

Opernhaus, Theater Dortmund

Bericht Fassadenplanung – Entwurfsplanung LS 1.2 Fassadensanierung Opernfoyer



Abbildung 1-1: Bildquelle Ruhr Tourismus GmbH/OLFF APPOLD

Firma: Werner Sobek AG

Erstellt von: M.Sc. Carmen Herrmann

Datum: 19.11.2025

Inhaltsverzeichnis

1	Planungsbeteiligte	4
2	Einleitung (Veranlassung) und Zielsetzung	5
3	Leistungsabgrenzungen	6
4	Planungsgrundlagen	6
5	Baubeschreibung	7
5.1	Allgemeines/Baugrundstück	7
5.2	Fassadentypen im Gebäudebestand	8
5.3	Planungsgrundlagen	8
6	Anforderungen	11
6.1	Detailvorgaben	11
6.2	Sicherheitsanforderungen	12
6.2.1	Einbruchschutz	12
6.2.2	Verkehrssicherheit/Absturzsicherheit	13
6.2.3	Barrierefreiheit	14
6.2.4	Flucht- und Rettungswege	14
6.2.5	Brandschutz	16
6.3	Bauphysikalische Anforderungen	17
6.3.1	Schallschutz gegen Außenlärm	17
6.3.2	Sommerlicher Wärmeschutz	18
6.3.3	Schlagregendichtigkeit/Luftdichtigkeit/Widerstand gegen Windlast	19
6.3.4	Feuchteschutz	20
6.4	Statische Anforderungen	21
6.4.1	Windlast	21
6.4.2	Schneelast	22
6.4.3	Erdbeben	23
6.4.4	Lastannahmen	24
6.5	Konstruktive Anforderungen	24
6.5.1	Gebäudebewegungen/Verformungen	24
6.5.2	Toleranzen	25
6.5.3	Montagetoleranzen	25
6.6	Abweichungen/Allgemeine Hinweise an den Bauherren	26
6.6.1	Besondere Anforderungen Glas – Einscheibensicherheitsglas	26

6.6.2	Anisotropien	27
6.6.3	Fußpunkte	28
7	Fassadentypen	29
8	Fassadentyp FT01 – Foyerfassade	30
8.1	Allgemeines	30
8.2	Bestandskonstruktion FT01 – Außenfassade	32
8.2.1	Kaltluftabfall	37
8.3	Thermische Sanierung	38
8.3.1	Fassadenkonstruktion	38
8.3.2	Kopfpunkt/Flankendämmung	41
8.3.3	Dichtungsprofile FT01	42
8.4	RWA Klappen	44
8.4.1	Bestandssituation	44
8.5	Beschichtung	46
8.5.1	Schadstoffe	46
8.5.2	Entlacken der Stahlprofile - Sandstrahlen	48
8.5.3	Entlacken der Stahlprofile – Vakuumstrahlverfahren	49
8.5.4	Entlacken mittels Abbeizen	50
8.5.5	Baustellenlackierung	51
8.5.6	Farbauswahl	52
8.6	Verglasungen	53
8.6.1	Bestandsverglasung	53
8.6.2	Neue Verglasungen	54
8.7	Vogelschutz	58
8.8	Vogelabwehr	60
9	Fassadentyp FT02/FT03 – Windfänge & Atriumsfassade	61
9.1	Allgemeines	61
9.2	Bestandskonstruktion FT02 – Windfänge	63
9.3	Beschichtung	65
9.4	Bestandskonstruktion FT03 - Atriumsfassade	66
9.5	Fassadensanierung FT02/FT03	68
9.5.1	Konstruktion	68
9.6	Verglasung	72
10	Montagekonzept	73

10.1	Allgemein	73
10.2	Bauabschnitte	76
10.3	Ablauf und Arbeitshilfen	77
10.4	Montagehilfen, Arbeitsbühnen und Gerüste	78
10.4.1	Gerüste	78
10.4.2	Minikrane	79
11	Normen und Spezifikationen	81

1 Planungsbeteiligte

Bauherr:	Theater Dortmund Theaterkarree 1-3 44137 Dortmund
Fassadenplanung:	Werner Sobek AG Albstraße 14 70597 Stuttgart – Deutschland
Brandschutz:	CSP Ingenieure Märkische Straße 115 44141 Dortmund – Deutschland
Vogelschutz:	ecotone Chemnitzer Straße 50 44139 Dortmund

2 Einleitung (Veranlassung) und Zielsetzung

Im Rahmen des vorliegenden Berichtes wird der Stand der Fassadenplanung für das Projekt Fassadensanierung Opernfoyer, Dortmund in der Leistungsphase Entwurf (AHO 1.2) vorgestellt. Im Rahmen des Leistungsbildes werden eine Beratung bei der Erarbeitung des Planungskonzepts sowie die Ausarbeitung technischer Lösungsvorschläge durch Skizzen und Berücksichtigung architektonischer, technischer und bauphysikalischer Anforderungen durchgeführt. Dazu erfolgt:

- Beratung des Objektplaners bei der Erarbeitung des Planungskonzepts hinsichtlich der Umsetzung der fachspezifischen Anforderungen und der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter bis zum vollständigen Entwurf
- skizzenhafte Darstellung der Beratungsinhalte
- Beratung zur Vorauswahl von Handmustern
- Beratung des Auftraggebers und Objektplaners zu Reinigungskonzepten
- Ermittlung von Einheitspreisen (Kostenberechnung) für die Kostenermittlung durch den Objektplaner nach DIN 276.

Zusätzliche Leistungen:

- Fortschreiben des Terminplans für die Fassade/Gebäudehülle
- eine Ermittlung von Einheitspreisen (Kostenberechnung) für die Kostenermittlung nach DIN 276, Vergleich mit der Kostenschätzung
- Präsentationshilfen zur Darstellung des Projektstandes

3 Leistungsabgrenzungen

Planungen folgender Bereiche werden nicht durch Werner Sobek AG erbracht

- Rohbau
- Haustechnik
- Bauphysik

4 Planungsgrundlagen

Als Planungsgrundlagen für das Projekt sind vorhanden

- Gutachterliche Stellungnahme vom 12.12.2020/29.09.2023
- Bestandsunterlagen
- Schadstoffanalyse und Zustandsfeststellungsbericht STE Germany (vom 31.07.2025)
- Vogelschutzgutachten vom 15.10.2025 von ecotone
- Brandschutzbericht vom 18.11.2025 von CSP Ingenieure

Die folgenden Bestandsunterlagen liegen zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichts vor und wurden gesichtet:

- Grundrisse, Ansichten, Schnitte
- Planunterlagen Kuppeldach
- Bilder Klotzbach
- Brandschutzunterlagen zu den NRWG Öffnungen aus dem Jahr 2012

5 Baubeschreibung

5.1 Allgemeines/Baugrundstück

1966 wurde das Opernhaus des Theaters Dortmund eröffnet. Die Stahlbetonkuppel, die das Dach darstellt, ist auf drei Fußpunkten gelagert. An den Seiten, die vom Bogen überspannt werden, befinden sich Glasfassaden. Dahinter liegt das Foyer und die Treppenaufgänge.



Abbildung 5-1: Vogelperspektive Bestandsgebäude (Google Earth)

Das Grundstück mit dem Bestandsgebäude befindet sich in der Innenstadt der Stadt Dortmund innerhalb des Walls. Auf dem Grundstück befindet sich der große Theaterkomplex mit folgenden Gebäuden: Opernhaus, Schauspielhaus, Funktionsriegel (Masken, Umkleiden, Proberäume etc.), Verwaltungs- und Werkstattgebäude.

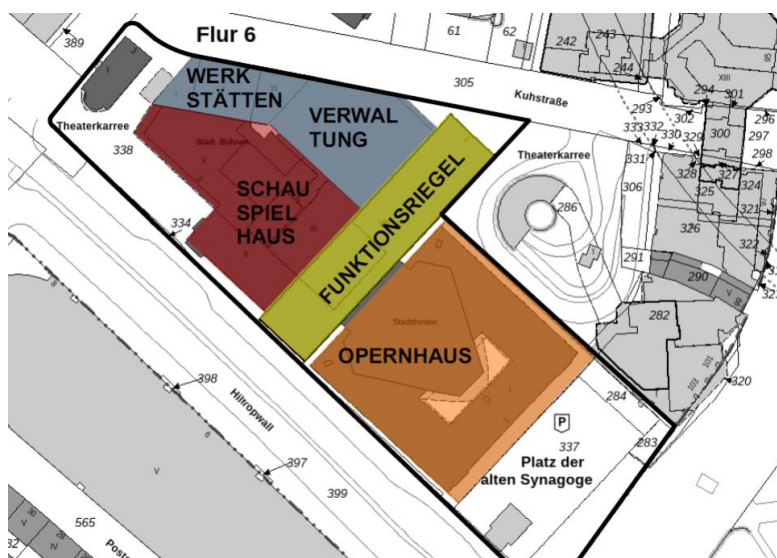


Abbildung 5-2: Lageplan (Dokument: Variantenuntersuchung Fassadensanierung, Theater Dortmund)

5.2 Fassadentypen im Gebäudebestand

Bestandsfassaden:

- FT01 – Hauptfassade
- FT02 – Windfänge
- FT03 – Atriumfassade

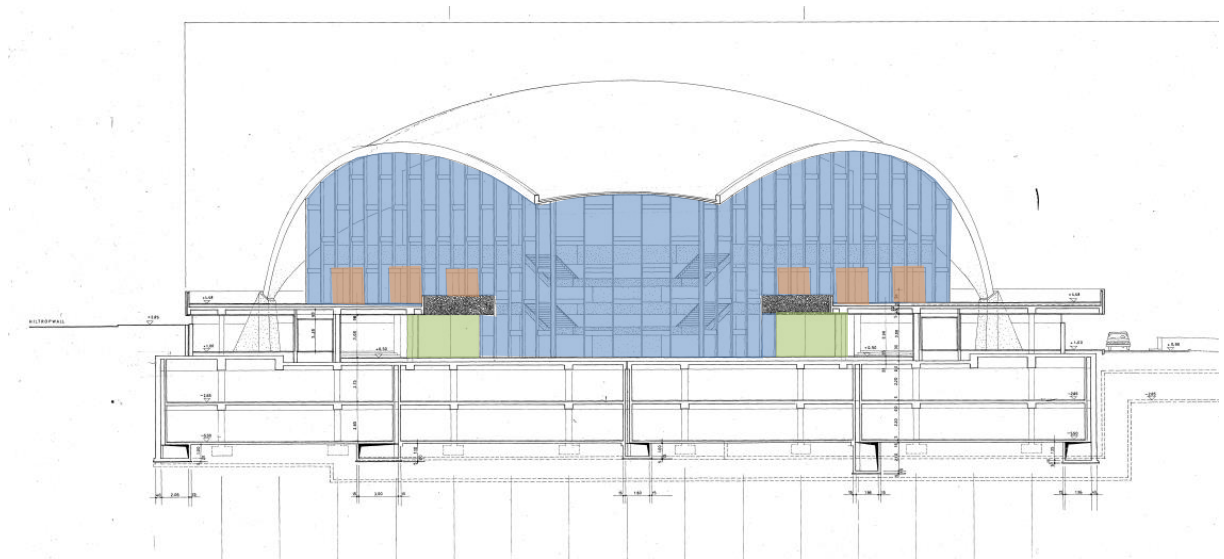


Abbildung 5-3: Ansicht Südost Fassadentypen

Für die Fassaden besteht kein Denkmalschutz. Die Anzahl der Streben, Anordnung, Farbe etc. soll trotzdem erhalten bleiben.

5.3 Planungsgrundlagen

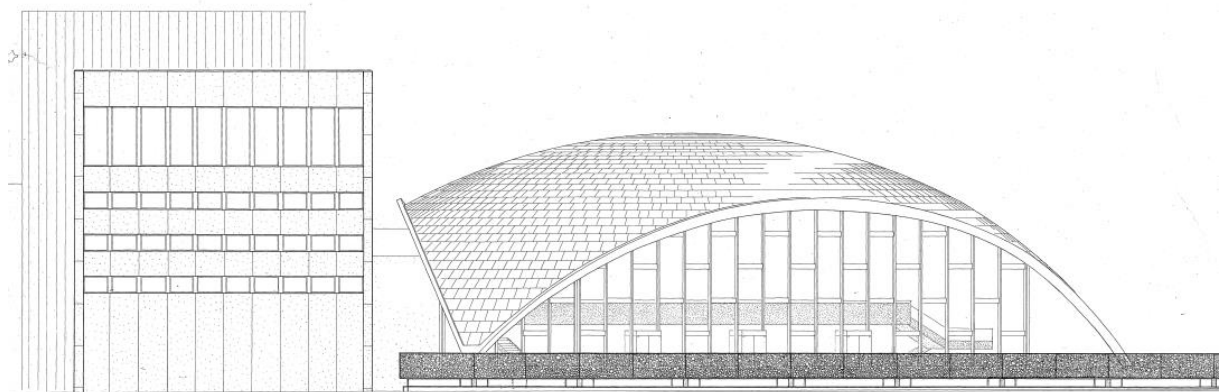


Abbildung 5-4: Ansicht Süd

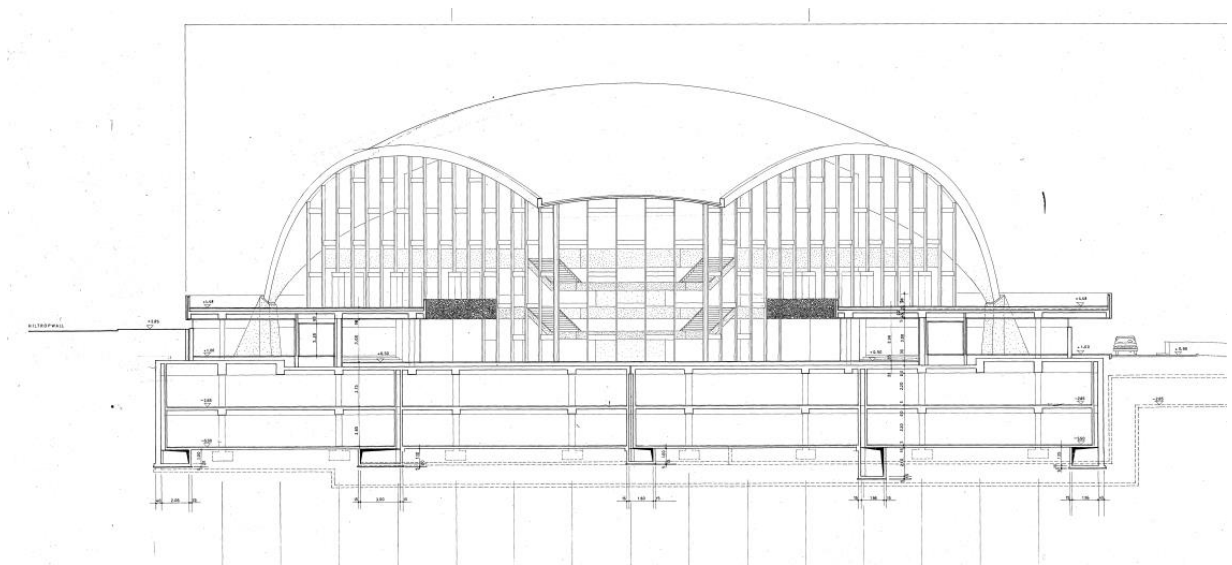


Abbildung 5-5: Ansicht/ Schnitt Südost

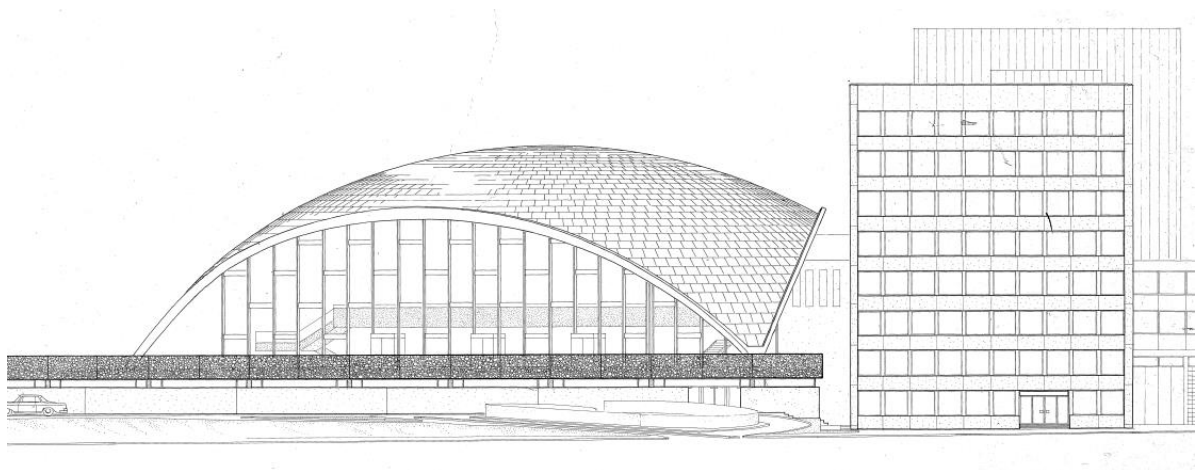


Abbildung 5-6: Ansicht Nordost

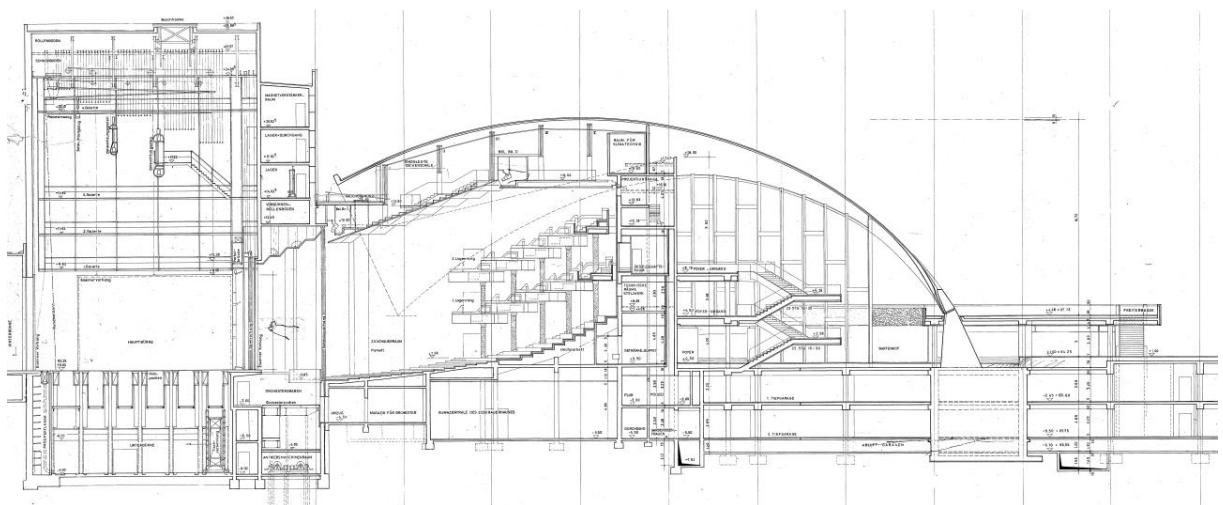


Abbildung 5-7: Schnitt

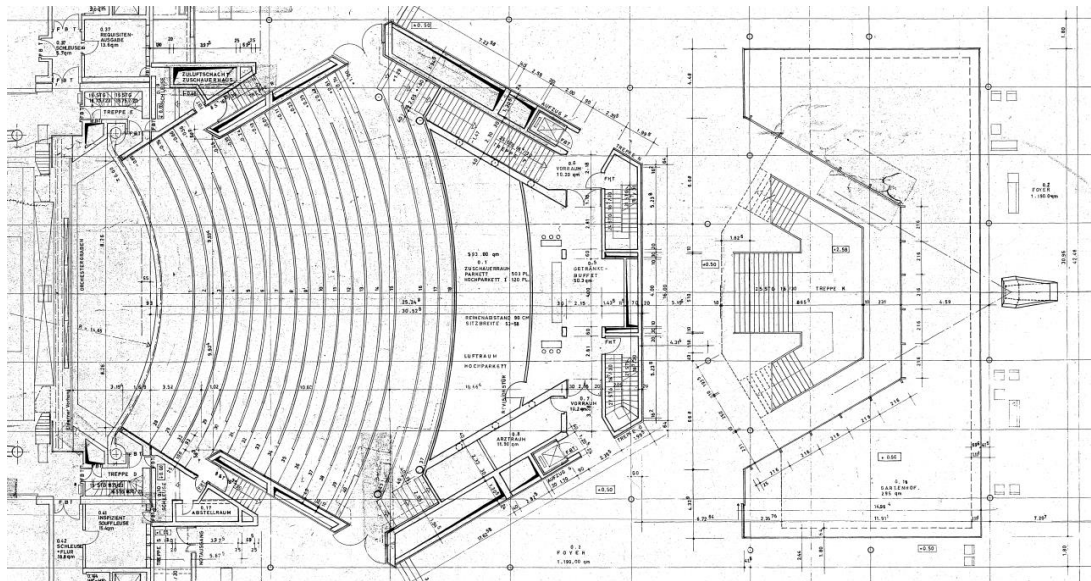


Abbildung 5-8: Ausschnitt Grundriss Erdgeschoss (Ebene Platz der alten Synagoge)

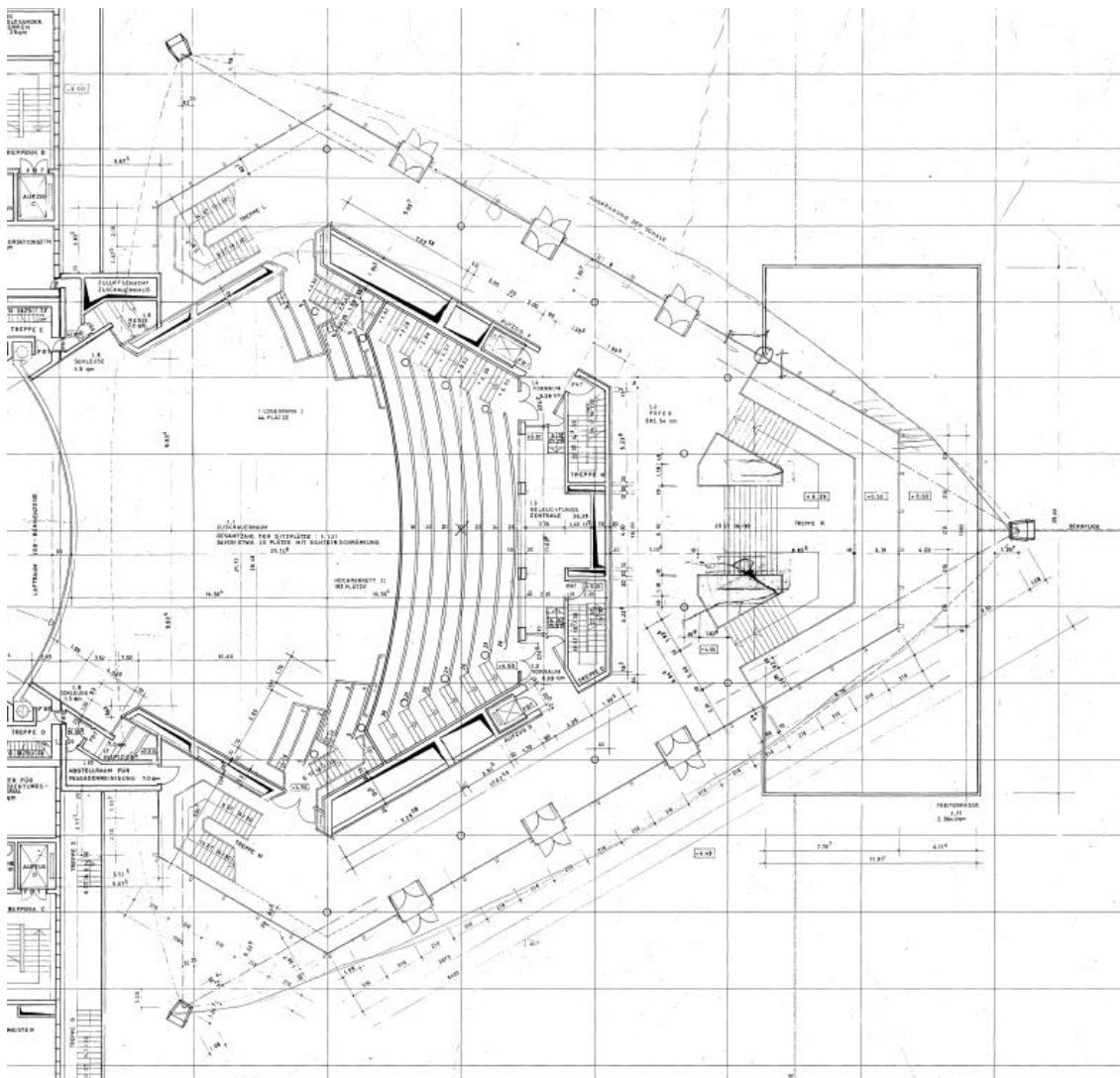


Abbildung 5-9: Ausschnitt Grundriss 1.OG (Ebene Terrasse)

6 Anforderungen

6.1 Detailvorgaben

Kein Denkmalschutz, aber Abstimmungen mit der untersten Denkmalschutzbehörde zu den verschiedenen Maßnahmen
Aufteilungen, Ansichten, Farbe, etc. sollen beibehalten werden
Begrenzter Zeitraum für die Sanierungsmaßnahmen (nur in den spielfreien Zeiten), jeweils 6 Wochen über 2 Jahre
Schlecht zugängliche Fassade (Schützenswerter Boden im Innenhof)
Vogelschutzmaßnahmen sollen mit eingepreist werden
RWA Klappen so erweitern, dass die erforderlichen aerodynamischen Querschnitte eingehalten werden können ohne die zusätzliche Öffnung der Türen
Der Bestandsteppich soll während der Baumaßnahme geschützt und erhalten bleiben

6.2 Sicherheitsanforderungen

6.2.1 Einbruchschutz

Anforderungen an den Einbruchschutz werden in Deutschland durch DIN EN 1627 (Fenster, Türen, Abschlüsse – Einbruchhemmung) geregelt. Einbruchhemmende Bauteile sollen das unerlaubte Eindringen in einen Raum oder ein Gebäude verhindern. Die Norm DIN EN 1627 (Türen, Fenster, Vorhangfassaden, Gitterelemente und Abschlüsse – Einbruchhemmung – Anforderungen und Klassifizierung) legt die Anforderungen und die Klassifizierung der einbruchhemmenden Eigenschaften von **Türelementen, Fenstern, Vorhangfassaden, Gitterelementen und Abschlüssen fest**.

Bei Flucht- und Rettungswegen ist zu berücksichtigen, dass ab einer Klasse RC4 der Werkzeugeinsatz der Feuerwehr erschwert ist.

Klasse DIN EN 1627 2011-09	Korrelation DIN V ENV 1627: 1999-04	Tätertyp / mutmaßliche Vorgehensweise	Wider- stands- zeit	Einsatzempfehlung
RC 1 N	---- ^{a)}	Bauteile der Klasse RC 1 N weisen einen Grundschutz gegen Aufbruchversuche mit körperlicher Gewalt , wie Gegentreten, Gegenspringen, Schulterwurf, Hochschieben und Herausreißen auf (vorwiegend Vandalismus).	keine manuelle Prüfung	<i>Grundsicherheit</i> Fenster und Türen mit geringer Einbruchhemmung bei nicht ebenerdigem Zugang
RC 2 N	WK 2 ^{b)}	Der Gelegenheitstäter versucht zusätzlich mit einfachen Werkzeugen wie Schraubendreher, Zange und Keile, das Bauteil aufzubrechen.	3 min	<i>Standardsicherheit bei keinem direkten Angriff auf die eingesetzte Verglasung</i> Fenster und Türen mit normalem Risiko (nicht ebenerdiger Zugang)
RC 2	WK 2	Der Gelegenheitstäter versucht, zusätzlich mit einfachen Werkzeugen wie Schraubendreher, Zange und Keile, das Bauteil aufzubrechen.	3 min	<i>Standardsicherheit</i> Fenster und Türen mit normalem Risiko
RC 3	WK 3	Der Täter versucht zusätzlich mit einem zweiten Schraubendreher und einem Kuhfuß das verschlossene und verriegelte Bauteil aufzubrechen.	5 min	<i>erhöhte Sicherheit</i> Fenster und Türen mit erhöhtem Risiko
RC 4	WK 4	Der erfahrene Täter setzt zusätzlich Sägewerkzeuge und Schlagwerkzeuge , wie Schlagaxt, Stemmeisen, Hammer und Meißel und eine Akku- Bohrmaschine ein.	10 min	<i>hohe Sicherheit</i> Fenster und Türen mit hoher Sicherheitsanforderung

Abbildung 6-1: Widerstandsklassen RC mit Erläuterung (DIN EN 1627:2021-11)

Bei vergleichbaren Gebäuden kommen üblicherweise die Widerstandsklassen RC 2 und RC 3 zum Einsatz. Nachfolgend sind die gemäß Norm für die Prüfung relevanten Werkzeuge aufgeführt, die dem sogenannten „Normtäter“ im Rahmen der Klassifizierung zur Verfügung stehen.



Widerstandsklasse RC 2 N/RC 2: Der Gelegenheitstäter versucht, zusätzlich mit einfachen Werkzeugen wie Schraubendreher, Zange und Keile, das Bauteil aufzubrechen. Das Bauteil muss dem mindestens 3 Minuten standhalten.



Widerstandsklasse RC 3: Der Täter versucht zusätzlich mit einem zweiten Schraubendreher und einem Kuhfuß das Bauteil aufzubrechen. Es muss mindestens 5 Minuten standhalten.

Abbildung 6-2: Definition RC2, RC3

Die meisten gängigen Fassadenkonstruktionen (Fenster/Türen) sind in RC2 erhältlich. Durch die Erhöhung des Einbruchschutzes auf RC3 ist der Markt an verfügbaren Konstruktionen schon etwas eingeschränkter, das betrifft vor allem Öffnungselemente wie Fenster und Türen. Kosten für die Erhöhung des Einbruchsschutzes liegen bei RC2 ungefähr bei 20% Mehrkosten gegenüber der Grundkonstruktion ohne Einbruchschutz und bei RC3 bei ca. 80 % Mehrkosten.

Nach aktuellem Planungstand sind keine spezifischen Vorgaben bezüglich des Einbruchschutzes für Fassaden und Türen vorgesehen. Die Entscheidung steht seitens der Bauherrenschaft noch offen, da die Anforderung insbesondere die Windfänge betrifft. Für die Kostenberechnung wird von einer Einbruchschutzklasse RC2 ausgegangen, sofern die Windfänge erneuert werden.

6.2.2 Verkehrssicherheit/Absturzsicherheit

Durchsichtige oder lichtdurchlässige Wände, insbesondere Ganzglaswände im Bereich von Verkehrswegen, müssen deutlich gekennzeichnet sein. Sie müssen entweder aus bruch sicherem Werkstoff bestehen oder so gegen die Arbeitsplätze in Arbeitsräumen oder die Verkehrswege abgeschildert sein, dass die Beschäftigten nicht mit den Wänden in Berührung kommen und beim Zersplittern der Wände nicht verletzt werden können. **Angrenzend an Verkehrs- und Arbeitsflächen ist daher nur VSG oder ESG zulässig (d.h. die äußere und innere Glasscheibe eines Glaspakets).**

6.2.3 Barrierefreiheit

Die DIN 18040-1 (Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen - Teil 1: Öffentlich zugängliche Gebäude) gibt vor, dass unteren **Türanschlügen** und -schwelen nicht zulässig sind. Sind sie technisch unabdingbar, dürfen sie **nicht höher als 2 cm** sein.

Außerdem müssen das Öffnen und Schließen von Türen auch mit geringem Kraftaufwand möglich sein, das wird mit der **Klasse 3** (DIN EN 12217) für **Bedienkräfte und -momente** erreicht. Alternativ muss die Tür automatisch öffnenbar sein.

Sind **Türschließer** erforderlich, müssen diese so eingestellt werden, dass das **Öffnungsmoment der Größe 3** nach DIN EN 1154 nicht überschritten wird.

Griffhöhen der Türen erfolgen in der Regel auf +850 mm - +1.050 mm über OK FFB. Die lichte Durchgangsbreite beträgt in der Regel min. 0,90 m und die lichte Durchgangshöhe min. 2,10 m.

Die lichte Durchgangshöhe von 2,10 m resultiert aus der Arbeitsstättenrichtlinie. Die Planung kann so angepasst werden, dass die 2,10 m erreicht werden. Sollte sich an einem Punkt der Planung herausstellen, dass die 2,10 m nicht eingehalten werden können muss vom Bauherren eine Gefährdungsbeurteilung zum Arbeitsschutz formuliert werden.

6.2.4 Flucht- und Rettungswege

Der wesentliche Unterschied liegt darin, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine Panik bei den Benutzern eines Gebäudes ausbrechen kann.

DIN EN 179 in nicht öffentlichen Gebäuden (Türdrücker):

Wenn eine Nutzung des Gebäudes durch Fremde ausgeschlossen werden kann, ist der Ausbruch einer Panik eher unwahrscheinlich. Somit findet die DIN EN 179 in allen nicht öffentlichen Räumen, wie z.B. Wohnungen, Büroräumen ohne Publikumsverkehr usw. Anwendung.

DIN EN 1125 in allen öffentlichen Räumen (Griffstange oder Druckstange):

Im öffentlichen Raum, wie z.B. in Bahnhöfen, auf Flugplätzen, Kinos oder Behörden gilt die Norm DIN EN 1125, da dort die Entstehung einer Panik durch nichts ortskundige Menschen entstehen kann.



Abbildung 6-3: Beispielbilder Griffstange, Druckstange nach DIN EN 1125

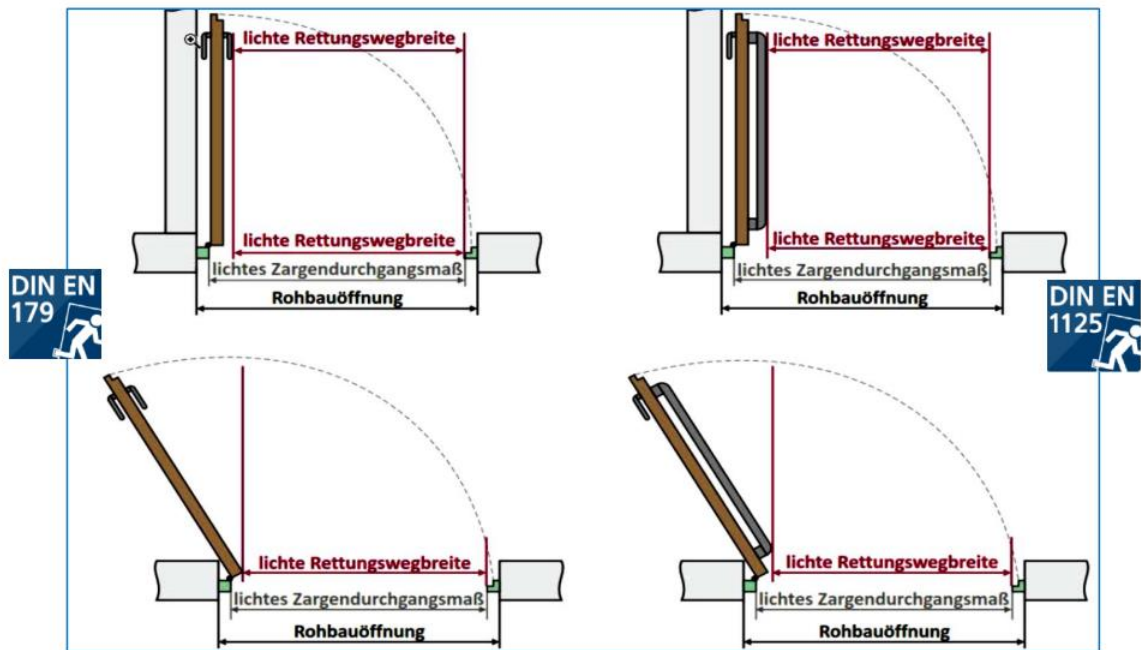


Abbildung 6-4: Vergleich Türöffnung und Bemessung der lichten Türbreiten nach DIN EN 179 – Notausgangverschlüsse und DIN EN 1125 – Panikverschlüsse (GSN)

Da das Gebäude öffentlich zugänglich ist mit nicht ortkundigem Publikumsverkehr, wird an den Flucht- und Rettungstüren die DIN EN 1125 zum Tragen kommen.

Lichte Durchgangsbreiten muss gemäß Brandschutzgutachter bei allen Windfangtüren min. 1,65 m betragen. Laut Brandschutzsachverständiger sind die Türgriffe nach DIN EN 1125 gefordert, es könnte aber auch auf DIN EN 179 eingesetzt werden (schriftliche Bestätigung steht noch aus).

6.2.5 Brandschutz

Versammlungsstätten erhalten häufig die Anforderung an die Außenwand und die Dämmung „nicht brennbare“ Materialien zu verwenden. Das entspricht Materialien mit Brandschutzklasse A1 und A2 – s1, d0 nach DIN EN 13501-1.

Die Anforderung an alle Materialien sind gemäß Brandschutzsachverständigen:

Außenwände von Versammlungsstätten müssen in allen ihren Teilen mit Ausnahme von Türen und Fenstern, Fugendichtungen und Dämmstoffen in nichtbrennbaren geschlossenen, linien- oder stabförmigen Profilen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen. Dies gilt nicht für Versammlungsstätten nach Absatz 1 Satz 2.

DIN 4102-1	Bauaufsichtliche Verordnung	DIN EN 13501-1
A1	nicht brennbar	A1
A2		A2 - s1, d0
B1	schwer entflammbar	B - s1, d0 oder C - S1, d0
		A2 - s2, d= oder A2 - s3, d0
		B - s2, d0 oder B - s3, d0
		C - s2, d0 oder C - s3, d0
		A2 - s1, d1 oder A2 - s1, d2
		B - s1, d1 oder B - s1, d2
		C - s1, d1 oder C - s1, d2
		A2 - s3, d2
		B - s3, d2
		C - s3, d2
B2	normal entflammbar	D - s1, d0 oder D - s2, d0
		D - s3, d0 oder E
		D - s1, d1 oder D - s2, d1
		D - s3, d1 oder D - s1, d2
		D - s2, d2 oder D - s3, d2
B3	leicht entflammbar	E - d2
		F

Abbildung 6-5: Brandschutzklassen nach DIN 4102-1 und DIN EN 13501-1

6.3 Bauphysikalische Anforderungen

6.3.1 Schallschutz gegen Außenlärm

Der Schallschutz der Außenbauteile ist anhand der Außenlärmbeurteilung nach DIN 4109-1 (Schallschutz im Hochbau - Teil 1: Mindestanforderungen), VDI 2719 (Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen). Das erforderliche gesamte Bau-Schalldämmmaß (erf. $R'_{w,ges}$) von Außenbauteilen wird durch die Fachplanung Bauakustik bestimmt, indem der maßgebliche Außenlärmdämmpegel (L_a) der angrenzenden Umgebung an die Fassade ermittelt wird und von diesem der für die Raumart zugewiesenen Bezugswert abgezogen wird.

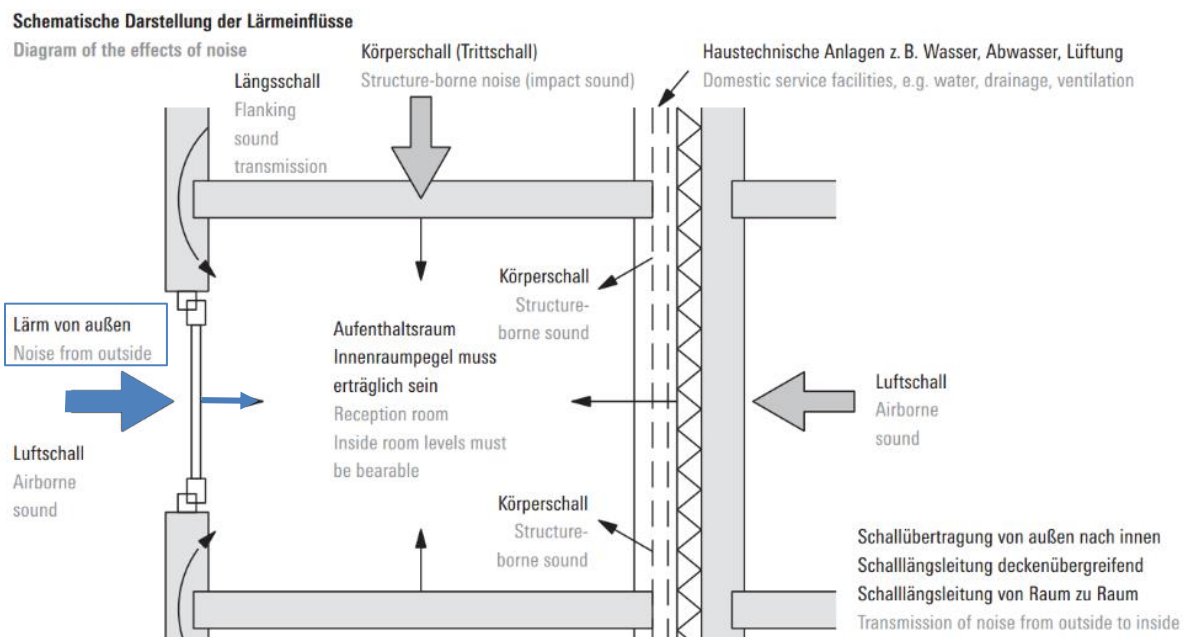


Abbildung 6-6: Schematische Darstellung der Lärmeinflüsse [Schüco Dokumentation]

Da es sich bei dem Foyer aber nicht um einen schutzbedürftigen Raum nach Norm handelt, sind keine speziellen Anforderungen einzuhalten.

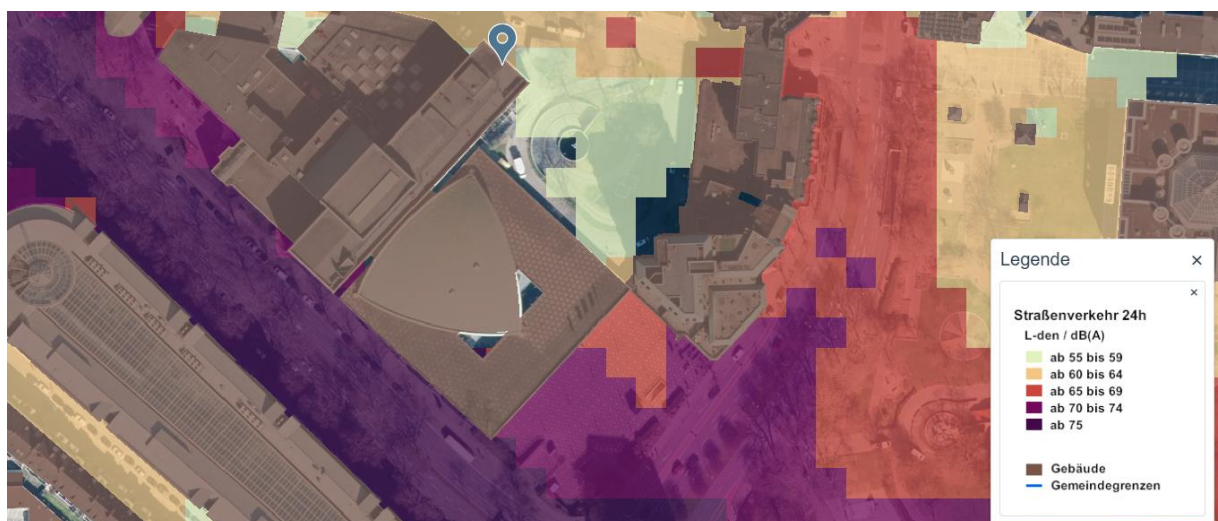


Abbildung 6-7: Lärmkarte NRW (umgebungs-laerm-kartierung.nrw.de)

Der Hiltropwall ist stark befahren und daher eine stärkere Lärmquelle für Außenlärm.

Vom Bauherren wurde festgehalten, dass es zu keiner Verschlechterung kommen darf, aber eine Verbesserung auch nicht zwingend notwendig ist.

Es wäre zu empfehlen, beim Glasaufbau einen Aufbau mit ca. $R_w \geq 38 \text{ dB}$ (Bestand ca. $R_w = 34 \text{ dB}$) zu wählen. Der Wert bildet bei Gläsern den oberen Bereich ab, der ohne Mehrkosten erreichbar ist. Eine Verbesserung zum jetzigen Zustand ist auf alle Fälle sicher. Aber eine konkrete Bewertung des Lärmpegels durch Außenlärm kann nur durch ein Schallschutzgutachten erfolgen.

6.3.2 Sommerlicher Wärmeschutz

Der sommerliche Wärmeschutz zielt darauf ab, die einfallende Wärme während der Sommermonate aus dem Inneren eines Gebäudes abzuschirmen. Durch die Minimierung der Wärmeeinträge von außen wird die Belastung von bspw. Klimatisierungssystemen verringert und die Energieeffizienz des Gebäudes gesteigert. Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) beinhaltet Bestimmungen zum sommerlichen Wärmeschutz, um den Energiebedarf für die Kühlung von Gebäuden zu reduzieren und das Raumklima zu verbessern. Diese Vorschriften beziehen sich auf die Wärmedämmung sowie auch auf die Vermeidung übermäßiger Sonneneinstrahlung durch bauliche Maßnahmen. Eine Bewertung des sommerlichen und winterlichen Wärmeschutzes müssten über einen Bauphysiker erstellt werden, falls Nachweise erforderlich sind. **Gemäß der Aussagen der Bauherren sind sowohl für die Förderung als auch für die Sanierungsmaßnahme selbst keine Nachweise zu erbringen.**

Allgemeine Maßnahmen zur Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes:

- **Wärmeschutzverglasung** - welche die Wärme und Lichtdurchlässigkeit regulieren, besser wären Sonnenschutzbeschichtungen, allerdings sind diese reflektierender und auch in Abstimmung mit der unteren Denkmalschutzbehörde ist es gewünscht eine Wärmeschutzbeschichtung zu wählen, die der aktuellen Beschichtung ähnelt
- Außenliegender Sonnenschutz – ist bei dem Opernfoyer nicht vorgesehen
- **Wärmedämmung** - hohe Isolationswerte reduzieren den Wärmeeintrag über die Gebäudehülle.
- Farbgebung und Material der Fassaden, helle Farben und reflektierende Materialien reduzieren die Absorption von einfallender Sonnenenergie – Im Opernfoyer werden Farben verwendet, die in Abstimmung mit der untersten Denkmalschutzbehörde so nah wie möglich an die Bestandsfarbe rankommt
- Natürliche Belüftung – ist im Opernfoyer nicht vorgesehen

Verbesserungen zum Bestand werden durch Wärmedämmung und Wärmeschutzverglasungen erzielt. Aufgrund unserer Erfahrung werden wir einen g-Wert von $\leq 0,45$ empfehlen, ohne eine Bewertung des Innenraums durchzuführen. Allerdings sind große Räume mit viel Luftvolumen eher günstig zu betrachten.

6.3.3 Schlagregendichtigkeit/Luftdichtigkeit/Widerstand gegen Windlast

Die Schlagregendichtigkeit von Fenster und Türen wird über die DIN EN 12208 (Fenster und Türen - Schlagregendichtigkeit - Klassifizierung) definiert. Für Vorhangfassaden wird die DIN EN 12154 (Vorhangfassaden - Schlagregendichtigkeit - Leistungsanforderungen und Klassifizierung) herangezogen.

Für die Klassifizierung der Luftdichtigkeit von Fenstern und Türen wird die DIN EN 12207 (Fenster und Türen - Luftdurchlässigkeit - Klassifizierung) herangezogen. Für Vorhangfassaden wird die EN 12152 (Vorhangfassaden - Luftdurchlässigkeit - Leistungsanforderungen und Klassifizierung) angewendet.

Die Klassifizierung des Widerstands gegen Windlast für Fenster und Türen wird in der DIN EN 14351-1 (Fenster und Türen - Produktnorm, Leistungseigenschaften - Teil 1: Fenster und Außentüren) definiert.

Im Anhang A der DIN 18055 (Kriterien für die Anwendung von Fenstern und Außentüren nach DIN EN 14351-1) können über die Gebäudehöhe und die Windlastzone die Mindestanforderungen an Fenster und Türen ermittelt werden.

IFT-Empfehlung für den Einsatz von Fenstern und Außentüren nach DIN 18055:2020-09

Empfehlungen für Anforderungen an Fenster und Außentüren

Eigenschaft	Fenster	Außentür		
		geschützter Bereich	nicht geschützter Bereich	
Widerstand gegen Windlast nach EN 12210 	B2 (B3)	B2	B2	
Schlagregendichtigkeit nach EN 12208 	5A	npd bis 4B	4A	
Luftdurchlässigkeit nach EN 12207 	3	2	2	

Die Werte in Klammern beziehen sich auf den Randbereich des Gebäudes.
Die angenommene Einbauhöhe der Außentür beträgt bis 8 m.
Für Außentüren oberhalb 8 m Einbauhöhe gelten die Werte der Fenster.

Abbildung 6-8: Anforderungen an Fenster und Außentüren – Schlagregen, Wind, Luft – (einsatzempfehlungen.ift-rosenheim.de)

Wir empfehlen dennoch mindestens die folgenden Werte für Fassaden einzuhalten (die meisten Standardsysteme können diese erhöhten Anforderungen einhalten):

- Schlagregendichtigkeit Fenster: **9A**
- Schlagregendichtigkeit Türen bis 8 m Einbauhöhe: **5A**
- Schlagregendichtigkeit Fassade: **RE900**
- Luftdichtigkeit Fenster: **Klasse 4**
- Luftdichtigkeit Türen bis 8 m Einbauhöhe: **Klasse 3**
- Luftdichtigkeit Fassade: **AE**
- Widerstandsfähigkeit gegen Windlast Fenster: **B4 /C4**
- Widerstandsfähigkeit gegen Windlast Türen bis 8 m Einbauhöhe: **B3/C3**

6.3.4 Feuchteschutz

Es wird durch den Nutzer berichtet, dass es im Winter zu Kondensat an den Stahlprofilen kommt. Dies ist aufgrund der nicht thermisch getrennten Profile auch naheliegend, da die warme, feuchte Raumluft an den kühlen Oberflächen deutlich schneller kondensiert als bei warmen Oberflächen.

Grundsätzlich ist es wichtig, Konstruktionen vor Feuchtigkeit zu schützen, da einerseits feuchte Dämmmaterialien ihre Dämmwirkung verlieren (hier sind im Bestand keine Dämmmaterialien verbaut, nach aktuellem Kenntnisstand) und andererseits Tauwasser zu gesundheitsschädlicher Schimmelbildung kommen kann (z.B. an Dachkonstruktion, Anschlusssituationen,...). Entscheidend für den Feuchteschutz von Konstruktionen ist die Schlagregendichtigkeit, die Luftdichtigkeit und die Wärmedämmeigenschaft der Bauteile.

Für die Entstehung von Kondensat gibt es verschiedene Risikofaktoren:

- raumseitige Oberflächen sind zu kühl und die (relativ) feuchte Raumluft kondensiert
- Raumluft dringt durch Undichtigkeiten – speziell an Anschlüssen – in die Konstruktion und kondensiert dort an kühlen Oberflächen

Der erste Risikofaktor hängt besonders von der wärmedämmtechnischen Qualität der Außenbauteile ab. Die Qualität der Gebäudehülle eines Neubaus wäre üblicherweise aufgrund der gesetzlichen Anforderungen bereits so hoch, dass diesbezüglich mit keinerlei Problemen zu rechnen ist. Anders ist es bei der energetischen Sanierung der Fassade, wie bei dem Projekt Opernhaus. Daher müssen bei einer energetischen Sanierung die Anschlussstationen, insbesondere in den Dach- und Bodenplattenbereichen betrachtet werden, da diese Betonelemente von innen nach außen durchgehen.

Eine (erlaubte) Ausnahme bildet der Randbereich von Isoliergläsern: Hier ist aufgrund der nach aktuellem Stand der Technik nicht zu umgehenden geringfügigen Wärmebrückenwirkung des Randverbundes temporär mit Tauwasser zu rechnen. Allerdings müssen hierfür relativ niedrige Außentemperaturen erreicht werden, welche in Dortmund eigentlich gar nicht auftreten. Um das Kondensat Risiko zu minimieren, werden die Abstandhalter wo möglich als sogenannte „Warme Kante“ Warm Edge ausgebildet, d.h. anstatt des üblichen Aluminiums kommen wärmetechnisch optimierte Abstandhalter aus Edelstahl oder Kunststoff zum Einsatz.

Der zweite Risikopunkt ist durch eine durchgehende Dampfsperre auszuschließen. Dies bedeutet erstens, dass die Detailplanung der Konstruktion diesbezüglich keine Lücken aufweist. Bei den Fassadensanierung ist deshalb darauf zu achten, dass der Dampfdruckverlauf innerhalb der Konstruktion von innen nach außen abnimmt. Dies bedeutet, dass innenseitig eine dampfdiffusionsdichte Ebene (Dampfsperre) angebracht wird und außenseitig die Konstruktion diffusionsoffen und winddicht ausgeführt wird. Dazwischen ist eine ausreichende Wärmedämmung der Fassadenkonstruktion anzuordnen.

6.4 Statische Anforderungen

6.4.1 Windlast

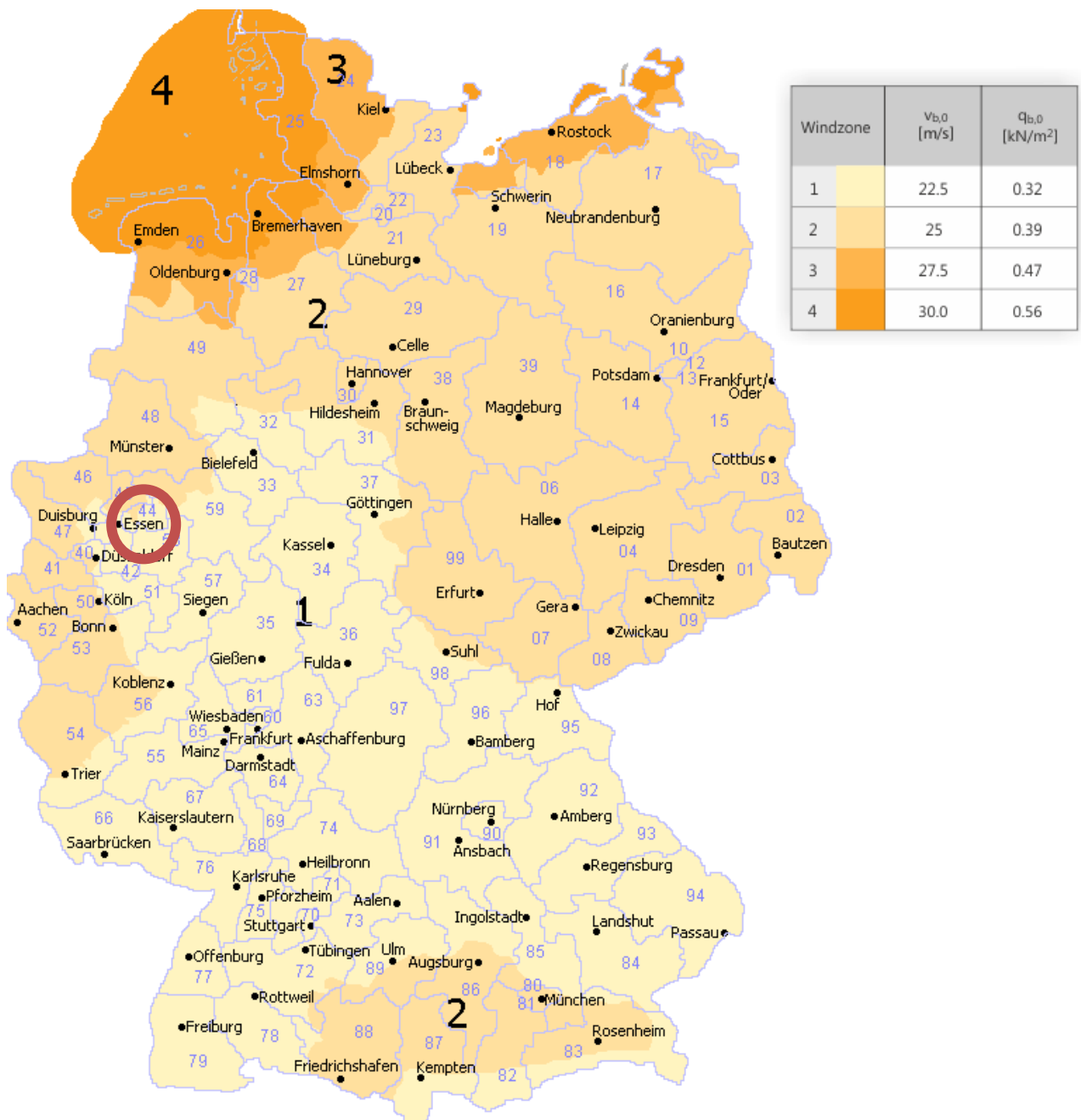


Abbildung 6-9: Windlastzonen gem. Zuordnung, Königsbrunn beim DIBT [www.dluba.com]

Dortmund liegt gemäß DIN EN 1991-1-4 („Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten“) in der Windlastzone 1. Die maßgebende Basiswindgeschwindigkeit beträgt $v_{b,0} = 22,5/s$, woraus sich ein Basisgeschwindigkeitsdruck von $q_b = 0,32 \text{ kN/m}^2$ ergibt. **Diese Lasten werden bei den Vordimensionierungen der Fassadenbauteile berücksichtigt.**

6.4.2 Schneelast



Abbildung 6-10: Schneelastzonen gem. Zuordnung, Königsbrunn beim DIBT [www.dlbal.com]

Gemäß Schneelastkartierung nach DIN EN 1991-1-3 liegt Dortmund in der Schneelastzone 1. Unter Berücksichtigung der Höhenlage von ca. 100 m über NN ist hier mit einer charakteristischen Schneelast von etwa **0,64 kN/m²** zu rechnen.

6.4.3 Erdbeben

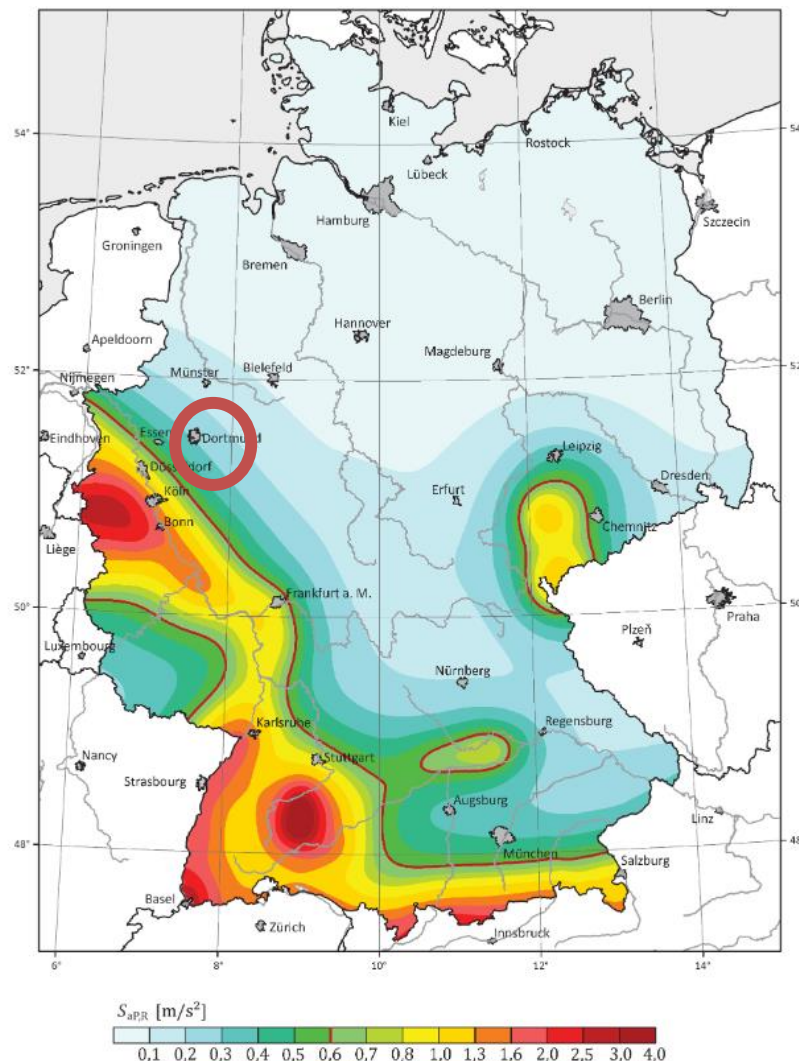


Abbildung 6-11: Darstellung der räumlichen Verteilung der spektralen Antwortbeschleunigung $S_{aP,R}$ [DIN EN 1998-1/NA]

Nach Eurocode 8 – DIN EN 1998-1/NA „Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben“ (anzuwenden anstelle der Zoneneinteilung der zurückgezogenen DIN 4149) erfolgt die Bemessung anhand spezifischer Parameter, wie dem Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung.

Für den Dortmund beträgt dieser $a_{gR} = 0,012 \text{ m/s}^2$, der zugehörige spektrale Antwortwert $S_{aP,R} \leq 0,3 \text{ m/s}^2$. Für Beschleunigungen $S_{aP,R} < 0,6 \text{ m/s}^2$ ist für übliche Hochbauten aller Bedeutungskategorien für alle geologischen Untergrundklassen die Bedingung für sehr geringe Seismizität immer erfüllt. In Fällen sehr geringer Seismizität brauchen die Regelungen der Normenreihe DIN EN 1998 in der Regel nicht berücksichtigt zu werden (Ausnahme können sehr schwere Wandbekleidungen sein).

Aufgrund sehr geringer Seismizität ist für die geplante Fassadenkonstruktion nach DIN EN 1998-1/NA **kein zusätzlicher Erdbebennachweis erforderlich**. Die Bemessung erfolgt nach den üblichen statischen Anforderungen ohne Berücksichtigung seismischer Zusatzlasten.

6.4.4 Lastannahmen

Alle Vordimensionierungen der Fassade FT01 wurden mit den folgenden Lastannahmen vordimensioniert.

Glasgewicht: siehe Glasaufbauten

Anprallast: 2.0 kN/m (Nutzlastkategorie C5 - Flächen für große Menschengsammlungen)

Windlast:

Windlastzone 1

H = 21 m

$$q_p(z) = 0.75 \text{ kN/m}^2$$

Winddruck

$$w_d = +0.80 \times 0.75 \text{ kN/m}^2 = 0.60 \text{ kN/m}^2$$

Windsog

Bereich A

$$w_s = -1.20 \times 0.75 \text{ kN/m}^2 = -0.90 \text{ kN/m}^2$$

Bereich B

$$w_s = -0.80 \times 0.75 \text{ kN/m}^2 = -0.60 \text{ kN/m}^2$$

6.5 Konstruktive Anforderungen

6.5.1 Gebäudebewegungen/Verformungen

Bewegungen, welche aus der Tragkonstruktion oder Temperatúrausdehnungen entstehen, bzw. auch Bau-Toleranzen sind durch die Fassadenkonstruktion aufzunehmen. Erfahrungsgemäß erfolgt planerisch eine Aufnahme von Bewegungen aus dem Gebäude und Materialverformungen der Fassadenmaterialien von bis zu ca. +/- 20 mm, die dann durch Langlochkonstruktionen und notwendige Fugenmaße aufgenommen werden können. Hier ist eine sinnvolle Beschränkung der Verformung bzw. ein Mindestmaß an Genauigkeit im Rohbau dringend anzuraten und im Weiteren zu koordinieren, damit keine teuren Ausgleichskonstruktionen bei der Fassade entstehen.

Insbesondere im Bereich des Dachs bei FT01 sind mit größeren Verformungen zu rechnen.

- Materialausdehnung der Stahlpfosten: bis ca. $\pm 15 \text{ mm}$
- Dachkuppelverformungen: bis ca. $\pm 25 \text{ mm}$ (auf Grundlage der jährlichen Vermessungsdaten)
 - ➔ **Gesamt ca. $\pm 40 \text{ mm}$**

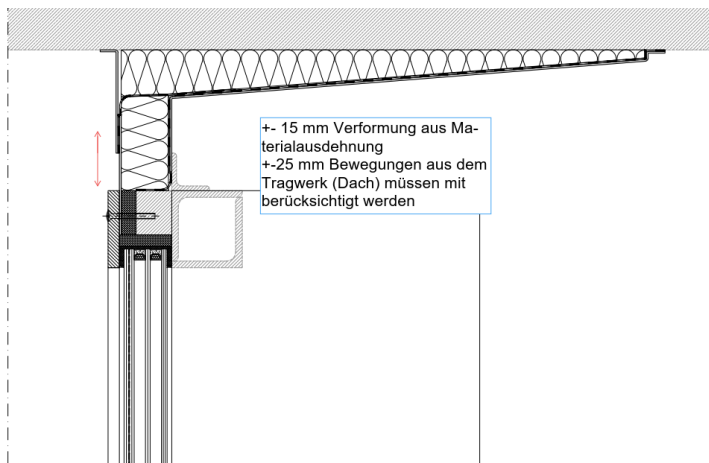


Abbildung 6-12: Gebäudebewegungen am Kopfpunkt FT01

6.5.2 Toleranzen

Toleranzen für die Planung, Herstellung und Montage von Bauteilen im Bauwesen werden durch DIN 18202 („Toleranzen im Hochbau“) geregelt. Die Fassaden werden so ausgebildet, dass konstruktiv ein Toleranzausgleich bis ± 20 mm gegenüber dem Rohbau möglich ist. Dies erfolgt durch Langlochkonstruktionen und notwendige Fugenmaße der Fassadenkonstruktion.

6.5.3 Montagetoleranzen

Auch eine Toleranz für Montagetoleranzen im Fassadensystem sollte berücksichtigt werden. Diese fällt aber meist deutlich genauer aus als beim Rohbau. **Zum aktuellen Planungsstand planen wir mit Montagetoleranzen von ca. 5 mm (für die neu errichteten Fassaden).**

6.6 Abweichungen/Allgemeine Hinweise an den Bauherren

6.6.1 Besondere Anforderungen Glas – Einscheibensicherheitsglas

Bei der Fassadenkonstruktion werden einzelne Scheiben in vorgespanntem Kalknatron-Einscheiben-Sicherheitsglas ausgeführt, da dies teilweise technisch und wirtschaftlich gegenüber einer Verbundsicherheitsverglasung VSG sinnvoll ist. Die Verglasung erfolgt mit einem Heißlagerungstest („Heat-Soak-Test“) bei vier Stunden Vorhaltezeit (290 °C) und Fremdüberwachung als ESG-HF. ESG-HF lässt eine höhere zulässige Spannung sowie eine höhere Temperatur(differenz)belastung der Verglasungen zu. Bei der Ausführung von ESG-/ESG-HF-Verglasungen kann es allerdings zu Spontanbruch durch Nickelsulfideinschlüsse kommen. Dies ist durch die Ausführung von getesteten ESG-HF-Scheiben (ESG mit einem „Heat-Soak-Test“) gegenüber reinem ESG zwar deutlich minimiert (statistisch 0,0001%), jedoch nicht auszuschließen. Gemäß aktueller Rechtsprechung (Bundesgerichtshof 08.05.2014 VII ZR 203/11) kann der vollständige Ausschluss von Nickelsulfid-Einschlüssen technisch nicht vollständig gewährleistet werden. Durch dieses Restrisiko ist strittig, inwiefern eine mangelfreie Leistung auch mit ESG-HF grundsätzlich überhaupt möglich ist („dauerhaft objektive Unmöglichkeit“). Der Hinweis auf diesen Sachverhalt wird angesprochen, da erfahrungsgemäß die ausführenden Firmen für das Problem des Spontanbruchs die Gewährleistung ablehnen werden. Selbstverständlich kann grundsätzlich ESG-HF angeboten, verkauft und zur Anwendung freigegeben werden. ESG-HF ist ein seit Jahrzehnten bewährtes Glasprodukt für Innen- und Außenanwendung in den verschiedensten sicherheitsrelevanten Einsatzbereichen. Bis heute sind Millionen von Quadratmetern nicht nur im Bauwesen, sondern auch in Autos, Zügen und Schiffen eingebaut worden. ESG-HF ist ein bauaufsichtlich eingeführtes und über nationales und internationales Regelwerk abgesichertes Glasprodukt. Kaum ein anderes Glaserzeugnis wurde so oft geprüft, überwacht und letztlich auch erfolgreich angewendet wie ESG-HF. In der Bauregelliste des DIBt und in den Anforderungen zur CE-Kennzeichnung („Conformité Européenne“) ist ESG-HF seit langem verankert und in Deutschland durch eine Verschärfung des Heat-Soak-Test nach Bauregelliste A Teil 1, lfd. Nr. 11.13, Anlage 11.11 ausgeführt, welche die Anforderungen der EN 14179 übererfüllt. Durch die Fremdüberwachung entsteht hier eine zusätzliche Kontrolle der Anforderungen. Die ESG-HF-Scheiben sind im eingebauten Zustand durch einen Glasstempel (im Regelfall unten rechts) gekennzeichnet. **Wenn ESG Verglasungen eingesetzt werden, wird aus diesem Grund immer eine ESG-HF Verglasung ausgeschrieben.**

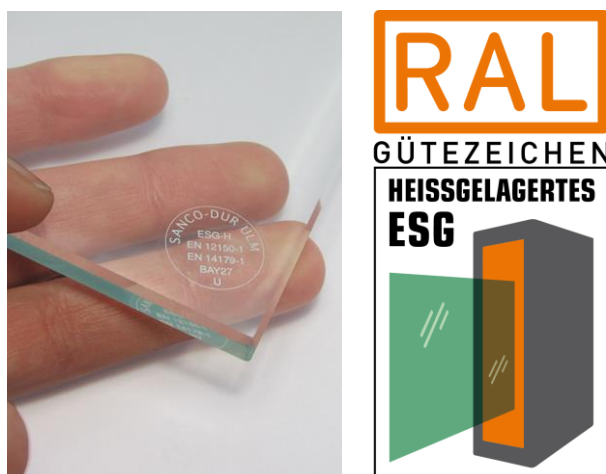


Abbildung 6-13: ESG-H-Stempel (www.glastroesch.de), RAL Gütezeichen heißgelagertes ESG (ESG-HF)

6.6.2 Anisotropien

Beim Herstellungsprozess vorgespannter Gläser wie Einscheibensicherheitsglas (ESG) bzw. teilvorgespanntem Glas (TVG) werden die Gläser thermisch durch Erhitzung und später Abkühlung behandelt. Dadurch ergeben sich interne Spannungszonen im Glas, die zu einer Doppelbrechung des Lichts führen. Als Folge entstehen Irisationserscheinungen als regebogenartige Polarisationsflächen, die Anisotropien genannt werden. Diese Erscheinungen sind stark von der Lichtsituation und dem Blickwinkel des Betrachters abhängig. Da Anisotropien aus der internen Spannungsverteilung resultieren, werden sie gemäß DIN EN 12150 („Glas im Bauwesen - Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas: Definition und Beschreibung als optische Eigenschaft“) klassifiziert und stellen technisch **keinen Mangel** dar.

Es kann darauf eingegangen werden, wenn z.B. die Außenscheibe kein vorgespanntes Glas ist, sondern ein VSG aus Floatgläsern. Außerdem sind mittlerweile anisotropiearme Gläser auf dem Markt erhältlich. Allerdings schränkt diese Anforderung den Markt stark ein und führt meist zu einer Erhöhung der Kosten.

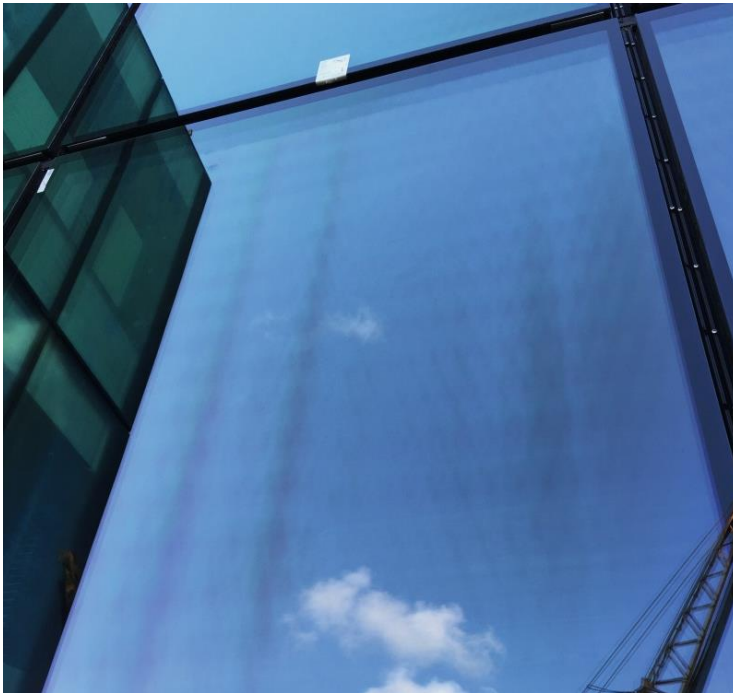


Abbildung 6-14: Beispielfoto Anisotropien (arcon)

6.6.3 Fußpunkte

Anforderungen an die Barrierefreiheit werden nach DIN 18040-1 („Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen - Teil 1: Öffentlich zugängliche Gebäude“) geregelt. Griffhöhen der Türen erfolgen auf +1.050 mm über OK FFB. Für die Fenstergriffe wird unabhängig davon eine Griffhöhe von +1.600 mm über OK FFB vorgesehen, da keine explizite Regelung in DIN 18040-1 vorgesehen ist. Eine Regelung existiert nur in DIN 18040-2 „Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen - Teil 2: Wohnungen“) für Menschen mit motorischen Einschränkungen bzw. für Rollstuhlnutzer (Reduktion Kraftaufwand Bedienung Fenster, Fenstergriff +850-1.050 mm über OK FFB, Brüstungshöhe mindestens durchsichtig ab +600 mm über OK FFB).

Die Ausführung von barrierefreie Türschwellen nach DIN 18040 steht im Widerspruch zur Ausführung gemäß der Flachdachrichtlinie und der Abdichtungsnormen DIN 18533 bzw. DIN 18531. Es können zusätzliche Kompensationsmaßnahmen geplant werden, da die Abdichtung allein die Dichtheit am Türanschluss nicht sicherstellt. Eine Kompensationsmaßnahme ist beispielsweise die Ausführung einer außenliegenden Rinne (Schlitzrinne). **Die Ausführung als Sonderlösung ist vom Bauherrn in der LP5 freizugeben, sofern die Windfangtüren erneuert werden dürfen.**



Abbildung 6-15: Beispiele Kompensationsmaßnahme Schlitzrinne (links); konventionelle Rinne (rechts) [ACO]

7 Fassadentypen

- FT01 – Hauptfassade
(Bauphase 2026 – alle Bereiche die an Terrasse im 1.OG angrenzen; Bauphase 2027 alle Bereiche, die an Atrium angrenzen)
- FT02 – Windfänge
(Bauphase 2027)
- FT03 – Atriumfassade
(Bauphase 2027)

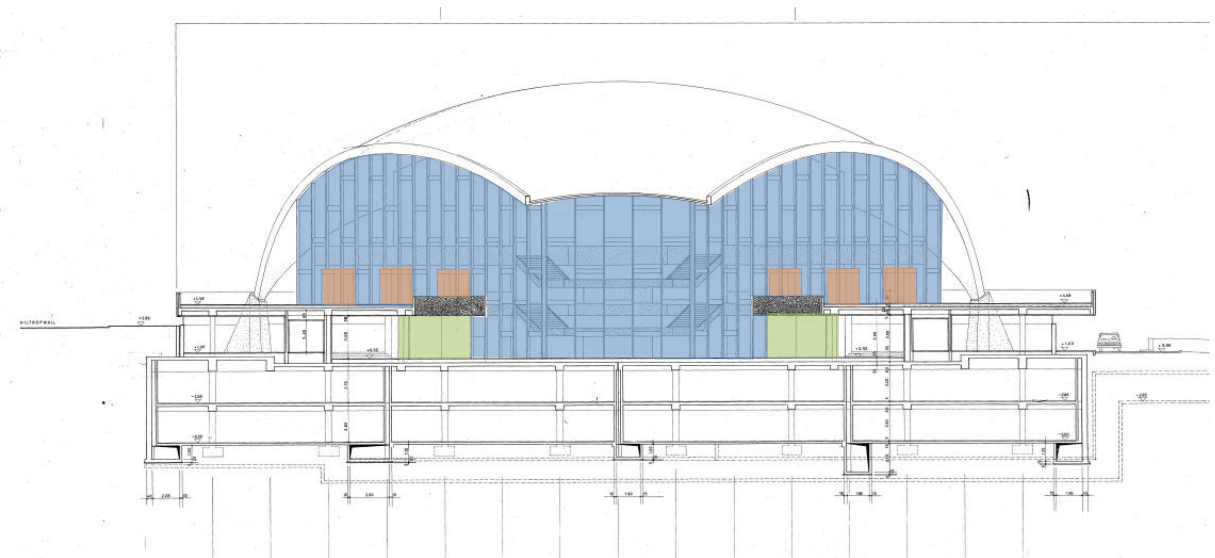


Abbildung 7-1: Ansicht Südost Fassadentypen

8 Fassadentyp FT01 – Foyerfassade



Abbildung 8-1: FT01 Bestand

8.1 Allgemeines

FT01 – Hauptfassade	Anforderungen	Geplante Ausführung
Statische Anforderungen		
Windlast	gem. DIN EN 1991-1-4	$w_d = 0.60 \text{ kN/m}^2$ $w_s = -0.90 \text{ kN/m}^2$
Lastannahmen für die Fassade		Neues Glasgewicht: 57,5 - 62,5 kg/m ²
Konstruktive Anforderungen		
Gebäudebewegungen	Materialausdehnung der Stahlpfosten + Dachkuppelverformungen	$\pm 40 \text{ mm}$ Aufmaßtoleranzen von ca. 5 mm beachten
Bauphysikalische Anforderungen		
Ucw-Wert Vorhangfassade (gemäß GEG)	$U_{cw}\text{-Wert} \leq 1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ $(U_f \leq 1,30 \text{ W/m}^2\text{K})$	$U_{cw}\text{-Wert} \leq 1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
Uw-Wert Fenster (gemäß GEG)	$U_w\text{-Wert} \leq 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ $(U_f \leq 1,30 \text{ W/m}^2\text{K})$	AWS 75 SI+: $U_f = 0,92 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
Ug-Wert Verglasung (gemäß EN 673, $\Delta T = 15 \text{ K}$)	Nur im Zusammenhang mit Rahmen zu bewerten	$U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$

Ud-Wert Türen (gemäß GEG)	Ud-Wert $\leq 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$	Ud-Wert $\leq 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ (für neue Türen)
U-Wert opake Bauteile (gemäß GEG)	U-Wert $\leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$	Aktuell keine Bereiche
g-Wert Verglasung (gemäß EN 410)	Nicht vorgegeben ($g \leq 0,45$ empfohlen)	$g \leq 0,53$
Fc-Wert	Nicht vorgegeben	$F_c = 1,0$ (kein Außenliegender Sonnenschutz)
Tageslichttransmission Verglasung		$LT \geq 70 \%$
Schlagregendichtigkeit Fenster (gemäß EN 12208)	9A (Empfehlung)	9A (Empfehlung)
Widerstand gegen Windlast Fenster (gemäß DIN EN 14351-1)	B4/C4 (Empfehlung)	B4/C4 (Empfehlung)
Luftdichtigkeit Fenster (gemäß EN 12207)	Klasse 4 (Empfehlung)	Klasse 4 (Empfehlung)
Brandschutzanforderungen		
Materialien der Außenwand (gemäß DIN 13501-1) <u>oder</u>	A1/A2-s, d0	Alle Materialien außer Dichtungen und Dämmmaterial, welches in Profilen eingeschlossen sind A1/A2-s, d0
Sicherheitsanforderungen		
Einbruchschutz (gemäß EN 1627)	noch nicht bekannt	Für neue Bauteile in Anlehnung an RC2
Umwelt- und Naturschutz		
Vogelschutz (Verglasung)	Außenreflexion $\leq 15 \%$	Außenreflexion $\leq 15 \%$

8.2 Bestandskonstruktion FT01 – Außenfassade

Die Außenfassade ist flächenmäßig der größte Bestandteil des Gebäudes und umfasst etwa 1070 m². Sie besteht aus Stahlpfosten und -riegeln und zeichnet sich dadurch aus, dass die gesamte Fassadenstruktur verschweißt ist, ohne Steckverbindungen. Das statische System der Fassade ist so konzipiert, dass sie auf den Fußpunkten steht und an der Decke über ein Loslager gehalten wird.

Das Fassadendesign ist besonders durch die abwechselnden Vor- und Rücksprünge geprägt: Jedes Feld springt etwa 320 mm nach außen oder nach innen. Die nach innen springenden Bereiche sind etwa 2500 mm breit, während die nach außen springenden schmaler sind und eine Breite von etwa 1500 mm haben. Diese Struktur erfordert, dass die Verglasung in den nach innen springenden Bereichen von innen und in den nach außen springenden Bereichen von außen eingebracht wird. Allerdings ist schon beim ersten Kontrollieren der Maße aufgefallen, dass die Felder in den Breiten variieren.

Die nach innen springenden Bereiche sind mit einem breiten Riegel von etwa 260 bis 300 mm ausgestattet, während die Riegel in den nach außen springenden Bereichen Abmessungen von etwa 80 x 80 mm bzw. 90 mm haben.

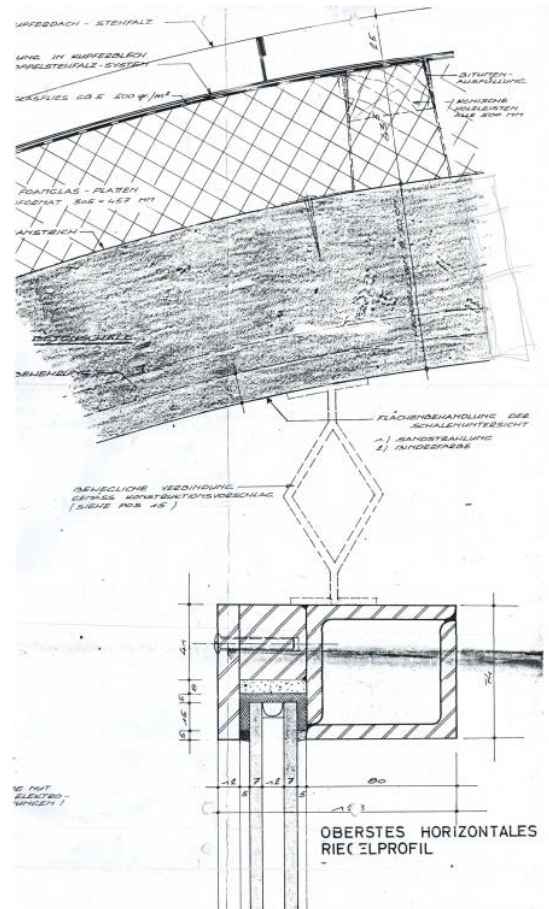


Abbildung 8-2: Innenansicht Südost (Begehung 11.07.2024), Detailschnitt (links) [Bestandsunterlagen]

Die Situation am Loslager (Kopfpunkt) ist nicht klar einzusehen. Allerdings gibt es insbesondere auf der Südostseite der Fassade starke Korrosionen an den oberen Anschlusspunkten. Es ist davon auszugehen, dass die Abdichtung des Dachs oberhalb der entsprechenden Loslager mit der Zeit undicht geworden ist. Diese müssen in jedem Fall ertüchtigt werden.



Abbildung 8-3: Korrodierter Kopfpunktanschluss an Südostfassade mit ausgebrochenem Beton des Dachs (STE Germany 31.07.2025)

Insbesondere unter den korrodierten Loslagern sind starke Wasserlaufspuren an den Fassadenprofilen zu erkennen. Diese sind vorwiegend auf die Undichtigkeiten zurückzuführen, können aber auch durch das anfallende Kondensat (durch die nicht vorhandene thermische Trennung) in den Wintermonaten entstehen.



Abbildung 8-4: Wasserlaufspuren innenseitig (links), Beschädigter Lack (rechts) (Begehung 11.07.2024)

Die Polyurethan-Dichtungen sind zum größten Teil altersbedingt beschädigt und müssen ausgetauscht werden, da durch undichte Stellen Wasser in den Glasfalzbereich eintreten kann. Von außen ist keine Maßnahme zu Entwässerung des Glasfalzes zu erkennen. Dadurch sind Korrosionsschäden im Glasfalzbereich nicht auszuschließen.



Abbildung 8-5: Gealterte, beschädigte Dichtungen (links: Begehung 11.07.2024, rechts: Gutachten 12.12.2020)



Abbildung 8-6: Aufnahmen mit endoskopischer Kamera in Fußpunktbereich der Pfosten (STE Germany 31.07.2025)

Außerdem wird davon berichtet, dass manchmal tote Vögel an der Fassade liegen, die durch den Anprall auf die Glasfassade gestorben sind. Die Situation vor Ort sollte durch einen Ornithologen bewertet werden.



Abbildung 8-7: Vermutlich Abdrücke von einem Vogelanprall auf Glasscheiben im Bestand (Begehung 11.07.2024)

Neben dem Vogelanprall gibt es auch Nistplätze an der Fassade, wie rechts im Bild zu sehen. Durch kleine Nischen an der Fassade können Vögel so einen Platz zum Nisten oder zum Sitzen finden. Auf Fassadenbereiche, an denen Abwehrmaßnahmen (Spikes) fehlen gibt es zum Teil sehr starke Verschmutzungen durch Vogelkot.



Abbildung 8-8: Stark verschmutzte Fassadenbereiche durch Vogelkot und Nistplätze in Fassadennischen (Begehung 11.07.2024)

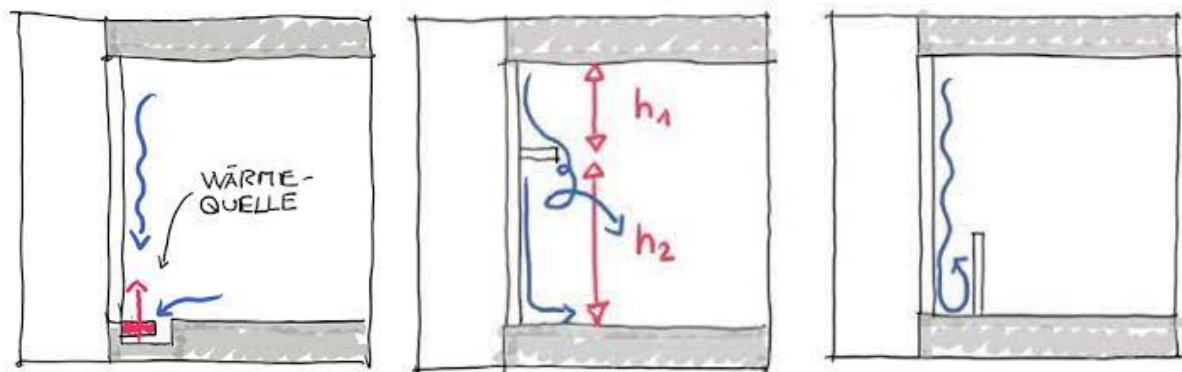
8.2.1 Kaltluftabfall

Außerdem sind an den Fassadenflächen der Außenfassade FT01 kniehohes Glasscheiben angebracht. Diese dienen nach Aussage der Nutzer dazu, dass die Heizwärme der Heizkörper nicht direkt über die Fassade nach außen gelangen kann. Es ist allerdings auch naheliegend, dass diese Glasscheiben auch Zugserscheinungen durch Kaltluftabfall minimieren sollen.



Abbildung 8-9: Kniehohe Verglasungen am Fußpunkt der FT01 Außenfassade (Begehung 11.07.2024)

Ein spürbarer Kaltluftabfall kann entstehen, wenn die Innenraumluft an der Fassade besonders kalt ist und nach unten „abfällt“. Insbesondere bei hohen Fassaden kommen schnell hohe Luftgeschwindigkeiten zustande. Eine Reduktion ist möglich durch:



Wärmequelle am Fußpunkt

Fallbremsen

Auffangvolumen

Bei einer energetischen Sanierung der Fassade ist die Möglichkeit des Auftretens von Kaltluftabfall zu prüfen und gegebenenfalls kann durch die wärmeren Oberflächentemperaturen im Fall einer energetischen Sanierung und durch die bereits vorhandenen Wärmequellen auf die Glasscheiben verzichtet werden.

8.3 Thermische Sanierung

8.3.1 Fassadenkonstruktion

Die Fassadenkonstruktion FT01 sollte aus den oben beschriebenen Gründen thermisch ertüchtigt werden.

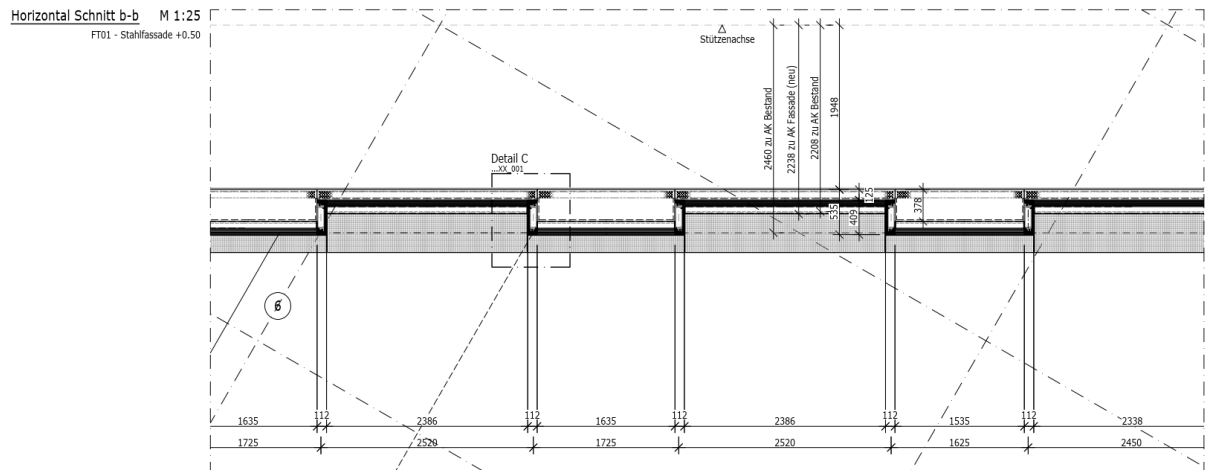


Abbildung 8-10: Vorabzug Horizontalschnitt FT01

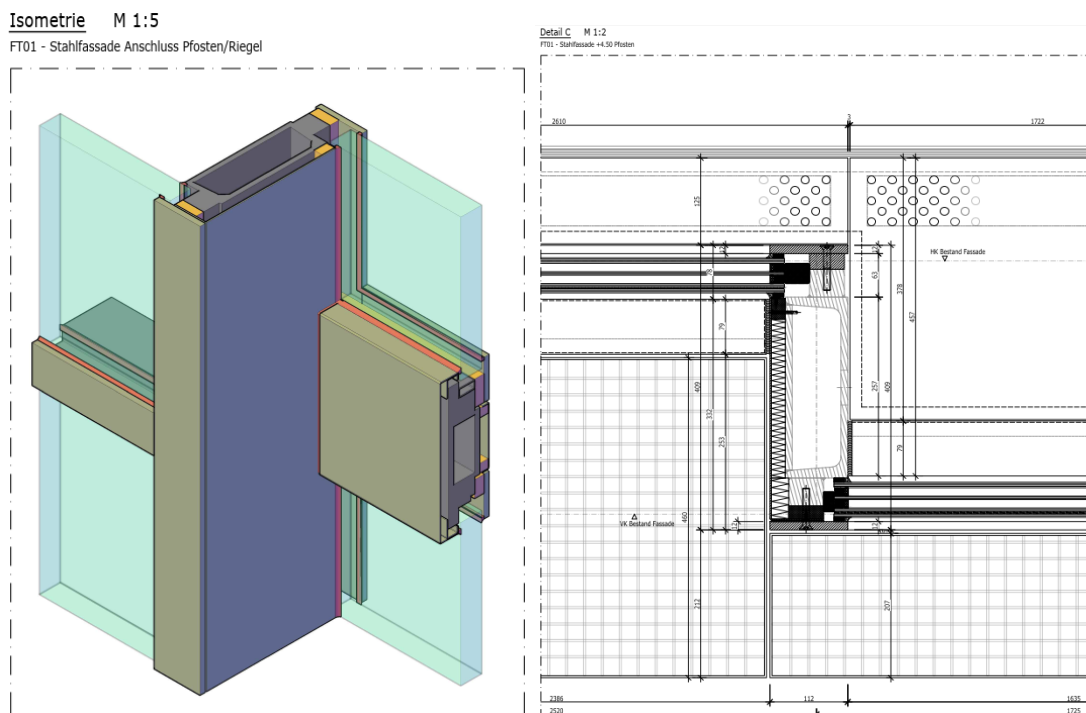


Abbildung 8-11: Skizzen zur möglichen Umsetzung der Sanierung der FT01 Fassade

Es wurden erste vereinfachte Berechnungen (Temperaturen -5° außen und 20° innen) zum bauphysikalischen Verhalten der aktuellen Konstruktion durchgeführt.

Es wird empfohlen die Pfosten mit einem Hochleistungsdämmstoff wie z.B. Calostat zu dämmen. Es ist ein Plattenwerkstoff, der einen sehr guten Dämmwert aufweist. Außerdem ist Calostat nicht brennbar und

hydrophob, das heißt Calostat verliert nicht die Dämmwirkung, wenn die Dämmung feucht wird. Calostat wird verklebt und kann in die entsprechenden Größen gesägt werden.

Calostat wird mit den Standardabmessungen 1.000 x 600 mm in den Plattenstärken 20, 30, 40 und 50 mm geliefert.

Abbildung 1

Physikalisch-chemische Daten

Eigenschaften und Testmethoden	Einheit	Richtwerte
Farbe		grau
Rohdichte	kg/m ³	165
Wärmeleitfähigkeit (λ)	W/ (m K)	0,019
Wärmeleitstufe WLS (Bemessungswert)		021
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl (μ)		6
Wasseraufnahme	kg / m ²	≤ 0,1
Feuchteaufnahme	Masse %	≤ 1,0
Dimensionsstabilität (Länge/Breite/Dicke)	%	≤ 1 / 1 / 2
Druckfestigkeit	kPa	> 90
Rückstellvermögen reversibel	%	≤ 10

Registrierungen

Registrierung	Zugelassen für	Anwendung
DIN EN 13501-1	Baustoffklasse A2-s1 d0	Nicht brennbar
DIN 4102-2	Baustoffklasse A	Nicht brennbar
DIBT	Z-23.11-1926	DI, DEO (dg), DAD, DAA, WI und WAB gemäß DIN 4108-10
DIBT	Z-23.12-1977	Kerndämmung bei zweischaligem Mauerwerk

Abbildung 8-12: Datenblattausschnitt Calostat

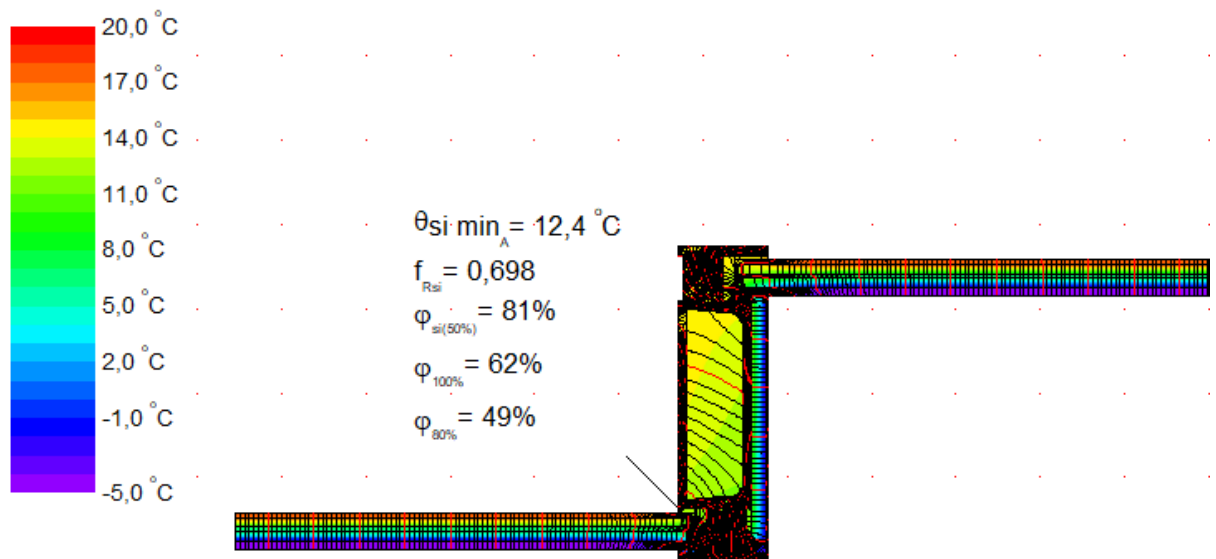


Abbildung 8-13: Oberflächentemperaturen bei Verwendung von Calostat $\lambda=0,019 \text{ W/mK}$

Calcium-Silikatplatten werden in der Regel für Brandschutzverschlüsse verwendet und sind deutlich günstiger als Calostatplatten. Sie sind ebenfalls nicht anfällig für Feuchte allerdings weisen diese Platten eine deutlich schlechtere Wärmedämmeigenschaft auf. Aus diesem Grund ist auch die Oberflächentemperatur auf dem Pfosten bei 20 mm Dämmung nur bei ca. $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$, was unterhalb der angestrebten $12 \text{ }^{\circ}\text{C}$ liegt. Daher ist der Auftreten von Kondensat wahrscheinlicher/häufiger.

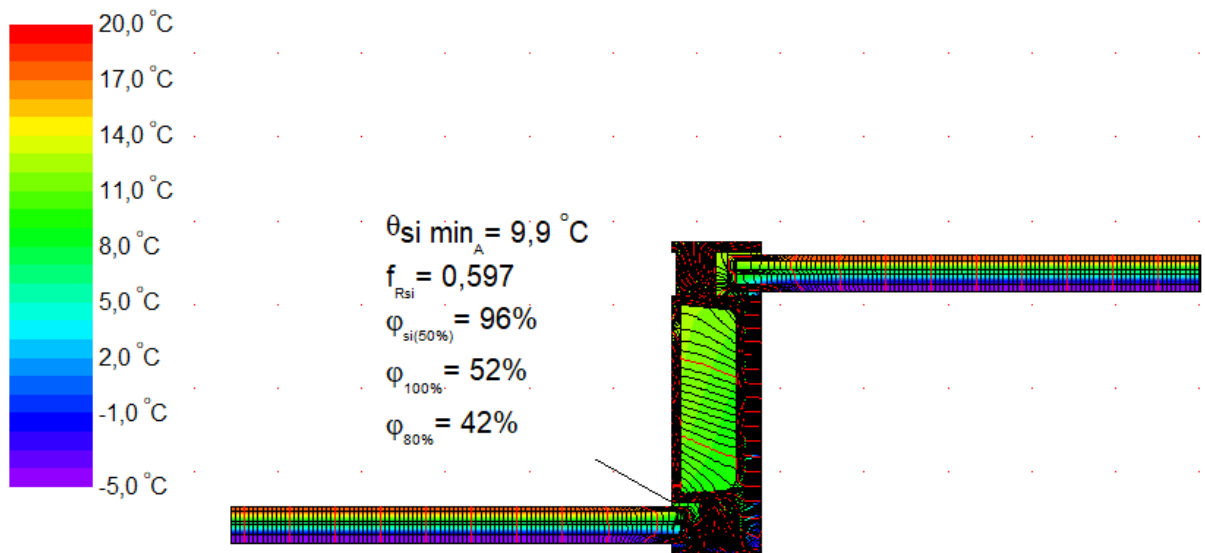


Abbildung 8-14: Oberflächentemperaturen mit Calcium-Silikat Platten $\lambda=0,089 \text{ W/mK}$

Für den Anschluss am Kopfpunkt kann ebenfalls mit Calostat ausgeführt werden und die Dämmung im vertikalen Bereich muss weich sein, um auf die Gebäudebewegungen reagieren zu können. Daher wird in dem Bereich Mineralwolle eingesetzt.

Calcium-Silikatplatten werden als Abstandhalter genutzt, um den zusätzlichen Raum zu füllen, der entsteht, durch den dickeren Glasaufbau.

8.3.2 Kopfpunkt/Flankendämmung

Außerdem werden Maßnahmen am Kopfpunkt nötig werden, da die Decke durch die Durchdringung der thermischen Hülle eine Schwachstelle darstellt. Solche Detailpunkte werden in der Regel durch Flankendämmung so weit kontrolliert, dass ein Tauwasserausfall an der Stelle unwahrscheinlich wird und so Schimmelbildung weitestgehend reduziert werden kann.

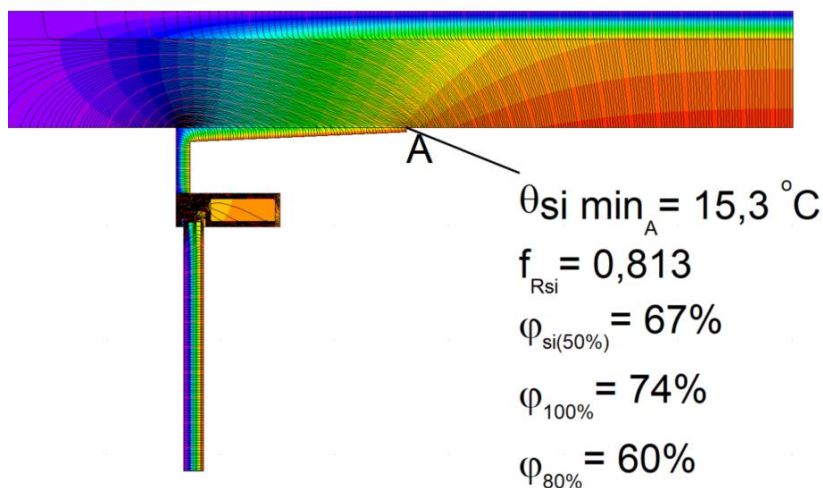


Abbildung 8-15: Option 2: Innenliegende Flankendämmung

Die Flankendämmung muss **min. 500 mm** in den Raum hineingeführt werden, um eine ausreichende Oberflächentemperatur an der Betondecke zu erhalten.

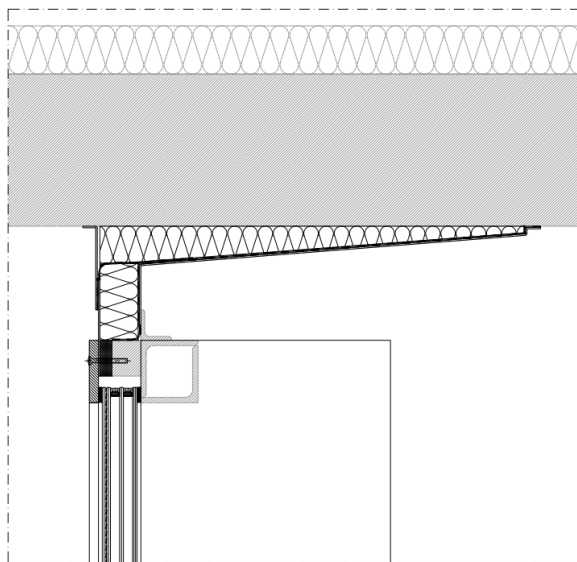


Abbildung 8-16: Skizzen zur möglichen Umsetzung der Sanierung der FT01 Fassade

8.3.3 Dichtungsprofile FT01

Aktuell sind weder Belüftungsschlitze, noch Entwässerungsmöglichkeiten und der Fassadenkonstruktion zu erkennen. Und da wie zuvor beschrieben damit zu rechnen ist, dass Kondensat auch an den Glaskanten entsteht und auch bei einer Sanierung unumgänglich ist, ist es umso wichtiger Entwässerungs- und Belüftungsmöglichkeiten für den Glasfalz vorzusehen.

Insbesondere in den zurückspringenden Riegelprofilen ist die Entwässerung nicht über Schlitze in den unteren Dichtungsprofilen umsetzbar (gemäß eines Einfeldsystems) und der Glasfalz muss deswegen über die Pfostendichtung entwässert werden (Mehrfeldbelüftung und -entwässerung). Somit werden unterschiedlich hohe Dichtungsprofile für Pfosten und Riegel benötigt. Dies ist insbesondere dann umsetzbar, wenn durch den Einsatz der 3-fach Isolierverglasung der Glasfalz ohnehin größer wird. Dann kann bei der Festlegung der Glasfalzdicke die Dichtung mitbeachtet werden.

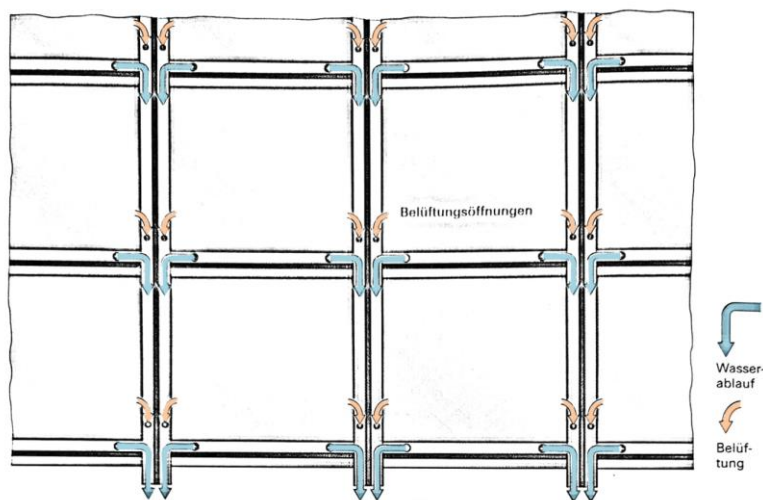


Abbildung 8-17: Prinzip der Mehrfeldbelüftung [Fenster, Türen und Fassadentechnik]

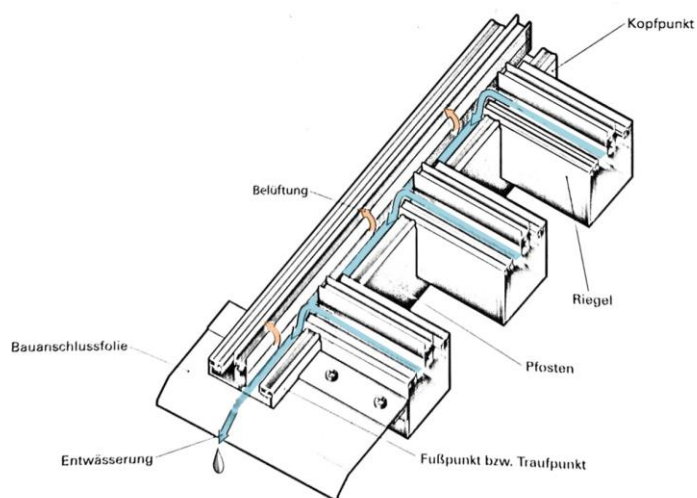


Abbildung 8-18: Belüftung und Entwässerung beim Mehrfeldsystem [Fenster, Türen und Fassadentechnik]

Da die Bestandskonstruktion keine Verwendung von einer Aufsatzkonstruktion zulässt, wird die Entwässerung und Belüftung durch eine Öffnung (blau) in der Stahlkonstruktion bzw. in der vorgesehenen Dämmebene integriert.

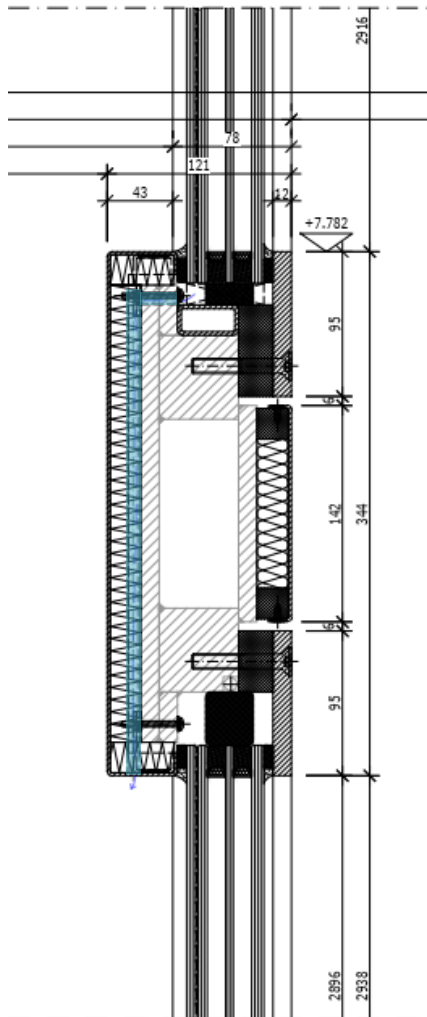


Abbildung 8-19: Be- und Entwässerungsöffnungen an der Fassade FT01

8.4 RWA Klappen

8.4.1 Bestandssituation

2012 wurden NRW Öffnungsflügel nachträglich eingebracht. Laut Brandschutzkonzept sollen die Öffnungen sowohl für Zuluft als auch für Abluft je Fassadenseite min 10,8 m² (aerodynamische Querschnitt) betragen.

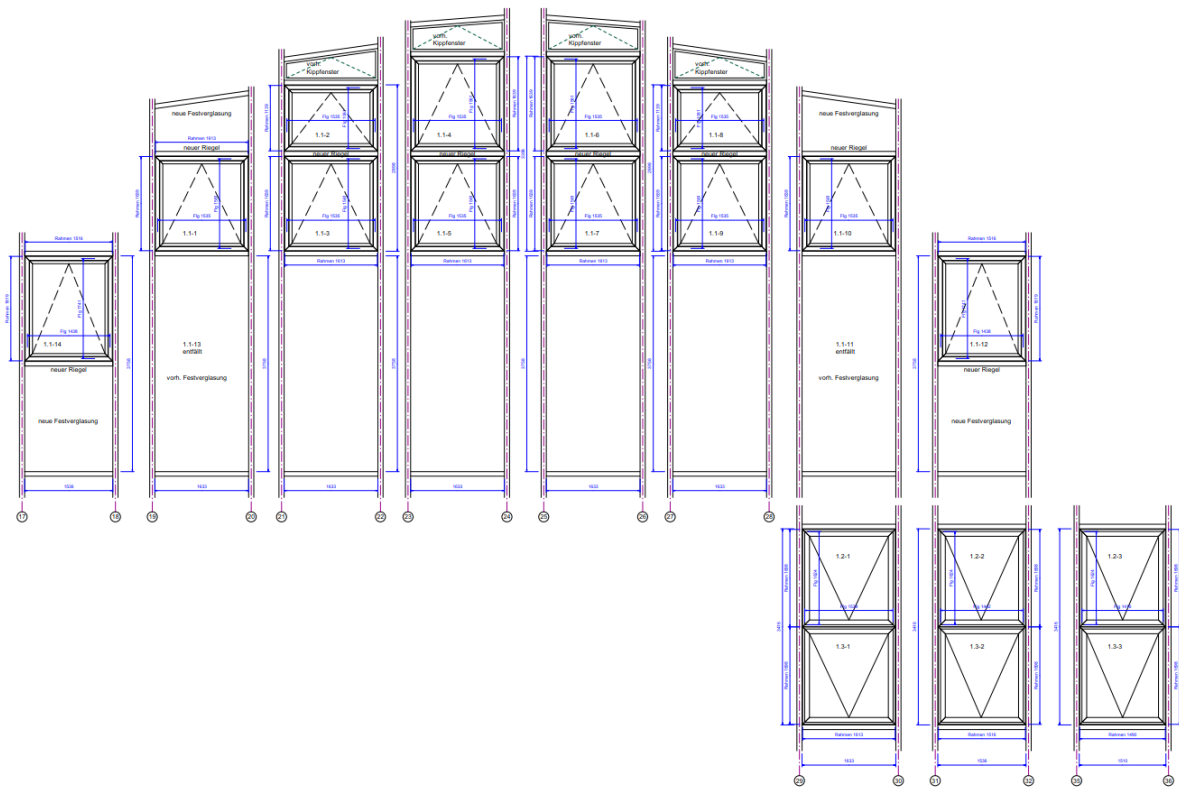


Abbildung 8-20: Bestandssituation NRW Fenster

Bereich: Westfassade (Abluft)

Flügel / System:	Beschlag:	Flügelnummer:	Anzahl:	Flügelmaß (B x H): [mm]	geometrische Bezugsfläche A _v [m ²]	Seiten- verhältnis b/h	Öffnungs- winkel:	Durchfluss- beiwert c _v	Aa-Wert eines Flügels [m ²]	gesamter Aa-Wert [m ²]
Kippflügel, einwärts Schüco AWS 75.Si	Schüco TT RWA Kippbeschlag K50+ I mit 800 mm Hub	1.1-1, 1.1-3 bis 1.1-7, 1.1-9, 1.1-10	8	1535 x 1561	2,214	0,983	30°	0,52	1,15	9,20
Kippflügel, einwärts Schüco AWS 75.Si	Schüco TT RWA Kippbeschlag K50+ I mit 800 mm Hub	1.1-2, 1.1-8	2	1535 x 1061	1,476	1,47	45°	0,54	0,80	1,60
Kippflügel, einwärts Schüco AWS 75.Si	Schüco TT RWA Kippbeschlag K50+ I mit 800 mm Hub	1.1-12, 1.1-14	2	1438 x 1741	2,316	0,82	27°	0,5	1,16	2,32
									vorh. Aa =	
									13,12	

Nachweis: vorh. Aa = 13,12 m² ≥ erf. Aa = 10,80 m² Nachweis erfüllt

Bereich: Ostfassade (Abluft)

Flügel / System:	Beschlag:	Flügelnummer:	Anzahl:	Flügelmaß (B x H): [mm]	geometrische Bezugsfläche Av [m²]	Seiten- verhältnis b/h	Öffnungs- winkel:	Durchfluss- beiwert c _v	Aa-Wert eines Flügels [m²]	gesamter Aa-Wert [m²]
Kippflügel, einwärts Schüco AWS 75.Si	Schüco TT RWA Kippbeschlag K50+ I mit 800 mm Hub	1.1-1A, 1.1-3A bis 1.1-7A, 1.1-9A, 1.1-10A	8	1535 x 1561	2,214	0,983	30°	0,52	1,15	9,20
Kippflügel, einwärts Schüco AWS 75.Si	Schüco TT RWA Kippbeschlag K50+ I mit 800 mm Hub	1.1-2A, 1.1-8A	2	1535 x 1061	1,476	1,47	45°	0,54	0,80	1,60
Kippflügel, einwärts Schüco AWS 75.Si	Schüco TT RWA Kippbeschlag K50+ I mit 800 mm Hub	1.1-12A, 1.1-14A	2	1438 x 1741	2,316	0,82	27°	0,5	1,16	2,32
										vorh. Aa = 13,12

Nachweis: vorh. Aa = 13,12 m² ≥ erf. Aa = 10,80 m² **Nachweis erfüllt**

Bereich: Zuluft

Flügel / System:	Beschlag:	Flügelnummer:	Anzahl:	Flügelmaß (B x H): [mm]	geometrische Bezugsfläche Av [m²]	Seiten- verhältnis b/h	Öffnungs- winkel:	Durchfluss- beiwert c _v	Aa-Wert eines Flügels [m²]	gesamter Aa-Wert [m²]
Senkkippflügel, auswärts Schüco AWS 70.Hi	Schüco TT RWA Senkkippbeschlag K50+ A mit 600 mm Hub	1.2-1, 1.2-6, 1.3-1, 1.3-6	4	1539 x 1624	2,24	0,94	22°	0,36	0,81	3,24
Senkkippflügel, auswärts Schüco AWS 70.Hi	Schüco TT RWA Senkkippbeschlag K50+ A mit 600 mm Hub	1.2-2, 1.2-5, 1.3-2, 1.3-5	4	1442 x 1624	2,09	0,88	22°	0,36	0,75	3,00
Senkkippflügel, auswärts Schüco AWS 70.Hi	Schüco TT RWA Senkkippbeschlag K50+ A mit 600 mm Hub	1.2-3, 1.2-4, 1.3-3, 1.3-4	4	1416 x 1624	2,05	0,86	22°	0,36	0,74	2,96
										vorh. Aa = 9,20

Nachweis: vorh. Aa = 9,20 m² < erf. Aa = 10,80 m²
Es müssen zusätzliche Türen manuell geöffnet werden.
erforderliche geometrische Türfläche: (10,80 - 9,20) / 0,7 = 2,29 m²

Abbildung 8-21: Berechnung Bestand aerodynamische Querschnitte NRW

Den Bestandsunterlagen ist zu entnehmen, dass die benötigte Zuluft nur durch zusätzlich geöffnete Türen erreicht werden kann. Für die Sanierung werden deshalb auf Wunsch der Bauherren 2 weitere Fenster eingeplant, sodass der erforderliche Querschnitt über die Öffnungen in der Fassade (ohne Nutzung der Türen) erreicht werden kann.

Die damals gewählte Beschichtung der Profile passt nicht zu den Bestandsbeschichtungen, deshalb wird davon ausgegangen, dass die gesamten Fensterflügel neu produziert werden inkl. neuer Technik.

8.5 Beschichtung

8.5.1 Schadstoffe

Selbst heute enthalten Lacke noch Lösungsmittel, weshalb es zwingend erforderlich ist, beim Entfernen des alten Lacks und bei der Neulackierung der Fassadenkonstruktion eine spezielle Schutzausrüstung zu tragen. Die anfallenden Rückstände müssen zudem in speziellen Deponien entsorgt werden.

Die Beschichtungen und Dichtungen wurden auf folgende Schadstoffe untersucht:

Asbest:

- Es konnte kein Asbest in den Mischproben nachgewiesen werden

PAK:

- Kein BaP (in Summe von PAK enthalten)
- Geringe Menge an PAKs (unter 50 mg/kg)

PCB:

- Geringe Menge an PCB (unter 50 mg/kg) - Bedeutet das, dass kein Schwarz/Weiß Bereich erforderlich ist?
 - o Klemmschienen oberhalb 50 mg/kg - mittlere Belastung, Schwarz-Weiß Bereich?! Aber eigentlich werden diese nicht weiterverwendet

Schwermetalle:

- **Blei** Vorkommen ist kritisch hoch – schon ab 1.000 mg/kg sollte man handeln
- **Chrom** nur kritisch, wenn es **Hexavalent** ist, ansonsten moderat (ist nicht angegeben welches Chrom)
- **Zink Vorkommen** ist sehr hoch, aber nicht toxikologisch kritisch, nur Staubbelastung ist zu beachten

Nur in Beschichtung des Windfangs:

- **Cadmium:** Schon >100 mg/kg Cadmium in Beschichtungen gilt als **hoch belastet**
 - Cadmium ist krebserzeugend, giftig beim Einatmen und kann beim Sandstrahlen sehr leicht in die Lunge gelangen
- ➔ TRGS 524 ist zu beachten, es sind Absaugungen notwendig, Notwendigkeit eines Schwarz/Weiß Bereiches nur bei Verwendung eines Sandstrahlers

Schwermetalle (gemäß polludoc.ch):

Ohne Bearbeitung:

Schwermetallhaltige Farben stellen in gutem Zustand kein Gesundheitsrisiko dar. Wenn ein Anstrich beschädigt ist (abblätternde Farbe), kann er ein Gesundheitsrisiko für die Bewohner darstellen. Der Staub kann sich in der Raumluft verteilen oder die Farbabplatzungen können von Kindern oral aufgenommen werden. In der Regel ist aber ohne Bearbeitung der Anstriche nicht mit einer Personengefährdung zu rechnen.

Mit Bearbeitung:

Die Personengefährdung ist abhängig vom Schwermetall, dem Gehalt und dem gewählten Bearbeitungsverfahren zu beurteilen. Eine erhöhte Gefährdung besteht, wenn die Verfahren zu einer starken Staub- oder Hitzeentwicklung führen.

Insbesondere bei der Bearbeitung von Korrosionsschutzanstrichen ist davon auszugehen, dass erhöhte Schadstoffkonzentrationen emittiert werden und ohne Schutzmaßnahmen eine Gefährdung für Mensch und Umwelt besteht. Aber auch bei der Bearbeitung von Farben auf mineralischem Untergrund kann eine Gefährdung nicht ausgeschlossen werden.

Bei der Entfernung von Bauteilen / Materialien resp. Anstrichen mit erhöhten Schwermetall-Gehalten sind den Schadstoffgehalten und dem Verfahren angepasste Arbeits- und Gesundheitsschutzmaßnahmen zu beachten (persönliche Schutzausrüstung, organisatorische und technische Schutzmaßnahmen). So ist z.B. bei einer Bearbeitung von Bleimennige (stark bleihaltige Farbe) darauf zu achten, dass nicht nur geeignete Maßnahmen gegen Staub, sondern auch gegen anorganische Dämpfe getroffen werden (entsprechende Atemschutzfilter und aktive Be-/Entlüftung des Raums inkl. Abluftreinigung).



Abbildung 8-22: Beschichtung nach Probeentlackung (Verzinkte Stahloberfläche ist zu erkennen, die rote Farbe ist vermutlich der Rostschutzanstrich)

Haftzugproben stehen noch aus.

8.5.2 Entlacken der Stahlprofile - Sandstrahlen

Die Stahlteile müssen aufgrund der verschweißten Fassadenstruktur Vor-Ort entlackt werden. Grundsätzlich gibt es drei Arten der Entlackung, wobei nur die mechanische Entlackung für das Projekt Opernhaus in Frage kommt. Eine Thermische oder chemische Entlackung kann aufgrund der benötigten Temperaturen bzw. der benötigten Chemiebäder (nur in Fertigungshallen möglich) nicht zum Einsatz kommen.

Das mechanische Entlacken kann mittels Sandbestrahlung erfolgen. Hierbei muss die Schadstoffbelastung der vorhandenen Beschichtung beachtet werden. Bei dem Verfahren wird ein Strahlmittel, z.B. Korund, Granatsand oder Kunststoff, mit hoher Geschwindigkeit und hohem Druck durch Hilfsmittel wie Druckluft, Dampf oder Presswasser, auf die zu behandelnde Oberfläche geschleudert. Das Sandstrahlen kann sowohl zum Abtrag des Lackes als auch zur Aufbereitung der Oberfläche verwendet werden. Verfahrensabhängig entstehen raue bis samtartige Oberflächen.



Abbildung 8-23: Sandstrahlen [Fotoquelle Maler Hoog, Gengenbach]

Trockeneisstrahlen und Wirbelstromstrahlen eignen sich nicht, da sie weniger abrasiv wirken und somit sehr viel mehr Zeit in Anspruch nehmen und vorwiegend für die Reinigung von Oberflächen verwendet werden.

Bei planen Flächen kann die Zeit für die Entlackung $30 \text{ m}^2/\text{h}$ betragen. Bei der Profilgeometrie, die beim Opernhaus vorliegt, wird die Entlackung deutlich mehr Zeit in Anspruch nehmen. Für die Zeitkalkulation gehen wir aktuell von $3 \text{ m}^2/\text{h}$ aus.

Diese gängige Methode ist aufgrund der Bleibelastung und der Beschichtung kritisch zu sehen, da das Strahlgut durch die Beschichtung zu Sondermüll wird und die Einhausung und der Arbeitsschutz einen großen Kostenfaktor mit sich bringt.

Daher wurden alternative Verfahren untersucht.

8.5.3 Entlacken der Stahlprofile – Vakuumstrahlverfahren

Das Vakuum-Strahlverfahren ist eine staubarme und umweltfreundliche Technik zur Reinigung, Entlackung oder Entschichtung von Oberflächen. Dabei wird das Strahlmittel in einem geschlossenen Kreislauf wiederverwendet. Anders als beim Hochdruck-Sandstrahlen entsteht ein Unterdruck, der das Strahlmittel aus einem Behälter ansaugt, stark beschleunigt und nach dem Auftreffen auf die Oberfläche gemeinsam mit den gelösten Schmutzpartikeln sofort wieder absaugt und filtert.

Diese Methode ermöglicht es trotz der Bleibelastung des Lacks eine staubarme und kostengünstige (in Bezug auf Schadstoffentsorgung) Methode zur Entlackierung.

Bei der Probeentlackung stellte sich allerdings heraus, dass die Entlackung mittels Vakuumstrahlverfahren zu zeitaufwendig ist und mit dem Zeitplan nicht vereinbar ist. Die Zeitkomponente bringt auch erhöhte Kosten mit sich.

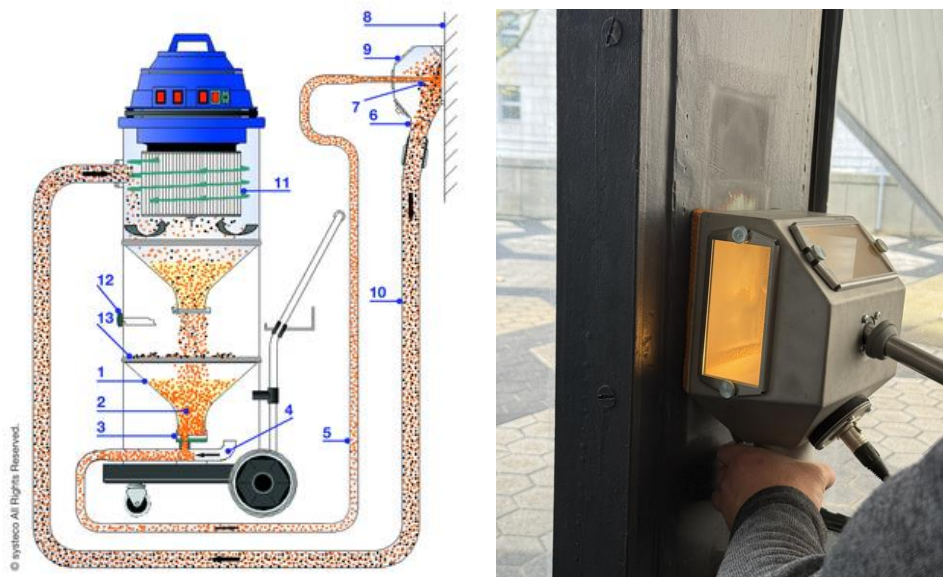


Abbildung 8-24: Vakuumstrahlverfahren (sys-teco)

8.5.4 Entlacken mittels Abbeizen

Eine weitere Möglichkeit ist das Abbeizen mittels Abbeiz-Gel. Dieses wird mit einer Schichtdicke von 1-3 mm aufgetragen und kann nach 10 – 24 Stunden Einwirkzeit mittels Schabern von der Fassade entfernt werden.

Wichtig ist, auf besonders schadstoffarme Abbeizer zu achten und auch der Arbeitsschutz und die Entsorgung des Lacks sind zu berücksichtigen.

Entsprechende Tests werden auch hier durchgeführt. Zu berücksichtigen ist auch, dass es zu einer Geruchsentwicklung durch den Abbeizer insbesondere in der Abbeizzeit kommen kann.

Für die Zeitkalkulation gehen wir aktuell von 4 m²/h aus (wobei die Einwirkzeit zu berücksichtigen ist). Allerdings kann bei dieser Methode sehr gut parallel gearbeitet werden, was die Gesamtzeit für die Entlackung reduzieren kann.



Abbildung 8-25: Beispielbilder Abbeizer Gel (Scheidel)

8.5.5 Baustellenlackierung

Die gesamte Stahlstruktur der Fassade ist geschweißt und kann demnach nicht ausgebaut und werkseitig neubeschichtet werden. Die Beschichtung muss mittels eines lufttrocknenden, handwerklich verwendbaren Nasslack vorgenommen werden. Als Aufbringmethode eignet sich für die Größe des Projektes hauptsächlich die Sprühtechnik.

Durch die Begrenzung der Arbeiten in der spielfreien Zeit kommt nur die Sprühtechnik in Frage. Da der Stahl bereits verzinkt ist kann eine Korrosionsklasse C3 ausreichen für die neue Beschichtung. Es sollte ein 2-lagiger Lack (Haftgrund, Deckschicht) verwendet werden. Vor der Lackierung sollte ein Silikonentferner zum Einsatz kommen.

Zwischen den beiden Schichten sollte eine Trocknungszeit von 1-2 Tagen liegen. Die Trocknungszeiten des fertigen Lacks variiert, allerdings sollte der Lack zunächst 3-4 Tage ausdünsten, da Lösemittel abgegeben werden und die Oberflächen nicht dicht eingeschlossen werden sollen (das geschieht im Bereich des Glasfalzes). Und auch um die Verklebung des Isolierglases und die PVB-Folie im Glasaufbau zu schützen, muss diese Zeit eingehalten werden. Das Lackieren erfolgt in der Regel schneller als das Entlacken der Stahlprofile und wird für den Terminplan mit ca. 5 m²/h angenommen.



Abbildung 8-26: Nasslackbeschichtung Sprühtechnik [ict-rhine]

8.5.6 Farbauswahl

Es wurden bereits Farbmuster aus der RAL Farbpalette (RAL 7021) bemustert in 3 verschiedenen Glanzgraden. Der Glanzgrad 70E trifft den Glanzgrad der Bestandsbeschichtung ganz gut.

Allerdings ist die RAL Farbe noch nicht die geeignete Farbe, um die Bestandsfarbe zu treffen. Weitere Farbmuster aus dem NCS Bereich werden bestellt.

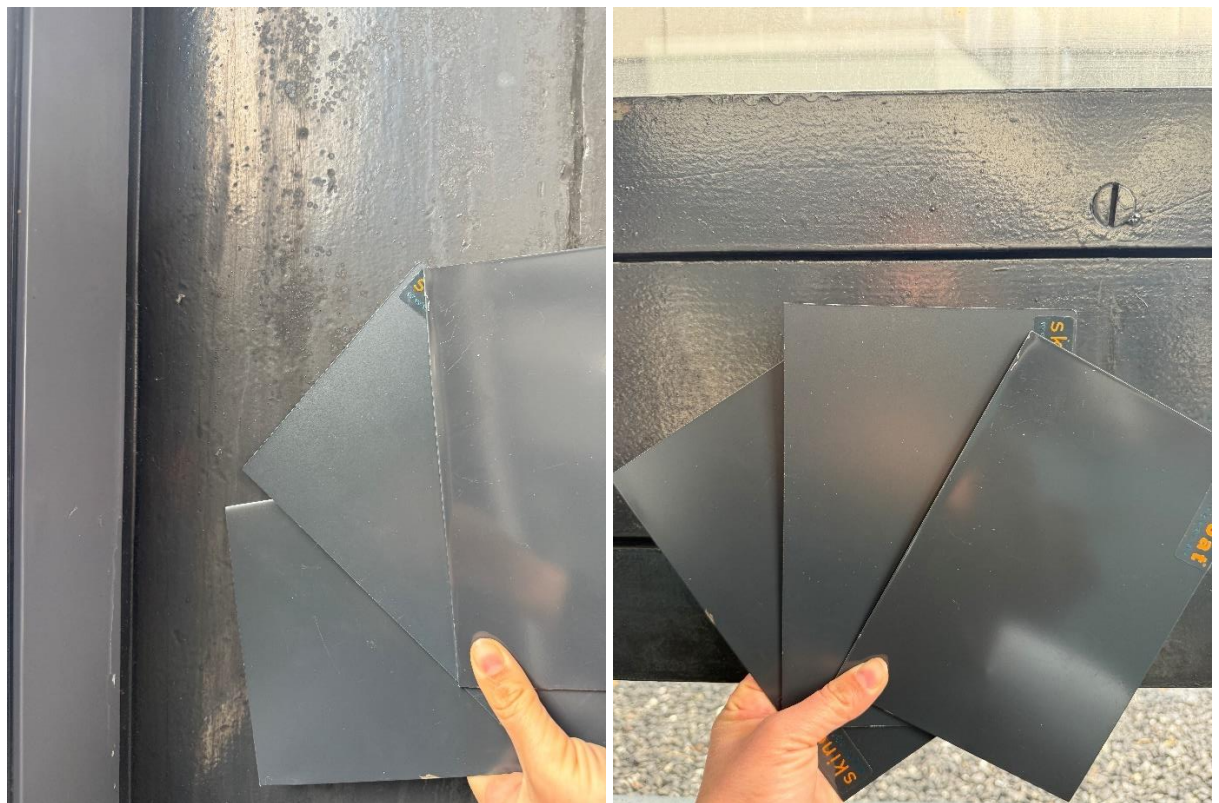
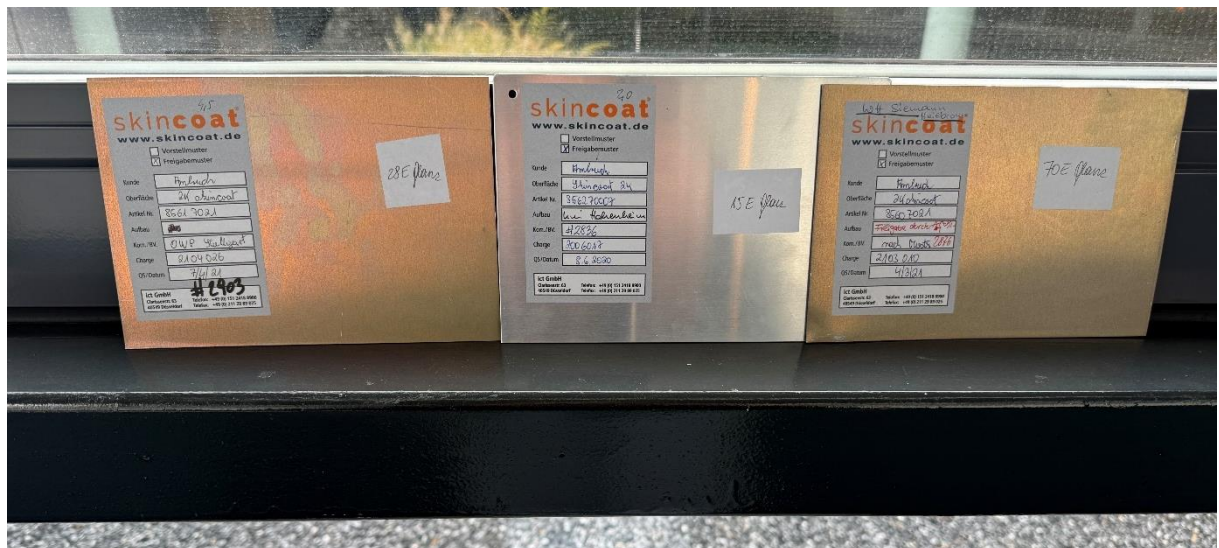


Abbildung 8-27: Muster in unterschiedlichen Glanzgraden RAL 7021

8.6 Verglasungen

8.6.1 Bestandsverglasung

Die Verglasungen sind gemäß dem Gutachten vom 12.12.2020 vom Sachverständigenbüro Achenbach ohne Wärmeschutzbeschichtung ausgeführt. Der Glasaufbau wird den Bestandsunterlagen entnommen, kann aber möglicherweise etwas abweichen. Durch die Analyse der Reflexionen im oben erwähnten Gutachten ist aber klar, dass es sich um 2 Einzelscheiben handelt. Aufgrund der Bruchbilder an ein paar Stellen im Gebäude ist zu erkennen, dass das Glas nicht vorgespannt, sondern in Floatglas Qualität ausgeführt wurde (TVG wird erst seit 1985 produziert).



Abbildung 8-28: Glasbruch in Bestandsfassade

Bauphysikalische Eigenschaften	Glastyp 1 - Fassade
	Von außen nach innen: 6 - 8 mm Glas 12 mm SZR (Luft) 6 - 8 mm Glas 24 - 28 mm Gesamtdicke

Die Türen im Windfang bestehen aus Ganzglastüren aus Einfachverglasungen.

8.6.2 Neue Verglasungen

Die Bestandsverglasung besteht aus zwei 6-8 mm Floatglasscheiben in einem 2-fach Isolierglas.

Die Bestandverglasung wird voraussichtlich die folgenden Werte erzielen:

- U-Wert 2,8 W/m²K (Schätzwert)
- G-Wert: 0,75 (Schätzwert)
- Lichttransmission 79 % (Schätzwert mit aktuellen vergleichbaren Verglasungen)
- Rw: 34 dB (Schätzwert)
- 30 - 40 kg/m²

Nach heutigem Standard müssen an Verkehrs- und Aufenthaltsbereichen grenzende Verglasungen bruchstark ausgeführt werden, damit sie als verkehrssicher gelten. Als bruchstarkere Verglasungen zählen VSG (Verbundsicherheitsglas aus Floatglas und TVG) und ESG (Einscheibensicherheitsglas). **Das neue Glasgewicht beläuft sich auf ca. 57,5 - 62,5 kg/m². Die Gläser, die auf Anprallhöhe sind werden mit einer stärkeren**

Für den aktuellen Planungsstand werden die folgenden 3 Beschichtungskombinationen vorgeschlagen, die alle eine Außenreflexion unter 15 % aufweisen (Vogelschutz). Da kein g-Wert vorgegeben ist, kann auch ein Aufbau mit g=0,47 gewählt werden doch die Empfehlung ist einen niedrigeren g-Wert einzusetzen, was allerdings die Lichttransmission verringert.

Im ersten Bemusterungsschritt wurden 3 Glasmuster von AGC bemustert. Darunter die unten genannte Wärmeschutzbeschichtung iplus 1.1. Die beiden anderen Muster waren mit jeweils einer Sonnenschutzbeschichtung und einer Wärmeschutzbeschichtung.

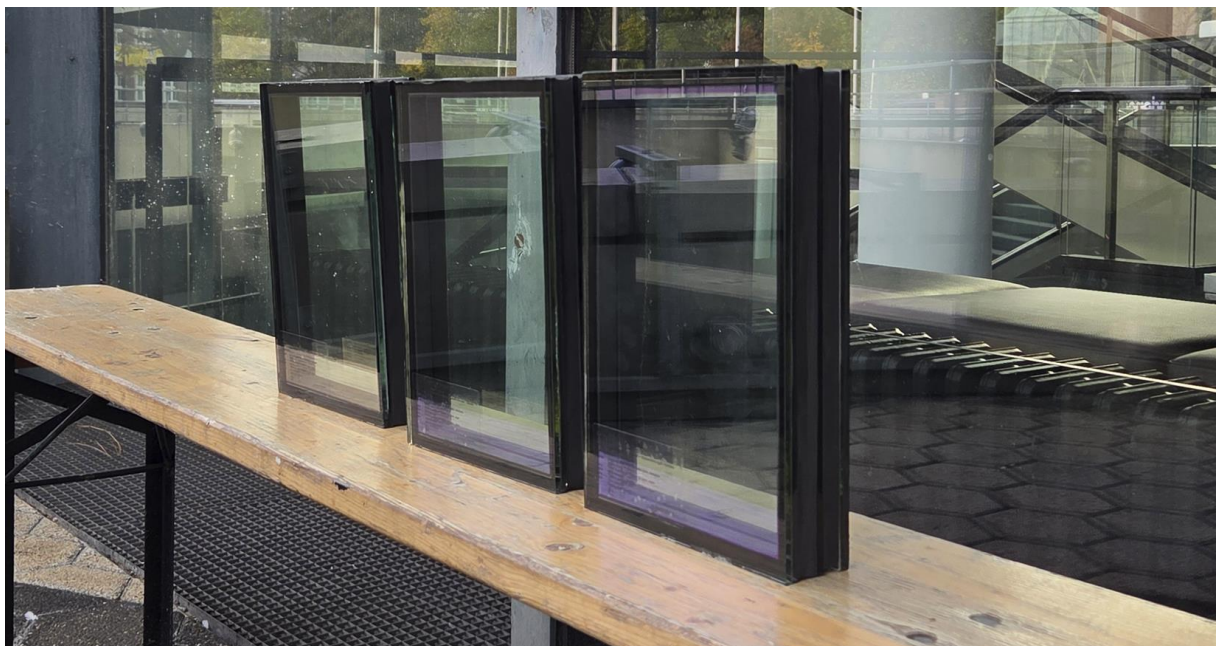


Abbildung 8-29: Bemusterung Verglasungen mit Wärmeschutzbeschichtungen und Sonnenschutzbeschichtungen im Vergleich (alle 3 Muster AGC)

Nach Bemusterung vor Ort wurde entschieden weiter mit den reinen Wärmeschutzbeschichtungen zu verfahren und hier eine Auswahl aus 3 verschiedenen Herstellern miteinander zu vergleichen.

	<i>Bestand</i>	<i>Variante 1: AGC iplus 1.1</i>	<i>Variante 2: Guardian Premium 2</i>	<i>Variante 3: Saint Gobain ECLAZ</i>
<i>U-Wert</i>	2,8 W/m²K	0,7 W/m²K	0,7 W/m²K	0,7 W/m²K
<i>g-Wert</i>	0,75	0,45	0,47	0,53
<i>Lichttransmission</i>	Ca. 79 %	70 %	72 %	74 %
<i>Lichtreflexen außen</i>	k.A.	14 %	15 %	14 %
<i>Allgemeiner Farbwiedergabeindex</i>	k.A.	95	95	96
<i>Rw</i>	34 dB	40 dB	40 dB	k.A.

Geometry		Vertical glazing			
Installation	90,0°	Width b	2450 mm		
Shape	Rectangle	Height h	3800 mm		
Support	All-sided	no glazing that prevents falls			
Construction					
Nr.		manufacturer	Description	Gas/ Composite layer	Thick ness
1	Glass outside	Sommer Informatik GmbH	2x(Annealed glass6-1,52)	PVB	13,52
2	GD1		Aluminium (EN ISO 10077-2)	90% Argon	12,00
3	Glass middle	Sommer Informatik GmbH	Annealed glass		5,00
4	GD2		Aluminium (EN ISO 10077-2)	90% Argon	12,00
5	Glass inside	Sommer Informatik GmbH	TSG-HF (float)		6,00
h = 3800 b = 2450					
Dead load		Total weight		535,33 kg	
cos(90,0°) = 0,00					
		top / external	Middle	Bottom / Internal	
Dead load		0,29 kN/m²	0,12 kN/m²	0,15 kN/m²	
effective		0,00 kN/m²	0,00 kN/m²	0,00 kN/m²	
Climate Load			Local heights		
	GD 1	GD 2	isochorous pressure		
Summer	20 K	20 K	-20 hPa		
Winter	-25 K	-25 K	40 hPa		
Load summer	8,80 kN/m²	8,80 kN/m²			
Load winter	-12,50 kN/m²	-12,50 kN/m²			
			Installation	Production	Load
Load case min.			94 m	300 m	-2,47 kN/m²
Load case max.			94 m	0 m	1,13 kN/m²
Installation: 44137 Dortmund					
Line load					
Load	0,00 kN/m		Location above FFL		- mm
Load on outer pane (Pressure)					
Proof OK (max. utilization: 91,44 %)					
max. Load case Stress: without lamination, outside, No. 9: Weight (1,00 * 1,00), High installation (1,35 * 1,00), Climate summer (1,50 * 0,60), Wind suction (1,50 * 1,00)					
max. Deflection = -58,17 mm (Load case without lamination, No. 8). Deflection related to 1 / 100 of the span by 137 % too large, but according to DIN 18008-2, 6.1.5 permissible, if with max. string shortening 3,68 mm the support width is >= 5 mm everywhere.					
Depth of proof DIN 18008-2:2020-05: 6.1.4 1) chosen, but not applied because at least one precondition is not met.					

Abbildung 8-30: Vordimensionierung Gläser

Für wenige Gläser im EG und im 1.OG wird zusätzlich noch eine Linienlast von 2 kN/m angesetzt, da es sich um ein Theaterfoyer handelt. Das Glas zur Innenseite ist hier 2 mm dicker.

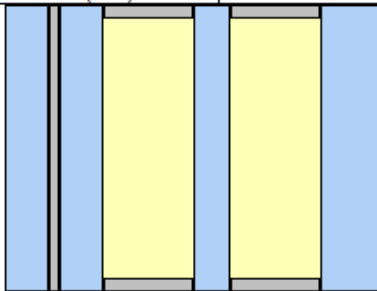
Geometry		Vertical glazing			
Installation	90,0°	Width b	2450 mm		
Shape	Rectangle	Height h	2960 mm		
Support	All-sided	no glazing that prevents falls			
Construction					
Nr.	manufacturer		Description	Gas/ Composite layer	Thick ness
1	Glass outside	Sommer Informatik GmbH	2x(Annealed glass6-1,52)	PVB	13,52
2	GD1		Aluminium (EN ISO 10077-2)	90% Argon	12,00
3	Glass middle	Sommer Informatik GmbH	Annealed glass		5,00
4	GD2		Aluminium (EN ISO 10077-2)	90% Argon	12,00
5	Glass inside	Sommer Informatik GmbH	TSG-HF (float)		8,00
h = 2960  b = 2450					
Dead load		Total weight	453,25 kg	Wind load	
cos(90,0°) = 0,00		Manual input			
		top / external	Middle	Bottom / Internal	
Dead load		0,29 kN/m²	0,12 kN/m²	0,20 kN/m²	
effective		0,00 kN/m²	0,00 kN/m²	0,00 kN/m²	
Climate Load			Local heights		
			GD 1	GD 2	isochorous pressure
Summer			20 K	20 K	-20 hPa
Winter			-25 K	-25 K	40 hPa
Load summer			8,80 kN/m²	8,80 kN/m²	
Load winter			-12,50 kN/m²	-12,50 kN/m²	
			Installation	Production	Load
Load case min.			94 m	300 m	-2,47 kN/m²
Load case max.			94 m	0 m	1,13 kN/m²
			Installation: 44137 Dortmund		
Line load					
Load		2,00 kN/m	Location above FFL		1000 mm
			Load on inner pane (Pressure)		
Proof OK (max. utilization: 93,98 %)					
max. Load case Stress: without lamination, inside, No. 6: Weight (1,00 * 1,00), Low installation (1,35 * 1,00), Climate winter (1,50 * 0,60), Wind suction (1,50 * 0,60), Line load (1,50 * 1,00)					
max. Deflection = -55,09 mm (-49,39 mm) (Load case without lamination, No. 6). Deflection related to 1 / 100 of the span by 125 % too large, but according to DIN 18008-2, 6.1.5 permissible, if with max. string shortening 3,30 mm the support width is >= 5 mm everywhere.					
Depth of proof DIN 18008-2:2020-05: 6.1.4 1) chosen, but not applied because at least one precondition is not met.					

Abbildung 8-31: Vordimensionierung Gläser mit Holmlast

8.7 Vogelschutz

Ein immer bekannter werdendes Thema ist der Vogelschutz bei dem Bau von großen Glasfassaden.

Bei der Begehung am 11.07.2024 wurde ebenfalls mitgeteilt, dass es aktuell immer wieder zu Vogelanprall kommt und Vögel an der Fassade verenden. Es sind Maßnahmen erwünscht, um diese Situation zu verbessern. Insbesondere an der Nordostseite wird von regelmäßig toten Vögeln berichtet. Möglicherweise ist hier die Durchsicht auf die dahinterliegenden Bäume verantwortlich.



Abbildung 8-32: Vogelperspektive Opernhaus Dortmund [Google Earth]

Um eine fachkundige Einschätzung der Situation Vor-Ort zu erhalten ist es ratsam einen Ornithologen zu beauftragen.

Besonders betroffen sind meist Zugvögel, da sie sich nicht an die Umgebung gewöhnen können. Allerdings kann jede Vogelart betroffen sein, wenn sie die Glasscheibe nicht erkennt. Zwei Hauptfaktoren sind verantwortlich für Vogelschlag: Transparenz und Reflexion. Transparenz ist dann entscheidend, wenn man „durch die Ecke“ durchschauen kann, also besonders bei Ganzglasecken bzw. Übereckverglasungen, aber auch bei freistehenden Verglasungen, wie Glasbrüstungen, oder Räumen mit großem Volumen. Die Reflexion ist vor allem dann entscheidend, wenn sich in der Glasscheibe Bäume oder Grünflächen spiegeln.



Abbildung 8-33: Durchsicht/Transparenz (links), Reflexion (rechts)

Ein weiteres Risiko für Vogelschlag sind reflektierende Glasoberflächen. Deswegen sollte die **Außenreflexion** der Glasscheiben, die aufgrund der Reflexion problematisch sein können, **< 15 %** betragen. Wir empfehlen, dass das Gefährdungspotential von einem Ornithologen beurteilt werden sollte.

Einige Systeme sind zwar technisch möglich und auch nachrüstbar sind jedoch optisch nicht ansprechend, daher wird grundsätzlich empfohlen:

- Fütterungsverbot
- frühzeitige Detektion von Nestern
- regelmäßige Reinigung

als erste Maßnahmen zu berücksichtigen.

Es sind die Maßnahmen aus dem Vogelschutzbericht vom 15.10.2025 zu beachten, in dem das Risiko für Vogelschlag als „Mittleres Risiko“ eingestuft wird:

Ergebnis (Punkte)	Gesamtrisiko	Handlungsbedarf
4 – 6	Gering - kein erhöhtes Risiko zu erwarten. Im Regelfall werden artenschutzrechtliche Konflikte vermieden.	Im Regelfall kein Handlungsbedarf
7 – 10	Mittel - einige Eigenschaften bewirken im Einzelfall ein erhöhtes Risiko. Die Verwirklichung von artenschutzrechtlichen Konflikten kann nicht ausgeschlossen werden.	Das ggf. vorhandene Konfliktpotenzial ist im Sinne eines vorsorglichen Handelns zu minimieren. Die Erforderlichkeit von Vermeidungsmaßnahmen ist im Einzelfall zu entscheiden. Hierfür sind Fachleute zu Rate zu ziehen.
11 – 16	Hoch - erhöhtes Risiko im Regelfall zu erwarten. Es ist davon auszugehen, dass artenschutzrechtliche Konflikte auftreten.	Es sind Vermeidungsmaßnahmen zu ergreifen.

Abbildung 8-34: Kategorisierung des Gesamtrisikos für Vogelschlag nach dem in Tabelle 1 genutzten Punktesystem gemäß LAG VSW (2021) – Vogelschutzgutachten ecotone 15.10.2025

Die wichtigsten Empfehlungen zur Vermeidung von Vogelschlag an Glasarchitektur nach LAG VSW (2021) und Rössler et al. (2012), die in Betracht kommen werden hier aufgeführt:

- **Markierungen an Scheiben** (Diese wirksame Methode ist nur durch sehr stark sichtbare Bedruckung umsetzbar, was nicht mit den Forderungen der unteren Denkmalschutzbehörde vereinbar wäre, zeigt sich trotz der weiteren Maßnahmen keine Wirksamkeit der Maßnahmen, können Vogelschutzfolien auch nachträglich (Punktmuster) angebracht werden.)
- **Gläser mit geringer Reflexionsrate** (wird umgesetzt)
- **Verringerung der Innenbeleuchtung in der zweiten Nachthälfte** (ist durch Bauherren zu klären)
- **Versiegelung von potenziellen Sitz- und Nistplätzen** (wird umgesetzt)

Insgesamt kann jedoch, besonders im Hinblick auf die innenstädtische Lage, von einer **geringen Vogeldichte** im behandelten Gebiet gesprochen werden.

8.8 Vogelabwehr

Wie oben bereits erwähnt, gibt es bereits Fassadennischen, in denen sich aktuell Vögel niederlassen. In anderen Bereichen sind Spikes angebracht.

Straßentauben sind aufgrund von fehlenden natürlichen Feinden sehr häufig auch in großer Anzahl in Städten wiederzufinden. Es gibt einige Faktoren, die die Ansiedlung von Straßenrauben begünstigen, und auf die, beispielsweise konstruktiv Einfluss genommen werden kann.

Unterteilung der Fassade/Gebäude in Risikoklassen:

- Niedrig: Deutlich geneigte Flächen, Menschenbewegung in den angrenzenden Räumen, dunkle Ecken, gefährdete Stelle (ohne Rückwand), etc.
- Mittel: Leicht geneigte Flächen, Rückwand ohne Ecke, etc.
- Hoch: Horizontale Flächen ab ca. 30cm mit Rückwand sowie geschützte Ecken

Um Schutz vor Tauben/Vögeln zu erreichen, können externe horizontale Elemente mit einer Mindestneigung von 25° (glatte Oberflächen) oder 45° (raue Oberflächen) und einer maximalen Tiefe/Höhe von 10 cm gestaltet werden. Dies ist in vielen Fällen aber mit der Architektur der Fassade nicht vereinbar. Als Aufrüstungsmaßnahme gibt es Spikes aus Draht und Netze, die allerdings ein gewisses Verletzungsrisiko für die Tiere birgt. Besser eignen sich Drahtsysteme, die aus ca. 1 mm dünnen Nylon oder Aluminiumdrähten bestehen und keine geeignete Sitzfläche für Vögel bietet. Das Verletzungsrisiko ist hier deutlich geringer und auch die optische Beeinträchtigung ist geringer.

Die Fassade selbst bietet kaum Plätze zum Nisten oder Sitzen der Tauben, insbesondere, wenn der Kopfpunkt der FT01 verschlossen wird.

Ausschließlich die Windfänge haben einen attraktiven Rand, der für Tauben ein willkommener Sitzplatz darstellt. Es wird empfohlen an diesen Rändern Spanndrähte zu installieren, die so dünn sind, dass Tauben keine Möglichkeit haben diese zu umgreifen.



Abbildung 8-35: Drahtsysteme

9 Fassadentyp FT02/FT03 – Windfänge & Atriumsfassade

9.1 Allgemeines

FT02/FT03 – Hauptfassade	Anforderungen	Geplante Ausführung
Statische Anforderungen		
Windlast	gem. DIN EN 1991-1-4	gem. DIN EN 1991-1-4
Lastannahmen für die Fassade		Neues Glasgewicht: 65 kg/m ²
Konstruktive Anforderungen		
Gebäudebewegungen	Materialausdehnung	Aufmaßtoleranzen von ca. 5 mm beachten
Bauphysikalische Anforderungen		
Ucw-Wert Vorhangfassade (gemäß GEG)	Ucw-Wert $\leq 1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$	Uf = 1,9 W/m ² K (Janisol Arte 2.0)
Ug-Wert Verglasung (gemäß EN 673, $\Delta T=15 \text{ K}$)	Nur im Zusammenhang mit Rahmen zu bewerten	Ug = 0,7 W/m ² K
Ud-Wert Türen (gemäß GEG)	Ud-Wert $\leq 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$	Ud-Wert $\leq 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ (für neue Türen)
U-Wert opake Bauteile (gemäß GEG)	U-Wert $\leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$	Aktuell keine Bereiche
g-Wert Verglasung (gemäß EN 410)	Nicht vorgegeben (g $\leq 0,45$ empfohlen)	g $\leq 0,53$
Fc-Wert	Nicht vorgegeben	Fc = 1,0 (kein Außenliegender Sonnenschutz)
Tageslichttransmission Verglasung		LT $\geq 70 \%$
Schlagregendichtigkeit Fenster (gemäß EN 12208)	9A (Empfehlung)	9A
Schlagregendichtigkeit Türen (gemäß EN 12208)	5A (Empfehlung)	Drehtüren 8A Für Hebeschiebetür 6A
Widerstand gegen Windlast Fenster (gemäß DIN EN 14351-1)	B4/C4 (Empfehlung)	C5

Widerstand gegen Windlast Türen (gemäß DIN EN 14351-1)	B3/C3 (Empfehlung)	Drehtüren B4/C4 Für Hebeschiebetür B2/C2
Luftdichtigkeit Fenster (gemäß EN 12207)	Klasse 4 (Empfehlung)	Klasse 4
Luftdichtigkeit Türen (gemäß EN 12207)	Klasse 3 (Empfehlung)	Drehtüren Klasse 4 Hebeschiebetür Klasse 4
<i>Brandschutzanforderungen</i>		
Materialien der Außenwand (gemäß DIN 13501-1) <u>oder</u>	A1/A2-s, d0	Alle Materialien außer Dichtungen und Dämmmaterial, welches in Profilen eingeschlossen sind A1/A2-s, d0
<i>Sicherheitsanforderungen</i>		
Einbruchschutz (gemäß EN 1627)	noch nicht bekannt	Für neue Türen der Windfänge FT02 in Anlehnung an RC2
Türbeschläge	Innentüren: Hängenbleiben muss verhindert werden Außentüren: min. DIN EN 179 ideal DIN EN 1125	Griffstange DIN EN 1125 Od. Türdrücker DIN EN 179
<i>Umwelt- und Naturschutz</i>		
Vogelschutz (Verglasung)	Außenreflexion ≤15 %	Außenreflexion ≤15 %

9.2 Bestandskonstruktion FT02 – Windfänge

Die Windfänge befinden sich in einem sehr schlechten Zustand. Sie dienen lediglich als Notausgänge und eine Tür auf der Nordostseite wurde ausgetauscht, sodass diese regelmäßig genutzt werden kann.



Abbildung 9-1: Außen- und Innenansicht Windfang Nordostseite (Begehung 11.07.2024)

Die Windfangkonstruktion ist ebenfalls als (vermutlich) ungetrennte Stahlkonstruktion ausgeführt. Die Konstruktion ist an den Fußpunkten z.T. korrodiert. Die Außen- und Innentüren sind aus Monoverglasungen hergestellt und bieten somit wenig Wärmeschutz.



Abbildung 9-2: Korrodierte Fußpunkte an Windfangkonstruktion (Begehung 11.07.2024)

Da es sich um Notausgangstüren handelt, wäre durch einen Brandschützer zu prüfen, welche Beschläge nach heutigem Standard eingesetzt werden müssen, um die Fluchtung nicht ortskennlicher Personen sicherzustellen.



Abbildung 9-5: Griffe Fluchttüren Bestand (Begehung 11.07.2024)

Die Bestandsgriffe der Bestandstüren können in die neuen Türen als Griffe integriert werden.

9.3 Beschichtung

Siehe hierzu Schadstoffanalysen STE und Abschnitt „Beschichtungen FT01“.

9.4 Betsandskonstruktion FT03 - Atriumsfassade

Die Atriumsfassade besteht aus großformatigen 2-fach Isolierverglasungen und einer schmalen Fensterkonstruktion. Die Anschlusssituation ist an der Atriumsfassade nicht einsehbar. Zusätzlich empfehlen wir eine Reinigung der Betonbrüstung oberhalb der Fassade, die der kosmetischen Verbesserung der Optik dient.



Abbildung 9-6: Innenansicht Atriumsfassade (links), Außenansicht Atriumsfassade (rechts) (Begehung 11.07.2024)

An der Südostseite der Atriumsfassade befinden sich zwei großflächige Schiebetüren, die den Zugang zum Innenhof ermöglichen. Der Innenhof wird derzeit hauptsächlich zu Reinigungszwecken betreten. Die Türen sind ebenfalls nicht thermisch getrennt und befinden sich in einem schlechten Zustand. Die Bürstendichtungen sind spröde und haben sich aus ihrer vorgesehenen Position am Rahmen gelöst.

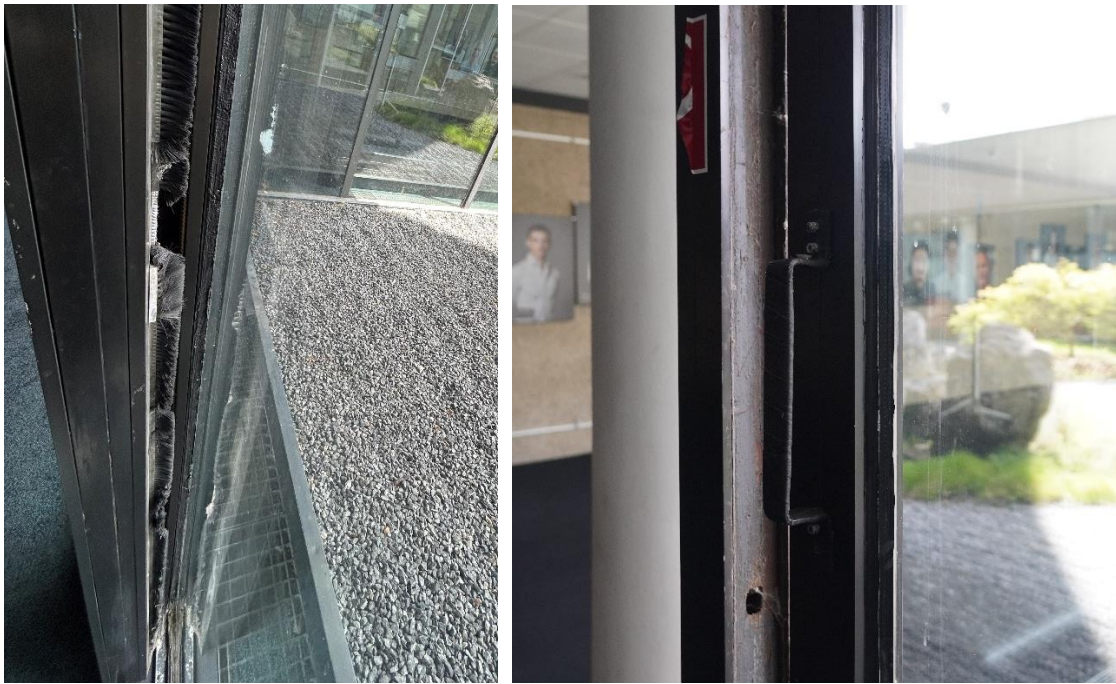


Abbildung 9-7: Schiebetür Atriumfassade (Begehung 11.07.2024)

9.5 Fassadensanierung FT02/FT03

9.5.1 Konstruktion

Ein mögliches Profil für die vertikalen Pfosten im Atrium und auch für die Grundkonstruktion des Windfangs könnten die Profile der Firma Jansen sein (Janisol Arte 2.0), diese sind aus Stahl und werden häufig bei Sanierungen eingesetzt, bei denen die Profile schmale Ansichtsbreiten ermöglichen sollen, aber trotzdem eine thermische Trennung besitzen. Außerdem sind Schiebetüren und klassische Drehtüren im Programm.



Abbildung 9-8: Ausführungsbeispiel Janisol Arte 2.0

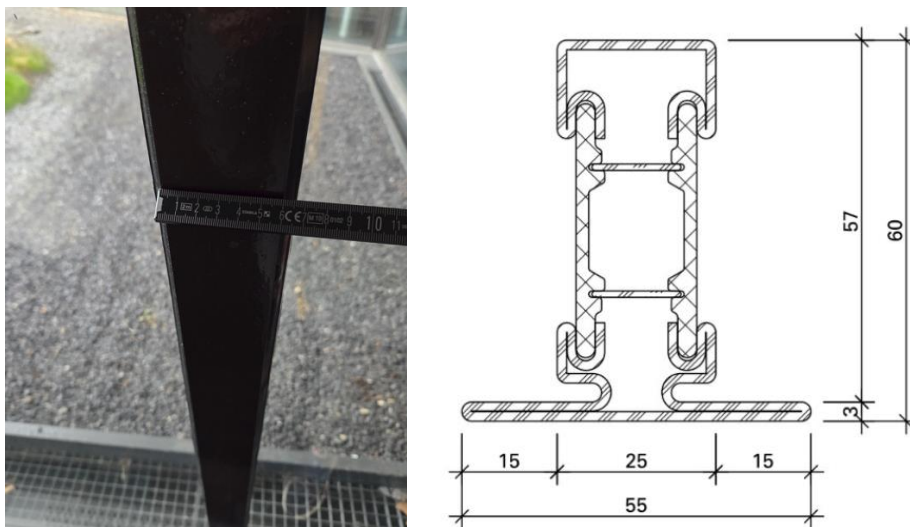


Abbildung 9-9: Ansichtsbreite Janisol Arte 2.0 - 55 mm, Bestand - 60 mm

In Abstimmung mit der unteren Denkmalschutzbehörde soll bei Ausbau der Fassade geprüft werden, ob die Bestandsdeckleisten auf das neue thermisch getrennte System aufgebracht werden können, um die gleiche Optik zu erzielen.

Prüfnachweise

- CE-Kennzeichnung nach Produktnorm EN 14351-1
- Widerstandsfähigkeit gegen Windlast C5 (2000 Pa)
- Schlagregendichtheit bis Klasse 9A (600 Pa)
- Schallschutz bis 45 dB
- Wärmedurchgangskoeffizient U_f ab 1.9 W/m²K
- Luftdurchlässigkeit Klasse 4 (600 Pa)
- Tragfähigkeit von Sicherheitsvorrichtungen erfüllt
- Mechanische Festigkeit Klasse 4
- Gefährliche Substanzen nach ISO 16000 erfüllt
- Dauerfunktion Klasse 4 (50'000 Zyklen)
- Stossfestigkeit Klasse 4
- Vorgefertigte absturzsichernde Verglasung DIN 18008-4 erfüllt
- Einbruchhemmung geprüft nach EN 1627 bis RC2

Abbildung 9-10: Eigenschaften Janisol Arte 2.0

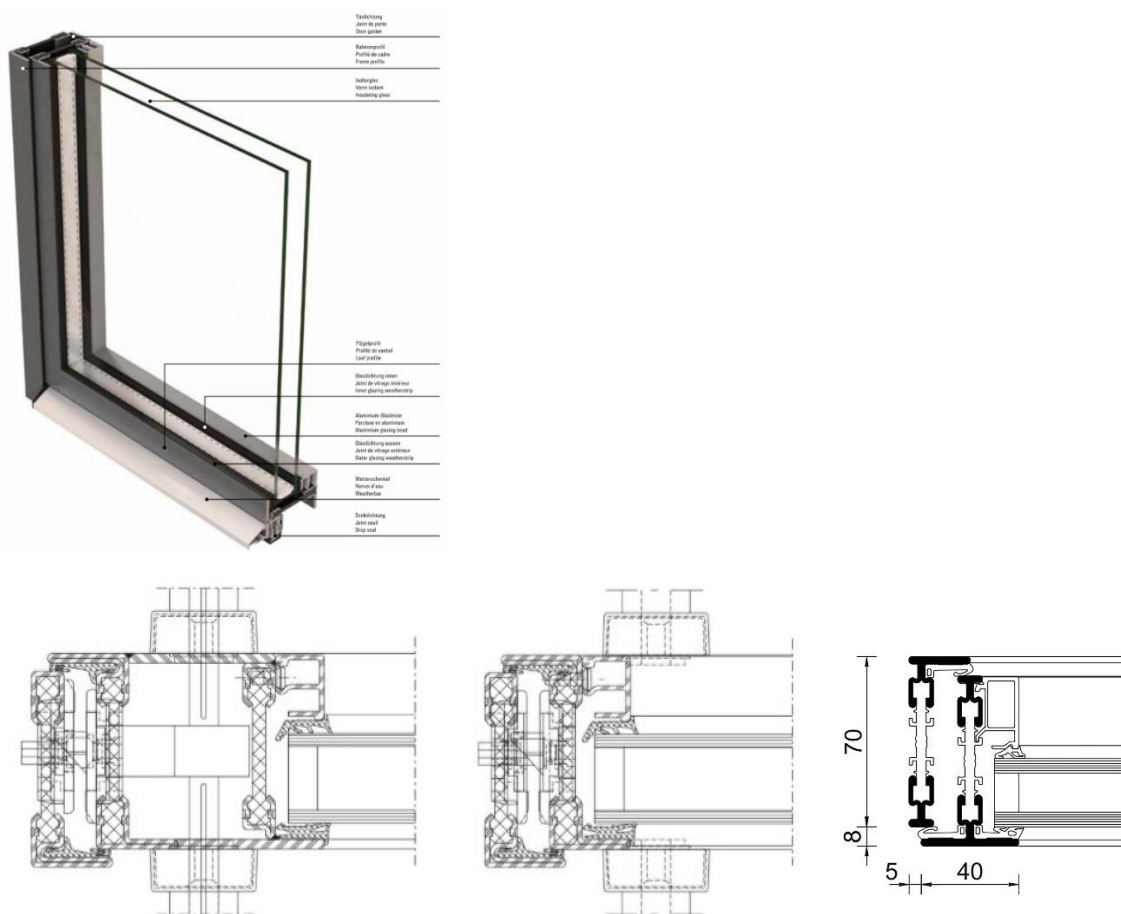
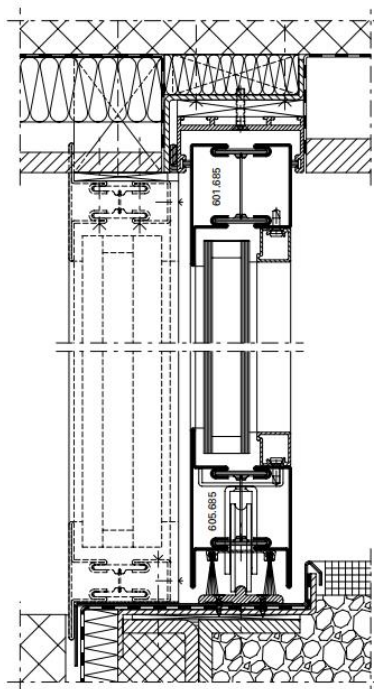


Abbildung 9-11: Janisol Arte 2.0 Türen



Detailschnitt

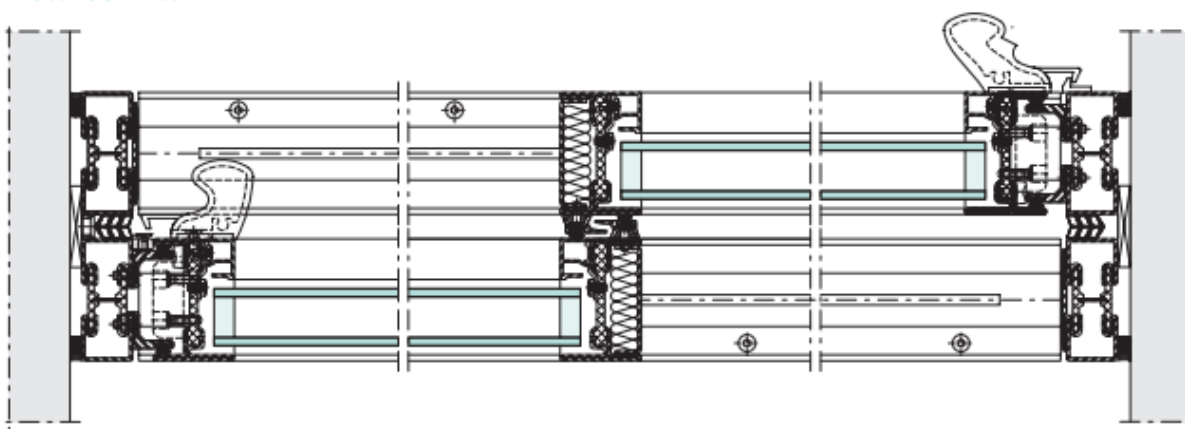


Abbildung 9-12: Janisol Arte 2.0 Schiebetür

Auch für die Windfänge kommt die Ausführung mit den Stahlprofilen von Jansen (Janisol Arte 2.0) in Frage. Hiermit ließe sich ein Nachbau der Bestandskonstruktion realisieren.

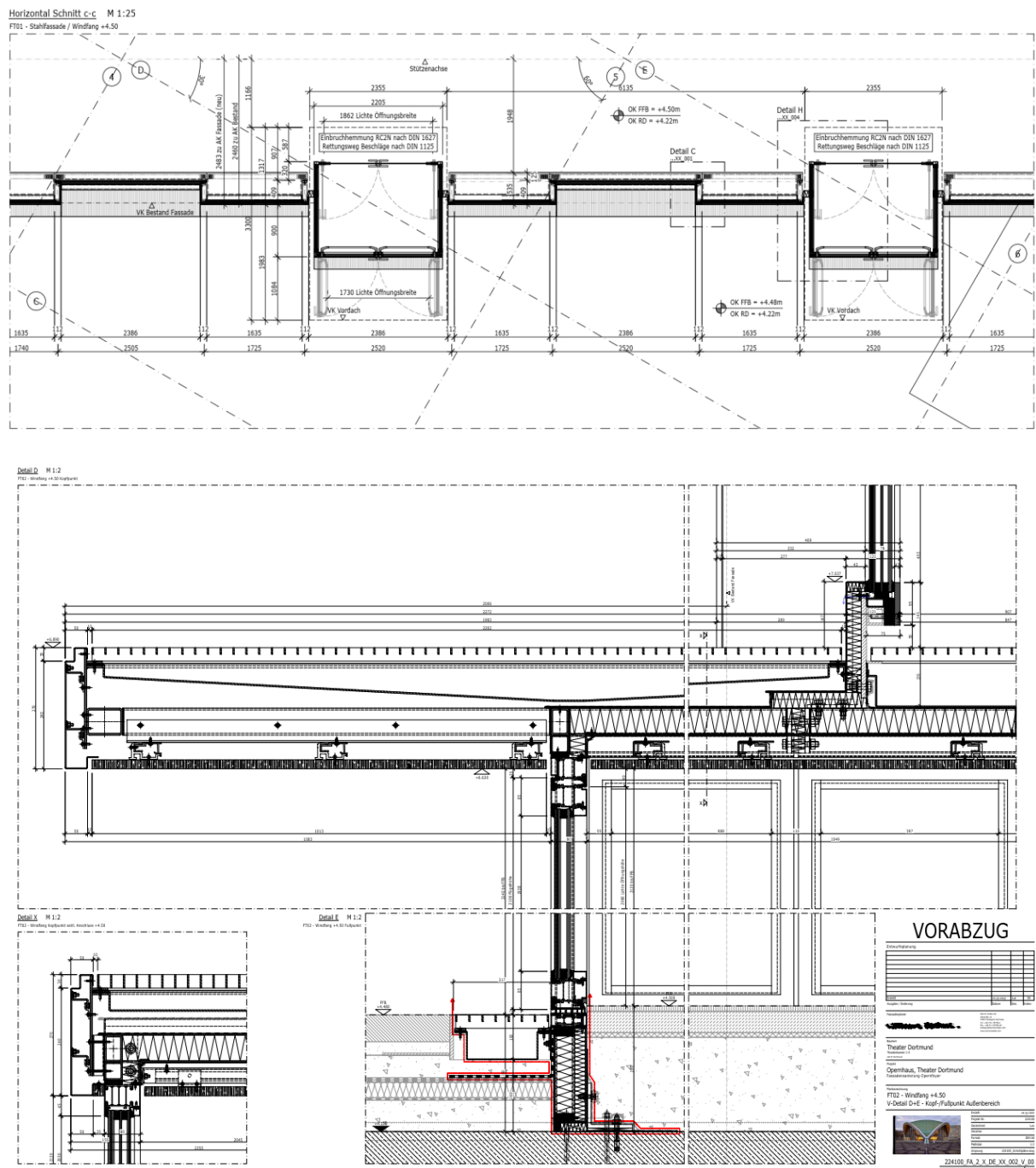


Abbildung 9-13: Vorabzug Windfänge FT02

9.6 Verglasung

Es sollen die gleichen Beschichtungen verwendet werden wie bei der FT01 Hauptfassade. Die Gläser der Türen werden aufgrund des Gewichts als 2-fach Isolierverglasungen ausgeführt.

Die Gläser des Windfangs werden den Glasaufbauten des FT01 entsprechen.

Die Verglasungen der Atriumsfassade werden so vordimensioniert, dass sie als 2-seitig gelagert betrachtet werden, denn sonst könnte die Profilansicht des Bestands nicht erhalten bleiben. Dadurch ergibt sich der folgende Aufbau:

Construction					
Nr.	manufacturer		Description	Gas/ Composite layer	Thick ness
1	Glass outside	Sommer Informatik GmbH	TSG-HF (float)		8,00
2	GD1		Aluminium (EN ISO 10077-2)	90% Argon	10,00
3	Glass middle	Sommer Informatik GmbH	TSG-HF (float)		8,00
4	GD2		Aluminium (EN ISO 10077-2)	90% Argon	10,00
5	Glass inside	Sommer Informatik GmbH	TSG-HF (float)		10,00
</					

10 Montagekonzept

10.1 Allgemein

Die Opernkuppel befindet sich am Platz der alten Synagoge. Eine große Terrassenfläche umgibt die zu sanierende Fassade. Die Terrassenfläche ist nicht öffentlich zugänglich. Außerdem ist die Decke für Lasten bis 5 kN/m^2 ausgelegt. Wir nehmen an, dass auch die Innenraumflächen und die Innenhoffläche ebenfalls nur für Lasten bis 5 kN/m^2 ausgelegt sind. Der Vorplatz ist für Verkehrslasten bis zu 6 kN/m^2 (in Statik steht $0,6 \text{ t/cm}^2$, vermutlich ist die Einheit in der Bestandsstatik falsch und wir gehen von $0,6 \text{ t/m}^2$ aus) ausgelegt.



Abbildung 10-1: Vogelperspektive und Bezeichnungen der umliegenden Flächen

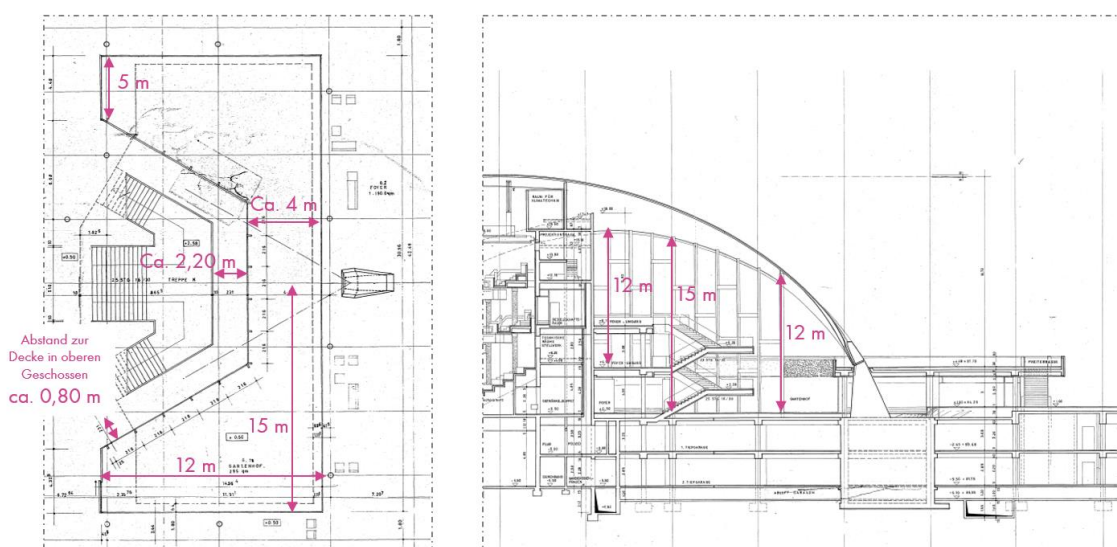


Abbildung 10-2: Abstände in Grundriss und Schnitt

Die Demontage und Montage der Glasscheiben von FT01 Hauptfassade ist aufgrund von mehreren Rahmenbedingungen eingeschränkt. Die möglichen Kranstellplätze befinden sich meist auf Deckenflächen, die nur mit eingeschränkten Lasten belastbar sind. Ausschließlich der Hiltropwall ist nicht außerhalb der Gebäudedecken. Außerdem sind teilweise sehr schmale Abstände zwischen den Zwischendecken und der Fassade im Innenbereich gegeben.

Aufgrund des Dachs muss ein Minikran im Innenhof gestellt werden können. Hier befindet sich aber ein „Mosaikboden“, der schützenswert ist.

1. Es muss ein befahrbarer Untergrund im Innenhof geschaffen werden, der den aktuellen Boden nicht beschädigt und die Lasten der Gerüste, Arbeitsbühnen und Minikran aufnehmen kann.
2. Terrasse und Zwischendecken müssen mit Lastverteilerplatten ausgestattet werden.
3. Das Verglasen der größeren Formate erfolgt von innen. Das bedeutet, dass ein aufwendiges Einschwenken der Gläser von außen notwendig ist.
4. Straßenseitig (am Hiltropwall) sollte eine Möglichkeit geschaffen werden, einen Kran zu stellen, mit dem Material in den Innenhof eingehoben werden kann.
5. Baustellencontainer werden ebenfalls für die Bauphase benötigt.

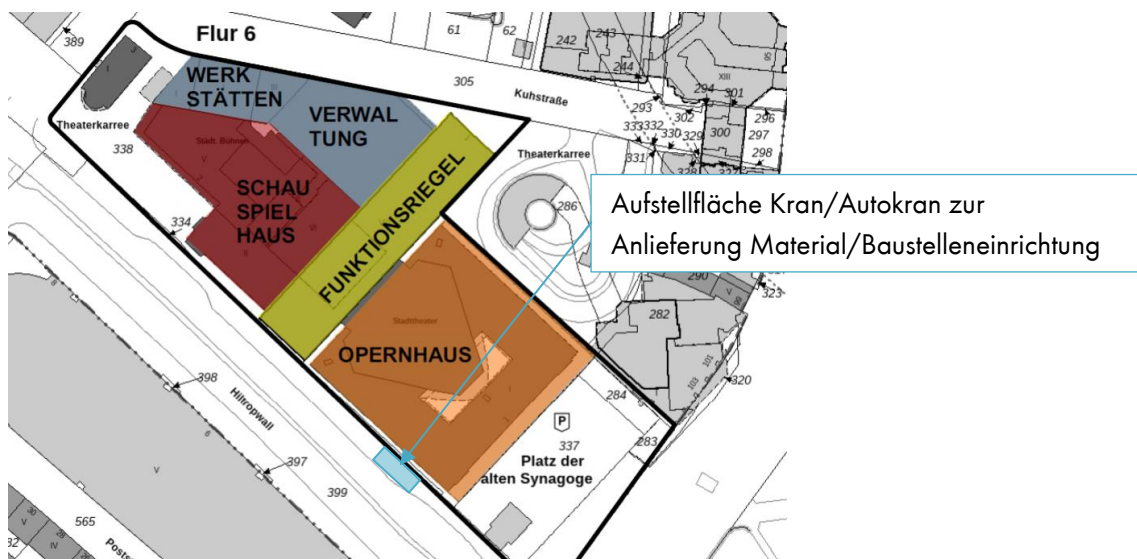


Abbildung 10-3: Lageplan (Dokument: Variantenuntersuchung Fassadensanierung, Theater Dortmund)

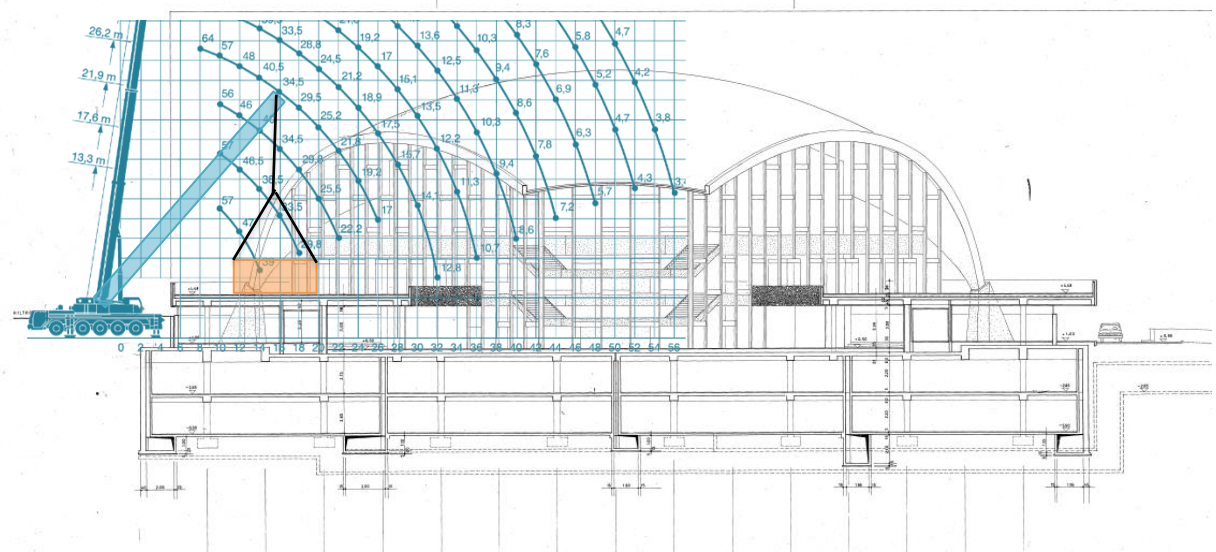


Abbildung 10-4: Ansicht/ Schnitt Südost

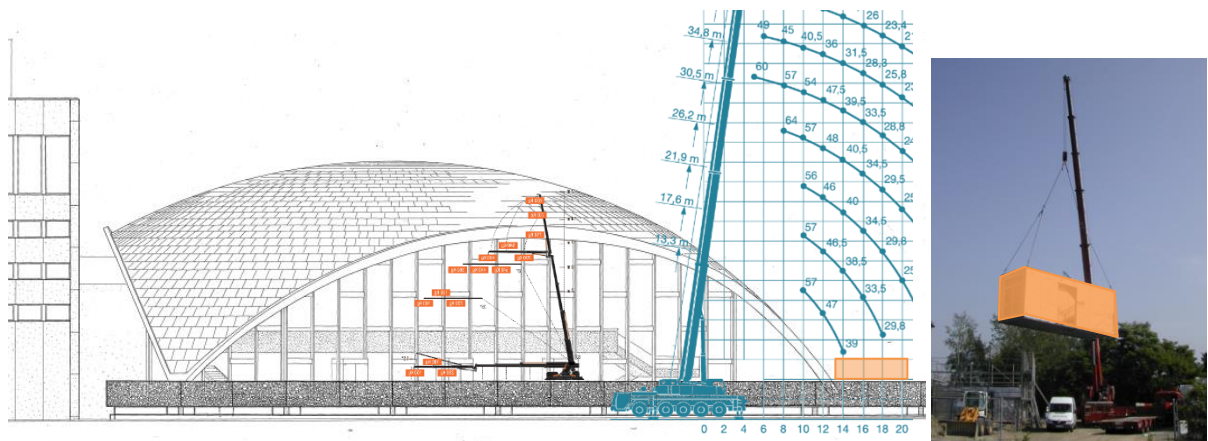


Abbildung 10-5: Ansicht Süd

10.2 Bauabschnitte

In der ersten Bauphase 2026 sollen die Bereiche des Bauabschnittes 1 und 2 erneuert werden. Priorität liegt dabei darauf, dass der Bauabschnitt 1 ausschließlich in der spielfreien Zeit bearbeitet werden soll. Müssen teilweise Arbeiten noch in die Spielzeit geschoben werden, soll das maximal den Bauabschnitt 2 betreffen.

Die Bauabschnitte 3 und 4 sind prinzipiell unabhängig voneinander, jedoch liegen die Fassaden der Bauabschnitte im Bereich des Innenhofs. Werden diese Bauabschnitte zeitgleich saniert, werden die Lastverteilerplatten im Innenhof nur in einer Bauphase benötigt und der Minikran kann in diesem Bereich stehen bleiben.

Außerdem sollen die Windfänge (Bauabschnitt 5) auch erst in der 2. Bauphase (2027) erneuert werden, da die Abstimmungen bezgl. Brandschutzanforderungen und Denkmalschutz ausstehen.

Die Übergangsfelder neben den Bauabschnitten müssen für den BA 1 ausgebaut und nach Fertigstellung des BA 1 wieder mit den Bestandsmaterialien eingebaut werden.

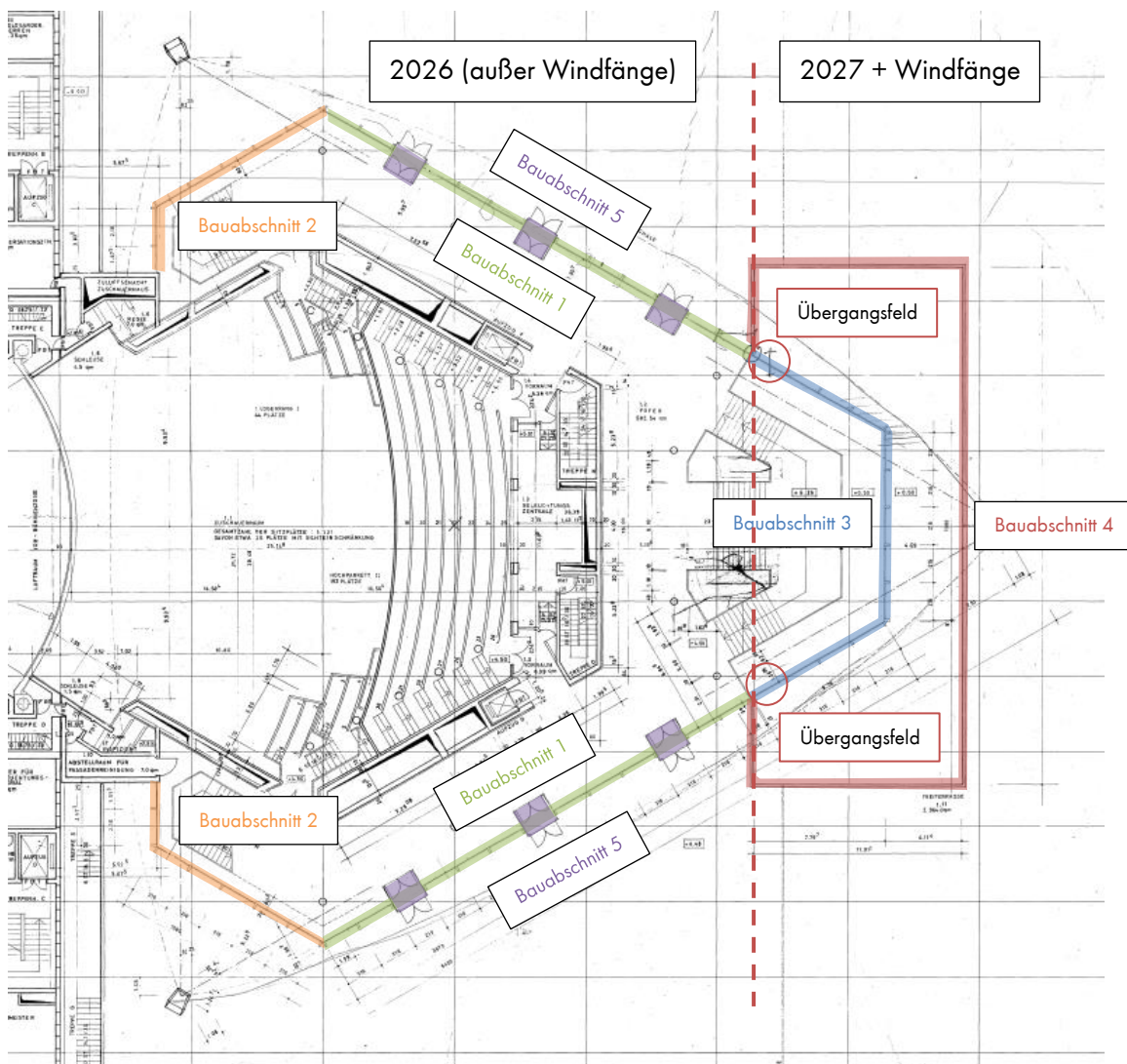


Abbildung 10-6: Vorschlag Bauabschnitte

10.3 Ablauf und Arbeitshilfen

Ablauf	Montagehilfen	Arbeitsfläche
Bauphase		
Baustelleneinrichtung	Container, Baustellenkran/Autokran am Hiltropwall, Minikran	
Gerüst stellen	Lastverteilerplatten außen und innen, Wetterschutz innen anbringen	Gerüst innen, Rollgerüst außen (oder Arbeitsbühne)
Ausglasen von Innen und von Außen (von unten nach oben)	Lastverteilerplatten außen und innen, (Mini-) Kran mit Glassauger	Gerüst innen, Rollgerüst außen (oder Arbeitsbühne)
Entlacken der Stahlprofile und Reparieren von rostigen Stellen	Lastverteilerplatten außen und innen, Wetterschutz innen	Gerüst innen, Rollgerüst außen (oder Arbeitsbühne)
Vor-Ort Nasslackierung	Lastverteilerplatten außen und innen, Schutz des Innenraums durch Planen/OSB Platten	Gerüst innen, Rollgerüst außen (oder Arbeitsbühne)
Einglasen und Abdichtarbeiten der neuen Konstruktion und Glasscheiben von Innen und von außen	Lastverteilerplatten außen und innen, (Mini-) Kran mit Glassauger	Gerüst innen, Rollgerüst außen (oder Arbeitsbühne)
Gerüst abbauen		Teilweise Gerüstabbau schon früher möglich in Bauabschnitt 1
Endreinigung	Lastverteilerplatten außen und innen, Teleskopstangen	Rollgerüst

10.4 Montagehilfen, Arbeitsbühnen und Gerüste

10.4.1 Gerüste

Soll das Gerüst, welches sowohl innen als auch außen benötigt wird verkleidet werden, können die Gerüstverkleidungen auch auf kreative Weise bedruckt werden. Bei den Varianten 1, 2a und 2b wird vermutlich eine innenseitige Verkleidung aus OSB-Platten benötigt, sodass der Innenraum vor dem Sandstrahlen geschützt wird und auch vor dem anfallenden Sand, Staub und Lackresten. Die OSB-Verkleidung kann ebenfalls kreativ bespielt werden.



Abbildung 10-7: Folienvorhang [Dezeen] (links), Architektonische Integration von Vorhängen [Archilovers] (rechts)

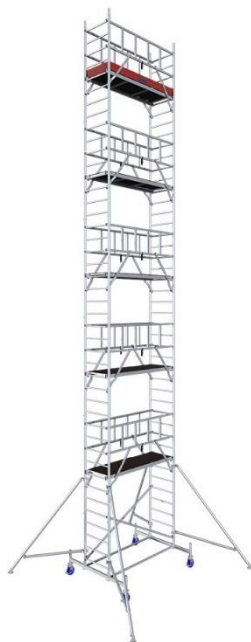


Abbildung 10-8: Rollgerüst bis Arbeitshöhe 12,30 m

10.4.2 Minikrane

Da die Kuppelform des Dachs das Einheben der Gläser in die Fassade angrenzend an den Innenhof über einen Straßenkran nicht ermöglicht, kann ein Minikran verwendet werden. Dieser muss ebenfalls auf Lastverteilerplatten fahren und aufgestellt werden.

	M250 + JIB
Max. Arbeitshöhe (m)	15,9
Leergewicht (kg)	Mit Jib: 2565
Max. Bodendruck (kg/cm ²)	0,47 (4700 kg/m ²)
Antrieb	Elektro
Transport Abmessungen	
Länge (m)	3420
Breite (m)	780
Höhe (m)	1760
Kran	
Max. Traglast (kg)	750 (mit Jib)
Aufstandsfläche	
Aufstandsfläche mit einseitiger Abstützung (m)	2264 x 4695
Aufstandsfläche breite Abstützung (m)	4155 x 4300

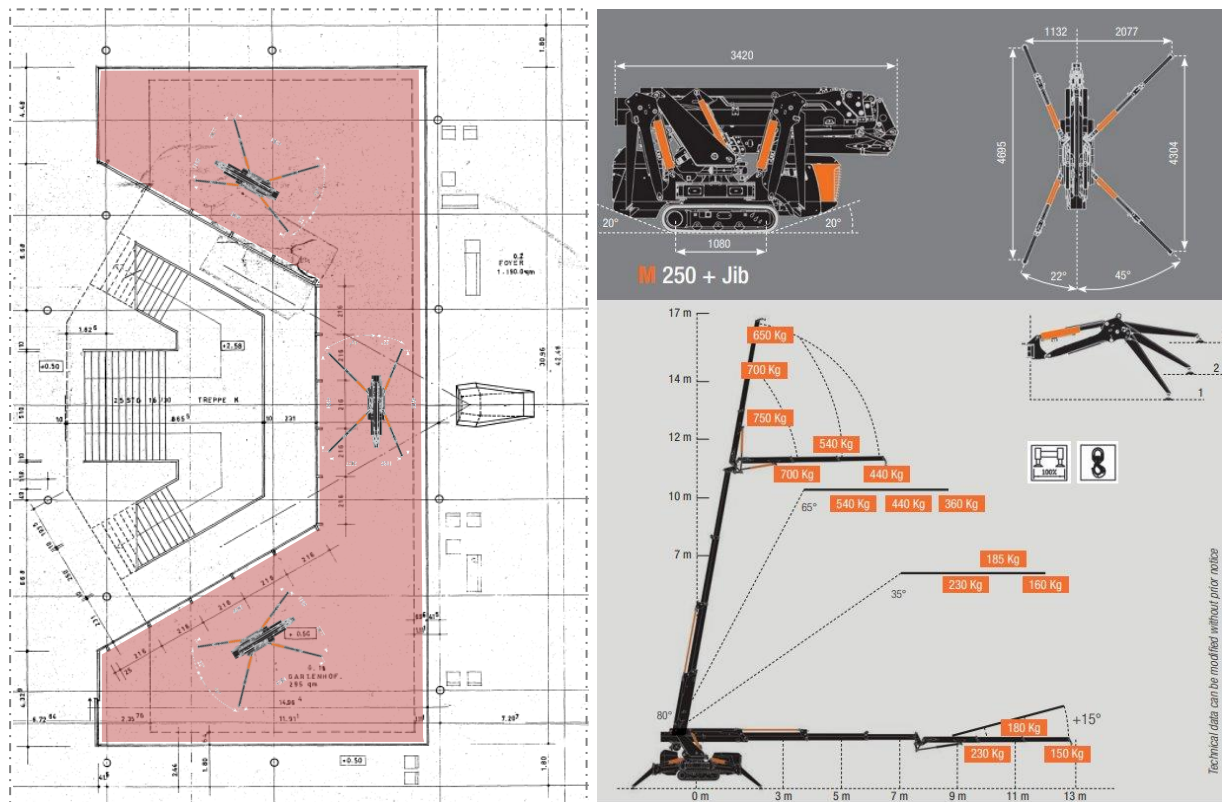


Abbildung 10-9: Grundrissstellung Minikran

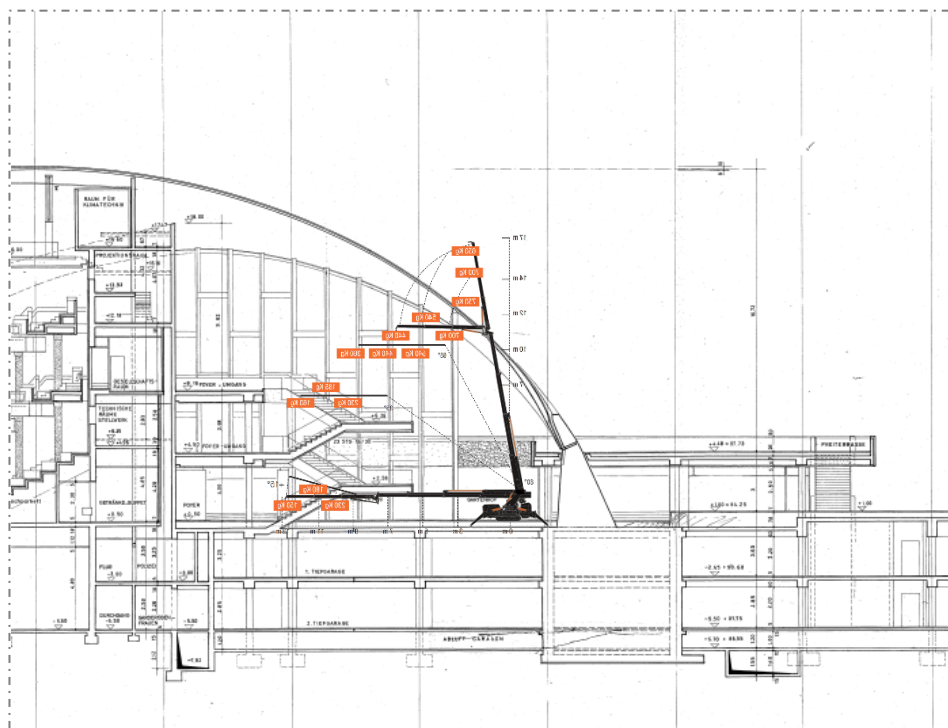


Abbildung 10-10: Minikranstellung im Schnitt

11 Normen und Spezifikationen

DIN EN 179	Schlösser und Baubeschläge - Notausgangsverschlüsse
DIN EN 356	Glas im Bauwesen - Sicherheitssonderverglasung - Prüfverfahren und Klasseneinteilung des Widerstandes gegen manuellen Angriff
DIN EN 410	Glas im Bauwesen - Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen und Verglasungen
DIN EN 673	Glas im Bauwesen - Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) Berechnungsverfahren (enthält Änderung A1:2000)
DIN EN 795	Schutz gegen Absturz
DIN EN 1063	Glas im Bauwesen - Sicherheitssonderverglasung - Prüfverfahren und Klasseneinteilung für den Widerstand gegen Beschuss
DIN EN 1125	Schlösser und Baubeschläge - Panikverschlüsse
DIN EN 1154	Schlösser und Baubeschläge - Türschließmittel mit kontrolliertem Schließablauf - Anschlagmaße und Einbau
DIN EN 1627	Fenster, Türen, Abschlüsse - Einbruchhemmung
DIN EN 1863-1	Glas im Bauwesen - Teilvorgespanntes Kalknatronglas - Teil 1: Definition und Beschreibung
DIN 1946-6	Raumluftechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung
DIN 4102	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
DIN 4108	Wärmschutz und Energieeinsparung in Gebäuden
DIN 4109	Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise
DIN 4426	Einrichtungen zur Instandhaltung baulicher Anlagen - Sicherheitstechnische Anforderungen an Arbeitsplätze und Verkehrswege - Planung und Ausführung
DIN EN 1279	Glas im Bauwesen - Mehrscheiben-Isolierglas
DIN EN 12101-2	Rauch- und Wärmefreihaltung - Teil 2: Festlegungen für natürliche Rauch- und Wärmeabzugsgeräte
DIN EN 12152	Vorhangfassaden - Luftdurchlässigkeit

WIRNER SUMME .

DIN EN 12154	Vorhangfassaden - Schlagregendichtheit
DIN EN 12179	Vorhangfassaden - Widerstand gegen Windlast - Prüfverfahren
DIN EN 12207	Fenster und Türen - Luftdurchlässigkeit - Klassifizierung
DIN EN 12208	Fenster und Türen - Schlagregendichtheit - Klassifizierung
DIN EN 12424	Widerstand gegen Windlast - Klassifizierung
DIN EN 12425	Widerstand gegen eindringendes Wasser - Klassifizierung
DN EN 12426	Tore - Luftdurchlässigkeit - Klassifizierung
DIN EN 12427	Tore - Luftdurchlässigkeit - Prüfverfahren
DIN EN 12428	Wärmedurchgangskoeffizient - Anforderungen an die Berechnung
DIN EN 12600	Glas im Bauwesen - Pendelschlagversuch - Verfahren für die Stoßprüfung und Klassifizierung von Flachglas
DIN EN 13051	Vorhangfassaden - Schlagregendichtheit - Feldversuch
DIN EN 13241-1	Tore - Produktnorm - Teil 1: Produkte ohne Feuer- und Rauchschutzeigenschaften
DIN EN 13501-1	Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten
DIN EN 13633	Schlösser und Baubeschläge - Elektrisch gesteuerte Paniktürverschlüsse, für Türen in Rettungswegen - Anforderungen und Prüfverfahren
DIN EN 13637	Schlösser und Baubeschläge - Elektrisch gesteuerte Notausgangsanlagen für Türen in Rettungswegen - Anforderungen und Prüfverfahren
DIN EN 13830	Vorhangfassaden Produktnorm
DIN EN 13947	Wärmetechnisches Verhalten von Vorhangfassaden - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten
DIN EN 14179-1	Glas im Bauwesen - Heißgelagertes thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas - Teil 1: Definition und Beschreibung
DIN EN 14351-1	Fenster und Türen - Produktnorm, Leistungseigenschaften
DIN EN 16361	Kraftbetätigte Türen - Produktnorm, Leistungseigenschaften
DIN 18008-1	Glas im Bauwesen - Bemessungs- und Konstruktionsregeln, Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen

WIKI-NRZ SUMME .

DIN 18008-2	Glas im Bauwesen - Bemessungs- und Konstruktionsregeln, Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen
DIN 18008-3	Glas im Bauwesen - Bemessungs- und Konstruktionsregeln, Teil 3: Punktförmig gelagerte Verglasungen
DIN 18008-4	Glas im Bauwesen - Bemessungs- und Konstruktionsregeln, Teil 4: Zusatzanforderungen an absturzsichernde Verglasungen
DIN 18008-5	Glas im Bauwesen - Bemessungs- und Konstruktionsregeln, Teil 5: Zusatzanforderungen an begehbare Verglasungen
DIN 18040	Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen - Teil 1: Öffentlich zugängliche Gebäude
DIN 18516	Außenwandbekleidungen, hinterlüftet
DIN 18533	Abdichtung von erdberührten Bauteilen
DIN 18650	Automatische Türsysteme: Produktanforderungen und Prüfverfahren
DIN EN 62305	Blitzschutz, VDE 0185-305:2006
ASR A2.1	Technische Regeln für Arbeitsstätten Schutz vor Absturz und herabfallenden Gegenständen, Betreten von Gefahrenbereichen
ASR A3.6	Technische Regeln für Arbeitsstätten - Lüftung
HBO	Landesbauordnung Hessen
BildscharbVO	Bildschirmarbeits-Verordnung
CE.01	CE-Kennzeichnung von Vorhangfassaden CE.01
ElVTR	Elektrische Verriegelungssysteme für Türen in Rettungswegen
ETAG 002	Geklebte Glaskonstruktionen - Beschichtete Aluminiumsysteme
FLL	Deutsches Dachdeckerhandwerk - Regeln für Abdichtungen - Flachdachrichtlinie
GEG	Gebäudeenergiegesetz
Glasreinigung	Merkblatt zur Glasreinigung des Bundesinnungsverband des Glaserhandwerks
GS-BAU-18	Grundsätze für die Prüfung und Zertifizierung der bedingten Betretbarkeit oder Durchsturzsicherheit von Bauteilen bei Bau- oder Instandhaltungsarbeiten
VDI 2719	Schalldämmung von Fenstern
VFF Merkblätter	z.B. KB.01 Kraftbetätigte Fenster

WZNRZ SUMM .

VwV TB	Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen
Merkblatt ZiE/vBg	Merkblatt der Landesstelle für Bautechnik „Zustimmung im Einzelfall für Bauprodukte und Bausätze und vorhabenbezogene Bauartgenehmigung für Bauarten“