

Glas macht schlank – Haltestellenüberdachung Ostwall / Rheinstraße in Krefeld

Dipl.-Ing. Markus Kramer

VDI BDB

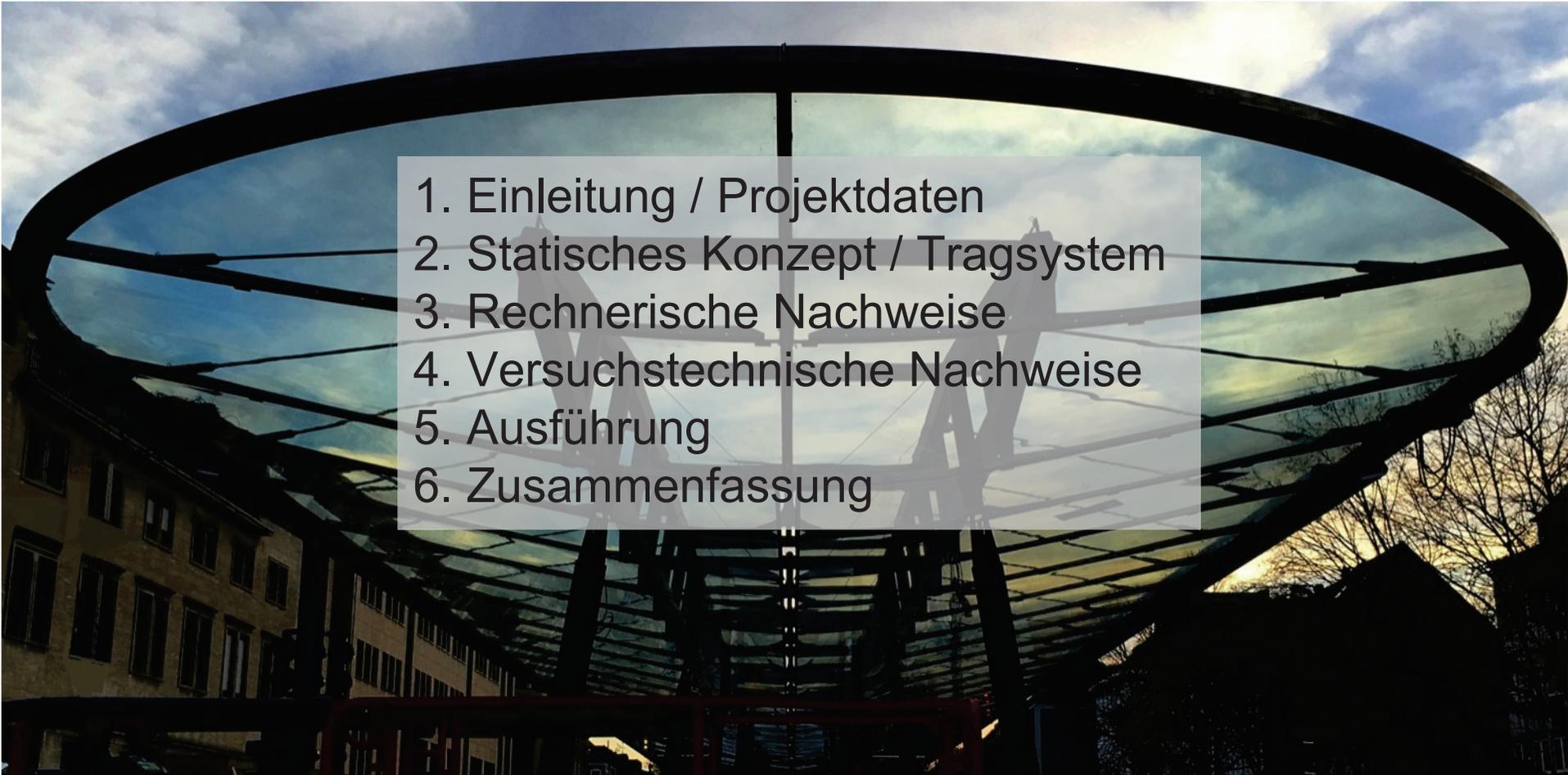
IB KRAMER Tragwerksplanung – FEM-Berechnungen

Nierenhofer Str. 68a

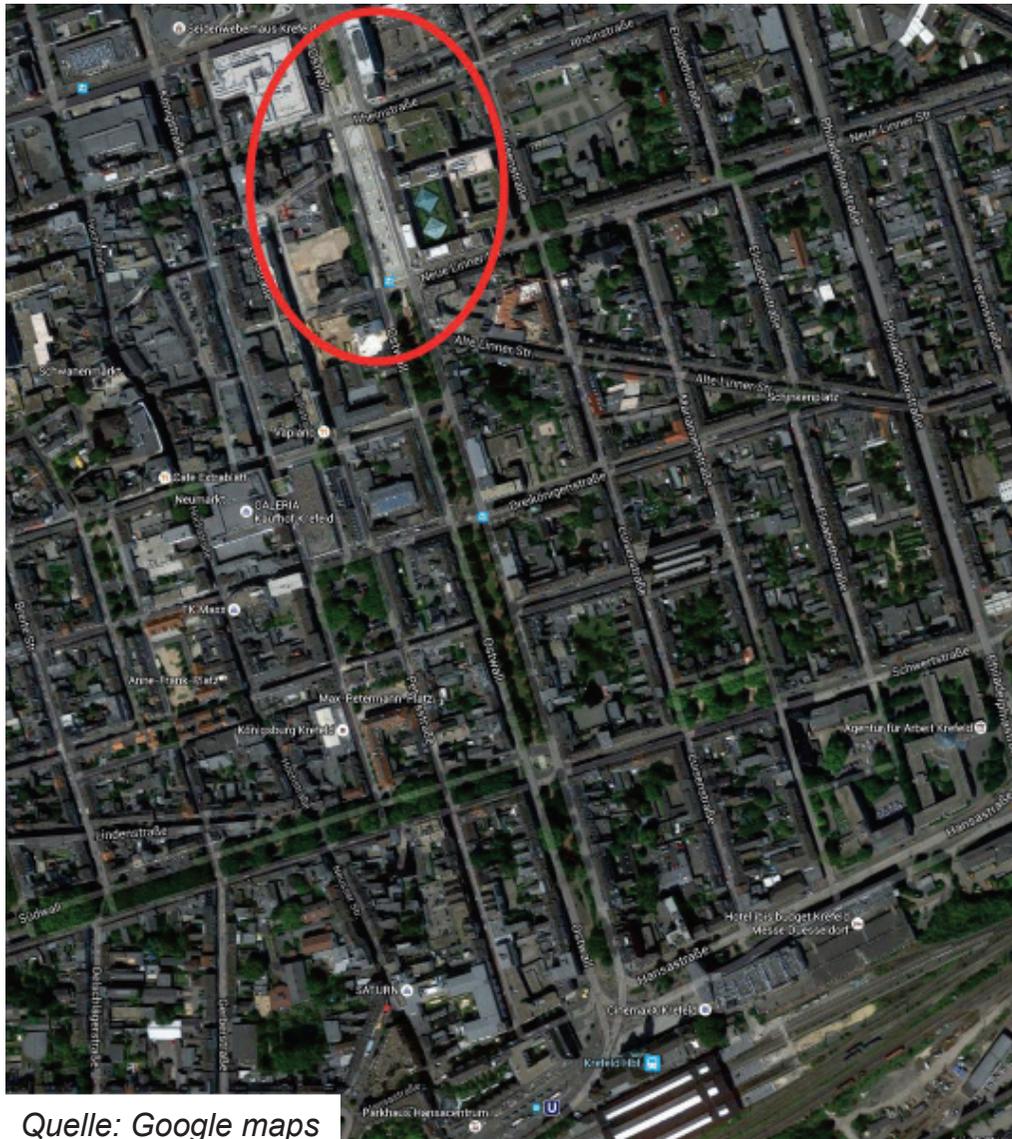
45257 Essen

www.ib-kramer.de

Inhalt

- 
- A photograph of a modern glass canopy structure over a street. The canopy has a curved, dark metal frame and a glass top. The background shows a building and a cloudy sky.
1. Einleitung / Projektdaten
 2. Statisches Konzept / Tragsystem
 3. Rechnerische Nachweise
 4. Versuchstechnische Nachweise
 5. Ausführung
 6. Zusammenfassung

Einleitung / Projektdaten



Im Zuge der Erneuerung des Ostwalls, der wichtigsten Nord-Süd-Achse der Krefelder Innenstadt, im Süden vom Hauptbahnhof ausgehend, wurde am Kreuzungspunkt Ostwall / Rheinstraße eine neue Straßenbahn- und Bushaltestelle realisiert.

Als prägendes Element dieses wichtigen Nahverkehrsknotens sollte eine architektonisch hochwertige Lösung zur Ausführung kommen.

Quelle: Google maps

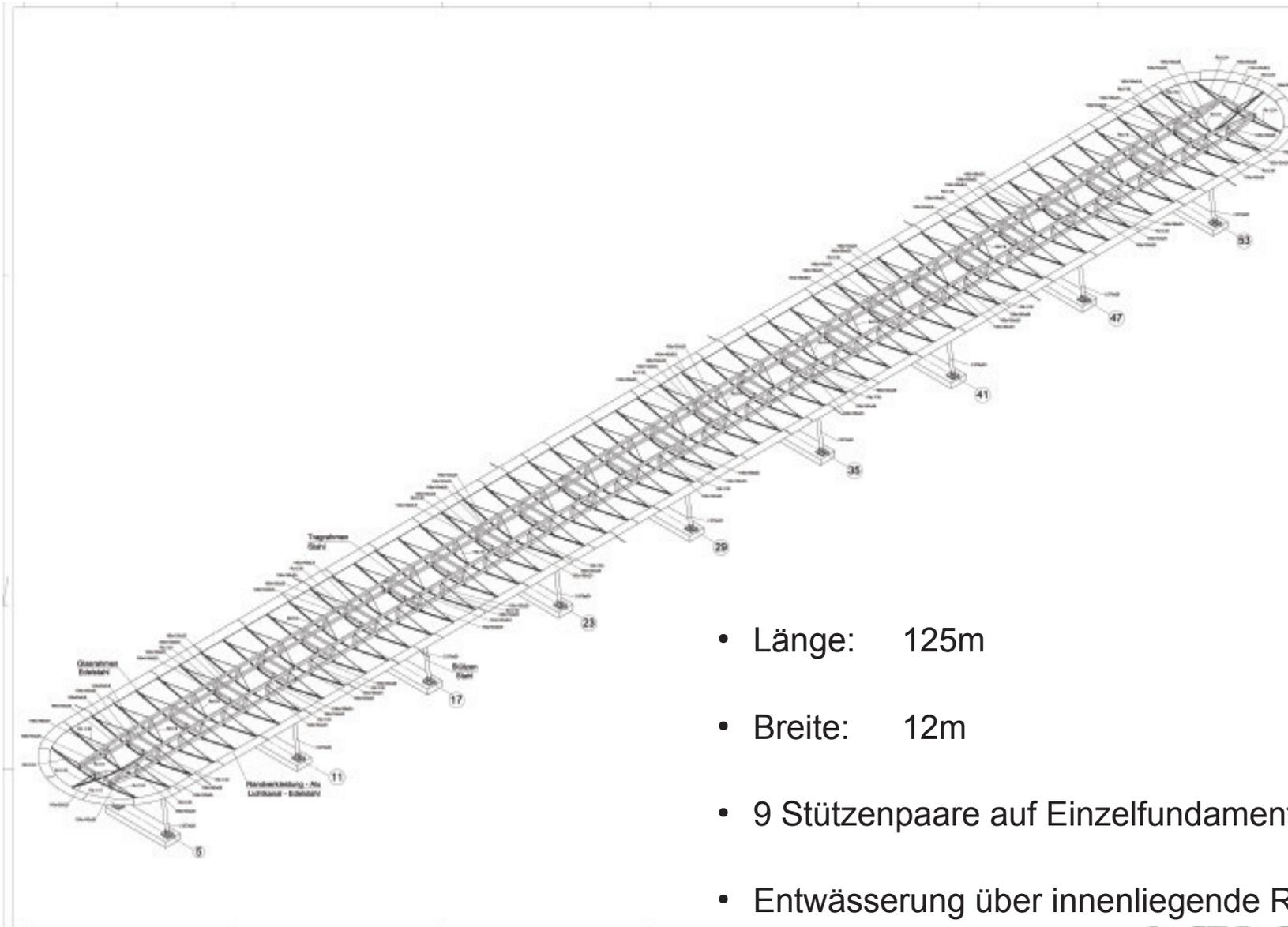
Einleitung / Projektdaten



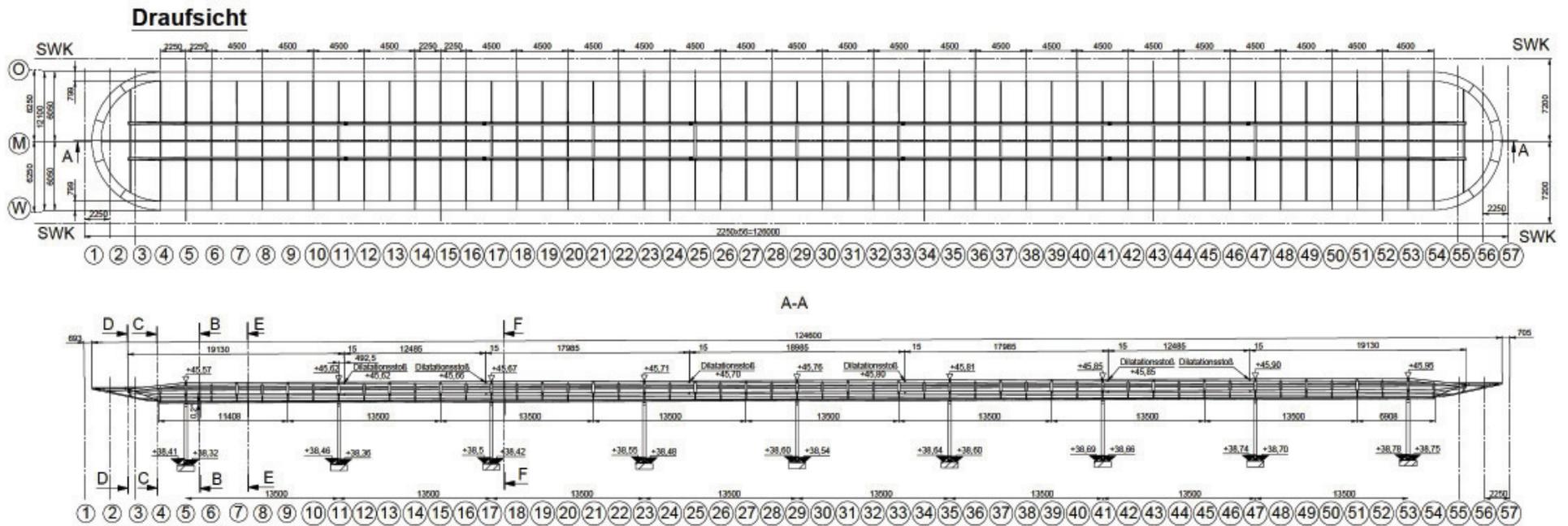
Quelle: Stefan Schmitz Architekten

Obwohl Krefeld für seine Textilindustrie bekannt ist, entschied sich der Rat der Stadt nach langer Diskussion für eine Stahl-Glaskonstruktion.

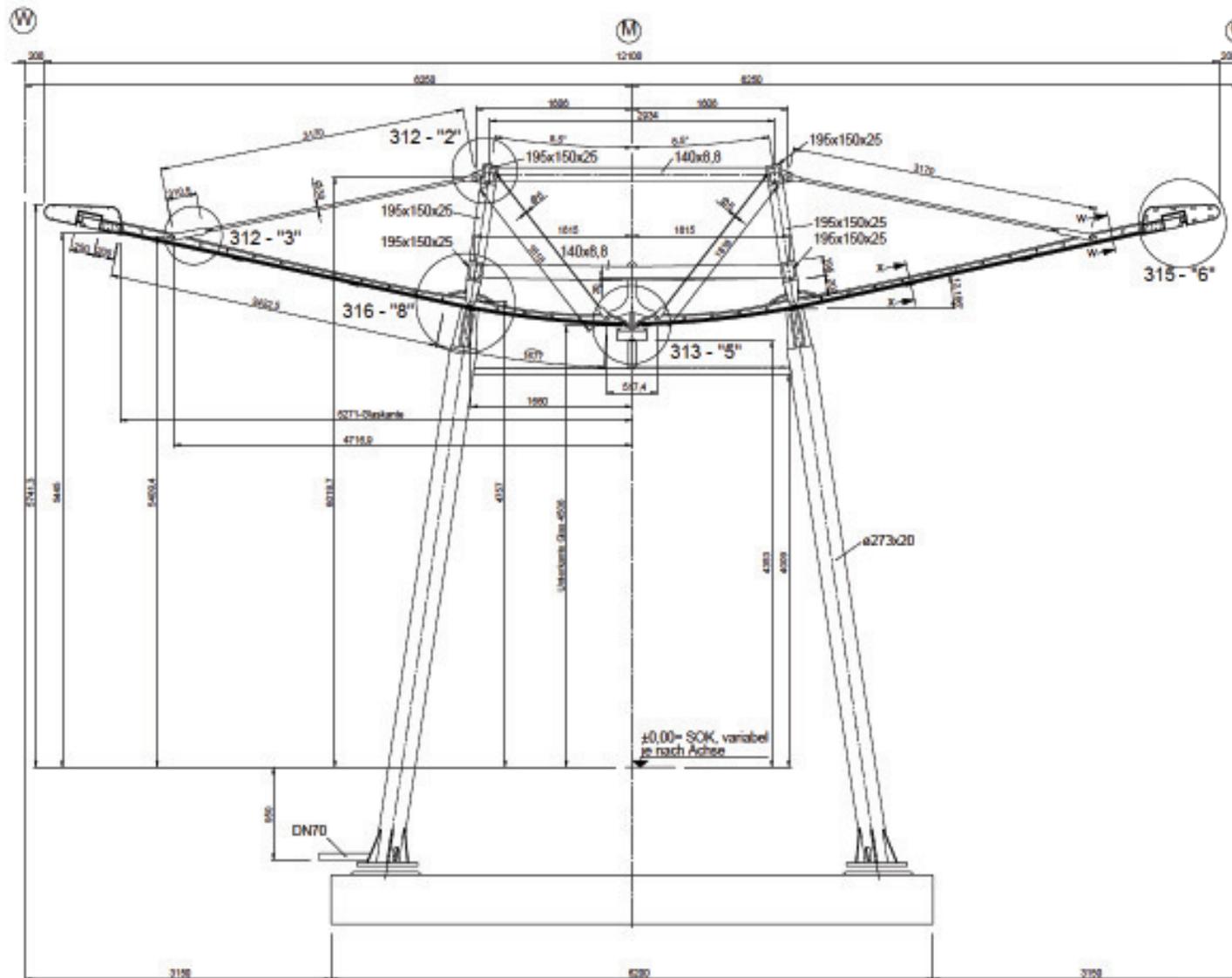
Einleitung / Projektdaten



Einleitung / Projektdaten



Einleitung / Projektdaten



Einleitung / Projektdaten

Baubeteiligte:

Bauherr:	Stadt Krefeld
Betreiber:	Stadtwerke Krefeld
Architekt:	Stefan Schmitz, Köln
Tragwerksplanung:	IB KRAMER
Koordination ZiE:	IB KRAMER
Versuchsdurchführung und Fremdüberwachung Verklebung:	Labor für Stahl- und Leichtmetallbau GmbH, München
Gutachten:	Prof. Dr.-Ing. Ö. Bucak, München
Zustimmung im Einzelfall:	Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes NRW, Dr. Zurborg
Ausführung (GU):	Bellapart S.A.U, Girona, Spanien

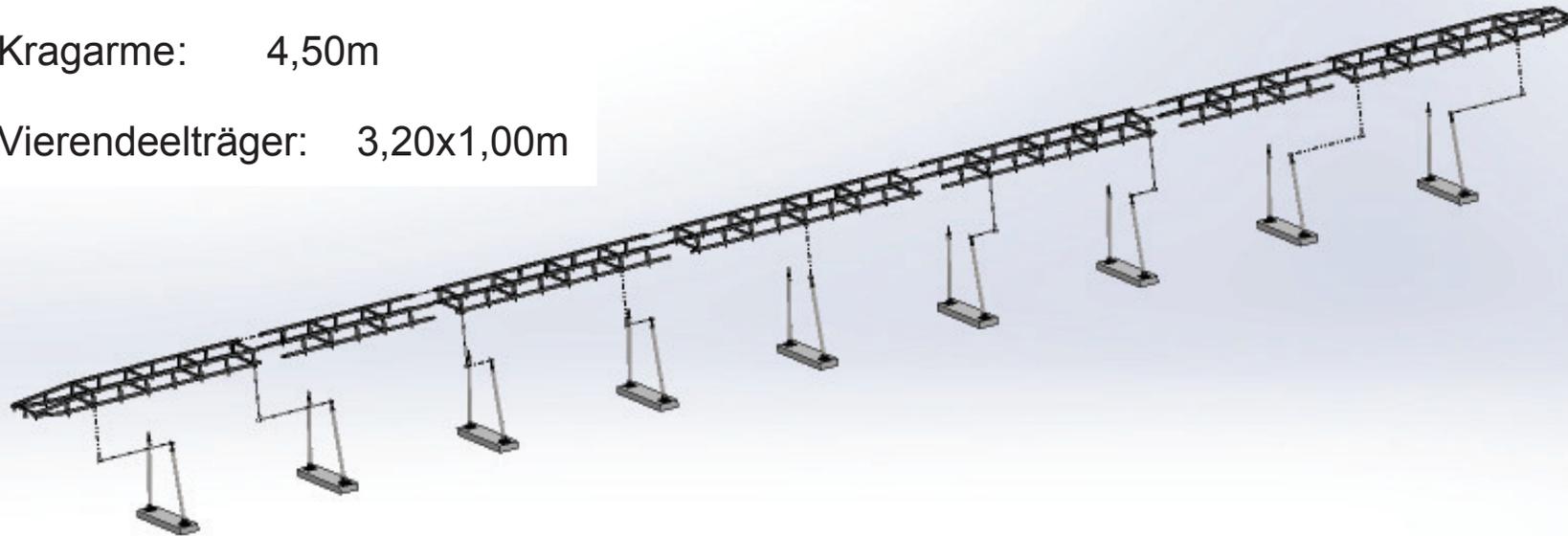
Verfahren:

- Öffentliche Vergabe, europaweite Ausschreibung
- ZiE vor der Vergabe beantragt => Durchführung von Bauteilversuchen im Vorfeld als separate Leistung vergeben

Statisches Konzept / Tragsystem

Primärstahlkonstruktion

- Feldweiten: 13,50m
- Kragarme: 4,50m
- Vierendeelträger: 3,20x1,00m



- 9 Stützenpaare:
 - Am Fußpunkt eingespannt => Aussteifung in Längs- und Querrichtung
- Räumlicher Vierendeelträger:
 - Aus optischen Gründen kein Fachwerkträger mit Diagonalen gewünscht
 - Statisch bestimmt als Gerberträger konzipiert mit Normalkraftgelenken in den Gurten

Glas macht schlank – Haltestellenüberdachung Ostwall / Rheinstraße Krefeld

Statisches Konzept / Tragsystem



Primärstahlkonstruktion



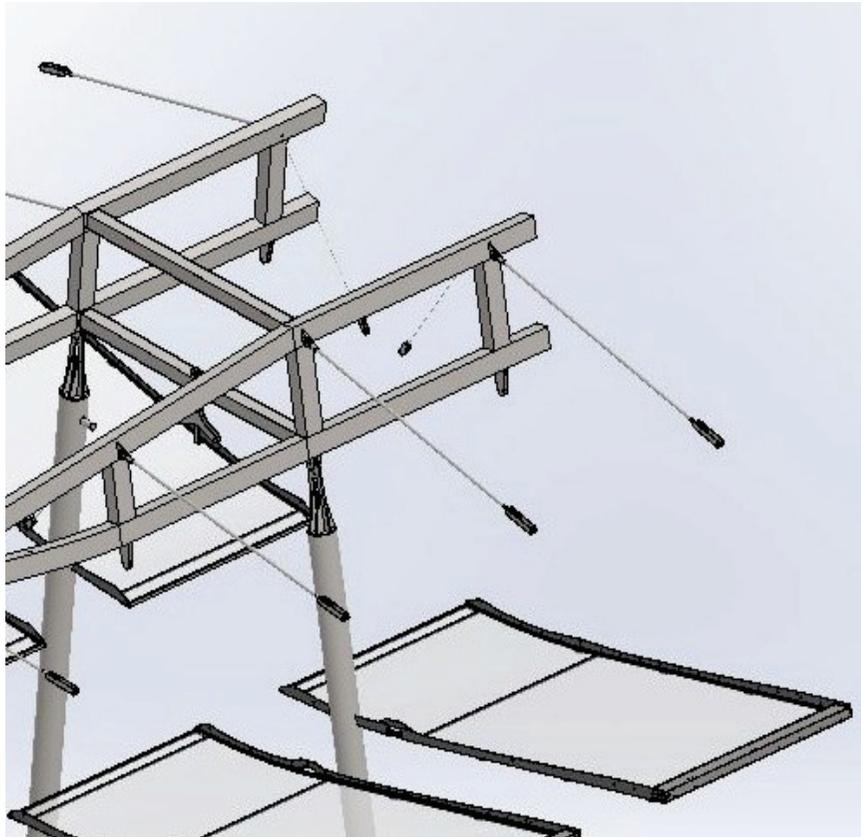
Glas macht schlank – Haltestellenüberdachung Ostwall / Rheinstraße Krefeld
Statisches Konzept / Tragsystem



Primärstahlkonstruktion



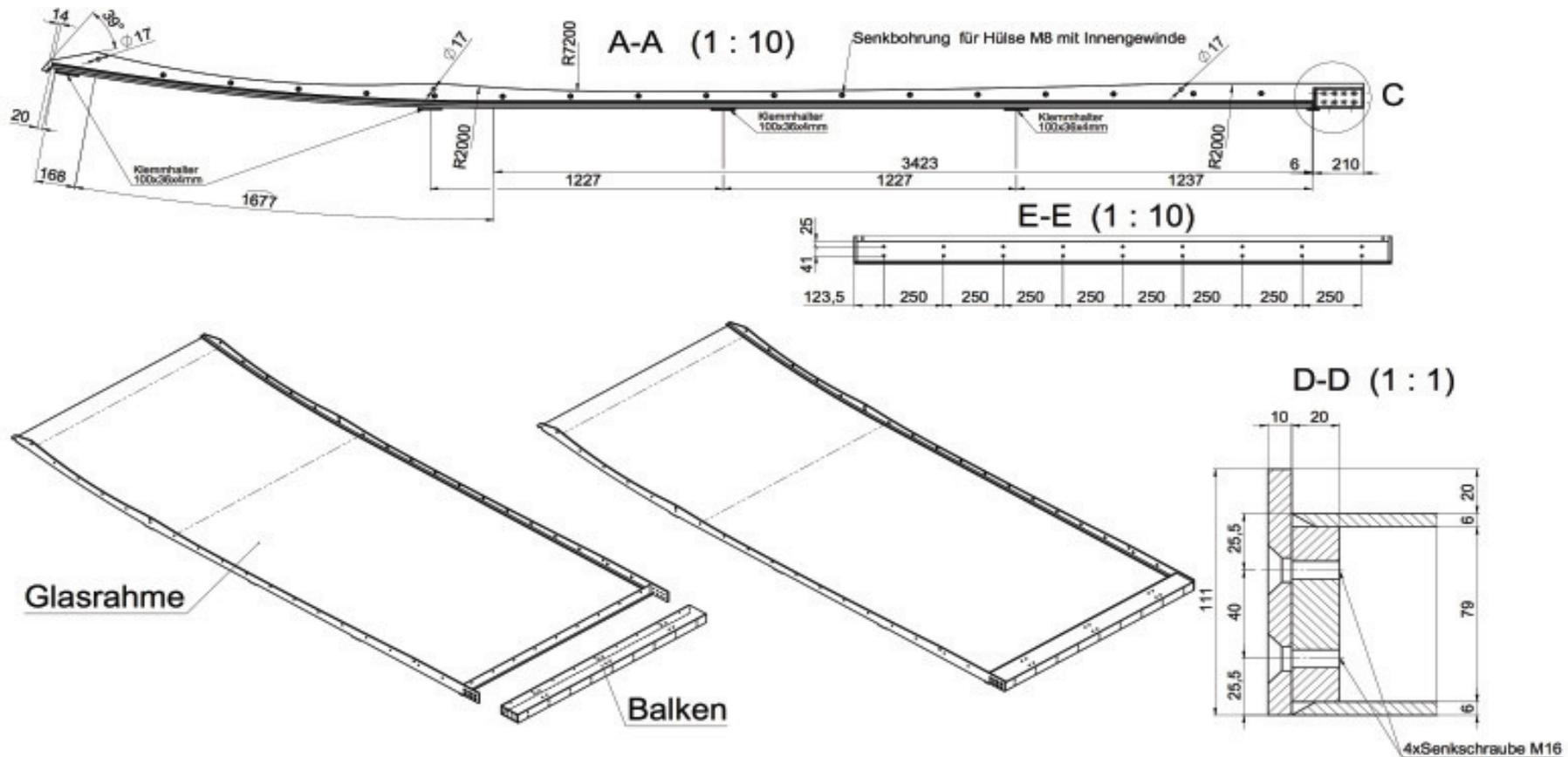
Stahl-Glasrahmen im Regelbereich



- 104 Regelrahmen aus teilgebogenen Gläsern (VSG aus 2x10mm gb-Float, PVB-Folie 1,52mm)
 - Elementbreite: 2215mm

Statisches Konzept / Tragsystem

Stahl-Glasrahmen im Regelbereich



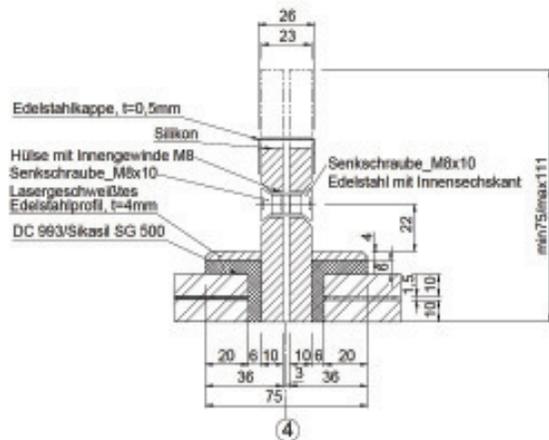
- Biegeradius im zylindrisch gebogenen Teil: 10,0m
- 3-seitig aufgeklebter Rahmen aus Edelstahlprofilen

Glas macht schlank – Haltestellenüberdachung Ostwall / Rheinstraße Krefeld

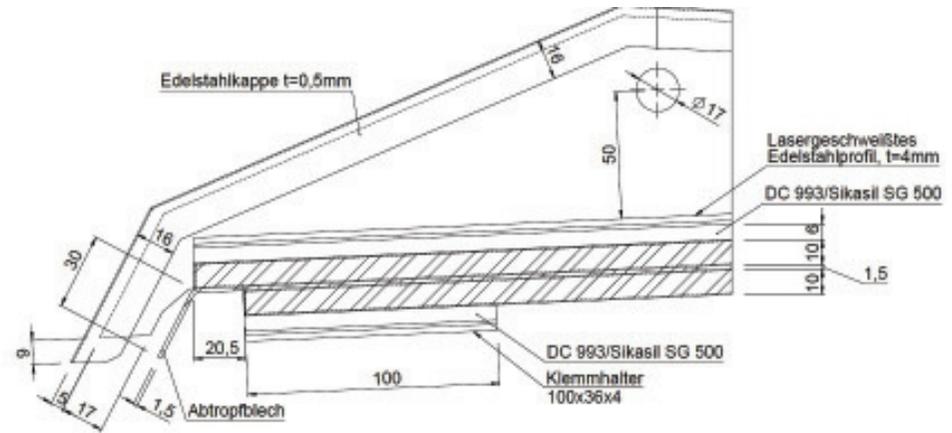
Statisches Konzept / Tragsystem



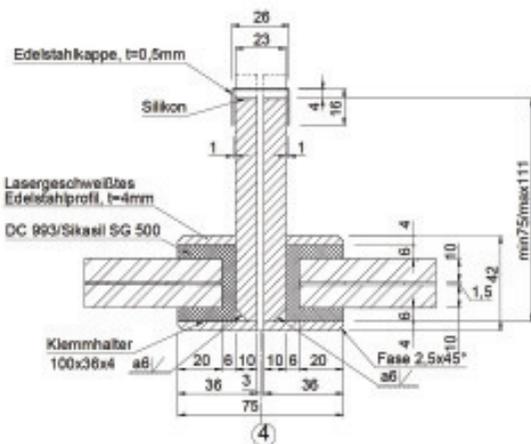
Stahl-Glasrahmen im Regelbereich



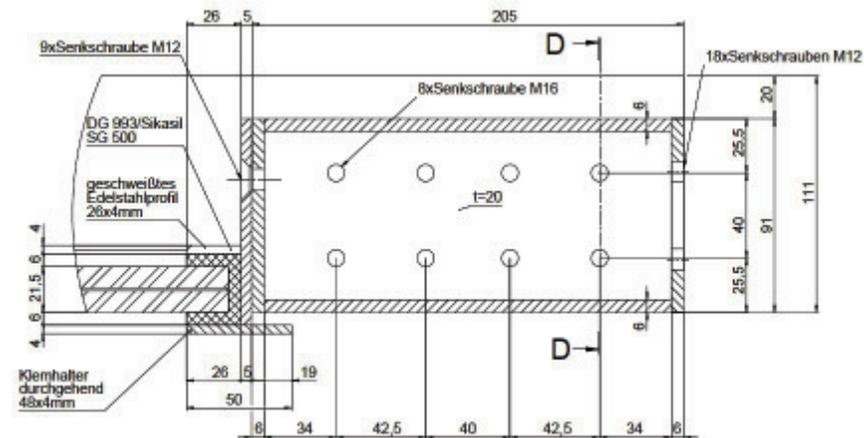
Längsseite Regelbereich



Traufe



Längsseite Nothalter



Hochpunkt

Glas macht schlank – Haltestellenüberdachung Ostwall / Rheinstraße Krefeld
Statisches Konzept / Tragsystem



Stahl-Glasrahmen im Regelbereich



Glas macht schlank – Haltestellenüberdachung Ostwall / Rheinstraße Krefeld
Statisches Konzept / Tragsystem



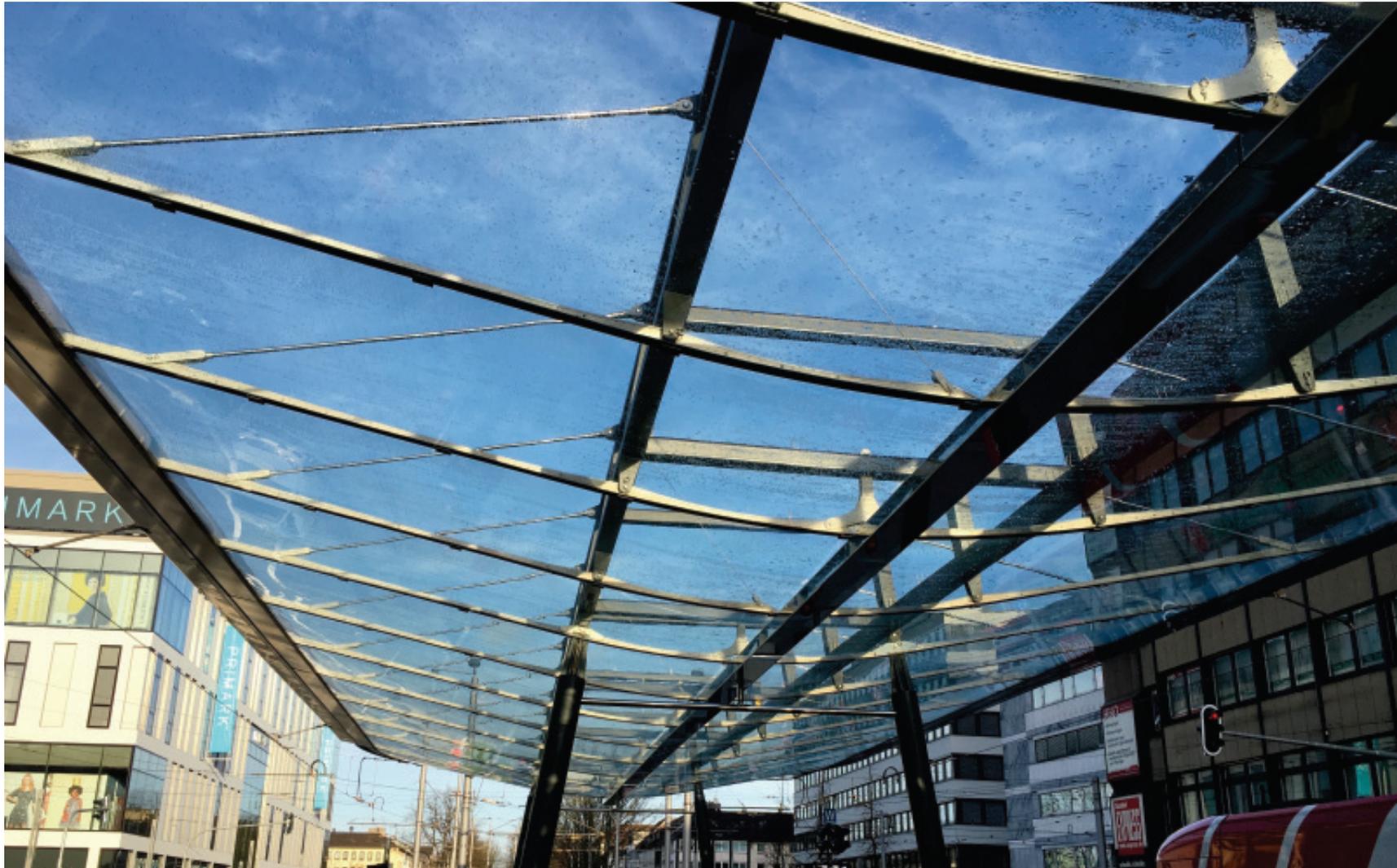
Stahl-Glasrahmen im Regelbereich



Glas macht schlank – Haltestellenüberdachung Ostwall / Rheinstraße Krefeld
Statisches Konzept / Tragsystem

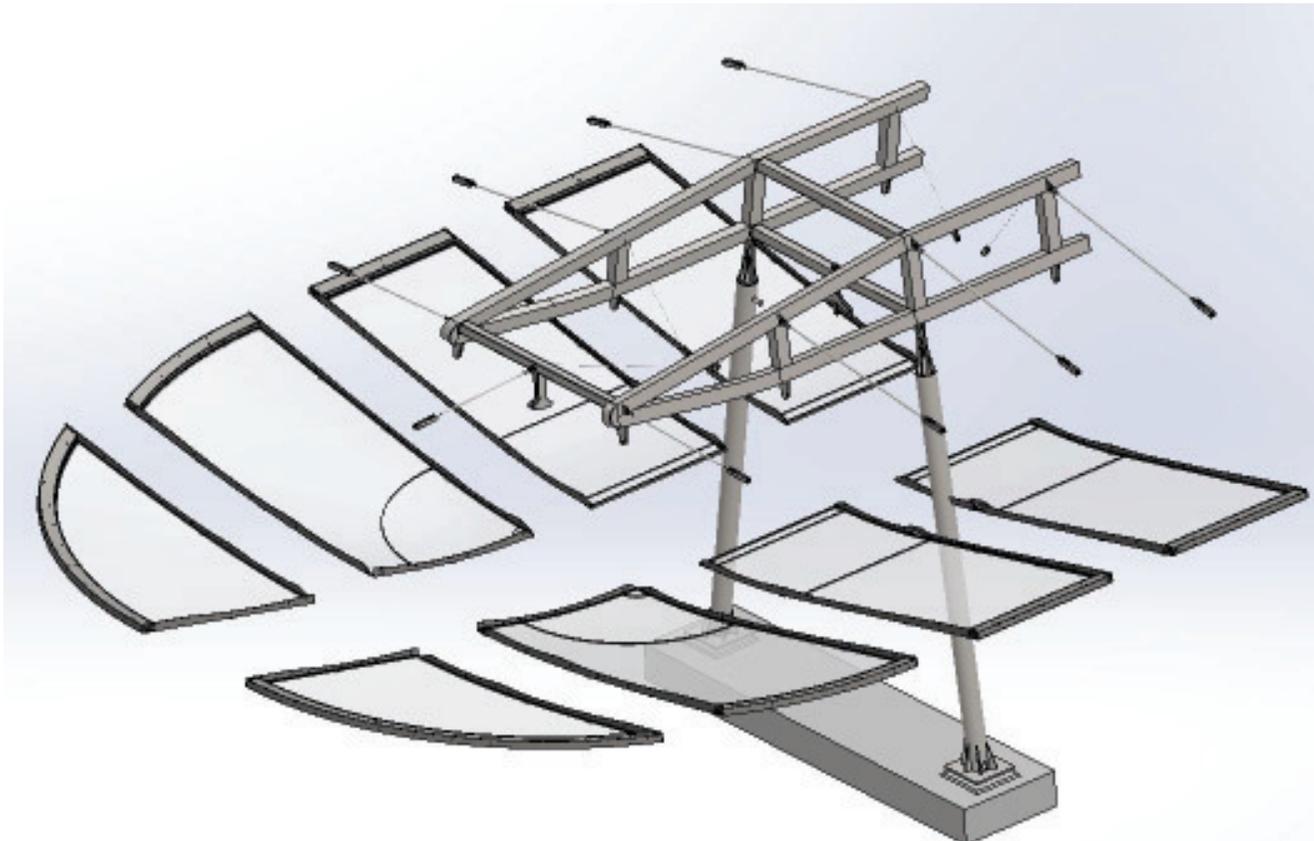


Stahl-Glasrahmen im Regelbereich



Statisches Konzept / Tragsystem

Stahl-Glasrahmen im Kopfbereich



- Vier 2-achsig gebogene Rahmen
- Allseitig linienförmig gelagert (verklebt)

Glas macht schlank – Haltestellenüberdachung Ostwall / Rheinstraße Krefeld

Statisches Konzept / Tragsystem



Stahl-Glasrahmen im Kopfbereich



Statisches Konzept / Tragsystem



Konstruktive Aspekte:

- Steifigkeit des gebogenen Bereichs stellt für den großen ebenen Bereich (2,21x3,42m) quasi eine Linienlagerung dar
- Scheibe aus einem Stück ohne Fuge quer zur Flussrichtung garantiert einen dauerhaft funktionierenden Abfluss des Regenwassers
- Scheiben werden unter die Edelstahlrahmenprofile geklebt, jeweils vier Nothalter an den Längsseiten
- Die Verglasung steift die Edelstahlprofile derart aus, dass diese nur auf Biegenormalspannung und nicht auf Stabilität nachgewiesen werden müssen (Verhinderung seitlichen Ausweichens und Erzielung einer ausreichenden Drehbettung) Stahlschwert seitlich: H=75-111mm, t=10mm
- Redundanz bei Totalausfall einer Scheibe durch Verbindung der angrenzenden Rahmen (unter Berücksichtigung einer Fuge zur Aufnahme von thermischen Dehnungen und als Montage-toleranz
- Verbindung zwischen Edelstahlrahmen und Glas mittels 2K-Silikon-Verklebung

Grundlagen für die Nachweise der Stahlbauteile:

- Lasten gem. DIN 1055-100
- DIN 18800 in Verbindung mit AbZ Z-30.3.-6 (Edelstahl)

=> Berechnung mit 3D-Stabwerksprogramm

Grundlagen für die Nachweise der Edelstahl-Glasrahmen:

- Lasten wie für Stahlbau, zusätzlich: Betretbarkeit gem. GS-Bau 18 in Verbindung mit DIN 4426
- Glasnachweise nach DIN 18008, Kennwerte für die gebogenen Gläser auf Grundlage der z.Zt. in Deutschland erteilten Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen

=> Berechnung mit einem vollständigen FE-Modell mit ANSYS 14.5

Rechnerische Nachweise

FE-Modell:

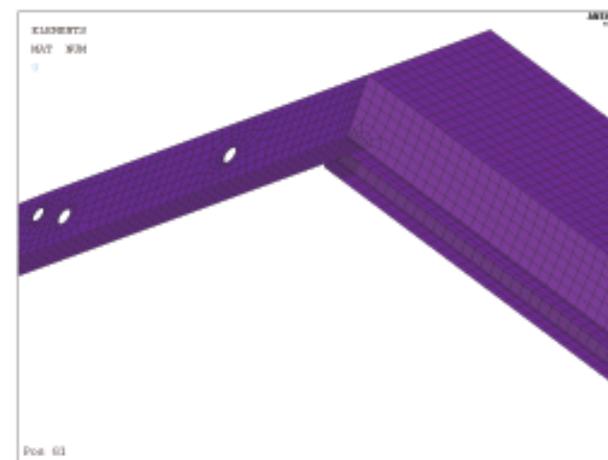
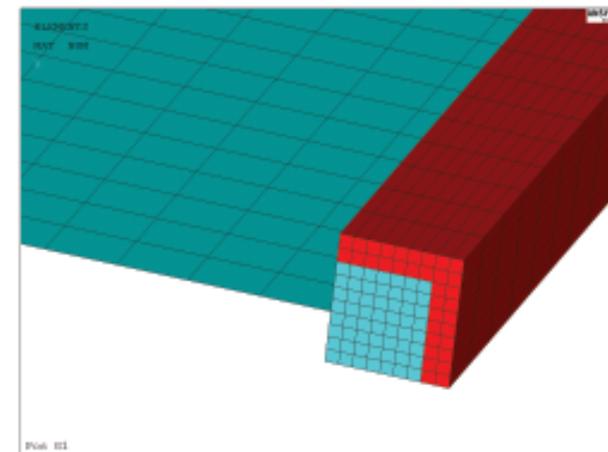
Glas in der Fläche:

Schalenelemente

Stahlschwerter:

Schalenelemente

Klebung und Glas im Bereich der Klebung: Volumenelemente



Rechnerische Nachweise

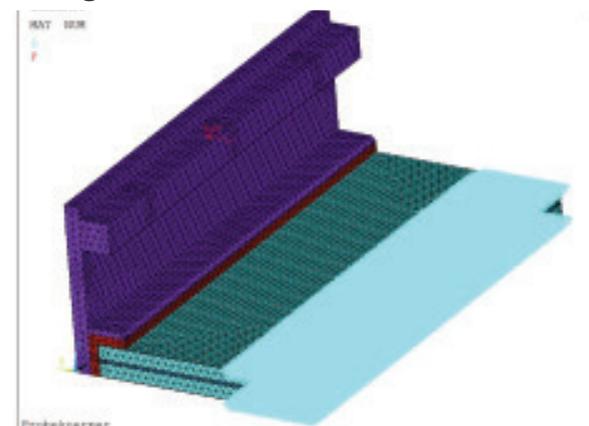
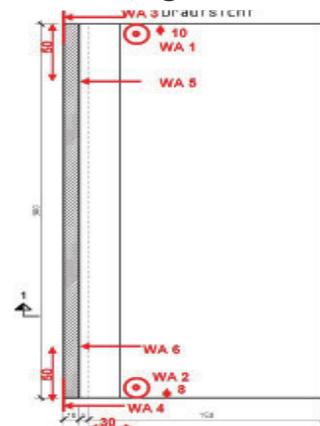
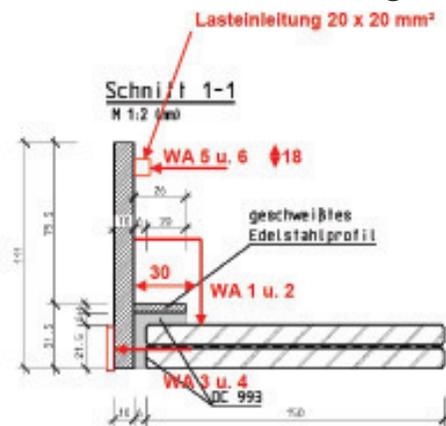
Materialmodell für die Verklebung:

Das entscheidende Element für die Aktivierung der aussteifenden Funktion des Glases für die extrem schlanken Stahlschwerter des Edelstahlrahmens ist die Silikonverklebung.

=> Steifigkeit der Verklebung muss im Modell exakt abgebildet werden

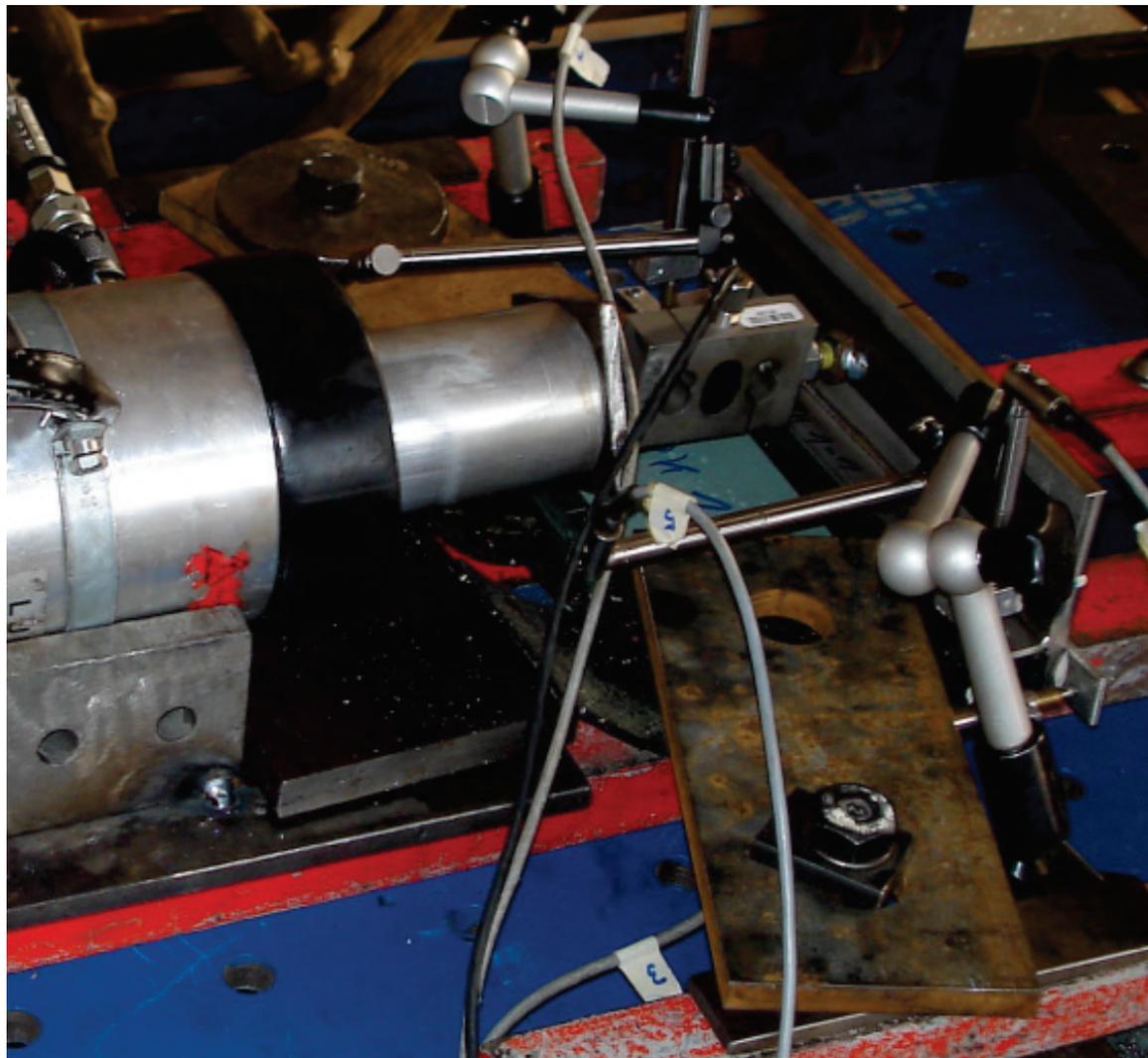
Vorgehen:

- Erstellung von 1:1 Kleinproben der Klebfugengeometrie
- Belastung der Kleinproben im Labor und Messung der auftretenden Verformungen an definierten Punkten
- Generierung der Kleinproben im FE-Modell
- Ansatz eines linear-elastischen E-Moduls, Variation des E-Moduls, bis die im Versuch ermittelten Verformungen unter der angesetzten Belastung erreicht werden



Rechnerische Nachweise

Versuchsaufbau Materialmodell Verklebung:



Rechnerische Nachweise

Materialmodell für die Verklebung:

Aufgrund der kleinen Dehnungen in der Klebfuge bildet der linear elastische E-Modul die Steifigkeit der Verklebung für den baupraktischen Nachweis hinreichend genau ab.

Der Stabilitätsnachweis der schlanken Stahlschwerter konnte über den Ansatz von Vorverformungen im Rahmen der geometrisch nichtlinearen FE-Analyse am Gesamtmodell geführt werden.

