



Ansicht Dammtorstraße

## Entwurfsplanung – Energetische Maßnahmen (LPH 3)

---

Objekt	Hamburgische Staatsoper Große Theaterstraße 25 20354 Hamburg
--------	--

Auftraggeber	Sprinkenhof GmbH Burchardstraße 8 20095 Hamburg
--------------	---

---

### Planungsbeteiligte

Gebäude	STADT+HAUS Architekten und Ingenieure GmbH Scheuerstrasse 17 23966 Wismar
---------	--

Technische Ausrüstung HLS	Ingenieurteam Gebäudetechnik GmbH & Co. KGH Russeer Weg 149 a 24109 Kiel
---------------------------	--

---

Stand 22.12.2022

## Inhaltsverzeichnis Entwurfsplanung

<b>1.</b>	<b>Grundlagenermittlung</b>	<b>4</b>
<b>2.1.</b>	<b>Entwurfsplanung Hochbau Betriebsgebäude</b>	<b>5</b>
2.1.1.	Maßnahmenkatalog	5
2.1.2.	Dächer	5
2.1.2.1.	Erläuterung der Maßnahme	
2.1.2.2.	Übersicht Bauteile der Maßnahme	
2.1.2.3.	Kostenberechnung	
2.1.2.4.	Planungsunterlagen und ggf. Details zur Maßnahme	
<b>2.2.</b>	<b>Entwurfsplanung Hochbau Bühnenhaus und Zuschauerhaus</b>	<b>12</b>
2.2.1.	Maßnahmenkatalog	12
2.2.2.	Dächer	12
2.2.2.1.	Erläuterung der Maßnahme	
2.2.2.2.	Übersicht Bauteile der Maßnahme	
2.2.2.3.	Kostenberechnung	
2.2.2.4.	Planungsunterlagen	
2.2.3.	Außenwände Außenwandbekleidungen Innen Foyer: entfällt nach Vorplanung	20
2.2.4.	Außenwände Außenwandbekleidungen Innen Bühnenhaus: entfällt nach Vorplanung	20
2.2.5.	Innenwände Innenwandbekleidungen Saal und Treppenhäuser: entfällt nach Vorplanung	20
2.2.6.	Außenwände Außentüren und Fenster	21
2.2.6.a	Fenster 2-fach Verglasung	21
2.2.6.1.a	Erläuterung der Maßnahme	
2.2.6.2.a	Übersicht Bauteile der Maßnahme	
2.2.6.3.a	Kostenberechnung	
2.2.6.4.a	Planungsunterlagen und ggf. Details zur Maßnahme	
2.2.6.b	Fenster 3-fach Verglasung	29
2.2.6.1.b	Erläuterung der Maßnahme	
2.2.6.2.b	Übersicht Bauteile der Maßnahme	
2.2.6.3.b	Kostenberechnung	
2.2.6.4.b	Planungsunterlagen und ggf. Details zur Maßnahme	
2.2.6.c	Außentüren	36
2.2.6.1.b	Erläuterung der Maßnahme	
2.2.6.2.b	Übersicht Bauteile der Maßnahme	
2.2.6.3.b	Kostenberechnung	
2.2.6.4.b	Planungsunterlagen und ggf. Details zur Maßnahme	
<b>2.3.</b>	<b>Entwurfsplanung TGA Betriebsgebäude</b>	<b>41</b>
2.3.1.	Maßnahmenkatalog	41
2.3.2.	PV-Anlage	41
2.3.3.	Installation einer Solarthermieanlage	41

2.3.4.	Austausch von Heizkörperventilen	42
2.3.5.	Dämmung an Rohrleitungen	42
2.3.6.	Umstellung der Beleuchtung auf LED-Technik	42
2.3.7.	Sanierung Lüftungs- und Kältetechnik	43
2.3.8.	Erneuerung Pumpen, Ventile, Steuereinrichtungen	47
2.3.9.	Anpassung Technik für Dachsanierung	49
<b>2.4.</b>	<b>Entwurfsplanung TGA Bühnenhaus Zuschauerhaus</b>	<b>49</b>
2.4.1.	Maßnahmenkatalog	49
2.4.2.	Installation einer Photovoltaikanlage	49
2.4.3.	Installation einer Solarthermieanlage	50
2.4.4.	Austausch von Heizkörperventilen	50
2.4.5.	Dämmung an Rohrleitungen	50
2.4.6.	Umstellung. Beleuchtung. auf LED-Technik	50
2.4.7.	Sanierung Lüftungs- und Kältetechnik	51
2.4.8.	Erneuerung Pumpen, Ventile, Steuereinrichtungen	52
2.4.9.	Anpassung Technik für Dachsanierung	54
<b>3.</b>	<b>Terminplanung</b>	<b>55</b>
<b>4.</b>	<b>Zusammenstellung Kosten</b>	<b>59</b>
<b>5.</b>	<b>Energieeinsparung und CO2-Vermeidung</b>	<b>60</b>
<b>6.</b>	<b>Anlagen</b>	<b>61</b>

## 1. Grundlagenermittlung

### Aufgabenstellung

Im Auftrag der Hansestadt Hamburg wurden Gebäude festgelegt, die auf energetische Einsparmaßnahmen untersucht werden sollten. Die Hamburgische Staatsoper, Teil des unter Denkmalschutz stehenden Kulturimmobilienportfolios, war eines der zu untersuchenden Gebäude. Im Auftrag der Sprinkenhof GmbH als Bauherrenvertreter wurde daraufhin eine entsprechende Bestands- und Bedarfsanalyse zum Energiebedarf und zu energetischen Optimierungsmöglichkeiten veranlasst.

Die Firma AECOM Deutschland hat zum Gebäude den AECOM-Bericht vom 15.12.2020 erstellt. (Projektnummer: 60616576) Dieser Bericht ist Basis für die Erstellung einer Vorplanung im Bereich Hochbau und technischen Gebäudeausstattung.

Seitens der Sprinkenhof GmbH und den an der Planung Beteiligten STADT+HAUS Architekten und Ingenieure GmbH & Co.KG und dem Ingenieurteam Gebäudetechnik GmbH & Co. KGH gab es im Vorfeld im Rahmen der Grundlagenermittlung bereits Abstimmungen zu den zu untersuchenden und weiter zu verfolgenden Maßnahmen.

Dazu erfolgte eine Präsentation am 28.09.2022, die dem Nutzer verschiedene Ansätze für die weitere Bearbeitung zeigte. Im Ergebnis wurden die in einer Vorplanung zu untersuchenden Bauteile festgelegt.

### Grundlagen / Regelwerke

Die Grundlage für den AECOM-Bericht und die zu untersuchenden Energieeinsparmaßnahmen ist die Energieeinsparverordnung (EnEV) / DIN 18599.

Die EnEV ist nunmehr am 01.11.2020 durch das GEG(Gebäudeenergiegesetz) abgelöst worden.

Das GEG tritt wiederum am 01.01.2023 in einer neuen Fassung in Kraft.

Das GEG definiert Anforderungen an die bauliche und technische Qualität eines Gebäudes. Die Pflicht zur Anwendung des GEG wird ausgelöst, wenn an einem Gebäude Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden, welche über übliche Instandhaltungsmaßnahmen hinausgehen.

Bei denkmalgeschützten Bauwerken bestehen Ausnahmeregelungen.

### Bewertungskriterien

Die folgenden Untersuchungen dienen einer grundsätzlichen energetischen Bewertung.

Für die Bewertung der energetischen Maßnahmen werden die folgenden Bewertungskriterien angewendet:

- |   |                             |
|---|-----------------------------|
| - CO <sub>2</sub> -Emission (Bestand)                   | + Endenergie, Primärenergie |
| - CO <sub>2</sub> -Emission (nach Sanierungsmaßnahme)   | + Endenergie, Primärenergie |
| - Kosten je eingesparte Tonne CO <sub>2</sub> -Emission | + Endenergie, Primärenergie |

## 2.1. Entwurfsplanung Hochbau Betriebsgebäude

### 2.1.1. Maßnahmenkatalog Betriebsgebäude

- Erneuerung bzw. Ertüchtigung der vorhandenen Dämmungen und Dachbeläge
- Installation Photovoltaik-Anlage (212 m<sup>2</sup>) auf der Dachfläche (siehe 2.3. TGA)
- Installation Solarthermieanlage (22 m<sup>2</sup>) auf der Dachfläche (siehe 2.3. TGA) –
- Erneuerung diverser Lüftungs- und Klimaanlage mit entsprechenden Dachdurchdringungen (siehe 2.3. TGA)

### 2.1.2. Dächer

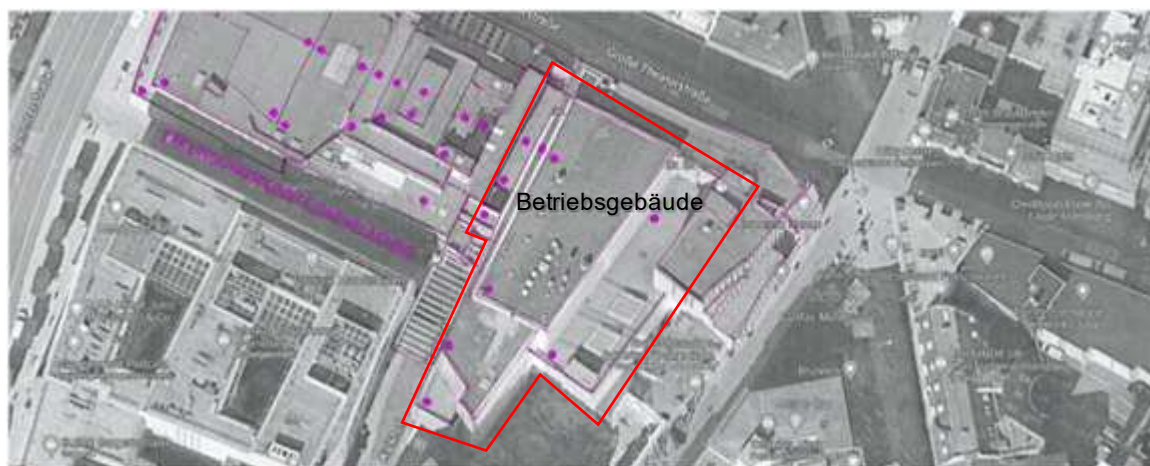
#### 2.1.2.1. Erläuterung der Maßnahme

Gemäß AECOM Bericht wurde auf Grund der Ergänzung des Betriebsgebäudes im Jahre 2004 eine Dämmstärke des Daches im Bestand von 16cm angenommen. Der Bericht weist darauf hin, dass eine Erhöhung der Dämmstärke prinzipiell möglich ist, der energetische Nutzen bei der genannten Dämmstärke vermutlich jedoch begrenzt bleibt. Im AECOM-Bericht wurden die folgenden Annahmen für das Dach des Betriebsgebäudes getroffen:

Bestandsbewertung / Energetische Kennwert lt. AECOM-Bericht vom 15.12.2020:	
Kürzel	DA02
Bezeichnung	Dach Betriebsgebäude
Aufbaustärke (Bestand)	16 cm (eigenem Erm.)
U-Wert (Bestand)	0.25 W/(m <sup>2</sup> K)
Baujahr / letzte Sanierung	2004

Laut AECOM- Bericht gehören die Dächer bei den oben genannten Voraussetzungen nicht zu prüfenden Maßnahmen.

Zusätzlich zum AECOM-Bericht werden zurzeit parallel im Dachbereich notwendige Brandschutzmaßnahmen aus dem Brandschutzkonzept „Harte Bedachung“ geprüft. Hier erfolgten in den letzten Tagen Bauteilerkundungen zum Dachaufbau. Da sich bei diesen Bestandsprüfungen die Annahme des AECOM-Berichtes zur Dämmstärke nicht bestätigte, wurden die Dächer in die zu prüfenden Maßnahmen aufgenommen. (siehe Foto unten)



Übersicht Dacherkundungspunkte Betriebsgebäude

Des Weiteren ist zu den Anforderungen aus dem Gebäudeenergiegesetz auch das Brandschutzkonzept der Fa. Hahn Consult aus dem Jahr 2017 zu berücksichtigen. Darin wird die Hamburgische Staatsoper mit dem Betriebsgebäude, gemäß §2 (2) HBauO, als ein Gebäudekomplex mit einer Höhe > 22 m als Hochhaus eingestuft. Mit dieser Einstufung als Hochhaus ist eine nichtbrennbare Dämmung erforderlich.

Die Fa. Wartig Nord GmbH hat die vorhandenen Dämmstärken dokumentiert. Diese werden in der folgenden Tabelle mit U-Wert-Forderungen gemäß GEG und Forderungen zum Brandschutz verglichen.

### Übersicht Anforderungen Dachflächen

BETRIEBSGEBÄUDE											
Pos.-Nr.	Ge- schoss	Raum- bezeichnung	Dämmungs- stärke	Art des Dämmstoffes	U-Wert nach Dämmstoff angenommen in W/(m²K)	Anforderung		U-Wert nach GEG erfüllt		BS-Konzept erfüllt	
						≥ 19 °C 0,20 in W/(m²K)	12 bis < 19 °C 0,35 in W/(m²K)	ja	nein	ja	nein
19	EG	Aufbauraum (B 01)	13,0 cm	Schaumglas	0,31	X			X	X	
20	EG	Aufbauraum (B 01)	13,0 cm	Schaumglas	0,31	X			X	X	
21	3.OG	Umkleide (308) Waschraum (308a)	11,0 cm	EPS-Dämmung	0,35	X			X		X
22	3.OG	Chorprobensaal	17,0 cm	Schaumglas	0,24	X			X	X	
23	3.OG	Probefühne-1	22,0 cm	Mineralfaser	0,18	X		X		X	
24	8.OG	Wäscherei (810)	13,0 cm	EPS-Dämmung	0,33	X			X		X
25	8.OG	Verwaltung (819)	12,0 cm	Schaumglas	0,33	X			X	X	
26	DG	RLT-Zentrale (D 03)	21,0 cm	Mineralfaser	0,19		X	X		X	
27	DG	Orchesterprobensaal	21,0 cm	Mineralfaser	0,19		X	X		X	
28	4.OG	Verbindungsflur BH-BG	7,5 cm	Schaumglas	0,51		X		X	X	

X

erfüllte die Anforderungen

X

erfüllte die Anforderungen nicht

Das Dach erhält auf Grund der Erneuerung der Abdichtungsebene (Bj. 2004) und teilweiser Ergänzung durch eine Photovoltaik- und Solarthermie Anlage eine neue Abdichtungsebene oberhalb der Bestandsebene (Pos. 23, 26 und 27). Bei Pos. 22 wird eine zusätzliche Dämm- und Abdichtungsebene auf der Bestandsebene empfohlen.

Eine energetische Optimierung der Dachflächen ist sinnvoll. Die Anforderungen an das Gebäudeenergiegesetz (GEG) und das Brandschutz-Konzept werden berücksichtigt. Das Dach wird teils oberhalb mit zusätzlicher Dämmung und Abdichtungsebene ergänzt und teils bis zur Rohdecke erneuert (nichtbrennbare / brennbare Dämmung).

Nur 3 der 10 Erkundungspunkte werden beiden Anforderungen an die Dachdämmung vollständig gerecht. Eine energetische Optimierung der Dachflächen des Betriebsgebäudes ist damit in großen Teilen erforderlich.

### Baubeschreibung

#### 300.01 Baustelleneinrichtung

Die Baustelleneinrichtung sollte im Bereich der Großen Theaterstraße geplant werden, da diese möglichst in der Nähe des Bauaufzuges liegen sollte.

Die Glasüberdachung am Bühneneingang in der Kleinen Theaterstraße erschwert jedoch die Einrichtung eines Bauaufzuges für die obersten Ebenen.

Vorzusehen sind Bauzaun, Personalumkleide und Sanitärcontainer sowie ein Standplatz für einen Container.

Die BE bedarf einer Straßenbehördlichen Genehmigung durch die Polizei und einem Sondernutzungsrecht durch das Bezirksamt Hamburg Mitte.

#### 300.02 Gerüstarbeiten

Eventuell ist ein Bauaufzug an dem kleinsten südlichen Flachdach im 4.OG des Bürogebäudes mit Treppenturm vorzusehen.

Die nördliche tiefer gelegene Dachfläche im 4. OG sollte über die Große Theaterstraße mit einem Bauaufzug bis auf das Dach im 9. und 10. OG angeliefert werden und eventuell von dort über Schrägaufzug oder einem Kran beliefert werden.

Der Zugang zu den westlichen Dachflächen sollte über einen Treppenturm in der Kleinen Theaterstraße erfolgen. Für die östliche Dachfläche sollte ein Zugang über das Betriebsgebäude geprüft werden, da ansonsten auf der zu bearbeitenden Dachfläche ein Treppengerüst stehen müsste. Dies behindert die Arbeiten.

Absturzsicherungen sind für Dachabdichtungsarbeiten, Dachklempnerarbeiten, Photovoltaik und Solarthermie vorzusehen.

Für die Arbeiten auf dem Dach im 10. OG könnte ein Gerüst im 9. OG errichtet werden.

Auf den sonstigen Dachflächen sollte mit einer verfahrbaren, über die Drepel greifende Absturzsicherung gearbeitet werden.

Die Gerüstarbeiten bedürfen im Rahmen der BE einer Straßenbehördlichen Genehmigung durch die Polizei und einem Sondernutzungsrecht durch das Bezirksamt Hamburg Mitte.

### 300.21 Dachabdichtung

Baubegleitend zur Vorplanung konnte der Bestand der Dachaufbauten erfasst werden. Neben den wärmedämmtechnischen Werten sind die Brandeigenschaften der Dachbaustoffe zu beachten.

Es ist davon auszugehen, dass eine nichtbrennbare Dachdämmung erforderlich ist. Ob eine nichtbrennbare Dachabdichtung erforderlich wird, ist noch in Prüfung. Kosten, die daraus entstehen, werden in der Planung „Harte Bedachung“ benannt.

Eine Sanierungskonzeption zur Schadstoffsanierung liegt noch nicht vor und muss im Rahmen der Planung der „Harten Bedachung“ berücksichtigt werden.

#### Varianten Dachflächenertüchtigung

Die erforderlichen Brandschutzanforderungen sind noch in Planung. Sollten sich daraus zusätzliche Maßnahmen herleiten, werden diese in der Planung „Harte Bedachung“ ermittelt.

#### Variante 1 (Pos. 19/20, 22, 25, 28)

##### Erhalt Dachabdichtung und Ertüchtigung oberhalb

Die Dachabdichtung (Bestand) und Dachdämmung (Bestand) wird erhalten. Eine zusätzliche Dämm- und Abdichtungsebene erfolgt oberhalb. Ggf. ist eine Ausgleichsschüttung auf Grund der unebenen Oberfläche notwendig.

#### Variante 2

##### Abbruch Abdichtung und Erhalt Dämmung (Bestand) und Ertüchtigung oberhalb

Die vorhandene Dachabdichtung wird bis auf die Dämmebene entfernt.

Die Dämmebene ist zu ertüchtigen und mit einer neuen Abdichtungsebene zu versehen.

Diese Variante ist aber voraussichtlich technisch beim Abbruch der Dachabdichtung nicht realistisch, da die darunter befindliche Dämmung voraussichtlich zu stark beschädigt wird.

#### Variante 3 (Pos. 21, 24)

##### Erneuerung Dachaufbau

Der Bestandsdachaufbau wird bis auf die Rohdecke erneuert.

#### Variante 4 (26/27, 23)

##### Ertüchtigung Dachabdichtung

Durch die Installation von Photovoltaik und Solarthermie lassen sich die späteren Dachflächen nur dann instand zu setzen, wenn diese Anlagen demontiert werden. Daher wird empfohlen auf diesen Dachflächen die Abdichtungen mit einer zusätzlichen Abdichtung vorab zu versehen.

Die Oberlichter konnten aktuell noch nicht auf ihre Übereinstimmung mit den Forderungen des GEG geprüft werden. Vorsorglich werden für diese Bauteile Kosten ermittelt.

Eine Prüfung der Bauteile ist vor der Ausführungsplanung vorzunehmen.

### 300.23 Klempnerarbeiten

Die Abdeckbleche auf den Attiken sind jetzt ca. 18 Jahre alt. Eine Instandsetzung ist in den nächsten Jahren zu erwarten. Der Ausführungszeitraum ist noch geplant. Die zu erwartende Materialalterung und die dann aufwändigen Absturzsicherungen führen zu der Empfehlung diese Arbeiten jetzt mit vorzunehmen.

Die Kosten für Abdeckungen mit Titanzinkblechen oder Aluminium werden ermittelt.

Fallrohre werden bis 1 m nach Ablauf bei Bedarf erneuert.

### 300.24 Putzarbeiten

An den Attiken und dem angrenzenden Mauerwerk sind beim Abbruch von Verwahrungsprofilen begleitende Putzreparaturen zu erwarten. Diese werden bis in eine Höhe von 30 cm über OK Dach berücksichtigt.

### 300.33 Reinigung

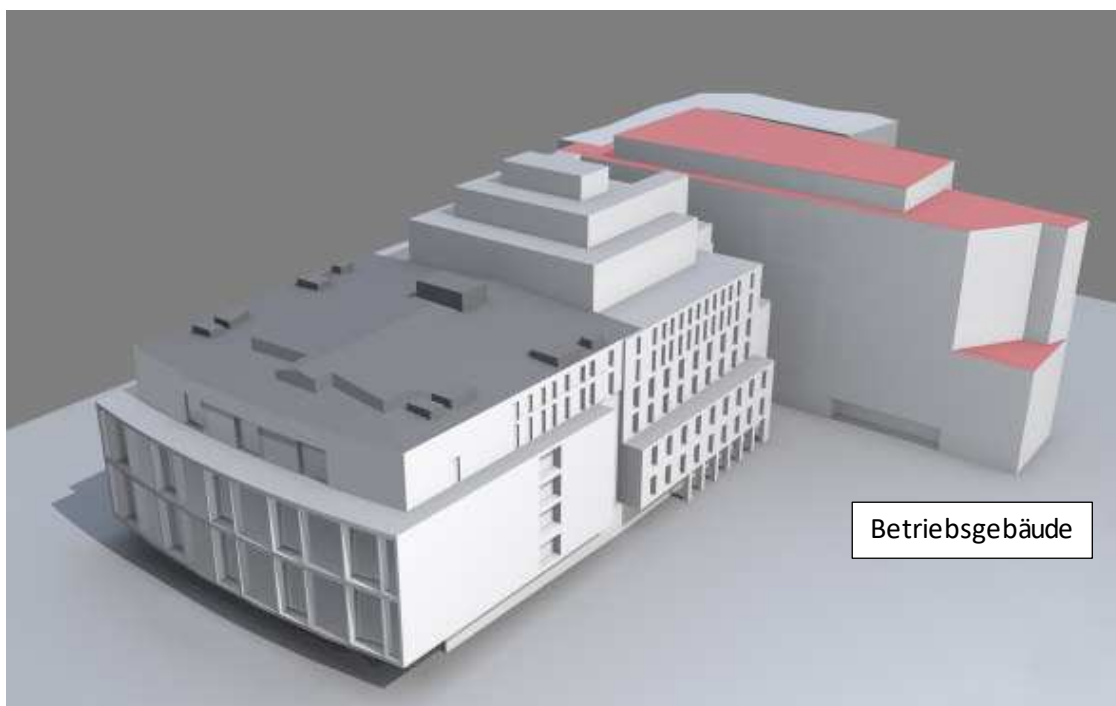
Der Straßenbereich der BE und eventuelle Verschmutzungen im Betriebsgebäude durch Zugang von Bauarbeitern sind zu reinigen.

### 300.34 Malerarbeiten

Nach den Putzreparaturen ist ein Anstrich der Putzoberflächen bis 50 cm über OK Dach vorgesehen.

### 2.1.2.2. Übersicht Bauteile der Maßnahme

Übersicht der Dachflächen des Betriebsgebäudes



Fotodokumentation



Foto 01 oberste Dachfläche des Betriebsgebäudes



Foto 02 Dach Betriebsgebäude im Dachgeschoss



Foto 03 Ausgang auf das Dach im Dachgeschoss



## 2.2. Entwurfsplanung Hochbau Bühnen- und Zuschauerhaus

### 2.2.1. Maßnahmenkatalog

- Erneuerung und Ertüchtigung der vorhandenen Dämmungen und Dachbeläge
- Installation Photovoltaik-Anlage (212 m<sup>2</sup>) auf der Dachfläche (siehe TGA)
- Prüfung Fenster 2-fach Verglasung (2001-2006)
- Prüfung Fenster 3-fach Verglasung (2001-2006)
- Prüfung Außentüren

### 2.2.2. Dächer

#### 2.2.2.1. Erläuterung der Maßnahme

Gemäß AECOM Bericht wurde auf Grund der Ergänzung des Betriebsgebäudes im Jahre 2004 eine Dämmstärke des Daches im Bestand von 16cm angenommen. Der Bericht weist darauf hin, dass eine Erhöhung der Dämmstärke prinzipiell möglich ist, der energetische Nutzen bei der genannten Dämmstärke vermutlich jedoch begrenzt bleibt. Im AECOM-Bericht wurden die folgenden Annahmen für die Dächer des Zuschauer- und Bühnenhauses getroffen:

Bestandsbewertung / Energetische Kennwert lt. AECOM-Bericht vom 15.12.2020:

Das Zuschauerhaus wurde im Jahr 1956 erbaut.

Bestandsbewertung / Energetische Kennwert lt. AECOM-Bericht vom 15.12.2020:

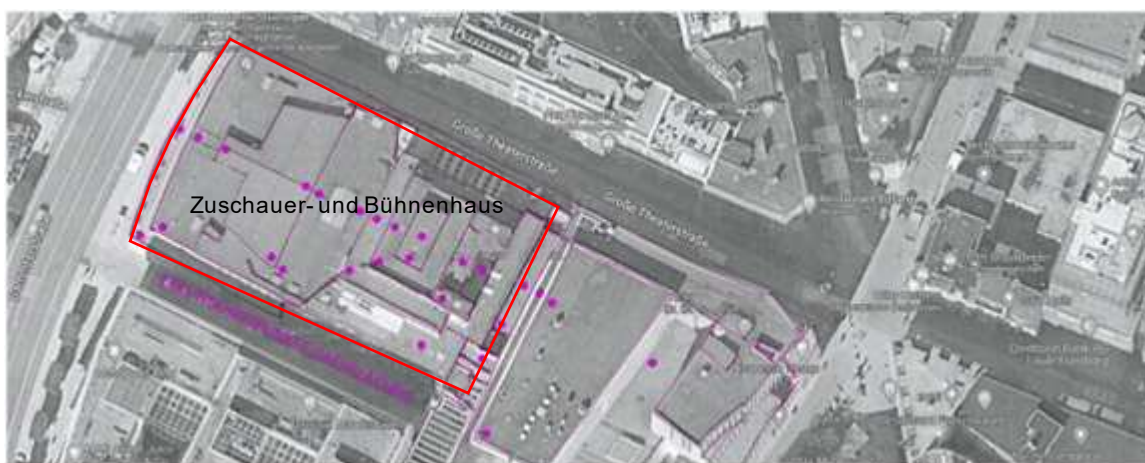
Kürzel	DA03
Bezeichnung	Dach Zuschauerhaus
Baujahr / letzte Sanierung	2004
Aufbaustärke (Bestand)	16 cm (Annahme)
U-Wert (Bestand)	0.25 W/(m <sup>2</sup> K)

Das Bühnenhaus wurde im Jahre 1926 erbaut.

Kürzel	DA01
Bezeichnung	Dach Bühnenhaus
Baujahr / letzte Sanierung	2004
Aufbaustärke (Bestand)	16 cm (Annahme)
U-Wert (Bestand)	0.25 W/(m <sup>2</sup> K)

Laut AECOM- Bericht gehören die Dächer bei den oben genannten Voraussetzungen zu den nicht zu prüfenden Maßnahmen.

Zusätzlich zum AECOM-Bericht werden zurzeit parallel im Dachbereich notwendige Brandschutzmaßnahmen aus dem Brandschutzkonzept „Harte Bedachung“ geprüft. Hier erfolgten in den letzten Tagen Bauteilerkundungen zum Dachaufbau. Da sich bei diesen Bestandsprüfungen die Annahme des AECOM-Berichtes zur Dämmstärke nicht bestätigte, wurden die Dächer in die zu prüfenden Maßnahmen aufgenommen. (siehe Foto unten)  
Eine Sanierungskonzeption zur Schadstoffsanierung liegt noch nicht vor und muss im Rahmen der Planung der „Harten Bedachung“ berücksichtigt werden.



Des Weiteren ist zu den Anforderungen aus dem Gebäudeenergiegesetz auch das Brandschutzkonzept der Fa. Hahn Consult aus dem Jahr 2017 zu berücksichtigen. Darin wird die Hamburgische Staatsoper mit dem Zuschauer- und Bühnenhaus als Versammlungsstätte eingestuft. Mit dieser Einstufung als Hochhaus sind eine nichtbrennbare Dämmung und Dachabdichtung erforderlich.

Die Fa. Wartig Nord hat die vorhandenen Dämmstärken dokumentiert. Diese werden in der folgenden Tabelle mit U-Wert-Forderungen gemäß GEG und Forderungen zum Brandschutz verglichen.

#### Übersicht Anforderungen Dachflächen

ZUSCHAUER- UND BÜHNENHAUS											
Pos.- Nr.	Ge- schoss	Raum- bezeichnung	Dämmungs- stärke	Art des Dämmstoffes	U-Wert nach Dämmstoff angenommen in W/(m²K)	Anforderung		U-Wert nach GEG erfüllt		BS-Konzept erfüllt	
						≥ 19 °C 0,20 in W/(m²K)	12 bis < 19 °C 0,35 in W/(m²K)	ja	nein	ja	nein
1	6.OG	ZH, Saal	10,0 cm	EPS-Dämmung	0,42	X			X		X
2	6.OG	ZH, ehm. Gargage	10,0 cm	EPS-Dämmung	0,42	-	-	-	-		X
3	6.OG	ZH, Saal	0,0 cm	-	-	X			X		X
4	6.OG	ZH, Saal	10,0 cm	EPS-Dämmung	0,42	X			X		X
5	6.OG	ZH, Saal	10,0 cm	EPS-Dämmung	0,42	X			X		X
6	6.OG	ZH, Saal	0,0 cm	-	-	X			X		X
7	6.OG	BH, Büros	8,0 cm	EPS-Dämmung	0,52	X			X		X
8	6.OG	ZH, Stifterlounge	10,0 cm	EPS-Dämmung	0,42	X			X		X
9	6.OG	ZH, Stifterlounge	10,0 cm	EPS-Dämmung	0,42	X			X		X
10	7.OG	BH, Bühnenturm unten	20,0 cm	EPS-Dämmung	0,22	X			X		X
11	7.OG	BH, Bühnenturm unten	20,0 cm	EPS-Dämmung	0,22	X			X		X
12	7.OG	BH, Büros unten	18,0 cm	EPS-Dämmung	0,24	X			X		X
13	10.OG	BH, Treppenturm	11,0 cm	EPS-Dämmung	0,39		X		X		X
14	10.OG	BH, Bühnenturm mitte	11,0 cm	EPS-Dämmung	0,39	X			X		X
15	10.OG	BH, Bühnenturm mitte	11,0 cm	EPS-Dämmung	0,39	X			X		X
16	11.OG	BH, Bühnenturm oben	8,0 cm	EPS-Dämmung	0,52	X			X		X
17	11.OG	BH, Bühnenturm oben	8,0 cm	EPS-Dämmung	0,52	X			X		X
18	7.OG	BH, Büros	8,0 cm	EPS-Dämmung	0,52	X			X		X
29	4.OG	ZH, 2.Rang	8,0 cm	Schaumglas	0,31	X			X	X	
30	4.OG	ZH, 2.Rang	8,0 cm	Schaumglas	0,31	X			X	X	

X

erfüllte die Anforderungen

X

erfüllte die Anforderungen nicht

Das Dach wird bis zur Rohdecke erneuert. Eine energetische Optimierung ist sinnvoll. Die Anforderungen an das Gebäudeenergiegesetz (GEG) und das Brandschutz-Konzept werden berücksichtigt.

Keiner der Erkundungspunkte wird beiden Anforderungen gerecht.

Eine energetische Optimierung der Dachflächen ist in großen Teilen erforderlich.

Auf der obersten Dachebene des Zuschauerhauses wird von TGA-Seite eine Photovoltaik-Anlage vorgeschlagen.

Gemäß Empfehlung des Tragwerkplaners (Büro Binnewies) sind die Lasten der PV-Anlage direkt auf die Binder des Zuschauerhauses abzuleiten. Damit lassen sich auch erforderliche Dachdurchdringungen reduzieren.

## Baubeschreibung

### 300.01 Baustelleneinrichtung

Die Baustelleneinrichtung sollte im Bereich der Großen Theaterstraße geplant werden, da diese möglichst in der Nähe des Bauaufzuges liegen sollte.

Das zu erwartende Baugerüst würde in der Kleinen Theaterstraße zu sehr engen Platzverhältnissen führen, insbesondere auch für Bühnentransporte.

Vorzusehen sind Bauzaun, Personalumkleide und Sanitärcontainer sowie ein Standplatz für einen Container.

Aufgrund der Größe der Baustelle und des Baugerüsts sollte ein Wachdienst geplant werden.

Die BE bedarf einer Straßenbehördlichen Genehmigung durch die Polizei und einem Sondernutzungsrecht durch das Bezirksamt Hamburg Mitte.

### 300.02 Gerüstarbeiten

Um eine Absturzsicherung zu gewährleisten und zügiges Arbeiten zu ermöglichen, ist ein Baugerüst erforderlich.

Bei den Dachabdichtungsarbeiten ist davon auszugehen, dass die Dämmung von der Dampfsperre abgestoßen werden muss. Dabei kann die Dampfsperre, die gleichzeitig die untere Abdichtungslage ist, beschädigt werden und es kann zum Wassereintritt im Bühnenhaus und Zuschauerhaus kommen. Dies ist nicht sicher vermeidbar.

Die Arbeiten finden in einer Höhe über 20 m statt. Provisorische Abdichtung wie z.B. Folien scheiden wegen der örtlichen Windgeschwindigkeiten aus.

Teilweise sind Befestigungsmittel für Bauteile am Dach vorzusehen, die in die untere Abdichtungslage sorgfältig einbinden müssen. Solche Montage- und Abdichtungsarbeiten sind nicht in Tagesarbeit zu bewältigen.

Ein abschnittsweises Arbeiten bei geeigneter Witterung und einer täglichen sicheren Abdichtung zum Feierabend führt zu einem unplanbaren Bauprozess, der dann mit Behinderungen und Verzögerungen bei Folgeunternehmern führen wird.

Daher ist eine Überdachung wesentlicher Teile des Zuschauer- und Bühnenhauses erforderlich. Es wird ein Baugerüst mit gestaffelter Dachhöhe vorgesehen.

Verbunden mit diesem Gerüst ist eine Absturzsicherung.

Insbesondere am Bühnenturm und auf der Dachterrasse im 5.OG sind nochmals Baugerüste als Absturzsicherung vorzusehen.

Der Zugang sollte über einen Treppenturm mit Aufzug in der Großen Theaterstraße erfolgen.

Auf mindestens zwei Höhen sollte eine Ausladeplattform von ca. 4 x 6 m vorgesehen werden.

Für die östliche Dachfläche sollte ein Zugang über das Betriebsgebäude geprüft werden, da sich ansonsten auf der zu bearbeitenden Dachfläche ein Treppengerüst stehen müsste. Dies behindert die Arbeiten.

Die Gerüstarbeiten bedürfen im Rahmen der BE einer Straßenbehördlichen Genehmigung durch die Polizei und einem Sondernutzungsrecht durch das Bezirksamt Hamburg Mitte

### 300.21 Dachabdichtung

Baubegleitend zur Vorplanung konnte der Bestand der Dachaufbauten erfasst werden. Neben den wärmedämmtechnischen Werten sind die Brandeigenschaften der Dachbaustoffe zu beachten.

Es ist davon auszugehen, dass eine nichtbrennbare Dämmung erforderlich ist. Diese Kosten wurden berücksichtigt.

Ob eine nichtbrennbare Dachabdichtung erforderlich wird, ist noch in Prüfung. Kosten, die daraus entstehen, werden in der Planung „Harte Bedachung“ benannt.

#### Varianten Dachflächenertüchtigung

Die erforderlichen Brandschutzanforderungen sind noch in Planung. Sollten sich daraus zusätzliche Maßnahmen herleiten, werden diese in der Planung „Harte Bedachung“ ermittelt. Hierbei kann es sich beispielsweise auch um den Abbruch von Gefälleschichten aus Beton handeln um eine Bekiesung oder Estrichschicht auf der Abdichtung für ein nichtbrennbares Dach zu ermöglichen.

Variante 1 (ZH Terrasse Pos. 29/30, BH Terrasse 3.OG ist keine Probe vorhanden)

Erhalt Dachabdichtung und Ertüchtigung oberhalb

Die Dachabdichtung (Bestand) und Dachdämmung (Bestand) wird erhalten. Eine zusätzliche Dämm- und Abdichtungsebene erfolgt oberhalb. Ggf. ist eine Ausgleichsschüttung auf Grund der unebenen Oberfläche notwendig.

Diese Variante ist auf der Terrassenfläche des 5. OG zu berücksichtigen. Die vorhandenen Betonplatten werden aufgenommen und erneuert.

Variante 3 (Pos. 1 bis 18)

Erneuerung Dachaufbau

Der Bestandsdachaufbau wird bis auf die Rohdecke erneuert. Lose Bestandteile der Dampfsperre sind zu entfernen. Es ist davon auszugehen, dass diese Variante hauptsächlich auf den Dachflächen des Zuschauer- und Bühnenhauses umzusetzen ist.

Die Oberlichter konnten aktuell noch nicht auf ihre Übereinstimmung mit den Forderungen des GEG geprüft werden. Vorsorglich werden für diese Bauteile Kosten ermittelt.

Eine Prüfung der Bauteile ist vor der Ausführungsplanung vorzunehmen.

#### 300.23 Klempnerarbeiten

Die Kosten für Abdeckungen von Gesimsen in direktem Kontakt zu Dachabdichtungen sind mit Kupferblechen ermittelt. Dachrinnen im Anschluss zu Dachabdichtungen werden erneuert. Durchdringungen von Bauteilen durch die Abdichtung werden mit beweglichen Blechverwahrungen versehen.

Die Fallrohre werden komplett erneuert.

Aktuell wird davon ausgegangen, dass die Anschlüsse am Terrassendach vor der Stifterlounge nicht erneuert werden müssen.

#### 300.24 Putzarbeiten

An den Attiken und dem angrenzenden Mauerwerk sind beim Abbruch von Verwahrungsprofilen begleitende Putzreparaturen zu erwarten. Diese werden bis in eine Höhe von 30 cm über OK Dach berücksichtigt.

#### 300.33 Reinigung

Der Straßenbereich der BE ist nach Abschluss der Baumaßnahme zu reinigen.

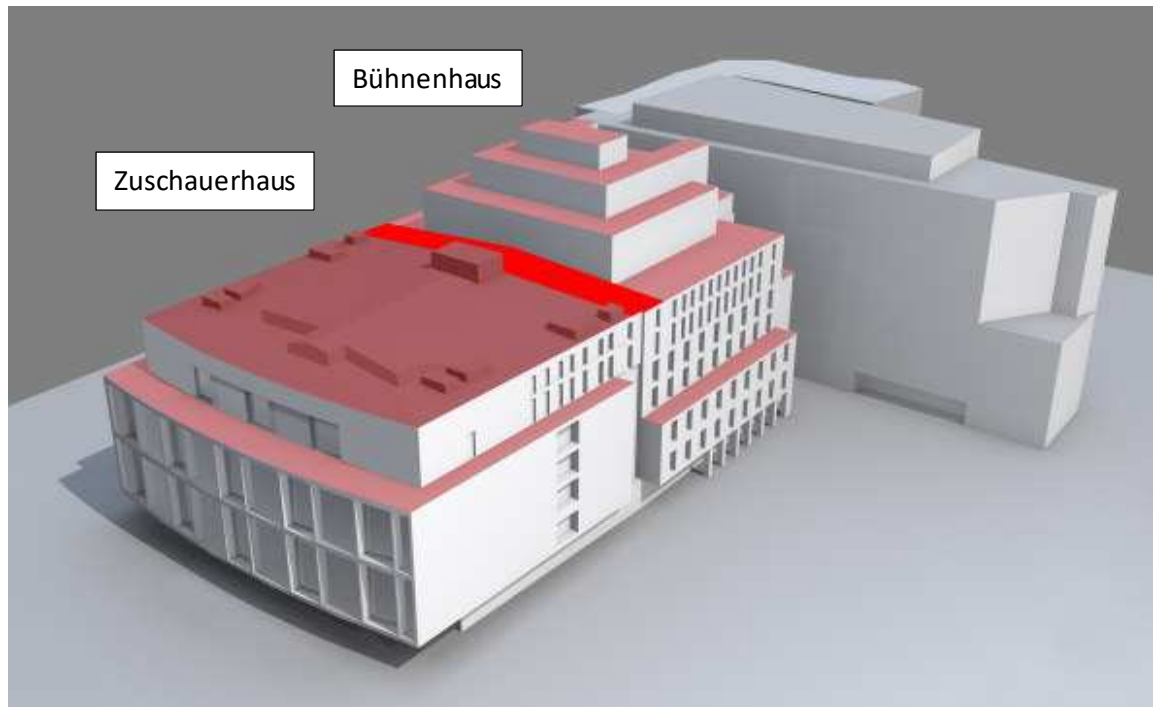
Die BE-Container sind täglich zu reinigen.

#### 300.34 Malerarbeiten

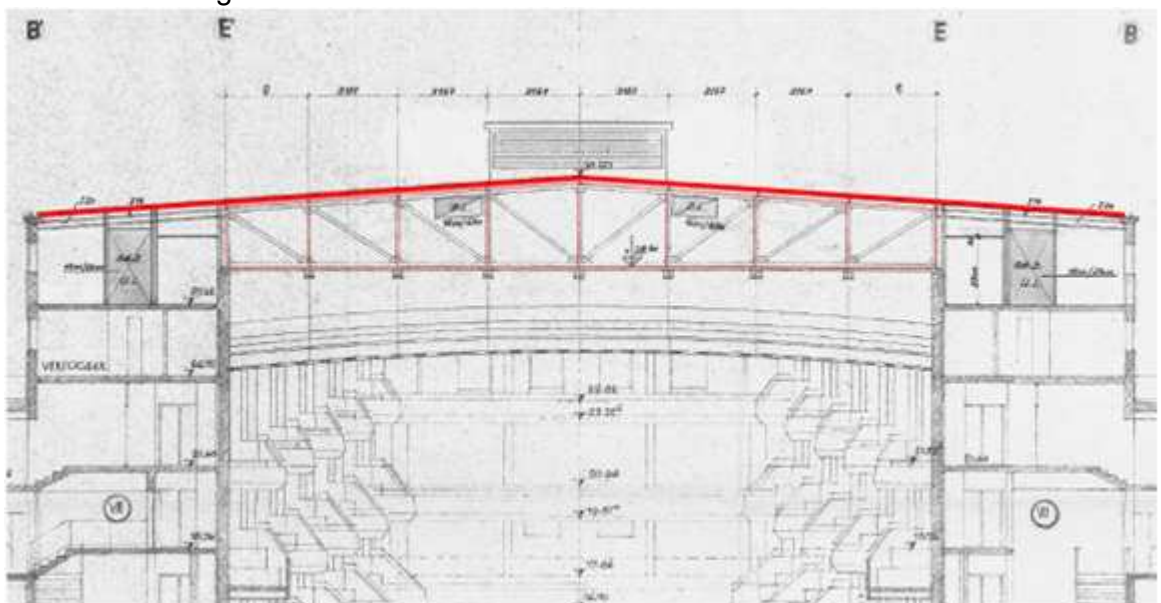
Nach den Putzreparaturen ist ein Anstrich der Putzoberflächen bis 50 cm über OK Dach vorgesehen.

### 2.2.2.2. Übersicht Bauteile der Maßnahme

Übersicht Dachflächen Zuschauer- und Bühnenhaus



Bestandsunterlagen



Querschnitt Zuschauerhaus





Foto 05 Dach Bühnen- und Zuschauerhaus zur Dammtorstraße zur Großen Theaterstraße



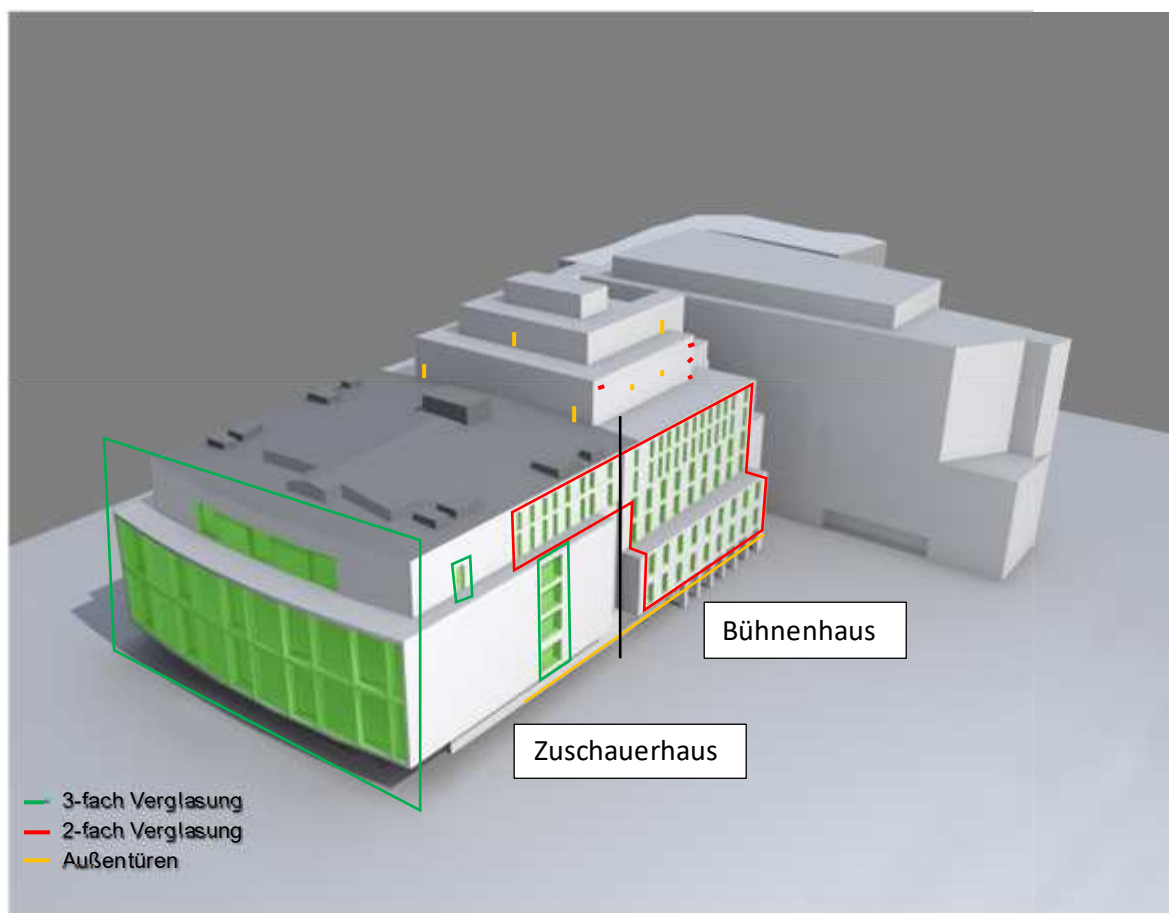
Foto 06 Sicht vom Betriebsgebäude zum Bühnenhaus mit Bühnenturm



Foto 07 Sicht vom der Dachebene des Zuschauerhauses zum Bühnenturm



## 2.2.6. Außenwände Außentüren und Fenster



Übersichtsplan Außenwände, Außentüren und Fenster Zuschauer- und Bühnenhaus

### 2.2.6.a Fenster 2-fach Verglasung

#### 2.2.6.1.a Erläuterung der Maßnahme

Im AECOM-Bericht ist das energetische Optimierungspotential auf eine 2-fach und 3-fach Verglasung zu prüfen. Es wird ein Austausch der Fenster empfohlen.

Die Angaben aus dem AECOM-Bericht zu den U-Werten der Bestandsfenster wurden nach eigenem Ermessen angenommen. Im Zuge der Vorplanung sind diese durch einen Gutachter zu prüfen. Bei der Untersuchung zur energetischen Optimierung der Glasflächen der Gebäude ist zwingend eine bauphysikalische Überprüfung der neuen Bauteile in Bezug auf die Bestandsaußenwände durchzuführen.

Im AECOM-Bericht wurden die folgenden Annahmen für die Fenster des Zuschauer- und Betriebsgebäudes getroffen:

#### Außenfenster Zuschauerhaus

Kürzel	AF01
Bezeichnung	Außenfenster Zuschauerhaus
Baujahr / letzte Sanierung	2004
Konstruktion (Bestand)	Alufenster, Elektrolytische Färbung (ELOXAL), Gold
U-Wert (Bestand)	1.6 W/(m²K), AECON, Angabe nach eig. Ermessen

## Baubeschreibung

### 300.01 Baustelleneinrichtung

Eine Baustelleneinrichtung sollte im Außenbereich vermieden werden. Die Fenster liegen sehr weit entfernt von Aufzügen. Neue Fenster müssen daher wahrscheinlich in den Treppenhäusern vertragen werden. Es werden Abdeckungen in den Treppenhäusern und Fluren vorgesehen. Eine Mitnutzung von WC-Anlagen im Zuschauer- und Bühnenhaus sollte mit dem Nutzer abgestimmt werden.

### 300.23 Putzarbeiten

Da bei diesen Fenstern ein zusätzlicher Fensterflügel in oder vor die Fensteröffnung innenseitig aufgesetzt wird, fallen nur wenige Beiputzarbeiten an.

### 300.26 Fenster Außentüren

#### Außenfenster Zuschauerhaus

Fenster in Büros und Nebenräumen im 5.OG und 6.OG

Bei Untersuchung der Fenster des Zuschauerhauses hat sich herausgestellt, dass diese Fenster aus dem Jahr 2001 sind. Es handelt sich bei den Fenstern um golden eloxierte Metall-Fenster, mit der Angabe Verglasung CLIMAPLUS 1.1.

Die Fenster sind in einem guten Gesamtzustand. Die energetischen Werte der Fenster entsprechen voraussichtlich auf Grund ihres Alters nicht mehr den heutigen Anforderungen. Ein Erhalt der Fenster und eine energetische Optimierung durch den Einbau einer zweiten inneren Fensterebene mit Wärmeschutzverglasung wird vorgesehen.

#### Glasbausteine Kleine und Große Theaterstraße EG bis 4.OG

Im Zuschauerhaus sind in den Sanitär und Garderobenbereichen Außenwandflächen mit Glasbausteinen gemauert. Diese sind aus der Bauzeit.

Aus der Literatur kann ein U-Wert der Glasbausteine mit Fuge von  $3,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  angenommen werden. Eine energetische Verbesserung dieser Glasbereiche wird befürwortet. Die Glasbausteinfassade mit Einzelöffnungen wird erhalten und durch ein davor gesetztes 2-fach verglastes Fensterelement ergänzt.

#### Außenfenster Bühnenhaus

Kürzel	AF03
Bezeichnung	Außenfenster Bühnenhaus
Baujahr / letzte Sanierung	2004
Konstruktion (Bestand)	Holzfenster
U-Wert (Bestand)	$1.4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , AECON Angabe nach eig. Ermessen

Die Fenster des Bühnenhauses stellen sehr unterschiedliche Fensterkonstruktionen dar. Es gibt Holzfenster, Metallfenster (teils mit Einfachverglasung), PVC-Fenster und Glasbausteine.

Für folgende Fenster wird innenseitig eine zweite Fensterebene mit Wärmeschutzverglasung vorgesehen:

- Holzfenster aus dem Jahr 2006 mit der Angabe zur Verglasung SANCO EN PLUS und CLIMAPLUS.
- neuere Metallfenster im Kellergeschoss (Bauzeit nicht bestimmbar)
- bauzeitliche, einfach verglaste Metallfensterelemente in den Lichtschächten
- Öffnungen mit Glasbausteinen

Im AECOM Bericht wurden für die ertüchtigten Fenster folgende Kennwerte angegeben.

U-Wert (Neu - AF04) 2-fach Vergl. 1.3 W/(m²K)

U-Wert (Neu - AF05) 3-fach Vergl. 0.9 W/(m²K)

### 300.33 Reinigung

Die Räumlichkeiten sind während und nach der Fenstermontage zu reinigen. Die Fenster sind nach Abschluss der Arbeiten zu reinigen.

### 300.34 Malerarbeiten

Nach der Fenstermontage ist ein Anstrich der jeweiligen Wandfläche vorgesehen.

## 2.2.6.2.a Übersicht Bauteile der Maßnahme

### Fotodokumentation



Foto 18 Zuschauerhaus, Fenster außen



Foto 19 Zuschauerhaus, Fenster innen



Foto 20 Zuschauerhaus, Glasbausteine außen



Foto 21 Zuschauerhaus, Glasbausteine innen



Foto 22 Zuschauerhaus, Glasbausteine außen



Foto 23 Zuschauerhaus, Glasbausteine innen



Foto 24 Bühnenhaus, Glasbausteine innen



Foto 25 Bühnenhaus, Glasbausteine außen



Foto 26 Bühnenhaus, Glasbausteine innen



Foto 27 Bühnenhaus Büro, Holzfenster



Foto 28 Bühnenhaus TRH, Holzfenster



Foto 29 Bühnenhaus Büro, PVC-Fenster



Foto 30 B.-Haus KG, Metallfenster



Foto 31 Bühnenhaus KG, Metallfenster



Foto 32 Bühnenhaus KG, Metallfenster

### 2.2.6.3.a Kostenberechnung

In der Kostenberechnung sind die Ertüchtigung bzw. Erneuerung von Fensterflächen und Glasbausteinflächen des Zuschauer- und Bühnenhauses berücksichtigt. Des Weiteren sind die Kosten für Bearbeiten wie Laibungs- und Fensterbrettbereiche durch Putzer-, Maler- und Reinigungsarbeiten berücksichtigt.

2.2.	Zuschauer- und Bühnenhaus								
2.2.6.a	Fenster 2-fach Verglasung								
KG	Gewerk								
300.01	Baustelleneinrichtung							15.600 €	
300.23	Putzarbeiten							75.622 €	
300.26	Fenster Außentüren							595.540 €	
300.33	Reinigungsarbeiten							34.218 €	
300.34	Malerarbeiten							69.188 €	
	Summe netto							790.168 €	

### 2.2.6.4.a Planungsunterlagen und ggf. Details zur Maßnahme

Liegenschaftskarte

870-1.3.3005.1_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus 3. UG	1:200
870-1.3.3005.2_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus 2. UG	1:200
870-1.3.3005.3_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus 1. UG	1:200
870-1.3.3005.4_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus EG	1:200
870-1.3.3005.5_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus 1. OG / Parket	1:200
870-1.3.3005.6_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus 2. OG / 1.Rang	1:200
870-1.3.3005.7_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus 3. OG / 2.Rang	1:200
870-1.3.3005.8_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus 4. OG / 3.Rang	1:200
870-1.3.3005.9_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus 5. OG / Stifterlounge	1:200
870-1.3.3005.10_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus 6. OG	1:200
870-1.3.3005.11_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus 7. OG	1:200
870-1.3.3005.12_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus 8. OG	1:200
870-1.3.3005.13_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus 9. OG	1:200
870-1.3.3005.14_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus 10. OG	1:200
870-1.3.3005.15_0	Vorplanung Zuschauer- und Bühnenhaus 11. OG	1:200
870-1.3.3005.17_0	Entwurfsplanung Übersicht Schnittführung	1:200
2212122 2.2.6. a	EW ZH+BH Fenster 2-fach Verglasung Kostenberechnung (S+H)	

## 2.2.6.b Fenster 3-fach Verglasung

### 2.2.6.2.b Erläuterung der Maßnahme

Im AECOM Bericht ist das energetische Optimierungspotential auf eine 3-fach Verglasung zu prüfen. Es wird ein Austausch der Fenster empfohlen.

Die Angaben aus dem AECOM Bericht zu den U-Werten der Bestandsfenster wurden nach eigenem Ermessen angenommen.

Im AECOM-Bericht wurden für 3-fach verglaste Fenster folgende Kennwerte angegeben.  
U-Wert (Neu - AF05) 3-fach Vergl. 0.9 W/(m²K)

Auf Grund der zu erwartenden höheren Lasten durch die 3-fach Verglasung wurde das beauftragte Ingenieurbüro für Tragwerksplanung BINNEWIES, Herr Nagel, beratend zugezogen. Das Büro sieht aus statischer Sicht keine Bedenken wegen der höheren Lasten einer der 3-fach verglasten Fensterkonstruktion.

Die Denkmalpflege, Herrn Schett, zur Glasfassade der Dammtorstraße.

Im Ergebnis der Abstimmung mit der Denkmalpflege ist ein Austausch der Fassade möglich, wenn die historische Ansicht bzw. die Profilansichten der Fassade erhalten bleiben.

Eine Dreifachverglasung erfordert voraussichtlich ein neues Fassadensystem. Die im Bestand vorhandenen Profilbreiten sind realisierbar

#### Baubeschreibung

##### 300.01 Baustelleneinrichtung

Die Baustelleneinrichtung für die Arbeiten im Zuschauerhaus sollte in der Dammtorstraße und der Kleinen Theaterstraße erfolgen.

Vorzusehen sind Bauzaun, Personalumkleide und Sanitärcontainer sowie ein Standplatz für einen Container.

Aufgrund der Größe der Baustelle und des Baugerüsts sollte ein Wachdienst geplant werden.

Die BE bedarf einer Straßenbehördlichen Genehmigung durch die Polizei und einem Sondernutzungsrecht durch das Bezirksamt Hamburg Mitte.

Die betroffenen Innenräume sind wegen der Staubentwicklung dicht zu Nachbarräumen herzustellen und die Decken-, Wand- und Fußbodenoberflächen zu schützen.

Eine Baustelleneinrichtung bei Fenstern im Bühnenhaus sollte im Außenbereich vermieden werden. Die Fenster liegen sehr weit entfernt von Aufzügen. Neue Fenster müssen daher wahrscheinlich in den Treppenhäusern vertragen werden.

Eine Mitnutzung von WC-Anlagen im Zuschauer- und Bühnenhaus sollte mit dem Nutzer abgestimmt werden.

##### 300.02 Gerüstarbeiten

Bei Arbeiten an den Fassaden und Fenstern des Zuschauerhauses bis zum 4. OG sind Fassadengerüste für die Montagearbeiten vorzusehen.

Im Parkett- und 2.-Rang-Foyer sind Rollrüstungen erforderlich.

Die Arbeiten im Bühnenhaus erfordern keine Baugerüste.

##### 300.23 Putzarbeiten

Umlaufend sind bei den Fenstern Beiputzarbeiten vorgesehen.

### 300.26 Fenster Außentüren

#### Zuschauerhaus

Die Glasfassade wurde voraussichtlich im Zuge der Fenstererneuerung des Zuschauerhauses im Jahre 2001 erneuert.

Die Glasfassade hat Wärmeschutzgläser. Es besteht keine Kenntnis ob die Fassadenprofile thermisch getrennt sind. Falls die nicht der Fall ist, besteht die Möglichkeit, diese durch eine thermisch getrennte Fassade und 3-fach Verglasung zu erneuern.

Das betrifft folgende Fensterflächen:

- Glasfassade zur Dammtorstraße (EG und 1. bis 4.OG)
- seitliche senkrechte Fensterbänder in den Fluren zur Kleinen und Großen Theaterstraße (1. bis 4. OG)
- Fenstertüren im 5.OG

#### Bühnenhaus

##### PVC-Fenster

Für die PVC-Fenster wird eine Erneuerung als Holzfenster vorgesehen. Die Fensterteilung sollte gemäß historischem Original erfolgen. Eine Dreifachverglasung soll vorgesehen werden.

Die teilweise vorhandenen PVC-Fenster sind durch neue Fenster optisch entsprechend dem restlichen Bestand zu erneuern.

### 300.33 Reinigung

Die Räumlichkeiten sind während und nach der Fenstermontage zu reinigen.

Die Fenster sind nach Abschluss der Arbeiten zu reinigen.

Der Straßenbereich der BE ist nach Abschluss der Baumaßnahme zu reinigen.

Die BE-Container sind täglich zu reinigen.

### 300.34 Malerarbeiten

Nach der Fenstermontage ist ein Anstrich der jeweilig angrenzenden Wandfläche vorgesehen.

### 2.2.6.3.b Übersicht Bauteile der Maßnahme

#### Fotodokumentation



Foto 33 Zuschauerhaus Glasfassade von der Dammtorstraße

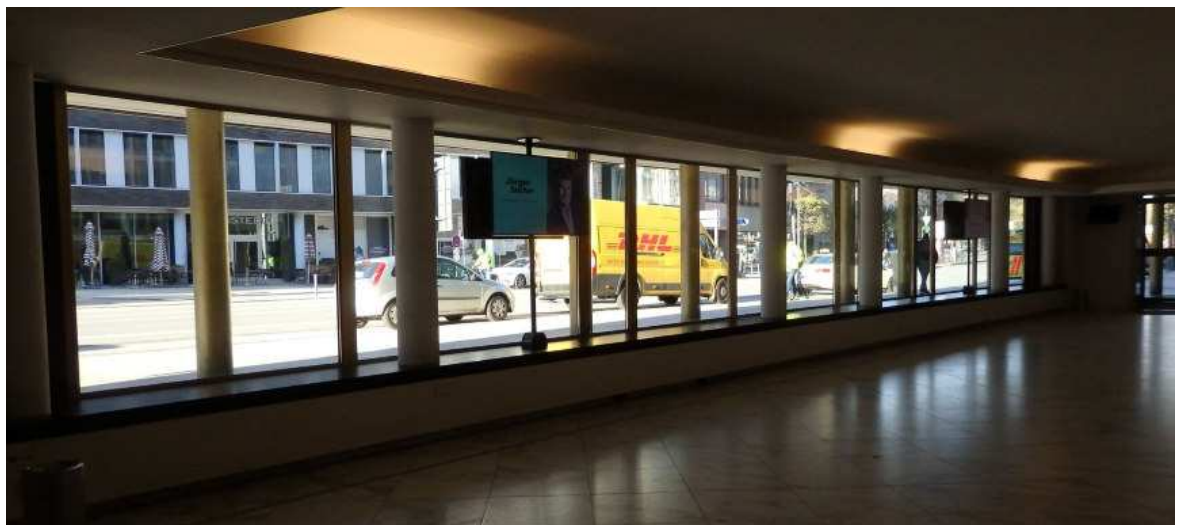


Foto 34 Zuschauerhaus Glasfassade im Erdgeschoss der Dammtorstraße



Foto 35 Glasfassade 1.OG innen



Foto 36 Glasfassade 1.OG innen



Foto 37 Glasfassade 2.OG innen



Foto 38 Glasfassade 2.OG innen



Foto 39 Fensterband Kleine Theaterstraße innen



Foto 40 Detail Fassade Stifterlounge



Foto 41 Detail Fenster-tür Gr. Theaterstraße

### 2.2.6.3.b Kostenberechnung

In der Kostenschätzung sind für die 3-fach Verglasung Fensterflächen des Zuschauerhauses berücksichtigt. Dazu gehört die Fensterfassade Dammtorstraße (EG bis 5.OG), die seitlichen senkrechten Fensterbänder der Kleinen und Großen Theaterstraße sowie die Fenstertüren im 5.OG. Im Bühnenhaus wird die Erneuerung von PVC-Fenstern als Holzfenster berücksichtigt. In den Kosten wurde die Anarbeitung des Laibungs- und ggf. Fensterbrettbereichs durch den Putzer und Maler sowie Reinigungsarbeiten berücksichtigt.

2.2.	Zuschauer- und Bühnenhaus								
2.2.6.b	Fenster 3-fach Verglasung								
KG	Gewerk								
300.01	Baustelleneinrichtung								57.643 €
300.02.	Gerüste								82.204 €
300.23	Putzarbeiten								24.106 €
300.26	Fenster Außentüren								737.510 €
300.33	Reinigungsarbeiten								20.389 €
300.34	Malerarbeiten								31.046 €
	Summe netto								952.898 €

### 2.2.6.4.b Planungsunterlagen und ggf. Details zur Maßnahme

Liegenschaftskarte

870-1.3.3005.4_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus EG	1:200
870-1.3.3005.5_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus 1. OG / Parket	1:200
870-1.3.3005.6_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus 2. OG / 1.Rang	1:200
870-1.3.3005.7_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus 3. OG / 2.Rang	1:200
870-1.3.3005.8_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus 4. OG / 3.Rang	1:200
870-1.3.3005.9_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus 5. OG / Stifterlounge	1:200
870-1.3.3005.17_0	Entwurfsplanung Übersicht Schnittführung	1:200
2212122 2.2.6. b	EW ZH+BH Fenster 3-fach Verglasung Kostenberechnung (S+H)	

## 2.2.6.c Außentüren

### 2.2.6.1.c Erläuterung der Maßnahme

Im AECOM-Bericht ist das energetische Optimierungspotential der Außentüren des Zuschauer- und Bühnenhauses zu prüfen. Es wird auf Grund des kleinen Flächenanteils ein relativ geringer energetischer Nutzen aber ein durchaus positiver Effekt auf die Luftdichtigkeit erwartet.

Die Angaben aus dem AECOM-Bericht zu den U-Werten der Bestands Türen wurden nach eigenem Ermessen angenommen.

Bestandsbewertung / Energetische Kennwert lt. AECOM-Bericht vom 15.12.2020:

Das Zuschauerhaus wurde im Jahr 1956 erbaut.

Bestandsbewertung / Energetische Kennwert lt. AECOM-Bericht vom 15.12.2020:

Kürzel	AT01
Bezeichnung	Außentür Zuschauerhaus
Baujahr / letzte Sanierung	2004
U-Wert (Bestand)	2.5 W/(m²K), (nach eigenem Ermessen)

Das Bühnenhaus wurde im Jahre 1926 erbaut.

Kürzel	AT02
Bezeichnung	Außentür Bühnenhaus
Baujahr / letzte Sanierung	2004
U-Wert (Bestand)	2.5 W/(m²K), (nach eigenem Ermessen)

U-Wert (NEU)	1.8 W/(m²K), (nach eigenem Ermessen)
--------------	--------------------------------------

Im AECOM-Bericht wurden für die ertüchtigten Fenster folgende Kennwerte angegeben.

U-Wert (Neu - AF04) 2-fach Vergl.	1.3 W/(m²K)
U-Wert (Neu - AF05) 3-fach Vergl.	0.9 W/(m²K)

## Baubeschreibung

### 300.01 Baustelleneinrichtung

Eine Baustelleneinrichtung sollte im Außenbereich vermieden werden. Die Außentüren liegen direkt an der Kleinen-bzw. Großen Theaterstraße.

Eine Mitnutzung von WC-Anlagen im Zuschauer- und Bühnenhaus sollte mit dem Nutzer abgestimmt werden.

### 300.23 Putzarbeiten

Umlaufend fallen an den Außentüren innenseitig Beiputzarbeiten an.

### 300.26 Fenster Außentüren

Zuschauerhaus: Haupteingangstüren als Stahl-Glas-Konstruktion

Die historischen Eingangstüren, die eine Windfangsituation bilden, sind im Bestand zu erhalten.

Auch die originalen Türen zum Treppenhaus im Bereich des Eingangs sind zu erhalten.

Eine Wartung der vorher beschriebenen Türen in Bezug auf die Erhöhung der Dichtigkeit ist zu prüfen.

#### Zuschauerhaus: Türen an Fluchttreppenhäusern

Die restlichen Metalltüren der Fluchttreppenhäuser des Zuschauerhauses sind zu erneuern.

#### Bühnenhaus:

##### Holztüren

Die historischen Holztüren des Bühnenhauses mit Einfachverglasung sind in Abstimmung mit der Denkmalpflege nach historischem Vorbild zu erneuern.

##### Metalltüren

Die restlichen Metalltüren des Bühnenhauses im Erd- und Dachgeschossbereich sind zu erneuern. Beim Einbau der auszutauschenden Außentüren ist besonderer Wert auf die Winddichtigkeit zu legen. Die Tür zur Anlieferung der Bühne wird erneuert. Im Bereich der Treppenhäuser 1 und 2 zu den Dachflächen und die Außentüren und Revisionsklappen des Bühnenturms sind zu erneuern.

#### 300.33 Reinigung

Die Räumlichkeiten sind während und nach der Türmontage zu reinigen.

Die Türen sind nach Abschluss der Arbeiten zu reinigen.

#### 300.34 Malerarbeiten

Nach der Türenmontage ist ein Anstrich der jeweilig angrenzenden Wandfläche vorgesehen.

### 2.2.6.2.c Übersicht Bauteile der Maßnahme

#### Fotodokumentation



Foto 42 Zuschauerhaus Kleine Theaterstraße Türen Nottreppenhäuser, Metalltür



Foto 43 Zuschauerhaus Kleine Theaterstraße Türen Nottreppenhäuser, Metalltür



Foto 44 Bühnenhaus Kleine Theaterstraße Außentür außen, Holztür



Foto 45 Bühnenhaus Kleine Theaterstraße Außentür innen, Holztür

### 2.2.6.3.c Kostenberechnung

Eine energetische Optimierung der Außentüren des Zuschauer- und Bühnenhauses wird empfohlen. Die historischen Holztüren sind entsprechend des historischen Bestands zu erneuern. Eine Erneuerung der Metalltüren und Revisionsöffnungen im Dachfassadenbereich wird empfohlen. In der Kostenschätzung ist für die Außentüren des Zuschauer- und Bühnenhauses die Anarbeitung der Laibungsbereiche durch den Putzer und Maler sowie Reinigungsarbeiten berücksichtigt.

2.2.	Zuschauer- und Bühnenhaus								
2.2.6.c	Außentüren								
KG	Gewerk								
300.01	Baustelleneinrichtung							3.912 €	
300.23	Putzarbeiten							13.225 €	
300.26	Fenster Außentüren							320.590 €	
300.33	Reinigungsarbeiten							7.006 €	
300.34	Malerarbeiten							16.606 €	
	Summe netto							361.339 €	

### 2.2.6.4.c Planungsunterlagen

Liegenschaftskarte

870-1.3.3005.1_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus	3. UG	1:200
870-1.3.3005.2_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus	2. UG	1:200
870-1.3.3005.3_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus	1. UG	1:200
870-1.3.3005.4_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus	EG	1:200
870-1.3.3005.5_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus	1. OG / Parket	1:200
870-1.3.3005.6_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus	2. OG / 1.Rang	1:200
870-1.3.3005.7_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus	3. OG / 2.Rang	1:200
870-1.3.3005.8_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus	4. OG / 3.Rang	1:200
870-1.3.3005.9_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus	5. OG / Stifterlounge	1:200
870-1.3.3005.10_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus	6. OG	1:200
870-1.3.3005.11_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus	7. OG	1:200
870-1.3.3005.12_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus	8. OG	1:200
870-1.3.3005.13_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus	9. OG	1:200
870-1.3.3005.14_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus	10. OG	1:200
870-1.3.3005.15_0	Entwurfsplanung Zuschauer- und Bühnenhaus	11. OG	1:200
870-1.3.3005.17_0	Entwurfsplanung Übersicht Schnittführung		1:200
2212122 2.2.6. c	EW ZH+BH Außentüren Kostenberechnung (S+H)		

## 2.3 Entwurfsplanung TGA-Betriebsgebäude

### 2.3.1 Maßnahmenkatalog

Die energetischen Optimierungsmöglichkeiten wurden aus dem AECOM-Bericht

HSO – Hamburgische Staatsoper  
Energiebedarf und energetische  
Optimierungsmöglichkeiten

mit dem Stand vom 15.12.2020 abgeleitet. Im Rahmen der Grundlagenermittlung (LPH1/HOA1) wurden in einem ersten Schritt die nachfolgenden sinnvoll durchzuführenden Maßnahmen für das Betriebsgebäude (BG) identifiziert:

- Installation einer Photovoltaikanlage
- Installation einer Solarthermieranlage
- Austausch von Heizkörperventilen
- Dämmung an Rohrleitungen
- Umstellung der Beleuchtung auf LED-Technik
- Energetische Sanierung der Lüftungs- und Klimatechnik
- Erneuerung von Pumpen, Regelventilen und Steuereinrichtungen
- Anpassung technischer Anlagen aufgrund der Dachsanierung

### 2.3.2 Installation einer Photovoltaikanlage

Es wird eine Photovoltaik-Aufdachanlage auf dem Flachdach über dem 9. OG mit einer Süd-Ausrichtung aufgestellt. Die Befestigung auf dem Dach erfolgt mittels einer Ballastierung auf dem Montagesystem, sodass keine Befestigungen an der Rohdecke notwendig sind. Der Wechselrichter wird in der darunter liegenden Technikzentrale verortet. Die Unterkonstruktion der PV-Module wird in das äußere Blitzschutzsystem eingebunden. Es werden insgesamt 70 Module mit einer gesamten el. Leistung von ca. 29 kWp vorgesehen.

In den Kosten wurde die Installation eines neuen Zählerschranks sowie die dazugehörige Zuleitung bis zum Wechselrichter berücksichtigt. Um die Leitung verlegen zu können, müssen anteilige Verlegesysteme erweitert oder neu errichtet werden. Hierzu gehören auch entsprechende Kernbohrungen, Schottungen usw.. Beim Eintritt der PV-Leitungen ins Gebäude werden entsprechende Blitz- und Überspannungsableiter installiert. Zur Abschaltung der gesamten DC-Leitungen wird ein Feuerwehrscharter vorgesehen. Es werden Steuerleitungen vom Wechselrichter eingeplant, um alle nutzbaren Daten an eine zentrale Sammelstelle übertragen zu können.

### 2.3.3 Installation einer Solarthermieranlage

Auf dem Dach des Betriebsgebäudes wird eine Solarthermieranlage mit einer Nettofläche von ca. 22,5m<sup>2</sup> vorgesehen. Insgesamt sind 8 Module in schwach geneigter Ausführung inkl. Montage, Halterungssystem und Ballastierung zur Montage angedacht. Die Verbindungsleitung vom Dachgeschoss zur Zentrale in U3 wird durch eine Schwanenhals-Dachdurchführung ins Gebäude geleitet und im Versorgungsschacht hinter den Aufzügen ins 3.UG verbracht. Im 3.UG in der Heizungsunterzentrale ist ein 1000l Pufferspeicher für die Nutzung der Solarenergie vorgesehen. Die Solarstation inkl. Pumpe ist ebenfalls im 3.UG angeordnet.

### 2.3.4 Austausch von Heizkörperventilen

Bei der vorherrschenden Situation im Betriebsgebäude ist aufgrund der nicht abgeglichenen Heizungsanlage anzunehmen, dass es in Teilbereichen zu Geräuschen, überhöhten Rücklauftemperaturen, mangelnder Leistung der Heizungsanlage und vor allem zu einem erhöhten Energieverbrauch kommt.

Bei der Durchführung des geplanten hydraulischen Abgleichs werden die unterschiedlichen wasserseitigen Widerstände der Heizkörper abgeglichen, indem die Komponenten der Heizungsanlage wie Heizkörper, Thermostatventile, Pumpen und Leitungen optimal aufeinander abgestimmt werden. Durch den Abgleich und den Einbau der voreinstellbaren Thermostatventile werden die Heizkörper stets mit der richtigen Menge Heizwasser versorgt. Die Effizienz der Heizungsanlage wird somit voll ausgeschöpft und minimiert den Energieverbrauch.

### 2.3.5 Dämmung an Rohrleitungen

Im Betriebsgebäude werden defekte, schlecht oder nicht gedämmte Leitungen verschiedener Medien erneuert, ausgebessert und nach den geltenden Mindestanforderungen und anerkannten Regeln der Technik neu installiert. Alle greifbaren warmgehenden Rohrleitungen, die den o.g. Kriterien entsprechen, werden mit einer Dämmstärke ummantelt, die mindestens den Innendurchmesser der Rohrleitung entspricht. In Ausnahmefällen wird eine geringere Dämmstärke vorgesehen. Die Wahl einer guten Wärmedämmung leistet ein hohes Maß an Energieeinsparung des Gesamtgebäudes.

### 2.3.6 Umstellung der Beleuchtung auf LED-Technik

Die vorhandene Beleuchtung (Leuchtstofflampen etc.) wird im gesamten Gebäude auf LED-Technik umgerüstet. Hierbei gibt es verschiedene Vorgehensweisen, welche in dem Betriebsgebäude geplant werden. Generell wird die Beleuchtung in Allgemeinbeleuchtung sowie Sicherheitsbeleuchtung (sofern möglich) getrennt.

Die „einfachen“ Einbau- und Aufbauleuchten (Feuchtraumwannenleuchten, Rasterleuchten, Wand- und Deckenleuchten (rund/ eckig), Spiegelleuchten o.ä.) werden aus wirtschaftlichen Gründen demontiert, entsorgt und durch neue Leuchten ersetzt. Die Flur-Leuchten im Bürobereich werden mithilfe sogenannter Umrüstkits mit nachträglicher CE-Konformitätserklärung durch den Hersteller umgebaut, da die Leuchten im Zusammenhang mit dem Deckensystem abgestimmt sind und dies eine gute wirtschaftliche Lösung darstellt. Hierbei wird lediglich das Innenleben auf LED-Technik umgebaut und die Leuchte bleibt erhalten. Die Lichtbandsysteme im Probestübchenbereich werden durch neue LED-Lichtbandsysteme ersetzt. Die Pendelleuchten in den Büros o.ä. werden durch neue hochwertige LED-Leuchten ersetzt.

Zur bewegungs- bzw. tageslichtabhängigen Steuerung der Beleuchtung in Büros, Aufenthaltsräumen, WCs usw. werden entsprechende Präsenzmelder/Tageslichtsensoren vorgesehen, die die zu erneuernde Beleuchtung entsprechend steuern. Vorgesehen wird eine halbautomatische Steuerung in den Büros und Aufenthaltsräumen, damit ein Eingriff durch den Nutzer über einen Taster erfolgen kann. In den Fluren ist eine Grundlichtversorgung zu den Betriebszeiten geplant, damit die Flure nicht komplett abgeschaltet werden. Somit kann ein Orientierungslicht genutzt werden (z.B. 5-10% der Nennbeleuchtungsstärke) und bei Bewegungserkennung kann die Beleuchtung dann auf den gewünschten Dimmwert gedimmt werden. In den WCs usw. werden Präsenzmelder eingesetzt, welche neben der Bewegungserkennung noch einen akustischen Sensor enthalten. Die Installation (z.B. Leitungen zwischen Präsenzmelder und Leuchte) muss hierbei angepasst werden, damit der Präsenzmelder die Leuchten ansteuern kann.

Es werden (zur Trennung von Allgemein- und Sicherheitsbeleuchtung) Leuchten, welche der Allgemein- und Sicherheitsbeleuchtung dienen durch unterschiedliche Leuchten ersetzt. Die Bereitschaftsleuchten, welche bisher zur Ausleuchtung der Flure gedient haben, werden nun durch kleinere Sicherheitsleuchten ersetzt. Dies ist für die spätere Versorgung durch die Zentralbatterieanlage von enormem Vorteil, da die Leistungen deutlich reduziert werden. Um die Ausleuchtung z.B. in dem Flur durch die „fehlende“ Leuchte im „Normalbetrieb“ gewährleisten zu können, werden die Allgemeinleuchten erweitert/ ergänzt. Somit kommt es für den Nutzer zu keinerlei Einschränkung des Komforts im Vergleich zur bisherigen Nutzung. Lediglich eine Sicherheitsleuchte wird zusätzlich eingebaut, welche allerdings im Normalbetrieb in der Regel ausgeschaltet ist (Bereitschaftsleuchte).

Zur bedarfsoptimierten Beleuchtungsschaltung wurden zum Teil Kosten für den Umbau von vorhandenen Beleuchtungsschaltungen entsprechend berücksichtigt.

Die gesamte Zentralbatterieanlage wird demontiert, entsorgt und durch eine neue Zentralbatterieanlage ersetzt. Es werden sämtliche Anlagenteile wie z.B. Steuereinheit, Akkus usw. ausgetauscht. Die Bereitschaftsleuchten sowie Rettungszeichenleuchten werden durch moderne, überwachte LED-Leuchten ersetzt.

Eine Demontage aller auszutauschenden Betriebsmittel (Leuchten, Leitungen) wurde inkl. der fachgerechten Entsorgung berücksichtigt.

In den Kosten ist eine Baustelleinrichtung für die angesetzte Bauzeit berücksichtigt. Zur Demontage/ Montage sind Gerüste und eine Spezial-Arbeitsbühne als Hilfsmittel eingeplant. Zum Schutz der Einrichtung, Boden usw. sind entsprechende Schutzabdeckungen vorgesehen. Für unvorhergesehene Arbeiten, Schichtarbeiten o.ä. sind Kosten für Stundenlohnarbeiten berücksichtigt. Zusätzlich wurden Kosten für Dokumentation (Werk- und Montagepläne, Revisionspläne etc.) sowie für die Teilnahme an der PVO-Abnahme vorgesehen.

### 2.3.7 Energetische Sanierung der Klima- und Lüftungstechnik

Die zentralen Lüftungs- und Klimageräte besitzen das Baujahr 2003. Im Betriebsgebäude befinden sich drei Technikzentralen. Die Dachzentrale befindet sich im 9. OG, in der sechs Lüftungsanlagen und 13 Ventilatoren stehen. Die zwei weiteren Zentralen 1. und 2 befinden sich im 3. UG. In der Lüftungszentrale 1 sind sechs Lüftungsanlagen und in der Zentrale 2 sind vier Lüftungsanlagen aufgestellt. Ein genereller Austausch der zentralen Geräte wäre auch in einer verlängerten Spielzeitpause nicht möglich, da die Technikzentralen sehr kompakt ausgebaut sind und daher ausschließlich ein serieller Austausch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten vorstellbar ist. Lediglich die Lüftungsanlagen B13 (ZUL WC/ Umkleiden) und B15 (ABL WC/Umkleiden) werden gänzlich ausgetauscht. Zudem werden 3 Dachventilatoren ausgetauscht. Im Rahmen der Planung wurde der Austausch der Ventilatorentechnik sowie der Einbau effizienteren Wärmerückgewinnungssysteme der übrigen Lüftungsanlagen untersucht. Die neuen Ventilatoren besitzen EC-Motoren, welche einen besseren Wirkungsgrad aufweisen, energiesparender und geräuschärmer sind. Nachfolgend genannte Maßnahmen werden je nach RLT-Anlage vorgesehen:

#### Anlage B1: Zu- und Abluft Probebühne 1

Standort: RLT-Zentrale 1

Volumenstrom: 9.500 / 9.500 m³/h

- Austausch der Ventilatoren mit EC-Motor und je 2 freilaufenden Lüfterrädern
- Erneuerung der Wärmerückgewinnung

$Q_{alt} = 60,2 \text{ kW} / Q_{neu} = 81 \text{ kW}$

#### Anlage B2: Zu- und Abluft Aufbauraum

Standort: RLT-Zentrale 1

Volumenstrom: 7.000 / 7.000 m³/h

- Austausch der Ventilatoren mit EC-Motor und freilaufendem Lüfterrad
- Erneuerung der Wärmerückgewinnung aufgrund zu hoher Luftgeschwindigkeiten nicht möglich (die ErP-Richtlinie wäre nicht erfüllbar)

Anlage B3: Zu- und Abluft Probebühne 2

Standort: RLT-Zentrale 1

Volumenstrom: 4.800 / 4.800 m³/h

- Austausch der Ventilatoren mit EC-Motor und freilaufendem Lüfterrad
- Erneuerung der Wärmerückgewinnung

Q<sub>alt</sub>= 32,7 kW / Q<sub>neu</sub>= 37 kWAnlage B4: Zu- und Abluft Probebühne 3

Standort: RLT-Zentrale 1

Volumenstrom: 3.600 / 3.600 m³/h

- Austausch der Ventilatoren mit EC-Motor und freilaufendem Lüfterrad
- Erneuerung der Wärmerückgewinnung

Q<sub>alt</sub>= 23,1 kW / Q<sub>neu</sub>= 28,1 kWAnlage B5: Zu- und Abluft Studiobühne Foyer

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 9.800 / 9.800 m³/h

- Austausch der Ventilatoren mit EC-Motor und freilaufendem Lüfterrad
- Erneuerung der Wärmerückgewinnung

Q<sub>alt</sub>= 38 kW / Q<sub>neu</sub>= 76,3 kWAnlage B6: Zu- und Abluft Chor-Orch.-Solo-Probe

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 11.300 / 11.300 m³/h

- Austausch der Ventilatoren mit EC-Motor und je 2 freilaufenden Lüfterrädern
- Erneuerung der Wärmerückgewinnung aufgrund zu hoher Luftgeschwindigkeiten nicht möglich (die ErP-Richtlinie wäre nicht erfüllbar)

Anlage B7: Zu- und Abluft Ballettsaal

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 5.800 / 5.800 m³/h

- Austausch der Ventilatoren mit EC-Motor und freilaufendem Lüfterrad
- Erneuerung der Wärmerückgewinnung

Q<sub>alt</sub>= 35,2 kW / Q<sub>neu</sub>= 39,8 kWAnlage B8: Zu- und Abluft Werkstatt

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 15.500 / 5.400 m³/h

- Austausch der Ventilatoren mit EC-Motor und freilaufendem Lüfterrad
- Erneuerung der Wärmerückgewinnung aufgrund zu hoher Luftgeschwindigkeiten nicht möglich (die ErP-Richtlinie wäre nicht erfüllbar)

Anlage B9: Zu- und Abluft Lagerräume

Standort: RLT-Zentrale 2

Volumenstrom: 10.460 / 10.370 m³/h

- Austausch der Ventilatoren mit EC-Motor und je 2 freilaufenden Lüfterrädern
- Erneuerung der Wärmerückgewinnung

Q<sub>alt</sub>= 32 kW / Q<sub>neu</sub>= 81 kWAnlage B10: Zu- und Abluft Tagesmagazin

Standort: RLT-Zentrale 1

Volumenstrom: 3.600 / 3.600 m³/h

- Austausch der Ventilatoren mit EC-Motor und freilaufendem Lüfterrad
- Erneuerung der Wärmerückgewinnung

Q<sub>alt</sub>= 23,2 kW / Q<sub>neu</sub>= 28,1 kW

Anlage B11: Zu- und Abluft Lagerräume

Standort: RLT-Zentrale 1

Volumenstrom: 5.950 / 6.550 m³/h

- Austausch der Ventilatoren mit EC-Motor und freilaufendem Lüfterrad
- Erneuerung der Wärmerückgewinnung aufgrund zu hoher Luftgeschwindigkeiten nicht möglich (die ErP-Richtlinie wäre nicht erfüllbar)

Anlage B12: Abluft Kantine

Standort: Dachventilator

Volumenstrom: 3.000 m³/h

- Austausch des Radialventilators mit EC-Motor

Anlage B13: Zuluft WC/Umkleideräume

Standort: RLT-Zentrale 2

Volumenstrom: 7.210 m³/h

- Die vorhandene Lüftungsanlage besitzt keine Wärmerückgewinnung. Das komplette zentrale Lüftungsgerät wird ausgetauscht. Es beinhaltet einen Ventilator mit EC-Motor und freilaufendem Lüfterrad, eine Wärmerückgewinnung als Kreislaufverbundsystem, einen Erhitzerteil sowie Schalldämpfer.

Anlage B14: Zu- und Abluft Küche

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 11.400 / 6.300 m³/h

- Austausch der Ventilatoren mit EC-Motor und freilaufendem Lüfterrad
- Erneuerung der Wärmerückgewinnung aufgrund zu hoher Luftgeschwindigkeiten nicht möglich (die ErP-Richtlinie wäre nicht erfüllbar)

Anlage B14.1: Abluft Spülküche

Standort: Dachventilator

Volumenstrom: 2.100 m³/h

- Austausch des Radialventilators mit EC-Motor

Anlage B15: Abluft WC/Umkleideräume

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 10.700 m³/h

- Die vorhandene Lüftungsanlage besitzt keine Wärmerückgewinnung. Das komplette zentrale Lüftungsgerät wird ausgetauscht. Es beinhaltet einen Ventilator mit EC-Motor und freilaufendem Lüfterrad, eine Wärmerückgewinnung als Kreislaufverbundsystem sowie Schalldämpfer.

Anlage B17.1: Abluft Kostümmalerei

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 400 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und Direktantrieb

Anlage B17.2: Abluft Gefahrenschrank

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 100 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und Direktantrieb

Anlage B17.3: Abluft Schuhmacherei

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 450/200 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und Direktantrieb

Anlage B17.4: Abluft Gefahrenschrank

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 100 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und Direktantrieb

Anlage B17.5: Abluft Gefahrenschrank

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 100 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und Direktantrieb

Anlage B17.6: Abluft Waffenmeister

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 200 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und Direktantrieb

Anlage B17.7: Abluft Waffenmeister

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 500 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und Radial-Rohrventilator

Anlage B18.1: Abluft Hausschlosserei

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 500 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und Radial-Rohrventilator

Anlage B18.2: Abluft Glatzenschrank

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 1.500 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und Direktantrieb

Anlage B18.3: Abluft Gipsraum (VP)

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 200 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und Direktantrieb

Anlage B18.4: Abluft Gipsraum (TA)

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 200 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und Radial-Rohrventilator

Anlage B18.5: Abluft Modellierraum (TA)

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 400 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und Direktantrieb

Anlage B18.6: Abluft Bügelschrank

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 400 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und Direktantrieb

Anlage B18.7: Abluft Gefahrenschrank

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 200 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und Direktantrieb

Anlage B19: Abluft Färberei

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 1.000 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und Direktantrieb

Anlage B19.1: Abluft Färberei

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 500 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und Direktantrieb

Anlage B20: Abluft Wäscherei

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 850 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und Direktantrieb

Anlage B20.1: Abluft Tankraum

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 200 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und Radial-Rohrventilator

Anlage B21: Abluft Aufzugsmaschine

Standort: Dachventilator

Volumenstrom: 1.500 m³/h

- Austausch des Radialventilators mit EC-Motor

Anlage B21.1: Abluft Aufzugsmaschine

Standort: Dachventilator

Volumenstrom: 1.500 m³/h

- Austausch des Radialventilators mit EC-Motor

Anlage B24: Abluft Säle

Standort: RLT-Treppenhaus

Volumenstrom: 18.000 m³/h

- Austausch des Axial- Hochleistungsventilators mit EC-Motor

Anlage B26: Abluft Müllraum

Standort: RLT-Dachzentrale

Volumenstrom: 1.500 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und Direktantrieb

Anlage B27: Abluft Spritzraum

Standort: RLT-8OG

Volumenstrom: 4.500 m³/h

- Austausch des Axial- Hochleistungsventilators mit EC-Motor

### 2.3.8 Erneuerung von Pumpen, Ventilen und Steuereinrichtungen

Die im Betriebsgebäude befindlichen ungeregelten Umwälzpumpen werden gegen moderne elektronisch geregelte Umwälzpumpen ausgetauscht. Der Vorteil der moderneren Pumpen ist, dass sich die Pumpen dem aktuellen Heizbedarf anpassen. Durch die Installation der modernen Umwälzpumpen kann der Energieverbrauch um bis zu 80% gesenkt werden. Die Stellmotoren und dazugehörigen Ventile werden ebenfalls ausgetauscht. Es werden effizientere feinfühligere Ventile, wie auch Stellmotoren installiert, um ein möglichst hohes Maß an Genauigkeit bei der Wärmeabgabe ins Netz zu generieren.

Die zurzeit installierten Speicherladesysteme werden demontiert und fachgerecht entsorgt. Im Zusammenspiel mit der neu geplanten Solaranlage wird in der Zentrale 3.UG die Wärme der Solaranlage, wie auch der bereitgestellten Wärme der Heizungsanlage, in einem 1000l. Pufferspeicher vereint und für die Trinkwarmwasserbereitung bereitgestellt. Es ist vorgesehen eine kaskadierte Frischwasserstation mit drei Einzelstationen zu installieren, um eine möglichst energieeffiziente Trinkwarmwasserbereitung zu realisieren.

#### Erneuerung der Gebäudeautomation

Die Komponenten der bestehenden Gebäudeautomation stammen aus dem Jahr 2003. Es handelt sich um die DDC 3000er-Serie des Fabrikats Kieback & Peter. Die Wartung dieser Serie wurde durch Kieback & Peter zwischenzeitlich aufgekündigt, so dass die Komponenten nicht mehr verfügbar sind. Hierdurch bedingt ist ein Umbau bzw. eine Erweiterung der Gebäudeautomation einschl. der dazugehörigen Schaltschränke zur Optimierung der energetischen Betriebsweise nicht bzw. nur eingeschränkt möglich. Aus diesem Grund wird die komplette Gebäudeautomation im Betriebsgebäude ausgetauscht. Im Rahmen dieses Austauschs werden neben den Automationsgeräten und Schaltschrankkomponenten die Regelventile und Feldgeräte erneuert. Die Regelung wird zukünftig derart konfiguriert, dass weitestgehend ein bedarfsgerechter Betrieb der Anlagen möglich wird. Hierfür werden weitere Sensoren (Luftqualität/CO<sub>2</sub>, Luftfeuchte, Lufttemperatur, ...) ergänzt. Die Lüftungsgeräte erhalten weitestgehend Ventilatoren mit EC-Motoren, so dass auch hier ein energiesparender, bedarfsgerechter Betrieb möglich sein wird. Innerhalb des Betriebsgebäudes werden die nachfolgend genannten Informationsschwerpunkte (ISP) ausgetauscht:

#### ISP 1: RLT-Zentrale 3

Standort 9.OG

Abmessung:

Länge: 4.000 mm

Tiefe: 400 mm

Höhe: 2.000 mm

Anz. Datenpunkte: 861 St. gem. Anlage

#### ISP 2: RLT-Zentrale 1

Standort 3.UG

Abmessung:

Länge: 3.200 mm

Tiefe: 400 mm

Höhe: 2.000 mm

Anz. Datenpunkte: 487 St. gem. Anlage

#### ISP 3: RLT-Zentrale 2

Standort 3.UG

Abmessung:

Länge: 2.400 mm

Tiefe: 400 mm

Höhe: 2.000 mm

Anz. Datenpunkte: 279 St. gem. Anlage

#### ISP 4: Heizung

Standort 3.UG

Abmessung:

Länge: 800 mm

Tiefe: 400 mm

Höhe: 1.000 mm

Anz. Datenpunkte: 91 St. Gem. Anlage

### 2.3.9 Anpassung technischer Anlagen aufgrund der Dachsanierung

Im Bereich der geplanten Dachsanierung müssen Bodenabläufe wie auch Abwasserstrangentlüftungen demontiert und nach Fertigstellung neu montiert werden. Die demontierten Einbauteile können nicht wiederverwendet werden und müssen fachgerecht entsorgt werden. Des Weiteren muss die bestehende Sat- und Antennenanlage de- und remontiert werden.

Die äußere Blitzschutzanlage auf dem Dach wird im Zuge der Dachsanierungen in den betroffenen Teilbereichen demontiert und fachgerecht entsorgt.

Zur Gewährleistung einer sicheren Funktion für die äußere Blitzschutzanlage während der Sanierung sind Kosten für eine provisorische Lösung berücksichtigt.

Nach Fertigstellung der Sanierung wird die äußere Blitzschutzanlage wieder in den Teilbereichen fachgerecht errichtet/ erweitert. Die äußere Blitzschutzanlage wird im Zuge der Dachsanierung, soweit möglich, an den Stand der Technik angepasst.

## 2.4 Entwurfsplanung TGA Bühnenhaus Zuschauerhaus

### 2.4.1 Maßnahmenkatalog

Die energetischen Optimierungsmöglichkeiten wurden aus dem AECOM-Bericht

HSO – Hamburgische Staatsoper  
Energiebedarf und energetische  
Optimierungsmöglichkeiten

mit dem Stand vom 15.12.2020 abgeleitet. Im Rahmen der Grundlagenermittlung (LPH1/HOA1) wurden in einem ersten Schritt die nachfolgenden sinnvoll durchzuführenden Maßnahmen für das Bühnenhaus/Zuschauerhaus (BH/ZH) identifiziert:

- Installation einer Photovoltaikanlage
- Installation einer Solarthermieanlage
- Austausch von Heizkörperventilen
- Dämmung an Rohrleitungen
- Umstellung der Beleuchtung auf LED-Technik
- Energetische Sanierung der Lüftungs- und Klimatechnik
- Erneuerung von Pumpen, Regelventilen und Steuereinrichtungen
- Anpassung technischer Anlagen aufgrund der Dachsanierung

### 2.4.2 Installation einer Photovoltaikanlage

Es wird eine Photovoltaik-Aufdachanlage auf dem Flachdach über dem Zuschauerhaus mit einer West-/Ost-Ausrichtung aufgestellt. Aufgrund der Dachgeometrie werden zwei Modulfelder errichtet. Die Befestigung auf dem Dach erfolgt mittels einer separaten Unterkonstruktion, welche bei der Architektur berücksichtigt wird, da eine Ballastierung aus statischen Gründen nicht möglich ist. Die Unterkonstruktion wird mittels Befestigungen mit dem Dach verbunden. Ein Montagesystem für die PV-Anlage (montiert auf der vorgenannten Unterkonstruktion) wird kostentechnisch berücksichtigt. Der Wechselrichter wird in der darunter liegenden Technikzentrale verortet. Die Unterkonstruktion der PV-Module wird in das äußere Blitzschutzsystem eingebunden. Es werden insgesamt 92 Module mit einer gesamten el. Leistung von ca. 38 kWp vorgesehen. Aufgrund der erhöhten Leistung (>30kVA) wird ein Netz- und Anlagenschutz (NA-Schutz) gemäß VDE AR-N 4105 eingesetzt.

In den Kosten wurde die Installation eines neuen Zählerschranks sowie die dazugehörige Zuleitung bis zum Wechselrichter berücksichtigt. Um die Leitung verlegen zu können, müssen anteilig Verlegesysteme erweitert oder neu errichtet werden.

Hierzu gehören auch entsprechende Kernbohrungen, Schottungen usw.. Beim Eintritt der PV-Leitungen ins Gebäude werden entsprechende Blitz- und Überspannungsableiter installiert. Zur Abschaltung der gesamten DC-Leitungen wird ein Feuerwehrscharter vorgesehen. Es werden Steuerleitungen vom Wechselrichter eingeplant, um alle nutzbaren Daten an eine zentrale Sammelstelle übertragen zu können.

#### **2.4.3 Installation einer Solarthermieranlage**

Als Installationsort für eine Solarthermieranlage war ursprünglich die zwischen der Dammtorstraße und Kleinen Theaterstraße liegende Dachfläche geplant. Im Rahmen eines Abstimmungsgesprächs mit der Denkmalpflege am 29.11.2022 wurde diese Idee verworfen, da diese das Bild des Gebäudes aufgrund der Höhe der Module erheblich verändert. An dessen Stelle wurde das Dach oberhalb des Bühnenhauses favorisiert. Weitere Untersuchungen haben ergeben, dass die Fläche für die Installation einer Solarthermieranlage aufgrund der Größe nicht geeignet ist. Aus diesem Grund wurde die Installation einer Solarthermieranlage für das Bühnenhaus/Zuschauerhaus aus dem Maßnahmenkatalog gestrichen.

#### **2.4.4 Austausch von Heizkörperventilen**

Bei der vorherrschenden Situation im Zuschauer- und Bühnenhaus ist aufgrund der nicht abgeglichenen Heizungsanlage anzunehmen, dass es in Teilbereichen zu Geräuschen, überhöhten Rücklauftemperaturen, mangelnder Leistung der Heizungsanlage und vor allem zu einem erhöhten Energieverbrauch kommt.

Bei der Durchführung des geplanten hydraulischen Abgleichs werden die unterschiedlichen wasserseitigen Widerstände der Heizkörper angeglichen, indem die Komponenten der Heizungsanlage wie Heizkörper, Thermostatventile, Pumpen und Leitungen optimal aufeinander abgestimmt werden. Durch den Abgleich und den Einbau der voreinstallbaren Thermostatventile werden die Heizkörper stets mit der richtigen Menge Heizwasser versorgt. Die Effizienz der Heizungsanlage wird somit voll ausgeschöpft und minimiert den Energieverbrauch.

#### **2.4.5 Dämmung an Rohrleitungen**

Im Zuschauer- und Bühnenhaus werden defekte, schlecht oder nicht gedämmte Leitungen verschiedener Medien erneuert, ausgebessert und nach den geltenden Mindestanforderungen und Regeln der Technik neu installiert. Alle greifbaren warmgehenden Rohrleitungen, die den o.g. Kriterien entsprechen, werden mit einer Dämmstärke ummantelt, die mindestens den Innendurchmesser der Rohrleitung entspricht. In Ausnahmefällen wird eine geringere Dämmstärke vorgesehen. Die Wahl einer guten Wärmedämmung leistet ein hohes Maß an Energieeinsparung des Gesamtgebäudes

#### **2.4.6 Umstellung der Beleuchtung auf LED-Technik**

Die vorhandene Beleuchtung (Leuchtstofflampe etc.) wird im gesamten Zuschauer- und Bühnenhaus auf LED-Technik umgerüstet.

Es werden im Zuschauer- und Bühnenhaus sämtliche Aufbauleuchten (Wand-/ Decke), Einbauleuchten, Pendelleuchten usw. aus wirtschaftlichen Gründen demontiert, entsorgt und durch neue Leuchten ersetzt. Die Pendelleuchten in den Büros o.ä. werden durch neue hochwertige LED-Leuchten ersetzt. Die historischen Leuchten im Außenbereich, Wand- und Stufenleuchten im Zuschauersaal sowie Kronleuchter in der Stifterlounge werden als Sonderbauleuchten überarbeitet, gereinigt und auf LED-Technik umgebaut. In der Beleuchterdecke des Zuschauersaals werden ebenfalls die Leuchten gegen moderne LED-Leuchten ersetzt.

Generell wird die Beleuchtung in Allgemeinbeleuchtung sowie Sicherheitsbeleuchtung (sofern möglich) getrennt. Rettungszeichenleuchten werden durch neue Leuchten in LED-Technik ersetzt. Zur bewegungs- bzw. tageslichtabhängigen Steuerung der Beleuchtung in Büros, Aufenthaltsräumen, WCs usw. werden entsprechende Präsenzmelder/ Tageslichtsensoren vorgesehen, die die zu erneuernde Beleuchtung entsprechend steuern.

Vorgesehen wird eine halbautomatische Steuerung in den Büros und Aufenthaltsräumen, damit ein Eingriff durch den Nutzer über einen Taster erfolgen kann. In den Fluren ist eine Grundlichtversorgung zu den Betriebszeiten geplant, damit die Flure nicht komplett abgeschaltet werden. Somit kann ein Orientierungslicht genutzt werden (z.B. 5-10% der Nennbeleuchtungsstärke) und bei Bewegungserkennung kann die Beleuchtung dann auf den gewünschten Dimmwert gedimmt werden. In den WCs usw. werden Präsenzmelder eingesetzt, welche neben der Bewegungserkennung noch einen akustischen Sensor enthalten. Die Installation (z.B. Leitungen zwischen Präsenzmelder und Leuchte) muss hierbei angepasst werden, damit der Präsenzmelder die Leuchten ansteuern kann.

Zur bedarfsoptimierten Beleuchtungsschaltung wurden zum Teil Kosten für den Umbau von vorhandenen Beleuchtungsschaltungen entsprechend berücksichtigt.

Die gesamte Zentralbatterieanlage wird demontiert, entsorgt und durch eine neue Zentralbatterieanlage ersetzt. Es werden sämtliche Anlagenteile wie z.B. Steuereinheit, Akkus usw. ausgetauscht. Die Bereitschaftsleuchten sowie Rettungszeichenleuchten werden durch moderne überwachte LED-Leuchten ersetzt.

Eine Demontage aller auszutauschenden Betriebsmittel (Leuchten, Leitungen) wurde inkl. der fachgerechten Entsorgung berücksichtigt.

In den Kosten ist eine Baustelleinrichtung für die angesetzte Bauzeit berücksichtigt. Zur Demontage/Montage sind Gerüste als Hilfsmittel eingeplant. Zum Schutz der Einrichtung, Boden usw. sind entsprechende Schutzabdeckungen vorgesehen. Für unvorhergesehene Arbeiten, Schichtarbeiten usw. sind Kosten für Stundenlohnarbeiten berücksichtigt. Zusätzlich wurden Kosten für Dokumentation (Werk- und Montagepläne, Revisionspläne etc.) sowie für die Teilnahme an der PVO-Abnahme vorgesehen.

## 2.4.7 Energetische Sanierung der Klima- und Lüftungstechnik

Die zentralen Lüftungs- und Klimageräte stammen aus den 1950er Jahren. Im Bühnenhaus und Zuschauerhaus befinden sich vier Technikzentralen. Es werden drei Ventilatoren und eine Lüftungsanlage ausgetauscht. Eine hiervon im 8.OG, eine im KG und die drei weiteren im DG. Ein genereller Austausch der zentralen Geräte wäre auch in einer verlängerten Spielzeitpause nicht möglich, da die Technikzentralen sehr kompakt ausgebaut sind und daher ausschließlich ein serieller Austausch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten vorstellbar ist. Lediglich die Lüftungsanlage Anlage 4 Zuluft (Stimmzimmer) werden gänzlich ausgetauscht. Die ganz auszutauschende Lüftungsanlage steht im Zuschauerhaus im 2. UG. Von den auszutauschenden Ventilatoren steht einer im Bühnenhaus im 2.UG und drei im Zuschauerhaus im DG. Im Rahmen der weiteren Planung werden der Austausch der Ventilatorentechnik sowie der Einbau effizienteren Wärmerückgewinnungssysteme der übrigen Lüftungsanlagen untersucht. Die neuen Ventilatoren besitzen EC-Motoren, welche einen besseren Wirkungsgrad aufweisen, energiesparender und geräuschärmer sind. Nachfolgend genannte Maßnahmen werden je nach RLT-Anlage vorgesehen:

### Anlage 1: Zuluft Zuschauerhaus

Standort: RLT-KG

Volumenstrom: 70.000 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und 9 freilaufenden Lüfterrädern

### Anlage 1: Abluft Zuschauerhaus

Standort: RLT-DG

Volumenstrom: 2 x 30.000 m³/h

- Austausch der 2 Ventilatoren durch 2 Ventilatoren mit EC-Motor und je 4 freilaufenden Lüfterrädern

Anlage 4: Zu- und Abluft Stimmzimmer

Standort: RLT-KG  
 Volumenstrom: 2.500 m³/h

- Austausch der Lüftungsanlage mit EC-Motor und freilaufendem Lüfterrad
- Erneuerung der Wärmerückgewinnung aufgrund zu hoher Luftgeschwindigkeiten nicht möglich

Anlage 5: Abluft WC

Standort: RLT-DG  
 Volumenstrom: 8.000 m³/h

- Austausch des Ventilators mit EC-Motor und freilaufendem Lüfterrad

**2.4.8 Erneuerung von Pumpen, Ventilen und Steuereinrichtungen**

Die im Zuschauer- Bühnenhaus befindlichen ungeregelten Umwälzpumpen werden gegen moderne elektronisch geregelte Umwälzpumpen ausgetauscht. Der Vorteil der moderneren Pumpen ist, dass sich die Pumpen dem aktuellen Heizbedarf anpassen. Durch die Installation der modernen Umwälzpumpen kann der Energieverbrauch um bis zu 80% gesenkt werden. Die Stellmotoren und dazugehörigen Ventile werden ebenfalls ausgetauscht. Es werden effizientere feinfühlige Ventile, wie auch Stellmotoren installiert, um ein möglichst hohes Maß an Genauigkeit bei der Wärmeabgabe ins Netz zu generieren.

Die zurzeit installierten Speicherladesysteme werden demontiert und fachgerecht entsorgt. Für die Trinkwarmwasserbereitung werden zwei neuen Speicherladesystemen mit jeweils ca. 750L Speichervolumen vorgesehen. Die Installation von effizienteren Wärmetauschern und Isolierung dient der Optimierung und Energieeinsparung.

Im Bühnenhaus 3. Untergeschoss werden die zurzeit installierten Wärmetauscher demontiert und fachgerecht entsorgt. Im Zuge der Arbeiten werden zwei moderne, effiziente Wärmetauscher installiert und mit neuen Dämmschalen zur Energieeinsparung versehen.

Erneuerung der Gebäudeautomation

Die Komponenten der bestehenden Gebäudeautomation stammen überwiegend aus dem Jahr 2003. Es handelt sich um die DDC 3000er-Serie des Fabrikats Kieback & Peter. Die Wartung dieser Serie wurde durch Kieback & Peter zwischenzeitlich aufgekündigt, sodass die Komponenten nicht mehr verfügbar sind. Hierdurch bedingt ist ein Umbau bzw. eine Erweiterung der Gebäudeautomation einschl. der dazugehörigen Schaltschränke zur Optimierung der energetischen Betriebsweise nicht bzw. nur eingeschränkt möglich. Aus diesem Grund wird die komplette Gebäudeautomation im Betriebsgebäude ausgetauscht. Im Rahmen dieses Austauschs werden neben den Automationsgeräten und Schaltschrankkomponenten, die Regelventile und Feldgeräte erneuert. Die Regelung wird zukünftig derart konfiguriert, dass weitestgehend ein bedarfsgerechter Betrieb der Anlagen möglich wird. Hierfür werden weitere Sensoren (Luftqualität/CO2, Luftfeuchte, Lufttemperatur, ...) ergänzt. Die Lüftungsgeräte erhalten weitestgehend Ventilatoren mit EC-Motoren, so dass auch hier ein energiesparender, bedarfsgerechter Betrieb möglich sein wird. Innerhalb des Betriebsgebäudes werden die nachfolgend genannten Informationsschwerpunkte (ISP) ausgetauscht:

ISP 1: Heizung

Standort Bühnenhaus 3.UG  
 Abmessung:  
 Länge: 1.000 mm  
 Tiefe: 400 mm  
 Höhe: 2.000 mm  
 Anz. Datenpunkte: 248 St. gem. Anlage

ISP 2: Kältezentrale 1

Standort Bühnenhaus 3.UG

Abmessung:

Länge: 1.600 mm

Tiefe: 400 mm

Höhe: 2.000 mm

Anz. Datenpunkte: 179 St. gem. Anlage

ISP 3: Kältezentrale 2

Standort Bühnenhaus 3.UG

Abmessung:

Länge: 1.600 mm

Tiefe: 400 mm

Höhe: 2.000 mm

Anz. Datenpunkte: 131 St. gem. Anlage

ISP 4: RLT-Zentrale

Standort Bühnenhaus 2.UG

Abmessung:

Länge: 800 mm

Tiefe: 400 mm

Höhe: 2.000 mm

Anz. Datenpunkte: 172 St. gem. Anlage

ISP 5: Sprinkleranlage

Standort Bühnenhaus 3.UG

Abmessung:

Länge: 800 mm

Tiefe: 400 mm

Höhe: 1.000 mm

Anz. Datenpunkte: 35 St. gem. Anlage

ISP 6: RLT-Zentrale 1

Standort Zuschauerhaus DG

Abmessung:

Länge: 1.000 mm

Tiefe: 400 mm

Höhe: 2.000 mm

Anz. Datenpunkte: 74 St. gem. Anlage

ISP 7: RLT-Zentrale 2

Standort Zuschauerhaus DG

Abmessung:

Länge: 800 mm

Tiefe: 400 mm

Höhe: 2.000 mm

Anz. Datenpunkte: 36 St. gem. Anlage

ISP 8: RLT-Zentrale 2-6

Standort Zuschauerhaus KG

Abmessung:

Länge: 4.000 mm

Tiefe: 400 mm

Höhe: 2.000 mm

Anz. Datenpunkte: 169 St. gem. Anlage

ISP 9: RLT-Anlage Tonstudio

Standort Zuschauerhaus 2.Rang

Abmessung:

Länge: 800 mm

Tiefe: 400 mm

Höhe: 800 mm

Anz. Datenpunkte: 29 St. gem. Anlage

ISP 10: RLT-Garderobe

Standort Zuschauerhaus KG

Abmessung:

Länge: 800 mm

Tiefe: 400 mm

Höhe: 2.000 mm

Anz. Datenpunkte: 9 St. gem. Anlage

ISP 11: RLT-Garderobe

Standort Zuschauerhaus KG

Abmessung:

Länge: 800 mm

Tiefe: 400 mm

Höhe: 2.000 mm

Anz. Datenpunkte: 9 St. gem. Anlage

**2.4.9 Anpassung technischer Anlagen aufgrund der Dachsanierung**

Die äußere Blitzschutzanlage auf dem Dach wird im Zuge der Dachsanierungen in den betroffenen Teilbereichen demontiert und fachgerecht entsorgt.

Zur Gewährleistung einer sicheren Funktion für die äußere Blitzschutzanlage während der Sanierung, sind Kosten für eine provisorische Lösung berücksichtigt.

Nach Fertigstellung der Sanierung wird die äußere Blitzschutzanlage wieder in den Teilbereichen fachgerecht errichtet/ erweitert. Die äußere Blitzschutzanlage wird im Zuge der Dachsanierung, soweit möglich, an den Stand der Technik angepasst.

### 3. Terminplanung

#### 3.1. Hinweise zur Terminplanung

Die Maßnahmen am Dach 2.1.1. sollten im engen zeitlichen Zusammenhang mit PV-Anlage und Solarthermie auf dem Betriebsgebäude erfolgen. Sie benötigen zwar mehr als 6 Wochen, behindern aber nicht zwingend den sonstigen Betrieb.

Einige Maßnahmen lassen sich in den bisher üblichen Spielplanpausen umsetzen.

Die Maßnahmen am Dach 2.2.2. ist dafür jedoch zu umfangreich. Diese sollten auch grundsätzlich in Verbindung mit den TGA-Maßnahmen auf den Dächern verbunden werden.

Daher werden im Folgenden zwei Maßnahmepakete vorgeschlagen.  
Die restlichen Maßnahmen können einzeln stattfinden.

#### 3.2. Maßnahmepaket 1

Vorzugsweise sollte dieses Maßnahmepaket vor dem Paket 2 umgesetzt werden, da es weniger Vorbereitungszeit benötigt und ohne Überdachung realisiert werden kann. Die Bauarbeiten müssen zwischen Mai und Oktober eines Jahres erfolgen. Zu beachten ist die komplizierte Zugänglichkeit zu den verschiedenen Dachflächen.

Hochbau Betriebsgebäude

2.1.1. Dächer

TGA Betriebsgebäude

2.3.2. PV-Anlage

2.3.3. Installation einer Solarthermieranlage

2.3.9. Anpassung Technik für Dachsanierung

#### 3.3. Maßnahmepaket 2

Die Vorbereitung der Maßnahme erfordert erheblichen Planungsvorlauf, um die notwendigen Materialien sicher zum Beginn der Maßnahme zur Verfügung zu haben. Außerdem ist eine verlängerte Spielplanpause erforderlich.

Das Maßnahmepaket sollte so organisiert werden, dass die Arbeiten, die die Funktionstüchtigkeit von Zuschauerhaus und Bühnenhaus betreffen, konzentriert in einem Zeitraum von z.B. 3 Monaten erfolgen. Davor und danach sind die Arbeiten unter dem Notdach so zu organisieren, dass der Probe- und Spielbetrieb möglich ist.

Zu beachten ist, dass für die Montagevorbereitung eines Notdaches keine freien Flächen im direkten Umfeld vorhanden sind.

Hochbau Bühnenhaus und Zuschauerhaus

2.2.2. Dächer

TGA Bühnenhaus Zuschauerhaus

2.4.2. Installation einer Photovoltaikanlage

2.4.9. Anpassung Technik für Dachsanierung

### 3.4. Sonstige Maßnahmen

Hochbau Bühnenhaus und Zuschauerhaus

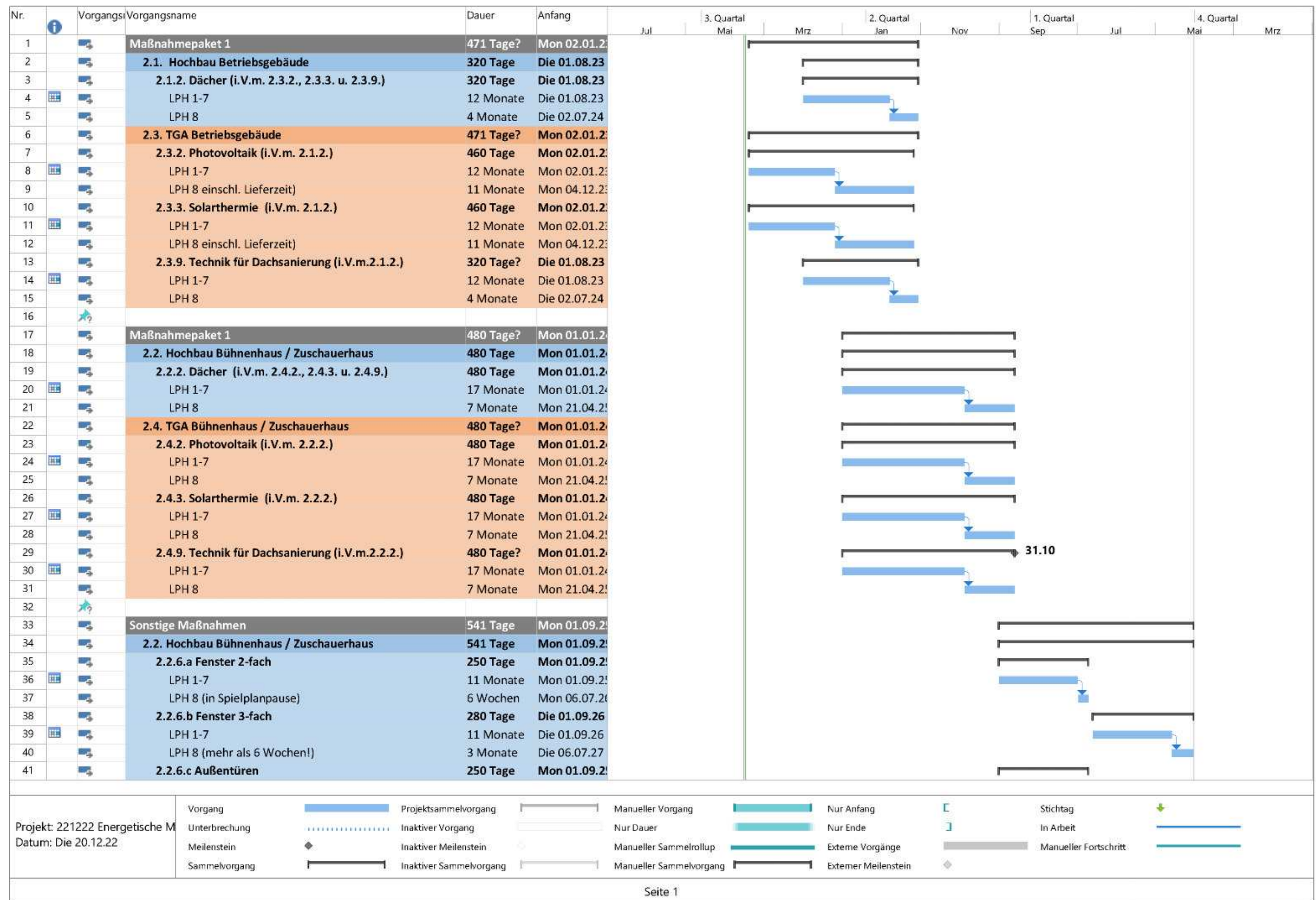
- 2.2.6.a Fenster 2-fach Verglasung  
Eventuell sind die Arbeiten in Teilbereichen auch parallel zur Nutzung ausführbar.
- 2.2.6.b Fenster 3-fach Verglasung  
Diese Arbeiten betreffen die Foyers und erfordern im Innenraum Schutzmaßnahmen und Bearbeiten, die die Ausführung nicht in der regulären Spielplanpause ermöglichen.
- 2.2.6.c Außentüren  
Die Arbeiten sind bei ausreichender Vorbereitung in einer Spielplanpause ausführbar.

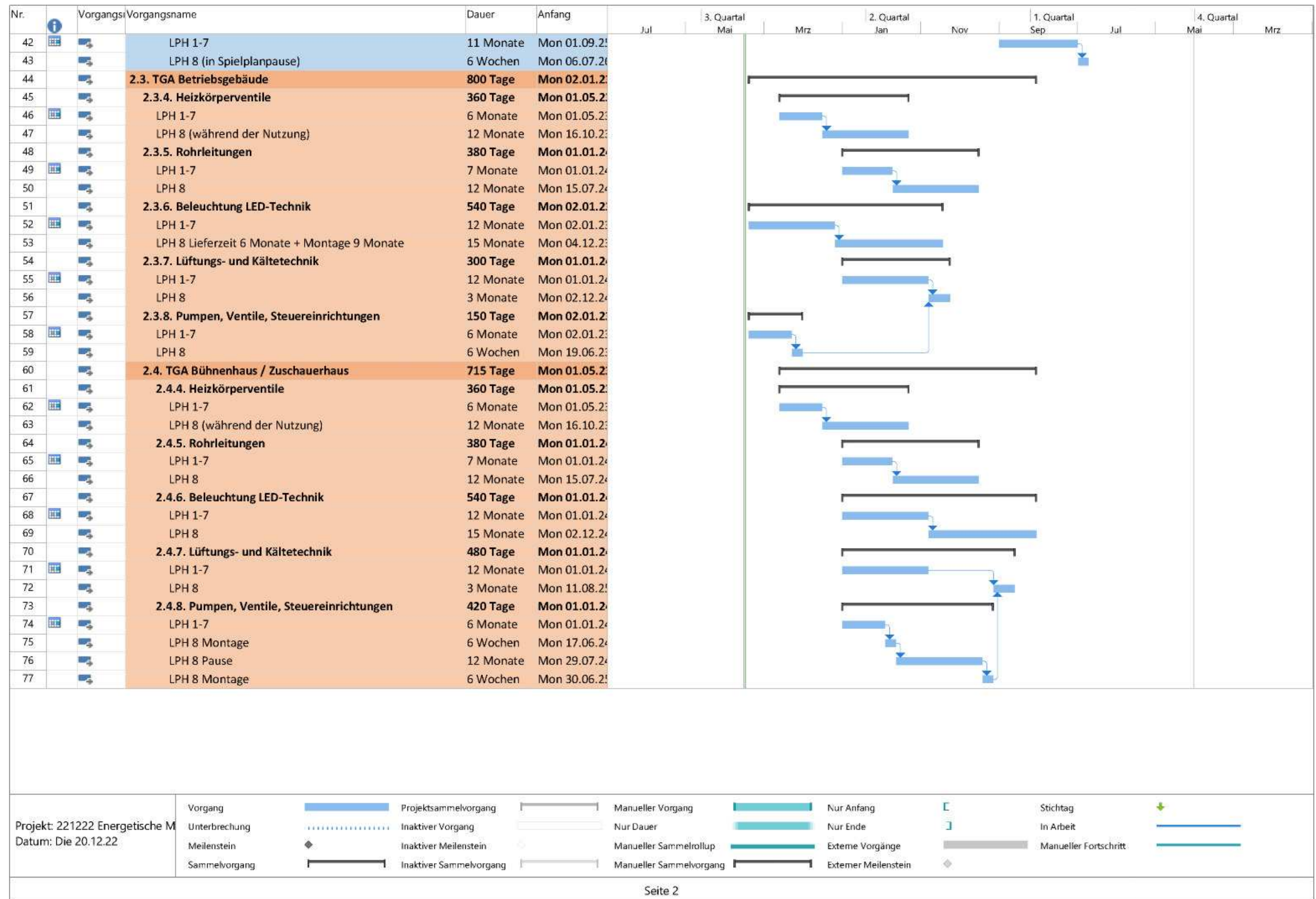
TGA Betriebsgebäude

- 2.3.4. Austausch von Heizkörperventilen
- 2.3.5. Dämmung an Rohrleitungen
- 2.3.6. Umstellung der Beleuchtung auf LED-Technik
- 2.3.7. Sanierung Lüftungs- und Kältetechnik
- 2.3.8. Erneuerung Pumpen, Ventile, Steuereinrichtungen

TGA Bühnenhaus Zuschauerhaus

- 2.4.4. Austausch von Heizkörperventilen
- 2.4.5. Dämmung an Rohrleitungen
- 2.4.6. Umstellung. Beleuchtung. auf LED-Technik
- 2.4.7. Sanierung Lüftungs- und Kältetechnik
- 2.4.8. Erneuerung Pumpen, Ventile, Steuereinrichtungen





## 4. Zusammenstellung Kosten

		Baustelleneinrichtung	Gerüstbau	Dachabdichtungsarbeiten	Klempnerarbeiten	Putzarbeiten	Fenster, Außentüren	Reinigungsarbeiten	Malerarbeiten	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen	Wärmeversorgungsanlagen	Lufttechnische Anlagen	Starkstromanlagen	Gebäudeautomation		
KG	300	.01	.02	.21	.22	.23	.26	.33	.34						Summe	Summe
KG	400									410	420	430	440	480	€ netto	€ brutto
	Maßnahmen															
2.1.	Hochbau Betriebsgebäude															
2.1.2.	Dächer	23.239	366.146	691.246	151.559	74.154		4.000	38.676						1.349.020	1.605.333
2.2.	Hochbau Zuschauer- und Bühnenhaus															
2.2.2.	Dächer	40.414	2.714.117	1.602.495	561.981	103.238		4.000	46.036						5.072.281	6.036.014
2.2.6.a.	Fenster 2-fach Verglasung	15.600				75.622	595.540	34.218	69.188						790.168	940.299
2.2.6.b.	Fenster 3-fach Verglasung	57.643	82.204			24.106	737.510	20.389	31.046						952.898	1.133.948
2.2.6.c.	Außentüren	3.912				13.225	320.590	7.006	16.606						361.339	429.993
2.3.	TGA Betriebsgebäude															
2.3.2.	Photovoltaikanlage												98.200		98.200	116.858
2.3.3.	Solarthermieanlage									77.930					77.930	92.737
2.3.4.	Austausch Thermostatventile										62.110				62.110	73.911
2.3.5.	Dämmung an Rohrleitungen									4.500	4.400	7.365			16.265	19.355
2.3.6.	Umstellg. Beleuchtg. auf LED-Technik												1.469.525		1.469.525	1.748.735
2.3.7.	Sanierung Lüftungs- und Kältetechnik											716.630			716.630	852.790
2.3.8.	Erneuerung Pumpen, Veent. Steuereintrg.									40.760	81.680			838.720	961.160	1.143.780
2.3.9.	Anpassung Technik für Dachsanierung									4.050			7.150		11.200	13.328
2.4.	TGA Zuschauer- und Bühnenhaus															
2.4.2.	Photovoltaikanlage												110.600		110.600	131.614
2.4.4.	Austausch Thermostatventile										84.905				84.905	101.037
2.4.5.	Dämmung an Rohrleitungen									64.250	33.650	16.625			114.525	136.285
2.4.6.	Umstellg. Beleuchtg. auf LED-Technik												1.768.500		1.768.500	2.104.515
2.4.7.	Sanierung Lüftungs- und Kältetechnik											181.480			181.480	215.961
2.4.8.	Erneuerung Pumpen, Veent. Steuereintrg.									39.560	142.815			537.760	720.135	856.961
2.4.9.	Anpassung Technik für Dachsanierung									1.500		44.000	41.010		86.510	102.947
	Summe €														15.005.380	17.856.402

## 5. Energieeinsparung und CO<sub>2</sub>-Vermeidung

Im Abschnitt 2 wurden energetische Maßnahmen beschrieben und deren Kosten benannt.

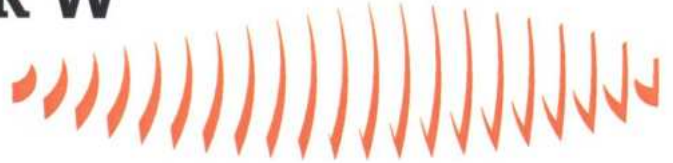
Diese Daten stehen im nächsten Schritt der Energieberatung zur Verfügung.

Ziel ist es die Effektivität der Maßnahmen zu ermitteln und daraus Umsetzungsempfehlungen abzuleiten.

Die Ergebnisse werden in einer gesonderten Dokumentation des Fachplanungsbüros dargestellt.

## 6. Anlagen

Die Anlagen bestehen zum großen Teil aus Zeichnungsdateien.  
Auf diese Zeichnungen wird in den Texten mit Zeichnungsnummer verwiesen.  
Mit der jeweiligen Zeichnungsnummer sind sie entsprechend bezeichnet.



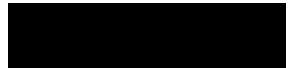
Hamburg,

22.12.2022

Unser Zeichen:

L 915994

Ansprechpartner:



## Energiekonzept nach DIN V 18599

---

**Objekt:** Hamburgische Staatsoper

**Bauherr:** Sprinkenhof GmbH  
Burchardstraße 8  
20095 Hamburg

**Architekt:** Stadt + Haus  
Architekten und Ingenieure GmbH & Co. KG  
Scheuerstraße 17  
23966 Wismar

**Inhalt:** Energiekonzept nach DIN V 18599



## **Inhaltsverzeichnis**

1.	Situation und Aufgabenstellung .....	3
2.	Grundlagen der Bearbeitung .....	4
2.1	Normen / Richtlinien .....	4
2.2	Vorgehensweise Bilanzierung .....	6
2.3	Rechenvarianten .....	6
2.4	Begriffe .....	7
2.5	Hinweise / Einschränkungen zur Bearbeitung .....	8
3.	Baurechtliche Anforderungen .....	9
3.1	Planungshinweise Außenbauteile .....	9
4.	Bestandsbewertung .....	10
4.1	Gebäudehülle .....	10
4.3	Technische Ausstattung .....	11
5.	Ergebnisse der energetischen Bilanzierung .....	12
5.1	Bestand .....	12
5.2	Maßnahme 1 .....	13
5.3	Maßnahme 2 .....	14
5.4	Maßnahme 3 .....	15
5.5	Maßnahme 4 .....	16
5.6	Maßnahme 5 .....	17
5.7	Maßnahme 6 .....	18
5.8	Maßnahme 7 .....	19
5.9	Maßnahme 8 .....	20
5.9	Vergleichende Gegenüberstellung .....	21
6.	Kosten-Nutzen-Rechnung .....	22
6.1	Maßnahme 1 .....	22
6.2	Maßnahme 2 .....	22
6.3	Maßnahme 3 .....	23
6.4	Maßnahme 4 .....	23
6.5	Maßnahme 5 .....	24
6.6	Maßnahme 6 .....	24
6.7	Maßnahme 7 .....	25
6.8	Maßnahme 8 .....	25
7.	Schlussbemerkung .....	26

### Anlagen:

- Gebäudedaten und Berechnungsergebnisse
- Zonierungsplan
- Bescheinigung Primärenergiefaktor und CO<sub>2</sub>-Emission

## 1. **Situation und Aufgabenstellung**

Im Auftrag der Sprinkenhof GmbH wurden im Rahmen einer Voruntersuchung gebäudeenergetische Optimierungsmöglichkeiten für die Hamburgische Staatsoper erarbeitet. Die entsprechenden Maßnahmenmöglichkeiten und zugehörigen Energieeinsparpotentiale wurden durch *Fa. AECOM Deutschland GmbH* dokumentiert und in einem Bericht vom 15.12.2020 zusammengefasst.

Auf dieser Grundlage wurden durch das Büro *Stadt+Haus Architekten und Ingenieure GmbH & Co.KG* konkrete Umsetzungsmaßnahmen geprüft, mit Kosten hinterlegt und dokumentiert. Dazu wurden u.a. Bauteilöffnungen vorgenommen, um den IST-Zustand der Gebäudehülle näher benennen.

Es ist ein Energiekonzept zu erstellen, welches die o.g. Maßnahmen energetisch untersucht und entsprechende rechnerische Einsparpotentiale aufzeigt. Die Maßnahmen sind dabei in ihrer Wirkung zu unterscheiden und separat darzustellen.

Die Berechnungen werden auf Grundlage des aktuellen Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2023) geführt. Dieses verweist zur rechnerischen Bilanzierung auf die DIN V 18599:2018-09 – Energetische Bewertung von Gebäuden.

Im GEG 2023 sind Anforderungen an die bauliche und technische Qualität eines Gebäudes definiert. Sofern Bauteile im Sinne des GEG verändert bzw. saniert werden, sind die entsprechenden Anforderungen zu erfüllen. Bei denkmalgeschützten Gebäuden sind Ausnahmeregelungen gültig, die ggf. Abweichungen von den Anforderungen zulassen.

Ziel des Energiekonzeptes ist es, flankierend zu den weiteren Untersuchungen und Erkenntnissen eine Basis zur Entscheidungsfindung bzgl. der energetischen Maßnahmen zu bieten.

## 2. Grundlagen der Bearbeitung

Als Grundlagen der Bearbeitung dienen:

- Planunterlagen *Stadt+Haus Architekten und Ingenieure GmbH & Co.KG* vom, Stand Dezember 2022
- Bericht vom Büro *Stadt+Haus Architekten und Ingenieure GmbH & Co. KG* vom 22.12.2022
- Bericht vom Büro *AECOM Deutschland GmbH* vom 15.12.2020
- Abstimmungsgespräche mit den Planungsbeteiligten
- Aktuelle Bescheinigung zu Primärenergiefaktor und CO<sub>2</sub>-Emission des „Stadtnetz Hamburg“

Die Berechnungen erfolgen mit der Software SolarComputer B56 V 5.24.05 und auf Grundlage der geleisteten Voruntersuchungen.

### 2.1 Normen / Richtlinien

Verordnungstext

- Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energie zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG 2023)

Normen und Regelwerke:

- DIN V 18599 Teil 1-11, Ausgabe 2018-09: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung
- DIN 4108-2, Ausgabe 2013-02: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- DIN 4108-3, Ausgabe 2014-11: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz - Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung
- DIN 4108-3, Ausgabe 2002-04: Berichtigungen zu DIN 4108-3:2001-07
- DIN V 4108-4, Ausgabe 2017-03: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte
- DIN V 4108-6, Ausgabe 2003-06: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs
- DIN V 4108-6, Ausgabe 2004-03: Berichtigungen zu DIN V 4108-6:2003-06
- DIN 4108-7, Ausgabe 2011-01: Luftdichtheit von Gebäuden
- DIN EN ISO 6946, Ausgabe 2008-04: Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren

- DIN EN ISO 10077-1, Ausgabe 2018-01: Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten
- DIN EN ISO 13370, Ausgabe 2008-04: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Wärmeübertragung über das Erdreich - Berechnungsverfahren
- DIN V 4701-10, Ausgabe 2003-08: Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen, geändert durch A1 : 2006-12
- DIN V 4701-12, Ausgabe 2004-02: Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen im Bestand
- PAS 1027, Ausgabe 2004-02: Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen im Bestand, Ergänzung zur DIN 4701-12

## 2.2 Vorgehensweise Bilanzierung

Für die energetische Gebäudebilanzierung nach DIN V 18599 ist ein Berechnungsmodell erforderlich, welches neben der thermischen Gebäudehülle auch die Parameter der Haustechnik berücksichtigt. Dieses gründet auf der durchgeführten Voruntersuchung. Mittels der zu überarbeitenden bautechnischen Kennwerte sowie gebäudetechnischer Eingaben lässt sich die rechnerische Bilanzierung durchführen.

Entsprechend den Rechenregeln der DIN V 18599 ist eine sog. Zonierung anzulegen, die unterschiedliche Nutzungsbereiche voneinander unterscheidet. Die entsprechende Zuordnung erfolgt unter Berücksichtigung der vorliegenden Grundrisse. Dabei können einzelne kleine Räume und Raumbereiche übermessen bzw. anderen Zonen zugeordnet werden, wenn deren Einfluss auf das Resultat unerheblich ist. Eine Detaillierung auf einzelne Räume bezogen ist nicht Ziel nach DIN V 18599.

Die Rechenergebnisse sind hinsichtlich der Endenergie, Primärenergie sowie CO<sub>2</sub>-Emission darzustellen und zu bewerten.

## 2.3 Rechenvarianten

Es werden unterschiedliche Berechnungsvarianten untersucht und deren Ergebnisse dargestellt. Aufbauend auf der Bestandssituation werden die durch *Stadt+Haus Architekten und Ingenieure GmbH & Co.KG* definierten Maßnahmen in Varianten abgebildet. Teils werden dabei mehrere Maßnahmen sinnvoll in einer Variantenrechnung zusammengefasst. Die Ergebnisse werden stets auch mit Bezug zur Bestandssituation ausgegeben. In einer abschließenden Rechenvariante werden alle -zunächst einzeln betrachteten- Maßnahmen zusammengefasst.

Rechenvarianten:

- 1) Bestand
- 2) Dachdämmung Betriebsgebäude
- 3) Dachdämmung Zuschauerhaus / Bühnenhaus
- 4) Fensterertüchtigung 2-fach-Verglasung + Austausch Außentüren Zuschauerhaus + Bühnenhaus
- 5) Fensterertüchtigung 3-fach-Verglasung Zuschauerhaus
- 6) Installation Photovoltaik-Anlage 212 m<sup>2</sup> + Installation Solarthermie-Anlage 22 m<sup>2</sup> Betriebsgebäude, Photovoltaik-Anlage 212 m<sup>2</sup> Zuschauerhaus
- 7) Umstellung Beleuchtung auf LED-Technik Betriebsgebäude + Umstellung Beleuchtung auf LED-Technik Zuschauerhaus / Bühnenhaus
- 8) Optimierung TGA gebäudeübergreifend (Austausch Thermostatventile, Dämmung Rohrleitungen, Sanierung Lüftungs- und Kältetechnik, Erneuerung Pumpen, Ventilatoren, Steuereinrichtungen)
- 9) Maßnahmen gesamt

Weitere Einzelheiten zu o.g. Maßnahmen sind dem Bericht von *Stadt+Haus Architekten und Ingenieure GmbH & Co.KG* vom 22.12.2022 zu entnehmen.

## 2.4 Begriffe

- **Endenergie**

Die Kenngröße „Endenergie“ lässt sich am folgenden Beispiel beschreiben: Um ein Gebäude auf z.B. 20°C zu temperieren, ist, abhängig von der energetischen Qualität der Gebäudehülle, eine bestimmte Energiemenge nötig, welche als Nutzenergie bezeichnet wird. Zusätzlich dazu treten bei der Wärmeerzeugung, -speicherung, -verteilung und -übergabe Wärmeverluste auf, welche 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“.

Die o.g. Beschreibung gilt analog auch für die Gewerke Kühlung, Trinkwarmwasser, Lüftung und Beleuchtung.

- **Primärenergie**

Der Begriff der Primärenergie erweitert die greifbare Größe der Endenergie aus z.B. Verbrauchsabrechnungen zusätzlich um eine ökologische Komponente. Aus dem Endenergiebedarf wird über einen sog. Primärenergiefaktor ergänzend der Einfluss von Energieaufwendungen bei Produktion, Gewinnung und Transport der Energieträger berücksichtigt. Über den Primärenergiebedarf ist es möglich, Faktoren wie Nachhaltigkeit in der Energiegewinnung und Klimabilanz des verwendeten Energieträgers in die energetische Gebäudebewertung mit einfließen zu lassen. Der Primärenergiebedarf eines Gebäudes dient, neben dem mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten, als Haupt-Bewertungsfaktor in Energieausweisen. Zur Bewertung der gebäudebezogenen Energieeinsparung von Sanierungsmaßnahmen ist diese Größe jedoch weniger geeignet.

- **CO<sub>2</sub>-Emission**

Für die weitere Bewertung ökologischer Aspekte steht die Kenngröße der CO<sub>2</sub>-Emission zur Verfügung. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß wird rechnerisch durch Multiplikation des Endenergieverbrauchs /-bedarfs mit den Emissionsfaktoren der zugehörigen Energieträger ermittelt.

Die CO<sub>2</sub>-Emission ist insbesondere für eine auf den Klimaschutz ausgerichtete Bewertung von Maßnahmen heranzuziehen.

## 2.5 Hinweise / Einschränkungen zur Bearbeitung

Die in dieser Bearbeitung dargestellten Ergebnisse basieren auf den genannten Randbedingungen.

- Die in dieser Bearbeitung dargestellten Ergebnisse basieren auf den in Abs. 2 genannten Grundlagen. Die entsprechenden Bauteilqualitäten wurden gesichtet und bedarfsweise überarbeitet. Für die zugrunde liegenden U-Werte wurde im Wesentlichen eine eigene Ermittlung durchgeführt.
- Die rechnerischen Betrachtungen wurden auf Grundlage der DIN V 18599 durchgeführt. Die tatsächlichen Energieverbräuche sind sowohl nutzerabhängig als auch teils nicht durch die DIN V 18599 abbildbar (z.B. Effektbeleuchtung Bühne, Kühlschränke, Kaffeemaschinen etc.). Daher können sie von den Rechenergebnissen grundsätzlich abweichen. Um einen Abgleich mit der Realsituation zu schaffen, wäre es angenähert möglich, die prozentualen Einsparungen auf die tatsächlichen Verbräuche anzurechnen und so die Kosteneffizienz näher zu beurteilen.
- Sofern sich Eingaben im Rahmen der Bilanzierung nach DIN V 18599 nicht abbilden lassen, werden diese nicht berücksichtigt (z.B. Erneuerung Pumpen). Teilweise ist für die DIN V 18599 nur relevant, ob eine Einrichtung vorhanden ist oder nicht. Eine altersbedingte Erneuerung lässt sich daher teils nicht abbilden.
- Es wird in Abs. 6 eine Aufwand-Nutzen-Rechnung dargestellt, die den wirtschaftlichen Aufwand ins Verhältnis zu der energetischen Einsparung setzt. Dies kann lediglich als grobe Annäherung verstanden werden, da wie o.g. die tatsächlichen Verbräuche von den Rechendaten abweichen können sowie die DIN V 18599 mit bestimmten Rechenrandbedingungen arbeitet, die von dem Realzustand abweichen können. Die entsprechenden Kosten wurden durch *Stadt+Haus Architekten und Ingenieure GmbH & Co.KG* zur Verfügung gestellt.
- Es wurden teilweise mehrere Maßnahmen für die Berechnungen zusammengefasst. Dies hat den Hintergrund, dass einzelne Maßnahmen teils -bezogen auf das Gesamtgebäude- nur eine sehr geringe rechnerische Verbesserung bieten (z.B. Solarthermieanlage, Austausch Außentüren, Austausch Ventilatoren etc.). Insofern wird die Zusammenlegung als sinnvoll erachtet.

### **3. Baurechtliche Anforderungen**

Im Sinne des GEG ist das vorliegende Gebäude wie folgt einzustufen:

„Änderung an Bauteilen in bestehenden Gebäuden“ nach GEG § 48

Es gelten bei Änderung von Bauteilen die maximalen U-Werte aus Anlage 7 Tabelle 1 des GEG, die nicht zu überschreiten sind (bei Nachweisführung im sog. Bauteilverfahren). Bei Nachweisführung in Form einer Bilanzierungsrechnung ist eine Kompensation von Bauteilqualitäten möglich, jedoch gelten in diesem Fall Anforderungswerte für das Gesamtgebäude (inkl. nicht veränderter Bauteile und technischer Ausstattung).

Der §46 des GEG (Aufrechterhaltung der energetischen Qualität) ist ergänzend zu beachten.

**Das vorliegende Dokument ist kein Wärmeschutznachweis nach GEG. Dieser ist separat zu erbringen.**

#### **3.1 Planungshinweise Außenbauteile**

Angesetzte Dämmstoffstärken der Bauteilkonstruktionen gelten für homogene Dämmstoffschichten. Sollten diese innerhalb eines Bauteils variieren (z.B. bei Gefälledämmungen im Dach) ist die Dämmung als mittlere Dämmstoffstärke gemäß der Berechnungsgrundlagen der DIN 6946 zu gewährleisten.

Im Bereich von Schwächungen, z.B. Ablauf, niedrigste Stelle von Flachdächern, etc., ist gemäß Mindestwärmeschutz DIN 4108-2 eine Dämmstoffstärke von mindestens 6 cm WLS 040 vorzusehen.

Durch Dachgeometrie und Gefälleplanung sowie die geforderte mittlere Dämmstoffstärke ergeben sich üblicherweise größere Dämmstoffstärken an den Tiefpunkten. Zur Vermeidung erhöhter Energieverluste im Bereich schwach gedämmter Dachflächen im Bereich von Gefälledämmungen ist eine Mindestdämmstoffstärke von 12 cm WLS 040 zu empfehlen. Nach Erfordernis ist eine detaillierte Abstimmung durchzuführen.

Sofern vorhanden sind vorgehängte Elemente der Fassade, die die Dämmebene durchdringen, mit einer thermischen Trennung zu planen. Es ist zu empfehlen, Halterungen mit einer geringen Wärmeleitfähigkeit zu planen (z.B. Edelstahl statt Aluminium). Für Befestigungselemente muss jedoch grundsätzlich eine detaillierte Abstimmung erfolgen.

Der sommerliche Wärmeschutz ist n.Erf. separat zu prüfen.

Wir empfehlen, Flankendämmungen in einer Stärke von 8 cm und einer Breite von 1 m auszuführen.

Bei sämtlichen Fensterbauteilen wird i.A. eine Überdämmung der Rahmen von  $\geq 3$  cm empfohlen.

## 4. Bestandsbewertung

Die Hamburgische Staatsoper besteht aus mehreren Gebäudeteilen, dem Zuschauerhaus, dem Bühnenhaus und dem Betriebsgebäude, welche alle miteinander baulich verbunden sind. Die Gebäudeteile besitzen unterschiedliche Baujahre. So ist das Bühnenhaus aus dem Jahr 1926 und das Zuschauerhaus von 1956. Das Betriebsgebäude wurde 2004 errichtet. Es gab in der Vergangenheit einige Sanierungen, die bestimmte Bauteile umfassten. Insgesamt ist eine unterschiedliche gebäudeenergetische Qualität gegeben, die weiteres Optimierungspotential besitzt.

### 4.1 Gebäudehülle

Nachfolgend werden die rechnerisch angesetzten Bauteile mit zugehörigen U-Werten [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ] dargestellt:

Kürzel	Bezeichnung	U-Wert $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	R <sub>ges</sub> $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	R <sub>si</sub> $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	R <sub>se</sub> $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$
<b>Außenfenster</b>					
AF01	Außenfenster ZH 2001 (WSchV/eigene Erm.)	1.800	0.556	0.130	0.040
AF02	Außenfenster BTG 2004 (EnEV/eigene Erm.)	1.600	0.625	0.130	0.040
AF03	Außenfenster BH 2006 (EnEV/eigene Erm.)	1.500	0.667	0.130	0.040
AF04	NEU: Außenfenster 2-fach Vorsatz	0.800	1.250	0.130	0.040
AF05	NEU: Außenfenster 3-fach Austausch	0.900	1.111	0.130	0.040
AF06	Glasbausteine bauzeitlich	3.400	0.294	0.130	0.040
<b>Außentür</b>					
AT01	Außentür ZH (Literatur)	2.900	0.345	0.130	0.040
AT02	Außentür BH/BTG (Literatur)	2.900	0.345	0.130	0.040
AT03	Neu: Außentür ZH/BH (eigene Erm.)	1.800	0.556	0.130	0.040
<b>Außenwand</b>					
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
<b>Dach</b>					
DA01	Dach BH 11 cm i.M. (eigene Erm.)	0.330	3.030	0.100	0.040
DA02	Dach BTG 21cm (eigene Erm.)	0.180	5.556	0.100	0.040
DA03	Dach ZH 6 cm i.M. (eigene Erm.)	0.550	1.818	0.100	0.040
DA04	keine Transmission	0.400	2.500	0.100	0.040
DA05	Dach BTG 19 cm i.M. (eigene Erm.)	0.210	4.762	0.100	0.040
DA06	Dach BTG 12,5 cm i.M. (eigene Erm.)	0.310	3.226	0.100	0.040
DA07	Dach BH 8 cm (eigene Erm.)	0.440	2.273	0.100	0.040
DA08	Dach ZH Terrasse 8 cm (eigene Erm.)	0.460	2.174	0.100	0.040
DA09	Dach BH 13 cm i.M. (eigene Erm.)	0.280	3.571	0.100	0.040
DA11	NEU: Dachdämmung nach GEG (eigene Erm.)	0.190	5.263	0.100	0.040
<b>Fußboden</b>					
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

## 4.3 Technische Ausstattung

### Heizungsanlage

- Wärmeerzeugung durch Anschluss an das Hamburger Fernwärmenetz
  - Primärenergiefaktor: 0,33
  - CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor: 64 g/kWh
- 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°/40° 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

Im Wesentlichen wurden Leuchtstoffröhren in allen Bereichen berücksichtigt.

### **Hinweis regenerative Energien:**

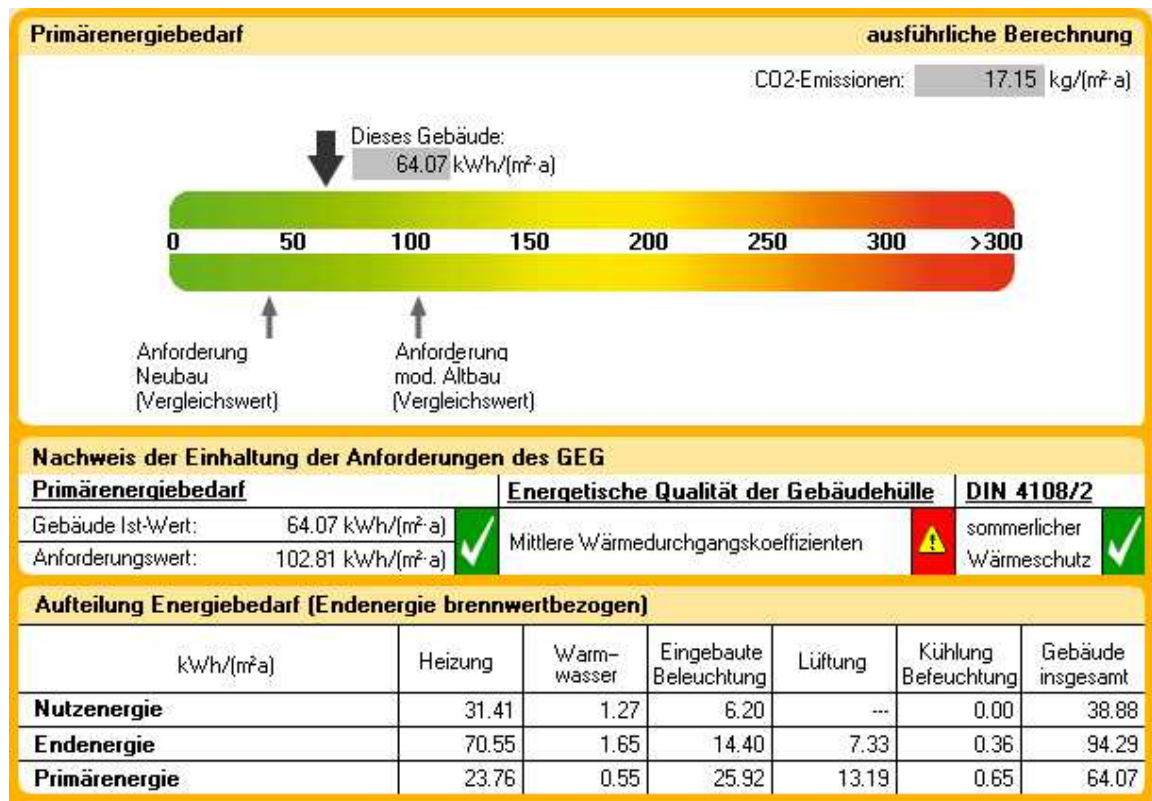
Die Hamburgische Staatsoper (HSO) ist an die Fernwärme angeschlossen, über die bereits heute regenerativ erzeugte Energie für die Heizung genutzt wird. Der aktuell gültige Primärenergiefaktor  $f_p$  nach § 22 Absatz 3 GEG 2020 beträgt 0,33, was einen guten Wert darstellt.

Die CO<sub>2</sub>-Emission  $f_{CO_2,eq}$  nach Anlage 9 Nr. 1c GEG 2020 beträgt aktuell 64 g/kWh. Dieser Wert stellt eine sehr gute Ausgangsbasis der CO<sub>2</sub>-Emission dar. D.h. die Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emission an der Hamburgischen Staatsoper wird maßgeblich von dem Fernwärmeversorgungssystem beeinflusst. Zur weiteren Steigerung der Einbindung regenerativen Energien lassen sich Photovoltaik- sowie Solarthermie-Anlagen nutzen.

## 5. Ergebnisse der energetischen Bilanzierung

### 5.1 Bestand

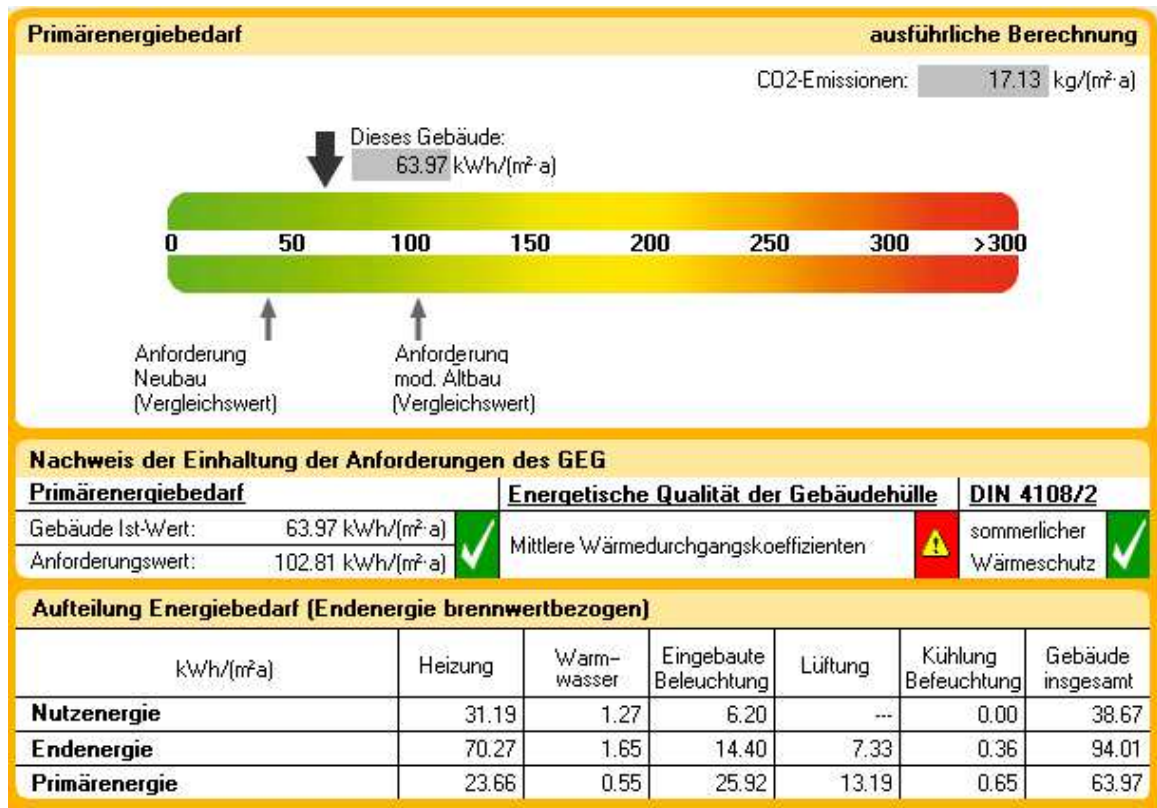
Nachfolgend werden die Ergebnisse der Bestandssituation anhand von Zahlenwerten dargestellt. Auf diese Ergebnisse beziehen sich im späteren Verlauf die Einsparpotentiale der untersuchten Maßnahmen.



Die Grafik zeigt die Ergebnisse der rechnerischen Bilanzierung in Kurzform für den Bestand. Es werden u.a. die Primärenergie, Endenergie sowie CO<sub>2</sub>-Emission dargestellt.

## 5.2 Maßnahme 1

- Dachdämmung Betriebsgebäude



### Bewertung:

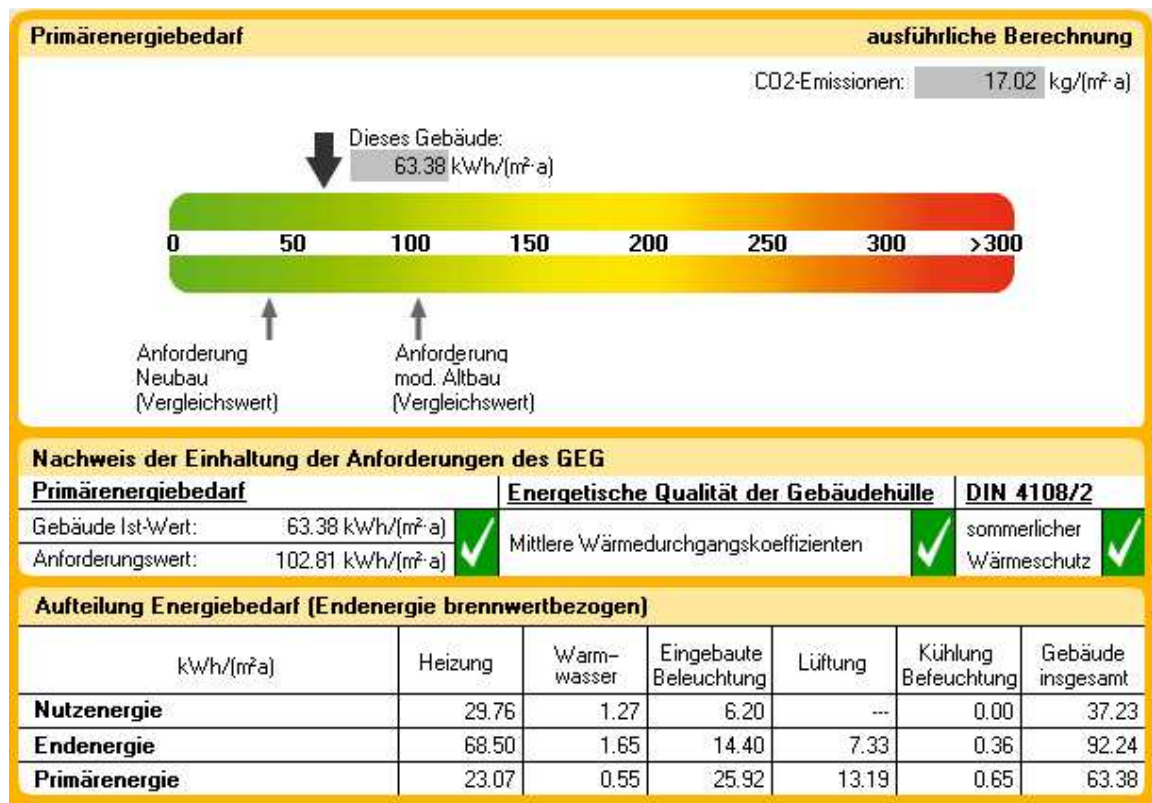
Die Grafik zeigt die Ergebnisse der rechnerischen Bilanzierung in Kurzform für die Maßnahme 1 (Dachdämmung Betriebsgebäude).

Es werden u.a. die Primärenergie, Endenergie sowie CO<sub>2</sub>-Emission dargestellt. Es zeigt sich eine sehr leichte Minderung der entsprechenden Werte zum Bestand. Da die hier stärker gedämmten Dachflächen auch im Bestand schon eine Dämmung besitzen, fällt der energetische Effekt auf das Gesamtgebäude bezogen recht gering aus.

**Endenergie: -0,1 %**

### 5.3 Maßnahme 2

- Dachdämmung Zuschauerhaus / Bühnenhaus



#### Bewertung:

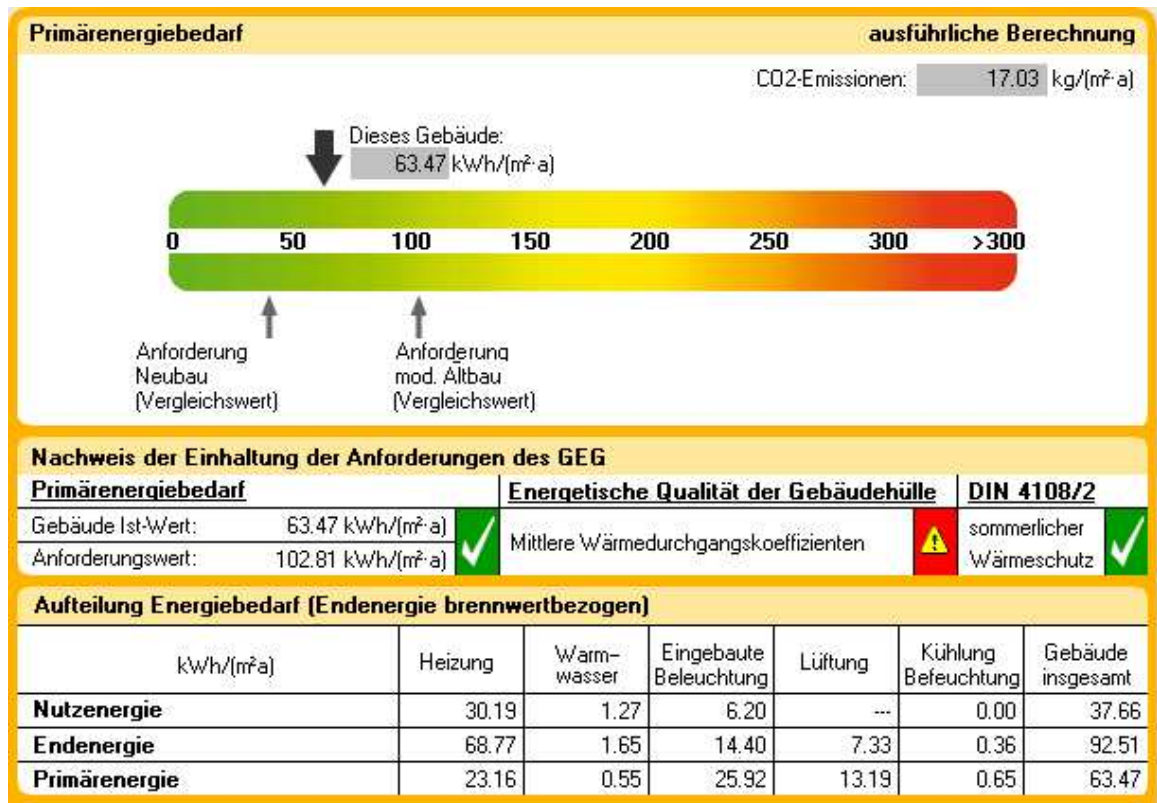
Die Grafik zeigt die Ergebnisse der rechnerischen Bilanzierung in Kurzform für die Maßnahme 2 (Dachdämmung Zuschauerhaus / Bühnenhaus).

Es werden u.a. die Primärenergie, Endenergie sowie CO<sub>2</sub>-Emission dargestellt. Es zeigt sich eine leichte Minderung der entsprechenden Werte zum Bestand. Da die hier gedämmten Dachflächen im Bestand teilweise keine Dämmung oder nur schwache Dämmung besitzen, fällt der energetische Effekt auf das Gesamtgebäude bezogen hier höher aus als bei Maßnahme 1.

**Endenergie: -2,2 %**

## 5.4 Maßnahme 3

- Fensterertüchtigung 2-fach-Verglasung + Austausch Außentüren  
Zuschauerhaus / Bühnenhaus



### Bewertung:

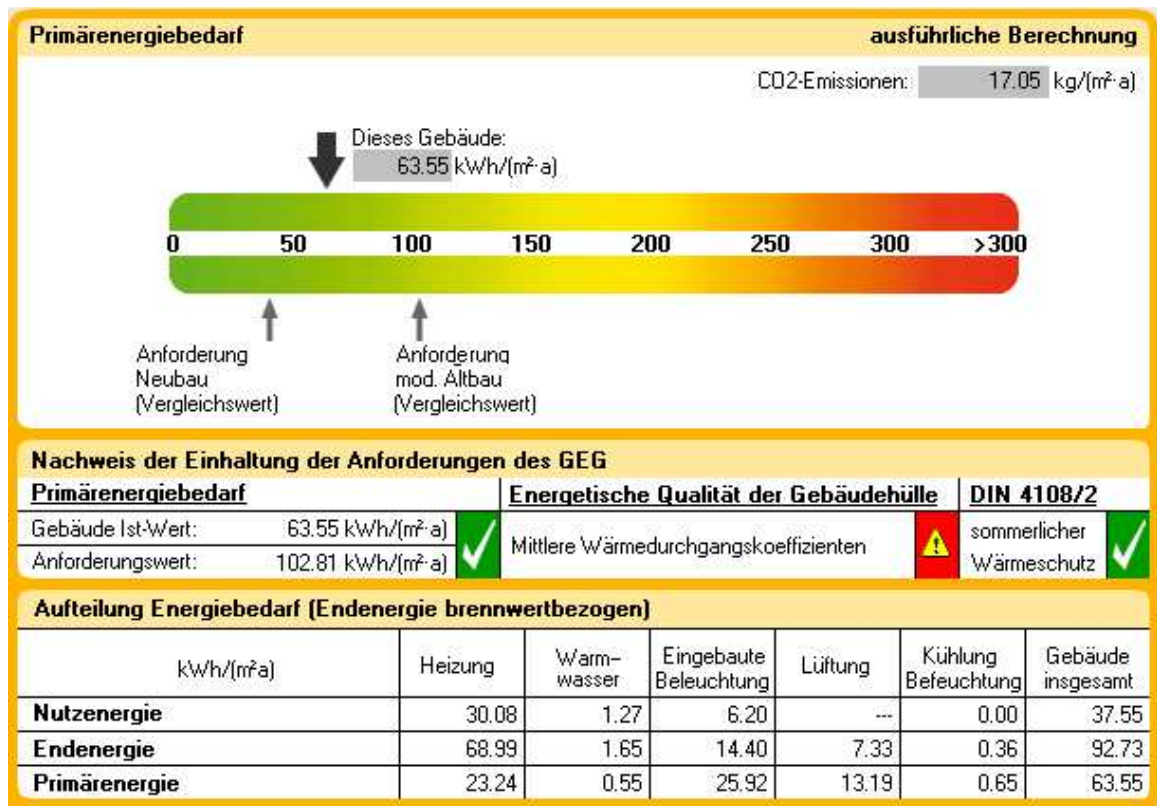
Die Grafik zeigt die Ergebnisse der rechnerischen Bilanzierung in Kurzform für die Maßnahme 3 (Fensterertüchtigung 2-fach-Verglasung + Austausch Außentüren Zuschauerhaus / Bühnenhaus).

Es werden u.a. die Primärenergie, Endenergie sowie CO<sub>2</sub>-Emission dargestellt. Die hier neue 2-fach-Verglasung liegt als Vorsatzkonstruktion vor bestehenden Fenstern zugrunde. Es ist daher ein guter Gesamt-U-Wert von 0,8 W/m<sup>2</sup>K angesetzt worden. Im Ergebnis zeigt sich eine leichte Minderung der entsprechenden Werte zum Bestand.

**Endenergie: -1,9 %**

## 5.5 Maßnahme 4

- Fensterertüchtigung 3-fach-Verglasung Zuschauerhaus



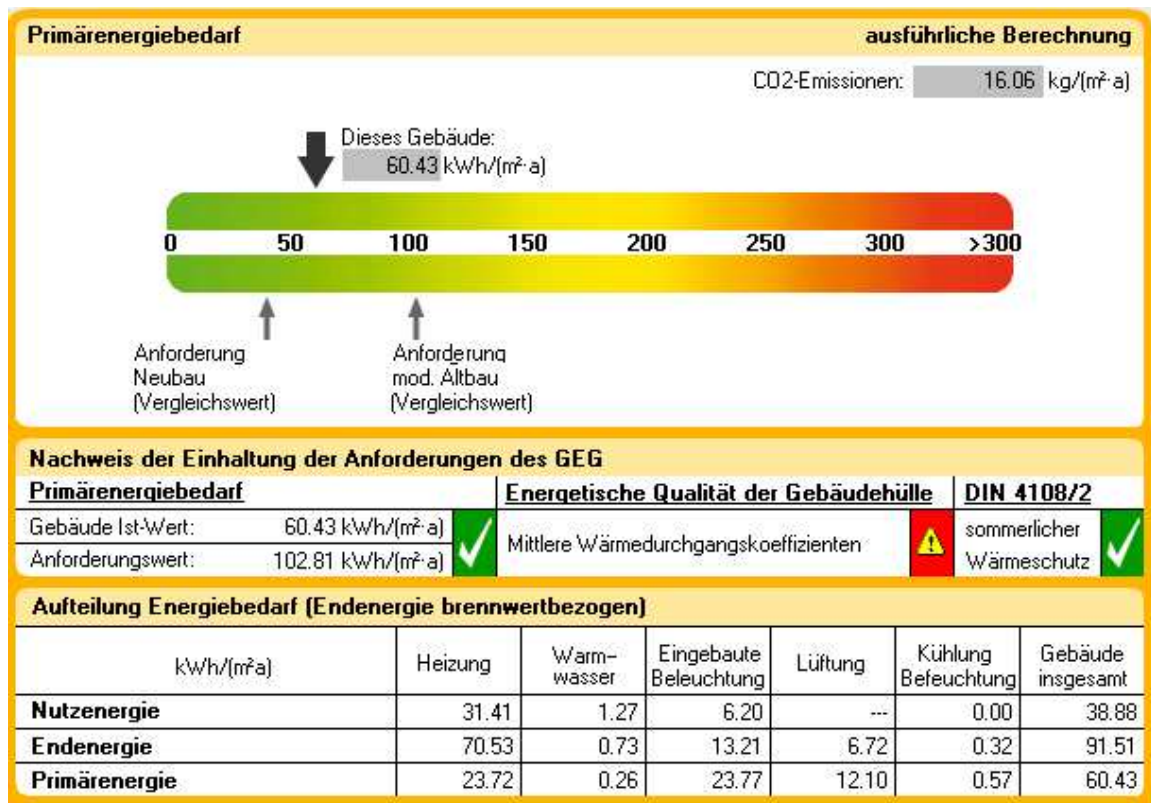
### Bewertung:

Die Grafik zeigt die Ergebnisse der rechnerischen Bilanzierung in Kurzform für die Maßnahme 4 (Fensterertüchtigung 3-fach-Verglasung Zuschauerhaus). Es werden u.a. die Primärenergie, Endenergie sowie CO<sub>2</sub>-Emission dargestellt. Der U-Wert der 3-fach-verglasung wurde mit 0,9 W/m<sup>2</sup>K zugrunde gelegt. Es zeigt sich eine leichte Minderung der entsprechenden Werte zum Bestand.

**Endenergie: -1,7 %**

## 5.6 Maßnahme 5

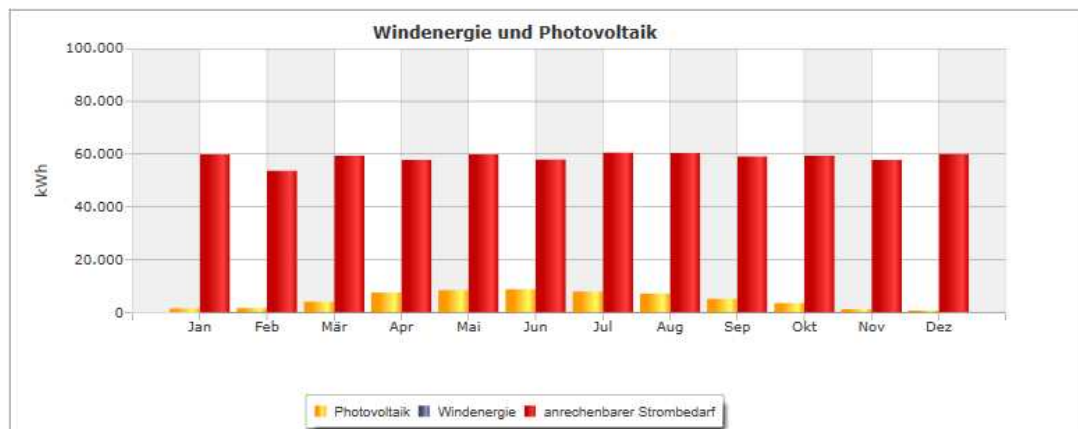
- Installation Photovoltaik-Anlage 212 m<sup>2</sup> + Installation Solarthermie-Anlage 22 m<sup>2</sup> Betriebsgebäude, Photovoltaik-Anlage 212 m<sup>2</sup> Zuschauerhaus



### Bewertung:

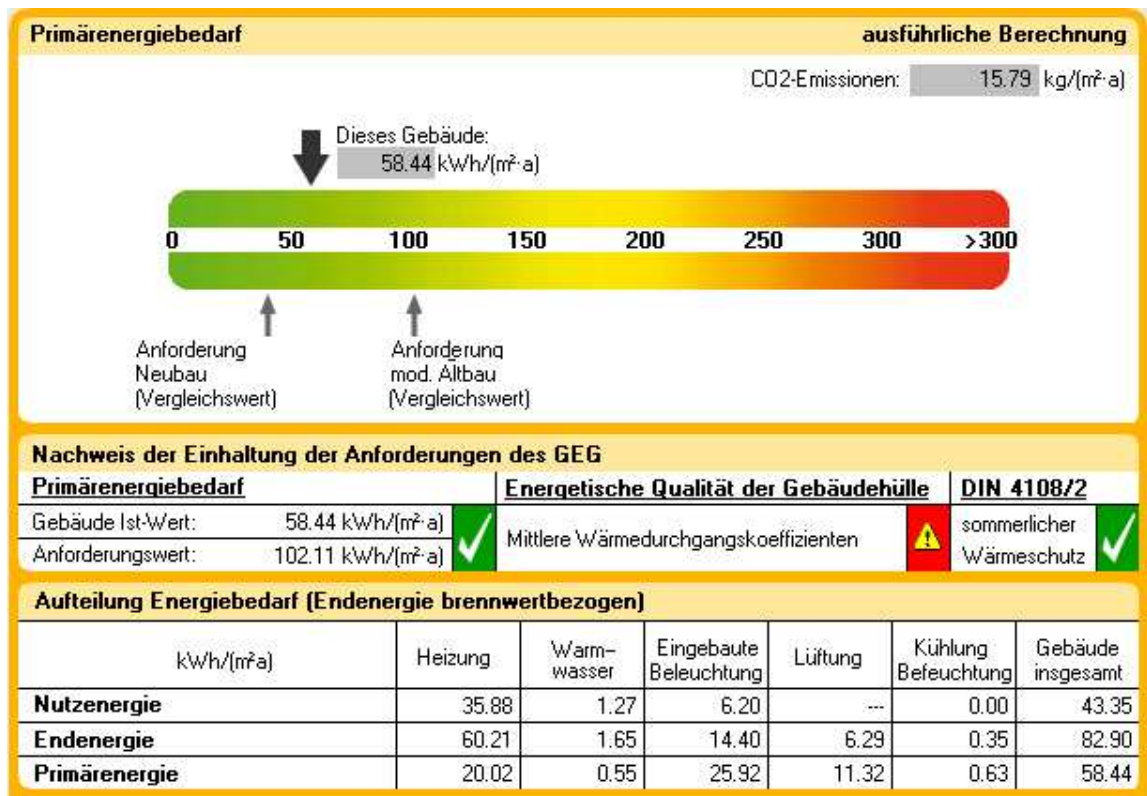
Die Grafik zeigt die Ergebnisse der rechnerischen Bilanzierung in Kurzform für die Maßnahme 5 (Installation Photovoltaik-Anlage 212 m<sup>2</sup> + Installation Solarthermie-Anlage 22 m<sup>2</sup> Betriebsgebäude, Photovoltaik-Anlage 212 m<sup>2</sup> Zuschauerhaus). Es werden u.a. die Primärenergie, Endenergie sowie CO<sub>2</sub>-Emission dargestellt. Es zeigt sich eine leichte Minderung der entsprechenden Werte zum Bestand. In unterer Grafik lässt sich erkennen, dass das Potential eines anrechenbaren Strombedarfs weitaus höher liegt, als mit den veranschlagten PV-Anlagen gewonnen wird.

### Endenergie: -2,9 %



## 5.7 Maßnahme 6

- Optimierung TGA gebäudeübergreifend (Austausch Thermostatventile, Dämmung Rohrleitungen, Sanierung Lüftungs- und Kältetechnik, Erneuerung Pumpen, Ventilatoren, Steuereinrichtungen)



### Bewertung:

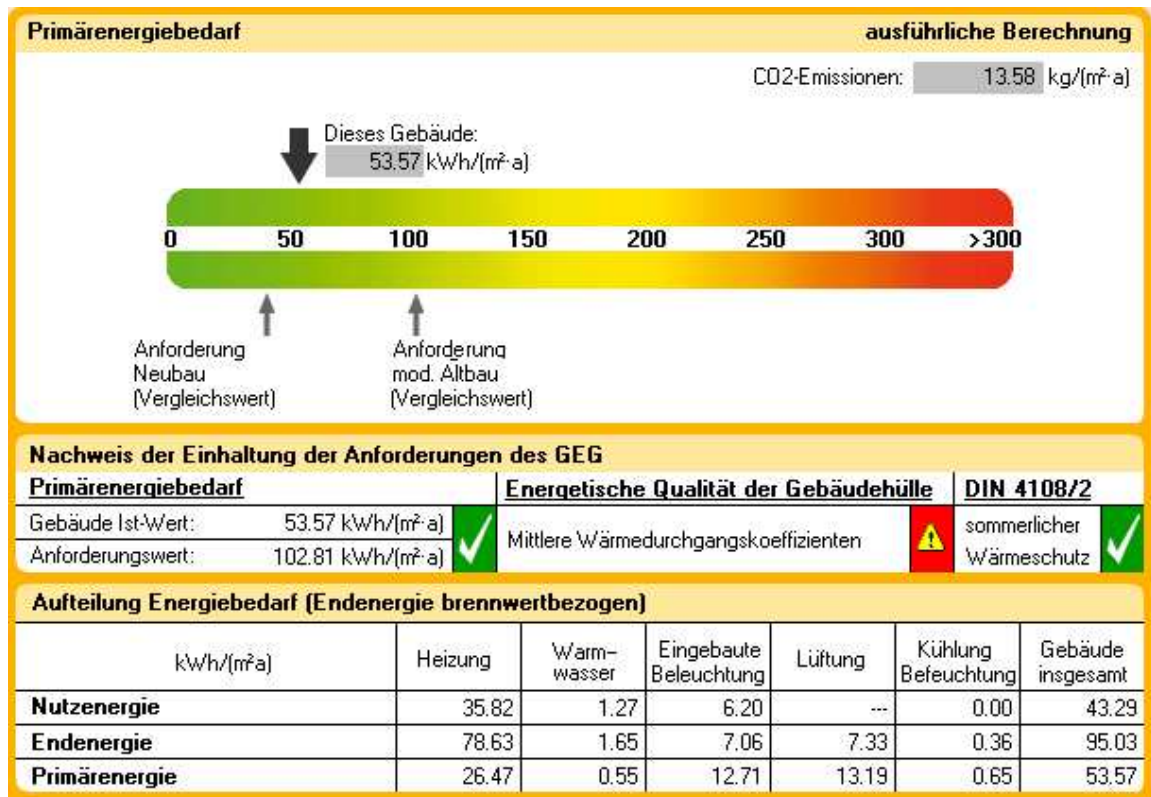
Die Grafik zeigt die Ergebnisse der rechnerischen Bilanzierung in Kurzform für die Maßnahme 6 (Optimierung TGA gebäudeübergreifend).

Es werden u.a. die Primärenergie, Endenergie sowie CO<sub>2</sub>-Emission dargestellt. Es zeigt sich eine deutliche Minderung der entsprechenden Werte zum Bestand. Es ist dabei zu erwähnen, dass die Eingaben und die Randbedingungen nach DIN V 18599 nur eine relativ grobe und pauschale Berechnung erlauben. Nichtsdestotrotz sind die getroffenen Maßnahmen energetisch sinnvoll und empfehlenswert.

**Endenergie: -12,1 %**

## 5.8 Maßnahme 7

- Umstellung Beleuchtung auf LED-Technik Betriebsgebäude + Umstellung Beleuchtung auf LED-Technik Zuschauerhaus / Bühnenhaus



### Bewertung:

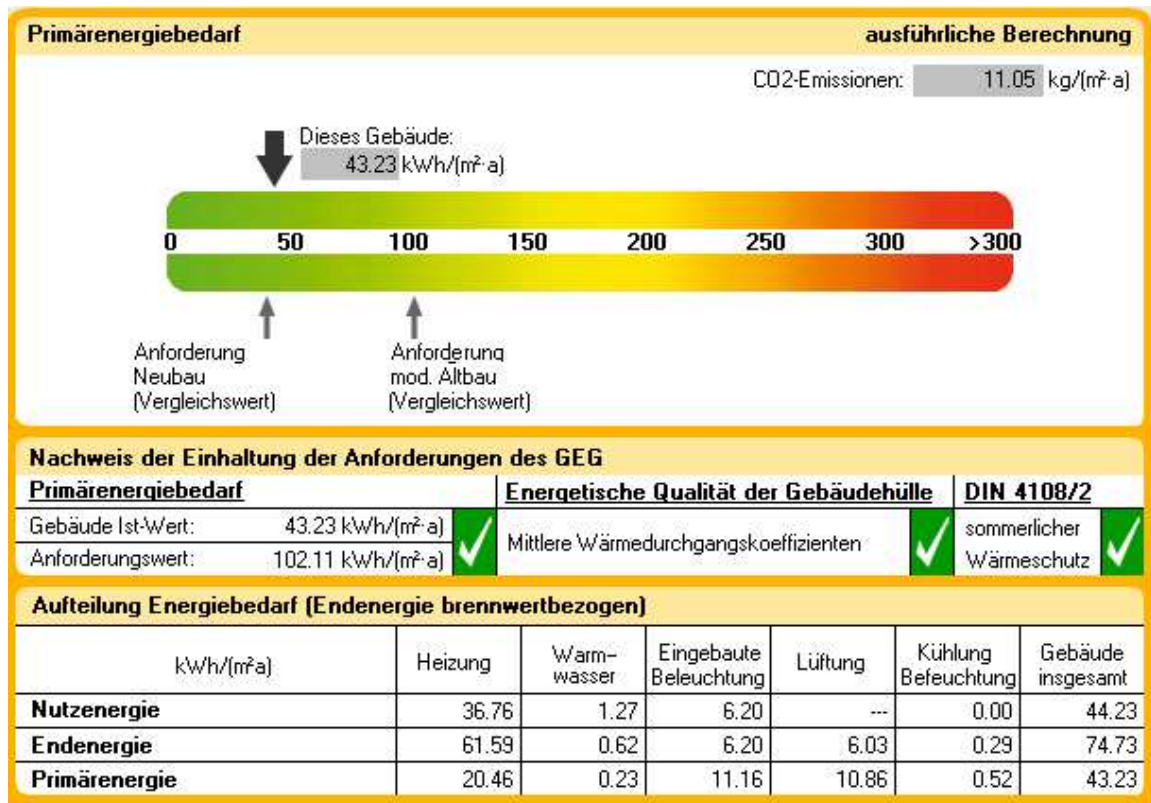
Die Grafik zeigt die Ergebnisse der rechnerischen Bilanzierung in Kurzform für die Maßnahme 7 (Umstellung Beleuchtung auf LED-Technik).

Es werden u.a. die Primärenergie, Endenergie sowie CO<sub>2</sub>-Emission dargestellt. Es zeigt sich generell eine Ergebnisverbesserung. Es ist hierbei jedoch zu differenzieren. Die Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emission lässt sich wirksam reduzieren. Die Endenergie dagegen steigt sogar leicht an. Dies lässt sich damit begründen, dass die zuvor angesetzten Leuchtstofflampen eine deutlich höhere Wärmeentwicklung zulassen, d.h. die Räume „mit beheizen“. Die LED-Technik „heizt“ die Räume nicht mehr mit bzw. nur minimal. So muss für die gleiche Raumkonditionierung nach DIN V 18599 die Heizung stärker in Anspruch genommen werden, was bilanziert zu einer etwas höheren Endenergie führt. Die durch Strom erzeugte Endenergie ist jedoch deutlich geringer als vorher. D.h. es findet eine Art Tausch statt. Da die Fernwärme sehr gute Werte bzgl. Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emission besitzt und Strom dagegen schlechte, werden hierzu entsprechende Einsparungen erzielt. Die Maßnahme ist generell empfehlenswert.

**Endenergie: +0,8 %**

## 5.9 Maßnahme 8

- Maßnahmen gesamt



### Bewertung:

Die Grafik zeigt die Ergebnisse der rechnerischen Bilanzierung in Kurzform für die Maßnahme 8 (Maßnahmen gesamt).

Es werden u.a. die Primärenergie, Endenergie sowie CO<sub>2</sub>-Emission dargestellt. Es zeigt sich eine große Minderung der entsprechenden Werte zum Bestand. Erwartungsgemäß bewirkt die Aufsummierung der einzelnen Maßnahmen den größten energetischen Effekt.

**Endenergie: -20,7 %**

## 5.9 Vergleichende Gegenüberstellung

Im Anhang ist eine grafische Gegenüberstellung gegeben, die die Maßnahmen und deren Auswirkungen übersichtlich darstellt. Es werden hierbei folgende Parameter aufgezeigt:

- Nutzenergie
- Endenergie
- Primärenergie
- CO<sub>2</sub>-Emission

### **Bewertung:**

Nachfolgend sollen die Entwicklungen der Endenergie, Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emissions kurz bewertet werden:

#### Endenergie:

Es werden insgesamt kleine Schritte der Endenergieeinsparung erzielt. Rechnerisch bildet die TGA-Optimierung die größte Einsparmöglichkeit ab (siehe auch Abs.5.7). Die baulichen Maßnahmen ergeben insbesondere aufsummiert ein merkliches Ergebnis. Die PV-Anlagen reduzieren den Endenergieverbrauch, es verbleibt jedoch ein großes weiteres Potential. Die Umstellung auf LED-Beleuchtung bewirkt zunächst einen Anstieg der Endenergie (siehe Abs. 5.8). Die größte Einsparung wird erwartungsgemäß mit der Zusammenfassung aller dargestellten Maßnahmen erreicht (-20,7 %).

#### Primärenergie:

Es werden insgesamt ebenfalls kleine Schritte der Primärenergieeinsparung erzielt. Rechnerisch stellt die Umstellung der Beleuchtung auf LED den deutlich größten Einfluss dar. Die PV-Anlagen sowie die TGA-Optimierung besitzen ebenfalls merklichen Einfluss. Die baulichen Maßnahmen bilden hierbei eher geringe Auswirkungen ab. Die Zusammenfassung aller Maßnahmen erreicht die größte Einsparung (-32,5 %).

#### CO<sub>2</sub>-Emission:

Die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emission ist etwa analog zu der Primärenergie zu sehen. Rechnerisch stellt die Umstellung der Beleuchtung auf LED den deutlich größten Einfluss dar. Die PV-Anlagen sowie die TGA-Optimierung besitzen ebenfalls merklichen Einfluss. Die baulichen Maßnahmen bilden hierbei eher geringe Auswirkungen ab. Die Zusammenfassung aller Maßnahmen erreicht die größte Einsparung (-35,6 %).

## 6. Kosten-Nutzen-Rechnung

Nachfolgend sollen die energetischen Auswirkungen, jeweils bezogen auf die Rechenvariante „Bestand“, ins Verhältnis zu den entsprechenden wirtschaftlichen Aufwendungen gesetzt werden. Die Kosten wurden dem Bericht zur LPH 3 des Büros *Stadt+Haus Architekten und Ingenieure GmbH & Co.KG* entnommen.

### 6.1 Maßnahme 1

<b>Dachdämmung Betriebsgebäude</b>				
Kosten brutto: 1.605.333 €				
	<b>Einsparung [%]</b>	<b>Einsparung [kWh/a]</b>	<b>Kosten pro jährlich gesparter kWh</b>	<b>Kosten pro jährlich gespartem kg CO<sub>2</sub></b>
<b>Endenergie</b>	-0,3 %	-8888,6 kWh / a	180,60 €	-
<b>Primärenergie</b>	-0,1 %	-2988,9 kWh / a	537,1 €	-
<b>CO<sub>2</sub>-Emission</b>	-0,1 %	-3153,2 kg / a	-	509,11 €

### 6.2 Maßnahme 2

<b>Dachdämmung Zuschauerhaus / Bühnenhaus</b>				
Kosten brutto: 6.036.014 €				
	<b>Einsparung [%]</b>	<b>Einsparung [kWh]</b>	<b>Kosten pro jährlich gesparter kWh</b>	<b>Kosten pro jährlich gespartem kg CO<sub>2</sub></b>
<b>Endenergie</b>	-2,2 %	-64.657,5 kWh / a	93,35 €	-
<b>Primärenergie</b>	-1,1 %	-21.708,4 kWh / a	278,05 €	-
<b>CO<sub>2</sub>-Emission</b>	-0,8 %	-6.306,34 kg / a	-	957,13 €

### 6.3 Maßnahme 3

<b>Fensterertüchtigung 2-fach-Verglasung + Austausch Außentüren Zuschauerhaus / Bühnenhaus</b>				
Kosten brutto: 1.370.292 €				
	<b>Einsparung [%]</b>	<b>Einsparung [kWh]</b>	<b>Kosten pro jährlich gesparter kWh</b>	<b>Kosten pro jährlich gespartem kg CO<sub>2</sub></b>
<b>Endenergie</b>	-1,9 %	-56.169,3 kWh / a	24,4 €	-
<b>Primärenergie</b>	-0,9 %	-19.014,8 kWh / a	72,06 €	-
<b>CO<sub>2</sub>-Emission</b>	-0,7 %	-6.306,4 kg / a	-	217,29 €

### 6.4 Maßnahme 4

<b>Fensterertüchtigung 3-fach-Verglasung Zuschauerhaus</b>				
Kosten brutto: 1.133.948 €				
	<b>Einsparung [%]</b>	<b>Einsparung [kWh]</b>	<b>Kosten pro jährlich gesparter kWh</b>	<b>Kosten pro jährlich gespartem kg CO<sub>2</sub></b>
<b>Endenergie</b>	-1,7 %	-49.121,2 kWh / a	28,08 €	-
<b>Primärenergie</b>	-0,8 %	-16.453,7 kWh / a	68,92 €	-
<b>CO<sub>2</sub>-Emission</b>	-0,6 %	-3.153,2 kg / a	-	359,62 €

## 6.5 Maßnahme 5

<b>Installation Photovoltaik-Anlage 212 m² + Installation Solarthermie-Anlage 22 m² Betriebsgebäude, Photovoltaik-Anlage 212 m² Zuschauerhaus</b>				
Kosten brutto: 248.472 €				
	<b>Einsparung [%]</b>	<b>Einsparung [kWh]</b>	<b>Kosten pro jährlich gesparter kWh</b>	<b>Kosten pro jährlich gespartem kg CO<sub>2</sub></b>
<b>Endenergie</b>	-2,9 %	-87.685,2 kWh / a	2,83 €	-
<b>Primärenergie</b>	-5,7 %	-114.694,8 kWh / a	2,17 €	-
<b>CO<sub>2</sub>-Emission</b>	-6,4 %	-34.685,2 kg / a	-	7,16 €

## 6.6 Maßnahme 6

<b>Optimierung TGA gebäudeübergreifend (Austausch Thermostatventile, Dämmung Rohrleitung, Sanierung Lüftungs- und Kältetechnik. Erneuerung Pumpen, Ventilatoren, Steuereinrichtung)</b>				
Kosten brutto: 3.400.080 €				
	<b>Einsparung [%]</b>	<b>Einsparung [kWh]</b>	<b>Kosten pro jährlich gesparter kWh</b>	<b>Kosten pro jährlich gespartem kg CO<sub>2</sub></b>
<b>Endenergie</b>	-12,1 %	-359.118,5 kWh / a	9,47 €	-
<b>Primärenergie</b>	-8,8 %	-177.614 kWh / a	19,14 €	-
<b>CO<sub>2</sub>-Emission</b>	-7,9 %	-44.144,8 kg / a	-	77,02 €

## 6.7 Maßnahme 7

<b>Umstellung Beleuchtung auf LED-Technik Betriebsgebäude + Umstellung Beleuchtung auf LED-Technik Zuschauerhaus / Bühnenhaus</b>				
Kosten brutto: 3.853.250 €				
	<b>Einsparung [%]</b>	<b>Einsparung [kWh]</b>	<b>Kosten pro jährlich gesparter kWh</b>	<b>Kosten pro jährlich gespartem kg CO<sub>2</sub></b>
<b>Endenergie</b>	+0,8 %	+23.355,3 kWh / a	164,98 €	-
<b>Primärenergie</b>	-16,4 %	-330.910,8 kWh / a	11,64 €	-
<b>CO<sub>2</sub>-Emission</b>	-20,8 %	-113.515 kg / a	-	33,94 €

## 6.8 Maßnahme 8

<b>Maßnahmen gesamt</b>				
Kosten brutto: 17.794.824 €				
	<b>Einsparung [%]</b>	<b>Einsparung [kWh]</b>	<b>Kosten pro jährlich gesparter kWh</b>	<b>Kosten pro jährlich gespartem kg CO<sub>2</sub></b>
<b>Endenergie</b>	-20,7 %	-616.649,7 kWh / a	28,86 €	-
<b>Primärenergie</b>	-32,5 %	-656.983 kWh / a	27,09 €	-
<b>CO<sub>2</sub>-Emission</b>	-35,6 %	-195.498 kg / a	-	91,02 €

## **7. Schlussbemerkung**

In der vorliegenden Bearbeitung wurden energetische Bilanzierungsvarianten für die vorgesehenen baulichen und technischen Maßnahmen an der Hamburgischen Staatsoper untersucht. Deren rechnerische Ergebnisse wurden textlich und grafisch dargestellt und bewertet.

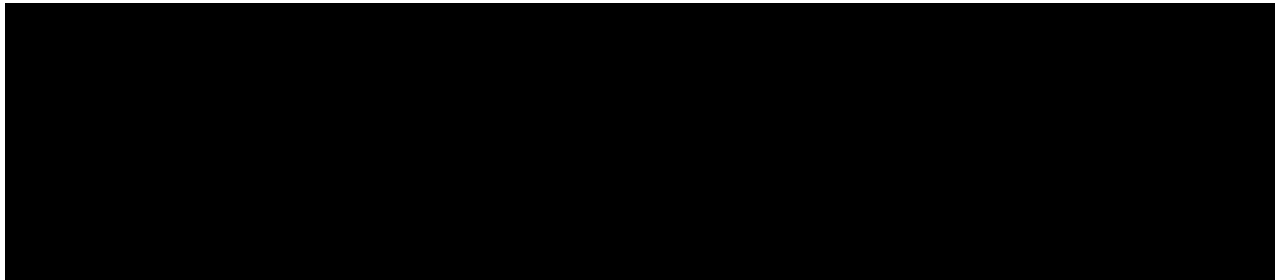
Abschließend wurden die aufzubringenden Kosten für die Maßnahmen ins Verhältnis zu der jeweiligen energetischen Einsparung gesetzt.

Anhand der vorliegenden Bearbeitung soll eine Einsicht in das jeweilige energetische Potential der verschiedenen Maßnahmen sowie eine diesbezügliche Kosten-Nutzen-Analyse ermöglicht werden. Auf dieser Basis lassen sich flankierend zu den weiteren Untersuchungen und Erkenntnissen Entscheidungen bzgl. der energetischen Maßnahmen ableiten.

Die im Rahmen der weiteren Planung durchzuführende Detailbearbeitung kann i.A. zu einer Abweichung der hier dargestellten Werte führen.

Wir hoffen, mit den vorliegenden Angaben gedient zu haben.

Mit freundlichen Grüßen



**Projekt/Variante:** Hamburgische Staatsoper / HSO Staatsoper

Bestand

**Gebäudedaten:**

Zeile	Randbedingungen	Eigenschaft	Einheit
1	Nicht-Wohngebäude, Gebäudeenergiegesetz	Bezugsfläche	31532 m <sup>2</sup>
2	Nachweis für ein Gebäude im Bestand	wärmeübertragende Fläche	21895 m <sup>2</sup>
3	ausführliche Berechnung	Volumen Ve	149698 m <sup>3</sup>
4	Randbedingungen GEG 2023	Verhältnis A/Ve	0.15 1/m
5	Klimaregion 4	Fensterflächenanteil	22.3 %
6	bestehende Gebäude ohne offensichtliche Undichtheiten	Luftwechsel n50	1.65 1/h
7	pauschaler Wärmebrückenzuschlag	Wärmebrückenzuschlag	0.100 W/(m <sup>2</sup> K)

**Anforderung an den Primärenergiebedarf:**

Zeile		Ist-Wert kWh/(m <sup>2</sup> a)	Anforde- rungswert kWh/(m <sup>2</sup> a)	Referenz- gebäude kWh/(m <sup>2</sup> a)	Nachweis
1	Primärenergiebedarf	64.07	102.81	73.44	erfüllt

**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	0.52	0.56	0.85	0.84	nicht erfüllt
2	Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	1.7	2.7	1.6	4.9	erfüllt
3	Vorhangsfassade	---	2.7	---	5.3	---
4	Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	---	4.3	---	5.5	---

**CO<sub>2</sub>-Emission:**

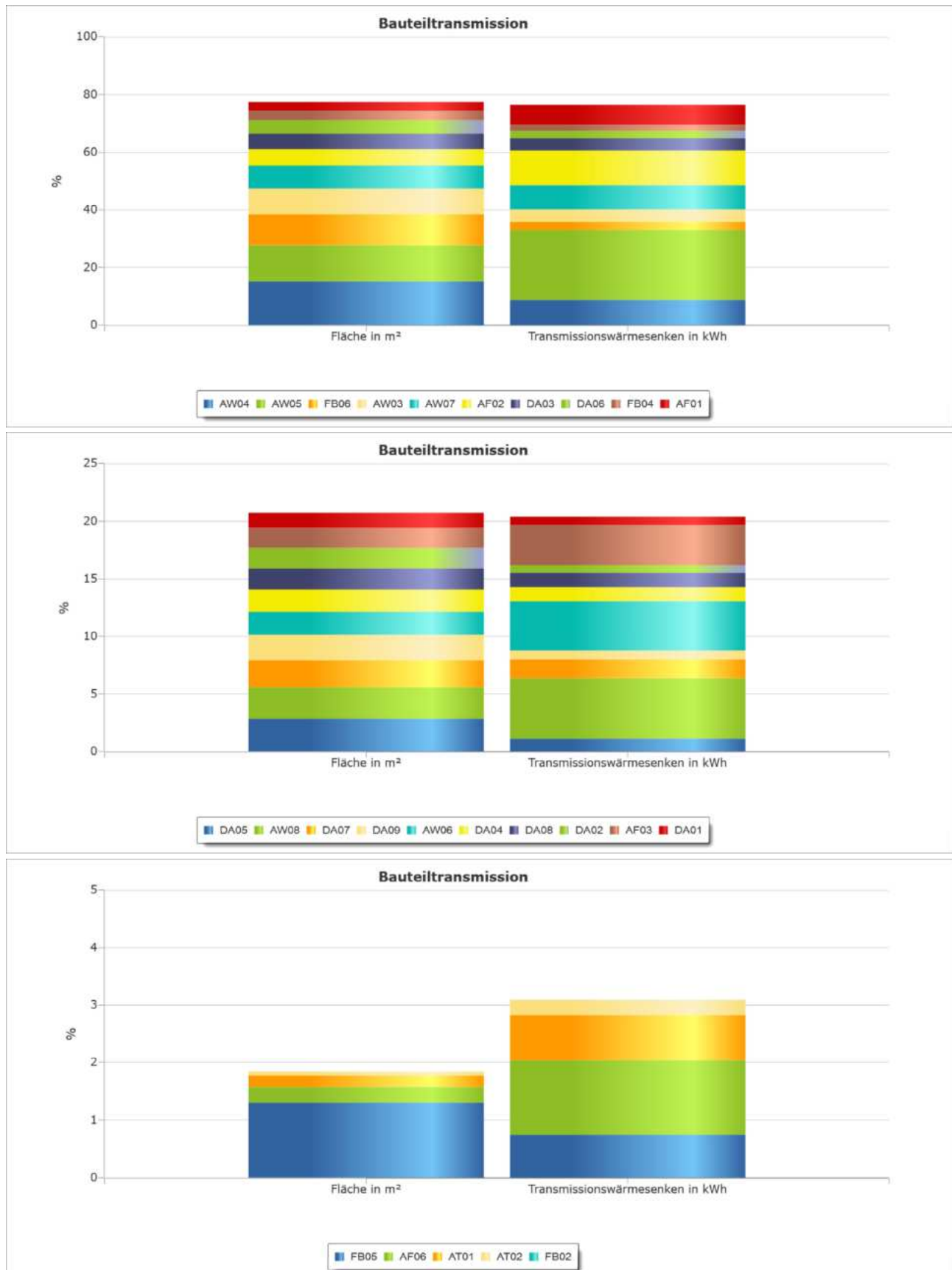
Zeile		CO <sub>2</sub> kg/(m <sup>2</sup> a)
1	CO <sub>2</sub> -Emission des Originalgebäudes	17.15
2	CO <sub>2</sub> -Emission des Referenzgebäudes	19.20

**Projekt:** Hamburgische Staatsoper

**Übersicht Bauteile**

Kürzel	Bezeichnung	U-Wert W/(m²K)	Rges m²K/W	Rsi m²K/W	Rse m²K/W
<b>Außenfenster</b>					
AF01	Außenfenster ZH 2001 (WSchV/eigene Erm.)	1.800	0.556	0.130	0.040
AF02	Außenfenster BTG 2004 (EnEV/eigene Erm.)	1.600	0.625	0.130	0.040
AF03	Außenfenster BH 2006 (EnEV/eigene Erm.)	1.500	0.667	0.130	0.040
AF04	NEU: Außenfenster 2-fach Vorsatz	0.800	1.250	0.130	0.040
AF05	NEU: Außenfenster 3-fach Austausch	0.900	1.111	0.130	0.040
AF06	Glasbausteine bauzeitlich	3.400	0.294	0.130	0.040
<b>Außentür</b>					
AT01	Außentür ZH (Literatur)	2.900	0.345	0.130	0.040
AT02	Außentür BH/BTG (Literatur)	2.900	0.345	0.130	0.040
AT03	Neu: Außentür ZH/BH (eigene Erm.)	1.800	0.556	0.130	0.040
<b>Außenwand</b>					
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
<b>Dach</b>					
DA01	Dach BH 11 cm i.M. (eigene Erm.)	0.330	3.030	0.100	0.040
DA02	Dach BTG 21cm (eigene Erm.)	0.180	5.556	0.100	0.040
DA03	Dach ZH 6 cm i.M. (eigene Erm.)	0.550	1.818	0.100	0.040
DA04	keine Transmission	0.400	2.500	0.100	0.040
DA05	Dach BTG 19 cm i.M. (eigene Erm.)	0.210	4.762	0.100	0.040
DA06	Dach BTG 12,5 cm i.M. (eigene Erm.)	0.310	3.226	0.100	0.040
DA07	Dach BH 8 cm (eigene Erm.)	0.440	2.273	0.100	0.040
DA08	Dach ZH Terrasse 8 cm (eigene Erm.)	0.460	2.174	0.100	0.040
DA09	Dach BH 13 cm i.M. (eigene Erm.)	0.280	3.571	0.100	0.040
DA11	NEU: Dachdämmung nach GEG (eigene Erm.)	0.190	5.263	0.100	0.040
<b>Fußboden</b>					
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

Flächenanteilige Transmission der Bauteile - wärmeübertragende Umfassungsfläche / Gesamtgebäude



Bauteil	U-Wert W/(m²K)	Fläche		Transmission	
		m²	%	kWh	%
AW04 - AW g. Außenluft BTG (eigene Erm.)	0.350	3320.13	15.16	132132.66	8.72
AW05 - AW g. Außenluft BH (Literatur)	1.500	2741.45	12.52	367293.50	24.24
FB06 - FB g. Erdreich BTG (Literatur)	0.600	2339.26	10.68	42559.79	2.81
AW03 - AW g. Außenluft ZH (eigene Erm.)	0.260	2021.11	9.23	65796.99	4.34
AW07 - AW g. Erde BTG (Annahme)	0.700	1729.83	7.90	130271.36	8.60
AF02 - Außenfenster BTG 2004 (EnEV/eigene Erm.)	1.600	1245.99	5.69	181721.92	11.99
DA03 - Dach ZH 6 cm i.M. (eigene Erm.)	0.550	1151.42	5.26	64579.05	4.26
DA06 - Dach BTG 12,5 cm i.M. (eigene Erm.)	0.310	1027.15	4.69	38405.87	2.53
FB04 - FB g. Erdreich ZH (Literatur)	1.600	714.33	3.26	30798.93	2.03
AF01 - Außenfenster ZH 2001 (WSchV/eigene Erm.)	1.800	661.49	3.02	105549.55	6.97
DA05 - Dach BTG 19 cm i.M. (eigene Erm.)	0.210	623.15	2.85	16988.61	1.12
AW08 - AW g. Erde BH (Literatur)	1.500	595.79	2.72	79309.32	5.23
DA07 - Dach BH 8 cm (eigene Erm.)	0.440	513.40	2.34	24404.90	1.61
DA09 - Dach BH 13 cm i.M. (eigene Erm.)	0.280	486.26	2.22	12122.02	0.80
AW06 - AW g. Erde ZH (Literatur)	1.500	447.50	2.04	65447.13	4.32
DA04 - keine Transmission	0.400	420.95	1.92	18551.19	1.22
DA08 - Dach ZH Terrasse 8 cm (eigene Erm.)	0.460	400.80	1.83	19040.83	1.26
DA02 - Dach BTG 21cm (eigene Erm.)	0.180	387.73	1.77	9610.64	0.63
AF03 - Außenfenster BH 2006 (EnEV/eigene Erm.)	1.500	375.11	1.71	52313.72	3.45
DA01 - Dach BH 11 cm i.M. (eigene Erm.)	0.330	289.20	1.32	11413.44	0.75
FB05 - FB g. Erdreich BH (Literatur)	1.600	284.69	1.30	11286.58	0.74
AF06 - Glasbausteine bauzeitlich	3.400	59.58	0.27	19554.99	1.29
AT01 - Außentür ZH (Literatur)	2.900	42.90	0.20	12081.76	0.80
AT02 - Außentür BH/BTG (Literatur)	2.900	14.26	0.07	3934.68	0.26
FB02 - FB g. Innenluft	0.500	1.07	0.00	59.05	0.00
Gesamt:		21894.55	100.00	1515228.50	100.00

**Gesamtgebäude**

<b>Nutzenergie</b>						
	Bestand	1: Dachdämmung B	2: Dachdämmung Z	3: Fenster 2-fach	4: Fenster 3-fach	5: PV-Anlagen
Beleuchtung	6.2 kWh/m²	6.2 kWh/m²	6.2 kWh/m²	6.2 kWh/m²	6.2 kWh/m²	6.2 kWh/m²
Heizung	31.4 kWh/m²	31.2 kWh/m²	29.8 kWh/m²	30.2 kWh/m²	30.1 kWh/m²	31.4 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	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²
Belüftung	---	---	---	---	---	---
Gesamt	38.9 kWh/m²	38.7 kWh/m²	37.2 kWh/m²	37.7 kWh/m²	37.6 kWh/m²	38.9 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	---	-0.7 %	-5.3 %	-3.9 %	-4.2 %	0.0 %
Trinkwarmwasser	---	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Kühlung	---	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Belüftung	---	---	---	---	---	---
Gesamt	---	-0.5 %	-4.2 %	-3.1 %	-3.4 %	0.0 %

<b>Endenergie</b>						
	Bestand	1: Dachdämmung B	2: Dachdämmung Z	3: Fenster 2-fach	4: Fenster 3-fach	5: PV-Anlagen
Beleuchtung	14.4 kWh/m²	14.4 kWh/m²	14.4 kWh/m²	14.4 kWh/m²	14.4 kWh/m²	13.2 kWh/m²
Heizung	70.6 kWh/m²	70.3 kWh/m²	68.5 kWh/m²	68.8 kWh/m²	69.0 kWh/m²	70.5 kWh/m²
Trinkwarmwasser	1.6 kWh/m²	1.6 kWh/m²	1.6 kWh/m²	1.6 kWh/m²	1.6 kWh/m²	0.7 kWh/m²
Kühlung	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.3 kWh/m²
Belüftung	7.3 kWh/m²	7.3 kWh/m²	7.3 kWh/m²	7.3 kWh/m²	7.3 kWh/m²	6.7 kWh/m²
Gesamt	94.3 kWh/m²	94.0 kWh/m²	92.2 kWh/m²	92.5 kWh/m²	92.7 kWh/m²	91.5 kWh/m²
Höhere Endenergie im Vergleich zum Bestand	+100 % +50 % 0 %					
Niedrigere Endenergie im Vergleich zum Bestand	-50 % -100 %					
Beleuchtung	---	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	-8.3 %
Heizung	---	-0.4 %	-2.9 %	-2.5 %	-2.2 %	0.0 %
Trinkwarmwasser	---	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	-55.8 %
Kühlung	---	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	-12.2 %
Belüftung	---	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	-8.3 %
Gesamt	---	-0.3 %	-2.2 %	-1.9 %	-1.7 %	-2.9 %

**Projekt/Variante:** Hamburgische Staatsoper / HSO Staatsoper

**Gesamtgebäude**

Primärenergie						
	Bestand	1: Dachdämmung B	2: Dachdämmung Z	3: Fenster 2-fach	4: Fenster 3-fach	5: PV-Anlagen
Beleuchtung	25.9 kWh/m²	25.9 kWh/m²	25.9 kWh/m²	25.9 kWh/m²	25.9 kWh/m²	23.8 kWh/m²
Heizung	23.8 kWh/m²	23.7 kWh/m²	23.1 kWh/m²	23.2 kWh/m²	23.2 kWh/m²	23.7 kWh/m²
Trinkwarmwasser	0.6 kWh/m²	0.6 kWh/m²	0.6 kWh/m²	0.6 kWh/m²	0.6 kWh/m²	0.3 kWh/m²
Kühlung	0.6 kWh/m²	0.6 kWh/m²	0.6 kWh/m²	0.6 kWh/m²	0.6 kWh/m²	0.6 kWh/m²
Belüftung	13.2 kWh/m²	13.2 kWh/m²	13.2 kWh/m²	13.2 kWh/m²	13.2 kWh/m²	12.1 kWh/m²
Gesamt	64.1 kWh/m²	64.0 kWh/m²	63.4 kWh/m²	63.5 kWh/m²	63.5 kWh/m²	60.4 kWh/m²
Höhere Primärenergie im Vergleich zum Bestand	+100 %  +50 %  0 %					
Niedrigere Primärenergie im Vergleich zum Bestand	-50 %  -100 %					
Beleuchtung	---	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	-8.3 %
Heizung	---	-0.4 %	-2.9 %	-2.5 %	-2.2 %	-0.1 %
Trinkwarmwasser	---	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	-52.4 %
Kühlung	---	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	-12.2 %
Belüftung	---	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	-8.3 %
Gesamt	---	-0.1 %	-1.1 %	-0.9 %	-0.8 %	-5.7 %




CO2-Emission						
	Bestand	1: Dachdämmung B	2: Dachdämmung Z	3: Fenster 2-fach	4: Fenster 3-fach	5: PV-Anlagen
CO2-Emission	17.2 kg/(m²a)	17.1 kg/(m²a)	17.0 kg/(m²a)	17.0 kg/(m²a)	17.1 kg/(m²a)	16.1 kg/(m²a)
Höhere CO2-Emission im Vergleich zum Bestand	+50 %  +25 %  0 %					
Niedrigere CO2-Emission im Vergleich zum Bestand	-25 %  -50 %					
Gesamt	---	-0.1 %	-0.8 %	-0.7 %	-0.6 %	-6.4 %






**Gesamtgebäude**

Endenergie nach Energieträgern						
	Bestand	1: Dachdämmung B	2: Dachdämmung Z	3: Fenster 2-fach	4: Fenster 3-fach	5: PV-Anlagen
Nah-/Fernwärm...	71.9 kWh/m²	71.6 kWh/m²	69.8 kWh/m²	70.1 kWh/m²	70.3 kWh/m²	70.9 kWh/m²
Strom	22.4 kWh/m²	22.4 kWh/m²	22.4 kWh/m²	22.4 kWh/m²	22.4 kWh/m²	20.6 kWh/m²
Solarenergie	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---
Gesamt	94.3 kWh/m²	94.0 kWh/m²	92.2 kWh/m²	92.5 kWh/m²	92.7 kWh/m²	91.5 kWh/m²
Höhere Endenergie im Vergleich zum Bestand	+50 % +25 %					
Niedrigere Endenergie im Vergleich zum Bestand	0 % -25 % -50 %					
Nah-/Fernwärm...	---	-0.4 %	-2.8 %	-2.5 %	-2.2 %	-1.3 %
Strom	---	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	-8.3 %
Solarenergie	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---
Gesamt	---	-0.3 %	-2.2 %	-1.9 %	-1.7 %	-2.9 %

Primärenergie nach Energieträgern						
	Bestand	1: Dachdämmung B	2: Dachdämmung Z	3: Fenster 2-fach	4: Fenster 3-fach	5: PV-Anlagen
Nah-/Fernwärm...	23.7 kWh/m²	23.6 kWh/m²	23.0 kWh/m²	23.1 kWh/m²	23.2 kWh/m²	23.4 kWh/m²
Strom	40.4 kWh/m²	40.3 kWh/m²	40.3 kWh/m²	40.3 kWh/m²	40.3 kWh/m²	37.0 kWh/m²
Solarenergie	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---
Gesamt	64.1 kWh/m²	64.0 kWh/m²	63.4 kWh/m²	63.5 kWh/m²	63.5 kWh/m²	60.4 kWh/m²
Höhere Primärenergie im Vergleich zum Bestand	+50 % +25 %					
Niedrigere Primärenergie im Vergleich zum Bestand	0 % -25 % -50 %					
Nah-/Fernwärm...	---	-0.4 %	-2.8 %	-2.5 %	-2.2 %	-1.3 %
Strom	---	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	-8.3 %
Solarenergie	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---
Gesamt	---	-0.1 %	-1.1 %	-0.9 %	-0.8 %	-5.7 %

## Gesamtgebäude

Nutzenergie				
	Bestand	6: Optimierung TGA	7: Beleuchtung LED	8: Maßnahmen ges
Beleuchtung	6.2 kWh/m²	6.2 kWh/m²	6.2 kWh/m²	6.2 kWh/m²
Heizung	31.4 kWh/m²	35.9 kWh/m²	35.8 kWh/m²	36.8 kWh/m²
Trinkwarmwasser	1.3 kWh/m²	1.3 kWh/m²	1.3 kWh/m²	1.3 kWh/m²
Kühlung	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²
Belüftung	---	---	---	---
Gesamt	38.9 kWh/m²	43.3 kWh/m²	43.3 kWh/m²	44.2 kWh/m²
Höhere Nutzenergie im Vergleich zum Bestand				
Niedrigere Nutzenergie im Vergleich zum Bestand				
Beleuchtung	---	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Heizung	---	+14.2 %	+14.0 %	+17.0 %
Trinkwarmwasser	---	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Kühlung	---	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Belüftung	---	---	---	---
Gesamt	---	+11.5 %	+11.3 %	+13.8 %

Endenergie				
	Bestand	6: Optimierung TGA	7: Beleuchtung LED	8: Maßnahmen ges
Beleuchtung	14.4 kWh/m²	14.4 kWh/m²	7.1 kWh/m²	6.2 kWh/m²
Heizung	70.6 kWh/m²	60.2 kWh/m²	78.6 kWh/m²	61.6 kWh/m²
Trinkwarmwasser	1.6 kWh/m²	1.6 kWh/m²	1.6 kWh/m²	0.6 kWh/m²
Kühlung	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.4 kWh/m²	0.3 kWh/m²
Belüftung	7.3 kWh/m²	6.3 kWh/m²	7.3 kWh/m²	6.0 kWh/m²
Gesamt	94.3 kWh/m²	82.9 kWh/m²	95.0 kWh/m²	74.7 kWh/m²
Höhere Endenergie im Vergleich zum Bestand				
Niedrigere Endenergie im Vergleich zum Bestand				
Beleuchtung	---	0.0 %	-50.9 %	-56.9 %
Heizung	---	-14.7 %	+11.4 %	-12.7 %
Trinkwarmwasser	---	0.0 %	0.0 %	-62.4 %
Kühlung	---	-2.4 %	-0.1 %	-19.4 %
Belüftung	---	-14.2 %	0.0 %	-17.7 %
Gesamt	---	-12.1 %	+0.8 %	-20.7 %

**Gesamtgebäude**

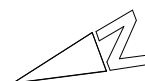
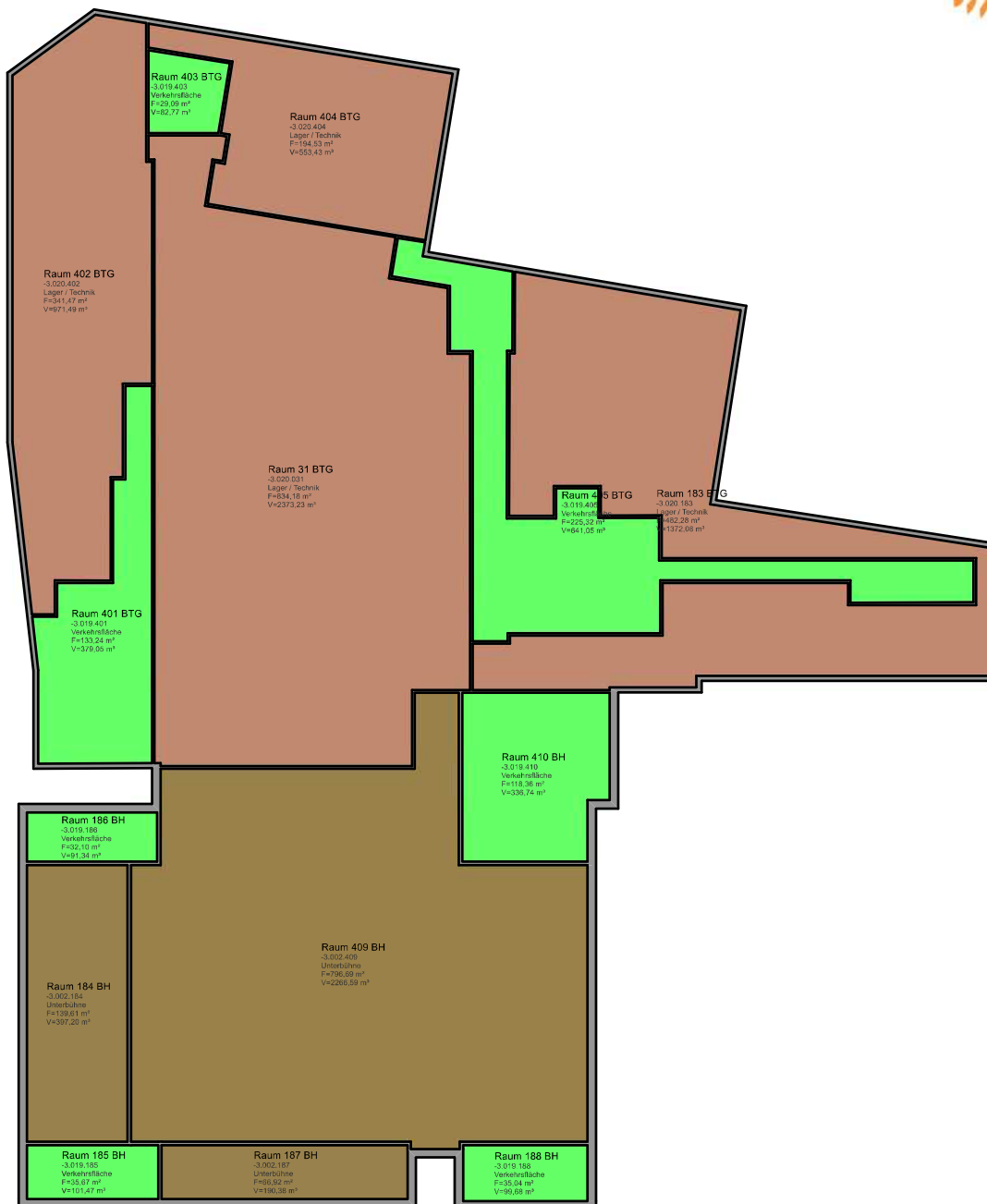
<b>Primärenergie</b>				
	Bestand	6: Optimierung TGA	7: Beleuchtung LED	8: Maßnahmen ges
Beleuchtung	25.9 kWh/m²	25.9 kWh/m²	12.7 kWh/m²	11.2 kWh/m²
Heizung	23.8 kWh/m²	20.0 kWh/m²	26.5 kWh/m²	20.5 kWh/m²
Trinkwarmwasser	0.6 kWh/m²	0.6 kWh/m²	0.6 kWh/m²	0.2 kWh/m²
Kühlung	0.6 kWh/m²	0.6 kWh/m²	0.6 kWh/m²	0.5 kWh/m²
Belüftung	13.2 kWh/m²	11.3 kWh/m²	13.2 kWh/m²	10.9 kWh/m²
Gesamt	64.1 kWh/m²	58.4 kWh/m²	53.6 kWh/m²	43.2 kWh/m²
Höhere Primärenergie im Vergleich zum Bestand				
Niedrigere Primärenergie im Vergleich zum Bestand				
Beleuchtung	---	0.0 %	-50.9 %	-56.9 %
Heizung	---	-15.7 %	+11.4 %	-13.9 %
Trinkwarmwasser	---	0.0 %	0.0 %	-57.7 %
Kühlung	---	-2.4 %	-0.1 %	-19.4 %
Belüftung	---	-14.2 %	0.0 %	-17.7 %
Gesamt	---	-8.8 %	-16.4 %	-32.5 %

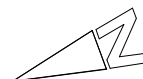
<b>CO2-Emission</b>				
	Bestand	6: Optimierung TGA	7: Beleuchtung LED	8: Maßnahmen ges
CO2-Emission	17.2 kg/(m²a)	15.8 kg/(m²a)	13.6 kg/(m²a)	11.0 kg/(m²a)
Höhere CO2-Emission im Vergleich zum Bestand				
Niedrigere CO2-Emission im Vergleich zum Bestand				
Gesamt	---	-7.9 %	-20.8 %	-35.6 %

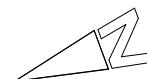
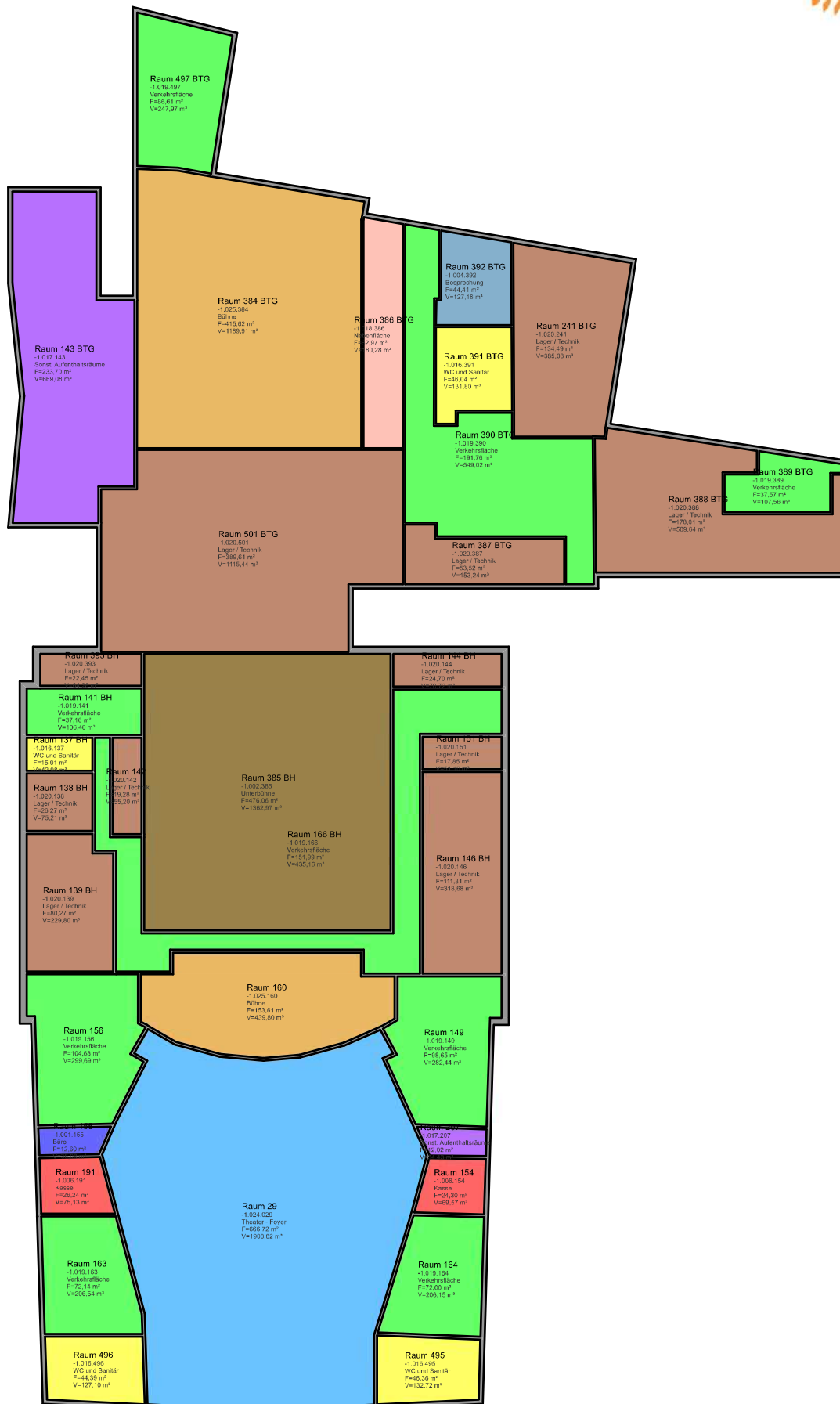
**Gesamtgebäude**

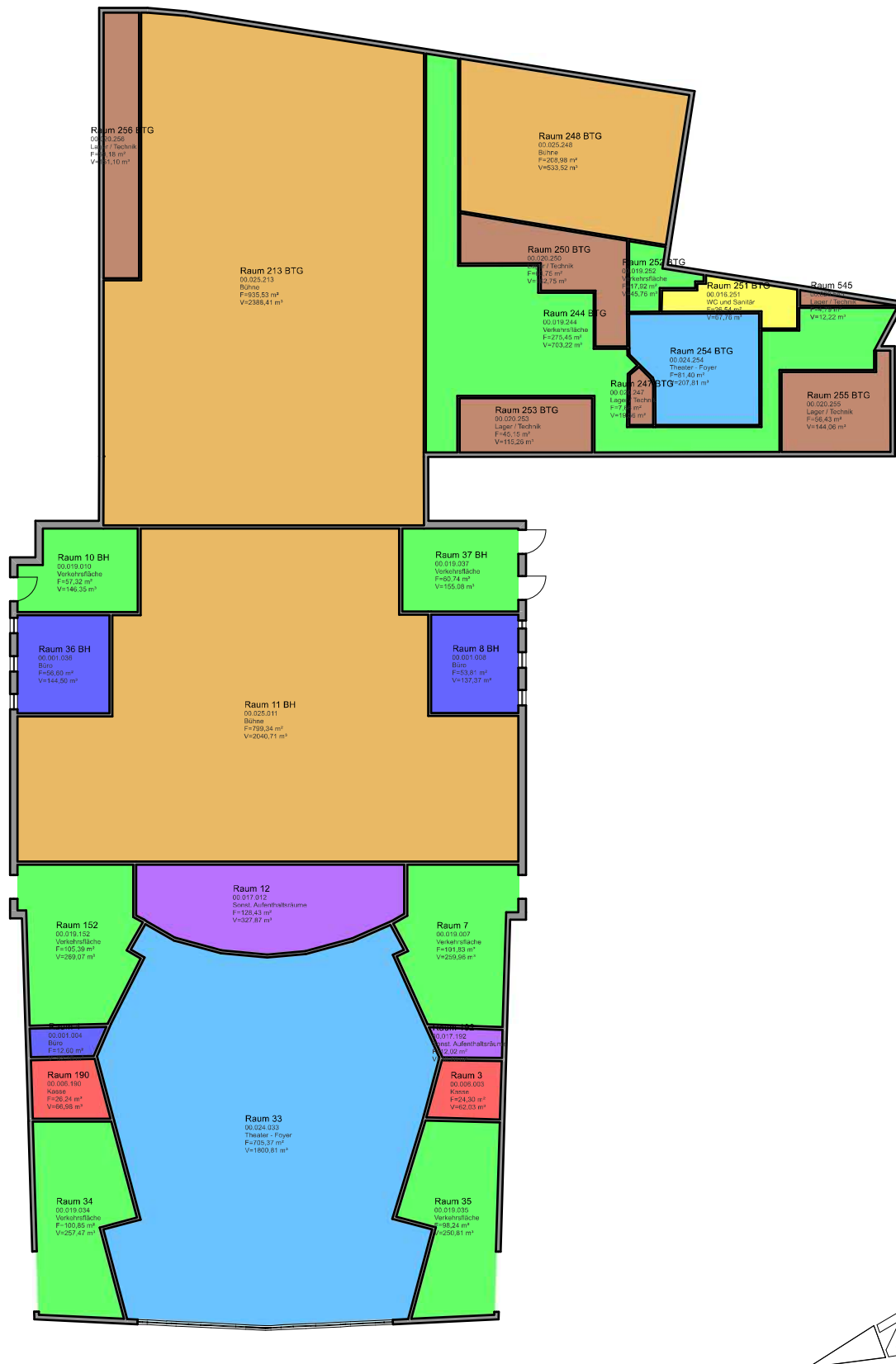
Endenergie nach Energieträgern				
	Bestand	6: Optimierung TGA	7: Beleuchtung LED	8: Maßnahmen ges
Nah-/Fernwärm...	71.9 kWh/m²	61.8 kWh/m²	79.9 kWh/m²	62.1 kWh/m²
Strom	22.4 kWh/m²	21.1 kWh/m²	15.1 kWh/m²	12.6 kWh/m²
Solarenergie	---	---	---	---
	---	---	---	---
	---	---	---	---
<b>Gesamt</b>	<b>94.3 kWh/m²</b>	<b>82.9 kWh/m²</b>	<b>95.0 kWh/m²</b>	<b>74.7 kWh/m²</b>
Höhere Endenergie im Vergleich zum Bestand				
Niedrigere Endenergie im Vergleich zum Bestand				
Nah-/Fernwärm...	---	-14.1 %	+11.2 %	-13.6 %
Strom	---	-5.7 %	-32.6 %	-43.6 %
Solarenergie	---	---	---	---
	---	---	---	---
	---	---	---	---
<b>Gesamt</b>	<b>---</b>	<b>-12.1 %</b>	<b>+0.8 %</b>	<b>-20.7 %</b>

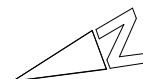
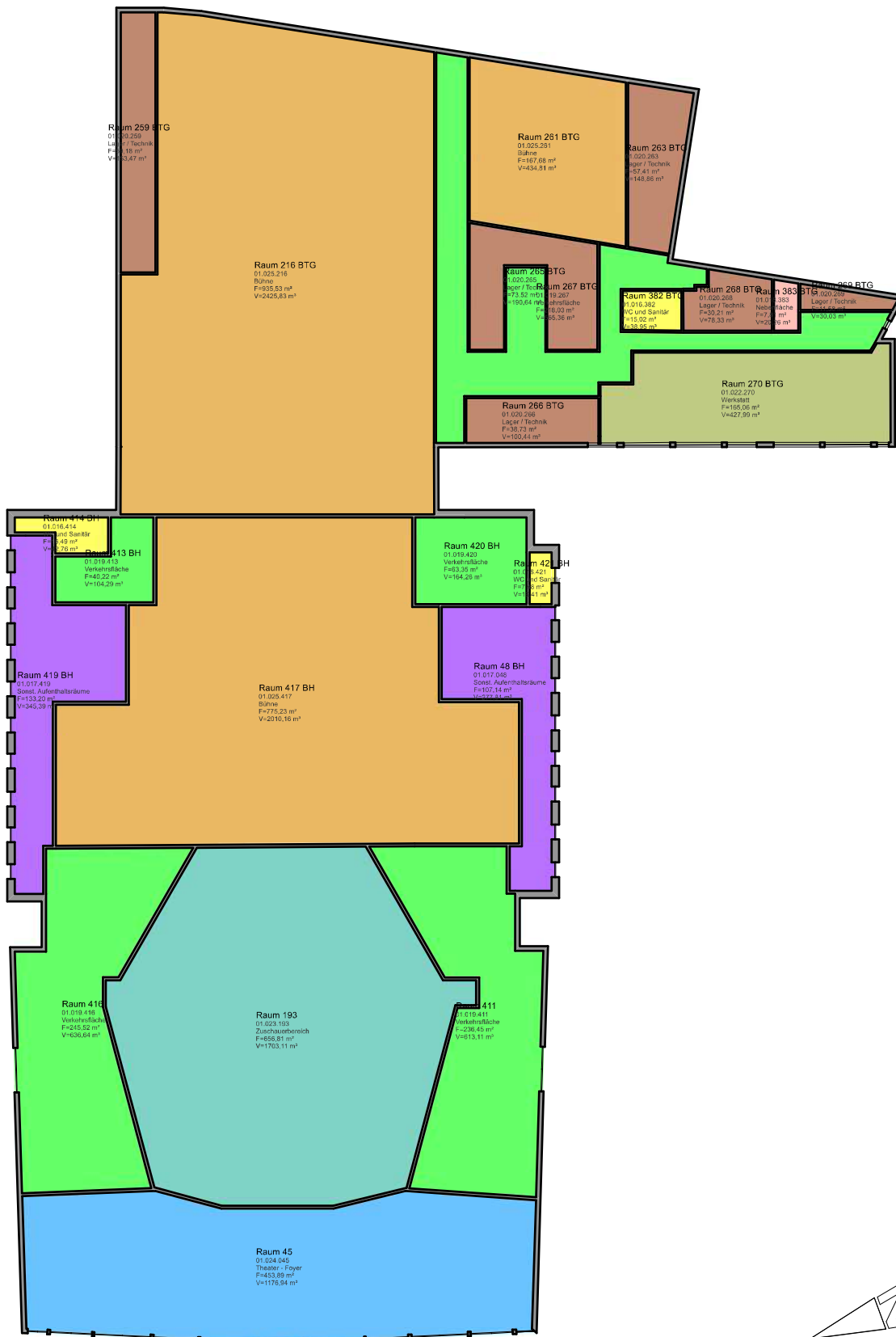
Primärenergie nach Energieträgern				
	Bestand	6: Optimierung TGA	7: Beleuchtung LED	8: Maßnahmen ges
Nah-/Fernwärm...	23.7 kWh/m²	20.4 kWh/m²	26.4 kWh/m²	20.5 kWh/m²
Strom	40.4 kWh/m²	38.1 kWh/m²	27.2 kWh/m²	22.7 kWh/m²
Solarenergie	---	---	---	---
	---	---	---	---
	---	---	---	---
<b>Gesamt</b>	<b>64.1 kWh/m²</b>	<b>58.4 kWh/m²</b>	<b>53.6 kWh/m²</b>	<b>43.2 kWh/m²</b>
Höhere Primärenergie im Vergleich zum Bestand				
Niedrigere Primärenergie im Vergleich zum Bestand				
Nah-/Fernwärm...	---	-14.1 %	+11.2 %	-13.6 %
Strom	---	-5.7 %	-32.6 %	-43.6 %
Solarenergie	---	---	---	---
	---	---	---	---
	---	---	---	---
<b>Gesamt</b>	<b>---</b>	<b>-8.8 %</b>	<b>-16.4 %</b>	<b>-32.5 %</b>

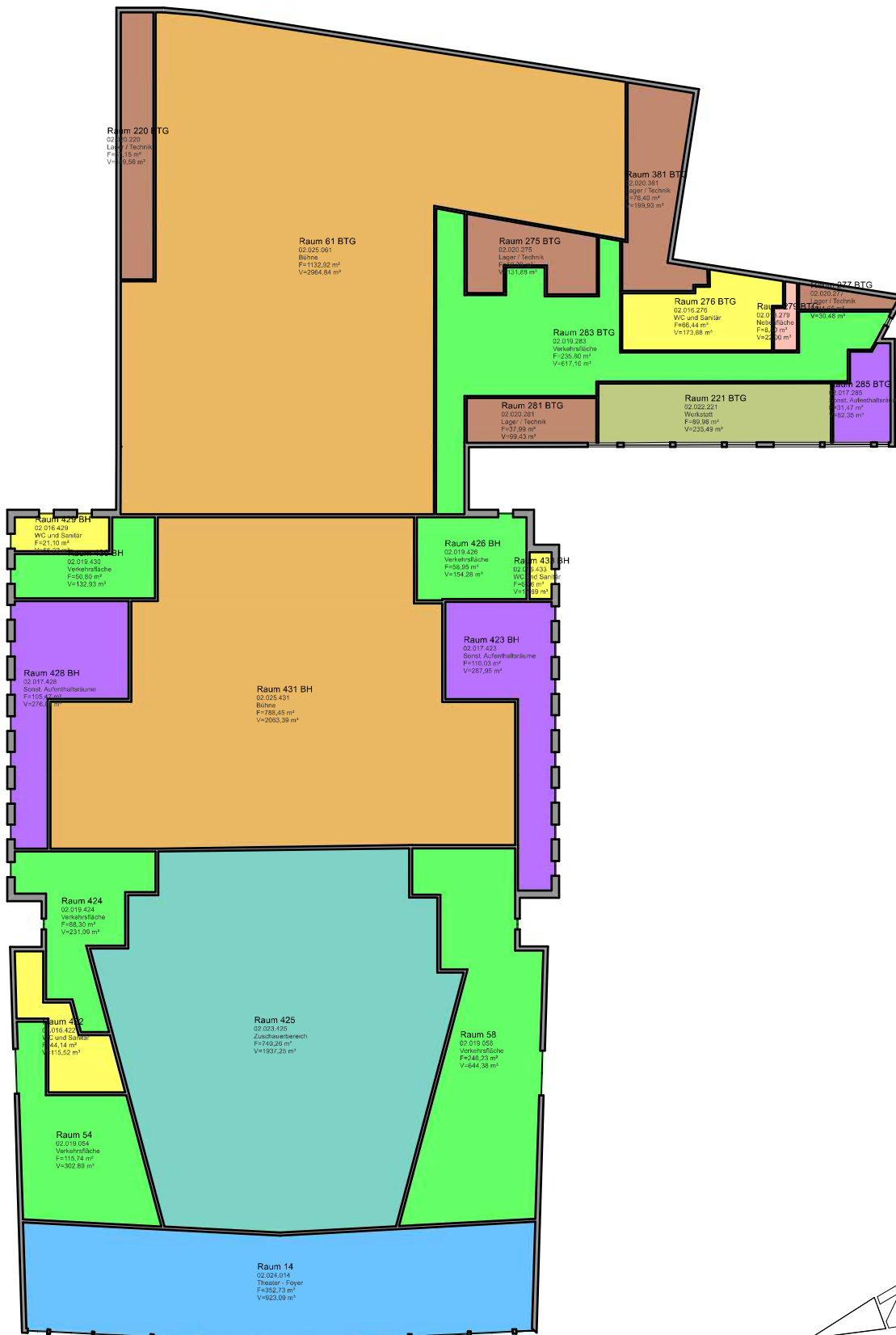


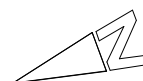
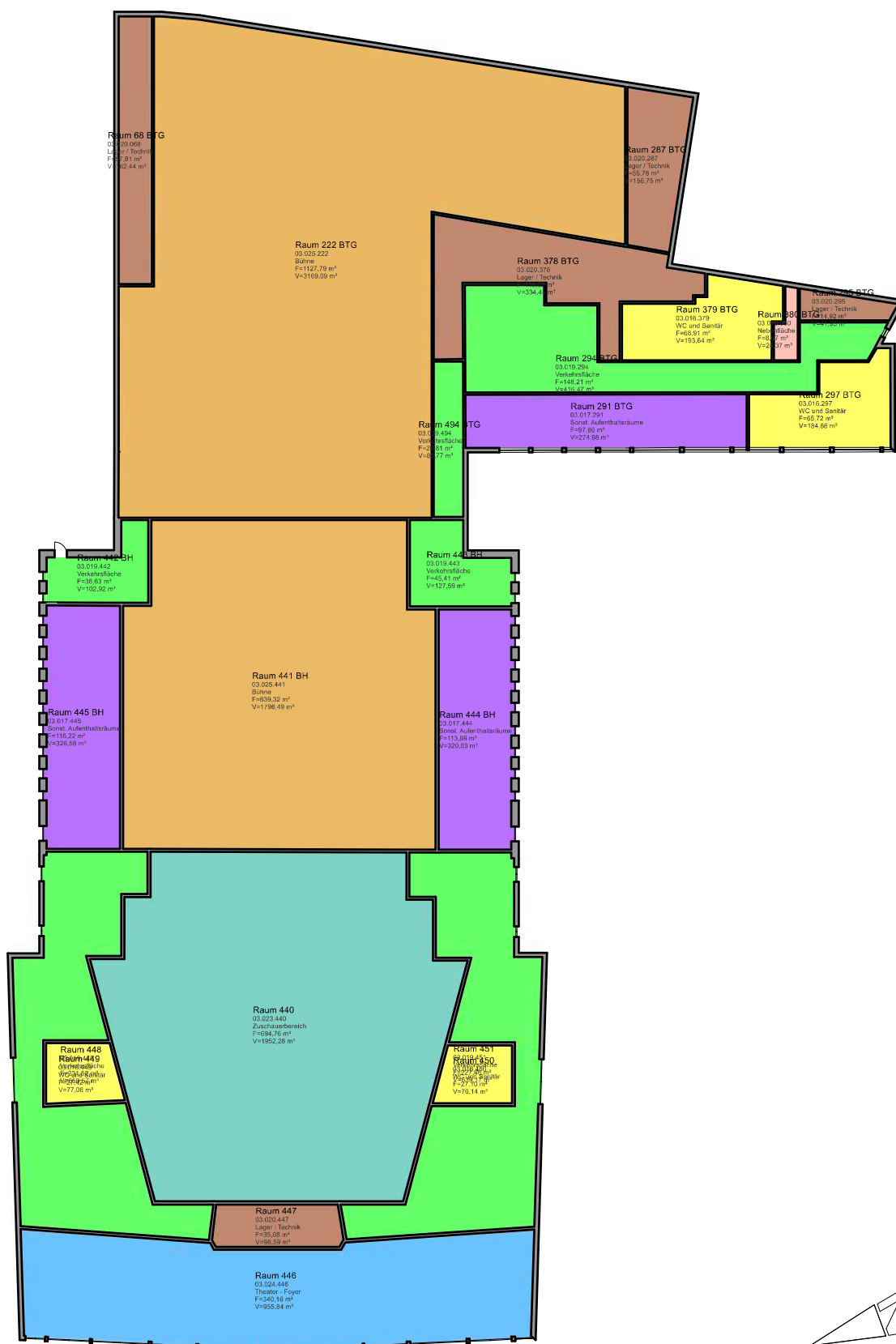


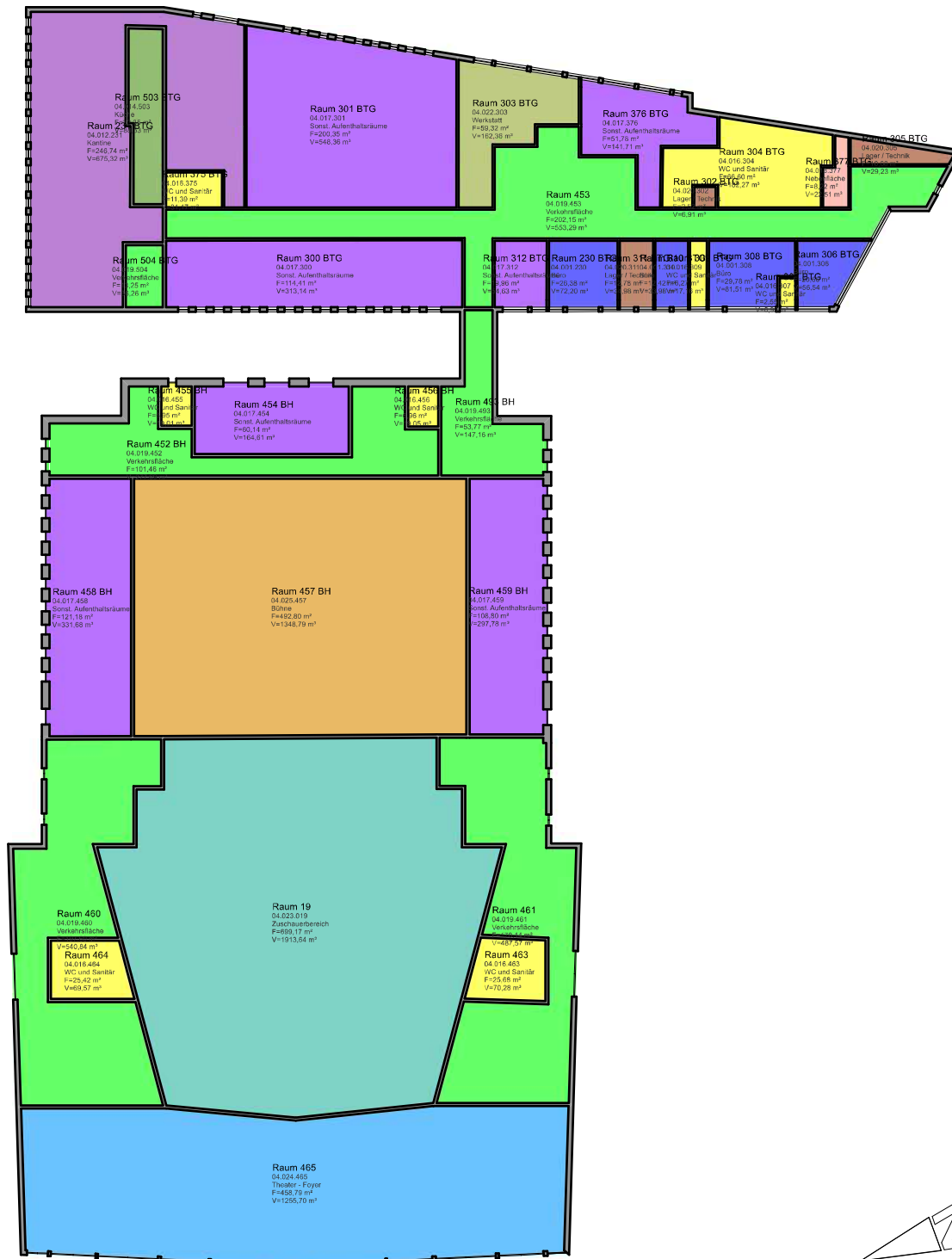


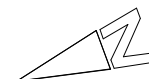
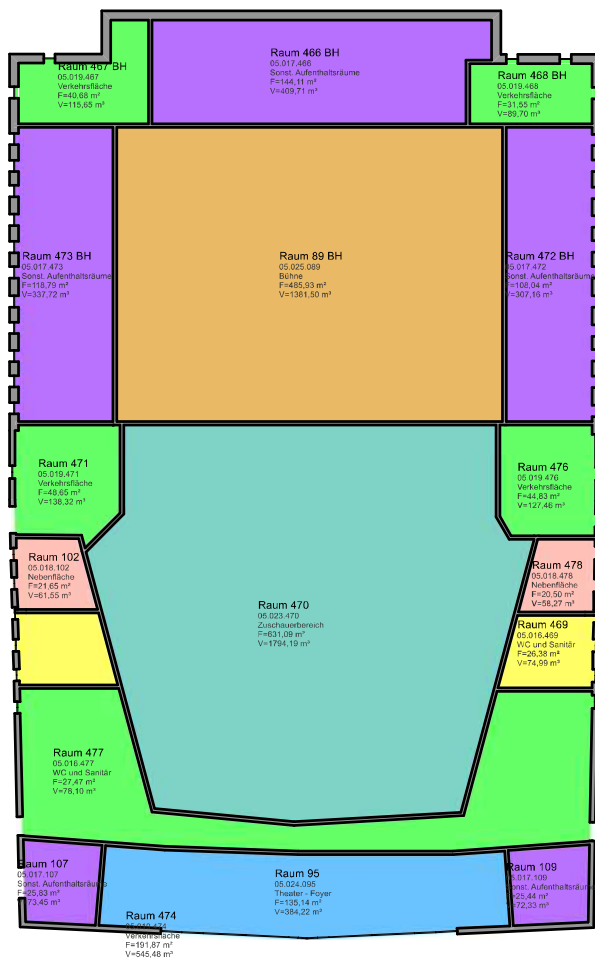


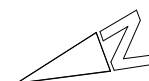
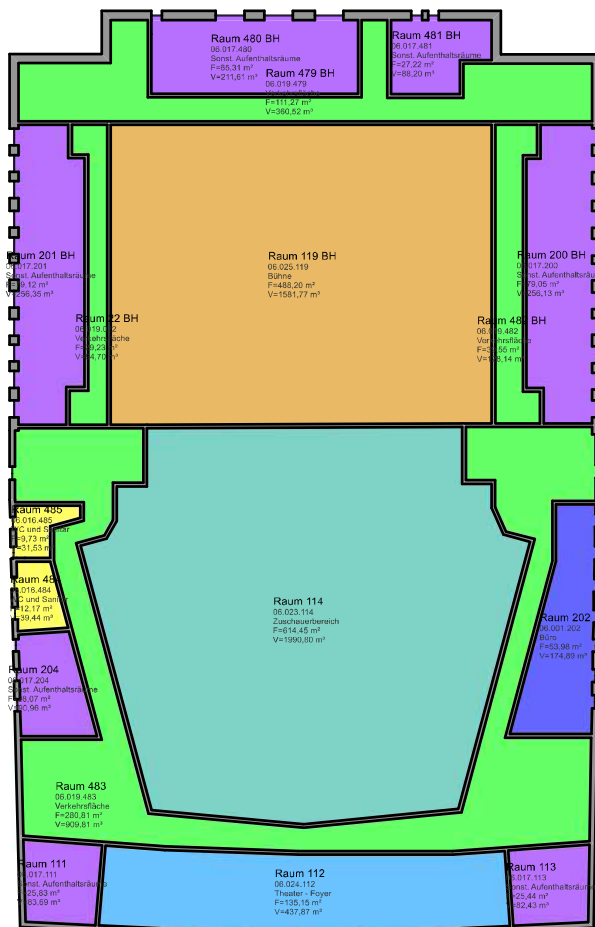
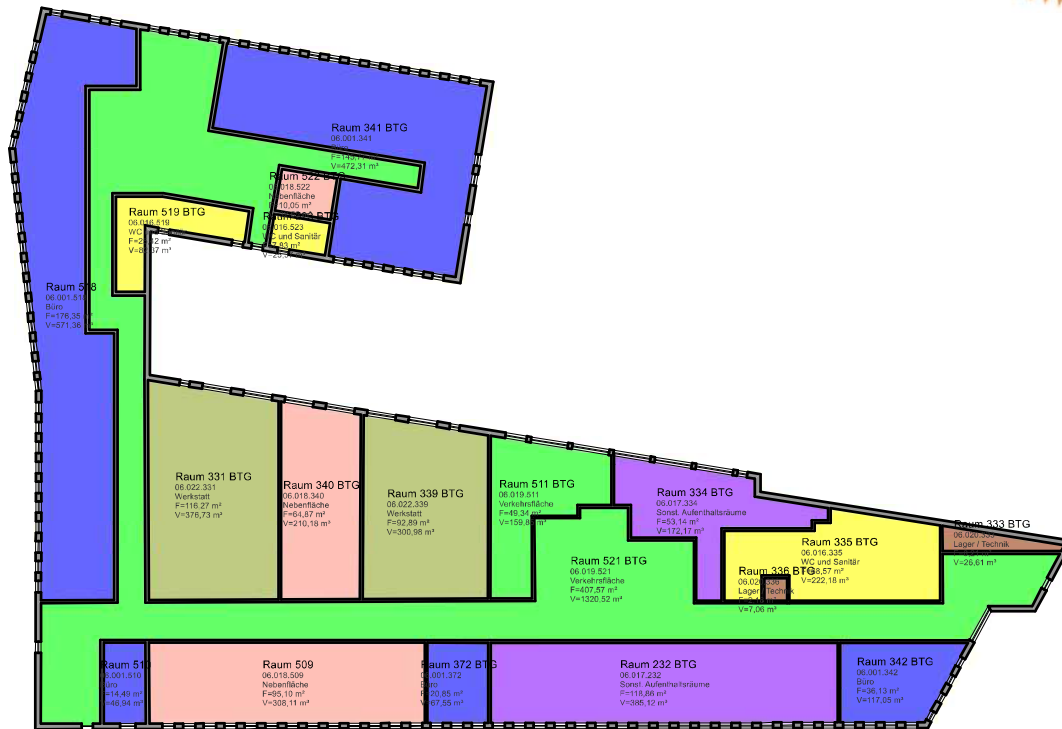


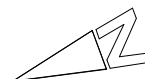
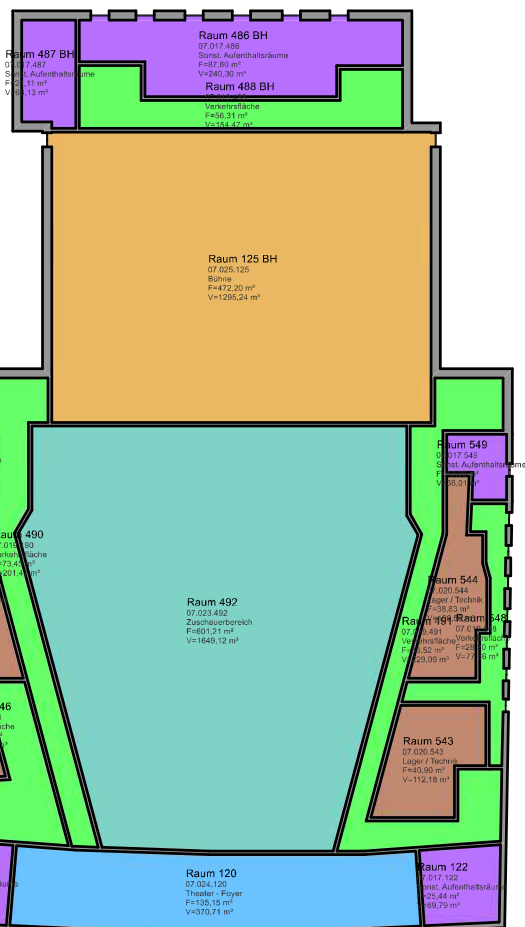


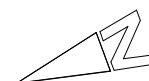
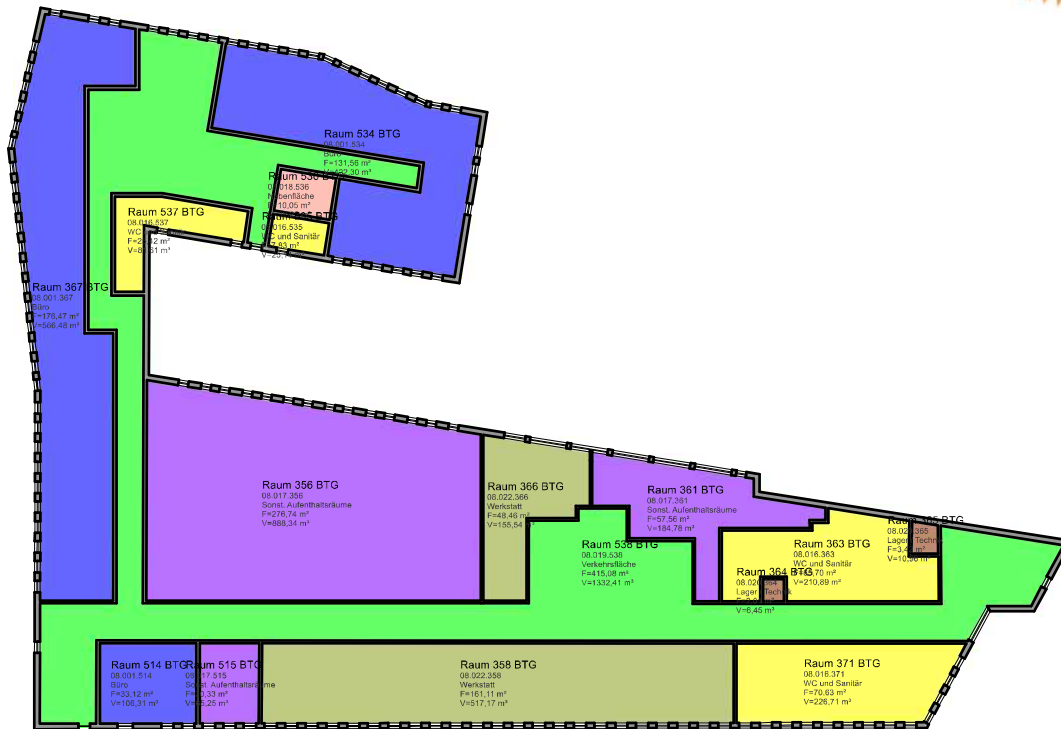


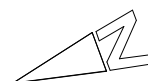
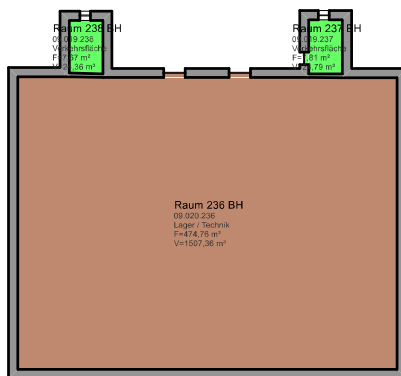
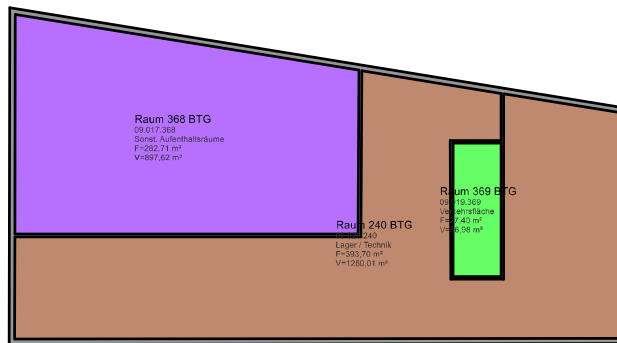


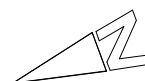
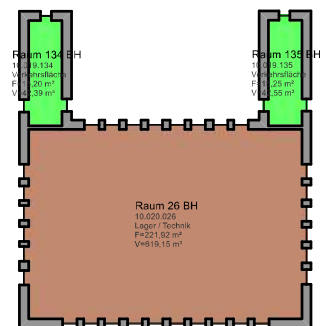


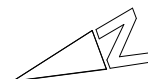
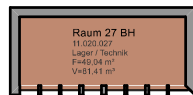












## **Bescheinigung**

**über die energetische Bewertung nach AGFW FW 309 Teile 1 und 7 (2021)  
für das Fernwärmeversorgungssystem:  
"Stadtnetz Hamburg" in der Hansestadt Hamburg**

Der Gutachter bescheinigt im Auftrag des Betreibers,  
der Hamburger Energiewerke GmbH,  
für das Fernwärmeversorgungssystem "Stadtnetz Hamburg" folgende Kennzahlen:

$f_p$  nach § 22 Absatz 2, GEG 2020  
(berechnet nach FW 309-1:2021)

0,33

nach GEG zu verwenden

$f_p$  nach § 22 Absatz 3, GEG 2020  
(nach Kappung und EE-Bonus)

0,33

$f_{CO_2eq.}$  nach Anlage 9 Nr. 1c, GEG 2020  
(berechnet nach FW 309-1:2021)

64 g/kWh

erstmals ausgestellt am  
neu ausgestellt am  
auf der Datenbasis von

:  
:  
:

08.04.2020  
12.01.2022  
Aktualisierten Planungsdaten

**gültig bis**

:

**07.04.2027**

Leipzig, den 12.01.2022

