesamt	---	-27.5 %	-47.1 %



Gesamtgebäude

Primärenergie			
	Bestand	Z5: G+Luftdicht	Z6: G+MP
Beleuchtung	25.7 kWh/m²	21.3 kWh/m²	21.3 kWh/m²
Heizung	41.7 kWh/m²	18.7 kWh/m²	11.8 kWh/m²
Trinkwarmwasser	0.9 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²
Kühlung	0.7 kWh/m²	0.6 kWh/m²	0.6 kWh/m²
Belüftung	13.3 kWh/m²	9.0 kWh/m²	9.0 kWh/m²
Gesamt	82.3 kWh/m²	50.1 kWh/m²	43.2 kWh/m²
Höhere Primärenergie im Vergleich zum Bestand			
Niedrigere Primärenergie im Vergleich zum Bestand			
Beleuchtung	---	-17.1 %	-17.3 %
Heizung	---	-55.1 %	-71.6 %
Trinkwarmwasser	---	-52.2 %	-52.2 %
Kühlung	---	-10.6 %	-10.9 %
Belüftung	---	-32.1 %	-32.2 %
Gesamt	---	-39.1 %	-47.6 %

CO2-Emission			
	Bestand	Z5: G+Luftdicht	Z6: G+MP
CO2-Emission	36.3 kg/(m²a)	19.5 kg/(m²a)	16.1 kg/(m²a)
Höhere CO2-Emission im Vergleich zum Bestand			
Niedrigere CO2-Emission im Vergleich zum Bestand			
Gesamt	---	-46.3 %	-55.5 %

Gesamtgebäude

Endenergie nach Energieträgern			
	Bestand	Z5: G+Luftdicht	Z6: G+MP
Nah-/Fernwärm...	73.4 kWh/m²	52.1 kWh/m²	33.4 kWh/m²
Strom-Mix	22.5 kWh/m²	17.4 kWh/m²	17.3 kWh/m²
Solarenergie	---	---	---
	---	---	---
	---	---	---
Gesamt	95.9 kWh/m²	69.5 kWh/m²	50.7 kWh/m²
Höhere Endenergie im Vergleich zum Bestand			
Niedrigere Endenergie im Vergleich zum Bestand			
Nah-/Fernwärm...	---	-29.0 %	-54.5 %
Strom-Mix	---	-22.5 %	-23.1 %
Solarenergie	---	---	---
	---	---	---
	---	---	---
Gesamt	---	-27.5 %	-47.1 %

Primärenergie nach Energieträgern			
	Bestand	Z5: G+Luftdicht	Z6: G+MP
Nah-/Fernwärm...	41.8 kWh/m²	18.8 kWh/m²	12.0 kWh/m²
Strom-Mix	40.5 kWh/m²	31.4 kWh/m²	31.2 kWh/m²
Solarenergie	---	---	---
	---	---	---
	---	---	---
Gesamt	82.3 kWh/m²	50.1 kWh/m²	43.2 kWh/m²
Höhere Primärenergie im Vergleich zum Bestand			
Niedrigere Primärenergie im Vergleich zum Bestand			
Nah-/Fernwärm...	---	-55.2 %	-71.3 %
Strom-Mix	---	-22.5 %	-23.1 %
Solarenergie	---	---	---
	---	---	---
	---	---	---
Gesamt	---	-39.1 %	-47.6 %

