EINGANG
16.07.2025
Prof. Dr. Held

STATISCHE BERECHNUNGEN – STÜTZWANDSANIERUNG
GENEHMIGUNGSSTATIK
BOCHUM-DAHLHAUSEN, KASSENBERGER STRAßE



Univ.-Prof.
Dr.-Ing.
Markus Held

EINGANG
16.07.2025
Prof. Dr. Held

STATISCHE BERECHNUNGEN – STÜTZWANDSANIERUNG
GENEHMIGUNGSSTATIK
BOCHUM-DAHLHAUSEN, KASSENBERGER STRAßE

Projekt
Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Straße

Auftrag-Nr.
16309-C

Bauherr
Stadt Bochum
Tiefbauamt 66.31
Abteilung Stadtbahn und konstruktiver Ingenieurbau

Tragwerks- und Objektplanung
ICG Ingenieure GmbH

In bautechnischer Hinsicht geprüft
Standsicherheit bzw. statisch Konstruktiver Brandschutz
(Zutreffendes siehe Prüfbericht)
Prüf-Nr. 25/01 Essen, den 09.10.2025
Prüfingenieur für Baustatik
von der IK-Bau NRW staatlich anerkannter Sachverständiger
für die Prüfung der Standsicherheit (S 0346)
Fachrichtung Massivbau
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held
Am Schloss Schellenberg 6 Telefon: 0201/439556-10
45134 Essen E-Mail: m.held@sh-ing.de

Inhalt
Dokumentation der statischen Berechnungen im Zuge der Genehmigungsplanung

Bauteil
Stützwand – Ortbetonwand, Rückverankerung und Tiefgründung

Datum
09.05.2025

Index
00

Elektronische Berechnungen wurden durch unabhängige Vergleichsrechnungen geprüft!

Grüneintragungen beachten!

Aufsteller

i. A. Arne Rick (M.Eng.)

Projektleiter

i. V. Dr.-Ing. P. Siebert

Ingenieurkammer-Bau NRW
Arne Rick
M. Eng.
qualifizierter Tragwerksplaner
Mitgliedsnummer 744689

Revisionsverzeichnis

Index	Kapitel	Seiten	Erstelldatum
00	1 - 6	1 - 182	09.05.2025

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAL\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Inhaltsverzeichnis

Revisionsverzeichnis ... 3

Inhaltsverzeichnis ... 4

1 Vorbemerkungen ... 6

2 Grundlagen ... 7

2.1 Planungsgrundlagen ... 7

2.2 Vorschriften und Empfehlungen ... 8

2.3 Software ... 9

2.4 Baugrund- und Grundwasserverhältnisse ... 10
2.4.1 Baugrundprofile und Bodenkennwerte ... 10
2.4.2 Erddruckermittlung ... 12
2.4.3 Erdbebenzone / Baugrundklasse / Untergrundklasse ... 12

2.5 Baustoffe und Expositionsklassen ... 12

2.6 Lastannahmen ... 13
2.6.1 Verkehrslast (SLW60) ... 13
2.6.2 Anprall ... 13
2.6.3 Wind ... 13-1

3 Beschreibung der Baumaßnahme und Umgebung ... 14

3.1 Lage und Beschreibung der Baumaßnahme ... 14

3.2 Bestandssituation Baufeld ... 16

4 Entwurfsplanung der Stützwandsanierung ... 19

4.1 Randbedingungen ... 19
4.1.1 Leitungssituation ... 19
4.1.2 Kampfmittel ... 20
4.1.3 Bergbauliche Sanierung ... 20

4.2 Konstruktionsbeschreibung ... 20
4.2.1 Gründung ... 21
4.2.2 Wand ... 22
4.2.3 Mikropfähle ... 25

4.3 Entwässerung ... 25

4.4 Bauablauf ... 26

4.5 Hinweise zur Konstruktionsbeschreibung ... 27

5 Statische Berechnungen ... 30

5.1 Wandelemente ... 30
5.1.1 Element 1 ... 34
5.1.2 Element 2 ... 35

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STA\Lph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

5.1.3 Element 3 55
5.1.4 Element 4 75
5.1.5 Element 5 95
5.1.6 Element 6 115
5.1.7 Element 7 135

5.2 Mikropfähle 155
5.2.1 Verankerung der Mikropfähle im Bauwerk 156
5.2.2 Nachweis der Krafteinleitung in den Verpresskörper 157
5.2.3 Nachweise Stahlzugglied und Mantelreibung (Rückverankerung) 158
5.2.4 Nachweise Knicken und Mantelreibung (Tiefgründung) 159

5.3 Geländebruchberechnung (GEO3) 161

6 Anlagen Planung und Berechnung 168

6.1 Pläne Baugrubenverbau 168

6.2 GGU Berechnungsprotokolle der Geländebruchberechnung (GEO3) 173
6.2.1 Element 1 173
6.2.2 Element 7 176

6.3 Ermittlung des Biegeknickwiederstands nach Vogt 179
6.3.1 Anhang 1 - Querschnittswerte 180
6.3.2 Anhang 2 - Grenzwert der Bodenstützung p_f im undrainierten Fall, NC-Böden ohne Strukturfestigkeit 181
6.3.3 Anhang 3 - Ansatz eines von der undrainierten Scherfestigkeit c_u abhängigen bezogenen Mobilisierungsweg w_f / D 181
6.3.4 Anhang 4 – Knicklinien gemäß DIN EN 1993-1-1 182

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAL\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

1 Vorbemerkungen

Gegenstand dieses Dokuments sind die erdstatischen Berechnungen sowie die Bemessung der **Stützwand** mit **Rückverankerung** und **Tiefgründung** mittels Mikropfählen.

Der Grundriss und die maßgebenden Schnitte sind den Plänen, die als Anlage der Statik beigefügt sind, zu entnehmen: (Stand: Genehmigungsplanung vom 09.05.2025)

- **Grundriss:**
  2619-ICG-LP4-STW-X-GR-001-00

- **Schnitte und Abwicklung:**
  2619-ICG-LP4-STW-X-SN-001-00
  2619-ICG-LP4-STW-X-SN-002-00
  2619-ICG-LP4-STW-X-SN-003-00

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

2 Grundlagen

2.1 Planungsgrundlagen

[1] Tiefbauamt Abt. Stadtbahn u. Konstr. Ingenieurbau Stadt Bochum:
Aufmaß Stützwand, Bauwerksplan BW619 vom 26.08.2020
Lageplan und ergänzendes Aufmaß vom 30.04.2024

[2] Tiefbauamt Abt. Stadtbahn u. Konstr. Ingenieurbau Stadt Bochum:
Neue Stützwandaufteilung und Ergänzung Anwohnerwünsche vom 27.05.2024

[3] ICG Ingenieure GmbH:
Geotechnischer Bericht und Konzept Stützwandsanierung vom 08.09.2021
Geotechnischer Bericht zur Stützwandsanierung vom 10.04.2025

[4] ICG Ingenieure GmbH:
Koordinierter Leitungsplan Stufe 2
2619-ICG-S02-LTG-X-LP-001-01 vom 13.11.2024

[5] Stadt Bochum: Planauskunft GIS Portal
Stadtgrundkarte Eigentum vom 05.07.2019

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STA\Lph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

2.2 Vorschriften und Empfehlungen

Normen

[6] DIN EN 1990, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung inkl. nationalem Anhang, aktuelle Fassung.

[7] DIN EN 1991, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke inkl. Nationalem Anhang, aktuelle Fassung.

[8] DIN EN 1992, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken inkl. Nationalem Anhang, aktuelle Fassung.

[9] DIN EN 1993, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten inkl. Nationalem Anhang, aktuelle Fassung.

[10] DIN EN 1997, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik inkl. Nationalem Anhang, aktuelle Fassung.

[11] DIN 1054: Baugrund- und Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1, aktuelle Fassung.

[12] DIN 1537: Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau - Verpressanker, aktuelle Fassung.

[13] DIN 4019: Baugrund - Setzungsberechnungen, aktuelle Fassung.

[14] DIN 4084: Baugrund - Geländebruchberechnungen, aktuelle Fassung.

[15] DIN 4085: Baugrund - Berechnung des Erddrucks, aktuelle Fassung.

[16] DIN 4095: Baugrund - Dränung zum Schutz baulicher Anlagen, aktuelle Fassung.

[17] DIN 4123: Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude.

[18] DIN 4124: Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten, aktuelle Fassung.

[19] DIN 4128: Verpreßpfähle (Ortbeton- und Verbundpfähle) mit kleinem Durchmesser, aktuelle Fassung.

[20] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten ZTV-ING, Aktuelle Fassung.

[21] Richtlinien für passiven Schutz an Straßen durch Fahrzeug-Rückhaltesysteme FGSV 343 - RPS, Ausgabe 2009.

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

[22] DIN EN 14199: Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Mikropfähle Aktuelle Fassung

Empfehlungen und Merkblätter

[23] Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ EAB, neueste Fassung

[24] Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ EA-Pfähle, neueste Fassung

[25] DBV/VDZ-Merkblatt Sichtbeton, DBV-Heft 47, Fassung April 2022

Zulassungen

[26] DYWIDAG GEWI-Pfähle, AbZ: Z-32.1-2
[27] DYWIDAG GEWI-Pfähle, AbZ: Z-1.5-174

Veröffentlichungen

[28] Nachweis zum Biegeknickwiderstand im drainierten und undrainierten Fall sowie im Fall Seitendruck
Prof. Dr.-Ing. Norbert Vogt und Dipl.-Ing. Stefan Vogt, Zentrum Geotechnik der TU München, 2013

[29] Knicken von Pfählen mit kleinem Durchmesser in breiigen Böden
Prof. Dr.-Ing. Norbert Vogt und Dipl.-Ing. Stefan Vogt, Zentrum Geotechnik der TU München, 2005

2.3 Software

Die Berechnungen erfolgen mit den Programmen InfoCAD der Firma InfoGraph GmbH und GGU-STABILITY der Firma Civilserve GmbH.

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

2.4 Baugrund- und Grundwasserverhältnisse

Auf Grundlage der vorliegenden Informationen zum Baugrund [3] ist im Bereich des Baufelds von folgender genereller Baugrundschichtung auszugehen:

- Auffüllungen
- Hanglehm bzw. Hochflut-/Talablagerungen
- Hangschutt bzw. Ruhrschotter
- Grundgebirge

Der Hanglehm weist eine breiige bis weiche Konsistenz auf. Der Hangschutt ist ebenfalls, jedoch in Abschnitten hinter der Stützmauer auch als weich bis steif angesprochen worden. Bei Nacherkundungen wurde im südlichsten gartenseitigen Schurf am Stützwandfuß Wasser angetroffen. Vermutlich handelt es sich hierbei um lokale Staunässe.

Im Folgenden werden die wesentlichen Berechnungsgrundlagen und die bodenmechanischen Parameter zusammenfassend dargestellt.

2.4.1 Baugrundprofile und Bodenkennwerte

Bemessungsprofil

Für die Bemessung der Stützwand werden im Geotechnischen Bericht folgende bodenmechanische Kennwerte angegeben:

Tabelle 2-1: Vereinfachtes Bemessungsprofil

Schicht		γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ_k [°]	c'_k [kN/m²]
-	Hinterfüllung	19,0	10,0	32,5	-
1+2	Auffüllungen und Hanglehm	19,0	10,0	27,5	-
3	Hangschutt	20,0	11,0	30,0	-
4	Grundgebirge (verwittert)	23,0	13,0	30,0*	10,0
	Grundgebirge (unverwittert)	25,0	15,0	30,0 / 20,0*	50,0

*Reibungswinkel der Trennflächen

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Mikropfähle - Mantelreibung

Für die Mikropfähle darf im unverwitterten Grundgebirge (Schicht 4) folgende Mantelreibung angesetzt werden:

- $q_{s,k}$ = 250 kN/m²

Die Mindesteinbindelänge in diese tragfähige Schicht beträgt 5,0 m und ist so zu wählen, dass diese vollständig oberhalb oder unterhalb des angetroffenen Flözes liegt. Dabei ist ein Mindestabstand von 1,00 m zur interpolierten Ober- bzw. Unterkante des Flözes zu berücksichtigen.

Mikropfähle - Horizontale Bodenstützung

Die unter dem Wandfuß bzw. über der Gründungsebene anstehenden Böden (Tal- und Hochflutablagerungen) weisen den Schlagzahlen nach eine breiige bis weiche-steife Konsistenz auf. Die Zustandsform wird durch die niedrigen Schlagzahlen der schweren Rammsonde in diesen Böden bestätigt. Zur Tiefe werden die Böden steifer bzw. nimmt der Kieskornanteil zu. Es kann abgeschätzt werden, dass die Bodenschichten zwischen UK der Wand und dem Felshorizont Werte der undrainierte Kohäsion unter c_u = 30 kN/m² aufweisen. Gemäß der gängigen Zulassungen für Druckpfähle im Mikropfahlsystem [26] wird in diesem Fall ein Biegeknicknachweis gefordert.

Für den Nachweis kann die horizontale Stützung des Bodens berücksichtigt werden. Zwischen Gründungsniveau der Stützwand und dem Grundgebirge darf eine mittlere undrainierte Kohäsion von **c_u = 10 kN/m²** angesetzt werden.

Innerhalb der Schicht 3, Schicht 4 und des bergbaulich gesicherten Flözes ist nicht von einer Knickgefahr auszugehen. Dementsprechend ist auf den oberen ca. 6,00 m die Sicherheit gegenüber eines Biegeknickversagens nachzuweisen.

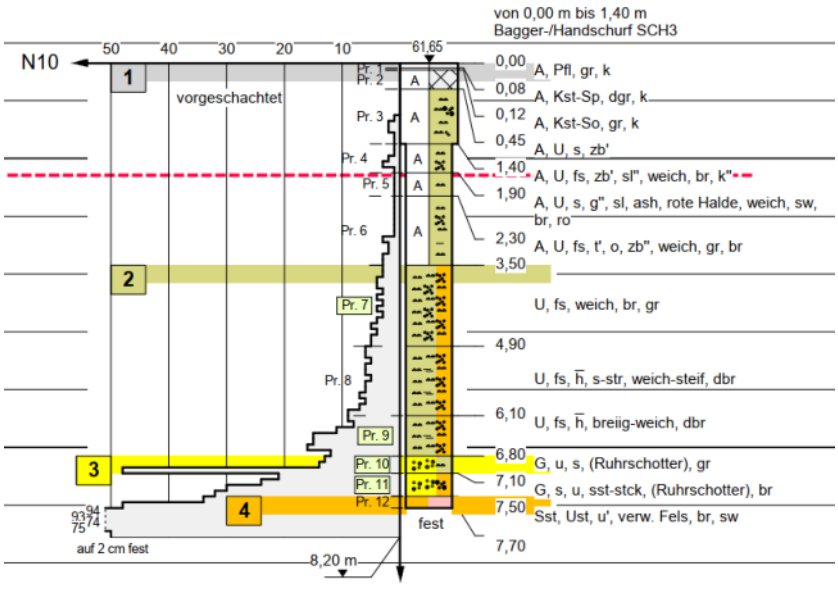


Abbildung 2.1: DPH/KRB 3, hinter der Wand

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STALph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

2.4.2 Erddruckermittlung

Aktiver Erddruck / Erdruhedruck

Der Erddruck wird auf eine Ersatzwand hinter der neuen Stützwand an einer senkrechten Ersatzfläche ermittelt. Es wird der erhöht aktive Erddruck (**E_a/E_0 = 25/75**) angesetzt.

Die Wandreibung wird zu null gesetzt (**δ = 0**). Dies bildet die stark verminderte Schubkraftübertragung durch die Dichtbahn zwischen Bestand und Neubau ab und stellt hinsichtlich der Horizontaleinwirkung einen konservativen Ansatz dar. Dem zu Folge ergibt sich kein vertikaler Erddruckanteil.

Verdichtungsdruck

Die Verdichtung der Hinterfüllung hat mit leichtem Gerät (Vibrationsplatten ≤ 250 kg) zu erfolgen. Es wird ein Verdichtungserddruck gemäß [15] für unnachgiebige Wände von **e_{vh} = 15 kN/m²** berücksichtigt.

2.4.3 Erdbebenzone / Baugrundklasse / Untergrundklasse

Das Baugrundstück befindet sich außerhalb von Erdbebenzonen.

2.5 Baustoffe und Expositionsklassen

Die Expositionsklassen werden gemäß [20] Teil 3 Abschnitt 1 2.2 gewählt. Die Stützwand ist als tausalzbeanspruchtes Bauteil einzustufen. Gemäß den chemischen Untersuchungen [3] ist nicht mit einem Betonangriff aus Sicker- oder Grundwasser zu rechnen.

Tabelle 2-2: Expositionsklassen

Bauteil	Expositions-klassen	Betondeckung c_{nom} [mm]	Festigkeits-klasse Beton	Betonstahl
Wand	XC4, XD3, XA1, XF2, WA	55	C30/37	B500B
Gründungsbalken	XC2, XA1, WA			
Mikropfähle	XC2, XA1, WA	40*	≥ C16/20**	

* gemäß [22] Anhang B
** im Bereich des Kohleflöz ist mit einem chemischen Angriff aus Sulfat zu rechnen. Es ist ein Zement mit hohem Sulfatwiderstand (SR) zu verwenden. Es werden chemische Untersuchungen im Bereich des Flöz empfohlen – ggf. ist entsprechend die Expositionsklasse hochzustufen und eine höhere Festigkeitsklasse zu wählen.

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

2.6 Lastannahmen

Die nachstehend beschriebenen Lastannahmen sind Grundalge der Dimensionierung der Stützwand und Gründungselemente. Eigengewichte der Bauteile werden programmintern berücksichtigt.

2.6.1 Verkehrslast (SLW60)

Da nicht ausgeschlossen werden kann, dass ein Schwerlastwagen auf dem Gehweg geparkt wird, wird die Last von 600 kN unmittelbar hinter der Wand angesetzt und auf die 3,00 m x 6,00 m Standfläche (vgl. alte DIN 1072) verteilt.

p_v = 600 kN / (6,00 m · 3,00 m) = 33,3 kN/m²

2.6.2 Anprall

Für den Anprallschutz bei einer Richtgeschwindigkeit $V_{zul} \leq 50$ km/h ist nach [21] Tabelle 5 das vorhandene Schrammbord mit einer Höhe von 0,15 m bis 0,20 m ausreichend.

Gemäß [7] Tabelle NA.2-4.1 Anmerkung a ist eine Anpralllast nur anzusetzen, wenn stützende Bauteile im Abstand von weniger als 1,0 m von der Bordschwelle liegen. Der Lastfall Fahrzeuganprall wird demnach nicht berücksichtigt.

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

2.6.3 Wind

Exemplarisch wird die resultierende Kraft auf den Mikropfahl zur Rückverankerung am Schnitt 6-6 ermittelt, da hier die Hebelarme zwischen Brüstung und Rückverankerung den ungünstigsten Fall bilden.

Windzone 1: $q_p = 0{,}5$ kN/m²

$c_{p,net} = 2{,}1$ (l/h ≥ 10, Bereich B)
$\gamma_Q = 1{,}5$ / $\Psi_0 = 0{,}6$

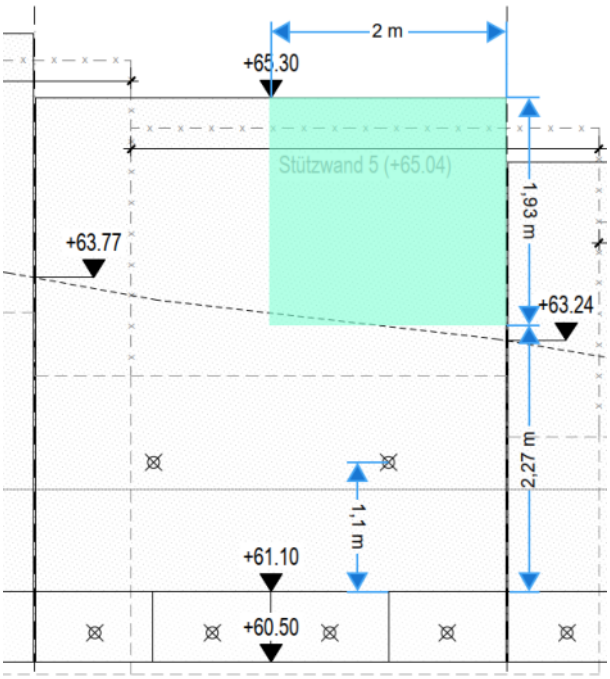
$w_d = 0{,}5 \cdot 2{,}1 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}6 = 0{,}945$ kN/m²

Resultierende Windkraft:
$F_{w,d} = 2{,}00$ m · 1,93 m · 0,945 kN/m²
$= 3{,}65$ kN

Resultierende an der Rückverankerung:
$F_{A,dy} = 3{,}65$ kN · (1,93/2 + 2,27) / 1,10 m
$= 10{,}7$ kN

Resultierende Ankerkraft:
$F_{A,d} = 10{,}7$ kN / cos 35° = 13,1 kN

Ausnutzung Stahlzugglied infolge Wind:
$R_{M,d} = 233$ kN (Seite 158)
$\mu_M = 13{,}1$ kN / 233 kN = 0,06



Eine Überlagerung mit dem Lastansatz SLW60 würde zu einer Ausnutzung von $\mu_M = 0{,}97 + 0{,}06 = 1{,}03$ führen und somit den Materialwiderstand des Stahlzuggliedes geringfügig überschreiten.

Dieser Zustand – SLW60 unmittelbar hinter der Wand und maximale Windkraft ohne Abschirmung durch das Fahrzeug – ist jedoch sehr unwahrscheinlich.

Zudem wurde der Erddruck mit einem Sicherheitsbeiwert von $\gamma_G = 1{,}35$ belegt. Unter Berücksichtigung einer Abminderung infolge 75 % Erdruhedruck, ergibt sich eine Traglastreserve von:

$\mu_M = 0{,}97 \cdot (1{,}35 \cdot 25\,\% + 1{,}2 \cdot 75\,\%) / 1{,}35 = 0{,}89$ $\mu_M = 0{,}89 + 0{,}06 = 0{,}95$ ✓

Der Ansatz des SLW60 im BS-P und erhöht aktiven Erddruck mit $\gamma_G = 1{,}35$ stellt einen auf der sicheren Seite liegenden Lastansatz dar.

Nachstehend wird daher die Windkraft nicht weiter berücksichtigt, da diese nicht maßgebend wird.

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\250924 Einfügeseite Lastannahmen Wind\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_Einfügeseite_Lastannahmen_Wind_250924.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

3 Beschreibung der Baumaßnahme und Umgebung

3.1 Lage und Beschreibung der Baumaßnahme

Das Tiefbauamt der Stadt Bochum plant in Bochum-Dahlhausen die Sanierung der Stützmauer (Bauwerk 2619) zwischen dem tieferliegenden Privatgrundstück Kassenberger Straße 9 und der nach Norden hin ansteigenden Kassenberger Straße.

Die Mauer weist eine Länge von ca. 37,00 m und eine Stützhöhe am höchsten Punkt von ca. 3,65 m auf. Die Kassenberger Straße verläuft nach Süden abfällig, sodass sich das Niveau der Straße am Anschluss zum Haus Nr. 9 auf gleicher Höhe mit dem Gelände des Flurstücks 37 (Garten) befindet.

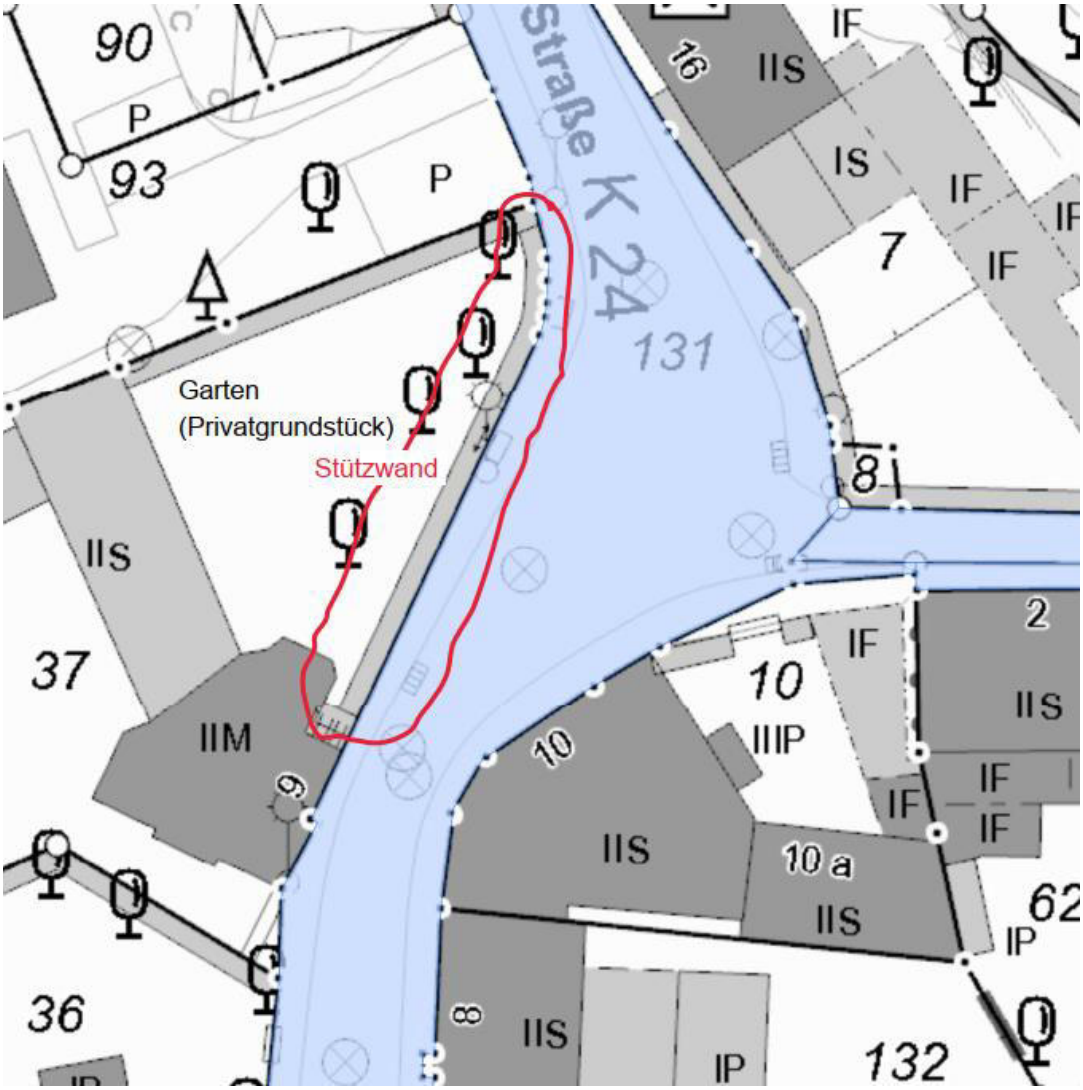


Abbildung 3.1: Auszug aus der Stadtgrundkarte Eigentum [5]

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Die ca. 100 Jahre alte Bestandswand liegt auf dem Grundstück Kassenberger Str. 9 und befindet sich in Privatbesitz. Da die Stützwand die oberhalb liegende öffentliche Straße stützt, wird seitens der Stadt Bochum angestrebt, die Wand und einen Grundstücksstreifen unterhalb zu erwerben und die Wand zu sanieren, um so die dauerhafte Standsicherheit des Geländes sicher zu stellen.

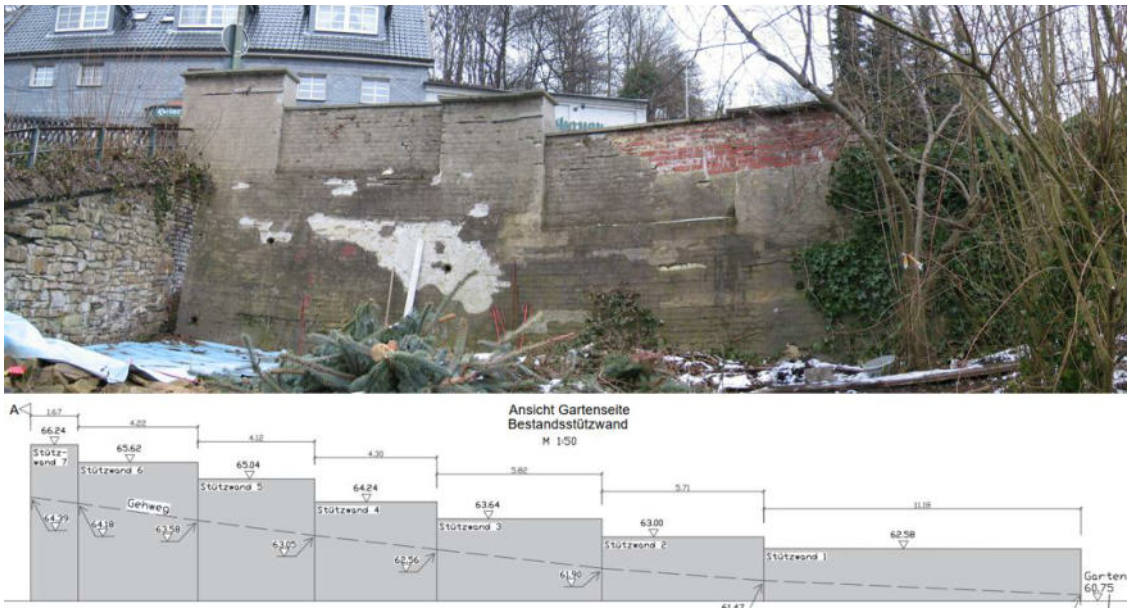


Abbildung 3.2: Foto und Abwicklung Bestandswand

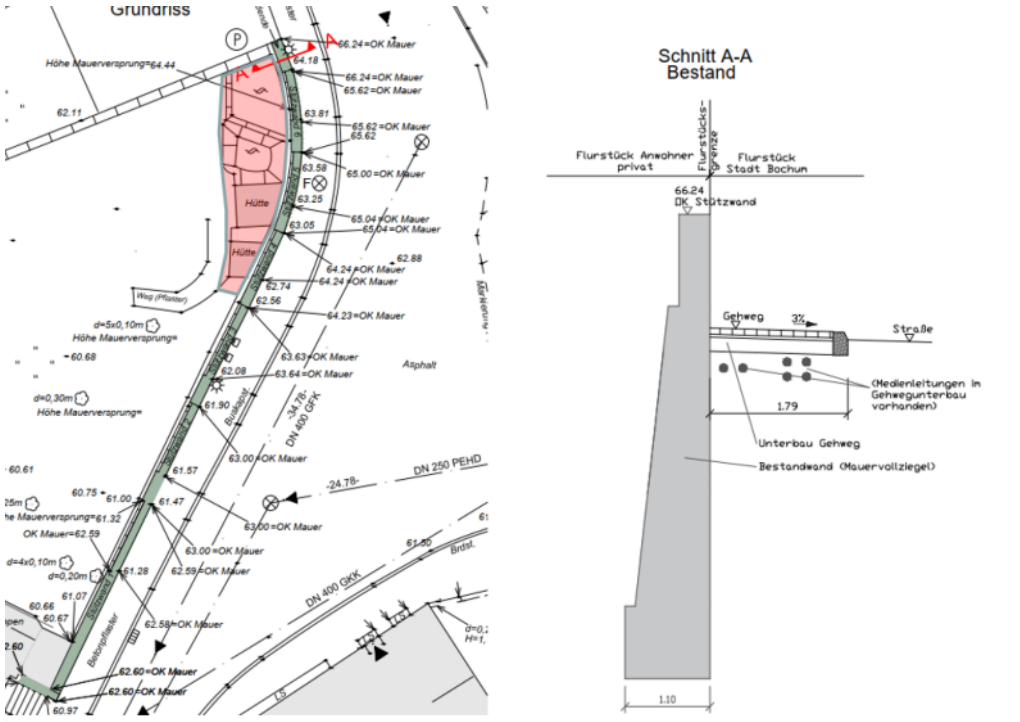


Abbildung 3.3: Ausschnitt Lageplan und Wandprofil

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STALph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

3.2 Bestandssituation Baufeld

Das genaue Alter der Bestandswand ist nicht bekannt. Aus undatierten historischen Dokumenten (Abbildung 3.4, Abbildung 3.5) geht hervor, dass die Straße früher schmaler ausgebaut war und das Gelände zum Grundstück Kassenberger Straße 9 vermutlich geböscht abfiel.

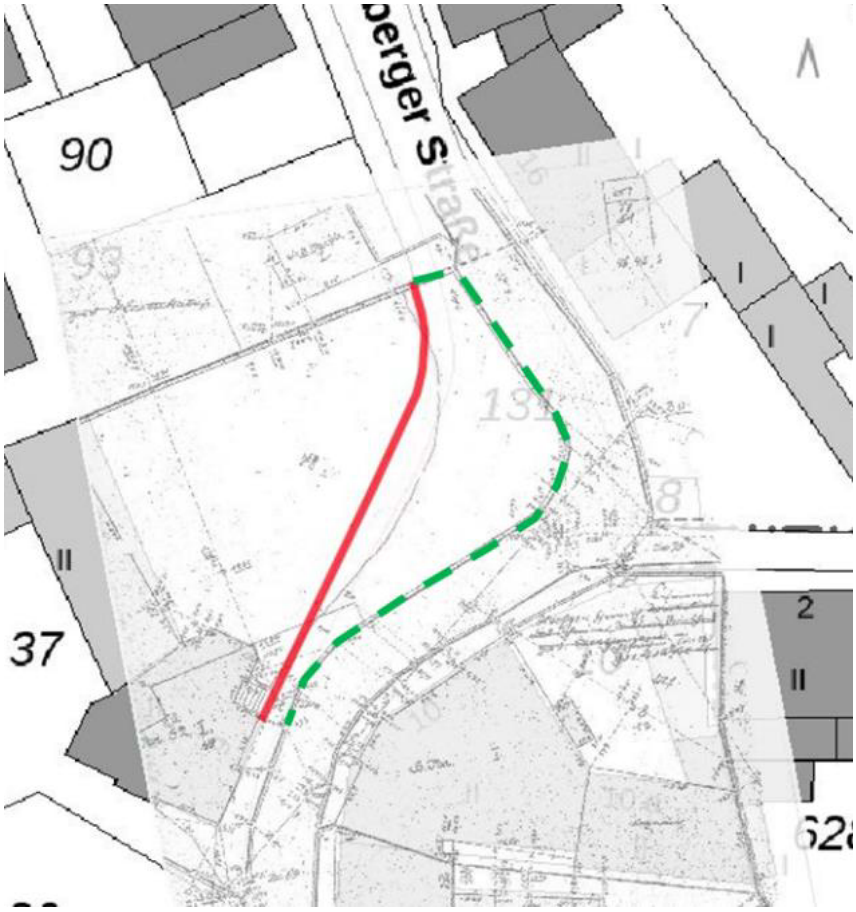


Abbildung 3.4: Aktueller (rot) und ehemaliger (grün, gestrichelt) Grenzverlauf

Östlich der Stützwand gelegen, an der Kreuzung zur Straße „Am Alten General“ befindet sich die Mundöffnung zum im Jahr 1863 aufgegebenen Stollen „General Nr. 2“. Das Mundloch wurde durch die Anhebung der Straße verbaut.

Vor diesem Hintergrund wurde durch IB Dr. Spang im Auftrag der Stadt Bochum eine bergbauliche Recherche durchgeführt und der Bereich durch eine bergbauliche Erkundung und Sicherung saniert.

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held



Abbildung 3.5: Historisches Foto, undatiert

Auch der anhand der bis dato ausgeführten Aufschlüsse abgeschätzte Verlauf des Felshorizonts (Abbildung 3.6) deutet darauf hin, dass die ehemalige Mauer entlang der Kassenberger Straße rückgebaut, das Gelände angeschüttet und diese Auffüllungen durch die Bestandswand abgefangen wurde. Wie im Geotechnischen Bericht [3] beschrieben, sind die oberflächennahen Schichten in diesem Bereich nicht oder nur gering belastbar und daher nicht für die Abtragung von Gründungslasten geeignet. Daher wird eine Gründung und Rückverankerung mit Mikropfählen im Fels geplant.

Unter dem direkt an der Stützwand verlaufenden Gehweg befinden sich diverse Leitungen. Im Rahmen der Ausarbeitung des Koordinierten Leitungsplan [4] wurden Telekommunikations-, Gas-, Strom- und Trinkwasserleitungen angetroffen. Ca. auf halber Länge der Wand stehen zwei Verteilerkästen unmittelbar hinter dem Geländer. Unter der Straße verlaufen drei Kanäle (Ab- und Mischwasser).

Die Leitungssituation im Garten ist weitestgehend unbekannt. Vor der Stützwand verläuft gemäß Aktenlage ein Telekommunikationskabel und im Norden liegt ein Kabelschacht. Die in den Suchschürfen angetroffenen Kabel deuten jedoch auf eine private Entwässerungsleitung hin, die Telekom-Leitung wurde nicht angetroffen. Der Kabelschacht wurde nicht erkundet, da in dem Bereich eine Gartenhütte steht.

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STALph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

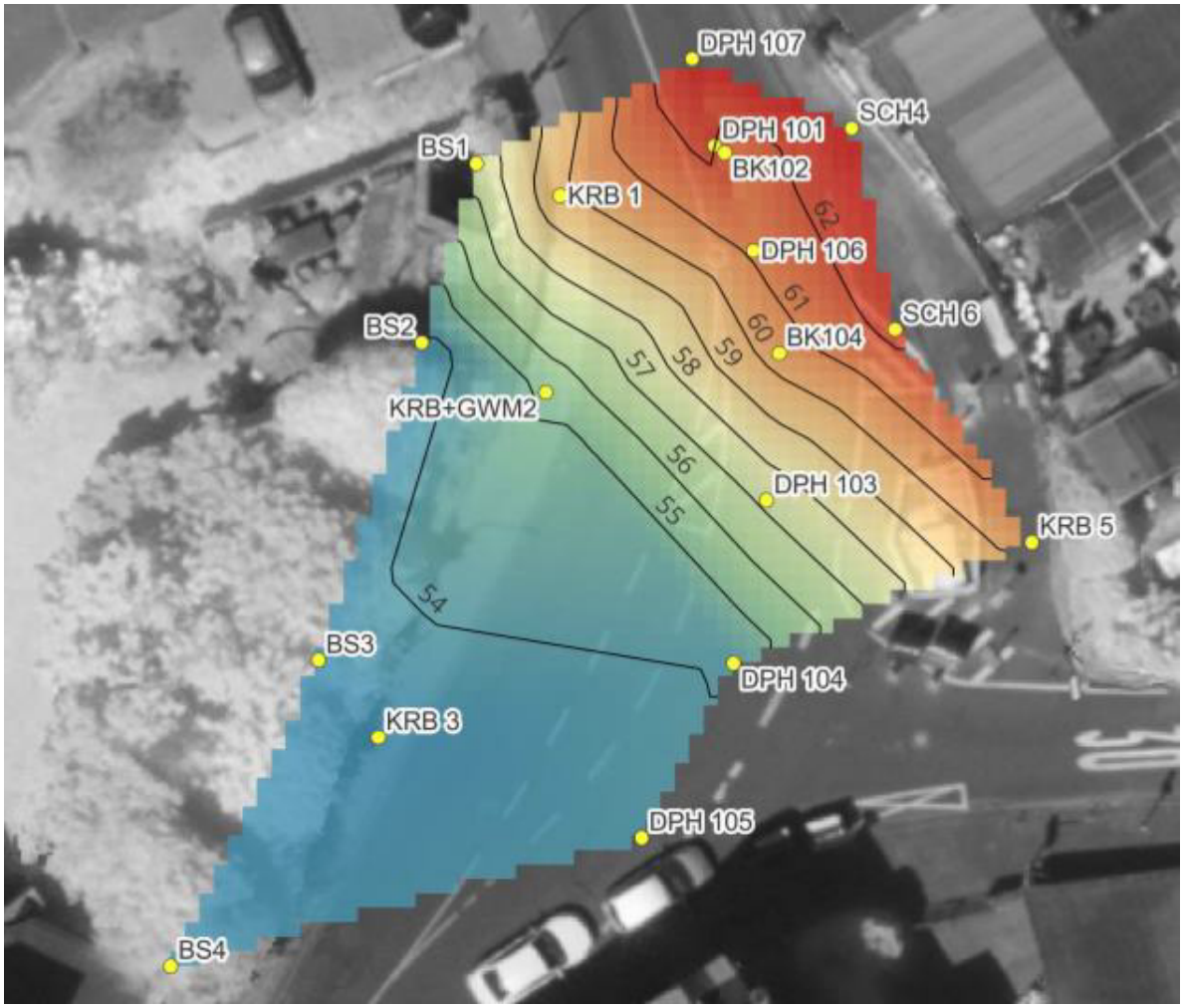


Abbildung 3.6: Aus punktuellen Aufschlüssen interpolierter Verlauf der Festgesteinsoberkante [3]

Im Norden läuft eine Grenzmauer mit ca. 2,00 m Höhe (von GOK Garten bis OK Wand) aus Natursteinmauerwerk senkrecht auf die Bestandswand zu. Hinter der Mauer befinden sich Parkplätze und die Einfahrt zur Kassenberger Straße 17. Die Grenzmauer fängt den Geländesprung zum benachbarten Grundstück ab. Auf der Mauer wurde ein Sichtschutz aus Holz angebracht. Das Fugenbild und die historischen Bilder (Abbildung 3.5) deuten darauf hin, dass die Mauer ein stückweit zurückgebaut wurde, um dem neuen Straßenverlauf zu weichen. Entsprechend kann auch gefolgert werden, dass die gegenständliche Bestandswand vor die Grenzmauer gesetzt wurde.

Im Garten wurde im Eckbereich der vorbeschriebenen Stützwände ein Pool und ein Teich aus Ortbeton errichtet. Daneben befinden sich unterhalb der zu sanierenden Stützwand zwei Hütten, weiter westlich eine Terrasse auf einem Podest und eine Grotte.

Im östlichen Teil stehen nah der Bestandswand mehrere Bäume mit einem Stammdurchmesser von 0,10 m bis 0,30 m. Der nicht bebaute Bereich vor der Stützwand wurde mit Sträuchern bepflanzt.

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

4 Entwurfsplanung der Stützwandsanierung

Um die bestehende Wand abzufangen, soll vor die Stützmauer eine neue Stützwand aus Stahlbeton vor Ort betoniert werden. Die geplante Wand ersetzt die Funktion der Bestandswand vollumfänglich.

4.1 Randbedingungen

Das Grundstück, auf dem die Baumaßnahme geplant ist, befindet sich aktuell in Privatbesitz. Die Fläche, auf der die neue Stützwand errichtet werden soll, soll angekauft werden. Die bauzeitliche Zuwegung in den Garten erfolgt nach partiellem Rückbau des Stützwandelements 1 neben dem Anschluss an den Eingangsbereich des Wohngebäudes der Kassenberger Str. 9.

Entsprechend stehen nur geringfügige Baustelleneinrichtungsflächen zur Verfügung. Auf der gegenüberliegenden Straßenseite sind Parkplatzflächen vorhanden.

Da die Straße eine wichtige Anbindung für den Stadtteil Dahlhausen in der Achse Nord-Ost bildet ist die Nutzung eines Fahrstreifens auch während der Bauzeit zu erhalten.

Am nördlichen Ende schließt die Wand direkt an die Grenzmauer zur Kassenberger Str. 17 an. Auch für die neue Stützwand ist geplant, diese direkt vor die Grenzmauer zu betonieren, sodass die Bestandssituation möglichst unberührt verbleibt.

Zum Süden läuft die Wand aktuell auf den Eingangsbereich des Wohnhauses der Kassenberger Str. 9 zu. Zukünftig soll hier eine Aufstellfläche für eine Müllbox und eine Einfahrt mit Tor zum Gartenbereich errichtet werden, an das die Stützwand anschließen soll.

4.1.1 Leitungssituation

Im Rahmen der Grundlagenermittlung und Vorplanung wurde ein Koordinierter Leitungsplan erstellt [4]. Im Rahmen der hierzu durchgeführten Schurfkampagne konnten Leitungen aufgrund von Schutzrohren teilweise nicht eindeutig zugeordnet werden. Vor Eingriffen im Bereich des Gehwegs und Straße ist frühzeitig Kontakt mit den Beitreibenden der Leitungen aufzunehmen.

Die Telekommunikationsleitung und der damit verbundene Kabelschacht im Garten wurde im Zuge der Leitungserkundung (Schurf 7) nicht angetroffen [4]. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Leitung in einer vom Plan abweichenden Lage vorhanden ist. Wird die Leitung im Rahmen der Baumaßnahmen angetroffen, sind Sicherungs- und ggf. Umverlegungsmaßnahmen in Abstimmung mit den Betreibenden und Eigentümern erforderlich.

Im Zuge der Verbreiterung des Gehwegs sollen die Verteilerkästen und Laternen hinter der Wand so verlegt werden, dass diese wieder direkt hinter der Brüstung der neuen Stützwand stehen. Die Maßnahmen werden im weiteren Planungsverlauf mit den Stadtwerken Bochum abgestimmt.

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

4.1.2 Kampfmittel

Nach Angaben der Kampfmittelauskunft fand in dem Bereich der geplanten Baumaßnahme keine Bombardierung statt und es sind keine weiteren Maßnahmen zur Kampfmittelsondierung/-räumung erforderlich.

4.1.3 Bergbauliche Sanierung

Da im unmittelbaren Umfeld bis ins 19. Jahrhundert Bergbau stattgefunden hat, wurde bis Februar 2025 eine bergbauliche Erkundung und Sanierung durchgeführt. Im Rahmen dieser Maßnahme wurden durch Erkundungsbohrungen die Lage des Flözes validiert, und etwaige Hohlräume und Auflockerungen im Bereich der geplanten Maßnahme mit Niederdruckinjektionen verfüllt.

Das Kohleflöz selbst wird als zusätzliche Baugrundschicht mit vernachlässigbarer Pfahltragfähigkeit berücksichtigt.

4.2 Konstruktionsbeschreibung

Der Verlauf der Stützwandelemente wird grundlegend so geplant, dass eine durchgehende Ansichtsfläche auf der Gartenseite entsteht. Die einzelnen Wandelemente mit einer Länge von ca. 4,00 m werden nicht gekoppelt und tragen unabhängig voneinander die Einwirkungen in den Baugrund ab.

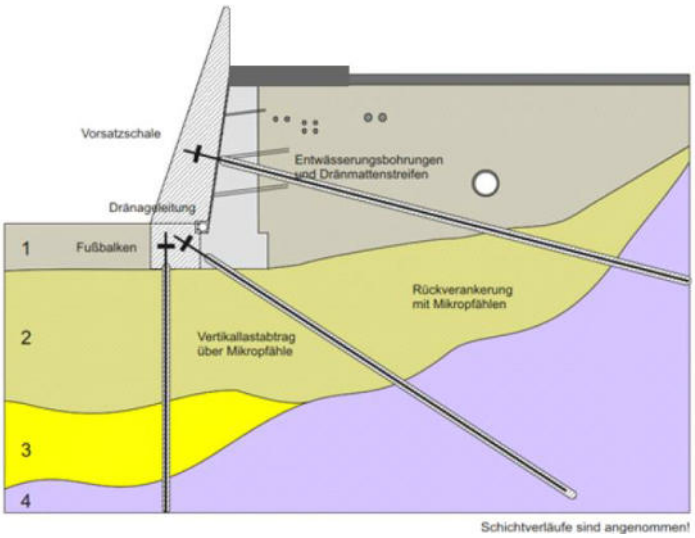


Abbildung 4.1: Bevorzugte Sanierungsvariante, nach [3]

Die Stützwand wird über Mikropfähle im Fels rückverankert. Da der unmittelbar unterhalb der Wand anstehende Baugrund nicht oder nur gering belastbar und nicht für die Abtragung von Gründungslasten geeignet ist, erfolgt auch die Gründung über Mikropfähle.

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STALph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Die gemauerte Brüstung und der Kopf der Bestandswand werden schonend zurückgebaut und durch eine Brüstung aus Stahlbeton auf der neuen Stützwand ersetzt. Der Gehweg wird bis zur Außenkante der neuen Brüstung verbreitert.

Die hohe Leitungsdichte im Gehweg [4] erfordert es die Eingriffe in diesem Bereich zu minimieren.

4.2.1 Gründung

Da der anstehende Baugrund nicht ausreichend tragfähig ist, werden die Vertikallasten über Mikropfähle in den Baugrund geleitet. Die Mikropfähle binden in den Fels ein und werden über einen Gründungsbalken mit der aufgehenden Wand verbunden.

Die Funktion der Bestandswand ist bis zur Unterkante Gründung durch die neue Stützwand zu ersetzen, jedoch ist eine vollumfängliche Abgrabung nicht möglich. Daher ist der Gründungsbalken im Pilgerschrittverfahren in 1,0 m breiten Abschnitten herzustellen.

Jedes 1,0 m lange Balken-Element wird auf einem Mikropfahl gegründet und rückverankert.

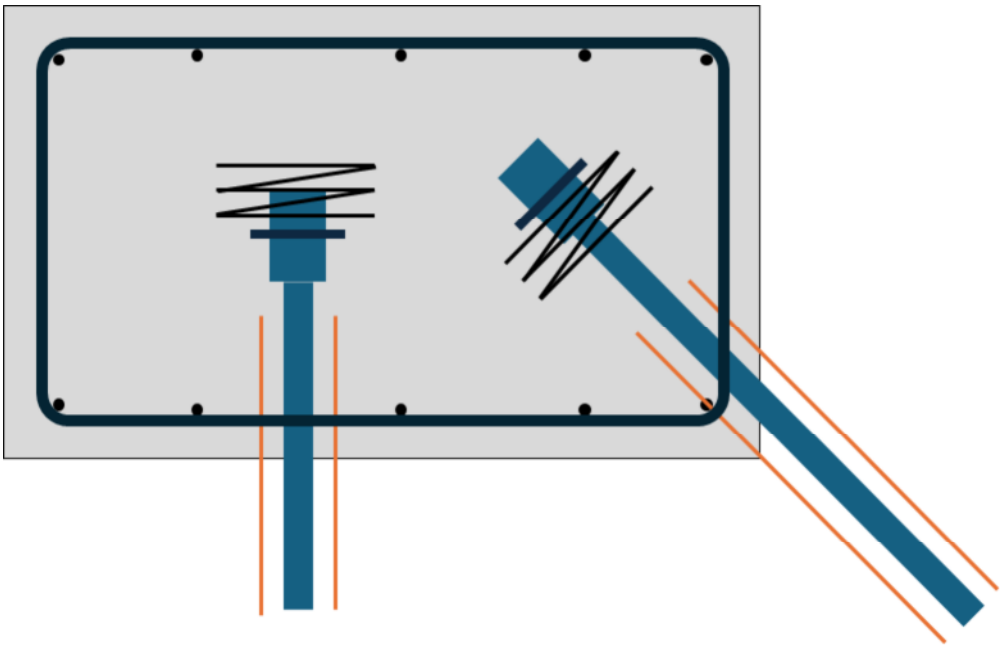


Abbildung 4.2: Skizze Gründungsbalken mit Mikropfählen zum vertikalen und horizontalen Lastabtrag

Das Wandelement 1 und dessen Gründungsbalken stellen einen Sonderfall dar. Hier ist aufgrund des geringen Höhenversatzes keine horizontale Rückverankerung notwendig. Zur Herstellung der Gründung wird in diesem Bereich die Bestandswand vollständig zurückgebaut und der Gründungsbalken in einem Arbeitsschritt hergestellt.

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAL\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

4.2.2 Wand

Der Höhenverlauf der Bestandswand orientiert sich am nach Süden abfallenden Verlauf der Kassenberger Straße. Die Oberkante der geplanten Stützwand soll analog zur Bestandssituation abgestuft verlaufen. Die neue Brüstung ragt gemäß Wunsch des Anwohners, bzw. Vorgabe der Stadt Bochum an jeder Stelle mindestens 1,50 m über das Niveau des Gehwegs.

Die Unterkante der geplanten Stützwand richtet sich nach der Gründungsebene der Bestandswand, so dass die Bestandswand im Bauablauf nicht abgegraben wird.

Tabelle 4-1: Ober- und Unterkanten der geplanten und Bestandswand in m ü. NHN

Element Nr.	Bestand		Geplant	
	UK*	OK	UK	OK
1	59,96(1)	62,60	59,50	63,05
2		63,00	60,00	63,25
3	60,14(2)	63,64	60,25	63,80
4		64,24		64,25
5	60,40(3)	65,04	60,50	64,75
6		65,62		65,30
7		66,24		65,85

* Unterkanten aus Schürfen abgeleitet.
(1) Unterkante aus Schurf SCH101
(2) Unterkante aus Schurf SCH102
(3) Unterkante aus Schurf SCH103

Um den gekrümmten Verlauf und Unebenheiten der Bestandswand auszugleichen ist geplant, zunächst eine Ausgleichsschicht aufzubringen. Um eine aufwendige Schalung hinter der Anschlussbewehrung am Gründungsbalken und mit Aussparungen für die Stahlglieder der Mikropfähle zu vermeiden, wird eine Ausgleichsschicht aus Spritzbeton geplant. Sie liegt am Fuß auf dem Gründungsbalken auf und wird konstruktiv mit Mauerwerksankern oder Klebebewehrung (nach Wahl des AN) an der Bestandswand befestigt.

In den Wandelementen werden je zwei Mikropfähle als Zugpfähle zur Rückverankerung direkt in die Wand eingebunden. Aufgrund der Konsistenz der anstehenden Böden sind die Bohrungen verrohrt auszuführen.

Die Mikropfähle werden schlaff eingebaut und vor Ort in die Wand und den Gründungsbalken einbetoniert.

Die Wandelemente werden in Ortbeton mit einseitiger Schalung gegen die Spritzbetonausgleichsschicht hergestellt. Auf der Luftseite wird eine Strukturmatrize auf die Schalungselemente gelegt, sodass in der gartenseitigen Ansicht eine Mauerwerksoptik abgebildet wird.

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STA\Lph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

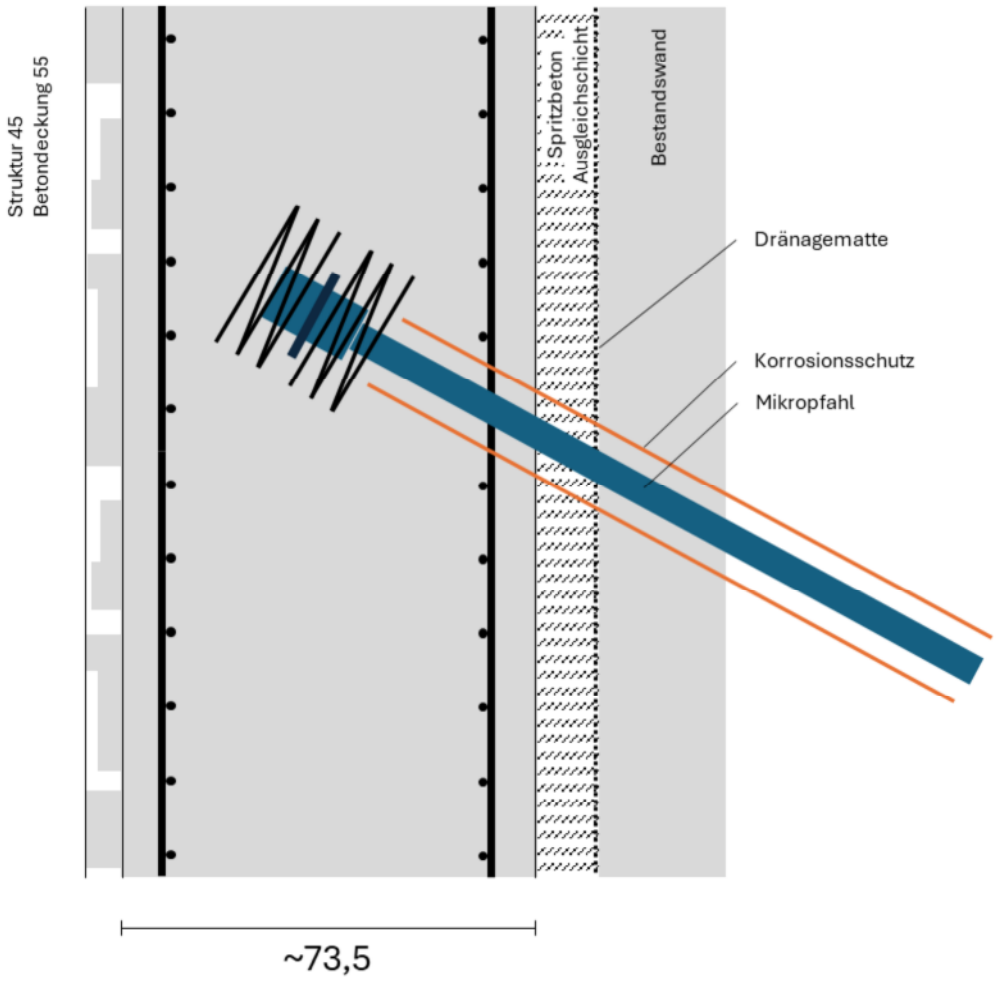


Abbildung 4.3: Schematischer Wandaufbau

Die Wandelemente werden auf dem vorab errichteten Gründungsbalken der Höhe nach in zwei Betonierabschnitten erstellt. Erst wird die Schalung bis zur OK Rückbau der Bestandswand gestellt und betoniert, anschließend die Brüstung. Die Wandelemente, bei denen der Höhenunterschied zwischen Gehweg und Garten geringer ausfällt (Elemente 1 bis 3), können in einem Schritt hergestellt werden.

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Um einen Versatz in der Mauerwerksoptik zu vermeiden, werden die Flächen umlaufend mit einem Rahmen aus nicht strukturiertem Beton eingefasst (ähnlich Abbildung 4.5). Die Mikropfähle zur Rückverankerung werden einbetoniert und sind in der Ansicht im Endzustand nicht sichtbar.

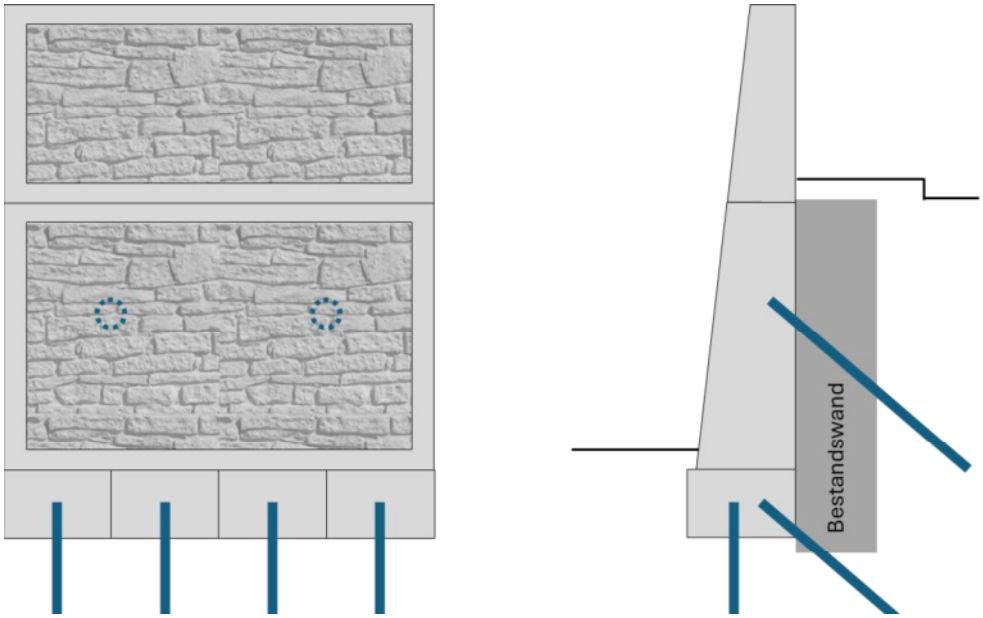


Abbildung 4.4: Skizze Ansicht und Schnitt Wandelement



Abbildung 4.5: Beispiel Schalungsmatrizen mit Natursteinoptik, detail.de

Die nicht-strukturierten Ansichtsflächen sollen nach Vorgabe nach des AG in Anlehnung an die Sichtbetonklasse SB3 [25] ausgeführt werden.

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STA\Lph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

4.2.3 Mikropfähle

Es wird des GEWI-Mikropfahlsystem der Firma DYWIDAG verwendet. Die Mikropfähle bestehen aus einem Betonstabstahl B500B mit Gewinderippen. Sie werden über Muffen gestoßen und mit Abstandshaltern in der verrohrten Bohrung zentriert. Die Bohrung wird mit Zementmörtel verpresst.

Für den Korrosionsschutz werden die Stäbe mit Kunststoffrippenrohr ummantelt.

Der Anschluss des Pfahlkopfes an die Massivbauteile erfolgt über eine Plattenverankerung mit Zusatzbewehrung (Wendel).

4.3 Entwässerung

Um einen Wasseraufstau hinter der Wand durch Sickerwasser zu verhindern sind Entwässerungsbohrungen durch die Bestandswand in einem Abstand von ≤ 3,0 m auszuführen. In die Bohrungen sind teilgeschlitzte Drainrohre (Ø = 50 mm) aus PVC mit erdseitiger Endkappe einzubringen. Das hierdurch zur Wandvorderseite tretende Sickerwasser wird über eine Dränmatte zum Fuß der Wand geleitet und dort in einem Rohr zwischen neuer und bestehender Wand gesammelt und in eine dauerhaft funktionsfähige Vorflut (Regenwasserkanal) abgeleitet.

Die Dimensionierung der Dränleitung erfolgt nach [16]. Es wird die Abflußspende vor erdberührten Wänden angesetzt.

Bereich	Bodenart und Bodenwasser Beispiel	Abflußspende q' in l/(s · m)
gering	sehr schwach durchlässige Böden *) ohne Stauwasser kein Oberflächenwasser	unter 0,05
mittel	schwach durchlässige Böden *) mit Sickerwasser kein Oberflächenwasser	von 0,05 bis 0,10
groß	Böden mit Schichtwasser oder Stauwasser wenig Oberflächenwasser	über 0,10 bis 0,30
*) Siehe DIN 18 130 Teil 1		

Abbildung 4.6:
Tabelle 8, Abflußspende vor Wänden [16]

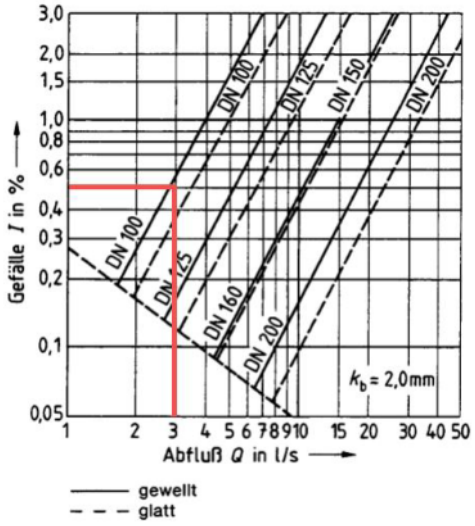


Abbildung 4.7:
Bild 5, Bemessungsbeispiele für Dränleitungen mit runder Querschnittsform [16]

Daraus ergibt sich für die geplante Wandlänge von ca. 30 m ein max. Abfluss von:

Q = 0,10 l/s·m · 30 m = 3,0 l/s

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STALph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Dementsprechend wird ein Rohr DN100 mit einem Gefälle von 0,5 % gewählt.

Das anfallende Sickerwasser soll am südlichen Ende der Wand in das Kanalnetz eingeleitet werden. Der Anschluss erfolgt entweder über den Abfluss des sich am Straßenrand befindenden Sickerkastens oder direkt an den unter der Straße verlaufenden Kanal.

Eine genau Berechnung der einzuleitenden Wassermenge aus der Dränung ist aufgrund der vielfachen unterschiedlichen und in weiten Teilen unbekannten Einflüsse nicht möglich. Als Anhaltswert kann auf Grundlage einer überschlägigen Abschätzung von einer über das Jahr betrachtet durchschnittlichen Menge von etwa 1 bis 3 m³ pro Tag ausgegangen werden. Die tatsächlich anfallende Menge kann deutlich nach unten (Trockenphasen) und oben (Starkregenereignisse) abweichen.

4.4 Bauablauf

Vorbereitende Maßnahmen

- Baustelleneinrichtung und bereichsweise Verkehrssicherung
- Rückbau Stützwand im Eingangsbereich zur Kassenberger Str. 9 und Zuwegung zum Garten
- Rodung des Baumbestands im Garten
- Rückbau Pool, Teich und Gartenhaus
- Herstellung einer standsicheren Arbeitsebene für die Bohrarbeiten
- Ggf. Leitungsverlegung/-sicherung

Phase 1 - Gründung / Rückverankerung

- Herstellung der Mikropfähle für Gründung und Rückverankerung von GOK Garten
- Herstellung des Gründungsbalkens im Pilgerschrittverfahren

Phase 2 - Wand

- Ersetzen der Verteilerkästen und Laternen durch ein Provisorium
- Leitungssicherungsmaßnahmen im Gehwegbereich
- Rückbau und Fassen Gehwegpflaster
- Rückbau oberer Teil der Bestandswand
- Entwässerungsbohrungen durch die Bestandswand
- Einbau Dränmatten und Dränageleitung
- Aufbringen der Spritzbetonausgleichsschicht
- Betonieren der Wand
- Betonieren der Brüstung

Phase 3 - Fertigstellung / Ausrüsten

- Verlegen der Verteilerkästen und Laterne an neue Position
- Verfüllen hinter der Stützwand und Wiederherstellen des Gehwegs
- Rückbau Verkehrssicherung

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STALph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

4.5 Hinweise zur Konstruktionsbeschreibung

Allgemeines

Die Aushubarbeiten sind gemäß DIN 4124 und DIN 4123 auszuführen.

Die Angaben und Hinweise im Geotechnischen Bericht der ICG Ingenieure GmbH [3] sind zu beachten.

Baugrundprofil gemäß Abstimmung mit dem geotechnischen Gutachter. Sämtliche baugrundtechnischen Angaben dienen nur zur Vorinformation. Im Zuge der Ausführung ist ein Abgleich der tatsächlichen Bodenschichtung mit den in der Statik angesetzten Bemessungsprofilen durchzuführen. Abweichungen sind der örtlichen Bauüberwachung des Bauherrn und dem Tragwerksplaner unverzüglich mitzuteilen.

Sämtliche im Bericht genannten Höhen und Höhenbezüge sind im Zuge der Baumaßnahme in der Örtlichkeit durch den ausführenden AN zu prüfen.

Die Ausführung der Stützwand erfolgt unter Berücksichtigung der endgültigen Lage und Ausbildung auf Grundlage von geprüften und freigegebenen Ausführungsplänen. Alle Vorgänge, sind im Zuge der Bauausführung durch den ausführenden AN zu überwachen und dokumentieren.

Für die Herstellung der Mikropfähle ist zu beachten, dass Hindernisse im Baugrund infolge alter Bauwerksreste (Stahlbeton, Stahl, etc.) möglich sind.

Bestandsbauwerke

Bauwerkskonturen aller Bestandsbauwerke und umgebende bauliche Verkehrsanlagen sind hier nur nachrichtlich dargestellt. Die exakte Lage und Ausbildung der baulichen Anlagen ist eigenverantwortlich vor Baubeginn zu überprüfen.

Hindernisse im Baugrund, infolge alter Bauwerksreste (Stahl, Stahlbeton, etc.), können nicht ausgeschlossen werden.

Kanäle/Leitungen

Die Kanäle und Leitungen sind nachrichtlich dargestellt. Vor Rückbau der Bestandswand und Herstellung der Mikropfähle sind Leitungsverlegungs- und Sicherungsmaßnahmen erforderlich. Die betroffenen Leitungsbetreiber sind frühzeitig in die Verlegungsplanung mit einzubinden.
Vor Beginn der Bohrarbeiten ist die Leitungsfreiheit zu gewährleisten.
Bei Erd-, Anker- und Bohrarbeiten mit geringem Abstand zu Leitungen und Kanälen sind die Anforderungen der Betreiber zu beachten.

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STA\Lph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Zustimmung Dritter

Die Stützwand liegt in Teilbereichen auf/unter Nachbargrundstücken und/oder öffentlichen Flächen. Eine Gestattung der Eigentümer ist erforderlich.

Erforderliche Genehmigungen zur Ausführung

Für alle bis ins Grundwasser reichenden Bauelemente ist eine wasserrechtliche Erlaubnis unter Berücksichtigung der verwendeten Baustoffe bei der zuständigen Behörde einzuholen.

Beengte räumliche Verhältnisse

Die beengten räumlichen Verhältnisse der geplanten Baumaßnahme sowie die erschwerte Zugänglichkeit des Baufelds sind zu beachten. Die Auswahl der Geräte für die Herstellung ist entsprechend anzupassen.

Böschungen

Hinsichtlich der Standsicherheit der (Kopf-) Böschungen sind die Mindestabstände gemäß EAB (EB55, EB56 und EB57) sowie der DIN 4124 zu beachten.

Hinterfüllungen sind mit leichtem Gerät (Vibrationsplatten ≤ 250 kg) zu verdichten.

Böschungen sind durch geeignete Maßnahmen (z. B. Abdeckung mit Folien) konstruktiv gegen Erosion zu abzusichern.

Wasserhaltung

Grundsätzlich ist bauzeitlich anfallendes Oberflächenwasser in ausreichender Entfernung von der Wandkante zu fassen und abzuleiten.

Für die Herstellung des Gründungsbalken wird voraussichtlich eine bauzeitliche Restwasserhaltung erforderlich.

Die Planung und Dimensionierung sämtlicher Wasserhaltungsmaßnahmen liegt im Verantwortungsbereich des AN und ist grundsätzlich mit dem Geotechnischen Gutachter abzustimmen.

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Mikropfähle

Die Zulassungen des gewählten Mikropfahlsystems sind zu beachten.

Die Mikropfähle sind für eine Nutzungsdauer von bis zu 100 Jahren auszulegen und mit einem entsprechenden Dauerkorrosionsschutz zu versehen.

Für die Mikropfähle sind Eignungs- und Abnahmeprüfungen gemäß DIN EN 14199 erforderlich.

Die im Geotechnischen Bericht angegebenen Pfahlwiderstände sind durch Probebelastungen zu verifizieren.

Die Bohrungen sind verrohrt auszuführen.

Infolge der Bohrungen besteht ein Setzungsrisiko durch Bodenentzug bzw. Umlagerung des Korngerüstes. Während des Bohrens sowie des Verpressvorgangs sind messtechnische Kontrollen benachbarter Bauwerke und der Geländeoberfläche im Einflussbereich der Bohrungen erforderlich. Grundsätzlich sind im Zuge der Herstellung seitens des AN die Verformungen bzw. Setzungen durch geeignete Maßnahmen zu minimieren.

Beweissicherung/Monitoring

Vor Baubeginn wird ein Beweissicherungsverfahren für angrenzende Bauwerke, Straßen und Kanäle sowie Infrastruktureinrichtungen empfohlen.

Ein bauzeitlich begleitendes Grundwasser- und Verformungsmonitoring der Bestandswände (Beobachtungsmethode) ist vorzusehen.

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STA\Lph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

5 Statische Berechnungen

5.1 Wandelemente

Die Wandelemente werden am FE-System abgebildet mit den Mikropfählen als Auflager. Am FE-System wird die erforderliche Bewehrung bestimmt und die Nachweis der Rissbreitenbegrenzung geführt.

Die am System ermittelten Auflagerreaktionen werden in Kapitel 5.2 als Einwirkungen auf die Mikropfähle angesetzt.

Einwirkungen

Die Einwirkungen auf die Wandelemente setzen sich aus dem erhöht aktiven Erddruck, dem Verdichtungserddruck und der Verkehrslast aus SLW60 zusammen.

Erhöht aktiver Erddruck:

γ = 19,0 kN/m³
φ_k = 27,5°
E_a/E_0 = 0,25
k_{gh} = 0,496

Tabelle 5-1: Elementhöhen und Erddruckordinaten

Element	GOK [m NHN]	UK FU [m NHN]	Höhe [m]	Erddruckordinate am Fußpunkt [kN/m²]
1	61,52	60,00	1,52	14,3
2	61,83		1,83	17,3
3	62,26	60,25	2,01	19,0
4	62,72		2,47	23,3
5	63,24	60,50	2,74	25,8
6	63,77		3,27	30,8
7	64,32		3,82	36,0

Verdichtungserddruck:

e_{vh} = 15 kN/m²

Erddruck aus Verkehrslast SLW60:

$e_{aph} = k_{agh} \cdot p_v = 0,37 \cdot 33,3$ kN/m²
= 12,5 kN/m²

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAL\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Der Verdichtungsdruck wirkt im Boden wie eine Vorspannung. Die Verkehrslast wird mit dem erhöht aktiven Erddruck aus Bodeneigengewicht überlagert und nur in dem Bereich angesetzt, wo sie den Verdichtungsdruck übersteigt.

Der Verdichtungserddruck wird nicht maßgebend. Es wird auf voller Höhe die **Verkehrslast** und der **erhöht aktive Erddruck** angesetzt.

Übersicht der Auflagerreaktionen

Tabelle 5-2: Übersicht der maßgebenden Auflagerreaktionen

Element	$e_{d,y}$ [kN/m]	$e_{d,z}$ [kN/m]	$E_{d,y}$ [kN]
1	43,2	68,8	-
2	21,0	57,3	32,8
3	31,7	61,9	71,7
4	41,3	72,8	97,3
5	46,7	79,1	115,2
6	46,1	92,0	180,3
7	86,6	105,4	168,9

Bewehrungswahl

Die Wand inkl. Brüstung wird mit **Ø20/12,5** ($a_{s,vorh}$ = 25,1 cm²/m) längs und quer bewehrt. Eine Schubbewehrung ist nicht erforderlich.

Der Gründungsbalken wird mit **Ø16/12,5** in Längsrichtung und zweischnittigen Bügeln **Ø16/12,5** bewehrt. Die Bügelschlösser sind wechselseitig anzuordnen und die Hakenlänge auf 10Ø zu erhöhen.

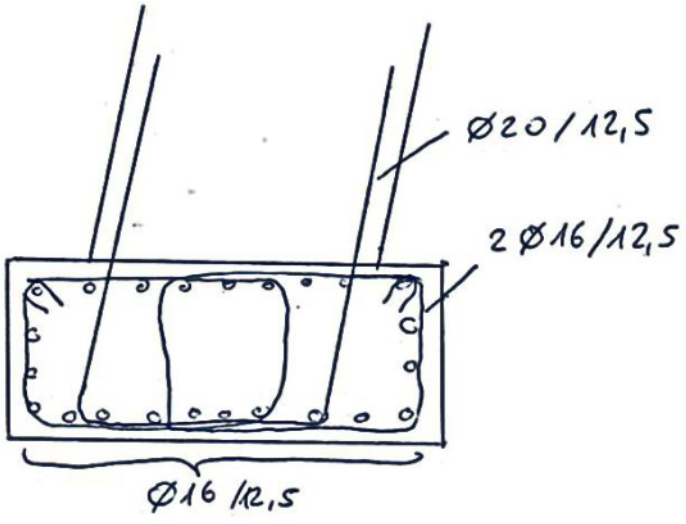


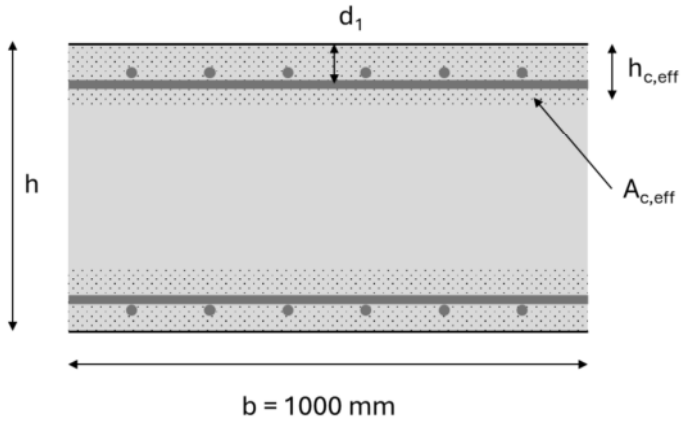
Abbildung 5.1: Bewehrungsskizze Gründungsbalken

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STA\Lph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Bewehrung zur Rissbreitenbegrenzung aus frühem Zwang

Direkte Berechnung nach EC2-1-1 7.3.4 für Platten



Baustoffkennwerte

Betongüte C30/37 Zementart: N

f_{ctm} =		2,90	N/mm²
$f_{ct,eff}$ =	0,85 · 2,9 N/mm² =	2,47	N/mm²
E_{cm} =		33.000	N/mm²
k_t =		0,40	

Stahl

E_s =		200.000	N/mm²

Querschnitt

h =		735	mm
c_{nom} =		55	mm
s =		125	mm
Ø =		20	mm
n =		1	
A_s =		25,1	cm²/m
d_1 =	c_{nom} + 1,1 · Ø · (2n-0,5) =	88	mm
$h_{c,eff}$ =		294	mm
$A_{c,eff}$ =	$h_{c,eff}$ · b =	2.935	cm²
ρ_{eff} =	A_s / $A_{c,eff}$ =	0,86	%

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Berechnung der Stahlspannung im Riss unter der Annahme $\sigma_s = \sigma_{sr}$ (indirekter Zwang)

$F_{cr} = k \cdot A_c \cdot f_{ct,eff}$ = 1.008 kN

$\sigma_{sr} = 0{,}5 \cdot F_{cr} / A_s$ = 201 N/mm²

Berechnung der Rissbreite

$$S_{r,max} = \frac{d_s}{3{,}6 \cdot \rho_{eff}} \leq \frac{\sigma_s \cdot d_s}{3{,}6 \cdot f_{ct,eff}}$$

= 452 mm

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s}{E_s} - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{E_s \cdot \rho_{eff}} \cdot \left(1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff}\right) \geq 0{,}6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

= 0,00060

$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$

= **0,27** mm ≤ w_{max} = **0,30** ✓

Nachweis der Schubfuge am Gründungsbalken

Raue Fuge:
v = 0,50 / c = 0,40 / μ = 0,70

Bewehrungsgrad in der Schubfuge aus Anschlussbewehrung:
ρ = 2 · 25,1 cm²/m / (73,5 cm · 100 cm) = 0,0068

Aufnehmbare Schubkraft:

$V_{Rdj,cc}$ = $c \cdot f_{ctd}$ + ~~$\mu \cdot \sigma_n$~~ = 0,40 · 0,85 · 2,0 N/mm² / 1,5
= 0,45 MN/m²/m

$V_{Rdj,s}$ = $\rho \cdot f_{yd} \cdot (1{,}2 \cdot \mu)$ = 0,0068 · 435 N/mm² · 1,2 · 0,70
= 2,48 MN/m²/m

$V_{Rdj,max}$ = $0{,}5 \cdot v \cdot f_{cd}$ = 0,5 · 0,5 · 17,0 N/mm²
= 4,25 N/mm² ≥ $V_{Rdj,cc}$ + $V_{Rdj,s}$ = 2,93 N/mm²

Nachweis:
$e_{d,y,max}$ = 90,0 kN/m (siehe Tabelle 5-2) ≤ 2.930 kN/m ✓

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

5.1.1 Element 1

Aufgrund des geringen Höhenunterschieds zwischen Garten- und Straßenniveau wird beim Element 1 auf eine Rückverankerung verzichtet. Die Lastermittlung der Auflagerreaktionen erfolgt händisch.

Eigengewicht:

Mittlere Breite und Höhe der aufgehenden Wand: b = 55,0 cm, h = 2,45 m.

G_d = 1,35 · 25,0 kN/m³ · (1,15 m · 0,60 m + 0,55 m · 2,45 m)
= 68,8 kN/m

Erddruck aus Bodeneigengewicht und Verkehrslast SLW60:

E_d = 1,35 · h / 2 · e_{gh} + 1,5 · h · e_{aph}
= 1,35 · 1,52 m / 2 · 14,3 kN/m² + 1,5 · 1,52 m · 12,5 kN/m²
= 43,2 kN/m

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAL\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

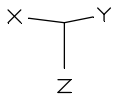
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

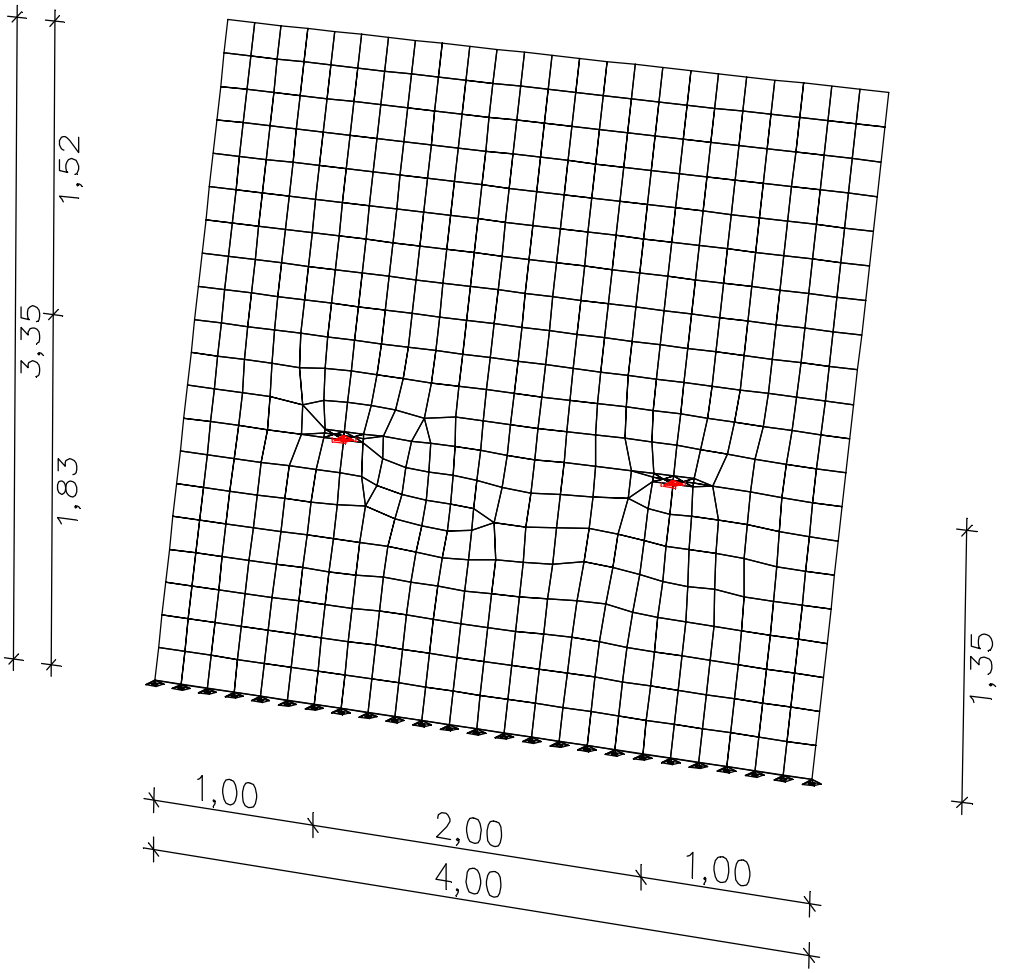
5.1.2 Element 2

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAL\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025





Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 36
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 2.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Systemkenngrößen

548 Knoten
520 Elemente
27 Festhaltungen
0 Koppelungen
2 Materialkennwerte
2 Querschnittswerte
3 Lastfälle
0 LF-Kombinationen
0 Spannstränge

0 Stabelemente
0 Plattenelemente
0 Scheibenelemente
520 Schalenelemente
0 Seilelemente
0 Volumenelemente
0 Federelemente

Berechnungsort der Flächenelemente: Knoten
2 Ergebnisorte in den Stäben

Gedrehte Koordinatensysteme
452 Elementsysteme
0 Schnittkraftsysteme
0 Bewehrungssysteme

Querschnittswerte

1	Fläche	Stützwand h=70 Elementdicke [m] Orthotropie dzy/dz E-Modul Platte/Scheibe	dz	= 0,7000 = 1 = 1	drillsteif
2	Fläche	Stützwand h=25 Elementdicke [m] Orthotropie dzy/dz E-Modul Platte/Scheibe	dz	= 0,2500 = 1 = 1	drillsteif

Materialkennwerte

	Nr.	Art	E-Modul [MN/m²]	G-Modul [MN/m²]	Quer-dehnz.	alpha.t [1/K]	gamma [kN/m³]
1	1	C30/37-EN-D	33000	13800	0,20	1,00e-05	25,000
2	2	C30/37-EN-D	33000	13800	0,20	1,00e-05	25,000

Übersicht der Lastfälle

LF.	Bezeichnung
1	Eigengewicht Wand
2	Erddruck
4	SLW60

Element 2.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Summe der aufgebrachten Lasten und Auflagerreaktionen

LF.	Bezeichnung	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
1	Eigengewicht Wand	0,000	-0,000	168,698
	Auflagerreaktionen	0,000	0,000	168,698
2	Erddruck	0,000	-64,308	-0,000
	Auflagerreaktionen	-0,000	-64,308	-0,000
4	SLW60	0,000	-92,931	0,000
	Auflagerreaktionen	0,000	-92,931	-0,000

Betonstahl für Flächenelemente

Nr.	Lage	Güte	d1x [m]	d2x [m]	asx [cm²/m]	d1y [m]	d2y [m]	asy [cm²/m]	as fix	Walz-art
1	1	500M	0,080		0,000	0,080		0,000		Warm
	2	500M		0,080	0,000		0,080	0,000		Warm
2	1	500M	0,080		0,000	0,080		0,000		Warm
	2	500M		0,080	0,000		0,080	0,000		Warm

as Grundbewehrung
d1 Abstand vom oberen Querschnittsrand
d2 Abstand vom unteren Querschnittsrand
Die positive z-Achse des Elementsystems zeigt zum unteren Querschnittsrand
Güte Güte bzw. Streckgrenze fyk des Betonstahls [MN/m²]

DIN EN 1992-1-1 Einwirkungen

Standard Bemessungsgruppe

G - Eigenlast

Gamma.sup / gamma.inf = 1,35 / 1

Lastfälle

1 Eigengewicht Wand

QN - Nutzlast, Verkehrslast

Gamma.sup / gamma.inf = 1,5 / 0

Kombinationsbeiwerte psi für: Hochbauten
Nutzlasten - Kategorie A: Wohngebäude
Psi.0 / Psi.1 / Psi.2 = 0,7 / 0,5 / 0,3

Lastfälle 1. Variante, inklusiv

4 SLW60

Element 2.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

1. Ständige und vorübergehende Situation

Endzustand

G Eigenlast
QN Nutzlast, Verkehrslast

1. Seltene (charakteristische) Situation

Endzustand

G Eigenlast
QN Nutzlast, Verkehrslast

1. Quasi-ständige Situation

Endzustand

G Eigenlast
QN Nutzlast, Verkehrslast

Bemessungsvorgaben DIN EN 1992-1-1

Qu.	Expos. klasse	Vorspannung des Bauteils	Bewehrung M	R	B	Q	T	S	Ermüdung B	Q	T	P	C	V	Ri. br.	De- ko.	Spannung C	B	P
1	XC4	Nicht vorgesp.	x	x	x	x	.	.	.	.	.	.	.	.	x	.	.	.	.
2	XC4	Nicht vorgesp.	x	x	x	x	.	.	.	.	.	.	.	.	x	.	.	.	.

(M) Mindestbewehrung zur Sicherstellung der Robustheit.
(R) Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite.
(B) Längsbewehrung aus Bemessung sowie im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(Q) (Mindest-)Querkraftbewehrung aus Tragfähigkeit und Ermüdung.
(T) Torsionsbewehrung im Tragfähigkeits- und Ermüdungsnachweis.
(S) Nachweis der Schubfuge.
(P) Spannstahl im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(C) Betondruckspannungen, Beton im Ermüdungsnachweis unter Längsdruck.
(V) Beton im Ermüdungsnachweis unter Querkraftbeanspruchung.

Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH Element 2.fem

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Vorgaben für den Nachweis der Längs- und Schubbewehrung

M,N Bemessungsmodus für Biegung und Längskraft:
(ST) Standard, (SY) Symmetrisch, (DG) Druckglied.
(*) Bem. ohne Berücksichtigung vorgegebener Bewehrungsverhältnisse.
fyk Stahlgüte der Bügel.
Theta Neigung der Betondruckstreben. Der eingegebene Wert für cot Theta wird programmseitig auf den Wertebereich nach Gl. (NA.6.7a) begrenzt.
Pl. Balken werden wie Platten bemessen.
Asl Vorh. Biegezugbewehrung nach Bild 6.3, autom. Erhöhung bis Maximum.
rhow Faktor für Mindestbewehrungsgrad rho.w,min nach Gl. (9.5a/bDE).
as Faktor für Biegebewehrung von Platten in Querrichtung nach 9.3.1.1(2).
x,y Getrennter Querkraftnachweis für die Bewehrungsrichtungen x und y.
cvl Verlegemaß der Längsbewehrung zur Begrenzung des Hebelarms z.
Red. Reduktionsfaktor der Vorspannung zur Bestimmung der Zugzone für die Verteilung der Robustheitsbewehrung bei Flächenelementen.

Qu.	Beton	Roh-dichte [kg/m³]	Bem. M,N	fyk [MPa]	cot Theta	Bem. wie Pl.	Asl [cm²] Bild 6.3 vorh.	Asl [cm²] Bild 6.3 max	Faktor rhow	Faktor as	x,y Rtg	cvl [mm]	Red. Vor-spg.
1	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.
2	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.

Schubquerschnitte

bw.nom Rechnerische Querschnittsbreite bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
h.nom Rechnerische Querschnittshöhe bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
kb, kd Faktor zur Berechnung des inneren Hebelarms z aus der Nutzbreite bn bzw. der Nutzhöhe d.
z1, z2 Höhe und Breite des Kernquerschnitts für Torsion.
tef Wanddicke des Torsionskastens.
K. Kastenquerschnitt; Ermittlung der Tragfähigkeit nach Gl. (6.29).

Qu.	Breite [m] bw	bw.nom	Nutzbreite bn [m]	kb	Höhe [m] h	h.nom	Nutzhöhe d [m]	kd	Torsionsquerschn. [m] z1	z2	tef	K.
1	1,000	.	.	.	0,700	.	0,620	0,90	.	.	.	.
2	1,000	.	.	.	0,250	.	0,170	0,90	.	.	.	.

Element 2.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Vorgaben für den Nachweis der Rissbreiten

```
ds       Größter vorhandener Stabdurchmesser der Betonstahlbewehrung [mm].
max.s    Größter vorhandener Stababstand der Betonstahlbewehrung [mm].
sr,max   Oberer Grenzwert für den maximalen Rissabstand nach Gl. (7.11) [mm].
Xi1      Verbundbeiwert für Spannstahl bei Stabquerschnitten.
k        Beiwert zur Berücksichtigung nichtlinear verteilter Zugspannungen.
kt       Beiwert für die Dauer der Lasteinwirkung bei Berechnung der Rissbreite.
Fakt.    Abminderungsfaktor für fctm nach Kap. 7.3.2 (As) bzw. 7.3.4 (wk).
Komb.    Kombination für Nachweis der Mindestbewehrung (As) und Rissbreite (wk):
         CK, HK, QK = Charakteristische, häufige, quasi-ständige Kombination,
         ZZ, BO, BU = Zentrischer Zug, Biegezug oben, Biegezug unten,
         KL = Einwirkungskombination gemäß Expositionsklasse.
Methode  Nachweismethode für Mindestbewehrung (kc) und Rissbreite (wk):
kc       Berechnung des Beiwerts kc für Stege/Gurte nach Gl. (7.2/7.3).
         auto = Gl. (7.2) für rechteckige, Gl. (7.3) für sonstige Querschnitte.
wk       Berech. = Direkte Berechnung der Rissbreite nach Kap. 7.3.4,
         Stabab. = Begrenzung der Stababstände nach Tab. 7.3N,
         Ber.(M) = Direkte Berechnung für mittlere Stahldehnung innerh. Ac,eff,
         Abs.(M) = Begr. der Stababstände für mittl. Stahldehnung innerh. Ac,eff.
RI       Ringförmige Bestimmung von Ac,eff gemäß Wiese et al., Beton- und
         Stahlbetonbau 2004, Heft 4, S. 253 ff.
DB       Bestimmung von As,min nach Gl. (NA.7.5.1) für dickere Bauteile.
```

Qu.	wmax [mm]	ds	max s	sr max	Beiwerte Xi1	k	kt	Fakt.fctm As	wk	Komb. As	wk	Methode kc	wk	RI	DB
1	0,30	20	.	.	.	1,00	0,4	1,00	1,00	KL	QK	auto	Berech.	.	.
2	0,30	10	.	.	.	1,00	0,4	1,00	1,00	KL	KL	auto	Berech.	.	.

Bemessungsvorgaben DIN EN 1992-2

Qu.	Expos. klasse	Vorspannung des Bauteils	Bewehrung M	R	B	Q	T	S	Ermüdung B	Q	T	P	C	V	Ri. br.	De- ko.	Spannung C	H	B	P
1	XC4	Nicht vorgesp.	x	.	x	x	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	XC4	Nicht vorgesp.	x	.	x	x	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

```
(M) Mindestbewehrung zur Sicherstellung der Robustheit.
(R) Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite.
(B) Längsbewehrung aus Bemessung sowie im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(Q) (Mindest-)Querkraftbewehrung aus Tragfähigkeit und Ermüdung.
(T) Torsionsbewehrung im Tragfähigkeits- und Ermüdungsnachweis.
(S) Nachweis der Schubfuge.
(P) Spannstahl im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(C) Betondruckspannungen, Beton im Ermüdungsnachweis unter Längsdruck.
(V) Beton im Ermüdungsnachweis unter Querkraftbeanspruchung.
(H) Schiefe Hauptzugspannungen.
```


Element 2.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Vorgaben für den Nachweis der Längs- und Schubbewehrung

M,N Bemessungsmodus für Biegung und Längskraft:
(ST) Standard, (SY) Symmetrisch, (DG) Druckglied.
(*) Bem. ohne Berücksichtigung vorgegebener Bewehrungsverhältnisse.
fyk Stahlgüte der Bügel.
Theta Neigung der Betondruckstreben. Der eingegebene Wert für cot Theta wird programmseitig auf den Wertebereich nach Gl. (6.107aDE) begrenzt.
Pl. Balken werden wie Platten bemessen.
Asl Vorh. Biegezugbewehrung nach Bild 6.3, autom. Erhöhung bis Maximum.
rhow Faktor für Mindestbewehrungsgrad rho.w,min nach Gl. (9.5a/bDE).
as Faktor für Biegebewehrung von Platten in Querrichtung nach 9.3.1.1(2).
x,y Getrennter Querkraftnachweis für die Bewehrungsrichtungen x und y.
cvl Verlegemaß der Längsbewehrung zur Begrenzung des Hebelarms z.
Red. Reduktionsfaktor der Vorspannung zur Bestimmung der Zugzone für die Verteilung der Robustheitsbewehrung bei Flächenelementen.

Qu.	Beton	Roh-dichte [kg/m³]	Bem. M,N	fyk [MPa]	cot Theta	Bem. wie Pl.	Asl [cm²] Bild 6.3 vorh.	Asl [cm²] Bild 6.3 max	Faktor rhow	Faktor as	x,y Rtg	cvl [mm]	Red. Vor-spg.
1	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.
2	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.

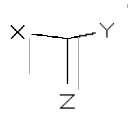
Schubquerschnitte

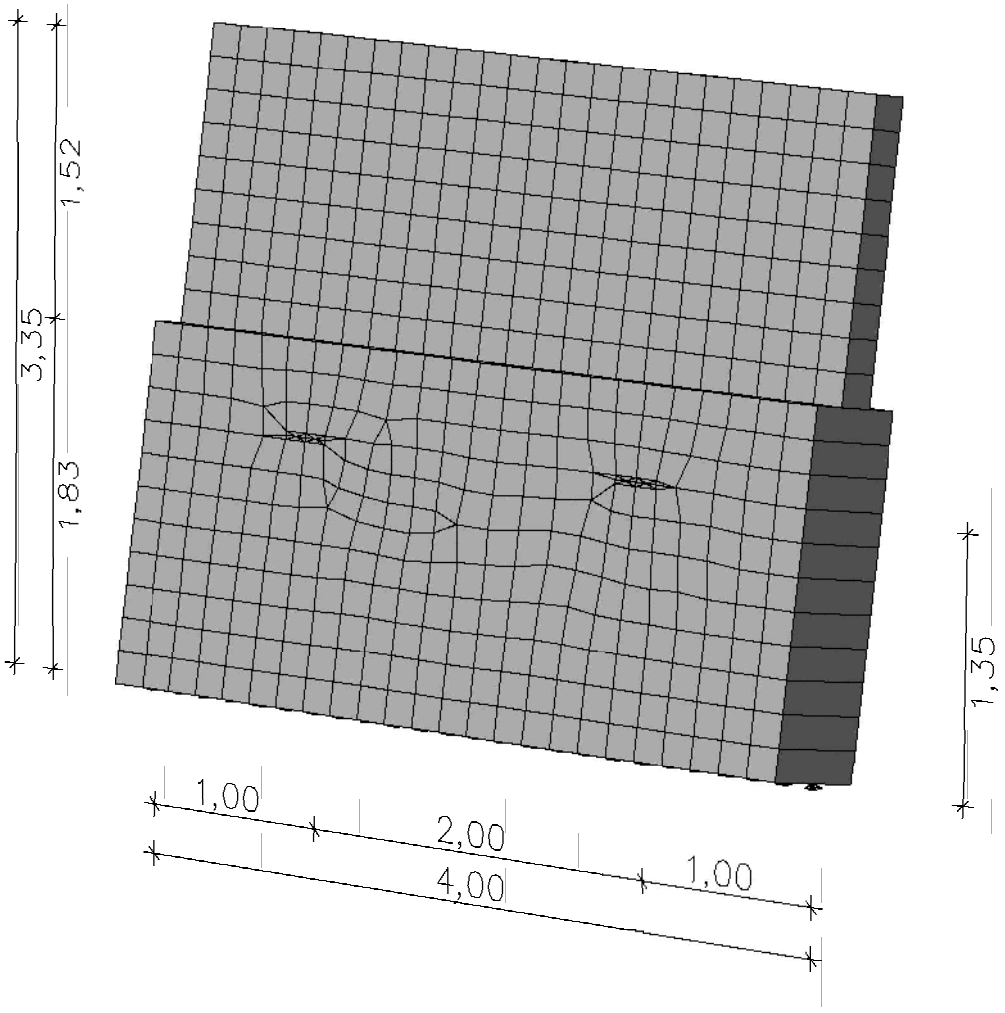
bw.nom Rechnerische Querschnittsbreite bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
h.nom Rechnerische Querschnittshöhe bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
kb, kd Faktor zur Berechnung des inneren Hebelarms z aus der Nutzbreite bn bzw. der Nutzhöhe d.
z1, z2 Höhe und Breite des Kernquerschnitts für Torsion.
tef Wanddicke des Torsionskastens.
K. Kastenquerschnitt; Ermittlung der Tragfähigkeit nach Gl. (6.29).

Qu.	Breite [m] bw	bw.nom	Nutzbreite bn [m]	kb	Höhe [m] h	h.nom	Nutzhöhe d [m]	kd	Torsionsquerschn. [m] z1	z2	tef	K.
1	1,000	.	.	.	0,700	.	0,620	0,90	.	.	.	.
2	1,000	.	.	.	0,250	.	0,170	0,90	.	.	.	.

Element 2.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025

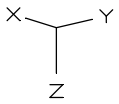


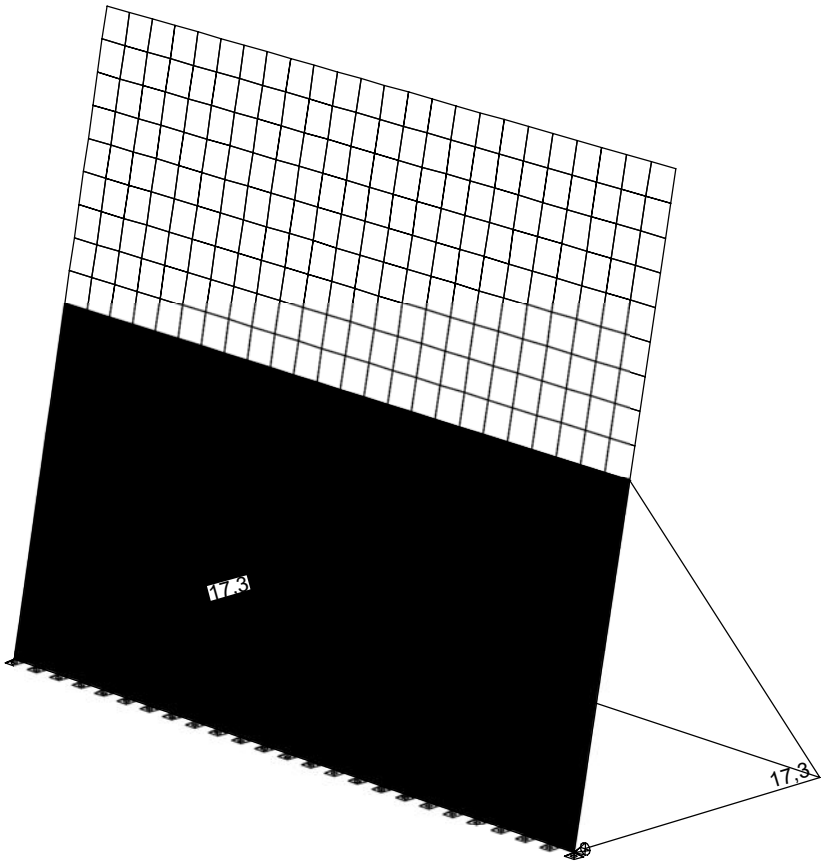


Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	43
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 2.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025



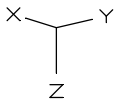


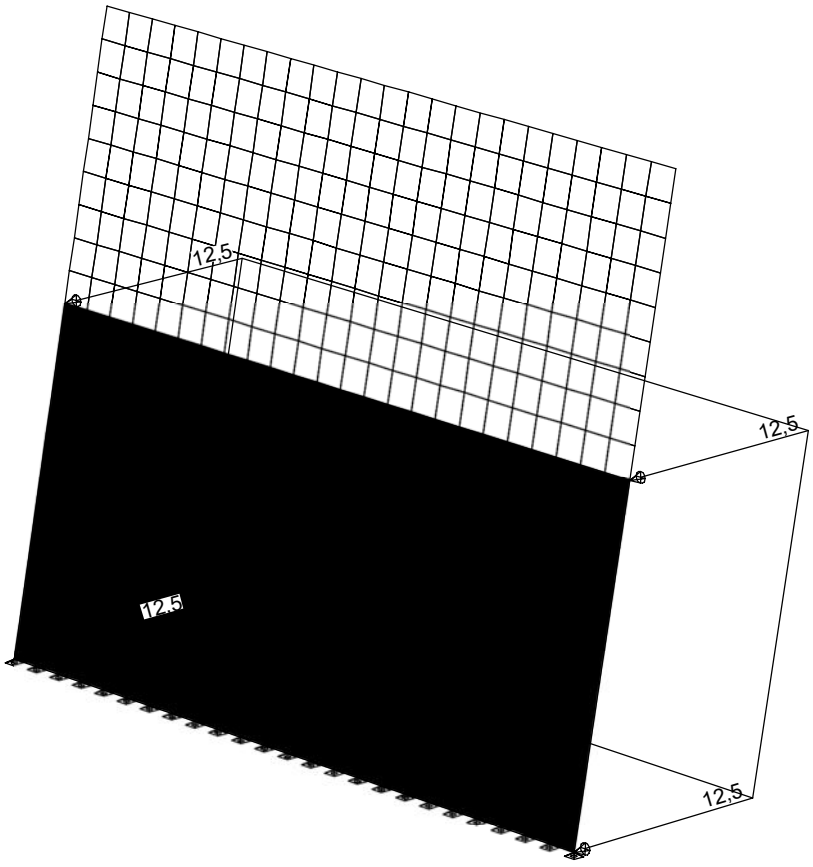
LF 2: Belastung, Erddruck

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	44
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Element 2.fem
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



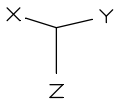


LF 4: Belastung, SLW60

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 45
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

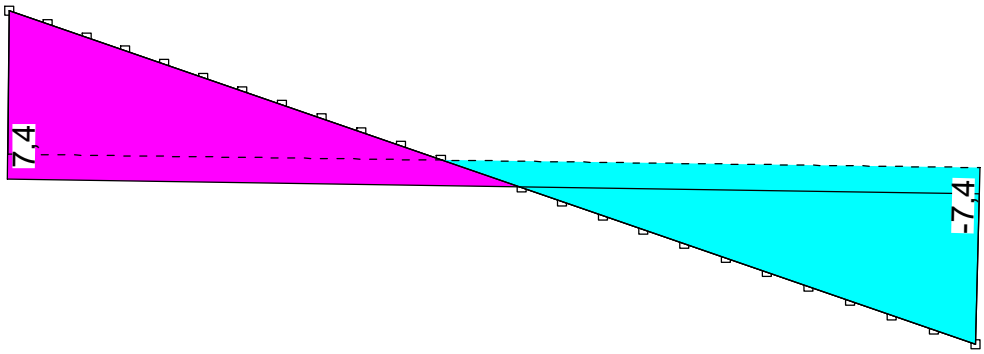
Element 2.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



0 kN
0 kN

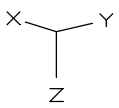
0 kN
0 kN



LFK DIN1992.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1
Auflagerreaktionen (Mittel im Lagerliniensystem) min,max Rx(l) [kN/m]
Die Summe der Lagerkräfte ist aufgrund der Mittelung u.U. unrealistisch.

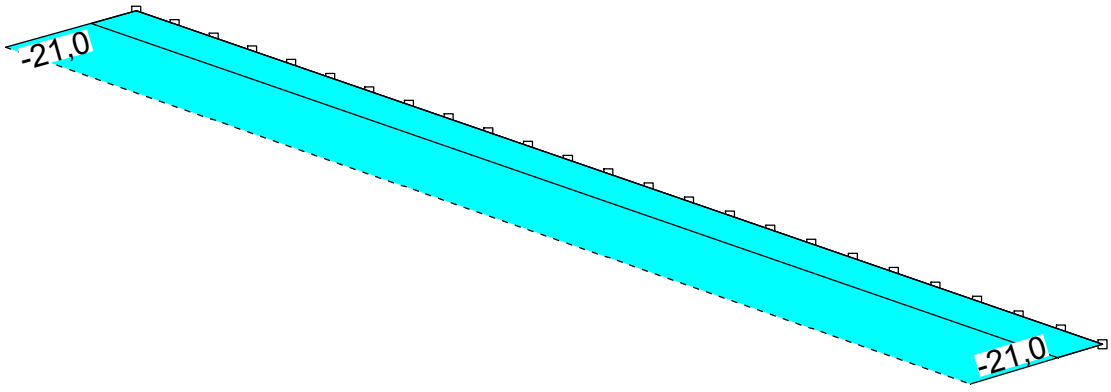
Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 46
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 2.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held



-32,8 kN
19,4 kN

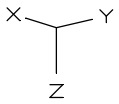
-32,8 kN
19,4 kN



LFK DIN1992.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1
Auflagerreaktionen (Mittel im Lagerliniensystem) min,max Ry(l) [kN/m]
Die Summe der Lagerkräfte ist aufgrund der Mittelung u.U. unrealistisch.

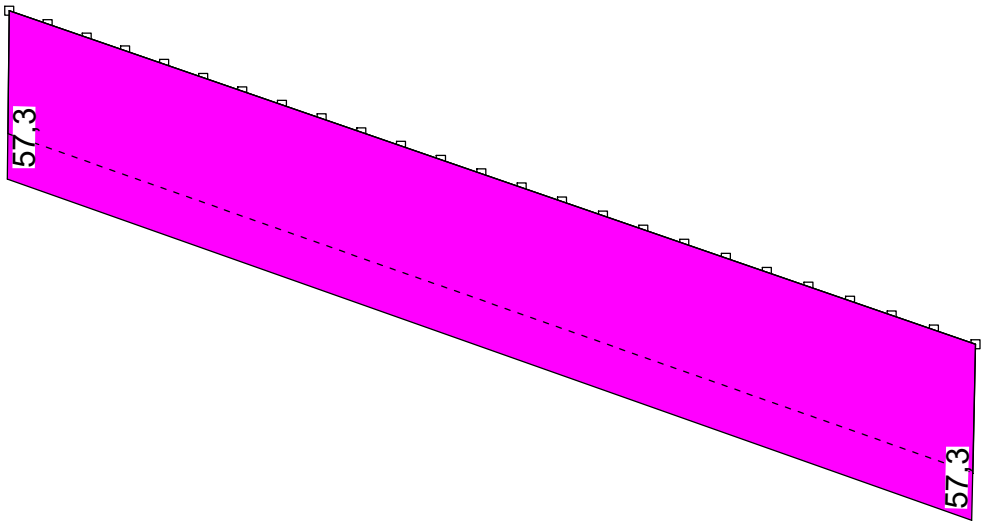
Element 2.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



0 kN
0 kN

0 kN
0 kN

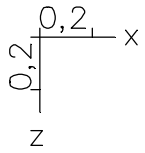


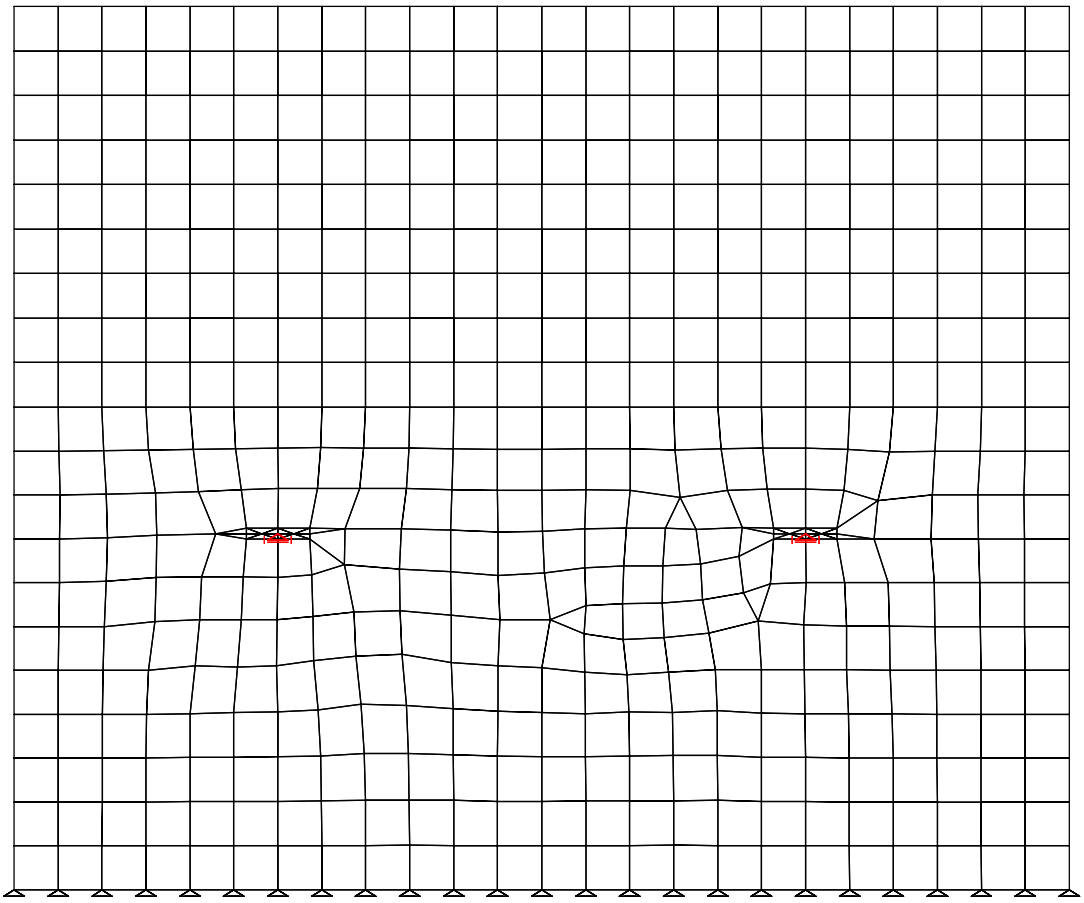
LFK DIN1992.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1
Auflagerreaktionen (Mittel im Lagerliniensystem) min,max Rz(l) [kN/m]
Die Summe der Lagerkräfte ist aufgrund der Mittelung u.U. unrealistisch.

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 48
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 2.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025



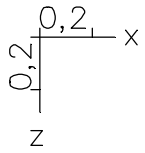


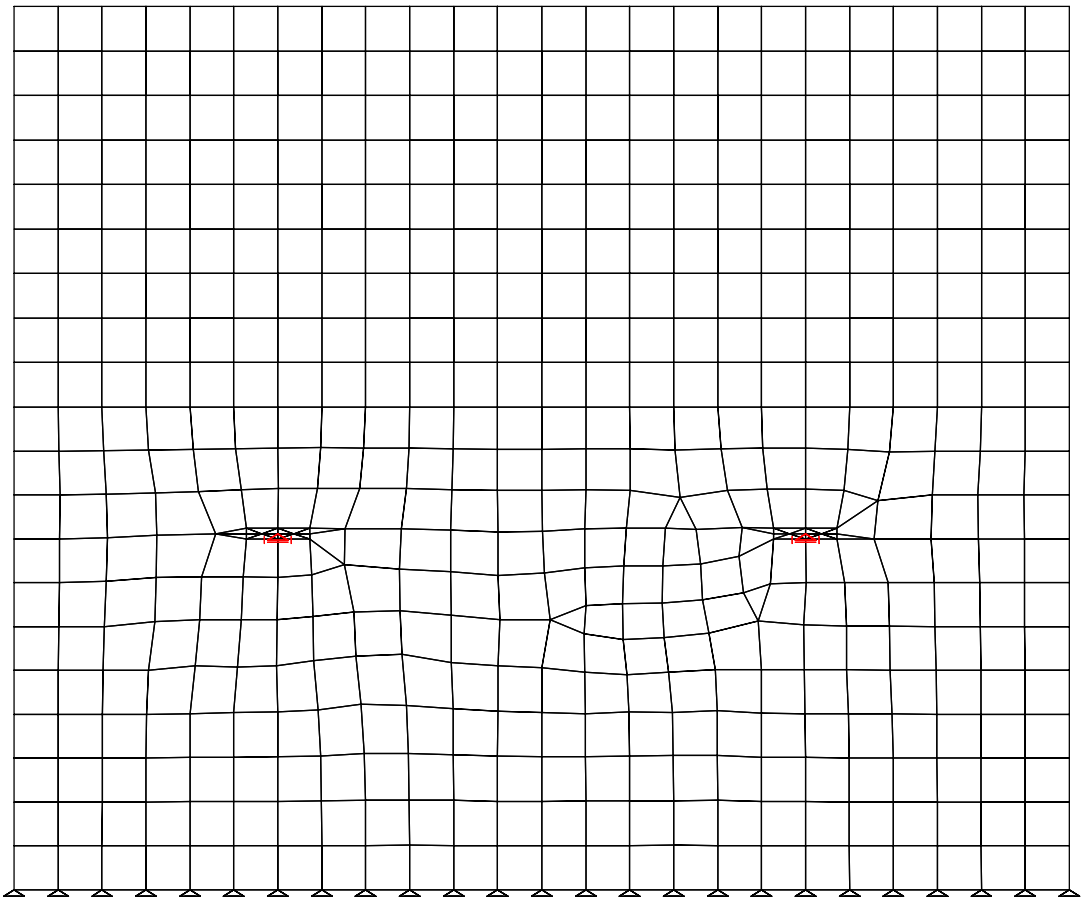
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Biegebewehrung 1. Lage x/y in cm²/m, Gesamtgew. aus Bemessung: 0,2 t
Ergebnisse nach Abzug von asx/asy = 25,10/25,10 cm²/m
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	49
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 2.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025



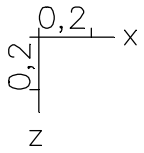


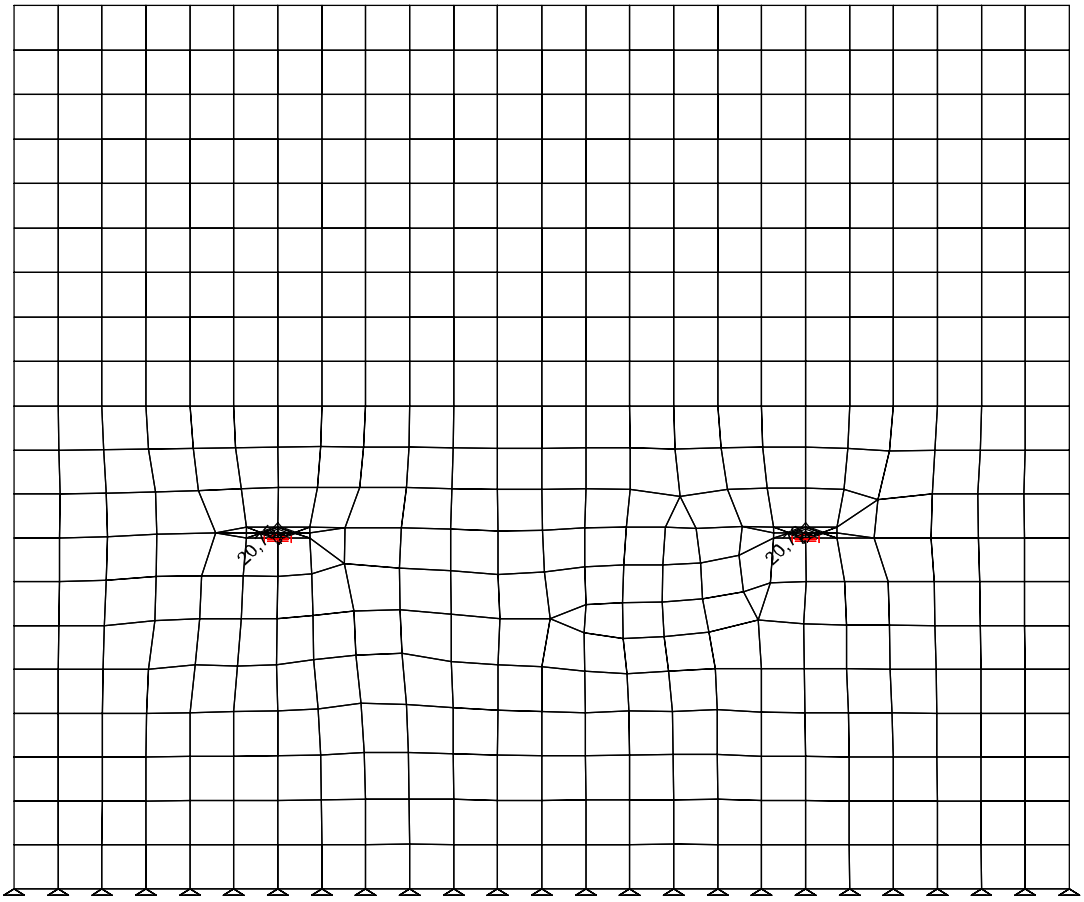
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Biegebewehrung 2. Lage x/y in cm²/m, Gesamtgew. aus Bemessung: 0,2 t
Ergebnisse nach Abzug von asx/asy = 25,10/25,10 cm²/m
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	50
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 2.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.							Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1	6	3	0	9	-	C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH							Datum:	05/2025



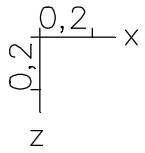


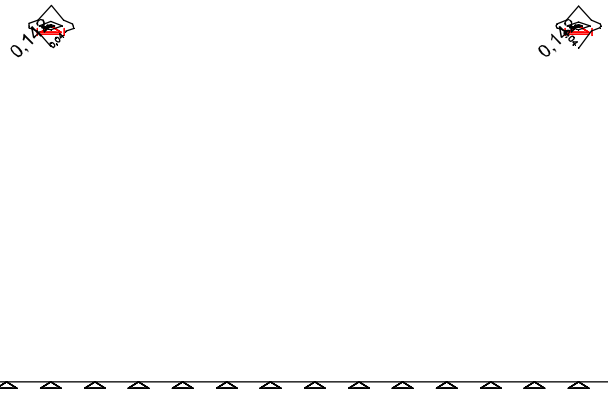
LFK DIN1992.BRUCH: Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1
Bügelbewehrung aus Querkraft [cm²/m²]
Wertebereich nach Mittelung (Gesamtsystem, min/max): 0,00/20,78 [cm²/m²]
Berechnung in den Elementknoten

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	51
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 2.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:							
Bauherr:	Stadt Bochum	1	6	3	0	9	-	C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025							



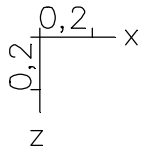


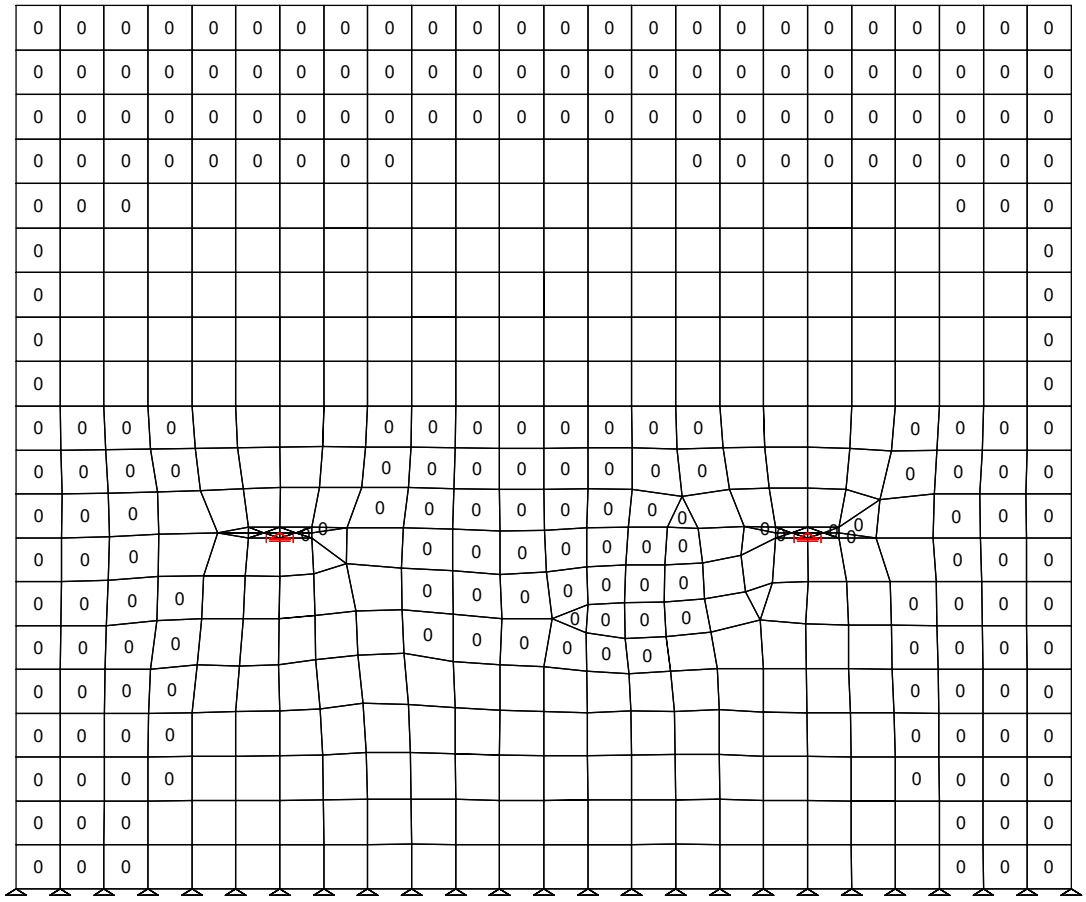
LFK DIN1992.BRUCH: Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1
qr/vRd,max [-]
Wertebereich nach Mittelung (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,14 [-]
Berechnung in den Elementknoten

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	52
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 2.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



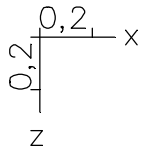


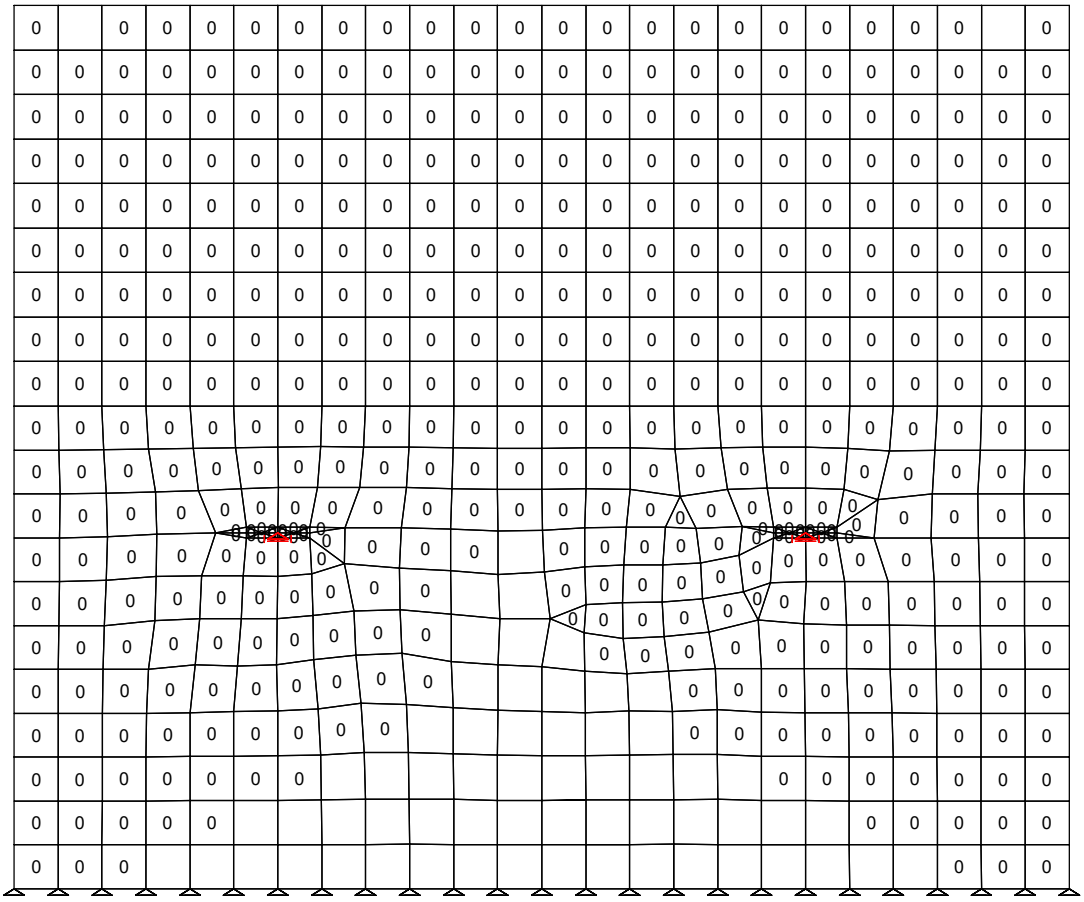
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Rissbreite wk.unten [mm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,00 [mm]
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 53
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 2.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025





LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Rissbreite wk.oben [mm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,00 [mm]
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 54
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

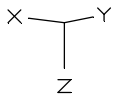
Element 2.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

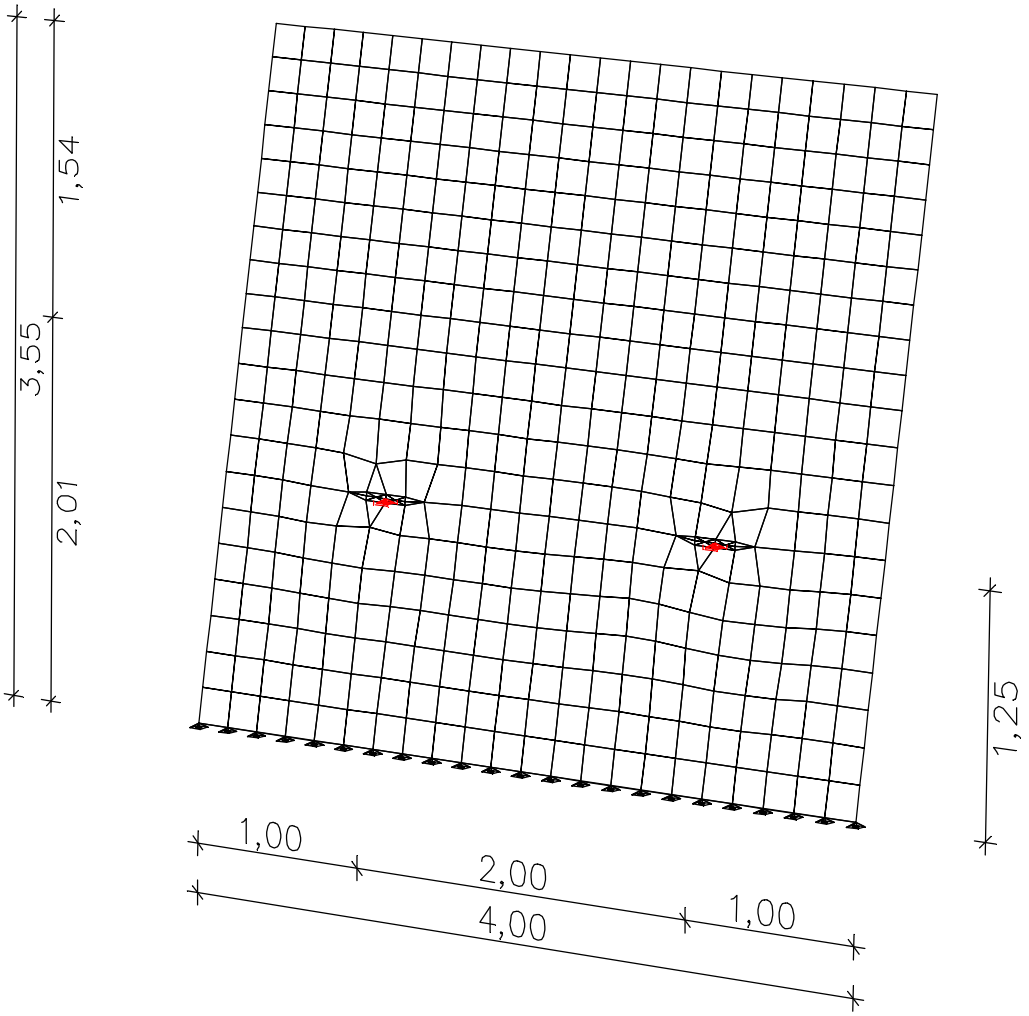
5.1.3 Element 3

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAL\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025





Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 56
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 3.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Systemkenngrößen

501	Knoten		
476	Elemente	0	Stabelemente
25	Festhaltungen	0	Plattenelemente
0	Koppelungen	0	Scheibenelemente
2	Materialkennwerte	476	Schalenelemente
2	Querschnittswerte	0	Seilelemente
3	Lastfälle	0	Volumenelemente
0	LF-Kombinationen	0	Federelemente
0	Spannstränge		

Berechnungsort der Flächenelemente: Knoten
2 Ergebnisorte in den Stäben

Gedrehte Koordinatensysteme
411 Elementsysteme
0 Schnittkraftsysteme
0 Bewehrungssysteme

Querschnittswerte

1	Fläche	Stützwand h=70			
		Elementdicke [m]	dz	= 0,7000	drillsteif
		Orthotropie dzy/dz		= 1	
		E-Modul Platte/Scheibe		= 1	
2	Fläche	Stützwand h=25			
		Elementdicke [m]	dz	= 0,2500	drillsteif
		Orthotropie dzy/dz		= 1	
		E-Modul Platte/Scheibe		= 1	

Materialkennwerte

	Nr.	Art	E-Modul [MN/m²]	G-Modul [MN/m²]	Quer-dehnz.	alpha.t [1/K]	gamma [kN/m³]
1	1	C30/37-EN-D	33000	13800	0,20	1,00e-05	25,000
2	2	C30/37-EN-D	33000	13800	0,20	1,00e-05	25,000

Übersicht der Lastfälle

LF.	Bezeichnung
1	Eigengewicht Wand
2	Erddruck
4	SLW60

Element 3.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Summe der aufgebrachten Lasten und Auflagerreaktionen

LF.	Bezeichnung	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
1	Eigengewicht Wand	-0,000	-0,000	182,003
	Auflagerreaktionen	-0,000	0,000	182,003
2	Erddruck	-0,000	-77,575	0,000
	Auflagerreaktionen	-0,000	-77,575	0,000
4	SLW60	-0,000	-102,072	0,000
	Auflagerreaktionen	-0,000	-102,072	0,000

Betonstahl für Flächenelemente

Nr.	Lage	Güte	d1x [m]	d2x [m]	asx [cm²/m]	d1y [m]	d2y [m]	asy [cm²/m]	as fix	Walz-art
1	1	500M	0,080		0,000	0,080		0,000		Warm
	2	500M		0,080	0,000		0,080	0,000		Warm
2	1	500M	0,080		0,000	0,080		0,000		Warm
	2	500M		0,080	0,000		0,080	0,000		Warm

as Grundbewehrung
d1 Abstand vom oberen Querschnittsrand
d2 Abstand vom unteren Querschnittsrand
Die positive z-Achse des Elementsystems zeigt zum unteren Querschnittsrand
Güte Güte bzw. Streckgrenze fyk des Betonstahls [MN/m²]

DIN EN 1992-1-1 Einwirkungen

Standard Bemessungsgruppe

G - Eigenlast

Gamma.sup / gamma.inf = 1,35 / 1

Lastfälle

1 Eigengewicht Wand

GE - Erddruck

Gamma.sup / gamma.inf = 1,35 / 1

Lastfälle

2 Erddruck

QN - Nutzlast, Verkehrslast

Gamma.sup / gamma.inf = 1,5 / 0

Element 3.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Kombinationsbeiwerte psi für: Hochbauten
Nutzlasten - Kategorie A: Wohngebäude
Psi.0 / Psi.1 / Psi.2 = 0,7 / 0,5 / 0,3

Lastfälle 1. Variante, inklusiv

4 SLW60

1. Ständige und vorübergehende Situation

Endzustand

G Eigenlast
GE Erddruck
QN Nutzlast, Verkehrslast

1. Seltene (charakteristische) Situation

Endzustand

G Eigenlast
GE Erddruck
QN Nutzlast, Verkehrslast

1. Quasi-ständige Situation

Endzustand

G Eigenlast
GE Erddruck
QN Nutzlast, Verkehrslast

Bemessungsvorgaben DIN EN 1992-1-1

Qu.	Expos. klasse	Vorspannung des Bauteils	Bewehrung M R B Q T S	Ermüdung B Q T P C V	Ri. br.	De- ko.	Spannung C B P
1	XC4	Nicht vorgesp.	x x x x . .	. . . . . .	x	.	. . .
2	XC4	Nicht vorgesp.	x x x x . .	. . . . . .	x	.	. . .

(M) Mindestbewehrung zur Sicherstellung der Robustheit.
(R) Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite.
(B) Längsbewehrung aus Bemessung sowie im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(Q) (Mindest-)Querkraftbewehrung aus Tragfähigkeit und Ermüdung.
(T) Torsionsbewehrung im Tragfähigkeits- und Ermüdungsnachweis.
(S) Nachweis der Schubfuge.
(P) Spannstahl im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(C) Betondruckspannungen, Beton im Ermüdungsnachweis unter Längsdruck.
(V) Beton im Ermüdungsnachweis unter Querkraftbeanspruchung.

Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Element 3.fem
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Vorgaben für den Nachweis der Längs- und Schubbewehrung

M,N Bemessungsmodus für Biegung und Längskraft:
(ST) Standard, (SY) Symmetrisch, (DG) Druckglied.
(*) Bem. ohne Berücksichtigung vorgegebener Bewehrungsverhältnisse.
fyk Stahlgüte der Bügel.
Theta Neigung der Betondruckstreben. Der eingegebene Wert für cot Theta wird programmseitig auf den Wertebereich nach Gl. (NA.6.7a) begrenzt.
Pl. Balken werden wie Platten bemessen.
Asl Vorh. Biegezugbewehrung nach Bild 6.3, autom. Erhöhung bis Maximum.
rhow Faktor für Mindestbewehrungsgrad rho.w,min nach Gl. (9.5a/bDE).
as Faktor für Biegebewehrung von Platten in Querrichtung nach 9.3.1.1(2).
x,y Getrennter Querkraftnachweis für die Bewehrungsrichtungen x und y.
cvl Verlegemaß der Längsbewehrung zur Begrenzung des Hebelarms z.
Red. Reduktionsfaktor der Vorspannung zur Bestimmung der Zugzone für die Verteilung der Robustheitsbewehrung bei Flächenelementen.

Qu.	Beton	Roh-dichte [kg/m³]	Bem. M,N	fyk [MPa]	cot Theta	Bem. wie Pl.	Asl [cm²] Bild 6.3 vorh.	Asl [cm²] Bild 6.3 max	Faktor rhow	Faktor as	x,y Rtg	cvl [mm]	Red. Vor-spg.
1	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.
2	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.

Schubquerschnitte

bw.nom Rechnerische Querschnittsbreite bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
h.nom Rechnerische Querschnittshöhe bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
kb, kd Faktor zur Berechnung des inneren Hebelarms z aus der Nutzbreite bn bzw. der Nutzhöhe d.
z1, z2 Höhe und Breite des Kernquerschnitts für Torsion.
tef Wanddicke des Torsionskastens.
K. Kastenquerschnitt; Ermittlung der Tragfähigkeit nach Gl. (6.29).

Qu.	Breite [m] bw	bw.nom	Nutzbreite bn [m]	kb	Höhe [m] h	h.nom	Nutzhöhe d [m]	kd	Torsionsquerschn. [m] z1	z2	tef	K.
1	1,000	.	.	.	0,700	.	0,620	0,90	.	.	.	.
2	1,000	.	.	.	0,250	.	0,170	0,90	.	.	.	.

Element 3.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Vorgaben für den Nachweis der Rissbreiten

```
ds       Größter vorhandener Stabdurchmesser der Betonstahlbewehrung [mm].
max.s    Größter vorhandener Stababstand der Betonstahlbewehrung [mm].
sr,max   Oberer Grenzwert für den maximalen Rissabstand nach Gl. (7.11) [mm].
Xi1      Verbundbeiwert für Spannstahl bei Stabquerschnitten.
k        Beiwert zur Berücksichtigung nichtlinear verteilter Zugspannungen.
kt       Beiwert für die Dauer der Lasteinwirkung bei Berechnung der Rissbreite.
Fakt.    Abminderungsfaktor für fctm nach Kap. 7.3.2 (As) bzw. 7.3.4 (wk).
Komb.    Kombination für Nachweis der Mindestbewehrung (As) und Rissbreite (wk):
         CK, HK, QK = Charakteristische, häufige, quasi-ständige Kombination,
         ZZ, BO, BU = Zentrischer Zug, Biegezug oben, Biegezug unten,
         KL = Einwirkungskombination gemäß Expositionsklasse.
Methode  Nachweismethode für Mindestbewehrung (kc) und Rissbreite (wk):
kc       Berechnung des Beiwerts kc für Stege/Gurte nach Gl. (7.2/7.3).
         auto = Gl. (7.2) für rechteckige, Gl. (7.3) für sonstige Querschnitte.
wk       Berech. = Direkte Berechnung der Rissbreite nach Kap. 7.3.4,
         Stabab. = Begrenzung der Stababstände nach Tab. 7.3N,
         Ber.(M) = Direkte Berechnung für mittlere Stahldehnung innerh. Ac,eff,
         Abs.(M) = Begr. der Stababstände für mittl. Stahldehnung innerh. Ac,eff.
RI       Ringförmige Bestimmung von Ac,eff gemäß Wiese et al., Beton- und
         Stahlbetonbau 2004, Heft 4, S. 253 ff.
DB       Bestimmung von As,min nach Gl. (NA.7.5.1) für dickere Bauteile.
```

Qu.	wmax [mm]	ds	max s	sr max	Beiwerte Xi1	k	kt	Fakt.fctm As	wk	Komb. As	wk	Methode kc	wk	RI	DB
1	0,30	20	.	.	.	1,00	0,4	1,00	1,00	KL	QK	auto	Berech.	.	.
2	0,30	10	.	.	.	1,00	0,4	1,00	1,00	KL	KL	auto	Berech.	.	.

Bemessungsvorgaben DIN EN 1992-2

Qu.	Expos. klasse	Vorspannung des Bauteils	Bewehrung M	R	B	Q	T	S	Ermüdung B	Q	T	P	C	V	Ri. br.	De- ko.	Spannung C	H	B	P
1	XC4	Nicht vorgesp.	x	.	x	x	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	XC4	Nicht vorgesp.	x	.	x	x	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

```
(M) Mindestbewehrung zur Sicherstellung der Robustheit.
(R) Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite.
(B) Längsbewehrung aus Bemessung sowie im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(Q) (Mindest-)Querkraftbewehrung aus Tragfähigkeit und Ermüdung.
(T) Torsionsbewehrung im Tragfähigkeits- und Ermüdungsnachweis.
(S) Nachweis der Schubfuge.
(P) Spannstahl im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(C) Betondruckspannungen, Beton im Ermüdungsnachweis unter Längsdruck.
(V) Beton im Ermüdungsnachweis unter Querkraftbeanspruchung.
(H) Schiefe Hauptzugspannungen.
```


Element 3.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Vorgaben für den Nachweis der Längs- und Schubbewehrung

M,N Bemessungsmodus für Biegung und Längskraft:
(ST) Standard, (SY) Symmetrisch, (DG) Druckglied.
(*) Bem. ohne Berücksichtigung vorgegebener Bewehrungsverhältnisse.
fyk Stahlgüte der Bügel.
Theta Neigung der Betondruckstreben. Der eingegebene Wert für cot Theta wird programmseitig auf den Wertebereich nach Gl. (6.107aDE) begrenzt.
Pl. Balken werden wie Platten bemessen.
Asl Vorh. Biegezugbewehrung nach Bild 6.3, autom. Erhöhung bis Maximum.
rhow Faktor für Mindestbewehrungsgrad rho.w,min nach Gl. (9.5a/bDE).
as Faktor für Biegebewehrung von Platten in Querrichtung nach 9.3.1.1(2).
x,y Getrennter Querkraftnachweis für die Bewehrungsrichtungen x und y.
cvl Verlegemaß der Längsbewehrung zur Begrenzung des Hebelarms z.
Red. Reduktionsfaktor der Vorspannung zur Bestimmung der Zugzone für die Verteilung der Robustheitsbewehrung bei Flächenelementen.

Qu.	Beton	Roh-dichte [kg/m³]	Bem. M,N	fyk [MPa]	cot Theta	Bem. wie Pl.	Asl [cm²] Bild 6.3 vorh.	Asl [cm²] Bild 6.3 max	Faktor rhow	Faktor as	x,y Rtg	cvl [mm]	Red. Vor-spg.
1	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.
2	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.

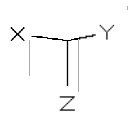
Schubquerschnitte

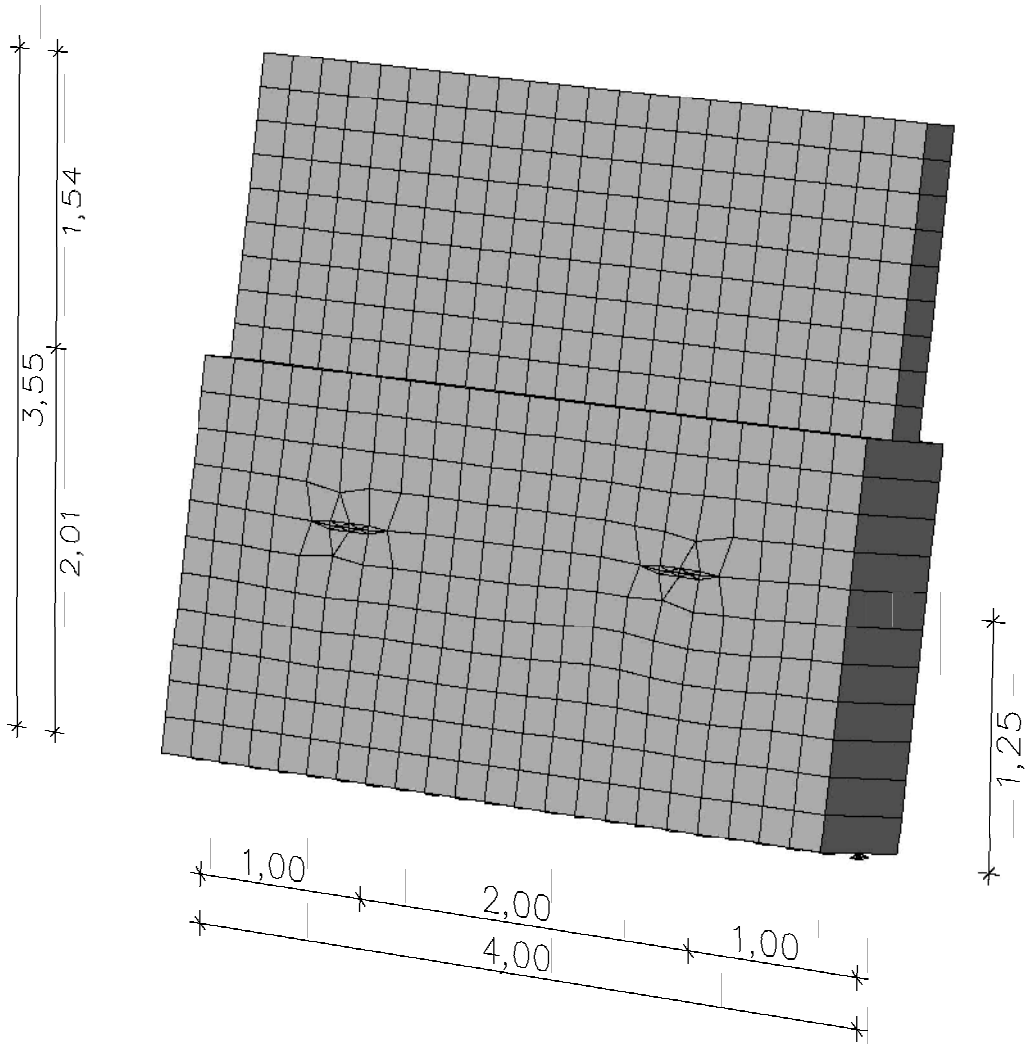
bw.nom Rechnerische Querschnittsbreite bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
h.nom Rechnerische Querschnittshöhe bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
kb, kd Faktor zur Berechnung des inneren Hebelarms z aus der Nutzbreite bn bzw. der Nutzhöhe d.
z1, z2 Höhe und Breite des Kernquerschnitts für Torsion.
tef Wanddicke des Torsionskastens.
K. Kastenquerschnitt; Ermittlung der Tragfähigkeit nach Gl. (6.29).

Qu.	Breite [m] bw	bw.nom	Nutzbreite bn [m]	kb	Höhe [m] h	h.nom	Nutzhöhe d [m]	kd	Torsionsquerschn. [m] z1	z2	tef	K.
1	1,000	.	.	.	0,700	.	0,620	0,90	.	.	.	.
2	1,000	.	.	.	0,250	.	0,170	0,90	.	.	.	.

Element 3.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025

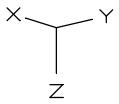


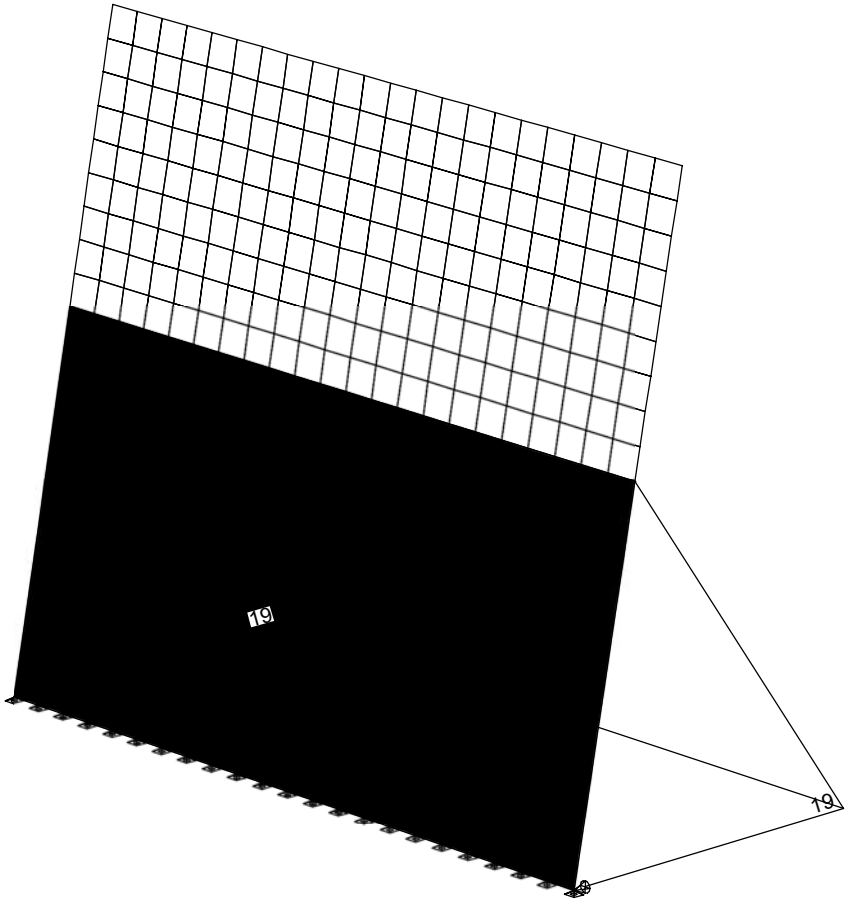


Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	63
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Element 3.fem
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025



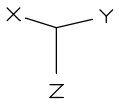


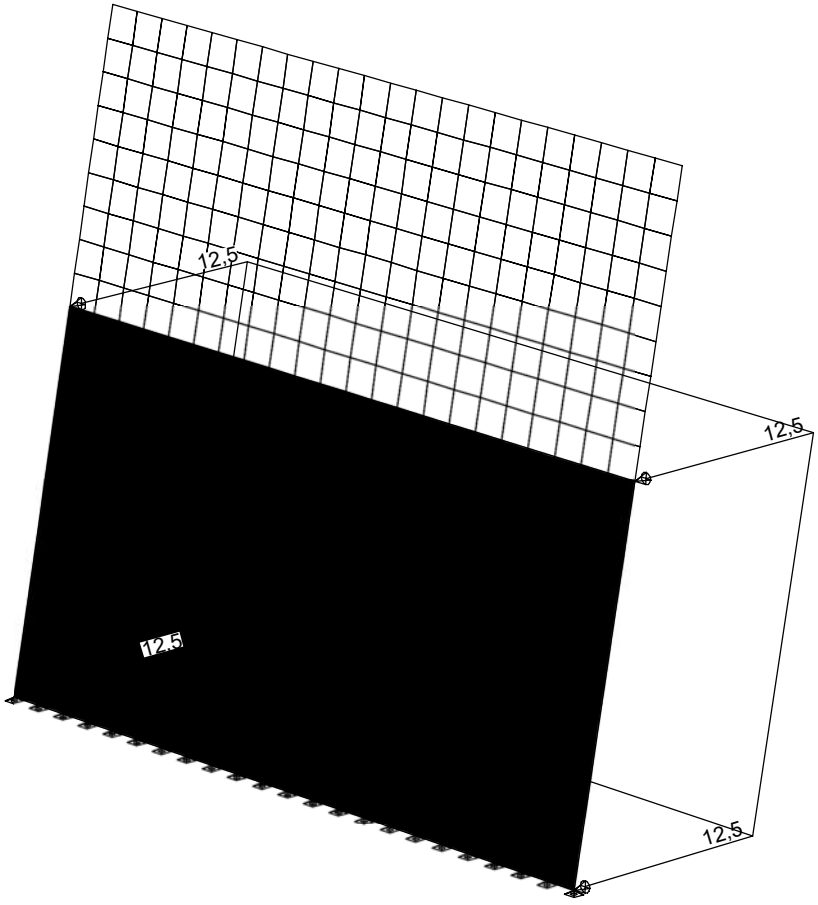
LF 2: Belastung, Erddruck

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	64
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 3.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



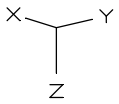


LF 4: Belastung, SLW60

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 65
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

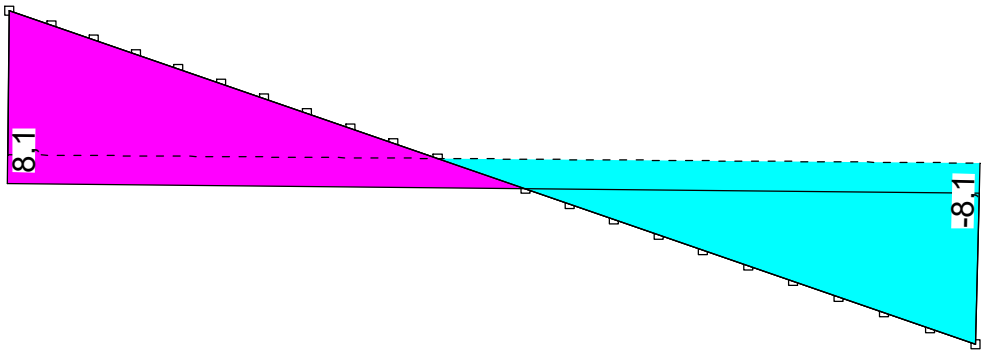
Element 3.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



0 kN
0 kN

0 kN
0 kN

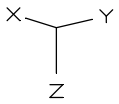


LFK DIN1992.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1
Auflagerreaktionen (Mittel im Lagerliniensystem) min,max Rx(l) [kN/m]
Die Summe der Lagerkräfte ist aufgrund der Mittelung u.U. unrealistisch.

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 66
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

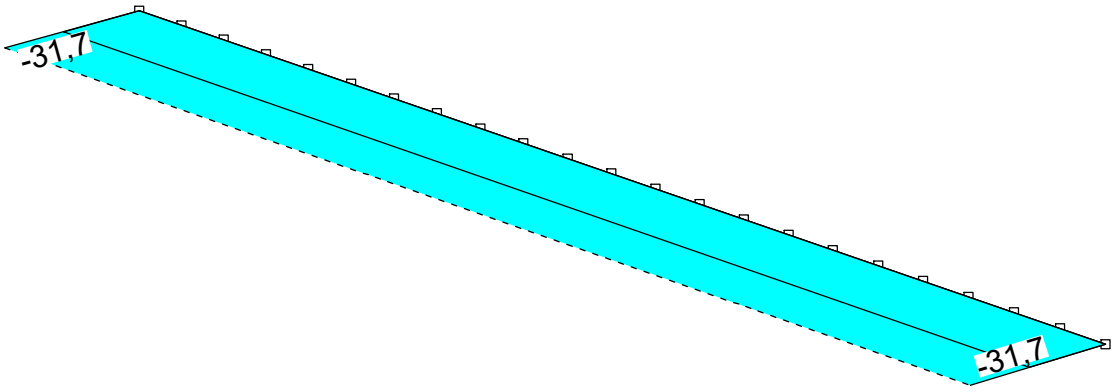
Element 3.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



-71,7 kN
3,4 kN

-71,7 kN
3,4 kN

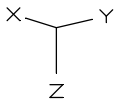


LFK DIN1992.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1
Auflagerreaktionen (Mittel im Lagerliniensystem) min,max Ry(l) [kN/m]
Die Summe der Lagerkräfte ist aufgrund der Mittelung u.U. unrealistisch.

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 67
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

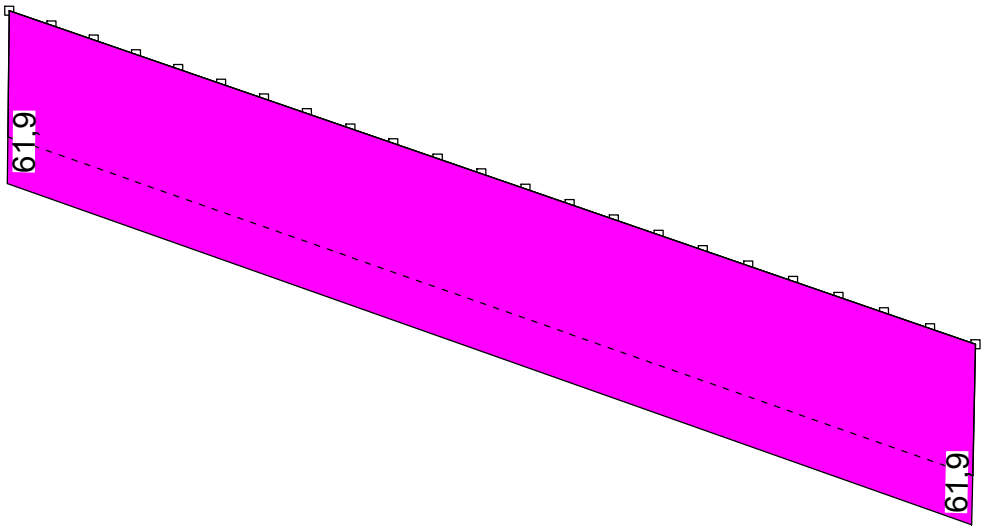
Element 3.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



0 kN
0 kN

0 kN
0 kN

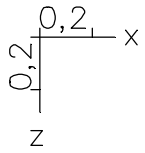


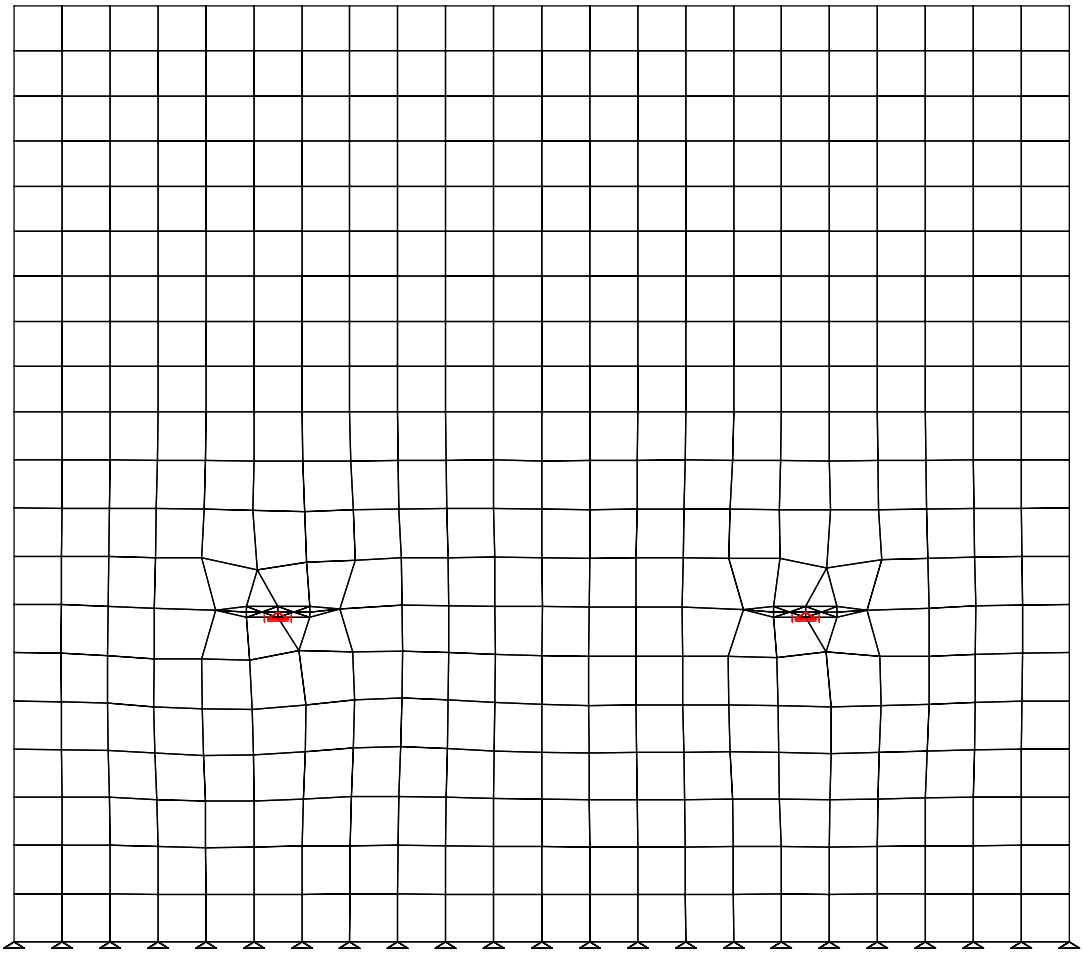
LFK DIN1992.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1
Auflagerreaktionen (Mittel im Lagerliniensystem) min,max Rz(l) [kN/m]
Die Summe der Lagerkräfte ist aufgrund der Mittelung u.U. unrealistisch.

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 68
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 3.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025



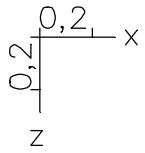


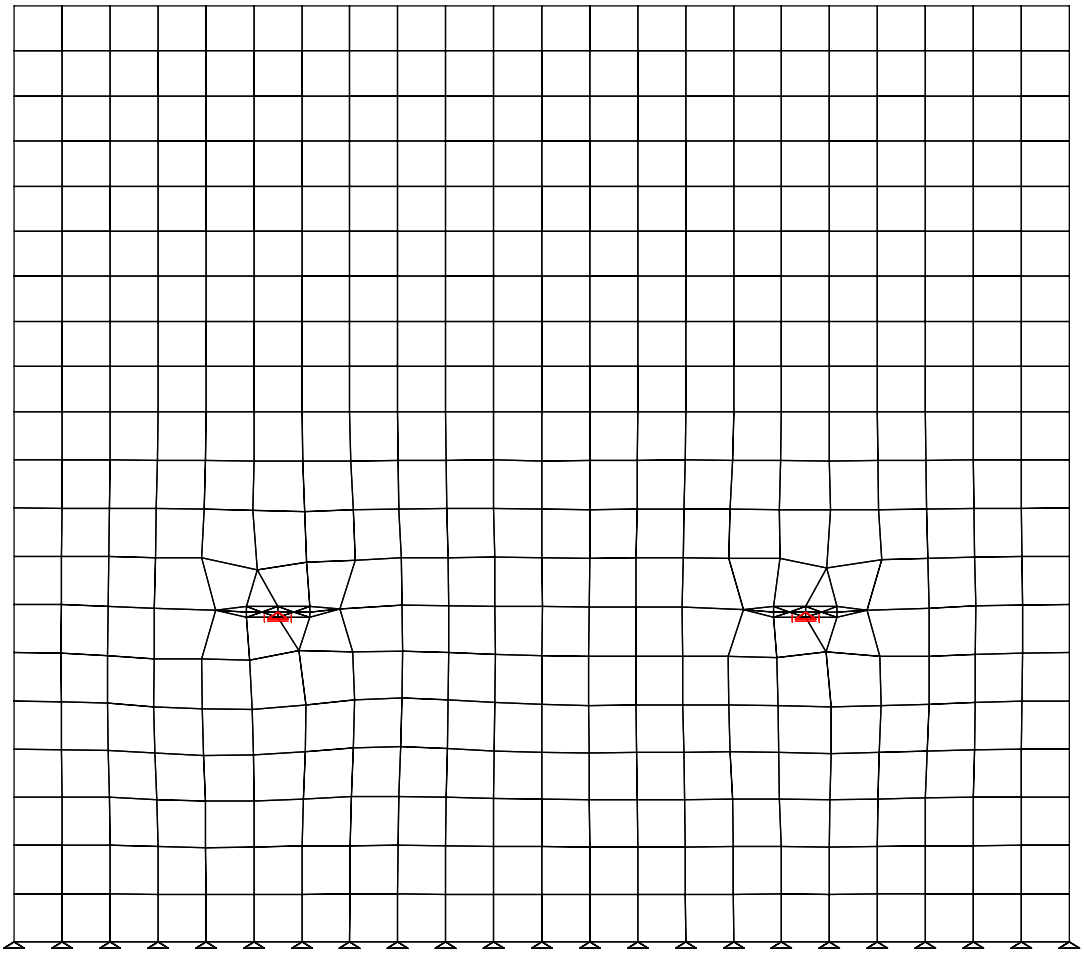
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Biegebewehrung 1. Lage x/y in cm²/m, Gesamtgew. aus Bemessung: 0,3 t
Ergebnisse nach Abzug von asx/asy = 25,10/25,10 cm²/m
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	69
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 3.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025



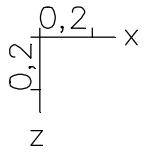


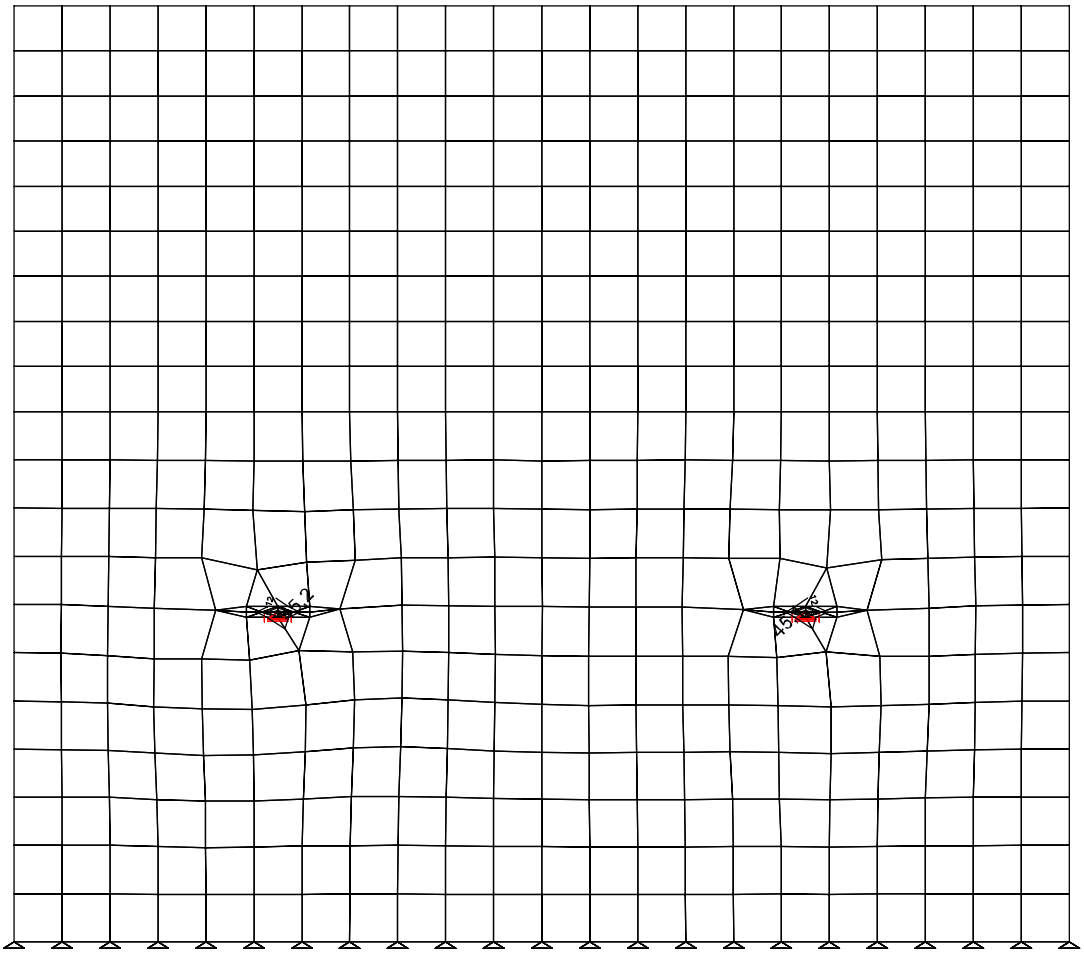
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Biegebewehrung 2. Lage x/y in cm²/m, Gesamtgew. aus Bemessung: 0,3 t
Ergebnisse nach Abzug von asx/asy = 25,10/25,10 cm²/m
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	70
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 3.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025



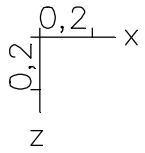


LFK DIN1992.BRUCH: Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1
Bügelbewehrung aus Querkraft [cm²/m²]
Wertebereich nach Mittelung (Gesamtsystem, min/max): 0,00/45,16 [cm²/m²]
Berechnung in den Elementknoten

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	71
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 3.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:							
Bauherr:	Stadt Bochum	1	6	3	0	9	-	C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025							



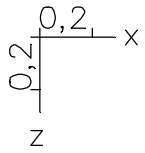


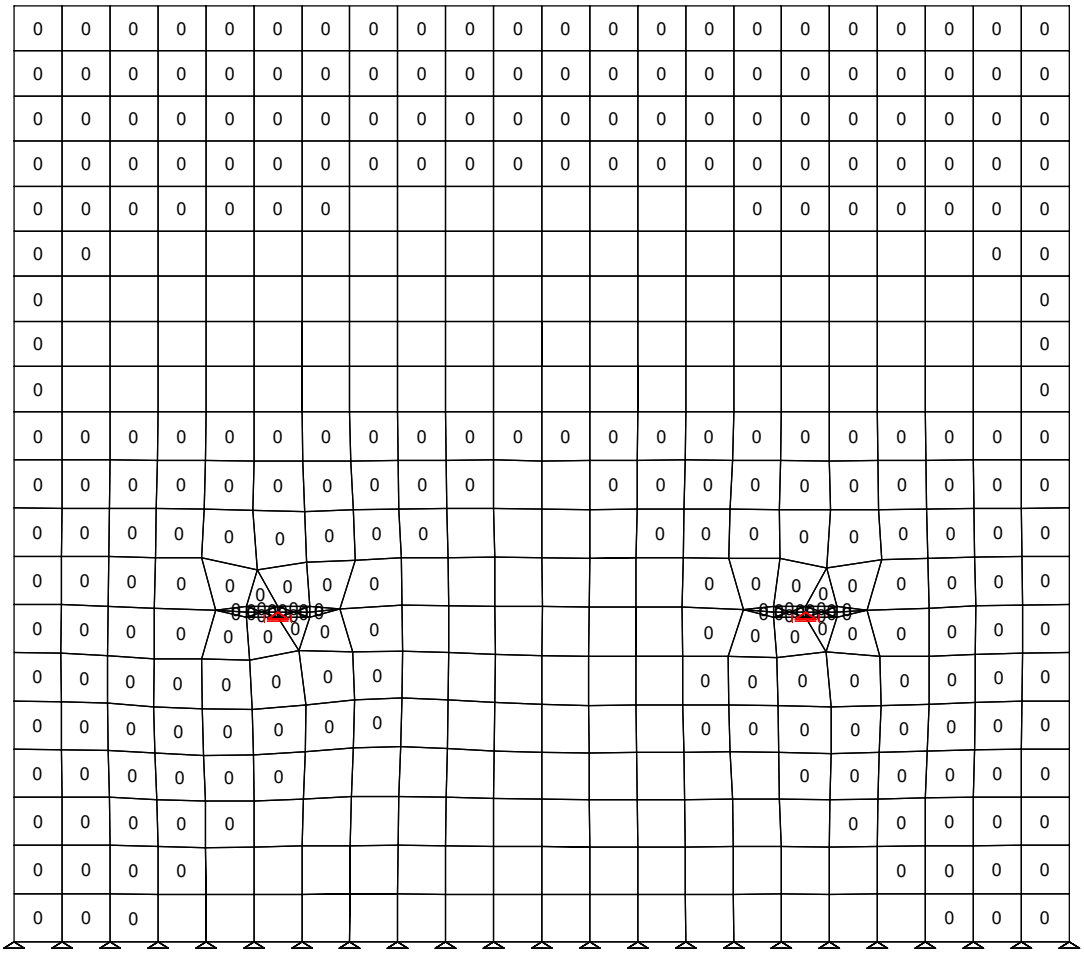
LFK DIN1992.BRUCH: Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1
qr/vRd,max [-]
Wertebereich nach Mittelung (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,31 [-]
Berechnung in den Elementknoten

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	72
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 3.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



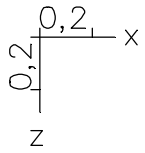


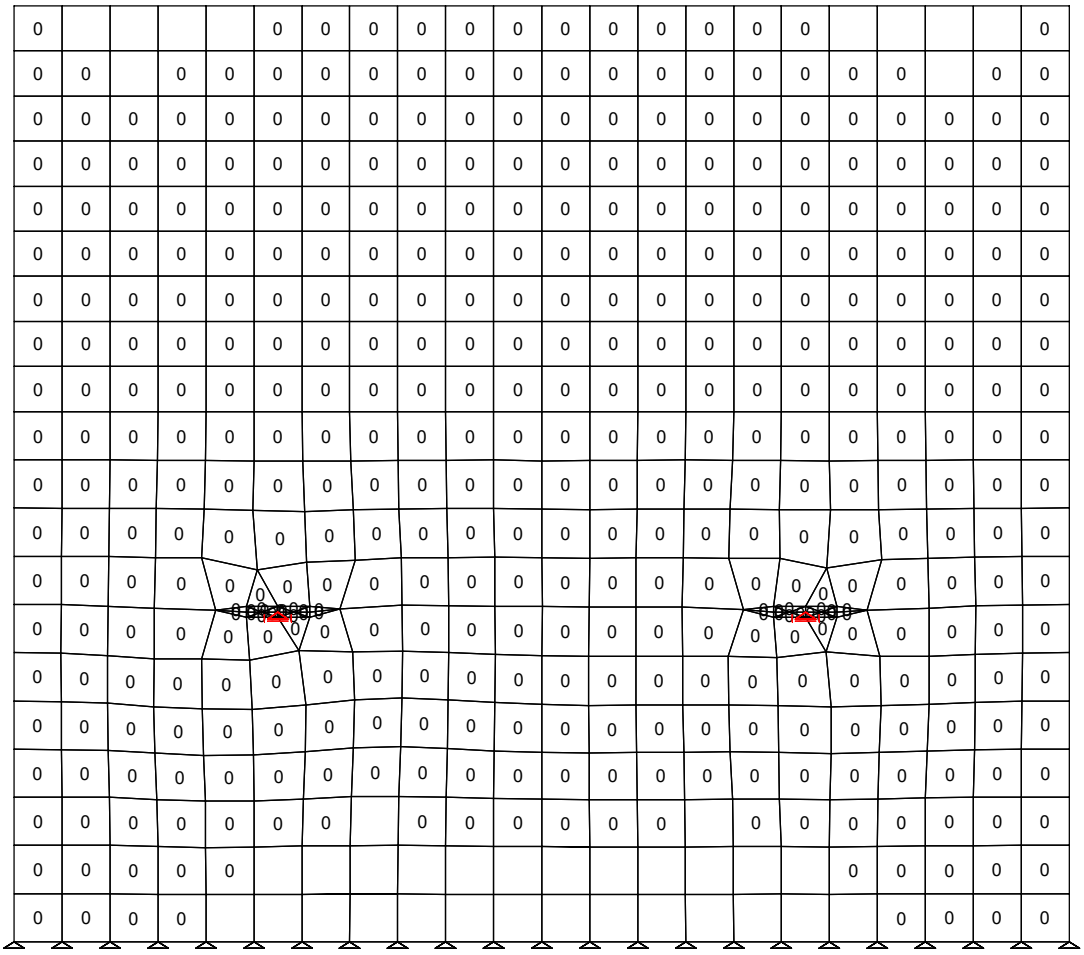
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Rissbreite wk.unten [mm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,00 [mm]
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 73
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 3.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025





LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Rissbreite wk.oben [mm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,01 [mm]
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 74
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

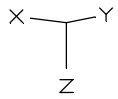
Element 3.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

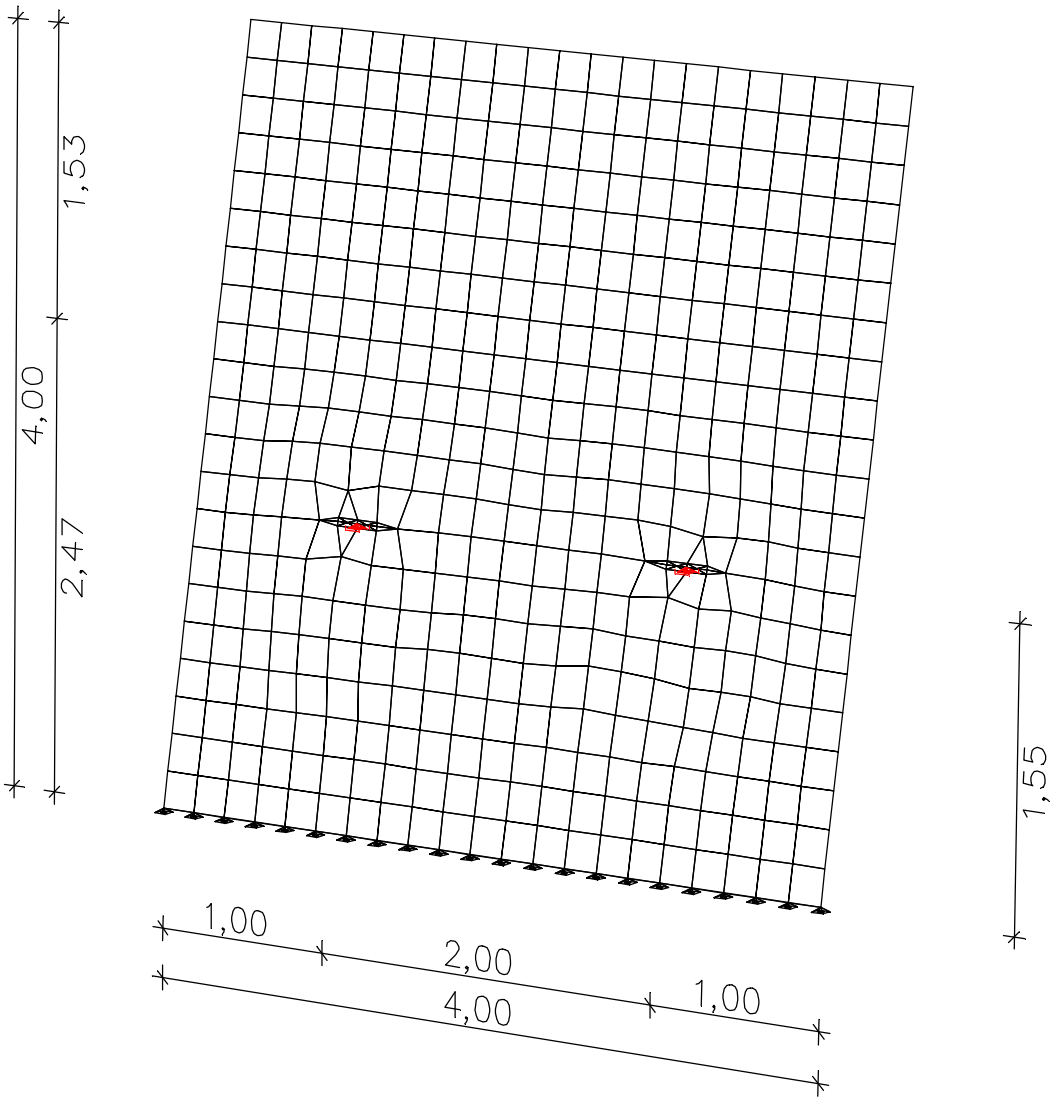
5.1.4 Element 4

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAL\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025





Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	76
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 4.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Systemkenngrößen

502	Knoten		
477	Elemente	0	Stabelemente
24	Festhaltungen	0	Plattenelemente
0	Koppelungen	0	Scheibenelemente
2	Materialkennwerte	477	Schalenelemente
2	Querschnittswerte	0	Seilelemente
3	Lastfälle	0	Volumenelemente
0	LF-Kombinationen	0	Federelemente
0	Spannstränge		

Berechnungsort der Flächenelemente: Knoten
2 Ergebnisorte in den Stäben

Gedrehte Koordinatensysteme
420 Elementsysteme
0 Schnittkraftsysteme
0 Bewehrungssysteme

Querschnittswerte

1	Fläche	Stützwand h=70			
		Elementdicke [m]	dz	= 0,7000	drillsteif
		Orthotropie dzy/dz		= 1	
		E-Modul Platte/Scheibe		= 1	
2	Fläche	Stützwand h=25			
		Elementdicke [m]	dz	= 0,2500	drillsteif
		Orthotropie dzy/dz		= 1	
		E-Modul Platte/Scheibe		= 1	

Materialkennwerte

	Nr.	Art	E-Modul [MN/m²]	G-Modul [MN/m²]	Quer-dehnz.	alpha.t [1/K]	gamma [kN/m³]
1	1	C30/37-EN-D	33000	13800	0,20	1,00e-05	25,000
2	2	C30/37-EN-D	33000	13800	0,20	1,00e-05	25,000

Übersicht der Lastfälle

LF.	Bezeichnung
1	Eigengewicht Wand
2	Erddruck
4	SLW60

Element 4.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Summe der aufgebrachten Lasten und Auflagerreaktionen

LF.	Bezeichnung	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
1	Eigengewicht Wand	0,000	-0,000	214,453
	Auflagerreaktionen	0,000	0,000	214,453
2	Erddruck	-0,000	-116,903	0,000
	Auflagerreaktionen	0,000	-116,903	0,000
4	SLW60	-0,000	-125,432	0,000
	Auflagerreaktionen	0,000	-125,432	0,000

Betonstahl für Flächenelemente

Nr.	Lage	Güte	d1x [m]	d2x [m]	asx [cm²/m]	d1y [m]	d2y [m]	asy [cm²/m]	as fix	Walz-art
1	1	500M	0,080		0,000	0,080		0,000		Warm
	2	500M		0,080	0,000		0,080	0,000		Warm
2	1	500M	0,080		0,000	0,080		0,000		Warm
	2	500M		0,080	0,000		0,080	0,000		Warm

as Grundbewehrung
d1 Abstand vom oberen Querschnittsrand
d2 Abstand vom unteren Querschnittsrand
Die positive z-Achse des Elementsystems zeigt zum unteren Querschnittsrand
Güte Güte bzw. Streckgrenze fyk des Betonstahls [MN/m²]

DIN EN 1992-1-1 Einwirkungen

Standard Bemessungsgruppe

G - Eigenlast

Gamma.sup / gamma.inf = 1,35 / 1

Lastfälle

1 Eigengewicht Wand

GE - Erddruck

Gamma.sup / gamma.inf = 1,35 / 1

Lastfälle

2 Erddruck

QN - Nutzlast, Verkehrslast

Gamma.sup / gamma.inf = 1,5 / 0

Element 4.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Kombinationsbeiwerte psi für: Hochbauten
Nutzlasten - Kategorie A: Wohngebäude
Psi.0 / Psi.1 / Psi.2 = 0,7 / 0,5 / 0,3

Lastfälle 1. Variante, inklusiv

4 SLW60

1. Ständige und vorübergehende Situation

Endzustand

G Eigenlast
GE Erddruck
QN Nutzlast, Verkehrslast

1. Seltene (charakteristische) Situation

Endzustand

G Eigenlast
GE Erddruck
QN Nutzlast, Verkehrslast

1. Quasi-ständige Situation

Endzustand

G Eigenlast
GE Erddruck
QN Nutzlast, Verkehrslast

Bemessungsvorgaben DIN EN 1992-1-1

Qu.	Expos. klasse	Vorspannung des Bauteils	Bewehrung M R B Q T S	Ermüdung B Q T P C V	Ri. br.	De- ko.	Spannung C B P
1	XC4	Nicht vorgesp.	x x x x . .	. . . . . .	x	.	. . .
2	XC4	Nicht vorgesp.	x x x x . .	. . . . . .	x	.	. . .

(M) Mindestbewehrung zur Sicherstellung der Robustheit.
(R) Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite.
(B) Längsbewehrung aus Bemessung sowie im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(Q) (Mindest-)Querkraftbewehrung aus Tragfähigkeit und Ermüdung.
(T) Torsionsbewehrung im Tragfähigkeits- und Ermüdungsnachweis.
(S) Nachweis der Schubfuge.
(P) Spannstahl im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(C) Betondruckspannungen, Beton im Ermüdungsnachweis unter Längsdruck.
(V) Beton im Ermüdungsnachweis unter Querkraftbeanspruchung.

Element 4.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Vorgaben für den Nachweis der Längs- und Schubbewehrung

M,N Bemessungsmodus für Biegung und Längskraft:
(ST) Standard, (SY) Symmetrisch, (DG) Druckglied.
(*) Bem. ohne Berücksichtigung vorgegebener Bewehrungsverhältnisse.
fyk Stahlgüte der Bügel.
Theta Neigung der Betondruckstreben. Der eingegebene Wert für cot Theta wird programmseitig auf den Wertebereich nach Gl. (NA.6.7a) begrenzt.
Pl. Balken werden wie Platten bemessen.
Asl Vorh. Biegezugbewehrung nach Bild 6.3, autom. Erhöhung bis Maximum.
rhow Faktor für Mindestbewehrungsgrad rho.w,min nach Gl. (9.5a/bDE).
as Faktor für Biegebewehrung von Platten in Querrichtung nach 9.3.1.1(2).
x,y Getrennter Querkraftnachweis für die Bewehrungsrichtungen x und y.
cvl Verlegemaß der Längsbewehrung zur Begrenzung des Hebelarms z.
Red. Reduktionsfaktor der Vorspannung zur Bestimmung der Zugzone für die Verteilung der Robustheitsbewehrung bei Flächenelementen.

Qu.	Beton	Roh-dichte [kg/m³]	Bem. M,N	fyk [MPa]	cot Theta	Bem. wie Pl.	Asl [cm²] Bild 6.3 vorh.	Asl [cm²] Bild 6.3 max	Faktor rhow	Faktor as	x,y Rtg	cvl [mm]	Red. Vor-spg.
1	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.
2	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.

Schubquerschnitte

bw.nom Rechnerische Querschnittsbreite bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
h.nom Rechnerische Querschnittshöhe bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
kb, kd Faktor zur Berechnung des inneren Hebelarms z aus der Nutzbreite bn bzw. der Nutzhöhe d.
z1, z2 Höhe und Breite des Kernquerschnitts für Torsion.
tef Wanddicke des Torsionskastens.
K. Kastenquerschnitt; Ermittlung der Tragfähigkeit nach Gl. (6.29).

Qu.	Breite [m] bw	bw.nom	Nutzbreite bn [m]	kb	Höhe [m] h	h.nom	Nutzhöhe d [m]	kd	Torsionsquerschn. [m] z1	z2	tef	K.
1	1,000	.	.	.	0,700	.	0,620	0,90	.	.	.	.
2	1,000	.	.	.	0,250	.	0,170	0,90	.	.	.	.

Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH Element 4.fem

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Vorgaben für den Nachweis der Rissbreiten

```
ds       Größter vorhandener Stabdurchmesser der Betonstahlbewehrung [mm].
max.s    Größter vorhandener Stababstand der Betonstahlbewehrung [mm].
sr,max   Oberer Grenzwert für den maximalen Rissabstand nach Gl. (7.11) [mm].
Xi1      Verbundbeiwert für Spannstahl bei Stabquerschnitten.
k        Beiwert zur Berücksichtigung nichtlinear verteilter Zugspannungen.
kt       Beiwert für die Dauer der Lasteinwirkung bei Berechnung der Rissbreite.
Fakt.    Abminderungsfaktor für fctm nach Kap. 7.3.2 (As) bzw. 7.3.4 (wk).
Komb.    Kombination für Nachweis der Mindestbewehrung (As) und Rissbreite (wk):
         CK, HK, QK = Charakteristische, häufige, quasi-ständige Kombination,
         ZZ, BO, BU = Zentrischer Zug, Biegezug oben, Biegezug unten,
         KL = Einwirkungskombination gemäß Expositionsklasse.
Methode  Nachweismethode für Mindestbewehrung (kc) und Rissbreite (wk):
kc       Berechnung des Beiwerts kc für Stege/Gurte nach Gl. (7.2/7.3).
         auto = Gl. (7.2) für rechteckige, Gl. (7.3) für sonstige Querschnitte.
wk       Berech. = Direkte Berechnung der Rissbreite nach Kap. 7.3.4,
         Stabab. = Begrenzung der Stababstände nach Tab. 7.3N,
         Ber.(M) = Direkte Berechnung für mittlere Stahldehnung innerh. Ac,eff,
         Abs.(M) = Begr. der Stababstände für mittl. Stahldehnung innerh. Ac,eff.
RI       Ringförmige Bestimmung von Ac,eff gemäß Wiese et al., Beton- und
         Stahlbetonbau 2004, Heft 4, S. 253 ff.
DB       Bestimmung von As,min nach Gl. (NA.7.5.1) für dickere Bauteile.
```

Qu.	wmax [mm]	ds	max s	sr max	Beiwerte Xi1	k	kt	Fakt.fctm As	wk	Komb. As	wk	Methode kc	wk	RI	DB
1	0,30	20	.	.	.	1,00	0,4	1,00	1,00	KL	QK	auto	Berech.	.	.
2	0,30	10	.	.	.	1,00	0,4	1,00	1,00	KL	KL	auto	Berech.	.	.

Bemessungsvorgaben DIN EN 1992-2

Qu.	Expos. klasse	Vorspannung des Bauteils	Bewehrung M	R	B	Q	T	S	Ermüdung B	Q	T	P	C	V	Ri. br.	De- ko.	Spannung C	H	B	P
1	XC4	Nicht vorgesp.	x	.	x	x	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	XC4	Nicht vorgesp.	x	.	x	x	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

```
(M) Mindestbewehrung zur Sicherstellung der Robustheit.
(R) Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite.
(B) Längsbewehrung aus Bemessung sowie im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(Q) (Mindest-)Querkraftbewehrung aus Tragfähigkeit und Ermüdung.
(T) Torsionsbewehrung im Tragfähigkeits- und Ermüdungsnachweis.
(S) Nachweis der Schubfuge.
(P) Spannstahl im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(C) Betondruckspannungen, Beton im Ermüdungsnachweis unter Längsdruck.
(V) Beton im Ermüdungsnachweis unter Querkraftbeanspruchung.
(H) Schiefe Hauptzugspannungen.
```


Element 4.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Vorgaben für den Nachweis der Längs- und Schubbewehrung

M,N Bemessungsmodus für Biegung und Längskraft:
(ST) Standard, (SY) Symmetrisch, (DG) Druckglied.
(*) Bem. ohne Berücksichtigung vorgegebener Bewehrungsverhältnisse.
fyk Stahlgüte der Bügel.
Theta Neigung der Betondruckstreben. Der eingegebene Wert für cot Theta wird programmseitig auf den Wertebereich nach Gl. (6.107aDE) begrenzt.
Pl. Balken werden wie Platten bemessen.
Asl Vorh. Biegezugbewehrung nach Bild 6.3, autom. Erhöhung bis Maximum.
rhow Faktor für Mindestbewehrungsgrad rho.w,min nach Gl. (9.5a/bDE).
as Faktor für Biegebewehrung von Platten in Querrichtung nach 9.3.1.1(2).
x,y Getrennter Querkraftnachweis für die Bewehrungsrichtungen x und y.
cvl Verlegemaß der Längsbewehrung zur Begrenzung des Hebelarms z.
Red. Reduktionsfaktor der Vorspannung zur Bestimmung der Zugzone für die Verteilung der Robustheitsbewehrung bei Flächenelementen.

Qu.	Beton	Roh-dichte [kg/m³]	Bem. M,N	fyk [MPa]	cot Theta	Bem. wie Pl.	Asl [cm²] Bild 6.3 vorh.	Asl [cm²] Bild 6.3 max	Faktor rhow	Faktor as	x,y Rtg	cvl [mm]	Red. Vor-spg.
1	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.
2	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.

Schubquerschnitte

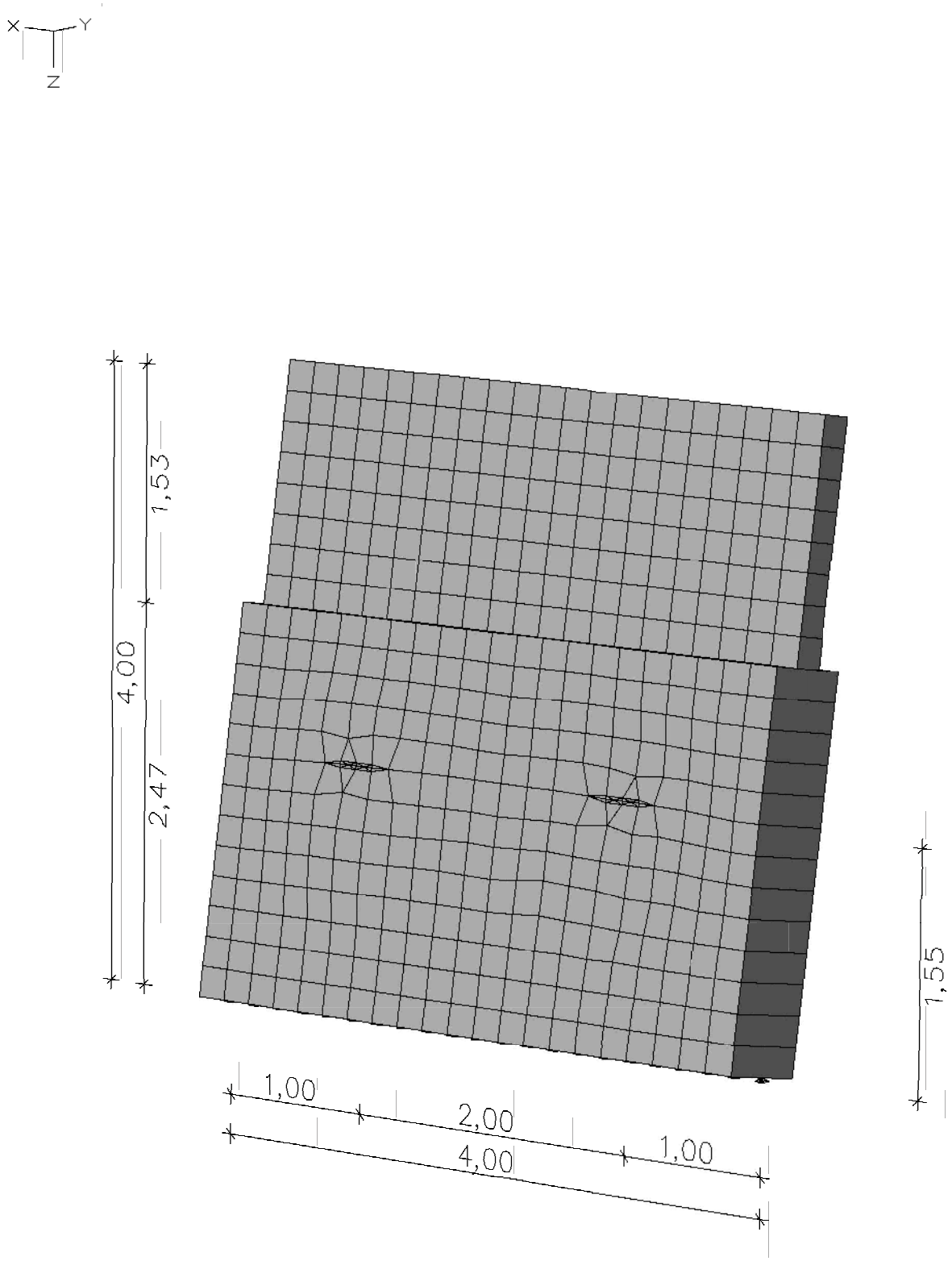
bw.nom Rechnerische Querschnittsbreite bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
h.nom Rechnerische Querschnittshöhe bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
kb, kd Faktor zur Berechnung des inneren Hebelarms z aus der Nutzbreite bn bzw. der Nutzhöhe d.
z1, z2 Höhe und Breite des Kernquerschnitts für Torsion.
tef Wanddicke des Torsionskastens.
K. Kastenquerschnitt; Ermittlung der Tragfähigkeit nach Gl. (6.29).

Qu.	Breite [m] bw	bw.nom	Nutzbreite bn [m]	kb	Höhe [m] h	h.nom	Nutzhöhe d [m]	kd	Torsionsquerschn. [m] z1	z2	tef	K.
1	1,000	.	.	.	0,700	.	0,620	0,90	.	.	.	.
2	1,000	.	.	.	0,250	.	0,170	0,90	.	.	.	.

Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH Element 4.fem

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

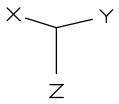
Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025

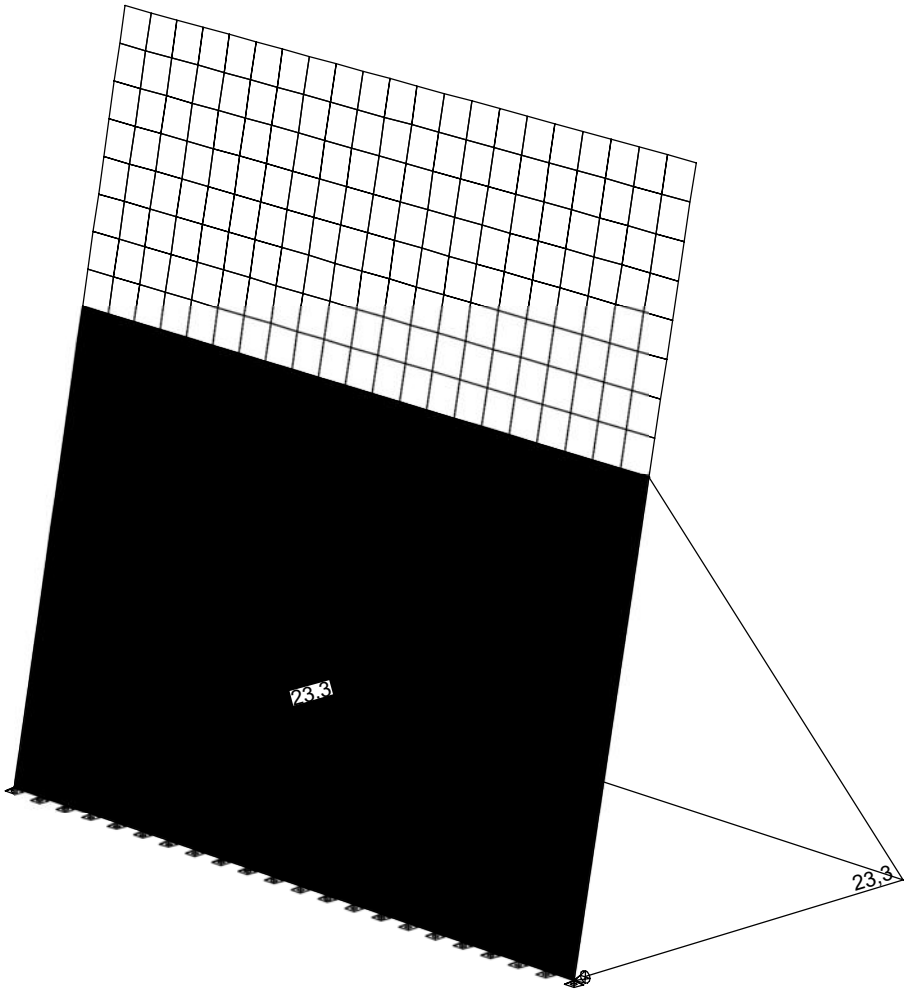


Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	83
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 4.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



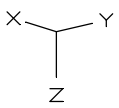


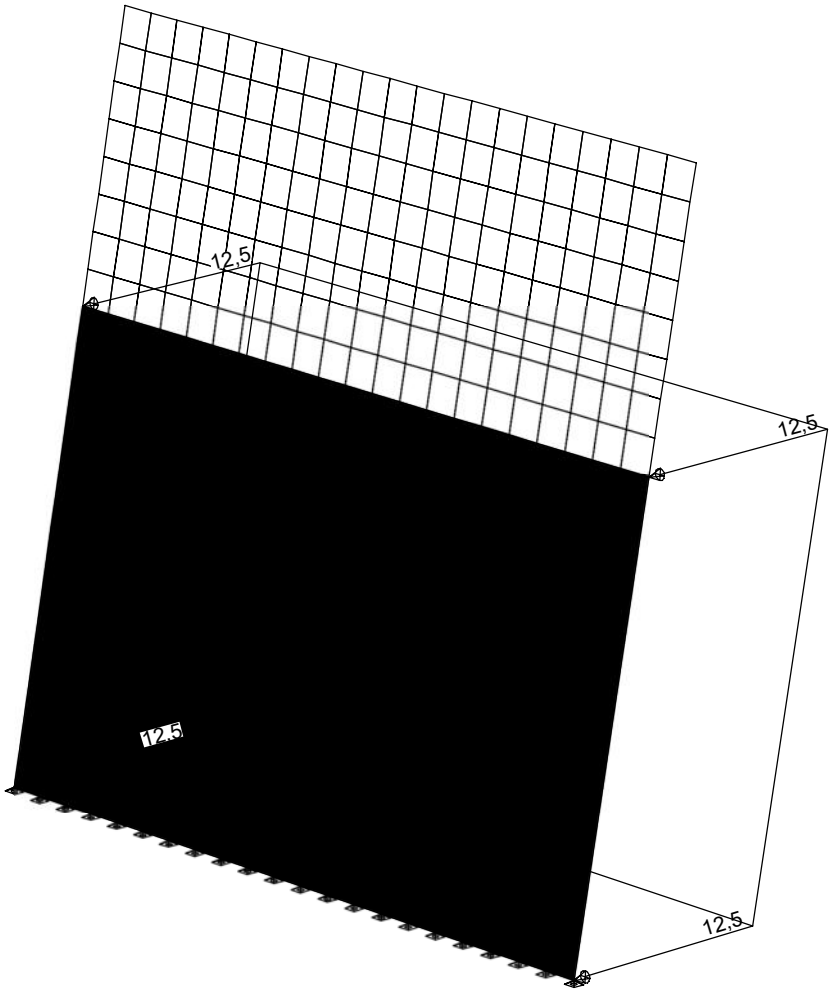
LF 2: Belastung, Erddruck

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 84
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 4.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025

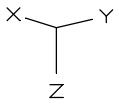




LF 4: Belastung, SLW60

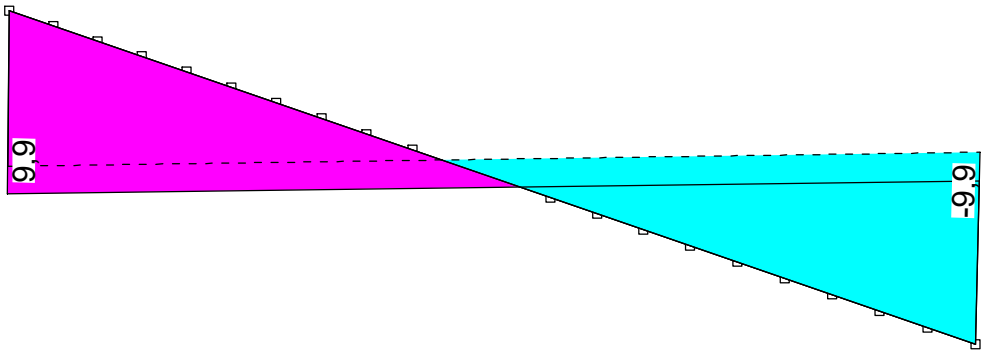
Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 85
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 4.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held



0 kN
0 kN

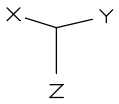
0 kN
0 kN



LFK DIN1992.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1
Auflagerreaktionen (Mittel im Lagerliniensystem) min,max Rx(l) [kN/m]
Die Summe der Lagerkräfte ist aufgrund der Mittelung u.U. unrealistisch.

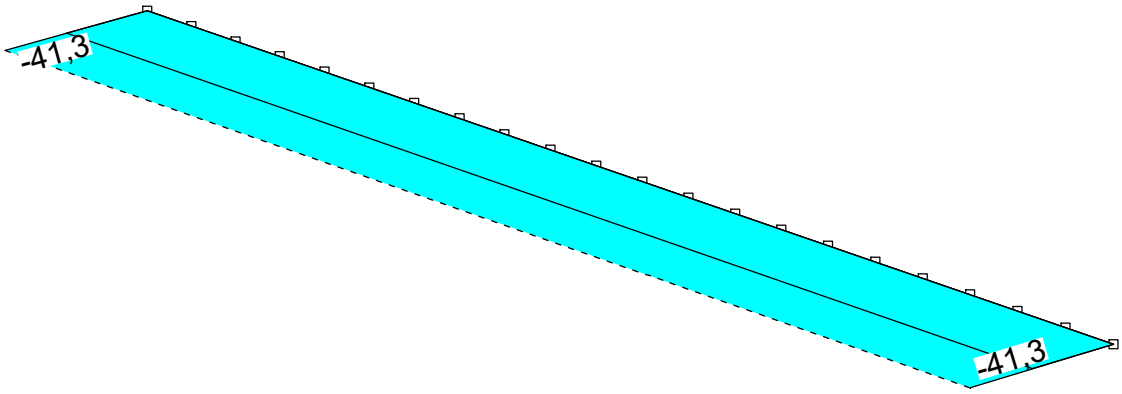
Element 4.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



-97,2 kN
-4,6 kN

-97,3 kN
-4,6 kN

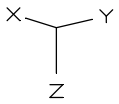


LFK DIN1992.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1
Auflagerreaktionen (Mittel im Lagerliniensystem) min,max Ry(l) [kN/m]
Die Summe der Lagerkräfte ist aufgrund der Mittelung u.U. unrealistisch.

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 87
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

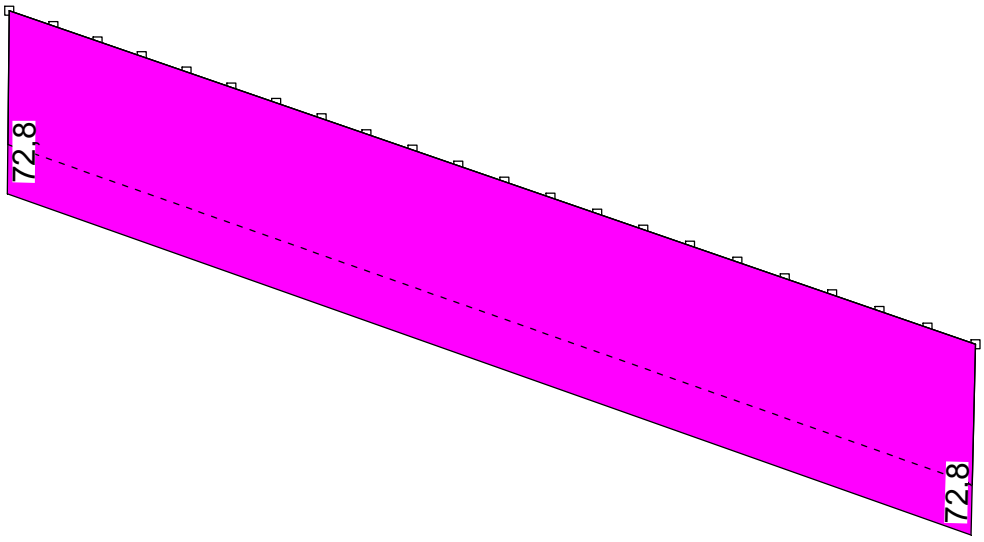
Element 4.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



0 kN
0 kN

0 kN
0 kN

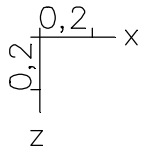


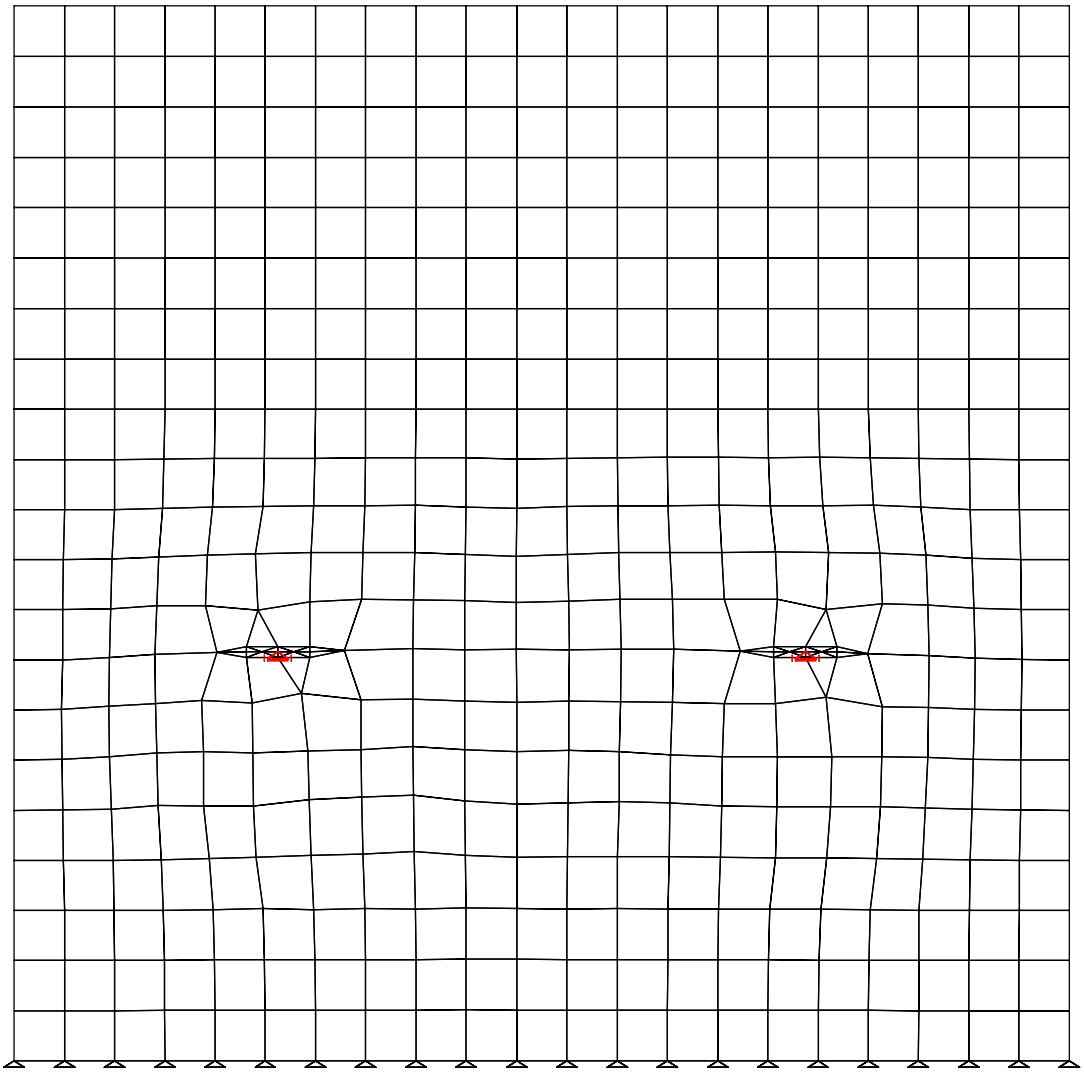
LFK DIN1992.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1
Auflagerreaktionen (Mittel im Lagerliniensystem) min,max Rz(l) [kN/m]
Die Summe der Lagerkräfte ist aufgrund der Mittelung u.U. unrealistisch.

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 88
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 4.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.							Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1	6	3	0	9	-	C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH							Datum:	05/2025



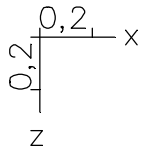


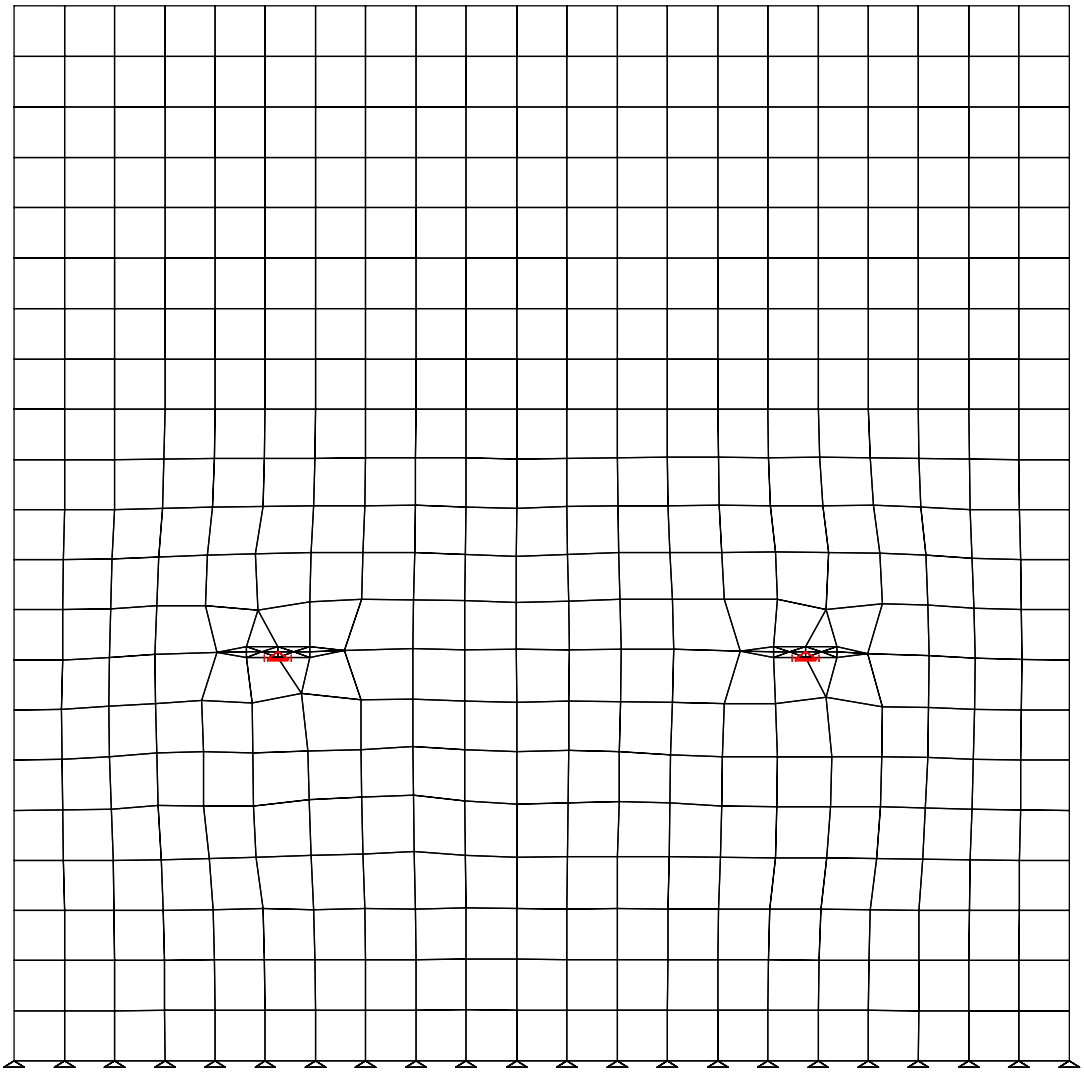
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Biegebewehrung 1. Lage x/y in cm²/m, Gesamtgew. aus Bemessung: 0,4 t
Ergebnisse nach Abzug von asx/asy = 25,10/25,10 cm²/m
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 89
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 4.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025



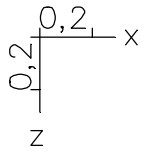


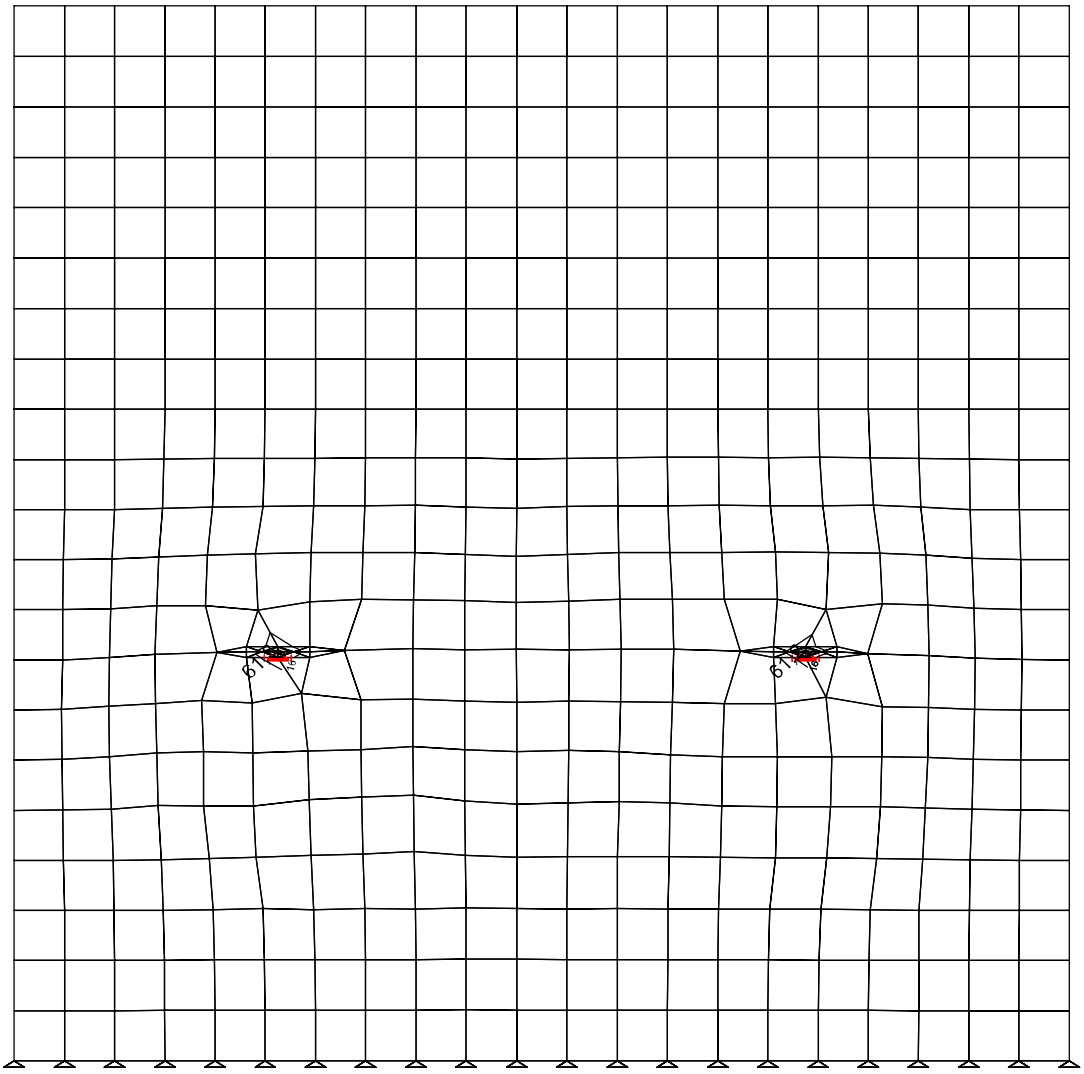
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Biegebewehrung 2. Lage x/y in cm²/m, Gesamtgew. aus Bemessung: 0,4 t
Ergebnisse nach Abzug von asx/asy = 25,10/25,10 cm²/m
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	90
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 4.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025



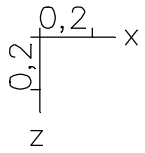


LFK DIN1992.BRUCH: Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1
Bügelbewehrung aus Querkraft [cm²/m²]
Wertebereich nach Mittelung (Gesamtsystem, min/max): 0,00/61,28 [cm²/m²]
Berechnung in den Elementknoten

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	91
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 4.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:							
Bauherr:	Stadt Bochum	1	6	3	0	9	-	C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025							







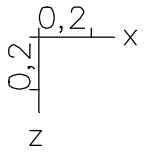
LFK DIN1992.BRUCH: Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1
qr/vRd,max [-]
Wertebereich nach Mittelung (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,42 [-]
Berechnung in den Elementknoten

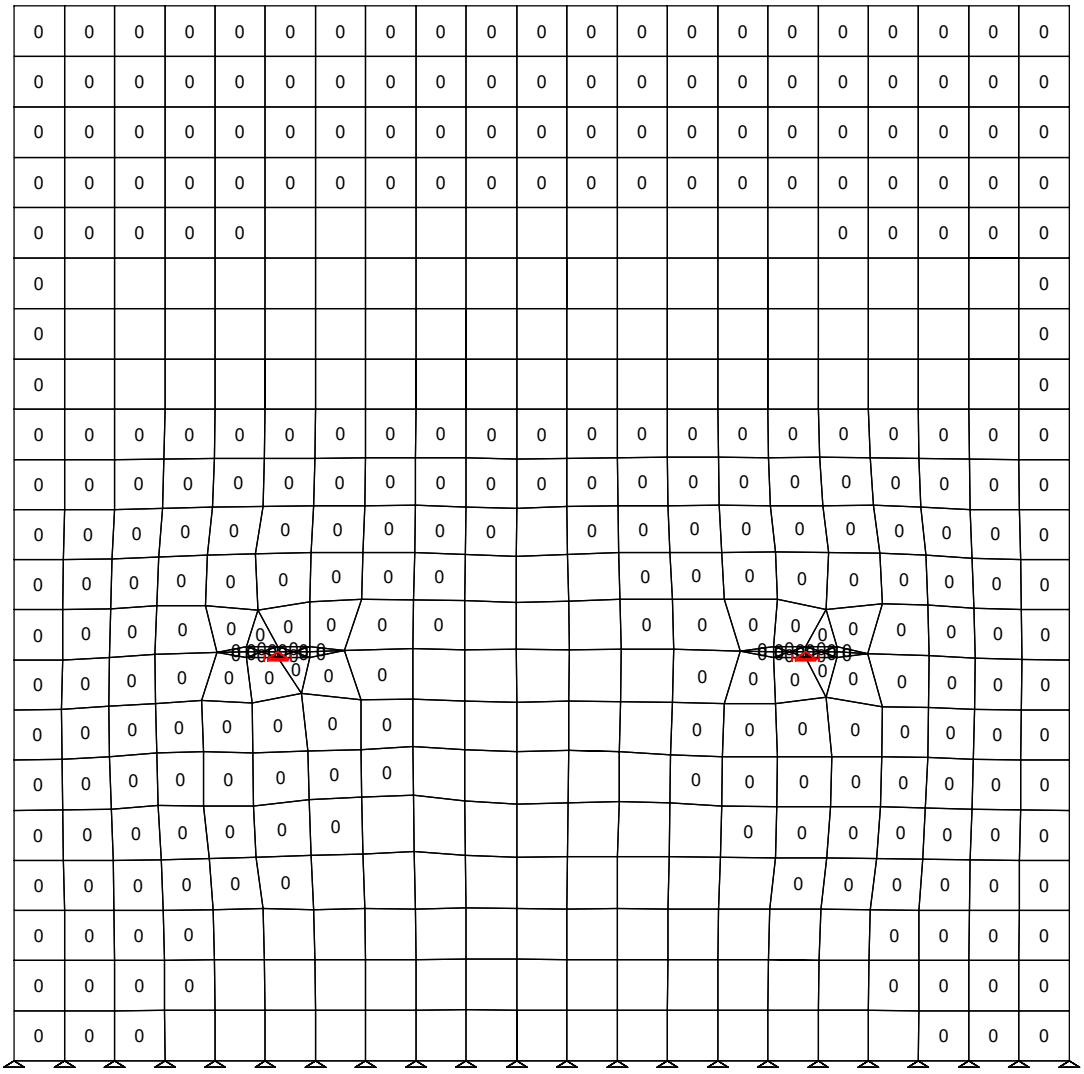
Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	92
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Element 4.fem

Univ.-Prof.
Dr.-Ing.
Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



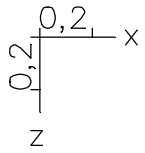


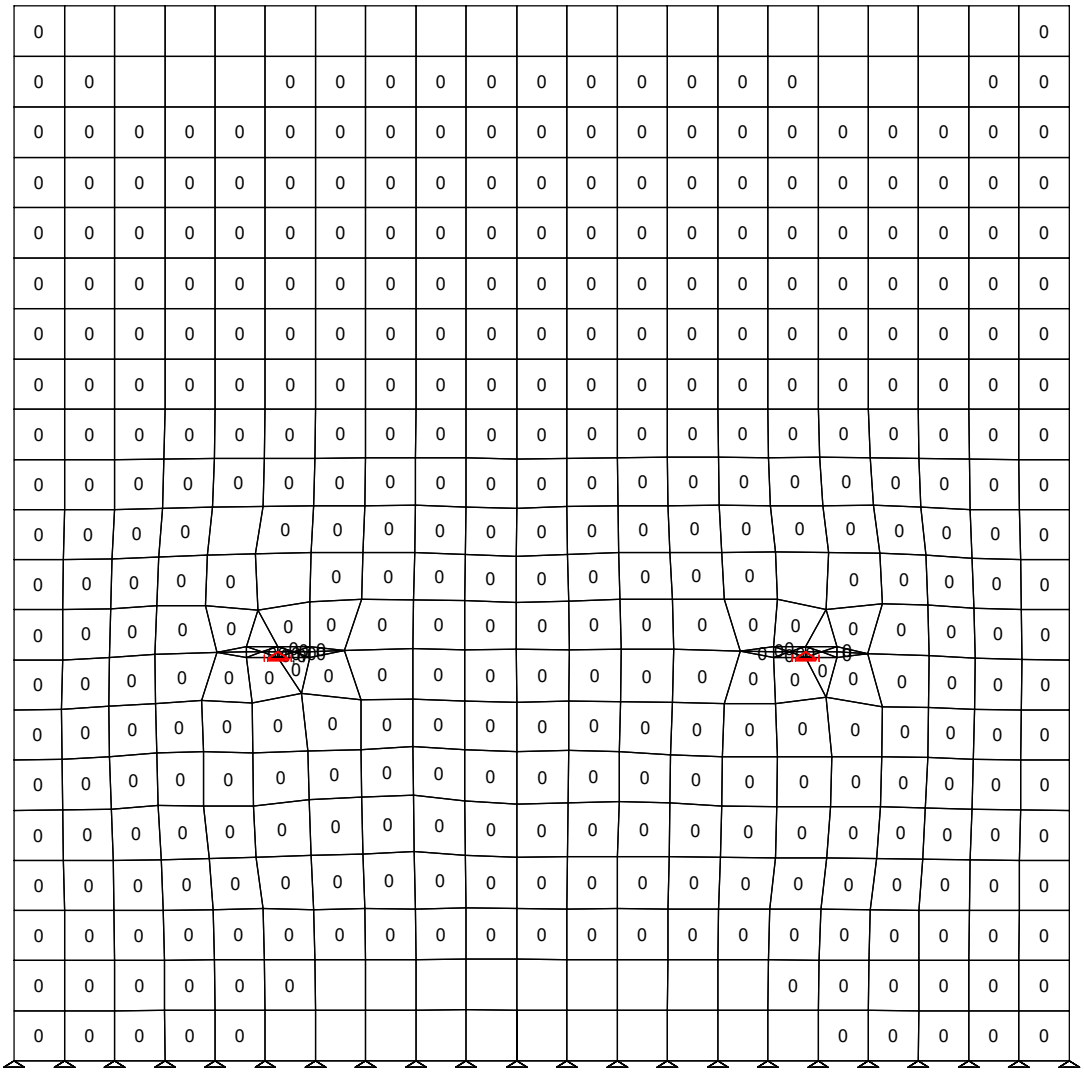
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Rissbreite wk.unten [mm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,00 [mm]
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 93
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 4.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025





LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Rissbreite wk.oben [mm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,04 [mm]
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 94
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

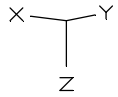
Element 4.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

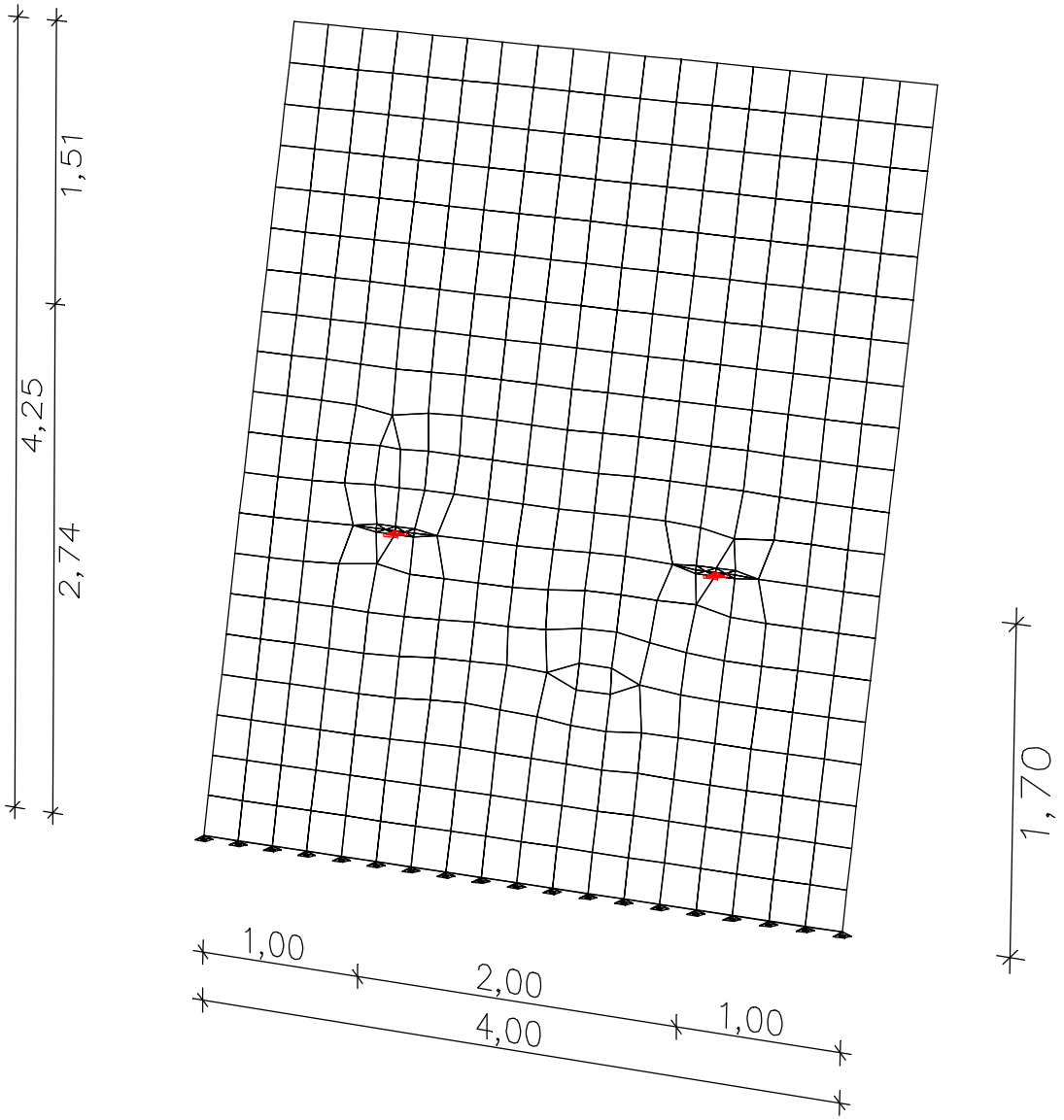
5.1.5 Element 5

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAL\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025





Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 96
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 5.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Systemkenngrößen

421	Knoten		
401	Elemente	0	Stabelemente
21	Festhaltungen	0	Plattenelemente
0	Koppelungen	0	Scheibenelemente
2	Materialkennwerte	401	Schalenelemente
2	Querschnittswerte	0	Seilelemente
3	Lastfälle	0	Volumenelemente
0	LF-Kombinationen	0	Federelemente
0	Spannstränge		

Berechnungsort der Flächenelemente: Knoten
2 Ergebnisorte in den Stäben

Gedrehte Koordinatensysteme
350 Elementsysteme
0 Schnittkraftsysteme
0 Bewehrungssysteme

Querschnittswerte

1	Fläche	Stützwand h=70			
		Elementdicke [m]	dz	= 0,7000	drillsteif
		Orthotropie dzy/dz		= 1	
		E-Modul Platte/Scheibe		= 1	
2	Fläche	Stützwand h=25			
		Elementdicke [m]	dz	= 0,2500	drillsteif
		Orthotropie dzy/dz		= 1	
		E-Modul Platte/Scheibe		= 1	

Materialkennwerte

	Nr.	Art	E-Modul [MN/m²]	G-Modul [MN/m²]	Quer-dehnz.	alpha.t [1/K]	gamma [kN/m³]
1	1	C30/37-EN-D	33000	13800	0,20	1,00e-05	25,000
2	2	C30/37-EN-D	33000	13800	0,20	1,00e-05	25,000

Übersicht der Lastfälle

LF.	Bezeichnung
1	Eigengewicht Wand
2	Erddruck
4	SLW60

Element 5.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Summe der aufgebrachten Lasten und Auflagerreaktionen

LF.	Bezeichnung	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
1	Eigengewicht Wand	-0,000	-0,000	233,141
	Auflagerreaktionen	-0,000	-0,000	233,141
2	Erddruck	-0,000	-143,596	-0,000
	Auflagerreaktionen	0,000	-143,596	-0,000
4	SLW60	-0,000	-139,143	0,000
	Auflagerreaktionen	0,000	-139,143	-0,000

Betonstahl für Flächenelemente

Nr.	Lage	Güte	d1x [m]	d2x [m]	asx [cm²/m]	d1y [m]	d2y [m]	asy [cm²/m]	as fix	Walz-art
1	1	500M	0,080		0,000	0,080		0,000		Warm
	2	500M		0,080	0,000		0,080	0,000		Warm
2	1	500M	0,080		0,000	0,080		0,000		Warm
	2	500M		0,080	0,000		0,080	0,000		Warm

as Grundbewehrung
d1 Abstand vom oberen Querschnittsrand
d2 Abstand vom unteren Querschnittsrand
Die positive z-Achse des Elementsystems zeigt zum unteren Querschnittsrand
Güte Güte bzw. Streckgrenze fyk des Betonstahls [MN/m²]

DIN EN 1992-1-1 Einwirkungen

Standard Bemessungsgruppe

G - Eigenlast

Gamma.sup / gamma.inf = 1,35 / 1

Lastfälle

1 Eigengewicht Wand

GE - Erddruck

Gamma.sup / gamma.inf = 1,35 / 1

Lastfälle

2 Erddruck

QN - Nutzlast, Verkehrslast

Gamma.sup / gamma.inf = 1,5 / 0

Element 5.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Kombinationsbeiwerte psi für: Hochbauten
Nutzlasten - Kategorie A: Wohngebäude
Psi.0 / Psi.1 / Psi.2 = 0,7 / 0,5 / 0,3

Lastfälle 1. Variante, inklusiv

4 SLW60

1. Ständige und vorübergehende Situation

Endzustand

G Eigenlast
GE Erddruck
QN Nutzlast, Verkehrslast

1. Seltene (charakteristische) Situation

Endzustand

G Eigenlast
GE Erddruck
QN Nutzlast, Verkehrslast

1. Quasi-ständige Situation

Endzustand

G Eigenlast
GE Erddruck
QN Nutzlast, Verkehrslast

Bemessungsvorgaben DIN EN 1992-1-1

Qu.	Expos. klasse	Vorspannung des Bauteils	Bewehrung M R B Q T S	Ermüdung B Q T P C V	Ri. br.	De- ko.	Spannung C B P
1	XC4	Nicht vorgesp.	x x x x . .	. . . . . .	x	.	. . .
2	XC4	Nicht vorgesp.	x x x x . .	. . . . . .	x	.	. . .

(M) Mindestbewehrung zur Sicherstellung der Robustheit.
(R) Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite.
(B) Längsbewehrung aus Bemessung sowie im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(Q) (Mindest-)Querkraftbewehrung aus Tragfähigkeit und Ermüdung.
(T) Torsionsbewehrung im Tragfähigkeits- und Ermüdungsnachweis.
(S) Nachweis der Schubfuge.
(P) Spannstahl im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(C) Betondruckspannungen, Beton im Ermüdungsnachweis unter Längsdruck.
(V) Beton im Ermüdungsnachweis unter Querkraftbeanspruchung.

Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH Element 5.fem

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Vorgaben für den Nachweis der Längs- und Schubbewehrung

M,N Bemessungsmodus für Biegung und Längskraft:
(ST) Standard, (SY) Symmetrisch, (DG) Druckglied.
(*) Bem. ohne Berücksichtigung vorgegebener Bewehrungsverhältnisse.
fyk Stahlgüte der Bügel.
Theta Neigung der Betondruckstreben. Der eingegebene Wert für cot Theta wird programmseitig auf den Wertebereich nach Gl. (NA.6.7a) begrenzt.
Pl. Balken werden wie Platten bemessen.
Asl Vorh. Biegezugbewehrung nach Bild 6.3, autom. Erhöhung bis Maximum.
rhow Faktor für Mindestbewehrungsgrad rho.w,min nach Gl. (9.5a/bDE).
as Faktor für Biegebewehrung von Platten in Querrichtung nach 9.3.1.1(2).
x,y Getrennter Querkraftnachweis für die Bewehrungsrichtungen x und y.
cvl Verlegemaß der Längsbewehrung zur Begrenzung des Hebelarms z.
Red. Reduktionsfaktor der Vorspannung zur Bestimmung der Zugzone für die Verteilung der Robustheitsbewehrung bei Flächenelementen.

Qu.	Beton	Roh-dichte [kg/m³]	Bem. M,N	fyk [MPa]	cot Theta	Bem. wie Pl.	Asl [cm²] Bild 6.3 vorh.	Asl [cm²] Bild 6.3 max	Faktor rhow	Faktor as	x,y Rtg	cvl [mm]	Red. Vor-spg.
1	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.
2	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.

Schubquerschnitte

bw.nom Rechnerische Querschnittsbreite bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
h.nom Rechnerische Querschnittshöhe bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
kb, kd Faktor zur Berechnung des inneren Hebelarms z aus der Nutzbreite bn bzw. der Nutzhöhe d.
z1, z2 Höhe und Breite des Kernquerschnitts für Torsion.
tef Wanddicke des Torsionskastens.
K. Kastenquerschnitt; Ermittlung der Tragfähigkeit nach Gl. (6.29).

Qu.	Breite [m] bw	bw.nom	Nutzbreite bn [m]	kb	Höhe [m] h	h.nom	Nutzhöhe d [m]	kd	Torsionsquerschn. [m] z1	z2	tef	K.
1	1,000	.	.	.	0,700	.	0,620	0,90	.	.	.	.
2	1,000	.	.	.	0,250	.	0,170	0,90	.	.	.	.

Element 5.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Vorgaben für den Nachweis der Rissbreiten

```
ds       Größter vorhandener Stabdurchmesser der Betonstahlbewehrung [mm].
max.s    Größter vorhandener Stababstand der Betonstahlbewehrung [mm].
sr,max   Oberer Grenzwert für den maximalen Rissabstand nach Gl. (7.11) [mm].
Xi1      Verbundbeiwert für Spannstahl bei Stabquerschnitten.
k        Beiwert zur Berücksichtigung nichtlinear verteilter Zugspannungen.
kt       Beiwert für die Dauer der Lasteinwirkung bei Berechnung der Rissbreite.
Fakt.    Abminderungsfaktor für fctm nach Kap. 7.3.2 (As) bzw. 7.3.4 (wk).
Komb.    Kombination für Nachweis der Mindestbewehrung (As) und Rissbreite (wk):
         CK, HK, QK = Charakteristische, häufige, quasi-ständige Kombination,
         ZZ, BO, BU = Zentrischer Zug, Biegezug oben, Biegezug unten,
         KL = Einwirkungskombination gemäß Expositionsklasse.
Methode  Nachweismethode für Mindestbewehrung (kc) und Rissbreite (wk):
kc       Berechnung des Beiwerts kc für Stege/Gurte nach Gl. (7.2/7.3).
         auto = Gl. (7.2) für rechteckige, Gl. (7.3) für sonstige Querschnitte.
wk       Berech. = Direkte Berechnung der Rissbreite nach Kap. 7.3.4,
         Stabab. = Begrenzung der Stababstände nach Tab. 7.3N,
         Ber.(M) = Direkte Berechnung für mittlere Stahldehnung innerh. Ac,eff,
         Abs.(M) = Begr. der Stababstände für mittl. Stahldehnung innerh. Ac,eff.
RI       Ringförmige Bestimmung von Ac,eff gemäß Wiese et al., Beton- und
         Stahlbetonbau 2004, Heft 4, S. 253 ff.
DB       Bestimmung von As,min nach Gl. (NA.7.5.1) für dickere Bauteile.
```

Qu.	wmax [mm]	ds	max s	sr max	Beiwerte Xi1	k	kt	Fakt.fctm As	wk	Komb. As	wk	Methode kc	wk	RI	DB
1	0,30	20	.	.	.	1,00	0,4	1,00	1,00	KL	QK	auto	Berech.	.	.
2	0,30	10	.	.	.	1,00	0,4	1,00	1,00	KL	KL	auto	Berech.	.	.

Bemessungsvorgaben DIN EN 1992-2

Qu.	Expos. klasse	Vorspannung des Bauteils	Bewehrung M	R	B	Q	T	S	Ermüdung B	Q	T	P	C	V	Ri. br.	De- ko.	Spannung C	H	B	P
1	XC4	Nicht vorgesp.	x	.	x	x	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	XC4	Nicht vorgesp.	x	.	x	x	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

```
(M) Mindestbewehrung zur Sicherstellung der Robustheit.
(R) Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite.
(B) Längsbewehrung aus Bemessung sowie im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(Q) (Mindest-)Querkraftbewehrung aus Tragfähigkeit und Ermüdung.
(T) Torsionsbewehrung im Tragfähigkeits- und Ermüdungsnachweis.
(S) Nachweis der Schubfuge.
(P) Spannstahl im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(C) Betondruckspannungen, Beton im Ermüdungsnachweis unter Längsdruck.
(V) Beton im Ermüdungsnachweis unter Querkraftbeanspruchung.
(H) Schiefe Hauptzugspannungen.
```


Element 5.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Vorgaben für den Nachweis der Längs- und Schubbewehrung

M,N Bemessungsmodus für Biegung und Längskraft:
(ST) Standard, (SY) Symmetrisch, (DG) Druckglied.
(*) Bem. ohne Berücksichtigung vorgegebener Bewehrungsverhältnisse.
fyk Stahlgüte der Bügel.
Theta Neigung der Betondruckstreben. Der eingegebene Wert für cot Theta wird programmseitig auf den Wertebereich nach Gl. (6.107aDE) begrenzt.
Pl. Balken werden wie Platten bemessen.
Asl Vorh. Biegezugbewehrung nach Bild 6.3, autom. Erhöhung bis Maximum.
rhow Faktor für Mindestbewehrungsgrad rho.w,min nach Gl. (9.5a/bDE).
as Faktor für Biegebewehrung von Platten in Querrichtung nach 9.3.1.1(2).
x,y Getrennter Querkraftnachweis für die Bewehrungsrichtungen x und y.
cvl Verlegemaß der Längsbewehrung zur Begrenzung des Hebelarms z.
Red. Reduktionsfaktor der Vorspannung zur Bestimmung der Zugzone für die Verteilung der Robustheitsbewehrung bei Flächenelementen.

Qu.	Beton	Roh-dichte [kg/m³]	Bem. M,N	fyk [MPa]	cot Theta	Bem. wie Pl.	Asl [cm²] Bild 6.3 vorh.	Asl [cm²] Bild 6.3 max	Faktor rhow	Faktor as	x,y Rtg	cvl [mm]	Red. Vor-spg.
1	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.
2	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.

Schubquerschnitte

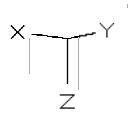
bw.nom Rechnerische Querschnittsbreite bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
h.nom Rechnerische Querschnittshöhe bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
kb, kd Faktor zur Berechnung des inneren Hebelarms z aus der Nutzbreite bn bzw. der Nutzhöhe d.
z1, z2 Höhe und Breite des Kernquerschnitts für Torsion.
tef Wanddicke des Torsionskastens.
K. Kastenquerschnitt; Ermittlung der Tragfähigkeit nach Gl. (6.29).

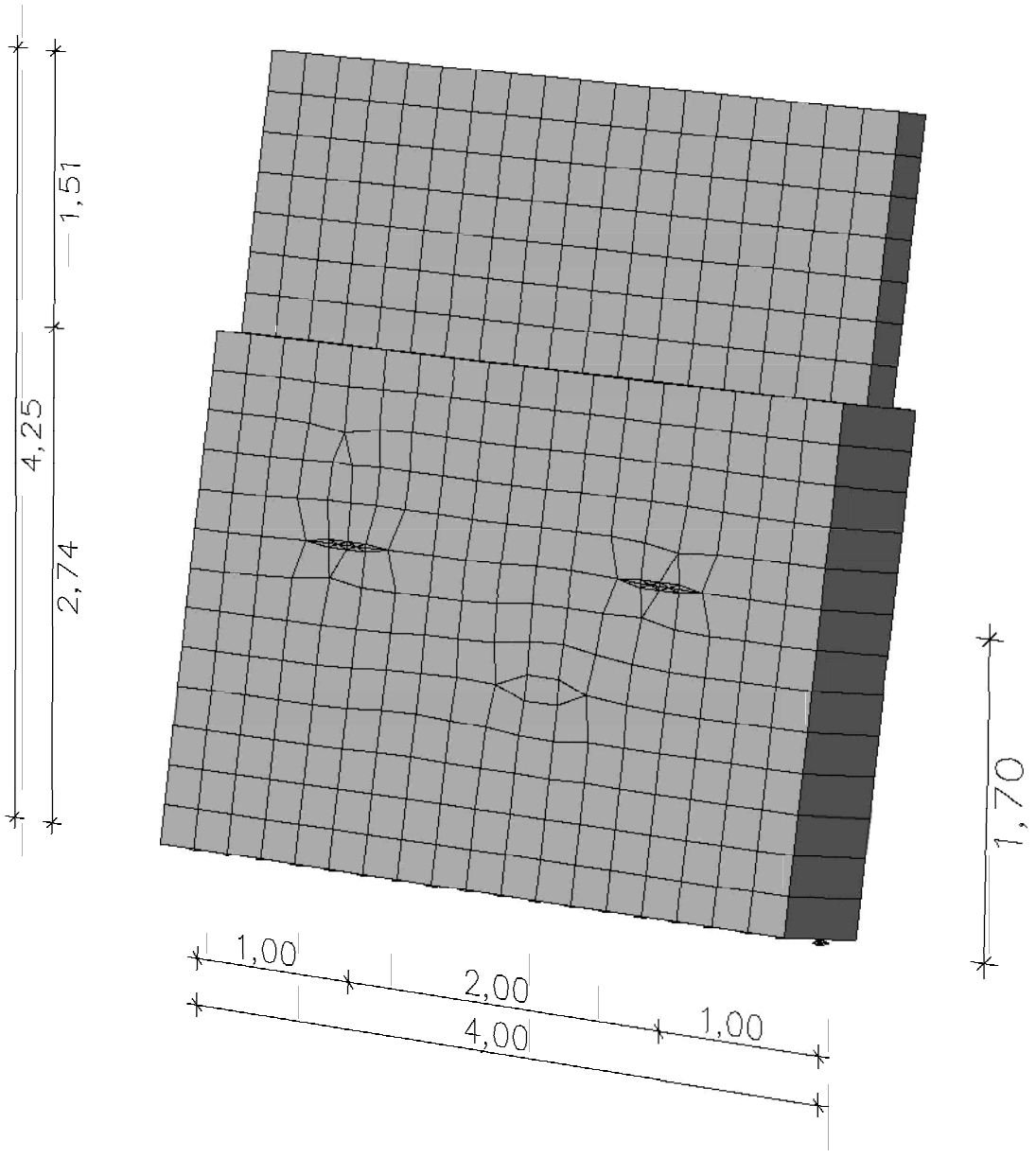
Qu.	Breite [m] bw	bw.nom	Nutzbreite bn [m]	kb	Höhe [m] h	h.nom	Nutzhöhe d [m]	kd	Torsionsquerschn. [m] z1	z2	tef	K.
1	1,000	.	.	.	0,700	.	0,620	0,90	.	.	.	.
2	1,000	.	.	.	0,250	.	0,170	0,90	.	.	.	.

Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH Element 5.fem

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025

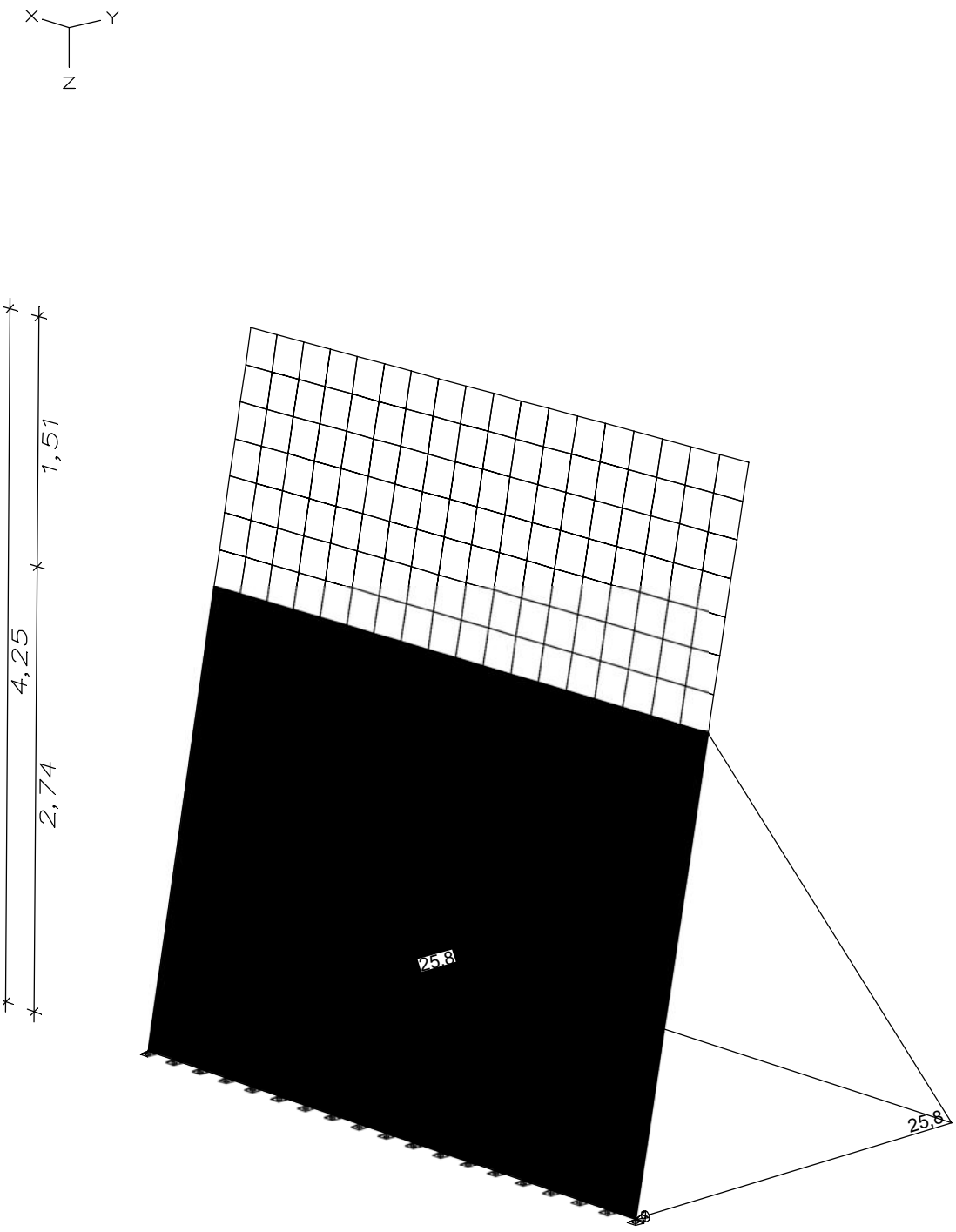




Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	103
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 5.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025

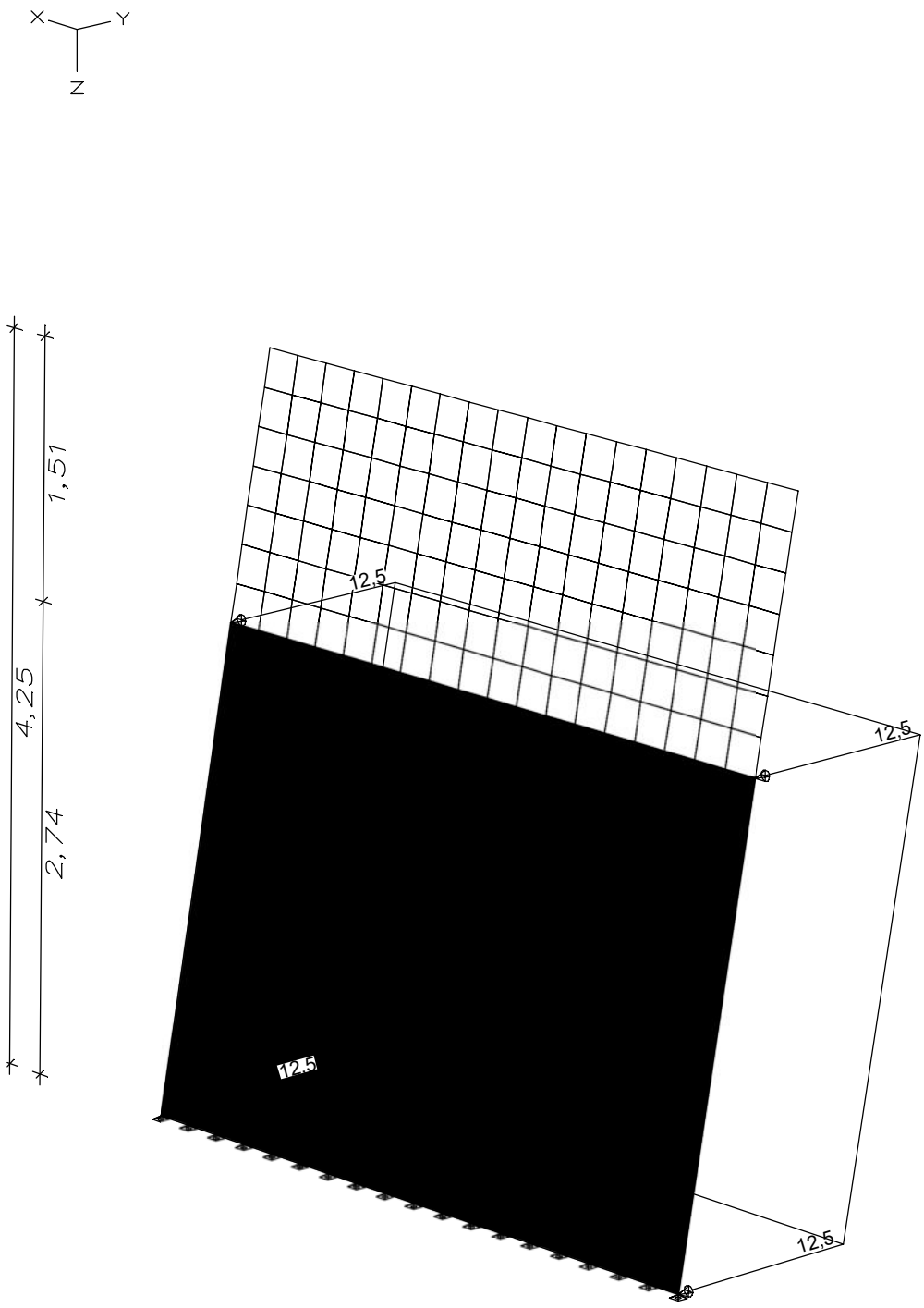


LF 2: Belastung, Erddruck

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 104
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 5.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

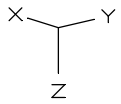
Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025



LF 4: Belastung, SLW60

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	105
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

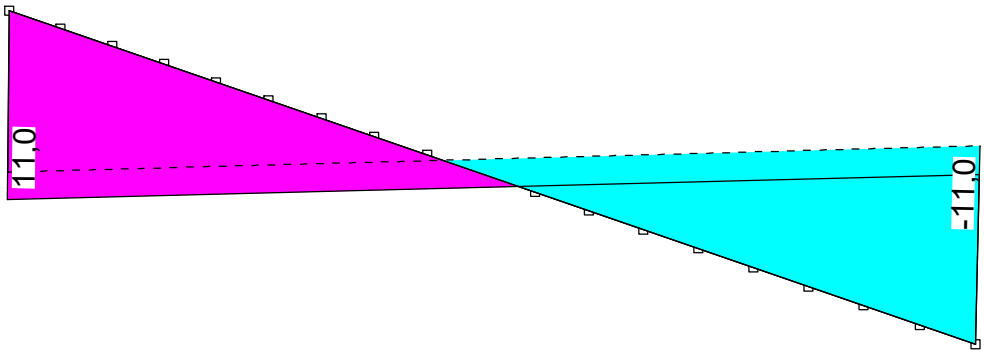
Element 5.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held



2 / 4

0 kN
0 kN

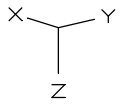
0 kN
0 kN



LFK DIN1992.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1
Auflagerreaktionen (Mittel im Lagerliniensystem) min,max Rx(l) [kN/m]
Die Summe der Lagerkräfte ist aufgrund der Mittelung u.U. unrealistisch.

Element 5.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

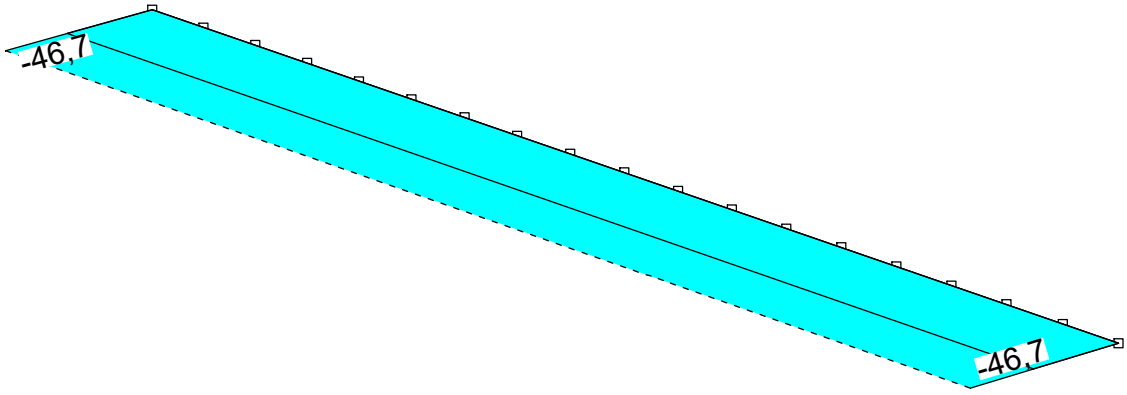
Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.							Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1	6	3	0	9	-	C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH							Datum:	05/2025



2 / 4

-115,2 kN
-10,3 kN

-115,2 kN
-10,3 kN

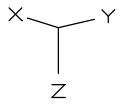


LFK DIN1992.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1
Auflagerreaktionen (Mittel im Lagerliniensystem) min,max Ry(l) [kN/m]
Die Summe der Lagerkräfte ist aufgrund der Mittelung u.U. unrealistisch.

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	107
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 5.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

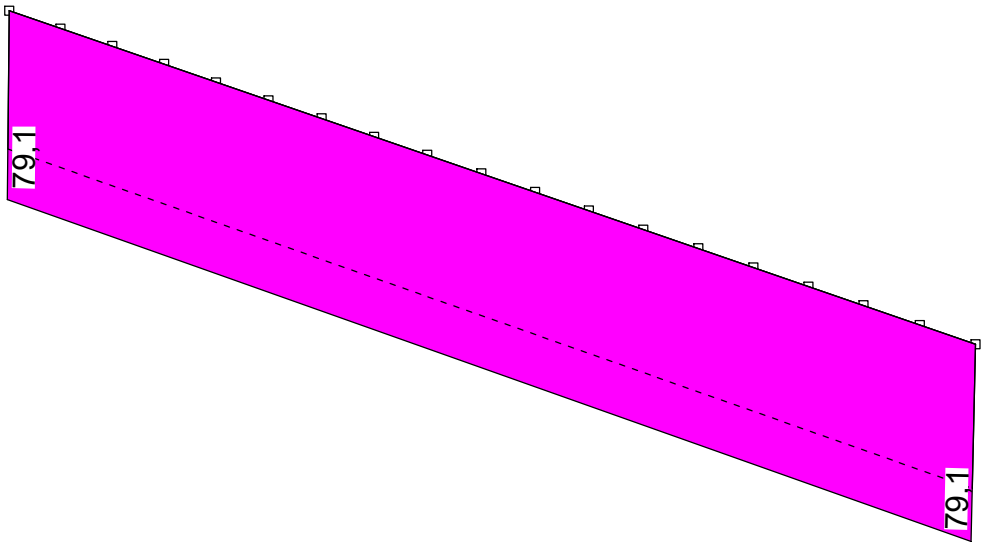
Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025



2 / 4

0 kN
0 kN

0 kN
0 kN

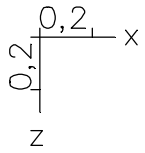


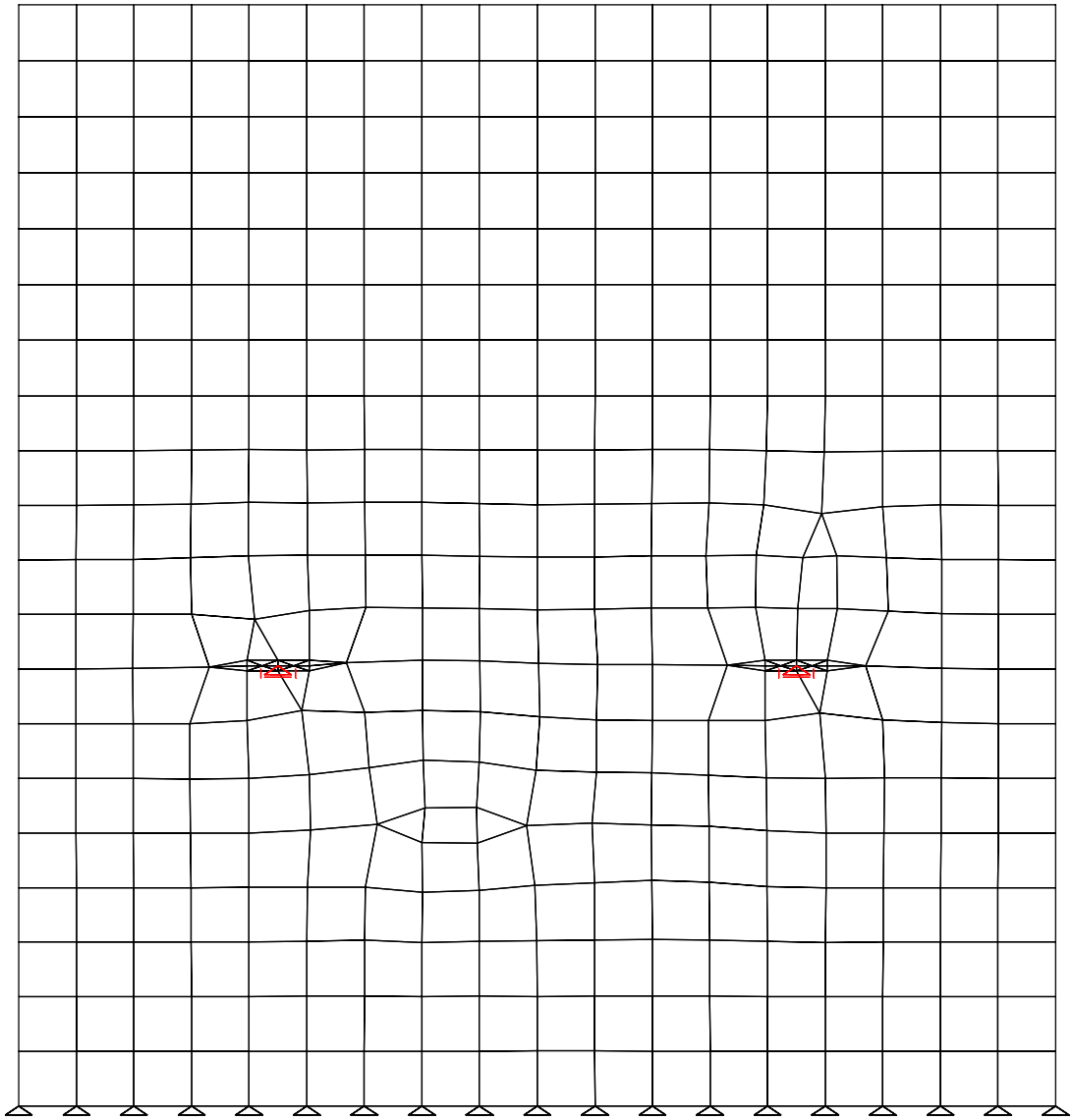
LFK DIN1992.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1
Auflagerreaktionen (Mittel im Lagerliniensystem) min,max Rz(l) [kN/m]
Die Summe der Lagerkräfte ist aufgrund der Mittelung u.U. unrealistisch.

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	108
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 5.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025



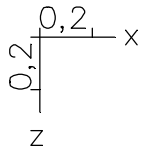


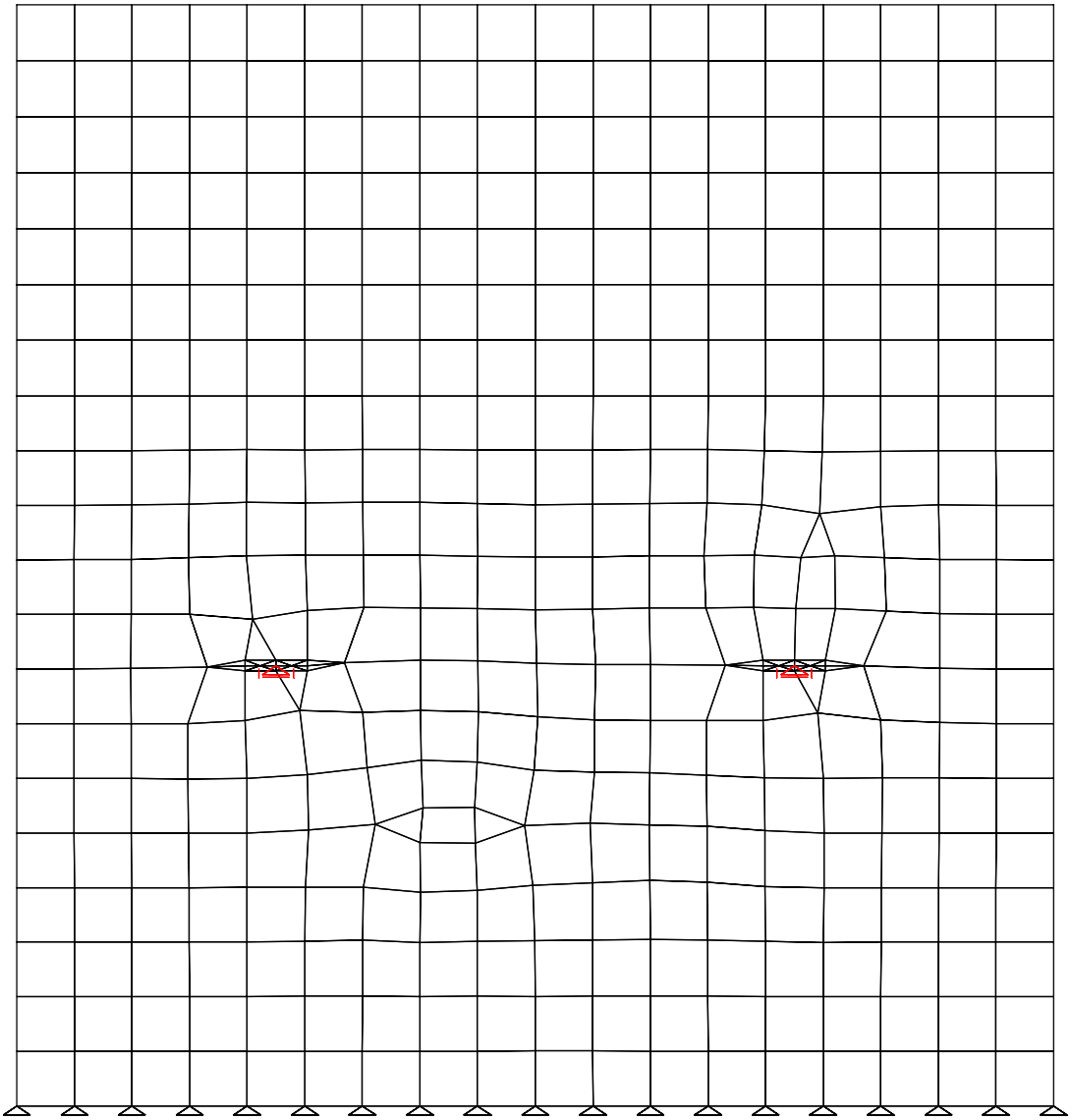
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Biegebewehrung 1. Lage x/y in cm²/m, Gesamtgew. aus Bemessung: 0,4 t
Ergebnisse nach Abzug von asx/asy = 25,10/25,10 cm²/m
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	109
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 5.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025



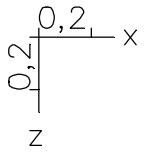


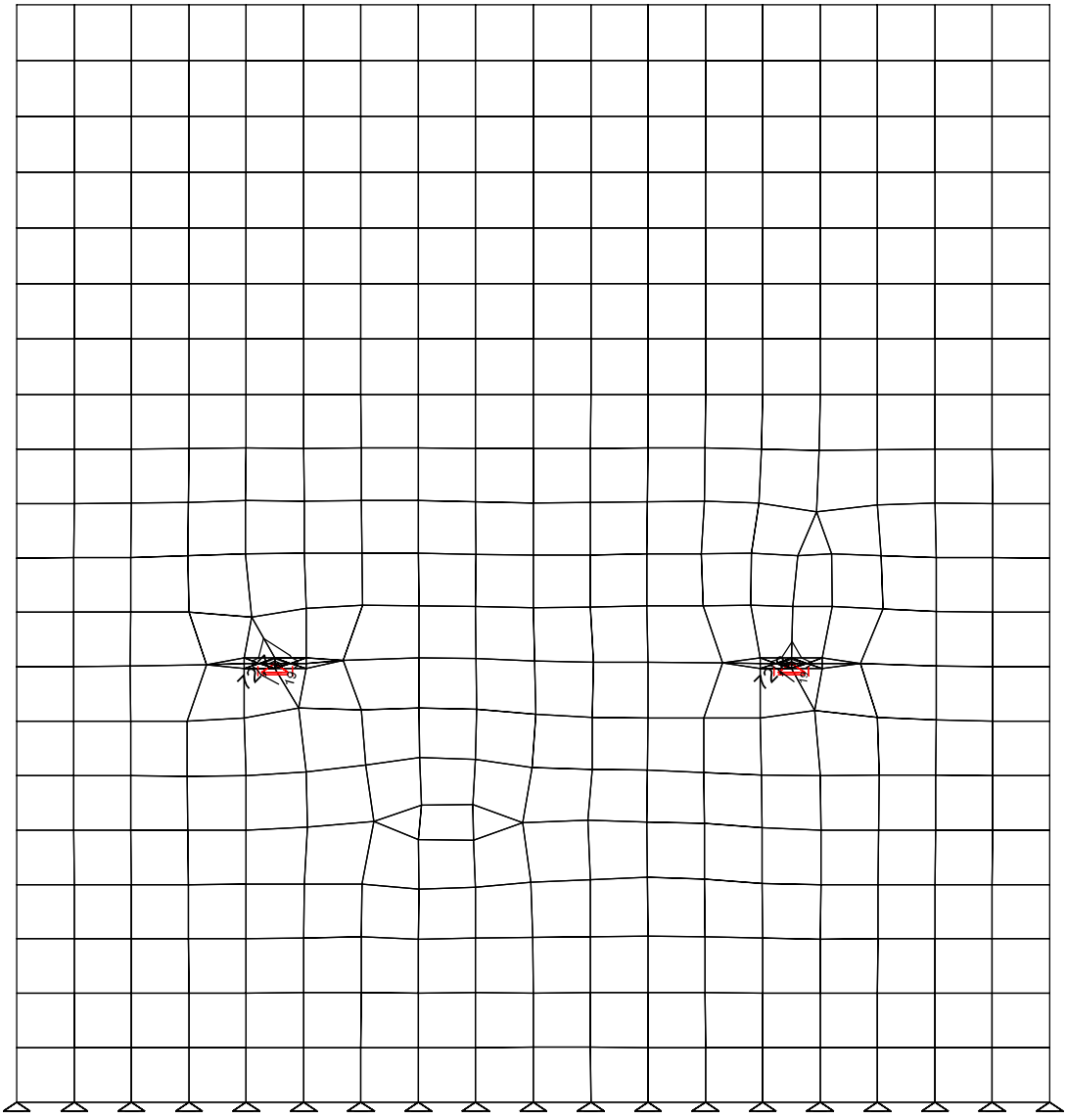
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Biegebewehrung 2. Lage x/y in cm²/m, Gesamtgew. aus Bemessung: 0,4 t
Ergebnisse nach Abzug von asx/asy = 25,10/25,10 cm²/m
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	110
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 5.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.							Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1	6	3	0	9	-	C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH							Datum:	05/2025



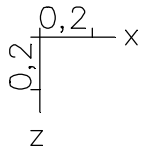


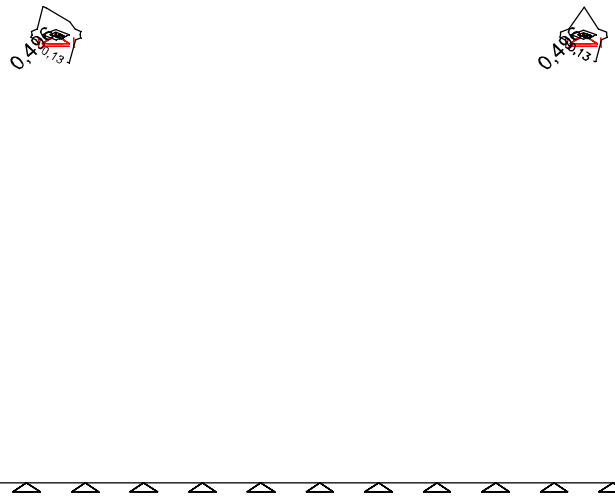
LFK DIN1992.BRUCH: Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1
Bügelbewehrung aus Querkraft [cm²/m²]
Wertebereich nach Mittelung (Gesamtsystem, min/max): 0,00/72,79 [cm²/m²]
Berechnung in den Elementknoten

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	111
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 5.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:							
Bauherr:	Stadt Bochum	1	6	3	0	9	-	C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025							



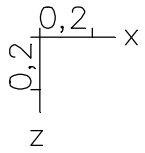


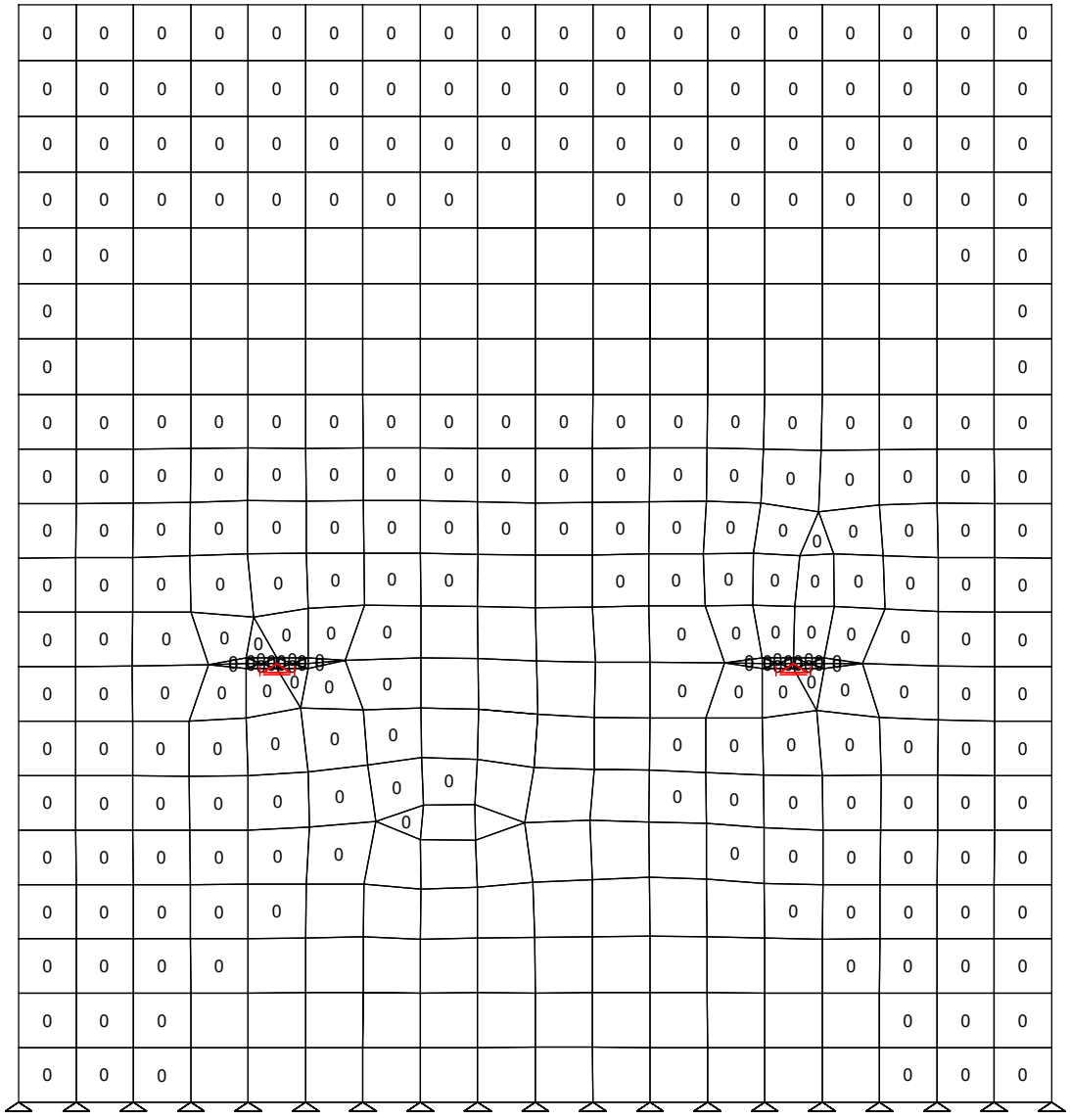
LFK DIN1992.BRUCH: Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1
qr/vRd,max [-]
Wertebereich nach Mittelung (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,50 [-]
Berechnung in den Elementknoten

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	112
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 5.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



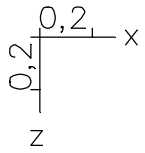


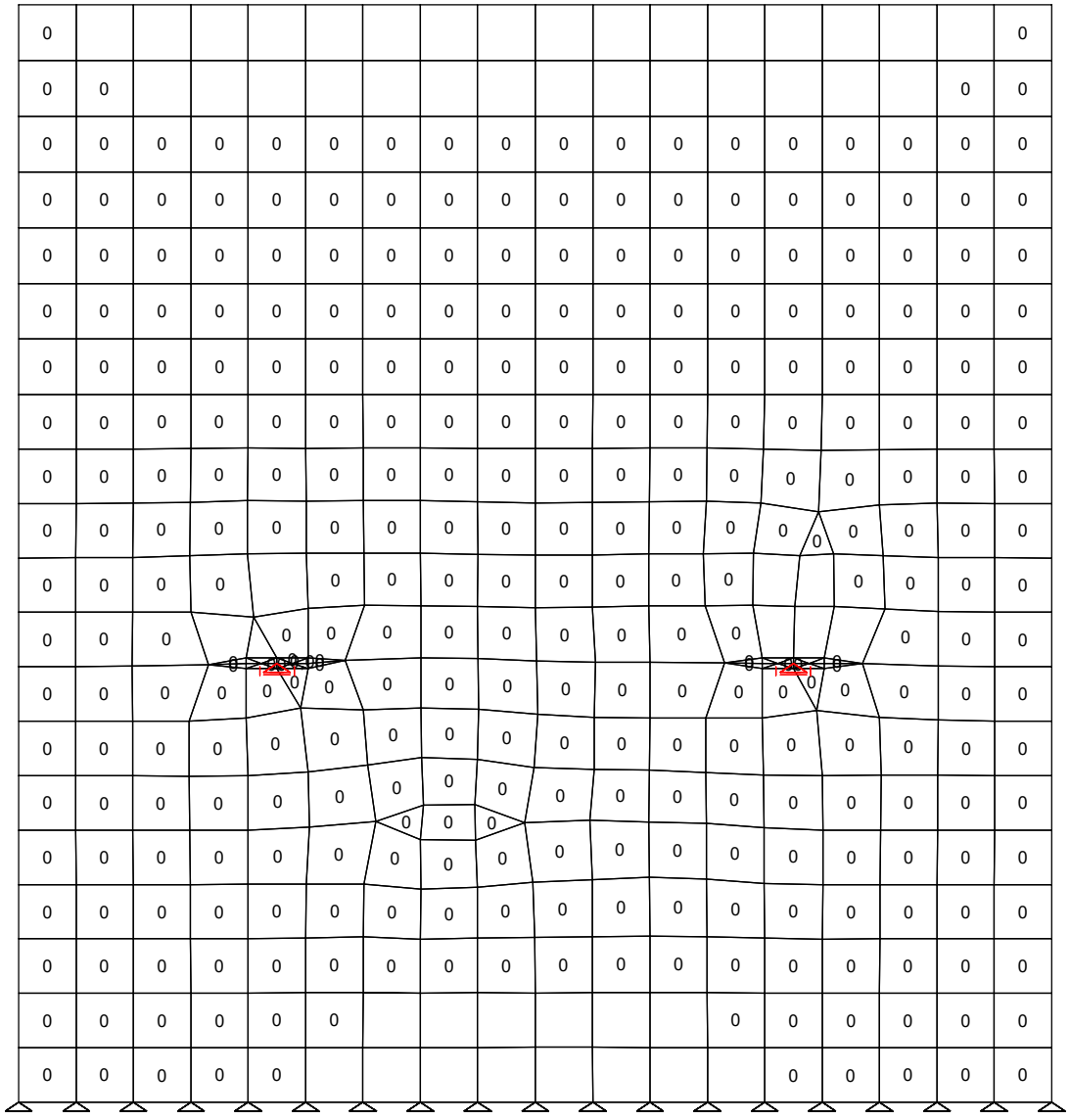
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Rissbreite wk.unten [mm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,00 [mm]
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 113
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 5.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025





LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Rissbreite wk.oben [mm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,14 [mm]
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 114
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

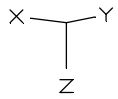
Element 5.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

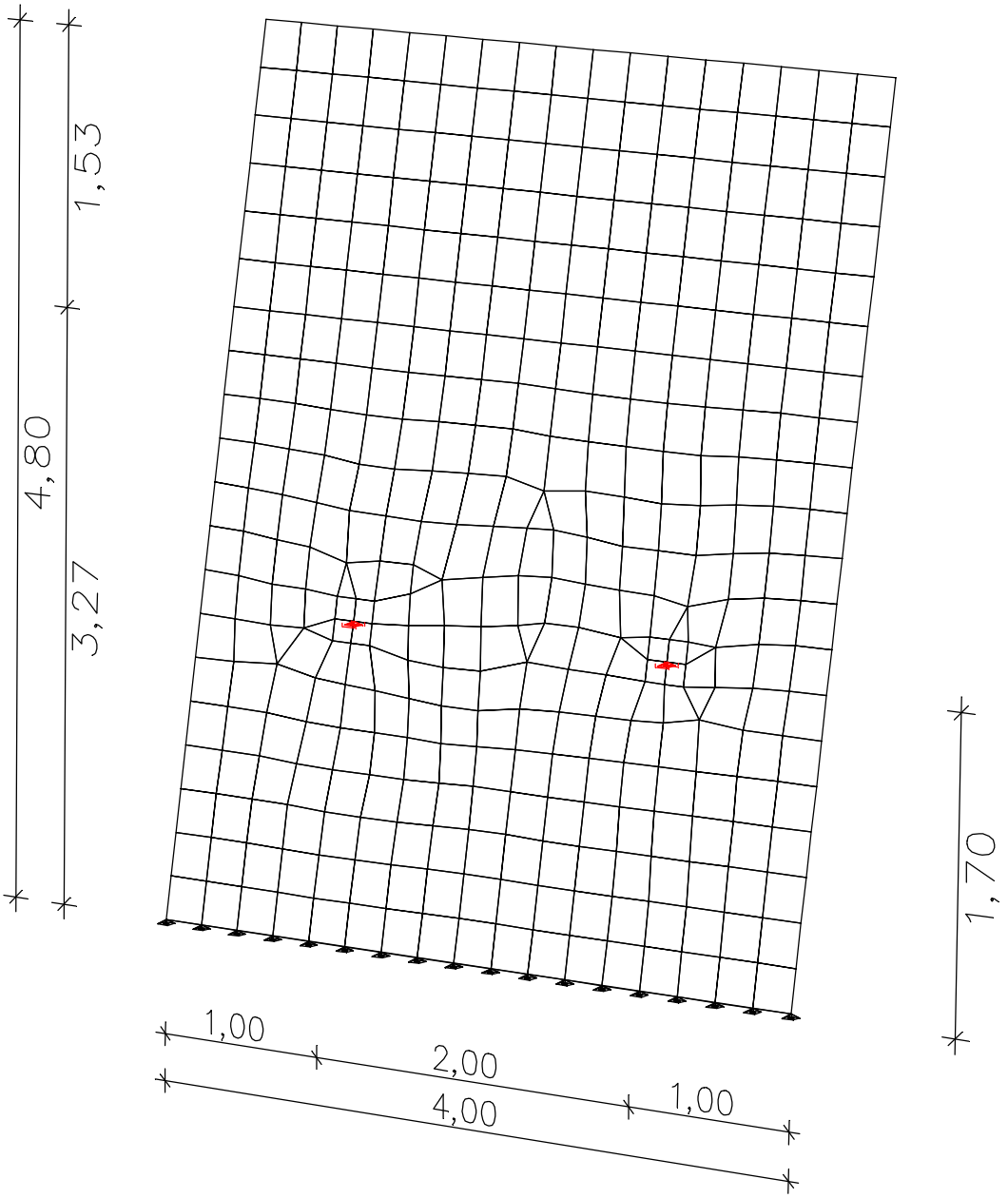
5.1.6 Element 6

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAL\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025





Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	116
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 6.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Systemkenngrößen

392	Knoten		
359	Elemente	0	Stabelemente
20	Festhaltungen	0	Plattenelemente
0	Koppelungen	0	Scheibenelemente
2	Materialkennwerte	359	Schalenelemente
2	Querschnittswerte	0	Seilelemente
3	Lastfälle	0	Volumenelemente
0	LF-Kombinationen	0	Federelemente
0	Spannstränge		

Berechnungsort der Flächenelemente: Knoten
2 Ergebnisorte in den Stäben

Gedrehte Koordinatensysteme
321 Elementsysteme
0 Schnittkraftsysteme
0 Bewehrungssysteme

Querschnittswerte

1	Fläche	Stützwand h=70			
		Elementdicke [m]	dz	= 0,7000	drillsteif
		Orthotropie dzy/dz		= 1	
		E-Modul Platte/Scheibe		= 1	
2	Fläche	Stützwand h=25			
		Elementdicke [m]	dz	= 0,2500	drillsteif
		Orthotropie dzy/dz		= 1	
		E-Modul Platte/Scheibe		= 1	

Materialkennwerte

	Nr.	Art	E-Modul [MN/m²]	G-Modul [MN/m²]	Quer-dehnz.	alpha.t [1/K]	gamma [kN/m³]
1	1	C30/37-EN-D	33000	13800	0,20	1,00e-05	25,000
2	2	C30/37-EN-D	33000	13800	0,20	1,00e-05	25,000

Übersicht der Lastfälle

LF.	Bezeichnung
1	Eigengewicht Wand
2	Erddruck
4	SLW60

Element 6.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Summe der aufgebrachten Lasten und Auflagerreaktionen

LF.	Bezeichnung	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
1	Eigengewicht Wand	-0,000	-0,000	271,329
	Auflagerreaktionen	-0,000	-0,000	271,329
2	Erddruck	-0,000	-204,583	-0,000
	Auflagerreaktionen	0,000	-204,583	-0,000
4	SLW60	-0,000	-166,058	0,000
	Auflagerreaktionen	0,000	-166,058	0,000

Betonstahl für Flächenelemente

Nr.	Lage	Güte	d1x [m]	d2x [m]	asx [cm²/m]	d1y [m]	d2y [m]	asy [cm²/m]	as fix	Walz-art
1	1	500M	0,080		0,000	0,080		0,000		Warm
	2	500M		0,080	0,000		0,080	0,000		Warm
2	1	500M	0,080		0,000	0,080		0,000		Warm
	2	500M		0,080	0,000		0,080	0,000		Warm

as Grundbewehrung
d1 Abstand vom oberen Querschnittsrand
d2 Abstand vom unteren Querschnittsrand
Die positive z-Achse des Elementsystems zeigt zum unteren Querschnittsrand
Güte Güte bzw. Streckgrenze fyk des Betonstahls [MN/m²]

DIN EN 1992-1-1 Einwirkungen

Standard Bemessungsgruppe

G - Eigenlast

Gamma.sup / gamma.inf = 1,35 / 1

Lastfälle

1 Eigengewicht Wand

GE - Erddruck

Gamma.sup / gamma.inf = 1,35 / 1

Lastfälle

2 Erddruck

QN - Nutzlast, Verkehrslast

Gamma.sup / gamma.inf = 1,5 / 0

Element 6.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Kombinationsbeiwerte psi für: Hochbauten
Nutzlasten - Kategorie A: Wohngebäude
Psi.0 / Psi.1 / Psi.2 = 0,7 / 0,5 / 0,3

Lastfälle 1. Variante, inklusiv

4 SLW60

1. Ständige und vorübergehende Situation

Endzustand

G Eigenlast
GE Erddruck
QN Nutzlast, Verkehrslast

1. Seltene (charakteristische) Situation

Endzustand

G Eigenlast
GE Erddruck
QN Nutzlast, Verkehrslast

1. Quasi-ständige Situation

Endzustand

G Eigenlast
GE Erddruck
QN Nutzlast, Verkehrslast

Bemessungsvorgaben DIN EN 1992-1-1

Qu.	Expos. klasse	Vorspannung des Bauteils	Bewehrung M R B Q T S	Ermüdung B Q T P C V	Ri. br.	De- ko.	Spannung C B P
1	XC4	Nicht vorgesp.	x x x x . .	. . . . . .	x	.	. . .
2	XC4	Nicht vorgesp.	x x x x . .	. . . . . .	x	.	. . .

(M) Mindestbewehrung zur Sicherstellung der Robustheit.
(R) Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite.
(B) Längsbewehrung aus Bemessung sowie im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(Q) (Mindest-)Querkraftbewehrung aus Tragfähigkeit und Ermüdung.
(T) Torsionsbewehrung im Tragfähigkeits- und Ermüdungsnachweis.
(S) Nachweis der Schubfuge.
(P) Spannstahl im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(C) Betondruckspannungen, Beton im Ermüdungsnachweis unter Längsdruck.
(V) Beton im Ermüdungsnachweis unter Querkraftbeanspruchung.

Element 6.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Vorgaben für den Nachweis der Längs- und Schubbewehrung

M,N Bemessungsmodus für Biegung und Längskraft:
(ST) Standard, (SY) Symmetrisch, (DG) Druckglied.
(*) Bem. ohne Berücksichtigung vorgegebener Bewehrungsverhältnisse.
fyk Stahlgüte der Bügel.
Theta Neigung der Betondruckstreben. Der eingegebene Wert für cot Theta wird programmseitig auf den Wertebereich nach Gl. (NA.6.7a) begrenzt.
Pl. Balken werden wie Platten bemessen.
Asl Vorh. Biegezugbewehrung nach Bild 6.3, autom. Erhöhung bis Maximum.
rhow Faktor für Mindestbewehrungsgrad rho.w,min nach Gl. (9.5a/bDE).
as Faktor für Biegebewehrung von Platten in Querrichtung nach 9.3.1.1(2).
x,y Getrennter Querkraftnachweis für die Bewehrungsrichtungen x und y.
cvl Verlegemaß der Längsbewehrung zur Begrenzung des Hebelarms z.
Red. Reduktionsfaktor der Vorspannung zur Bestimmung der Zugzone für die Verteilung der Robustheitsbewehrung bei Flächenelementen.

Qu.	Beton	Roh-dichte [kg/m³]	Bem. M,N	fyk [MPa]	cot Theta	Bem. wie Pl.	Asl [cm²] Bild 6.3 vorh.	Asl [cm²] Bild 6.3 max	Faktor rhow	Faktor as	x,y Rtg	cvl [mm]	Red. Vor-spg.
1	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.
2	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.

Schubquerschnitte

bw.nom Rechnerische Querschnittsbreite bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
h.nom Rechnerische Querschnittshöhe bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
kb, kd Faktor zur Berechnung des inneren Hebelarms z aus der Nutzbreite bn bzw. der Nutzhöhe d.
z1, z2 Höhe und Breite des Kernquerschnitts für Torsion.
tef Wanddicke des Torsionskastens.
K. Kastenquerschnitt; Ermittlung der Tragfähigkeit nach Gl. (6.29).

Qu.	Breite [m] bw	bw.nom	Nutzbreite bn [m]	kb	Höhe [m] h	h.nom	Nutzhöhe d [m]	kd	Torsionsquerschn. [m] z1	z2	tef	K.
1	1,000	.	.	.	0,700	.	0,620	0,90	.	.	.	.
2	1,000	.	.	.	0,250	.	0,170	0,90	.	.	.	.

Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH Element 6.fem

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Vorgaben für den Nachweis der Rissbreiten

```
ds       Größter vorhandener Stabdurchmesser der Betonstahlbewehrung [mm].
max.s    Größter vorhandener Stababstand der Betonstahlbewehrung [mm].
sr,max   Oberer Grenzwert für den maximalen Rissabstand nach Gl. (7.11) [mm].
Xi1      Verbundbeiwert für Spannstahl bei Stabquerschnitten.
k        Beiwert zur Berücksichtigung nichtlinear verteilter Zugspannungen.
kt       Beiwert für die Dauer der Lasteinwirkung bei Berechnung der Rissbreite.
Fakt.    Abminderungsfaktor für fctm nach Kap. 7.3.2 (As) bzw. 7.3.4 (wk).
Komb.    Kombination für Nachweis der Mindestbewehrung (As) und Rissbreite (wk):
         CK, HK, QK = Charakteristische, häufige, quasi-ständige Kombination,
         ZZ, BO, BU = Zentrischer Zug, Biegezug oben, Biegezug unten,
         KL = Einwirkungskombination gemäß Expositionsklasse.
Methode  Nachweismethode für Mindestbewehrung (kc) und Rissbreite (wk):
kc       Berechnung des Beiwerts kc für Stege/Gurte nach Gl. (7.2/7.3).
         auto = Gl. (7.2) für rechteckige, Gl. (7.3) für sonstige Querschnitte.
wk       Berech. = Direkte Berechnung der Rissbreite nach Kap. 7.3.4,
         Stabab. = Begrenzung der Stababstände nach Tab. 7.3N,
         Ber.(M) = Direkte Berechnung für mittlere Stahldehnung innerh. Ac,eff,
         Abs.(M) = Begr. der Stababstände für mittl. Stahldehnung innerh. Ac,eff.
RI       Ringförmige Bestimmung von Ac,eff gemäß Wiese et al., Beton- und
         Stahlbetonbau 2004, Heft 4, S. 253 ff.
DB       Bestimmung von As,min nach Gl. (NA.7.5.1) für dickere Bauteile.
```

Qu.	wmax [mm]	ds	max s	sr max	Beiwerte Xi1	k	kt	Fakt.fctm As	wk	Komb. As	wk	Methode kc	wk	RI	DB
1	0,30	20	.	.	.	1,00	0,4	1,00	1,00	KL	QK	auto	Berech.	.	.
2	0,30	10	.	.	.	1,00	0,4	1,00	1,00	KL	KL	auto	Berech.	.	.

Bemessungsvorgaben DIN EN 1992-2

Qu.	Expos. klasse	Vorspannung des Bauteils	Bewehrung M	R	B	Q	T	S	Ermüdung B	Q	T	P	C	V	Ri. br.	De- ko.	Spannung C	H	B	P
1	XC4	Nicht vorgesp.	x	.	x	x	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	XC4	Nicht vorgesp.	x	.	x	x	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

```
(M) Mindestbewehrung zur Sicherstellung der Robustheit.
(R) Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite.
(B) Längsbewehrung aus Bemessung sowie im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(Q) (Mindest-)Querkraftbewehrung aus Tragfähigkeit und Ermüdung.
(T) Torsionsbewehrung im Tragfähigkeits- und Ermüdungsnachweis.
(S) Nachweis der Schubfuge.
(P) Spannstahl im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(C) Betondruckspannungen, Beton im Ermüdungsnachweis unter Längsdruck.
(V) Beton im Ermüdungsnachweis unter Querkraftbeanspruchung.
(H) Schiefe Hauptzugspannungen.
```


Element 6.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Vorgaben für den Nachweis der Längs- und Schubbewehrung

M,N Bemessungsmodus für Biegung und Längskraft:
(ST) Standard, (SY) Symmetrisch, (DG) Druckglied.
(*) Bem. ohne Berücksichtigung vorgegebener Bewehrungsverhältnisse.
fyk Stahlgüte der Bügel.
Theta Neigung der Betondruckstreben. Der eingegebene Wert für cot Theta wird programmseitig auf den Wertebereich nach Gl. (6.107aDE) begrenzt.
Pl. Balken werden wie Platten bemessen.
Asl Vorh. Biegezugbewehrung nach Bild 6.3, autom. Erhöhung bis Maximum.
rhow Faktor für Mindestbewehrungsgrad rho.w,min nach Gl. (9.5a/bDE).
as Faktor für Biegebewehrung von Platten in Querrichtung nach 9.3.1.1(2).
x,y Getrennter Querkraftnachweis für die Bewehrungsrichtungen x und y.
cvl Verlegemaß der Längsbewehrung zur Begrenzung des Hebelarms z.
Red. Reduktionsfaktor der Vorspannung zur Bestimmung der Zugzone für die Verteilung der Robustheitsbewehrung bei Flächenelementen.

Qu.	Beton	Roh-dichte [kg/m³]	Bem. M,N	fyk [MPa]	cot Theta	Bem. wie Pl.	Asl [cm²] Bild 6.3 vorh.	Asl [cm²] Bild 6.3 max	Faktor rhow	Faktor as	x,y Rtg	cvl [mm]	Red. Vor-spg.
1	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.
2	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.

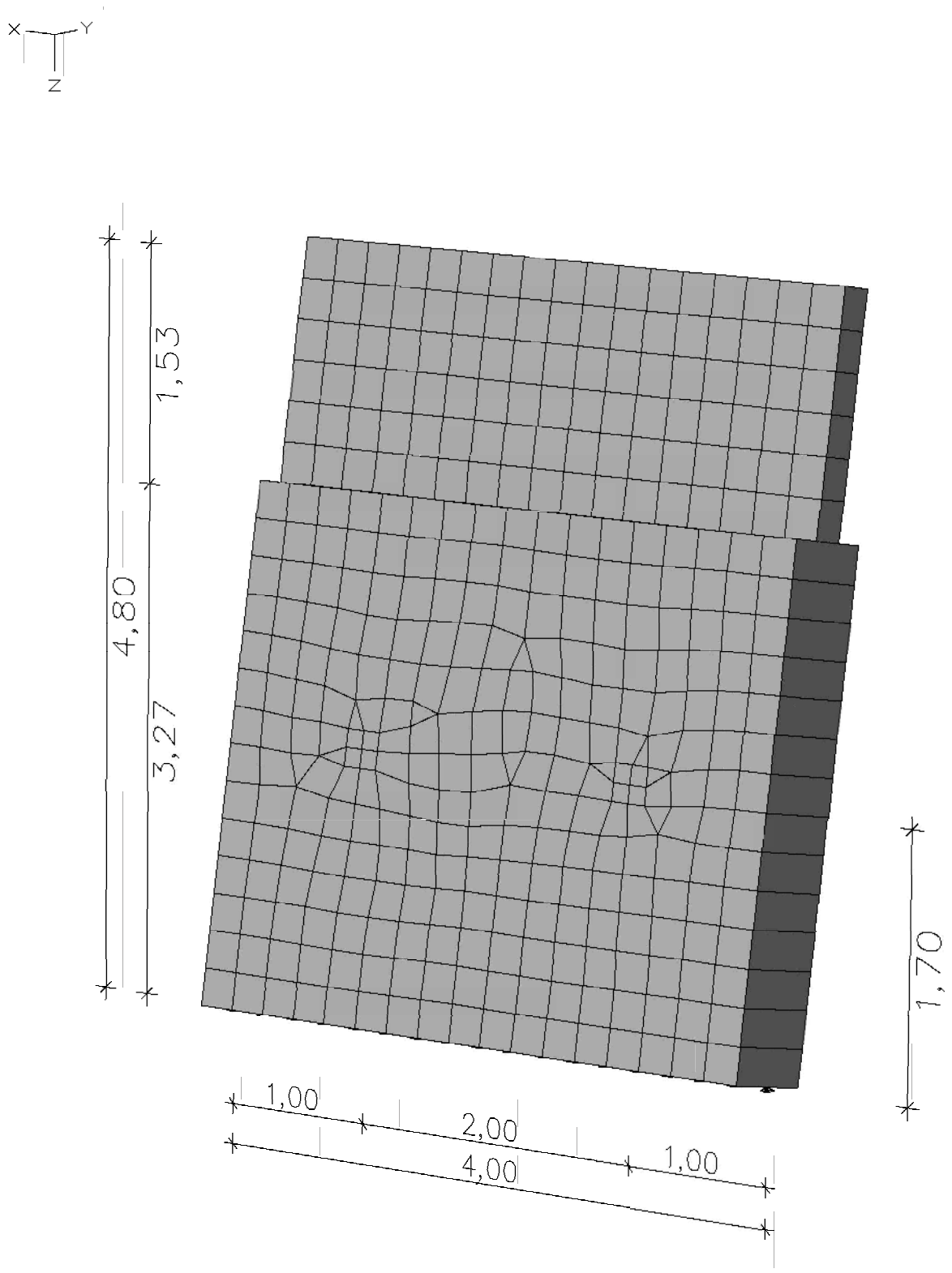
Schubquerschnitte

bw.nom Rechnerische Querschnittsbreite bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
h.nom Rechnerische Querschnittshöhe bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
kb, kd Faktor zur Berechnung des inneren Hebelarms z aus der Nutzbreite bn bzw. der Nutzhöhe d.
z1, z2 Höhe und Breite des Kernquerschnitts für Torsion.
tef Wanddicke des Torsionskastens.
K. Kastenquerschnitt; Ermittlung der Tragfähigkeit nach Gl. (6.29).

Qu.	Breite [m] bw	bw.nom	Nutzbreite bn [m]	kb	Höhe [m] h	h.nom	Nutzhöhe d [m]	kd	Torsionsquerschn. [m] z1	z2	tef	K.
1	1,000	.	.	.	0,700	.	0,620	0,90	.	.	.	.
2	1,000	.	.	.	0,250	.	0,170	0,90	.	.	.	.

Element 6.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

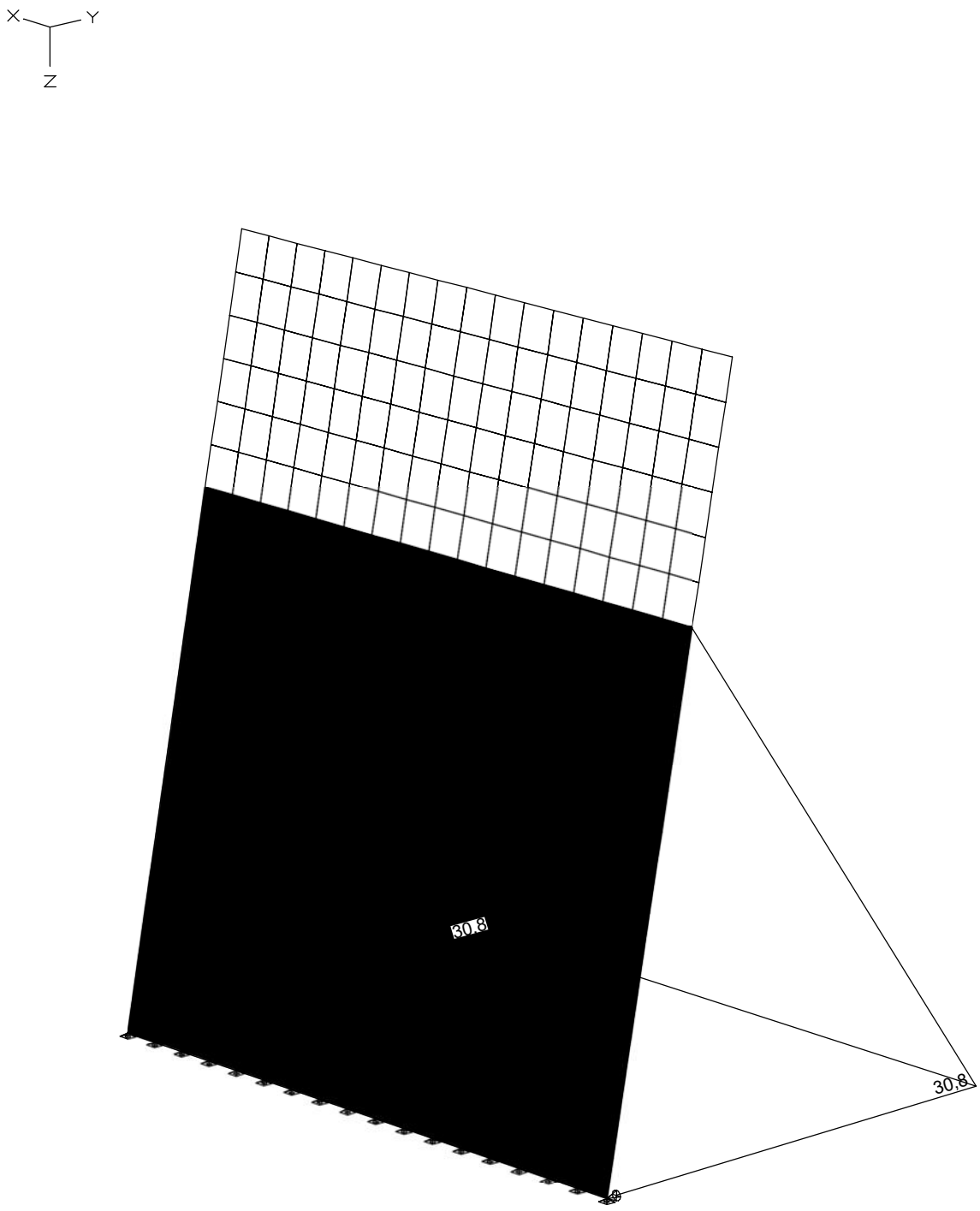
Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025



Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	123
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 6.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025

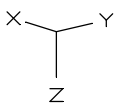


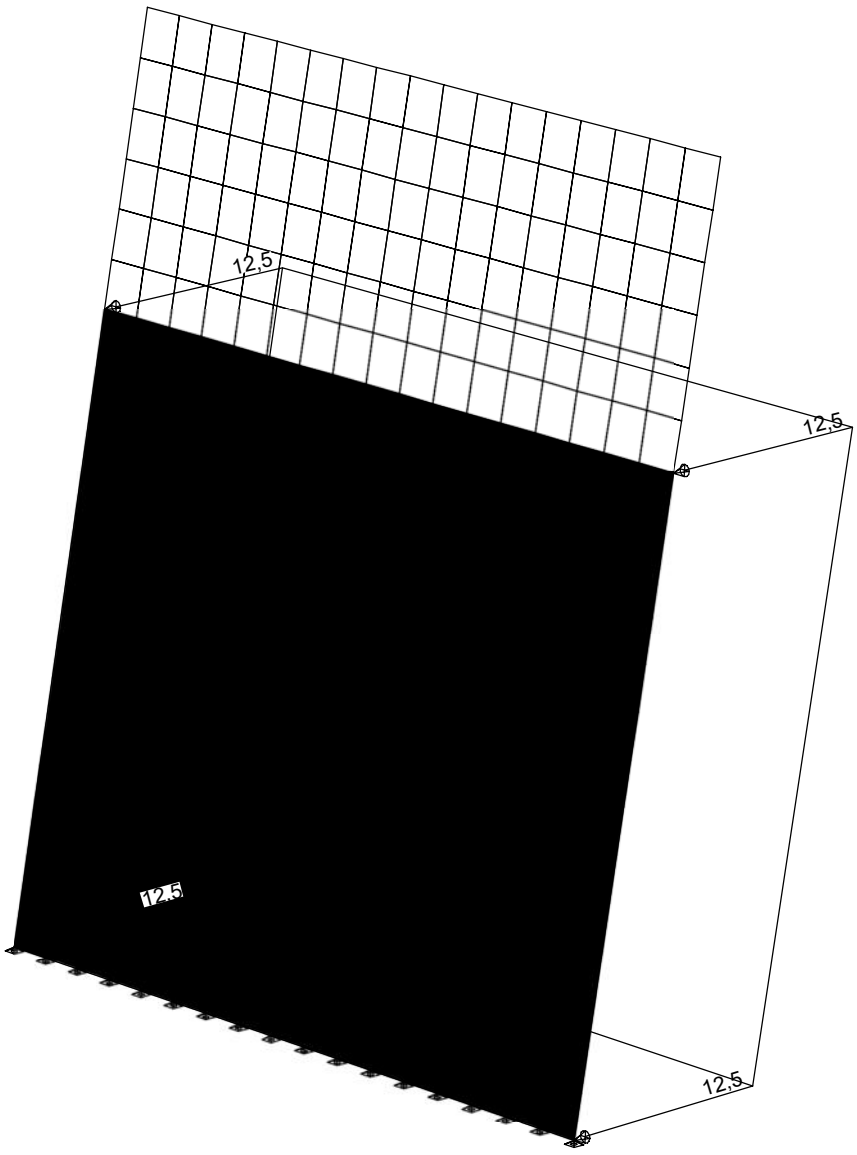
LF 2: Belastung, Erddruck

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 124
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 6.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025

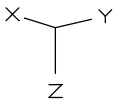




LF 4: Belastung, SLW60

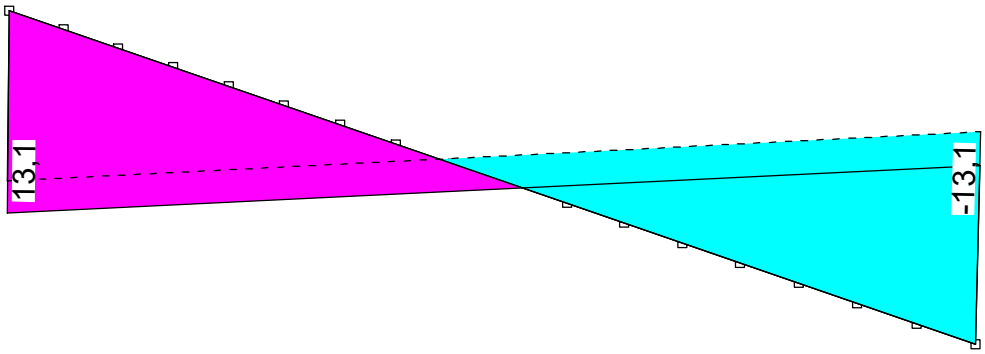
Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 125
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 6.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held



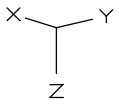
0 kN
0 kN

0 kN
0 kN



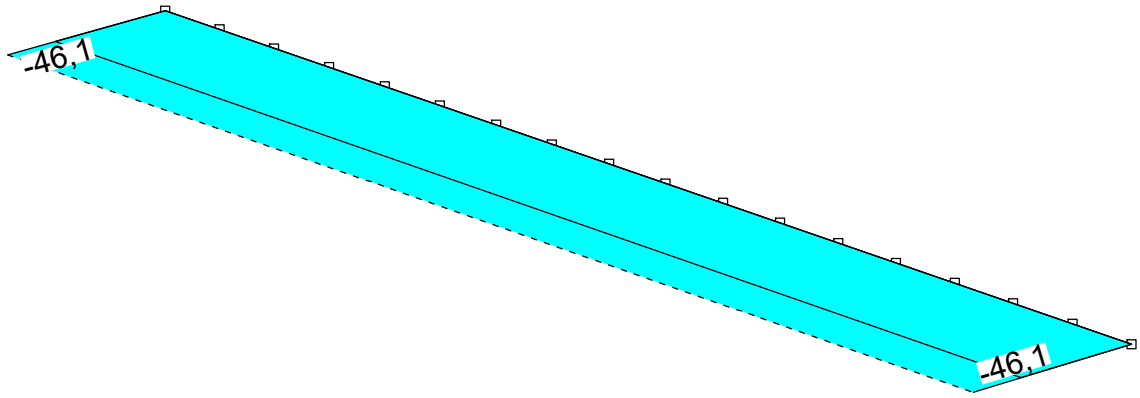
LFK DIN1992.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1
Auflagerreaktionen (Mittel im Lagerliniensystem) min,max Rx(l) [kN/m]
Die Summe der Lagerkräfte ist aufgrund der Mittelung u.U. unrealistisch.

Element 6.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held



-180,3 kN
-27,7 kN

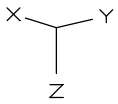
-180,3 kN
-27,7 kN



LFK DIN1992.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1
Auflagerreaktionen (Mittel im Lagerliniensystem) min,max Ry(l) [kN/m]
Die Summe der Lagerkräfte ist aufgrund der Mittelung u.U. unrealistisch.

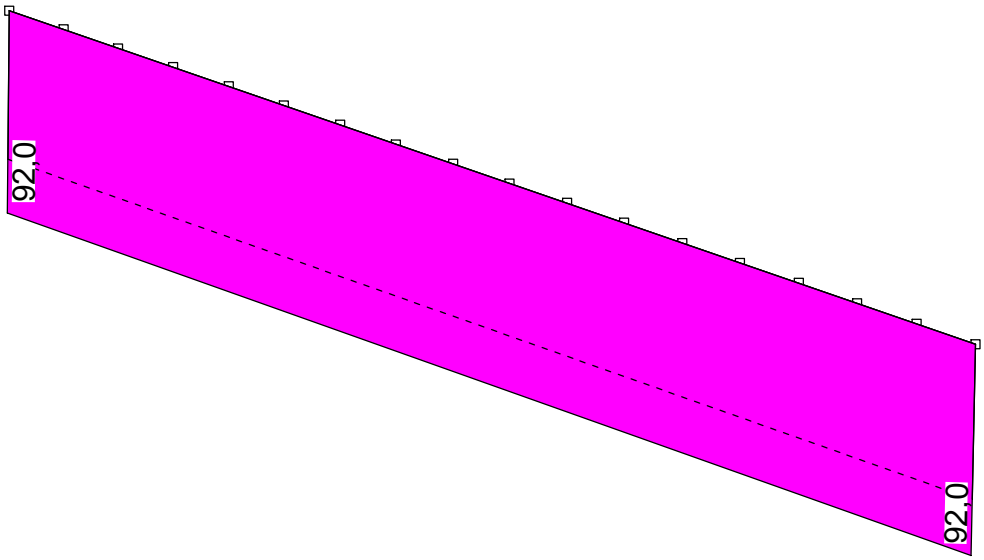
Element 6.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



0 kN
0 kN

0 kN
0 kN

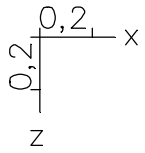


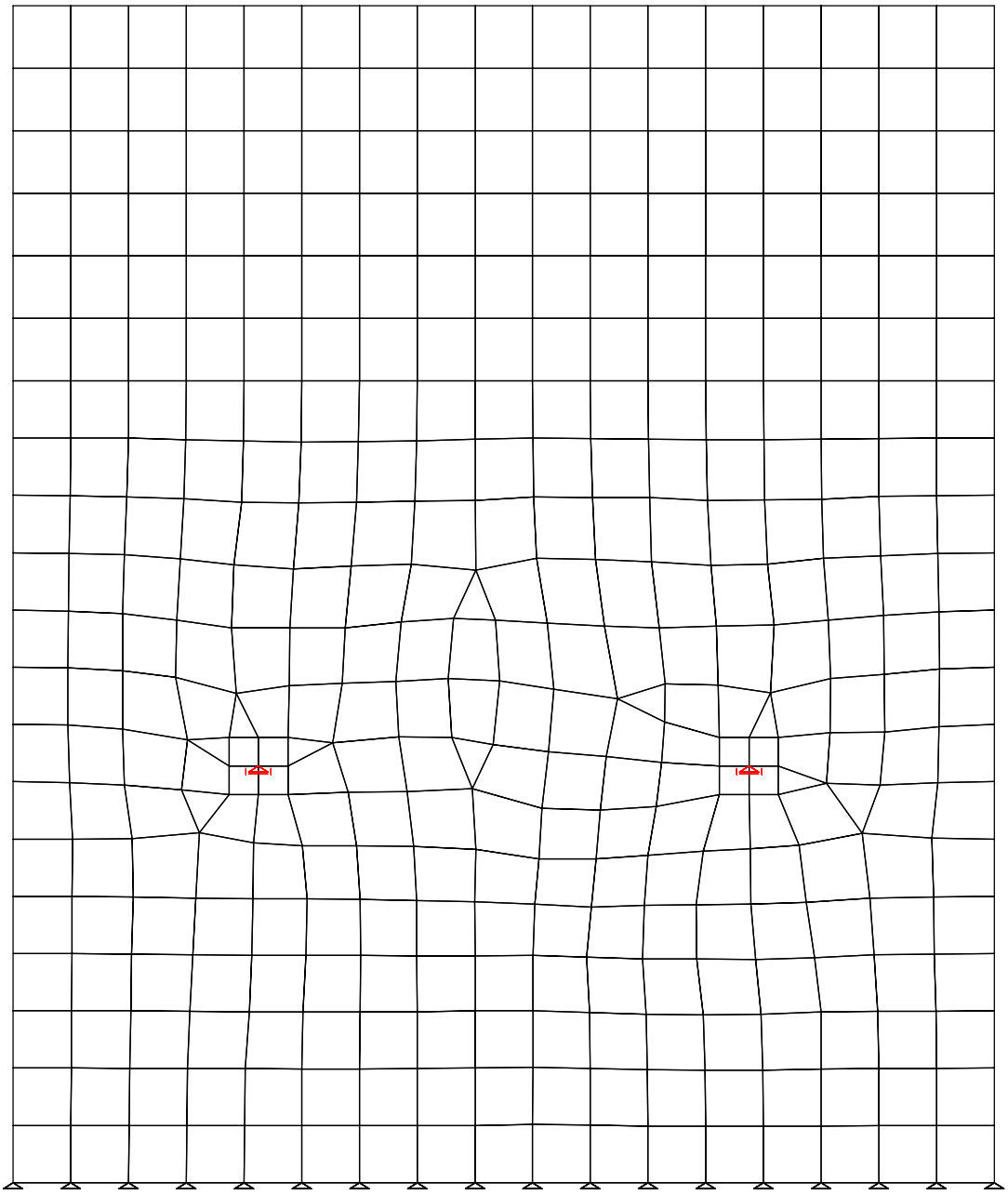
LFK DIN1992.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1
Auflagerreaktionen (Mittel im Lagerliniensystem) min,max Rz(l) [kN/m]
Die Summe der Lagerkräfte ist aufgrund der Mittelung u.U. unrealistisch.

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 128
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 6.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



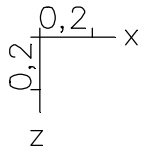


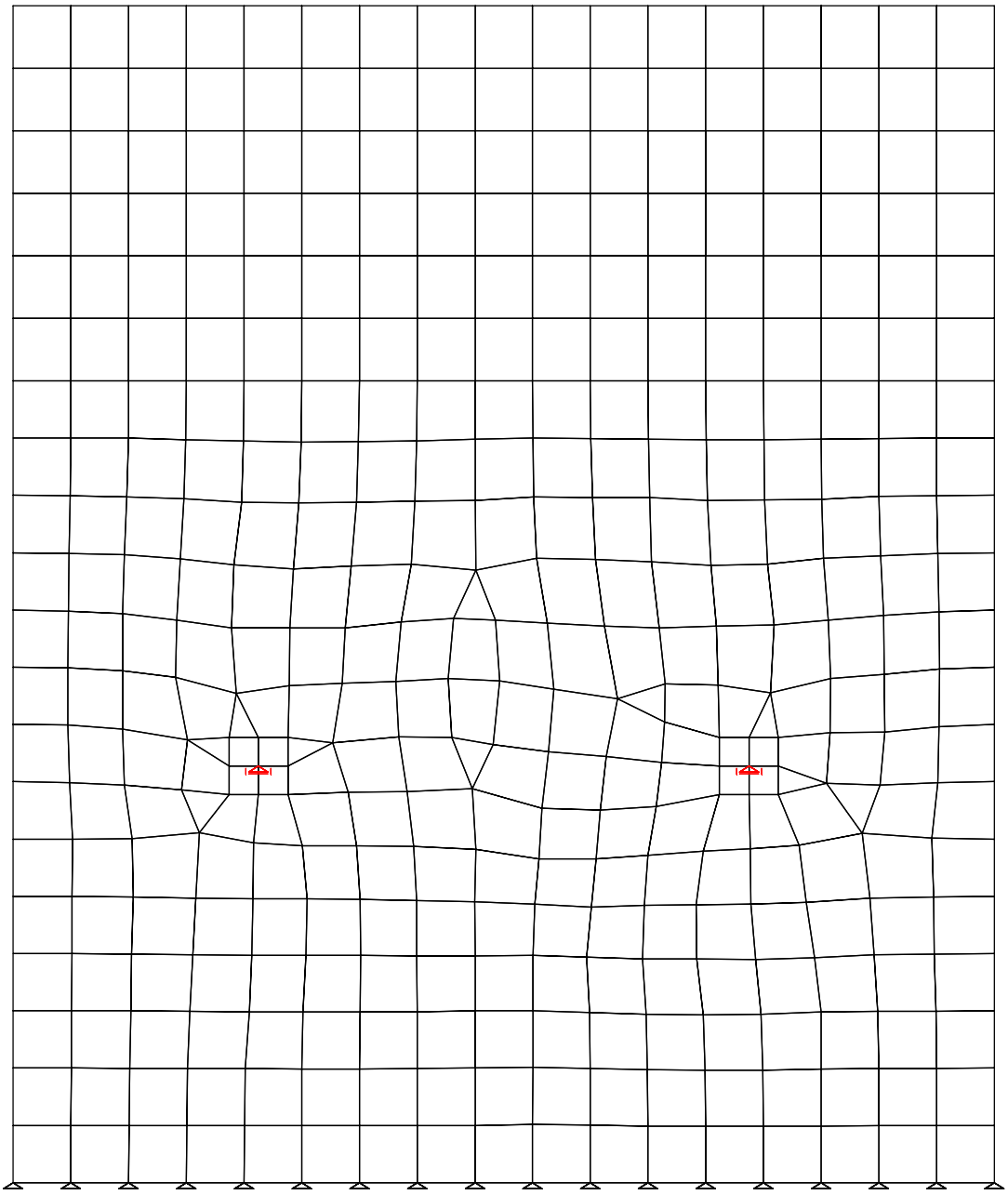
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Biegebewehrung 1. Lage x/y in cm²/m, Gesamtgew. aus Bemessung: 0,5 t
Ergebnisse nach Abzug von asx/asy = 25,10/25,10 cm²/m
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 129
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 6.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



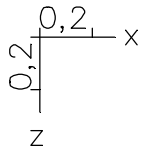


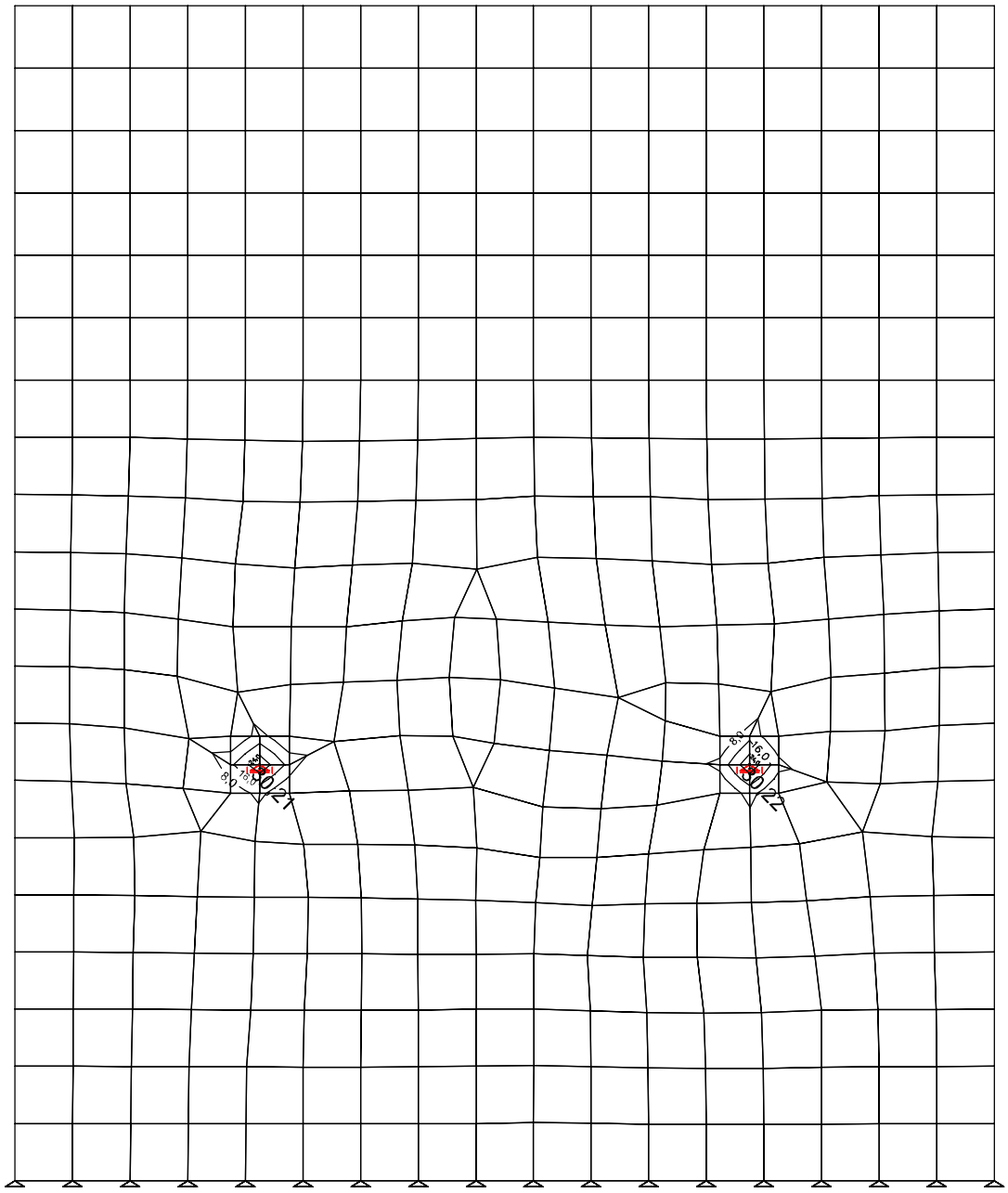
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Biegebewehrung 2. Lage x/y in cm²/m, Gesamtgew. aus Bemessung: 0,5 t
Ergebnisse nach Abzug von asx/asy = 25,10/25,10 cm²/m
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 130
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 6.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025



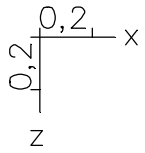


LFK DIN1992.BRUCH: Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1
Bügelbewehrung aus Querkraft [cm²/m²]
Wertebereich nach Mittelung (Gesamtsystem, min/max): 0,00/30,22 [cm²/m²]
Berechnung in den Elementknoten

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	131
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 6.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



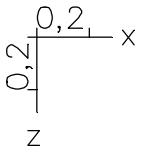


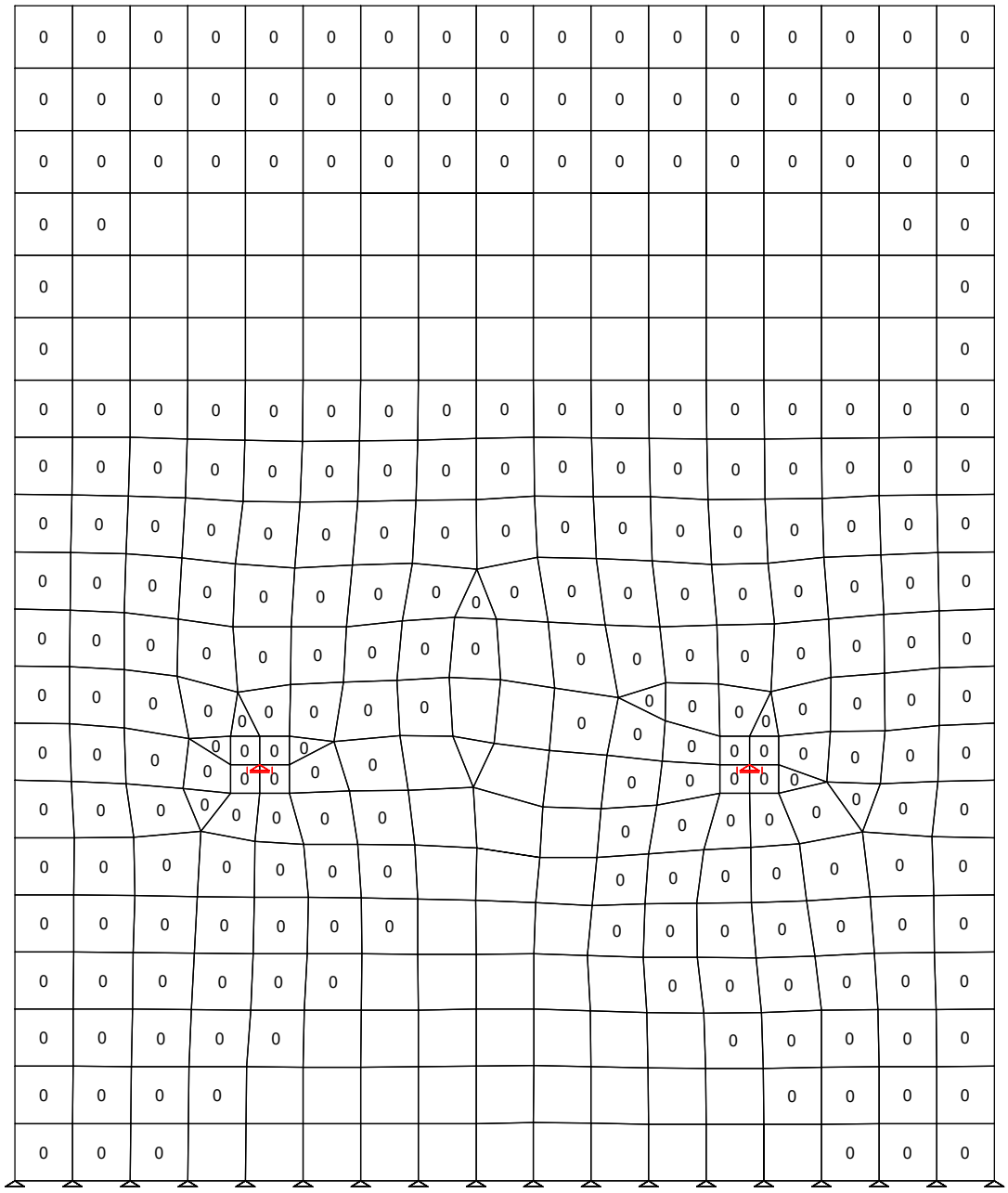
LFK DIN1992.BRUCH: Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1
qr/vRd,max [-]
Wertebereich nach Mittelung (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,21 [-]
Berechnung in den Elementknoten

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 132
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 6.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



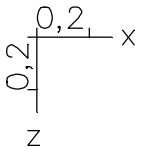


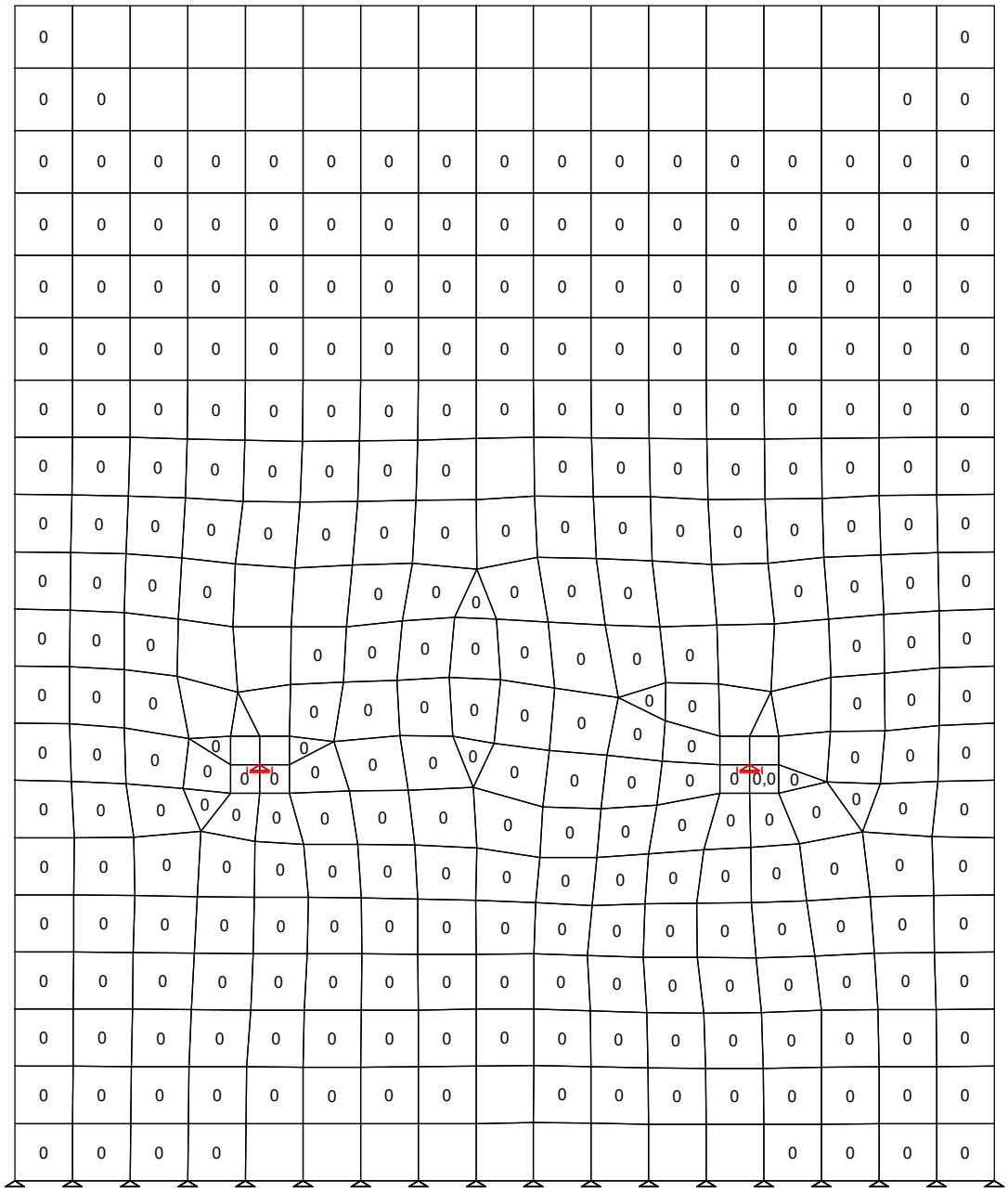
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Rissbreite wk.unten [mm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,00 [mm]
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 133
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 6.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025





LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Rissbreite wk.oben [mm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,15 [mm]
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 134
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

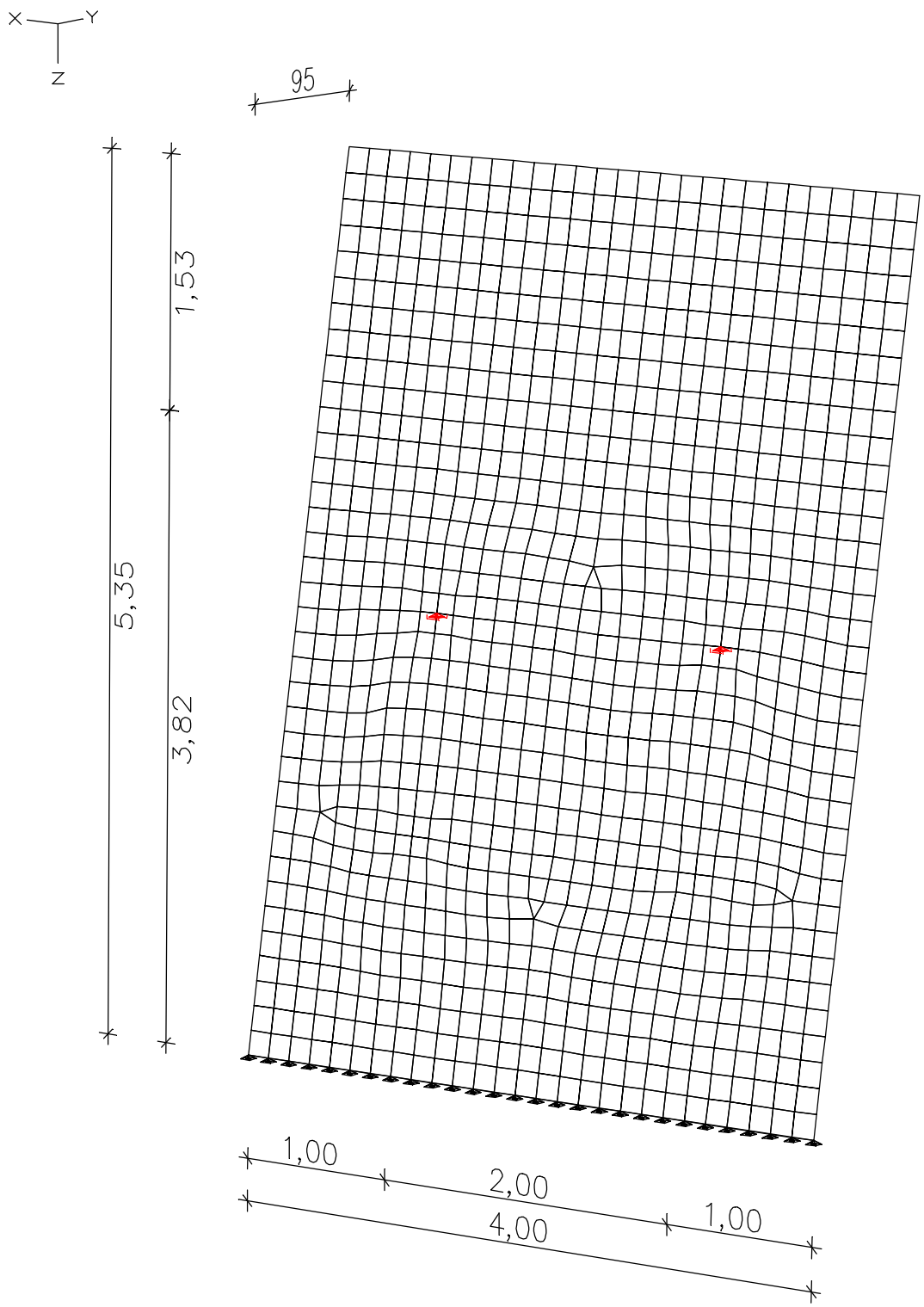
Element 6.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

5.1.7 Element 7

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAL\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025



Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	136
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Element 7.fem
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Systemkenngrößen

1072	Knoten		
1010	Elemente	0	Stabelemente
30	Festhaltungen	0	Plattenelemente
0	Koppelungen	0	Scheibenelemente
2	Materialkennwerte	1010	Schalenelemente
2	Querschnittswerte	0	Seilelemente
3	Lastfälle	0	Volumenelemente
0	LF-Kombinationen	0	Federelemente
0	Spannstränge		

Berechnungsort der Flächenelemente: Knoten
2 Ergebnisorte in den Stäben

Gedrehte Koordinatensysteme
909 Elementsysteme
0 Schnittkraftsysteme
0 Bewehrungssysteme

Querschnittswerte

1	Fläche	Stützwand h=70			
		Elementdicke [m]	dz	= 0,7000	drillsteif
		Orthotropie dzy/dz		= 1	
		E-Modul Platte/Scheibe		= 1	
2	Fläche	Stützwand h=25			
		Elementdicke [m]	dz	= 0,2500	drillsteif
		Orthotropie dzy/dz		= 1	
		E-Modul Platte/Scheibe		= 1	

Materialkennwerte

	Nr.	Art	E-Modul [MN/m²]	G-Modul [MN/m²]	Quer-dehnz.	alpha.t [1/K]	gamma [kN/m³]
1	1	C30/37-EN-D	33000	13800	0,20	1,00e-05	25,000
2	2	C30/37-EN-D	33000	13800	0,20	1,00e-05	25,000

Übersicht der Lastfälle

LF.	Bezeichnung
1	Eigengewicht Wand
2	Erddruck
4	SLW60

Element 7.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Summe der aufgebrachten Lasten und Auflagerreaktionen

LF.	Bezeichnung	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
1	Eigengewicht Wand	0,000	0,000	310,431
	Auflagerreaktionen	-0,000	-0,000	310,431
4	SLW60	-0,000	-193,988	0,000
	Auflagerreaktionen	0,000	-193,988	0,000

Betonstahl für Flächenelemente

Nr.	Lage	Güte	d1x [m]	d2x [m]	asx [cm²/m]	d1y [m]	d2y [m]	asy [cm²/m]	as fix	Walz-art
1	1	500M	0,080		0,000	0,080		0,000		Warm
	2	500M		0,080	0,000		0,080	0,000		Warm
2	1	500M	0,080		0,000	0,080		0,000		Warm
	2	500M		0,080	0,000		0,080	0,000		Warm

as Grundbewehrung
d1 Abstand vom oberen Querschnittsrand
d2 Abstand vom unteren Querschnittsrand
Die positive z-Achse des Elementsystems zeigt zum unteren Querschnittsrand
Güte Güte bzw. Streckgrenze fyk des Betonstahls [MN/m²]

DIN EN 1992-1-1 Einwirkungen

Standard Bemessungsgruppe

G - Eigenlast

Gamma.sup / gamma.inf = 1,35 / 1

Lastfälle

1 Eigengewicht Wand

GE - Erddruck

Gamma.sup / gamma.inf = 1,35 / 1

Lastfälle

2 Erddruck

QN - Nutzlast, Verkehrslast

Gamma.sup / gamma.inf = 1,5 / 0

Kombinationsbeiwerte psi für: Hochbauten
Nutzlasten - Kategorie A: Wohngebäude

Element 7.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Psi.0 / Psi.1 / Psi.2 = 0,7 / 0,5 / 0,3

Lastfälle 1. Variante, inklusiv

4 SLW60

1. Ständige und vorübergehende Situation

Endzustand

G Eigenlast
GE Erddruck
QN Nutzlast, Verkehrslast

1. Seltene (charakteristische) Situation

Endzustand

G Eigenlast
GE Erddruck
QN Nutzlast, Verkehrslast

1. Quasi-ständige Situation

Endzustand

G Eigenlast
GE Erddruck
QN Nutzlast, Verkehrslast

Bemessungsvorgaben DIN EN 1992-1-1

Qu.	Expos. klasse	Vorspannung des Bauteils	Bewehrung M	R	B	Q	T	S	Ermüdung B	Q	T	P	C	V	Ri. br.	De- ko.	Spannung C	B	P
1	XC4	Nicht vorgesp.	x	+	x	x	.	.	.	.	.	.	.	.	x	.	.	.	.
2	XC4	Nicht vorgesp.	x	+	x	x	.	.	.	.	.	.	.	.	x	.	.	.	.

(M) Mindestbewehrung zur Sicherstellung der Robustheit.
(R) Mindestbewehrung (x), erf. Bewehrung (+) zur Begrenzung der Rissbreite.
(B) Längsbewehrung aus Bemessung sowie im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(Q) (Mindest-)Querkraftbewehrung aus Tragfähigkeit und Ermüdung.
(T) Torsionsbewehrung im Tragfähigkeits- und Ermüdungsnachweis.
(S) Nachweis der Schubfuge.
(P) Spannstahl im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(C) Betondruckspannungen, Beton im Ermüdungsnachweis unter Längsdruck.
(V) Beton im Ermüdungsnachweis unter Querkraftbeanspruchung.

Element 7.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Vorgaben für den Nachweis der Längs- und Schubbewehrung

M,N Bemessungsmodus für Biegung und Längskraft:
(ST) Standard, (SY) Symmetrisch, (DG) Druckglied.
(*) Bem. ohne Berücksichtigung vorgegebener Bewehrungsverhältnisse.
fyk Stahlgüte der Bügel.
Theta Neigung der Betondruckstreben. Der eingegebene Wert für cot Theta wird programmseitig auf den Wertebereich nach Gl. (NA.6.7a) begrenzt.
Pl. Balken werden wie Platten bemessen.
Asl Vorh. Biegezugbewehrung nach Bild 6.3, autom. Erhöhung bis Maximum.
rhow Faktor für Mindestbewehrungsgrad rho.w,min nach Gl. (9.5a/bDE).
as Faktor für Biegebewehrung von Platten in Querrichtung nach 9.3.1.1(2).
x,y Getrennter Querkraftnachweis für die Bewehrungsrichtungen x und y.
cvl Verlegemaß der Längsbewehrung zur Begrenzung des Hebelarms z.
Red. Reduktionsfaktor der Vorspannung zur Bestimmung der Zugzone für die Verteilung der Robustheitsbewehrung bei Flächenelementen.

Qu.	Beton	Roh-dichte [kg/m³]	Bem. M,N	fyk [MPa]	cot Theta	Bem. wie Pl.	Asl [cm²] Bild 6.3 vorh.	Asl [cm²] Bild 6.3 max	Faktor rhow	Faktor as	x,y Rtg	cvl [mm]	Red. Vor-spg.
1	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.
2	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.

Schubquerschnitte

bw.nom Rechnerische Querschnittsbreite bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
h.nom Rechnerische Querschnittshöhe bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
kb, kd Faktor zur Berechnung des inneren Hebelarms z aus der Nutzbreite bn bzw. der Nutzhöhe d.
z1, z2 Höhe und Breite des Kernquerschnitts für Torsion.
tef Wanddicke des Torsionskastens.
K. Kastenquerschnitt; Ermittlung der Tragfähigkeit nach Gl. (6.29).

Qu.	Breite [m] bw	bw.nom	Nutzbreite bn [m]	kb	Höhe [m] h	h.nom	Nutzhöhe d [m]	kd	Torsionsquerschn. [m] z1	z2	tef	K.
1	1,000	.	.	.	0,700	.	0,620	0,90	.	.	.	.
2	1,000	.	.	.	0,250	.	0,170	0,90	.	.	.	.

Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH Element 7.fem

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Vorgaben für den Nachweis der Rissbreiten

```
ds       Größter vorhandener Stabdurchmesser der Betonstahlbewehrung [mm].
max.s    Größter vorhandener Stababstand der Betonstahlbewehrung [mm].
sr,max   Oberer Grenzwert für den maximalen Rissabstand nach Gl. (7.11) [mm].
Xi1      Verbundbeiwert für Spannstahl bei Stabquerschnitten.
k        Beiwert zur Berücksichtigung nichtlinear verteilter Zugspannungen.
kt       Beiwert für die Dauer der Lasteinwirkung bei Berechnung der Rissbreite.
Fakt.    Abminderungsfaktor für fctm nach Kap. 7.3.2 (As) bzw. 7.3.4 (wk).
Komb.    Kombination für Nachweis der Mindestbewehrung (As) und Rissbreite (wk):
         CK, HK, QK = Charakteristische, häufige, quasi-ständige Kombination,
         ZZ, BO, BU = Zentrischer Zug, Biegezug oben, Biegezug unten,
         KL = Einwirkungskombination gemäß Expositionsklasse.
Methode  Nachweismethode für Mindestbewehrung (kc) und Rissbreite (wk):
kc       Berechnung des Beiwerts kc für Stege/Gurte nach Gl. (7.2/7.3).
         auto = Gl. (7.2) für rechteckige, Gl. (7.3) für sonstige Querschnitte.
wk       Berech. = Direkte Berechnung der Rissbreite nach Kap. 7.3.4,
         Stabab. = Begrenzung der Stababstände nach Tab. 7.3N,
         Ber.(M) = Direkte Berechnung für mittlere Stahldehnung innerh. Ac,eff,
         Abs.(M) = Begr. der Stababstände für mittl. Stahldehnung innerh. Ac,eff.
RI       Ringförmige Bestimmung von Ac,eff gemäß Wiese et al., Beton- und
         Stahlbetonbau 2004, Heft 4, S. 253 ff.
DB       Bestimmung von As,min nach Gl. (NA.7.5.1) für dickere Bauteile.
```

Qu.	wmax [mm]	ds	max s	sr max	Beiwerte Xi1	k	kt	Fakt.fctm As	wk	Komb. As	wk	Methode kc	wk	RI	DB
1	0,30	20	.	.	.	1,00	0,4	1,00	1,00	QK	QK	auto	Berech.	.	.
2	0,30	20	.	.	.	1,00	0,4	1,00	1,00	QK	QK	auto	Berech.	.	.

Bemessungsvorgaben DIN EN 1992-2

Qu.	Expos. klasse	Vorspannung des Bauteils	Bewehrung M	R	B	Q	T	S	Ermüdung B	Q	T	P	C	V	Ri. br.	De- ko.	Spannung C	H	B	P
1	XC4	Nicht vorgesp.	x	.	x	x	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	XC4	Nicht vorgesp.	x	.	x	x	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

```
(M) Mindestbewehrung zur Sicherstellung der Robustheit.
(R) Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite.
(B) Längsbewehrung aus Bemessung sowie im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(Q) (Mindest-)Querkraftbewehrung aus Tragfähigkeit und Ermüdung.
(T) Torsionsbewehrung im Tragfähigkeits- und Ermüdungsnachweis.
(S) Nachweis der Schubfuge.
(P) Spannstahl im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(C) Betondruckspannungen, Beton im Ermüdungsnachweis unter Längsdruck.
(V) Beton im Ermüdungsnachweis unter Querkraftbeanspruchung.
(H) Schiefe Hauptzugspannungen.
```


Element 7.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Vorgaben für den Nachweis der Längs- und Schubbewehrung

M,N Bemessungsmodus für Biegung und Längskraft:
(ST) Standard, (SY) Symmetrisch, (DG) Druckglied.
(*) Bem. ohne Berücksichtigung vorgegebener Bewehrungsverhältnisse.
fyk Stahlgüte der Bügel.
Theta Neigung der Betondruckstreben. Der eingegebene Wert für cot Theta wird programmseitig auf den Wertebereich nach Gl. (6.107aDE) begrenzt.
Pl. Balken werden wie Platten bemessen.
Asl Vorh. Biegezugbewehrung nach Bild 6.3, autom. Erhöhung bis Maximum.
rhow Faktor für Mindestbewehrungsgrad rho.w,min nach Gl. (9.5a/bDE).
as Faktor für Biegebewehrung von Platten in Querrichtung nach 9.3.1.1(2).
x,y Getrennter Querkraftnachweis für die Bewehrungsrichtungen x und y.
cvl Verlegemaß der Längsbewehrung zur Begrenzung des Hebelarms z.
Red. Reduktionsfaktor der Vorspannung zur Bestimmung der Zugzone für die Verteilung der Robustheitsbewehrung bei Flächenelementen.

Qu.	Beton	Roh-dichte [kg/m³]	Bem. M,N	fyk [MPa]	cot Theta	Bem. wie Pl.	Asl [cm²] Bild 6.3 vorh.	Asl [cm²] Bild 6.3 max	Faktor rhow	Faktor as	x,y Rtg	cvl [mm]	Red. Vor-spg.
1	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.
2	C30/37-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	80	.

Schubquerschnitte

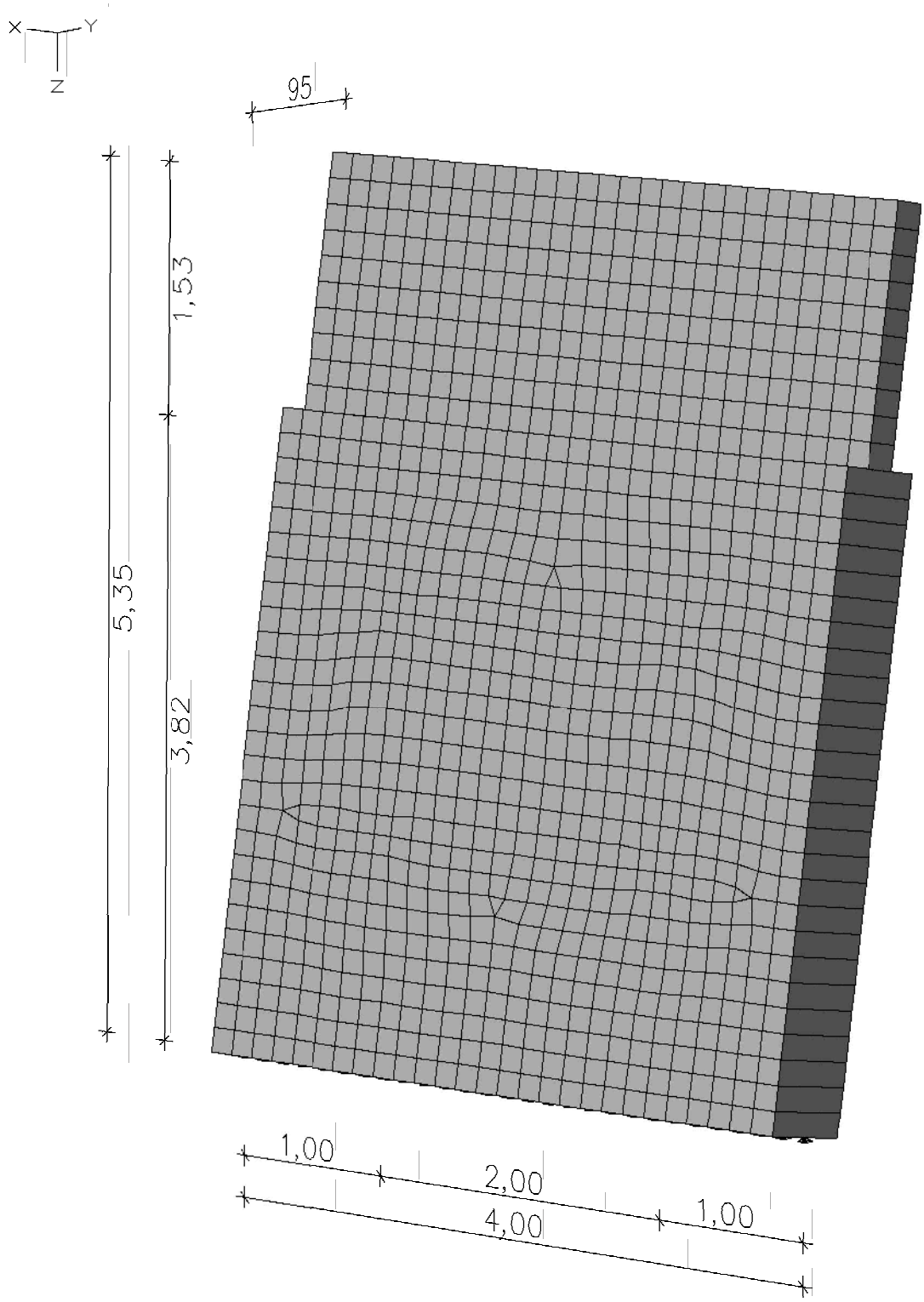
bw.nom Rechnerische Querschnittsbreite bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
h.nom Rechnerische Querschnittshöhe bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
kb, kd Faktor zur Berechnung des inneren Hebelarms z aus der Nutzbreite bn bzw. der Nutzhöhe d.
z1, z2 Höhe und Breite des Kernquerschnitts für Torsion.
tef Wanddicke des Torsionskastens.
K. Kastenquerschnitt; Ermittlung der Tragfähigkeit nach Gl. (6.29).

Qu.	Breite [m] bw	bw.nom	Nutzbreite bn [m]	kb	Höhe [m] h	h.nom	Nutzhöhe d [m]	kd	Torsionsquerschn. [m] z1	z2	tef	K.
1	1,000	.	.	.	0,700	.	0,620	0,90	.	.	.	.
2	1,000	.	.	.	0,250	.	0,170	0,90	.	.	.	.

Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH Element 7.fem

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

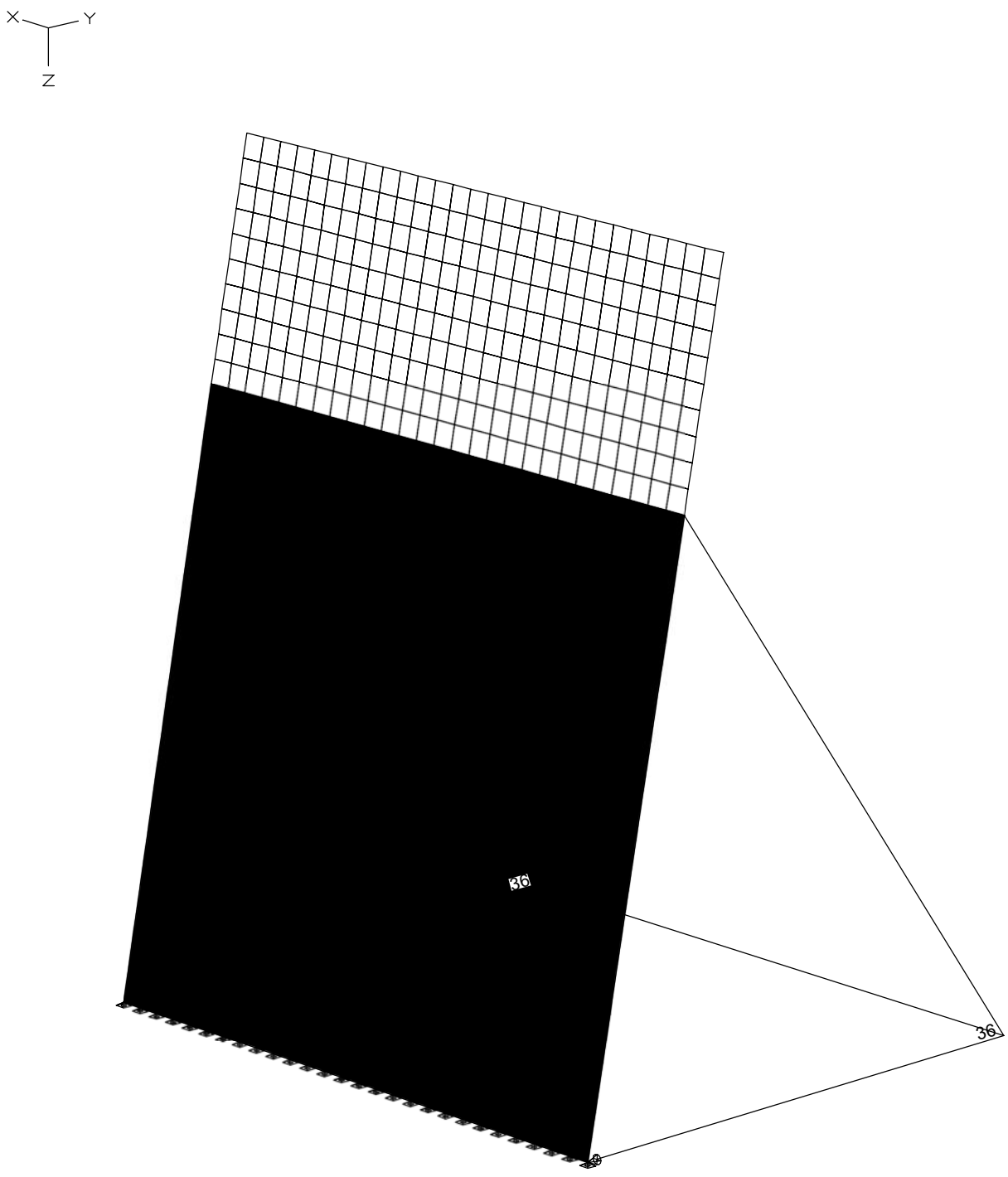
Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025



Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	143
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Element 7.fem
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025

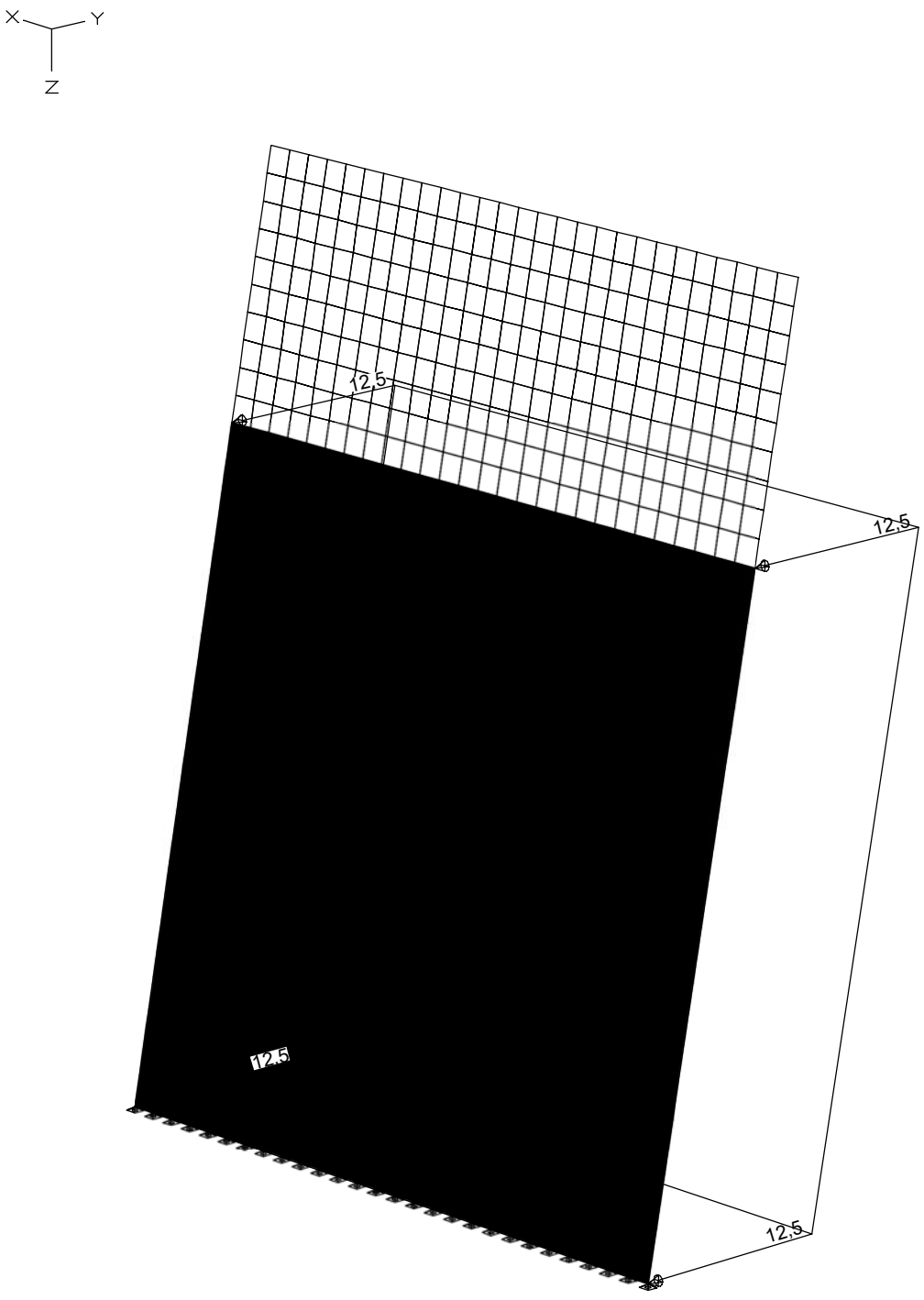


LF 2: Belastung, Erddruck

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 144
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 7.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025

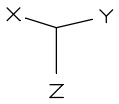


LF 4: Belastung, SLW60

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 145
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

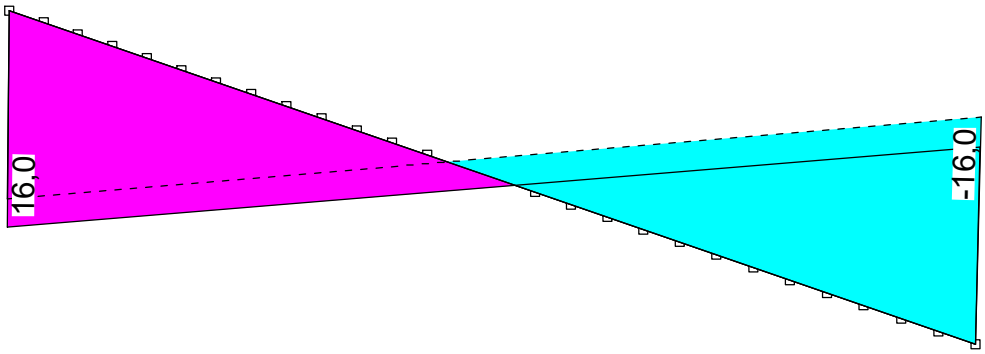
Element 7.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



0 kN
0 kN

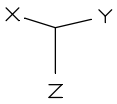
0 kN
0 kN



LFK DIN1992.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1
Auflagerreaktionen (Mittel im Lagerliniensystem) min,max Rx(l) [kN/m]
Die Summe der Lagerkräfte ist aufgrund der Mittelung u.U. unrealistisch.

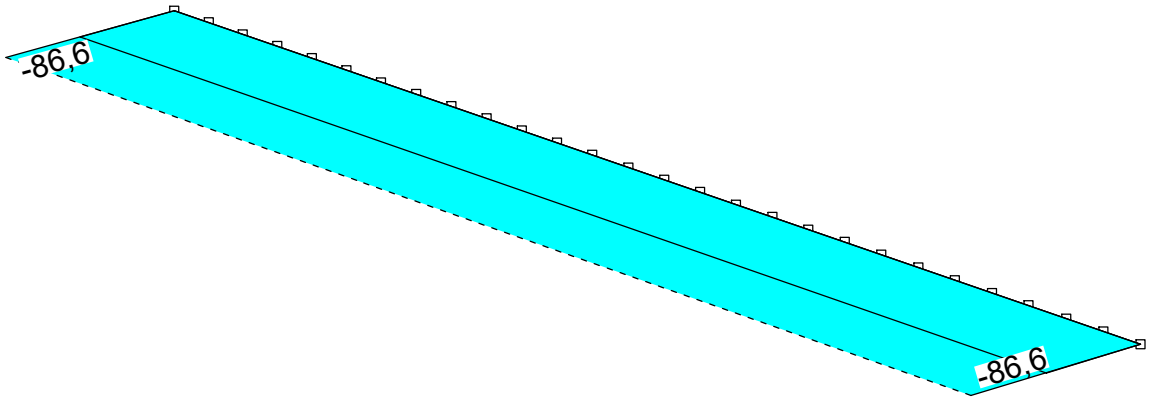
Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 146
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Element 7.fem
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held



-168,9 kN
-34,9 kN

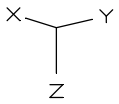
-168,9 kN
-34,9 kN



LFK DIN1992.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1
Auflagerreaktionen (Mittel im Lagerliniensystem) min,max Ry(l) [kN/m]
Die Summe der Lagerkräfte ist aufgrund der Mittelung u.U. unrealistisch.

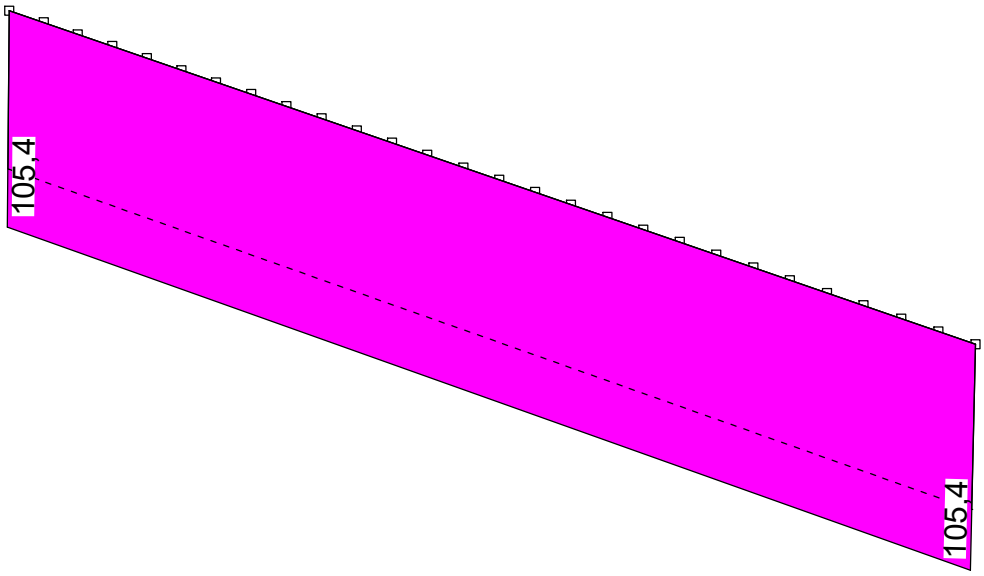
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Element 7.fem
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



0 kN
0 kN

0 kN
0 kN

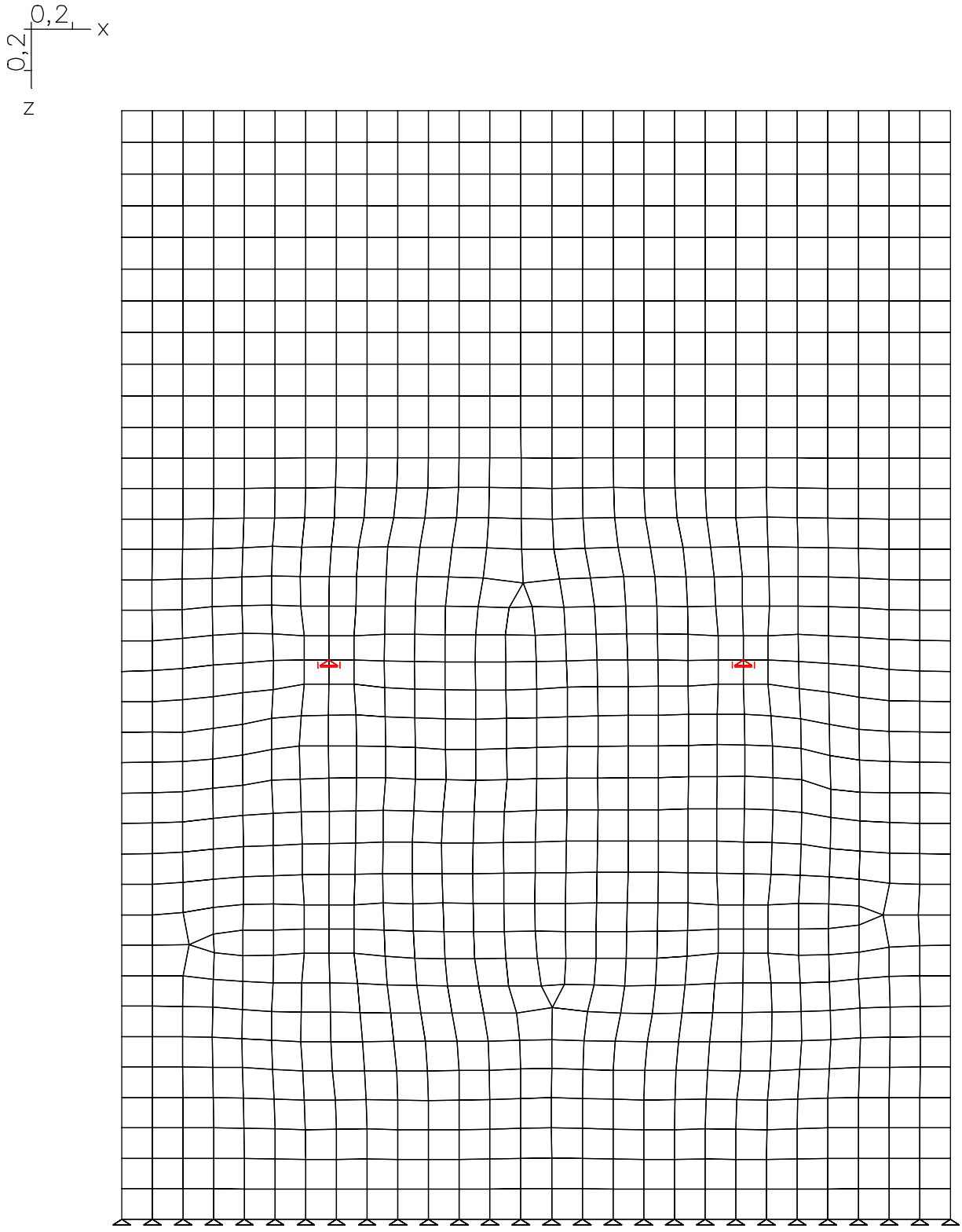


LFK DIN1992.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-1-1
Auflagerreaktionen (Mittel im Lagerliniensystem) min,max Rz(l) [kN/m]
Die Summe der Lagerkräfte ist aufgrund der Mittelung u.U. unrealistisch.

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 148
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Element 7.fem
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025

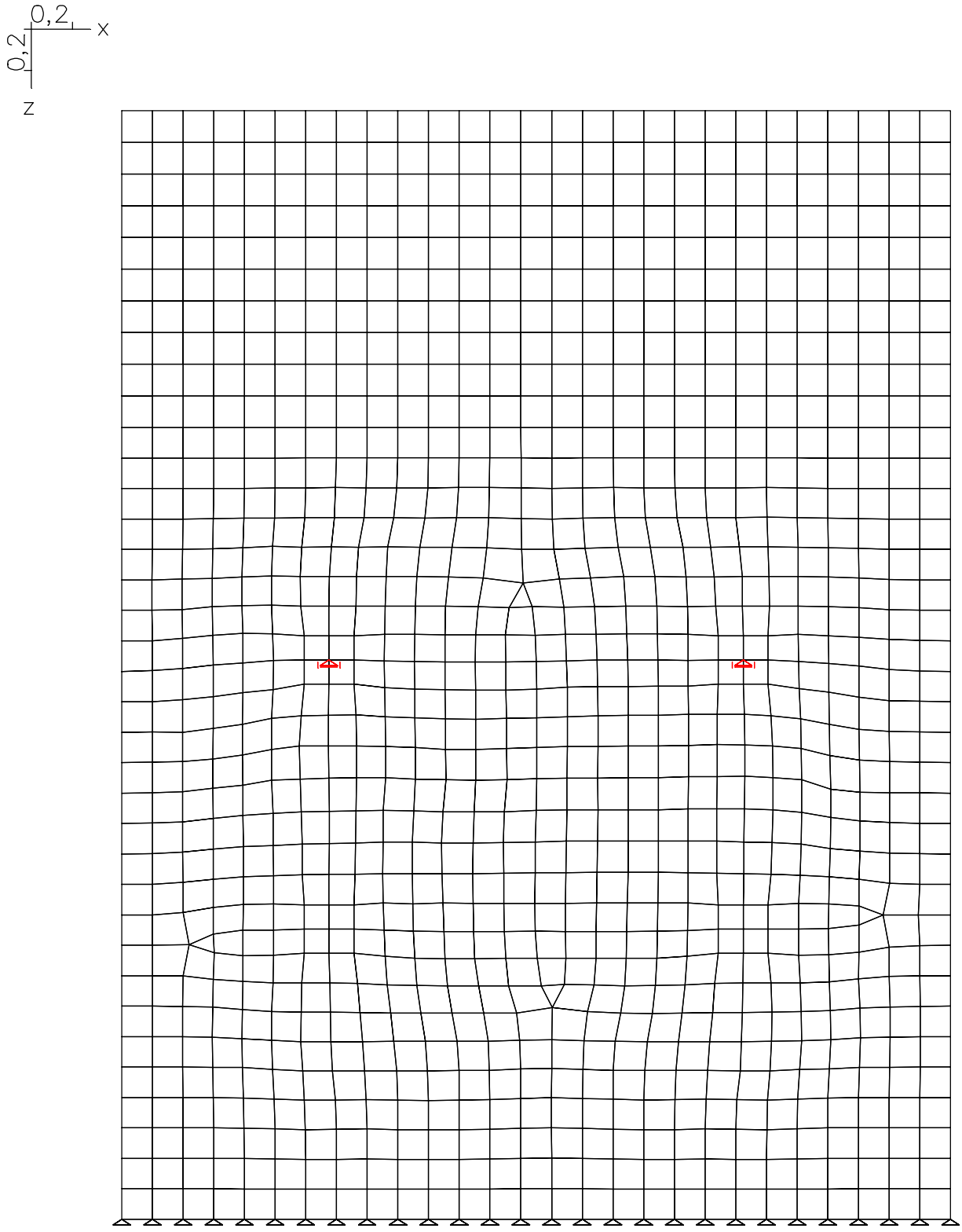


LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Biegebewehrung 1. Lage x/y in cm²/m, Gesamtgew. aus Bemessung: 0,3 t
Ergebnisse nach Abzug von asx/asy = 25,10/25,10 cm²/m
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 149
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 7.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025

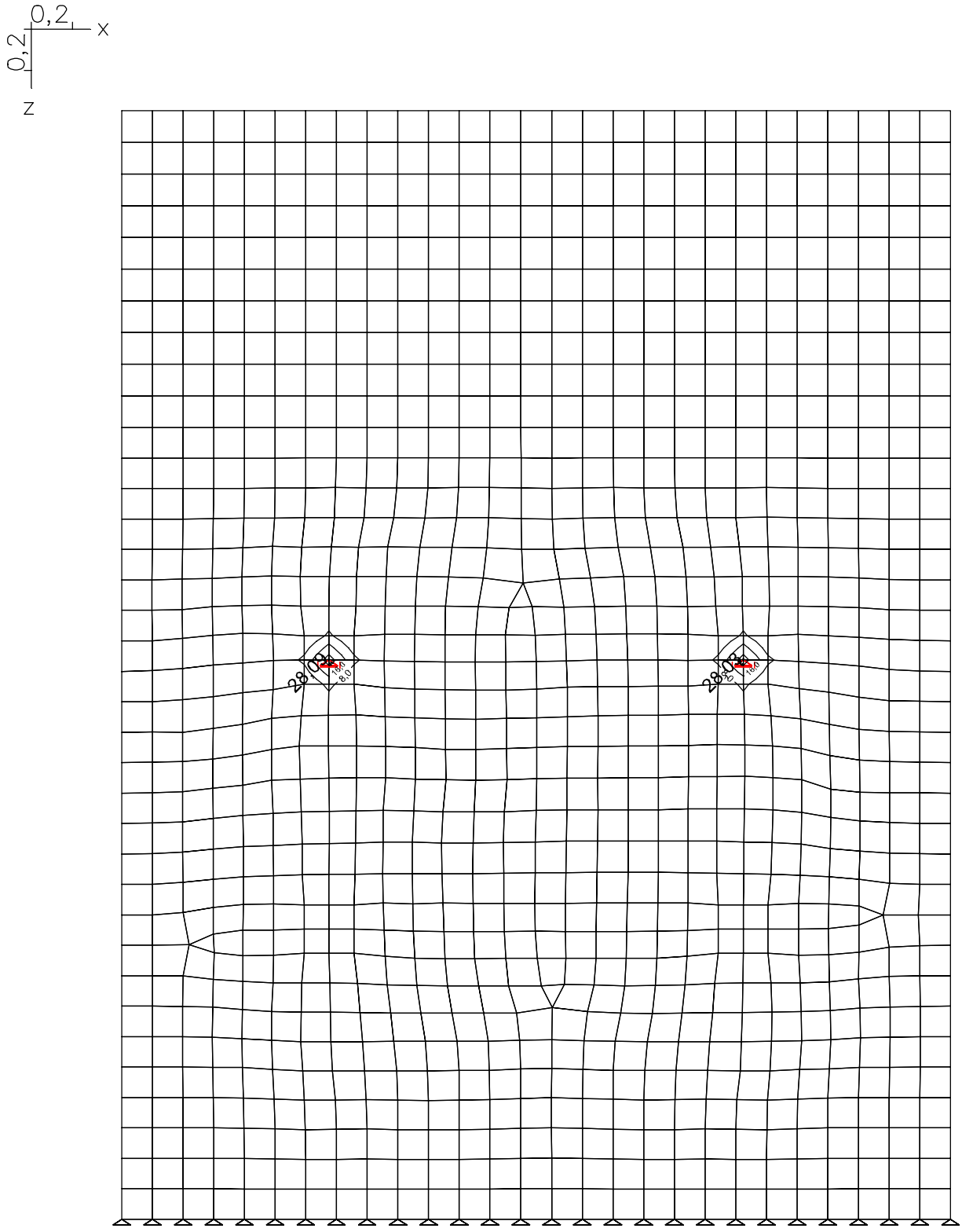


LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Biegebewehrung 2. Lage x/y in cm²/m, Gesamtgew. aus Bemessung: 0,3 t
Ergebnisse nach Abzug von asx/asy = 25,10/25,10 cm²/m
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:	
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr.	150
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Element 7.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025

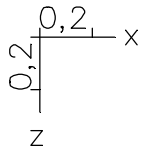


LFK DIN1992.BRUCH: Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1
Bügelbewehrung aus Querkraft [cm²/m²]
Wertebereich nach Mittelung (Gesamtsystem, min/max): 0,00/28,09 [cm²/m²]
Berechnung in den Elementknoten

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 151
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Element 7.fem
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025





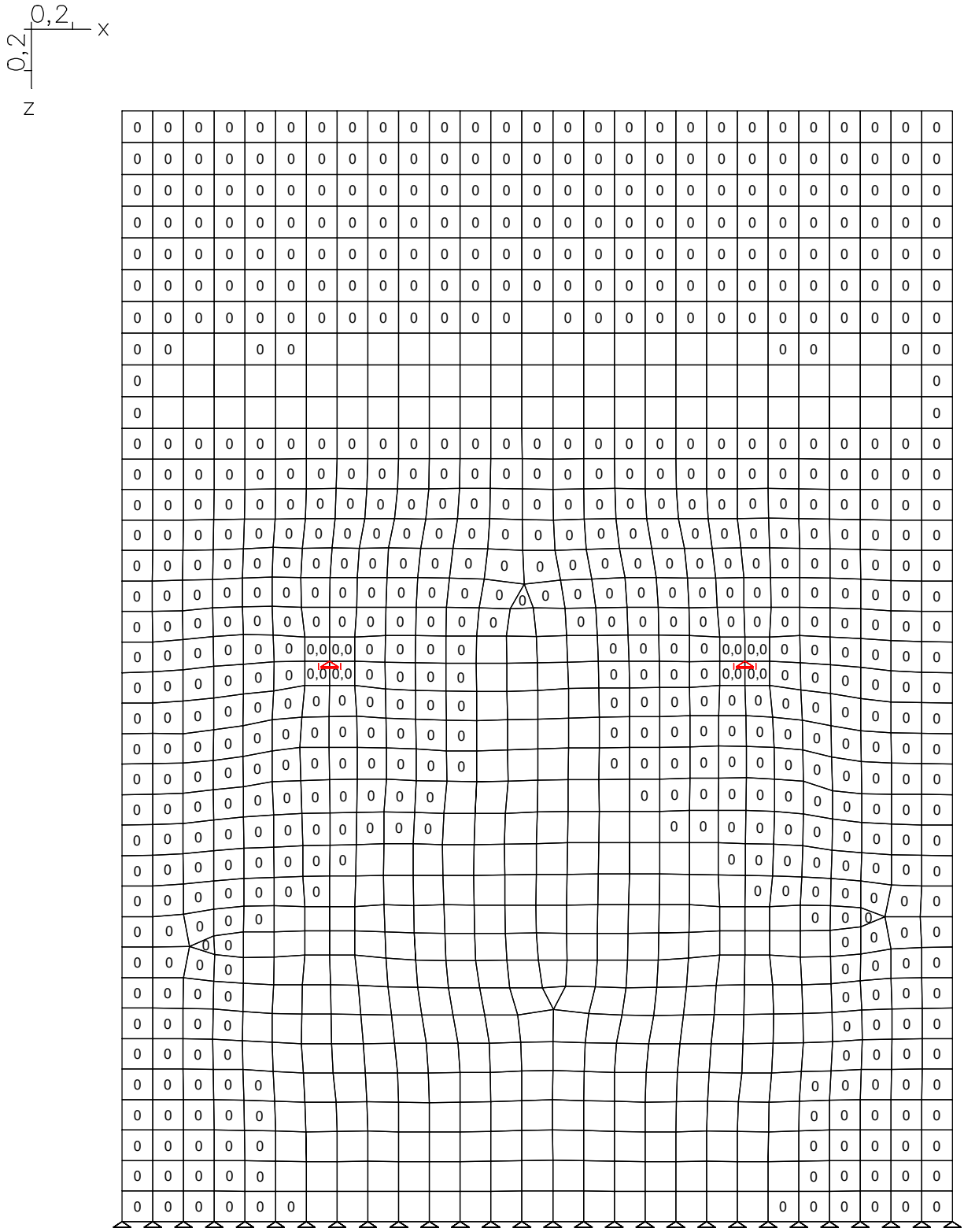


LFK DIN1992.BRUCH: Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1
qr/vRd,max [-]
Wertebereich nach Mittelung (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,19 [-]
Berechnung in den Elementknoten

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 152
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 7.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025

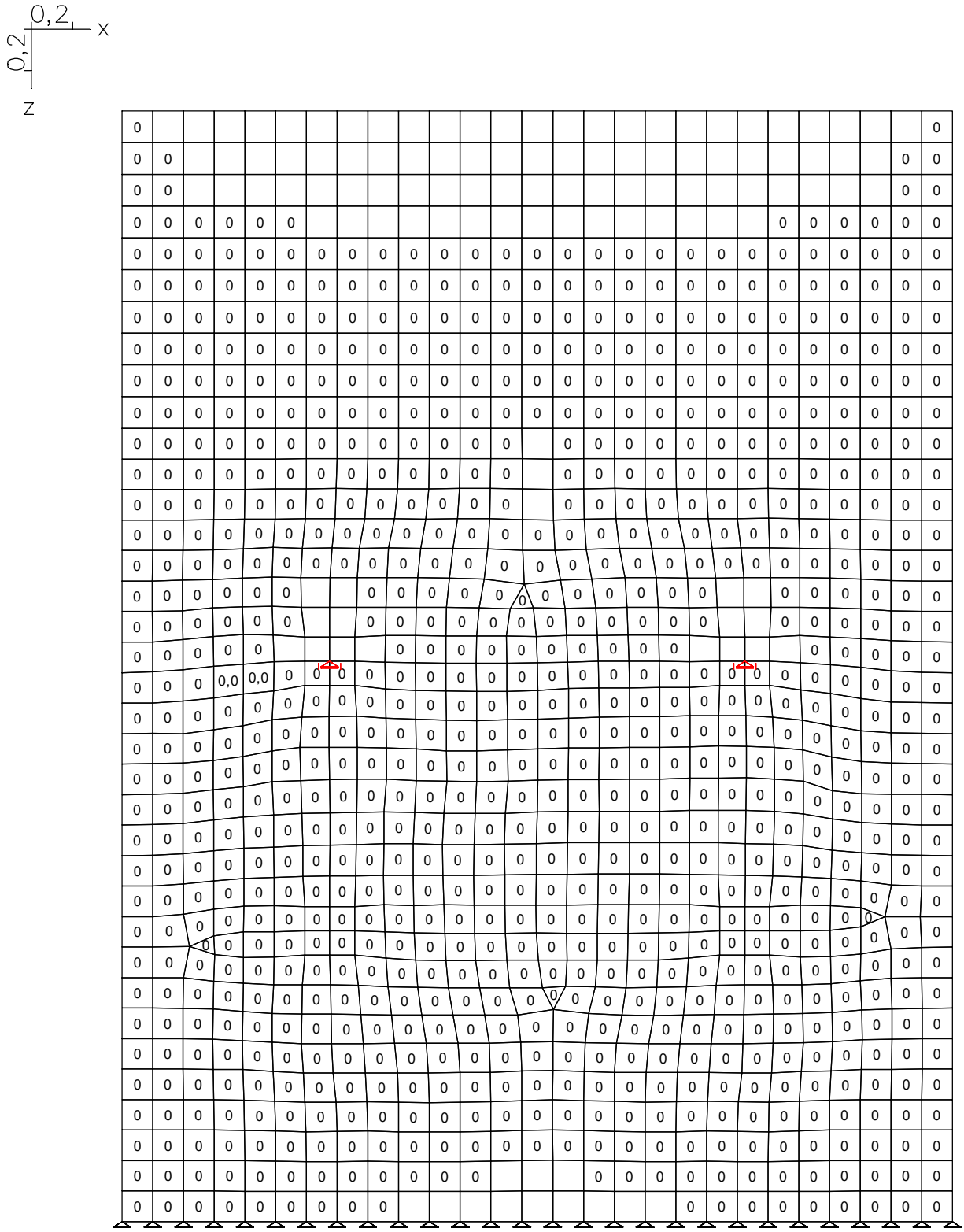


LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Rissbreite wk.unten [mm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,02 [mm]
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 153
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 7.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum-Dahlhausen, Kassenberger Str.	Projektnummer:
Bauherr:	Stadt Bochum	1 6 3 0 9 - C
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum: 05/2025



LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Rissbreite wk.oben [mm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,03 [mm]
Berechnung in den Elementknoten, gemittelte Werte in Darstellung

Bauteil:	Stützwand	Seite:
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv Nr. 154
Vorgang:	Genehmigungsstatik	

Element 7.fem
Finite Elemente 21.10c x64 (c) InfoGraph GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

5.2 Mikropfähle

Es werden GEWI Pfähle aus B500B mit einem Durchmesser von Ø = 28 mm für die Rückverankerung und Ø = 50 mm für die Tiefgründung gewählt.

Das Bauwerk ist auf eine Nutzdauer von 100 Jahren ausgelegt. Um die Dauerhaftigkeit der Mikropfähle sicherzustellen, wird ein doppeltes Korrosionsschutzsystem, bestehend aus der Ummantelung durch den Verpressmörtel und einem Kunststoffrippenrohr, welches das Stahltragglied umgibt, angeordnet.

Die Stahltraglieder sind in mit Einpressmörtel verfüllte Kunststoffrippenrohre einzubetten. Entsprechend darf auf Abminderung der zulässigen Stahlspannung verzichtet werden.

Bei den vertikalen Gründungspfählen sind im Abstand von ≤ 3,00 m und bei den Mikropfählen zur Rückverankerung im Abstand von ≤ 2,20 m Distanzhalter einzubauen (siehe Abbildung 5.2).

Distanzhalter	Stahltragglied	Neigung der Pfähle	Abstand der Distanzhalter[1]	Bemerkungen
Federkorb- oder Segment-distanz-halter[2]	1 Ø 20 mm 1 Ø 25 mm 1 Ø 28 mm 1 Ø 32 mm 1 Ø 40 mm 1 Ø 50 mm	0° (vertikal) - 15°	≤ 3,0 m	Abmessungen der Distanzhalter, vgl. Anlage 1 bzw. 2
		16° - 45°	≤ 2,6 m	
		46° - 80°	≤ 2,2 m	
Federkorb-distanz-halter[2]	Mehrstabpfähle nach Abschnitt 2.1.1 (3)	siehe Anlage 3		Abmessungen der Distanzhalter, vgl. Anlage 3

[1] jeweils mindestens 3 Distanzhalter
[2] Wenn die Wanddicke des Anfängerrohrs der Verrohrung größer oder gleich der Zementsteinüberdeckung c ist, kann in nichtbindigen Böden gemäß DIN EN 1997-1 in Verbindung mit DIN EN 1997-1/NA und DIN 1054, Abschnitt 3.1, auf Distanzhalter verzichtet werden.

Abbildung 5.2: Tabelle 3 [26] DYWIDAG GEWI-Pfähle, AbZ: Z-32.1-2

Bei den Mikropfählen, die zur Rückverankerung dienen, sind die Muffen zur Verbindung der Stahltraglieder mit Muttern zu kontern.

Durch die Herstellung im Pilgerschritt weisen die Mikropfähle zur Rückverankerung und Tiefgründung teils einen Abstand von 1,00 m auf. Aufgrund der geringen rechnerischen Ausnutzungsgrade (μ ≤ 67% am Zugpfahl), geometrisch bedingt erhöhten Länge und hohen Tragfähigkeit des anstehenden Grundgebirges wird auf eine Abminderung aus etwaiger Gruppenwirkung verzichtet.

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

5.2.1 Verankerung der Mikropfähle im Bauwerk

Die Verankerung des Pfahlkopfes im Bauwerk erfolgt über Zusatzbewehrung aus einem Wendel und einer Ankerplatte (S235).

Verankerung der Mikropfähle zur Rückverankerung der Wand (Ø28)

Wendel: Ø6 / n = 4
Ganghöhe: a = 40 mm
Durchmesser: b = 145 mm

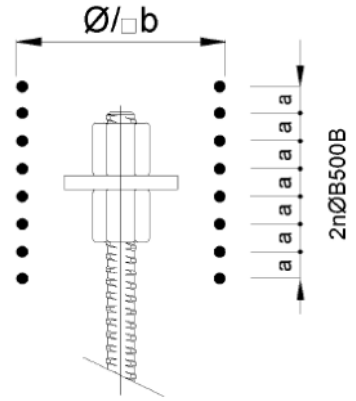


Abbildung 5.3: Plattenverankerung, Wechsellast, Anlage 22 [27]

Verankerung der Mikropfähle zur Rückverankerung des Gründungsbalkens (Ø28)

Wendel: Ø6 / n = 4
Ganghöhe: a = 40 mm
Durchmesser: b = 145 mm

Achsabstand Pfahl zu Pfahl: A = 165 mm

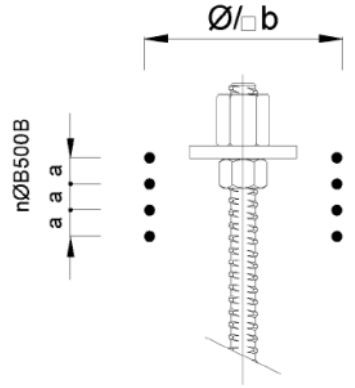


Abbildung 5.4: Plattenverankerung, Zug, Anlage 22 [27]

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Verankerung der Mikropfähle zur Tiefgründung (Ø50)

Wendel: Ø10 / n = 5
Ganghöhe: a = 45 mm
Durchmesser: b = 250 mm

Achsabstand Pfahl zu Pfahl: A = 270 mm

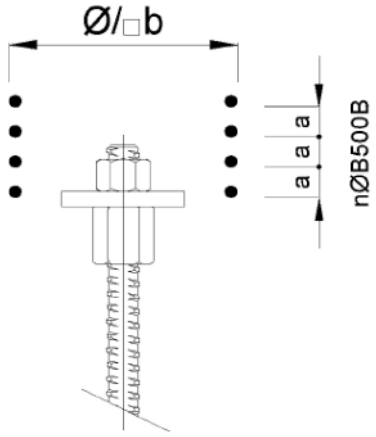


Abbildung 5.5: Plattenverankerung, Druck, Anlage 22 [27]

5.2.2 Nachweis der Krafteinleitung in den Verpresskörper

f_{bd} = 1,4 N/mm² (C16/20)

l_b = Ø / 4 · f_{yd} / f_{bd}
= 28 / 4 · 435 / 1,4 = 2,18 m ≤ 5,00 m Mindesteinbindung ✓

l_b = Ø / 4 · f_{yd} / f_{bd} · (132 – Ø)/100
= 50 / 4 · 435 / 1,4 · (132 – 50)/100 = 3,18 m ≤ 5,00 m Mindesteinbindung ✓

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAL\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

5.2.3 Nachweise Stahlzugglied und Mantelreibung (Rückverankerung)

Pfahlkraft aus den Auflagerreaktionen (Tabelle 5-2):
$N_d = E_d / \cos \alpha$

Der Nachweis der **Verankerungslänge** im Grundgebirge wird wie folgt geführt:
$R_{t,d} = \pi \cdot D \cdot q_{s,k} \cdot L_{tb} / (\gamma_{s,t} \cdot \mu_M) =$ **335 kN**
$\mu_t = N_d / R_{t,d}$

mit

$\gamma_{s,t}$	= 1,15	Teilsicherheitsbeiwert Mantelwiderstand (Zug)
μ_M	= 1,25	Modellfaktor für verpresste Zugpfahlsysteme
$q_{s,k}$	= 250 kN/m²	Mantelreibung, siehe 2.4.1
D	= 0,160 m	Durchmesser des Verpresskörpers
L_{tb}	= 5,00 m	Verankerungslänge im Grundgebirge

Der Nachweis des **Stahlzugglieds** wird nach [26] geführt:
$R_{M,d} = \pi \cdot (Ø/2)^2 \cdot f_{yd} / \gamma_M =$ **233 kN**
$\mu_M = N_d / R_{M,d}$

mit

γ_M	= 1,15	Teilsicherheitsbeiwert Materialfestigkeit
f_{yd}	= 435 N/mm²	Bemessungswert Fließspannung B500B

5.2.3.1 Wand

Pfahlneigung α = 35°
Pfahlabstand a = 2,00 m

Tabelle 5-3: Übersicht Nachweise Mikropfähle Rückverankerung Wand

Element	Einwirkung	Pfahlkraft	Mantelreibung	Stahlzugglied
	$E_{d,y}$ [kN]	N_d [kN]	μ_t [-]	μ_M [-]
2	35,0	42,7	0,13	0,18
3	75,0	91,5	0,27	0,39
4	100,0	122,0	0,36	0,52
5	120,0	146,5	0,44	0,63
6	185,0	225,8	0,67	0,97
7	170,0	207,5	0,62	0,89

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

5.2.3.2 Gründungsbalken

Pfahlneigung α = 60°
Pfahlabstand a = 1,00 m (bzw. bei Element 1 a = 2,00 m)

Tabelle 5-4: Übersicht Nachweise Mikropfähle Rückverankerung Gründungsbalken

Element	Einwirkung	Pfahlkraft	Mantelreibung	Stahlzugglied
	$e_{d,y}$ [kN/m]	N_d [kN]	μ_t [-]	μ_M [-]
1	45,0	180,0	0,54	0,78
2	25,0	50,0	0,15	0,21
3	35,0	70,0	0,21	0,30
4	45,0	90,0	0,27	0,39
5	50,0	100,0	0,30	0,43
6	50,0	100,0	0,30	0,43
7	90,0	180,0	0,54	0,77

5.2.4 Nachweise Knicken und Mantelreibung (Tiefgründung)

Pfahlneigung α = 90°
Pfahlabstand a = 1,00 m (bzw. bei Element 1 a = 2,00 m)
Durchmesser Stahltragglied Ø = 50 mm
Höhe der weichen Bodenschicht H = 6,00 m

Der Nachweis der Verankerungslänge erfolgt wie bei der Rückverankerung. Für das Stahlzugglied wird ein Knicknachweis geführt, da hier die Stabilität maßgebend wird. Der Nachweis erfolgt unter Ansatz einer horizontalen Bodenstützung (siehe 2.4.1) nach dem Verfahren von Vogt [28] [29].

$N_{b,Rd}$ = 379,6 kN Bemessungswert des Widerstandes gegen Biegeknicken (siehe 6.3)

Die Einwirkung setzt sich zusammen aus der in z-Richtung wirkenden Auflagerreaktionen und den jeweiligen Veritkalanteilen der Pfähle zur Rückverankerung in Wand und Gründungsbalken.

$$N_d = (e_{d,z} + (N_{d,Wand} \cdot \sin \alpha / a) + (N_{d,Gründungsbalken} \cdot \sin \alpha / a)) \cdot a$$

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Tabelle 5-5: Übersicht Nachweise Mikropfähle Tiefgründung

Element	Einwirkung			Pfahlkraft	Mantelreibung	Knicken
	$e_{d,z}$ [kN/m]	$n_{d,W}$ [kN/m]	$n_{d,G}$ [kN/m]	N_d [kN]	μ_t [-]	μ_{cr} [-]
1	70,0	-	77,9	295,8	0,88	0,78
2	60,0	12,3	43,3	115,6	0,34	0,30
3	65,0	26,3	60,6	151,9	0,45	0,40
4	75,0	35,0	77,9	188,0	0,56	0,49
5	80,0	42,0	86,6	208,6	0,62	0,55
6	95,0	64,8	86,6	246,4	0,74	0,65
7	110,0	59,5	155,9	325,4	0,97	0,86

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAL\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

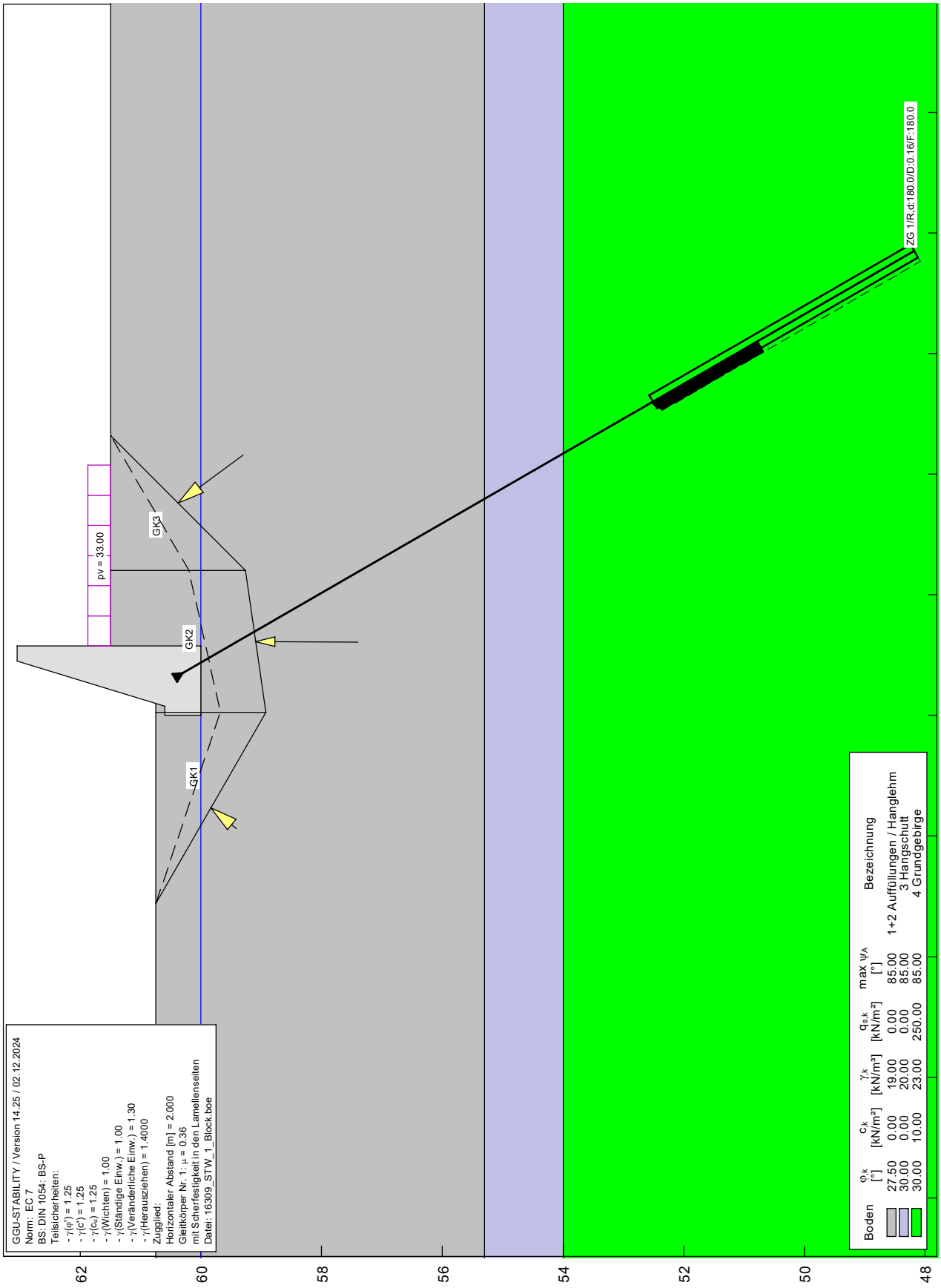
5.3 Geländebruchberechnung (GEO3)

Der Nachweis der Geländebruchsicherheit wird an den beiden maßgebenden Element 1 und 7 geführt. Element 1 weist nur eine Rückverankerung und die geringste Einbindung auf, wobei an Element 7 die höchste Stützhöhe abgebildet wird.

Gemäß [14] werden Geländebruchberechnungen mit drei verschiedenen Verfahren (Blockgleitmethode, Kreisgleitflächen nach Bishop und Starrkörperbruchmechanismus) untersucht.

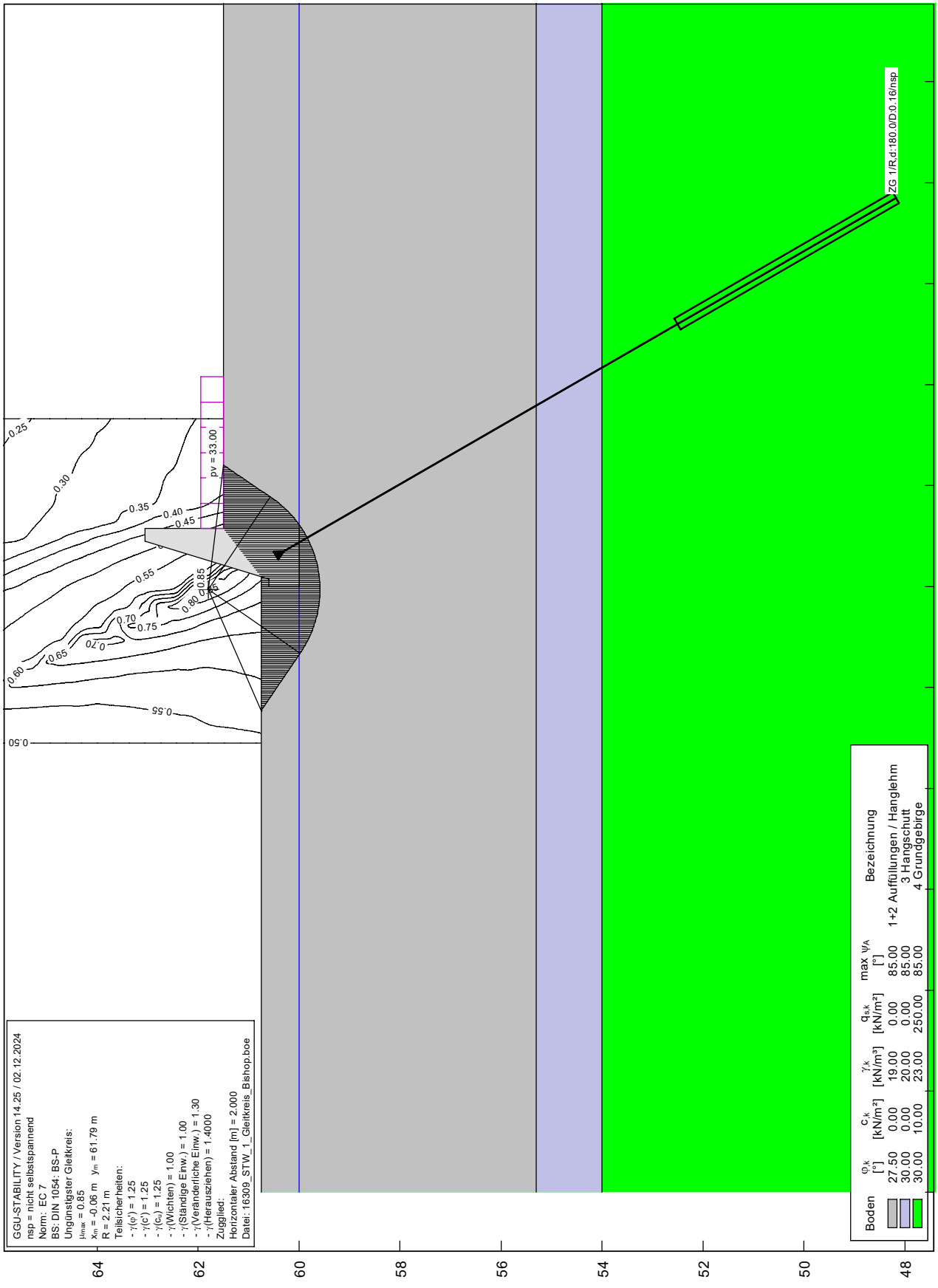
Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAL\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held



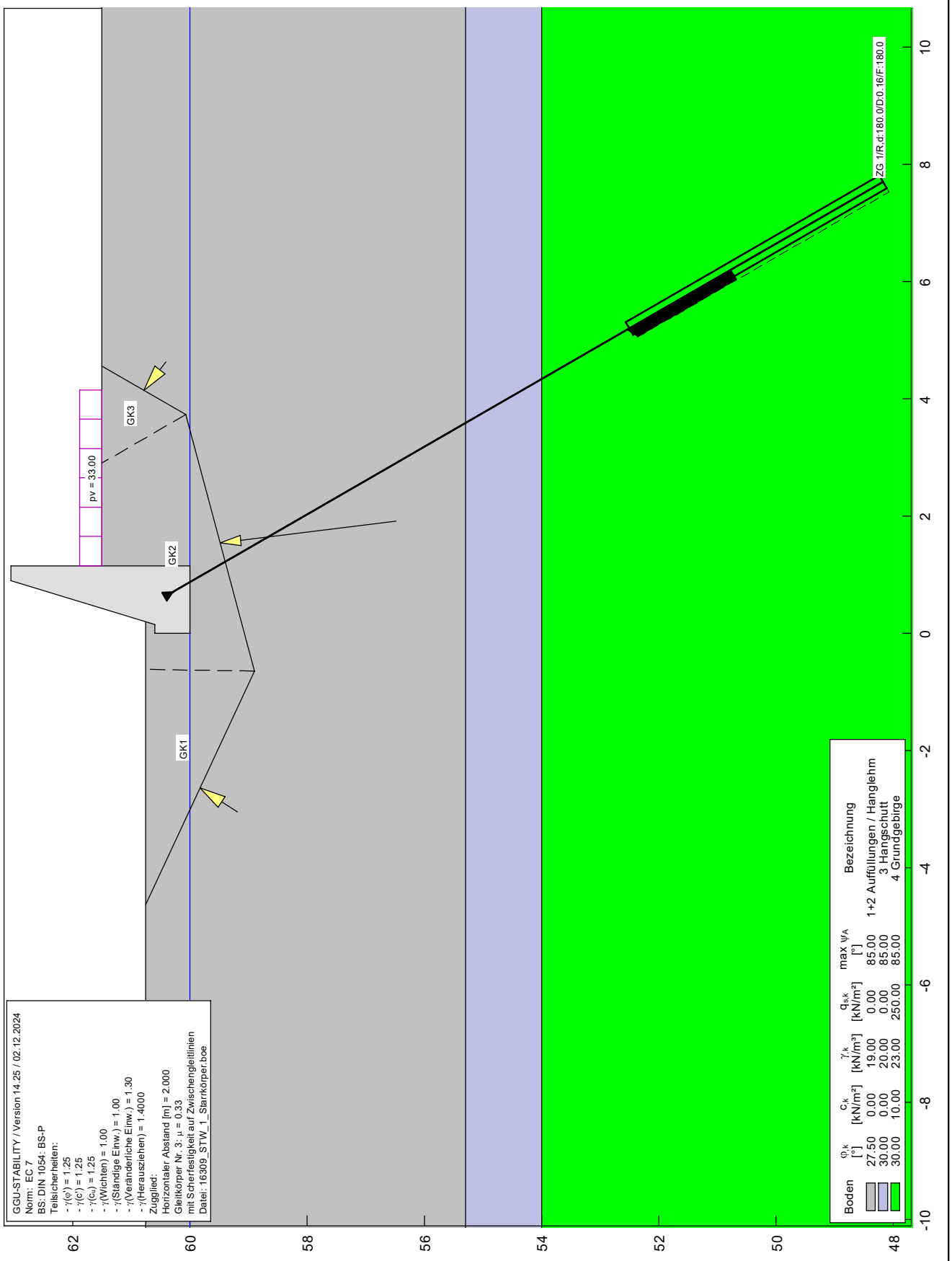
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum, Kassenberger Straße	Auftragnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum, Tiefbauamt 66.31	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025



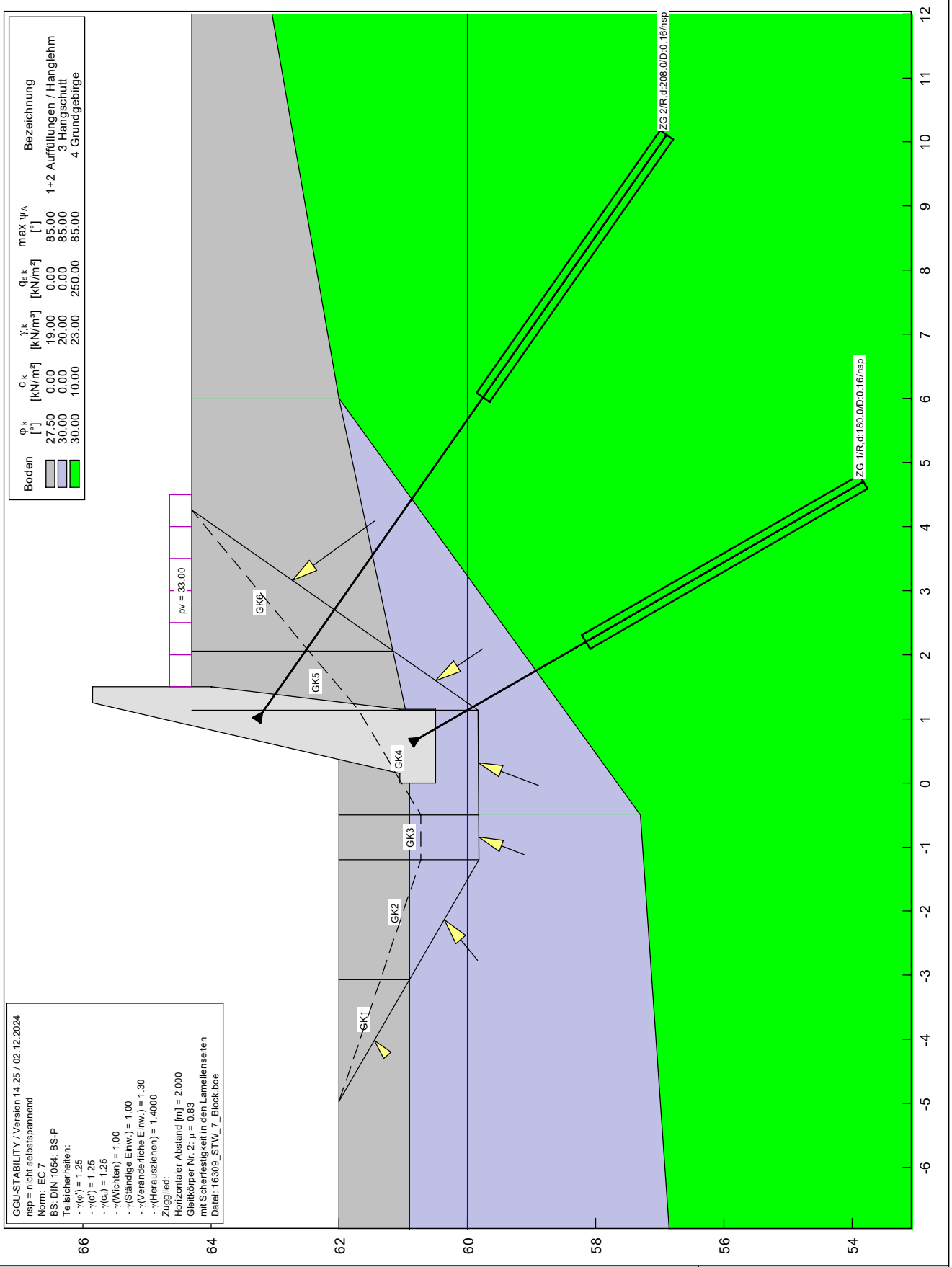
Bauteil:	Stützwand	Seite:	163
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv-Nr.:	
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held



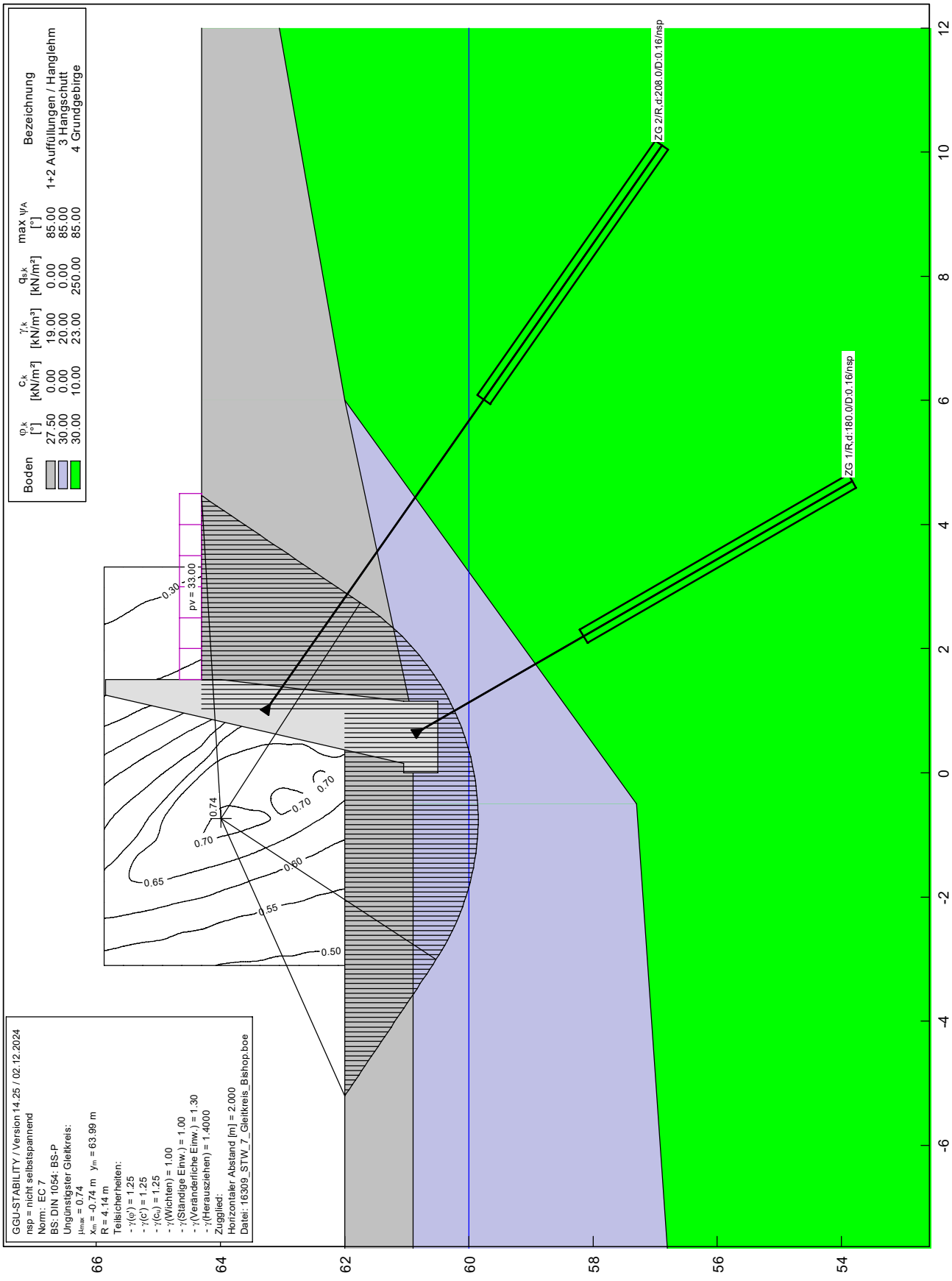
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum, Kassenberger Straße	Auftragnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum, Tiefbauamt 66.31	1 6 3 0 9 - C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH	Datum:	05/2025



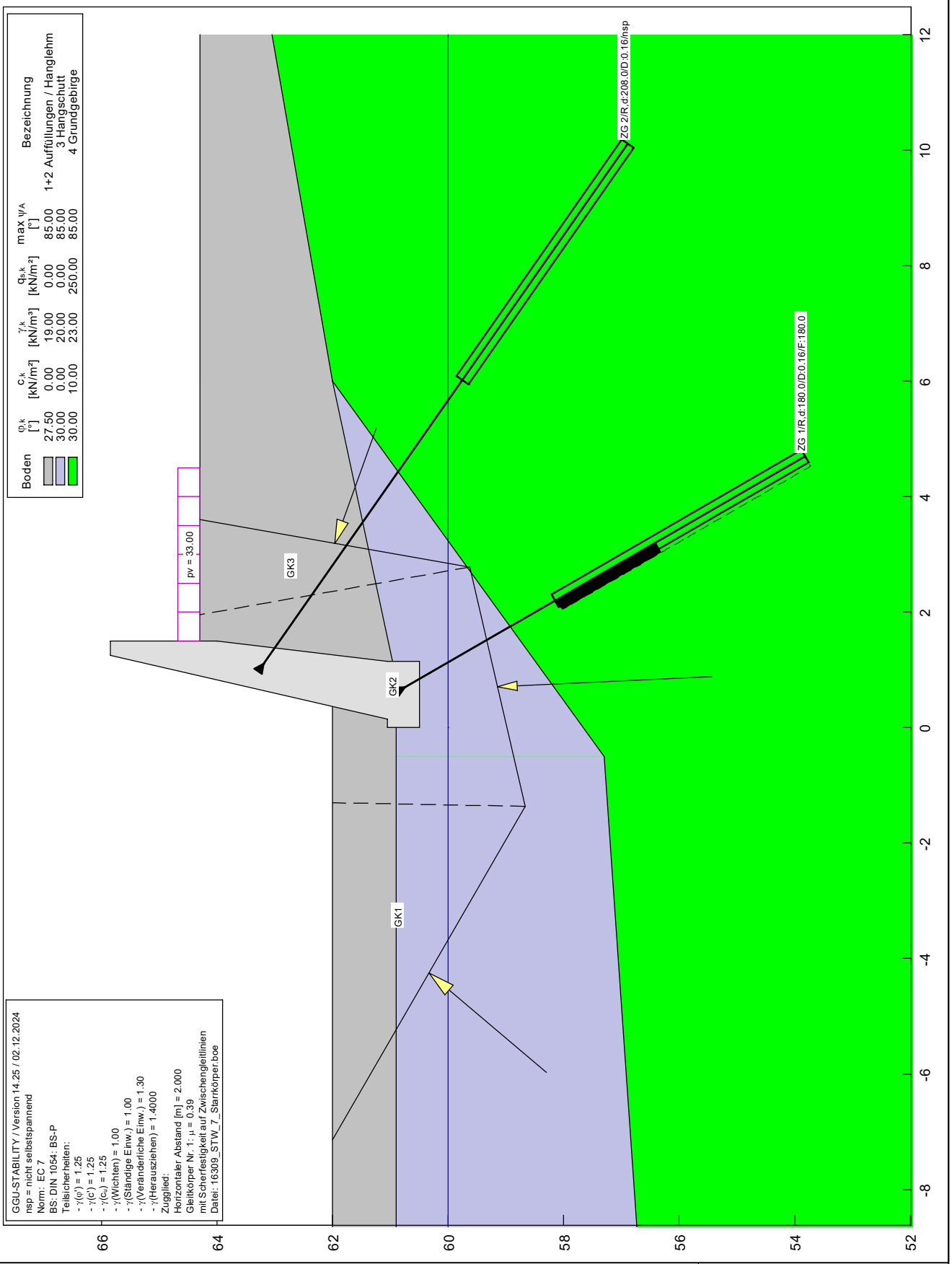
Bauteil:	Stützwand	Seite:	165
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv-Nr.:	
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Baumaßnahme:	Stützwandsanierung, Bochum, Kassenberger Straße							Auftragnummer:	
Bauherr:	Stadt Bochum, Tiefbauamt 66.31	1	6	3	0	9	-	C	
Aufsteller:	ICG Ingenieure GmbH							Datum:	07/2025



Bauteil:	Stützwand	Seite:	167
Kapitel:	Statische Berechnungen	Archiv-Nr.:	
Vorgang:	Genehmigungsstatik		

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

6 Anlagen Planung und Berechnung

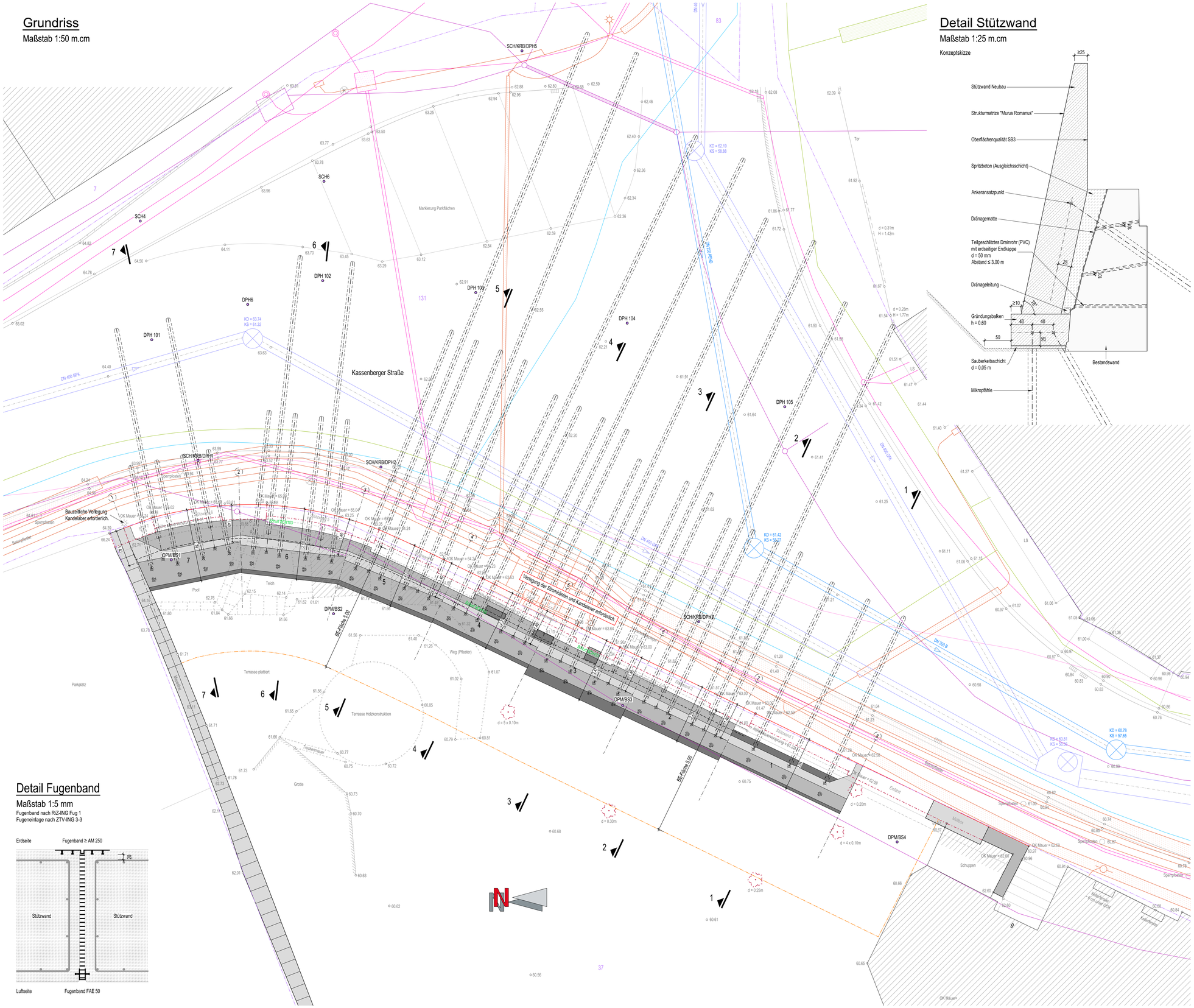
6.1 Pläne Baugrubenverbau

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAL\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

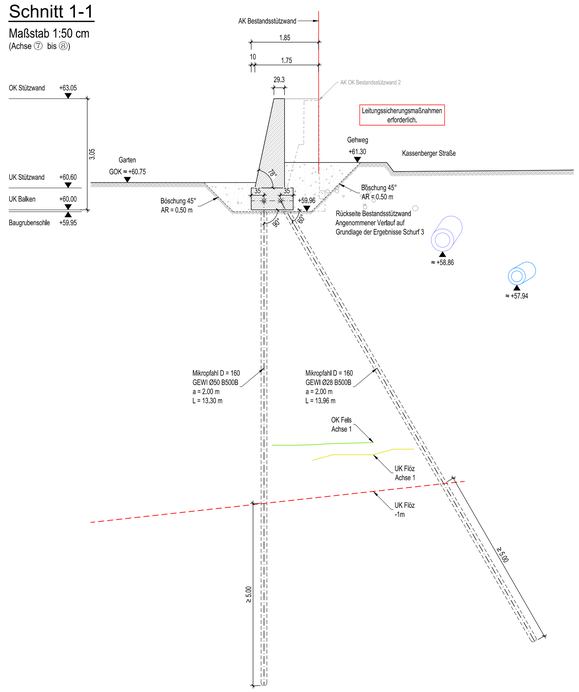
Grundriss

Maßstab 1:50 m.cm


SCH/KRB/DPH5
SCH6
SCH4
DPH 102
DPH6
DPH 101
DPH 109
DPH 104
DPH 105
SCH/KRB/DPH1
SCH/KRB/DPH2
SCH/KRB/DPH3
DPM/BS1
DPM/BS2
DPM/BS3
DPM/BS4
Kassenberger Straße
Markierung Parkflächen
KD = 62.19
KS = 58.88
KD = 63.74
KS = 61.32
KD = 61.42
KS = 59.27
KD = 60.81
KS = 57.96
KD = 60.78
KS = 57.65
DN 400 GFK
DN 600 STZ
DN 400 STZ
DN 300 B
Bauzäunung
Bauzäunung
Bauzäunung

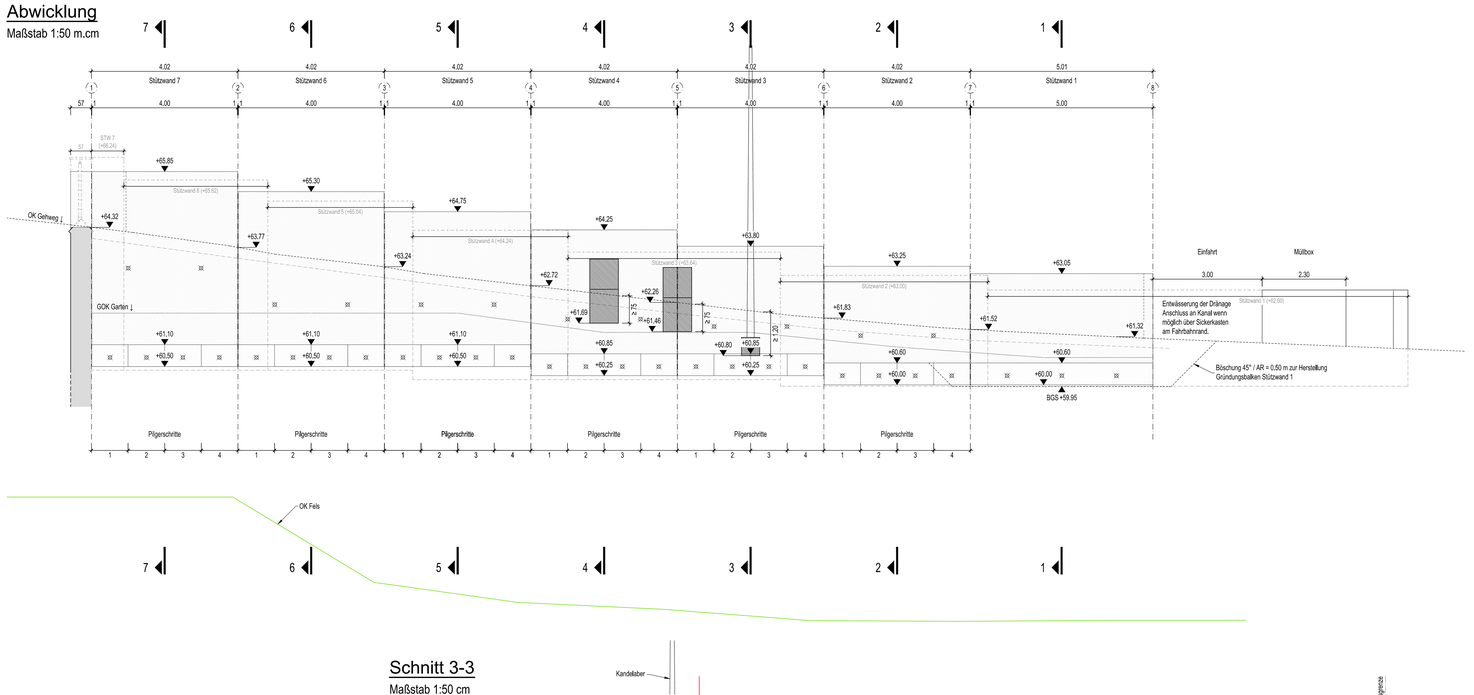
Schnitt 1-1

Maßstab 1:50 cm
(Achse ⑦ bis ⑥)



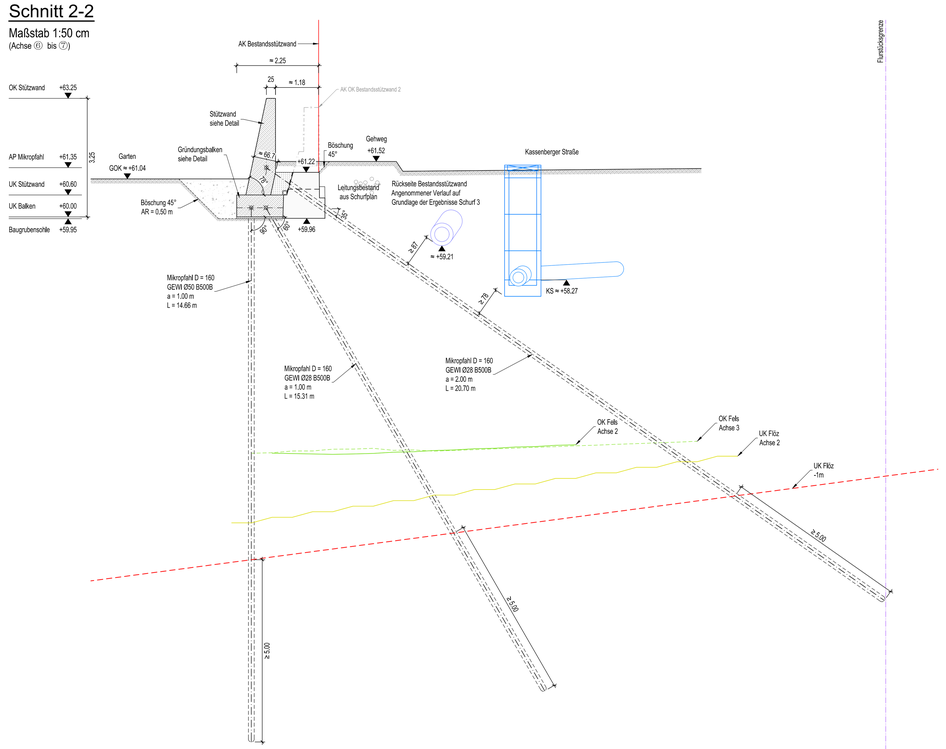
Abwicklung

Maßstab 1:50 m.cm



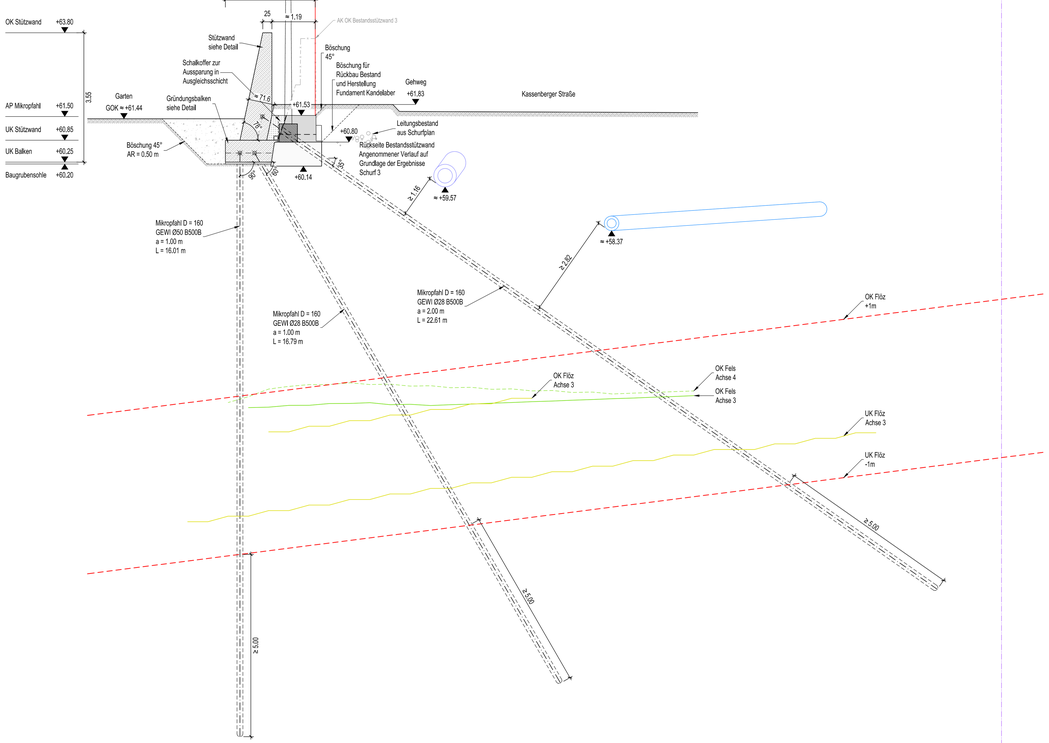
Schnitt 2-2

Maßstab 1:50 cm
(Achse ⑥ bis ⑦)



Schnitt 3-3

Maßstab 1:50 cm
(Achse ⑤ bis ⑥)



BEZUGSSYSTEME

Als Grundlage gilt der Lage- und Höhenplan Amt für Geoinformation, Liegenschaft und Kataster der Stadt Bochum.

Lagebezugssystem:	ETRS89	UTM-Zone Europa
Höhenbezugssystem:	DE_DHHN92_NHN	Höhenstatus 160

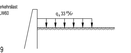
Sofern Lagen oder Höhen aus (Bestands-)Plänen übernommen werden, so erfolgt keine Anpassung abweichender Bezugssysteme.
Alle im Plan angegebenen Höhen und Lagen sind vor Ort und Ausführung zu verifizieren.

PLANUNGSGRUNDLAGEN

Stadt Bochum, Amt für Geoinformation, Liegenschaften und Kataster:	Vermessertechnischer Lage- und Höhenplan vom 30.04.2024 Auftrag Profile und Schürfe vom 21.06.2024 Stadtgrundkarte Eigentum vom 05.07.2019
ICG Ingenieure GmbH:	Koordinierter Leitungsplan vom 13.11.2024 Geotechnischer Bericht vom 10.04.2025

LASTANGABEN

Verkehrsfläche SLW60



LEGENDE

- Flurstücksgrenze
- AK Bestandsstützwand
- Nachbargebäude
- BE-Fläche
- Bestandsbauwerk
- Felshorizont
- Schurf
- Abbruch

LEITUNGEN

- Wasser
- Gas
- Strom
- Telekommunikation Glasfaser
- Telekommunikation Telekom
- Telekommunikation Vodafone
- Regenwasserkanal
- Mischwasserkanal

MATERIALGÜTEN

Expositionsklassen:	Wand	XC4, XD3, XA1, XF2, WA	Betondeckung:	Wand	c_{nom} = 55 mm
	Gründungsbalken	XC2, XA1, WA		Gründungsbalken	c_{nom} = 55 mm
	Mikropfähle	XC2, XA1, WA		Mikropfähle	c_{nom} = 40 mm
Betongüte:	Wand	C30/37	Bewehrungsstahl:	Stabstahl	B500B
	Gründungsbalken	C30/37		Mikropfähle	B500B

ALLGEMEINER BAUABLAUF

Vorbereitende Maßnahmen:

- Rückbau Stützwand im Eingangsbereich zur Kassenberger Str. 9 und Zuwegung zum Garten.
- Rodung des Baumbestands im Garten.
- Rückbau Pool, Teich und Gartenhaus.
- Herstellung einer standsicheren Arbeitsebene für die Bohrarbeiten.
- Gegebenenfalls Leitungsverlegung/-sicherung.

Phase 1 Gründung / Rückverankerung:

- Herstellung der Mikropfähle für Gründung und Rückverankerung von GOK Garten.
- Herstellung des Gründungsbalkens im Pilgerschrittverfahren.

Phase 2 Wand:

- Einrichten der Verkehrssicherung.
- Ersetzen der Verteilerkästen und Laternen durch ein Provisorium.
- Leitungssicherungsmaßnahmen im Gehwegbereich.
- Rückbau und Fassen Gehwegplatten.
- Rückbau oberer Teil der Bestandswand.
- Entwässerungsbohrungen in der Bestandswand.
- Einbau Dränmatten und Dränageleitung.
- Aufbringen der Spritzbetonausgleichsschicht.
- Betonieren der Wand.
- Betonieren der Brüstung.

Phase 3 Fertigstellung / Ausrüsten:

- Verlegen der Verteilerkästen und Laterne.
- Verfüllen hinter der Stützwand und Wiederherstellen des Gehwegs.
- Rückbau Verkehrssicherung.

HINWEISE allgemein

- Endgültige Lage und Ausbildung der Stützwand nur nach freigegebenen Ausführungsplänen.
- Bauwerkskonturen aller Bestandsbauwerke und umgebende bauliche Verkehrsanlagen sind hier nur nachrichtlich dargestellt. Die exakte Lage und Ausbildung der baulichen Anlagen ist eigenverantwortlich vor Baubeginn zu überprüfen.
- Hindernisse im Baugrund, infolge alter Bauwerksreste (Stahl, Stahlbeton, etc.), können nicht ausgeschlossen werden.
- Die Kanäle und Leitungen sind nachrichtlich dargestellt. Vor Rückbau der Bestandswand und Herstellung der Mikropfähle sind Leitungsverlegungs- und Sicherungsmaßnahmen erforderlich. Die betroffenen Leitungsbetreiber sind frühzeitig in die Verlegungsplanung mit einzubinden.
- Vor Beginn der Bohrarbeiten ist die Leitungsfreiheit zu gewährleisten.
- Bei Erd-, Anker- und Bohrarbeiten mit geringem Abstand zu Leitungen und Kanälen sind die Anforderungen der Betreiber zu beachten.
- Die Stützwand liegt in Teilbereichen auf / unter Nachbargrundstücken und / oder öffentlichen Flächen. Eine Gestattung der Eigentümer ist erforderlich.
- Vor Beginn der Ausführung wird ein Beweissicherungsverfahren für angrenzende Bauwerke, Verkehrsflächen und Kanäle empfohlen.
- Ein bauzeitlich begleitendes Grundwasser- und Verformungsmonitoring der Bestandswände (Beobachtungsmethode) ist vorzusehen.
- Die beengten räumlichen Verhältnisse der geplanten Baumaßnahme sowie die erschwerte Zugänglichkeit des Baufelds sind zu beachten. Die Auswahl der Geräte für die Herstellung ist entsprechend anzupassen.
- Die Angaben und Hinweise im Geotechnischen Bericht sind zu beachten.
- Baugrundprofil gemäß Abstimmung mit dem geotechnischen Gutachter. Sämtliche baugrundtechnischen Angaben dienen nur zur Voriinformation. Im Zuge der Ausführung ist ein Abgleich der tatsächlichen Bodenschichtung mit den in der Statik angesetzten Bemessungsprofilen durchzuführen. Abweichungen sind der örtlichen Bauüberwachung des Bauherrn und dem Tragwerksplaner unverzüglich mitzuteilen.
- Hinsichtlich der Standsicherheit der Böschungen sind die Mindestabstände gemäß EAB (EB55, EB56 und EB57) sowie der DIN 4124 zu beachten.
- Hinterfüllungen sind mit leichtem Gerät (Vibrationsplatten ≤ 250 kg) zu verdichten.
- Eine wasserrechtliche Genehmigung für die Arbeiten ist vom AN unter Berücksichtigung der im Zuge der Ausführung eingesetzten Baustoffe / Verfüllmaterialien einzuholen.
- Grundsätzlich ist bauzeitlich anfallendes Oberflächenwasser in ausreichender Entfernung von der Wandkante zu fassen und abzuleiten.
- Für die Herstellung des Gründungsbalken wird voraussichtlich eine bauzeitliche Restwassserhaltung erforderlich.
- Die Planung und Dimensionierung sämtlicher Wasserhaltungsmaßnahmen liegt im Verantwortungsbereich des AN und ist grundsätzlich mit dem Geotechnischen Gutachter abzustimmen.
- Die Zulassungen des gewählten Mikropfahlsystems sind zu beachten.
- Die Mikropfähle sind für eine Nutzungsdauer von bis zu 100 Jahren auszulegen und mit einem entsprechenden Dauerkorrosionsschutz zu versehen.
- Für die Mikropfähle sind Eignungs- und Abnahmeprüfungen gemäß DIN EN 14199 erforderlich.
- Die im Geotechnischen Bericht angegebenen Pfahlwiderstände sind durch Probebelastungen zu verifizieren.
- Die Bohrungen sind vernährt auszuführen.

Zugehörige Pläne:	
09.05.2025	2619-ICG-LP4-STW-X-GR-001
09.05.2025	2619-ICG-LP4-STW-X-SN-002
09.05.2025	2619-ICG-LP4-STW-X-SN-003

Prüfingenieur:	Prüfstempel:

Index	Datum	Name	Änderung	Gepr.
00	09.05.2025	ivo	Planerstellung	Ri

Planverfasser:	Bauausführung:
ICG Ingenieure GmbH Theodorstraße 178 40472 Düsseldorf	
Bauherr: STADT BOCHUM	Tiefbauamt Abt. Stadtbahn u. konstr. Ingenieurbau Technisches Rathaus, Hans-Böckler-Str. 19, 44777 Bochum

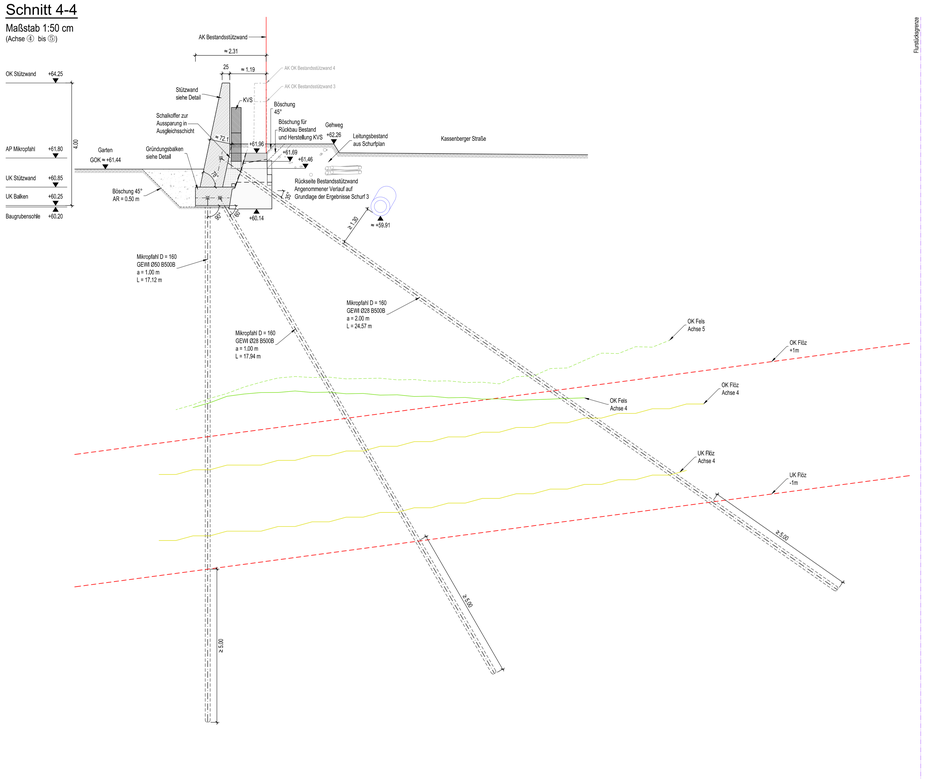
Bauwerk Nr.:	2619
Lage:	Kassenberger Straße 9
Projekt:	Stützwand Kassenberger Straße 9
Beschreibung:	Sanierung der Stützwand Bauwerk 2619
Baumaßnahme:	Sanierung Stützwand
Darstellungsweise:	Schnitte 1-1 bis 3-3, Abwicklung

Sichtvermerke		Maßstab	Plannummer
Bearb.:	Ri	DIN A0 + 190	2619-ICG-LP4-STW-X-SN-001-00
Gez.:	ivo	1:50	
Datum:	09.05.2025	Datei:	2619-ICG-LP4-STW-X-SN-001-00.pdf

ICG Ingenieure GmbH
Ingenieurbüro für Geotechnik, Tunnelbau und Umwelt
Theodorstraße 178 · 40472 Düsseldorf
Tel. +49 211 519430 · Fax +49 211 5194320
Verf.: Dipl.-Phys. Markus Kretz
Datum: 09.05.2025

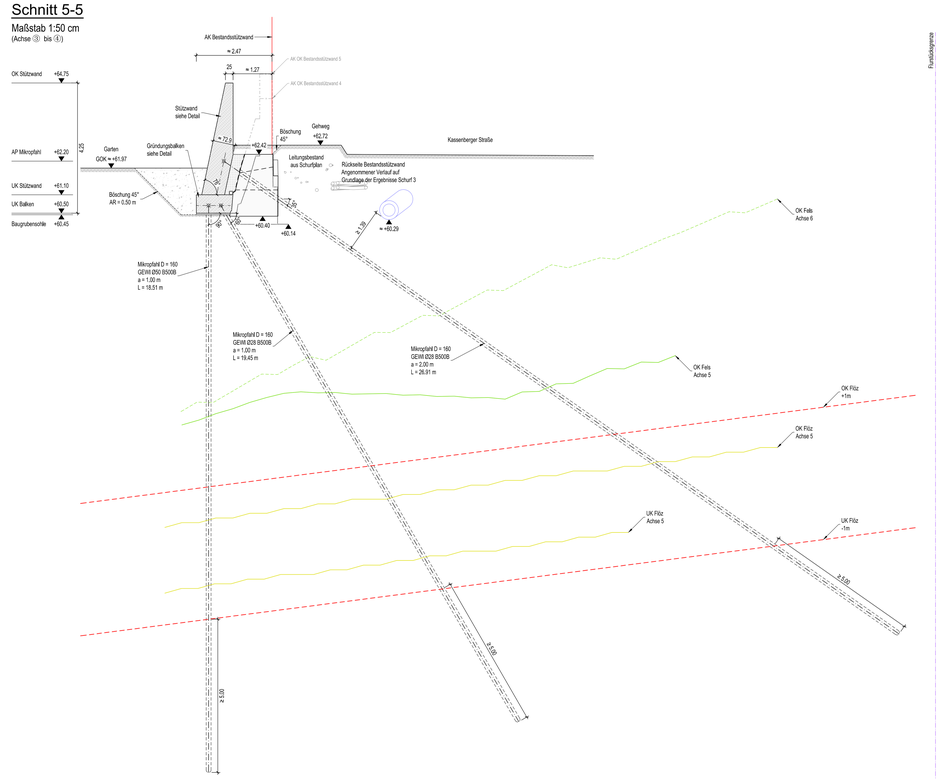
Schnitt 4-4

Maßstab 1:50 cm
(Achse ④ bis Ⓑ)



Schnitt 5-5

Maßstab 1:50 cm
(Achse ③ bis Ⓐ)



HINWEISE allgemein

- Endgültige Lage und Ausbildung der Stützwand nur nach freigegebenen Ausführungsplänen.
- Bauwerkskonturen aller Bestandsbauwerke und umgebende bauliche Verkehrsanlagen sind hier nur nachrichtlich dargestellt. Die exakte Lage und Ausbildung der baulichen Anlagen ist eigenverantwortlich vor Baubeginn zu überprüfen.
- Hindernisse im Baugrund, inbäge alter Bauwerkreste (Stahl, Stahlbeton, etc.), können nicht ausgeschlossen werden.
- Die Kanäle und Leitungen sind nachrichtlich dargestellt. Vor Rückbau der Bestandswand und Herstellung der Mikropfähle sind Leitungverlegungs- und Sicherungsmaßnahmen erforderlich. Die betroffenen Leitungsbetreiber sind frühzeitig in die Verlegungsplanung mit einzubinden.
- Vor Beginn der Bohrarbeiten ist die Leitungsfreiheit zu gewährleisten.
- Bei Erd-, Anker- und Bohrarbeiten mit geringem Abstand zu Leitungen und Kanälen sind die Anforderungen der Betreiber zu beachten.
- Die Stützwand liegt in Teilbereichen auf / unter Nachbargrundstücken und / oder öffentlichen Flächen. Eine Gestattung der Eigentümer ist erforderlich.
- Vor Beginn der Ausführung wird ein Beweissicherungsverfahren für angrenzende Bauwerke, Verkehrsflächen und Kanäle empfohlen.
- Ein bauzeitlich begleitendes Grundwasser- und Verformungsmonitoring der Bestandswände (Beobachtungsmethode) ist vorzusehen.
- Die beengten räumlichen Verhältnisse der geplanten Baumaßnahme sowie die erschwerte Zugänglichkeit des Baufelds sind zu beachten. Die Auswahl der Geräte für die Herstellung ist entsprechend anzupassen.
- Die Angaben und Hinweise im Geotechnischen Bericht sind zu beachten.
- Baugrundprofil gemäß Abstimmung mit dem geotechnischen Gutachter. Sämtliche baugrundtechnischen Angaben dienen nur zur Vorinformation. Ihr Zuge der Ausführung ist ein Abgleich der tatsächlichen Bodenschichtung mit den in der Statik angesetzten Bemessungsprofilen durchzuführen. Abweichungen sind der örtlichen Bauüberwachung des Bauherrn und dem Tragwerksplaner unverzüglich mitzuteilen.
- Hinsichtlich der Standsicherheit der Böschungen sind die Mindestabstände gemäß EAB (EB55, EB56 und EB57) sowie der DIN 4124 zu beachten.
- Hinterfüllungen sind mit leichten Gerät (Vibrationsplatten ≤ 250 kg) zu verdichten.
- Eine wasserrechtliche Genehmigung für die Arbeiten ist vom AN unter Berücksichtigung der im Zuge der Ausführung eingesetzten Baustoffe / Verfüllmaterialien einzuholen.
- Grundsätzlich ist bauzeitlich anfallendes Oberflächenwasser in ausreichender Entfernung von der Wandkante zu fassen und abzuleiten.
- Für die Herstellung des Gründungsbalken wird voraussichtlich eine bauzeitliche Restwasserhaltung erforderlich.
- Die Planung und Dimensionierung ständiger Wasserhaltungsmaßnahmen liegt im Verantwortungsbereich des AN und ist grundsätzlich mit dem Geotechnischen Gutachter abzustimmen.
- Die Zulassungen des gewählten Mikropfahlsystems sind zu beachten.
- Die Mikropfähle sind für eine Nutzungsdauer von bis zu 100 Jahren auszulegen und mit einem entsprechenden Dauerkorrosionsschutz zu versehen.
- Für die Mikropfähle sind Eignungs- und Abnahmeprüfungen gemäß DIN EN 14199 erforderlich.
- Die im Geotechnischen Bericht angegebenen Pfahlwiderstände sind durch Probebelastungen zu verifizieren.
- Die Bohrungen sind vermört auszuführen.

BEZUGSSYSTEME

Als Grundlage gilt der Lage- und Höhenplan Amt für Geoinformation, Liegenschaft und Kataster der Stadt Bochum.

Lagebezugssystem:	ETRS89	UTM-Zone Europa
Höhenbezugssystem:	DE_DHHN92_NHN	Höhenstatus 160

Sollen Lagen oder Höhen aus (Bestands-)Plänen übernommen werden, so erfolgt keine Anpassung abweichender Bezugssysteme.

Alle im Plan angegebenen Höhen und Lagen sind vor Ort und Ausführung zu verifizieren.

PLANUNGSGRUNDLAGEN

Stadt Bochum, Amt für Geoinformation, Liegenschaften und Kataster:	Vermessertechnischer Lage- und Höhenplan vom 30.04.2024 Auftrag5 Profile und Schürfe vom 21.06.2024 Stadtgrundkarte Eigentum vom 05.07.2019
ICG Ingenieure GmbH:	Koordinierter Leitungsplan vom 13.11.2024 Geotechnischer Bericht vom 10.04.2025

LASTANGABEN

Verkehrslast SLW60



LEGENDE

- Flurstücksgrenze
- AK Bestandsstützwand
- Nachbargebäude
- BE-Fläche
- Bestandsbauwerk
- Fließhorizont
- Schurf
- Abbruch

LEITUNGEN

- Wasser
- Gas
- Strom
- Telekommunikation Glasfaser
- Telekommunikation Telekom
- Telekommunikation Vodafone
- Regenwasserkanal
- Mischwasserkanal

MATERIALGÜTEN

Expositionsklassen:	Wand	XC4, XD3, XF2, WA	Betondeckung:	Wand	c_{nom} = 55 mm
	Gründungsbalken	XC2, XD2, WA		Gründungsbalken	c_{nom} = 55 mm
	Mikropfähle	XC2, XD2, WA		Mikropfähle	c_{nom} = 40 mm
Betongüte:	Wand	C30/37	Bewehrungsstahl:	Stabstahl	B500B
	Gründungsbalken	C30/37		Mikropfähle	B500B

ALLGEMEINER BAUABLAUF

Vorbereitende Maßnahmen:

- Rückbau Stützwand im Eingangsbereich zur Kassenberger Str. 9 uns Zuwegung zum Garten.
- Rodung des Baumbestands im Garten.
- Rückbau Pool, Teich und Gartenhaus.
- Herstellung einer standsicheren Arbeitsebene für die Bohrarbeiten.
- Gegebenenfalls Leitungsverlegung/-sicherung.

Phase 1 Gründung / Rückverankerung:

- Herstellung der Mikropfähle für Gründung und Rückverankerung von GOK Garten.
- Herstellung des Gründungsbalkens im Pilgerschrittverfahren.

Phase 2 Wand:

- Einrichten der Verkehrssicherung.
- Ersetzen der Verteilerlästen und Lattenen durch ein Provisorium.
- Leitungssicherungsmaßnahmen im Gehwegbereich.
- Rückbau und Fassen Gehwegplatten.
- Rückbau oberne Teil der Bestandswand.
- Entwässerungsbohrungen in der Bestandswand.
- Einbau Drämmatten und Dränageleitung.
- Aufbringen der Spritzbetonausgleichsschicht.
- Betonieren der Wand.
- Betonieren der Brüstung.

Phase 3 Fertigstellung / Ausrüsten:

- Verlegen der Verteilerlästen und Latterne.
- Verfüllen hinter der Stützwand und Wiederherstellen des Gehwegs.
- Rückbau Verkehrssicherung.

Zugehörige Pläne:

09.05.2025	2619-ICG-LP4-STW-X-GR-001
09.05.2025	2619-ICG-LP4-STW-X-SN-001
09.05.2025	2619-ICG-LP4-STW-X-SN-003

Prüfingenieur:

Prüfstempel:

Index	Datum	Name	Änderung	Gepr.
00	09.05.2025	ivo	Planerstellung	Ri

Planverfasser:

ICG Ingenieure GmbH
Theodorstraße 178
40472 Düsseldorf

Bauausführung:

Bauherr:

STADT BOCHUM

Tiefbauamt
Abt. Stadtbahn u. konstr. Ingenieurbau
Technisches Rathaus, Hans-Böckler-Str. 19, 44777 Bochum

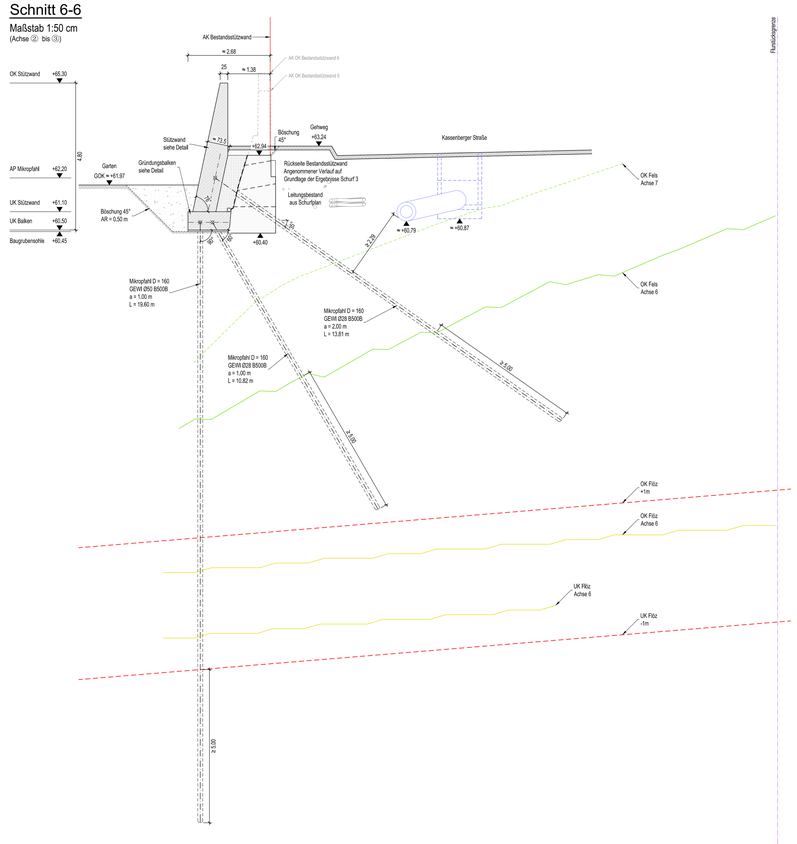
Bauwerk Nr.:	2619
Lage:	Kassenberger Straße 9
Projekt:	Stützwand Kassenberger Straße 9
Beschreibung:	Sanierung der Stützwand Bauwerk 2619
Baumaßnahme:	Sanierung Stützwand
Darstellungsweise:	Schnitte 4-4 bis 5-5

Sichtvermerke		Maßstab	Plannummer
Bearb.:	Ri	DIN A1 + 570 1:50	2619-ICG-LP4-STW-X-SN-002-00
Gez.:	ivo		
Datum:	09.05.2025	Datei:	2619-ICG-LP4-STW-X-SN-002-00.pdf

ICG Ingenieure GmbH
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Medicus
Theodorstr. 178 | 40472 Düsseldorf
Telefon: 0211/22 92 66-0 | Telefax: 0211/22 92 66-99
Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Markus Medicus | Amtsgericht Düsseldorf HRB 53 | USt-IdNr.: DE 119 | Steuer-Nr.: 105/5724 0119
Z:\Projekte\2619 Kassenberger Straße 9\Bauwerk\2025\05-05 KW 19\SW 2619 STW-X.dwg

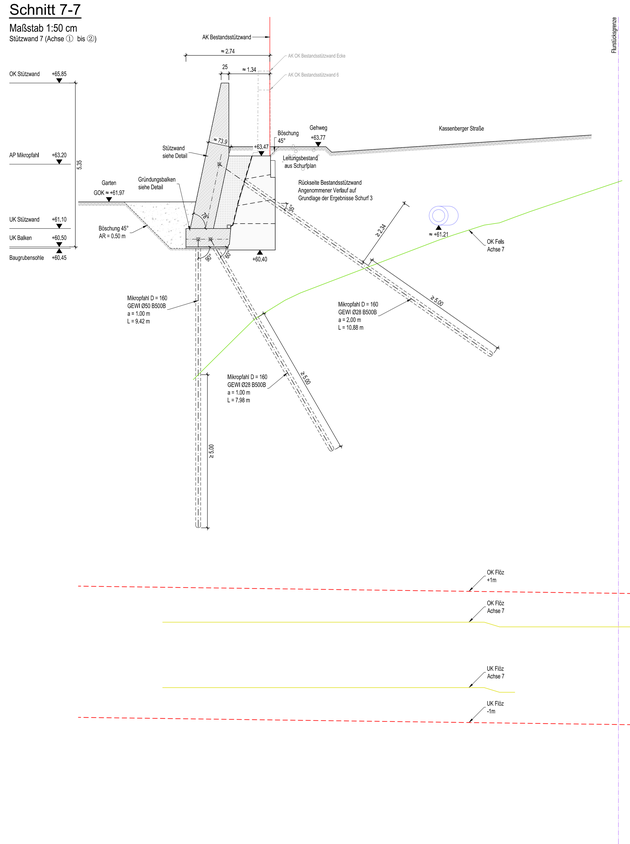
Schnitt 6-6

Maßstab 1:50 cm
(Achse ② bis ⑬)



Schnitt 7-7

Maßstab 1:50 cm
Stützwand 7 (Achse Ⓘ bis Ⓙ)



HINWEISE allgemein

- Endgültige Lage und Ausbildung der Stützwand nur nach freigegebenen Ausführungsplänen.
- Bauwerkskonturen aller Bestandsbauwerke und umgebende bauliche Verkehrsanlagen sind hier nur nachrichtlich dargestellt. Die exakte Lage und Ausbildung der baulichen Anlagen ist eigenverantwortlich vor Baubeginn zu überprüfen.
- Hindernisse im Baugrund, infolge alter Bauwerksreste (Stahl, Stahlbeton, etc.), können nicht ausgeschlossen werden.
- Die Kanäle und Leitungen sind nachrichtlich dargestellt. Vor Rückbau der Bestandswand und Herstellung der Mikropfähle sind Leitungsverlegungs- und Sicherungsmaßnahmen erforderlich. Die betroffenen Leitungsbetreiber sind frühzeitig in die Verlegungsplanung mit einzubinden.
- Vor Beginn der Bohrarbeiten ist die Leitungsfreiheit zu gewährleisten.
- Bei Erd-, Anker- und Bohrarbeiten mit geringem Abstand zu Leitungen und Kanälen sind die Anforderungen der Betreiber zu beachten.
- Die Stützwand liegt in Teilbereichen auf / unter Nachbargrundstücken und / oder öffentlichen Flächen. Eine Gestattung der Eigentümer ist erforderlich.
- Vor Beginn der Ausführung wird ein Beweissicherungsverfahren für angrenzende Bauwerke, Verkehrsflächen und Kanäle empfohlen.
- Ein bauzeitlich begleitendes Grundwasser- und Verformungsmonitoring der Bestandswände (Beobachtungsmethode) ist vorzusehen.
- Die beengten räumlichen Verhältnisse der geplanten Baumaßnahme sowie die erschwerte Zugänglichkeit des Baufelds sind zu beachten. Die Auswahl der Geräte für die Herstellung ist entsprechend anzupassen.
- Die Angaben und Hinweise im Geotechnischen Bericht sind zu beachten.
- Baugrundprofil gemäß Abstimmung mit dem geotechnischen Gutachter. Sämtliche baugrundtechnischen Angaben dienen nur zur Vorinformation. Im Zuge der Ausführung ist ein Abgleich der tatsächlichen Bodenschichtung mit den in der Statik angesetzten Bemessungsprofilen durchzuführen. Abweichungen sind der örtlichen Bauüberwachung des Bauherrn und dem Tragwerksplaner unverzüglich mitzuteilen.
- Hinsichtlich der Standsicherheit der Böschungen sind die Mindestabstände gemäß EAB (EB55, EB56 und EB57) sowie der DIN 4124 zu beachten.
- Hinterfüllungen sind mit leichtem Gerät (Vibrationsplatten ≤ 250 kg) zu verdichten.
- Eine wasserrechtliche Genehmigung für die Arbeiten ist vom AN unter Berücksichtigung der im Zuge der Ausführung eingesetzten Baustoffe / Verfüllmaterialien einzuholen.
- Grundsätzlich ist bauzeitlich anfallendes Oberflächenwasser in ausreichender Entfernung von der Wandkante zu fassen und abzuleiten.
- Für die Herstellung des Gründungsbalken wird voraussichtlich eine bauzeitliche Restwasserhaltung erforderlich.
- Die Planung und Dimensionierung sämtlicher Wasserhaltungsmaßnahmen liegt im Verantwortungsbereich des AN und ist grundsätzlich mit dem Geotechnischen Gutachter abzustimmen.
- Die Zulassungen des gewählten Mikropfahlsystems sind zu beachten.
- Die Mikropfähle sind für eine Nutzungsdauer von bis zu 100 Jahren auszulegen und mit einem entsprechenden Dauerkorrosionsschutz zu versehen.
- Für die Mikropfähle sind Eignungs- und Abnahmeprüfungen gemäß DIN EN 14199 erforderlich.
- Die im Geotechnischen Bericht angegebenen Pfahlwiderstände sind durch Probebelastungen zu verifizieren.
- Die Bohrungen sind vermört auszuführen.

BEZUGSSYSTEME

Als Grundlage gilt der Lage- und Höhenplan Amt für Geoinformation, Liegenschaft und Kataster der Stadt Bochum.

Lagebezugssystem:	ETRS89		UTM-Zone Europa
Höhenbezugssystem:	DE_DHHN92_NHN		Höhenstatus 160

Sollten Lagen oder Höhen aus (Bestands-)Plänen übernommen werden, so erfolgt keine Anpassung abweichender Bezugssysteme.

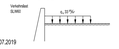
Alle im Plan angegebenen Höhen und Lagen sind vor Ort und Ausführung zu verifizieren.

PLANUNGSGRUNDLAGEN

Stadt Bochum, Amt für Geoinformation, Liegenschaften und Kataster:	Vermessertechnischer Lage- und Höhenplan vom 30.04.2024 Aufmaß Profile und Schürfe vom 21.06.2024 Stadtgrundkarte Eigentum vom 05.07.2019
IGG Ingenieure GmbH:	Koordinierter Leitungsplan vom 13.11.2024 Geotechnischer Bericht vom 10.04.2025

LASTANGABEN

Verkehrslast 5LM1



LEGENDE

- Flurstücksgrenze
- AK Bestandsstützwand
- Nachbargebäude
- BE-Fläche
- Bestandsbauwerk
- Fliebhorizont
- Schurf
- Abbruch

LEITUNGEN

- Wasser
- Gas
- Strom
- Telekommunikation Glasfaser
- Telekommunikation Telekom
- Telekommunikation Vodafone
- Regenwasserkanal
- Mischwasserkanal

MATERIALGÜTEN

Expositions-klassen:	Wand Gründungsbalken Mikropfähle	XC4, XD3, XF2, WA XC2, XD2, WA XC2, XD2, WA	Betondeckung:	Wand Gründungsbalken Mikropfähle	c_{nom} = 55 mm c_{nom} = 55 mm c_{nom} = 40 mm
Betongüte:	Wand Gründungsbalken	C30/37 C30/37	Bewehrungsstahl:	Stabstahl Mikropfähle	B500B B500B

ALLGEMEINER BAUABLAUF

Vorbereitende Maßnahmen:

- Rückbau Stützwand im Eingangsbereich zur Kassenberger Str. 9 und Zuwegung zum Garten.
- Rodung des Baumbestands im Garten.
- Rückbau Pool, Teich und Gartenhaus.
- Herstellung einer standsicheren Arbeitsebene für die Bohrarbeiten.
- Gegebenenfalls Leitungsverlegung/-sicherung.

Phase 1 Gründung / Rückverankerung:

- Herstellung der Mikropfähle für Gründung und Rückverankerung von GOK Garten,
- Herstellung des Gründungsbalkens im Pilgerschrittverfahren.

Phase 2 Wand:

- Einrichten der Verkehrssicherung.
- Erstellen der Verteilerkästen und Laternen durch ein Provisorium.
- Leitungssicherungsmaßnahmen im Gehwegbereich.
- Rückbau und Fassen Gehwegplatten.
- Rückbau oberer Teil der Bestandswand.
- Entwässerungsbohrungen in der Bestandswand.
- Einbau Dränmatten und Dränageleitung.
- Aufbringen der Spritzbetonsauberkeitsschicht.
- Betonieren der Wand.
- Betonieren der Brüstung.

Phase 3 Fertigstellung / Aureisten:

- Verlegen der Verteilerkästen und Laterne.
- Verfüllen hinter der Stützwand und Wiederherstellen des Gehweges.
- Rückbau Verkehrssicherung.

Zugehörige Pläne:	
09.05.2025	2619-ICG-LP4-STW-X-GR-001
09.05.2025	2619-ICG-LP4-STW-X-SN-001
09.05.2025	2619-ICG-LP4-STW-X-SN-002

Prüfingenieur:

Prüfstempel:

Index	Datum	Name	Änderung	Gepr.
00	09.05.2025	ivo	Planerstellung	Ri

Planverfasser:
ICG Ingenieure GmbH
Theodorstraße 178
40472 Düsseldorf

Bauausführung:

Bauherr: STADT BOCHUM
Tiefbauamt
Abt. Stadtbahn u. konstr. Ingenieurbau
Technisches Rathaus, Hans-Böckler-Str. 19, 44777 Bochum

Bauwerk Nr.:	2619
Lage:	Kassenberger Straße 9
Projekt:	Stützwand Kassenberger Straße 9
Beschreibung:	Sanierung der Stützwand Bauwerk 2619
Baumaßnahme:	Sanierung Stützwand
Darstellungsweise:	Schnitte 6-6 bis 7-7

Sichtvermerke		Maßstab	Plannummer
Bearb.:	Ri	DIN A1 + 380	2619-ICG-LP4-STW-X-SN-003-00
Gez.:	ivo	1:50	
Datum:	09.05.2025	Datei:	2619-ICG-LP4-STW-X-SN-003-00.pdf

5 / 12

ICG Ingenieure GmbH
Sitz: Essen
Theodorstraße 178
40472 Düsseldorf
Telefon 0211 / 97 77 99 - 0
Telefax 0211 / 97 77 99 - 99
Geschäftsführer:
Ulrich Pfaff
Dr. Ingo Weiß
Markus Wenz

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Jede Weitergabe, Vervielfältigung oder Nutzung ohne ausdrückliche Genehmigung der ICG Ingenieure GmbH ist untersagt.

6.2 GGU Berechnungsprotokolle der Geländebruchberechnung (GEO3)

6.2.1 Element 1

Blockgleitmethode

GGU-STABILITY / Version 14.25 / 02.12.2024

Böschungsberechnung nach EC 7
mit Blockgleitmethode

Datei: 16309_STW_1_Block.boe

Parameterliste
phi [°] = Reibungswinkel
c [kN/m²] = Kohäsion
gamma [kN/m³] = Wichte
qs [kN/m²] = Mantelreibung
max psi(A) [°] = Winkel zwischen der Gleitrichtung des Bruchmechanismus und dem Zugglied
μ [-] = Ausnutzungsgrad
dTh [kN/m] = erforderliche horizontale Zusatzkraft, um für "eta bzw μ = 1.0" das Krafteck zu schliessen

Teilsicherheiten: (GEO-3)
- gam(phi)= 1.25
- gam(c') = 1.25
- gam(cu) = 1.25
- gam(Wichten) = 1.00
- gam(Ständige Einw.) = 1.00
- gam(Veränderliche Einw.) = 1.30
- gam(Herausziehen) = 1.4000 (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-12.000	60.750
2	0.200	60.750
3	1.150	61.500
4	12.000	61.500

Scherfestigkeit in den Lamellenseiten berücksichtigt.

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	phi,k	c,k	gamma,k	qs,k	max psi(A)	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]	[kN/m²]	[°]	
1	27.50	0.00	19.00	0.00	85.00	1+2 Auffüllungen / Hanglehm
2	30.00	0.00	20.00	0.00	85.00	3 Hangschutt
3	30.00	10.00	23.00	250.00	85.00	4 Grundgebirge

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	phi,d	c,d	gamma,d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]	
1	22.61	0.00	19.00	1+2 Auffüllungen / Hanglehm
2	24.79	0.00	20.00	3 Hangschutt
3	24.79	8.00	23.00	4 Grundgebirge

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	-12.000	55.300	12.000	55.300	1
2	-12.000	54.000	12.000	54.000	2
3	-12.000	0.000	12.000	0.000	3

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-12.000	60.000
2	0.000	60.000
3	0.001	60.000
4	12.000	60.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m²]	[kN/m²]	[m]	[m]	[m]
1	33.00	33.00	1.15	4.15	61.50

Zugglied
D [m] = Durchmesser
FL [m] = freie Länge
R,d [kN/m] = aufnehmbare Bemessungskraft
Horizontaler Abstand = 2.000 m

Nr.	x1	y1	x2	y2	D	FL	R,d
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN]
1	0.70	60.30	7.70	48.18	0.16	9.00	- 180.00

Bauteil 1

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	0.00	60.00
2	1.15	60.00
3	1.15	63.05
4	0.90	63.05
5	0.15	60.60
6	0.00	60.60

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 60.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 60.00

gamma Wasser [kN/m³] = 10.000

Ergebnisse

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 1
μ = 0.361
dTh(μ = 1.0) = 108.035
Koordinaten

x	y
[m]	[m]
-3.119	60.750
0.047	58.922
2.402	59.266
4.635	61.500

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STALph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Kreisgleitflächen

GGU-STABILITY / Version 14.25 / 02.12.2024

Böschungsberechnung nach EC 7
mit Kreisgleitflächen

Datei: 16309_STW_1_Gleitkreis_Bishop.boe

Parameterliste
phi [°] = Reibungswinkel
c [kN/m²] = Kohäsion
gamma [kN/m³] = Wichte
qs [kN/m²] = Mantelreibung
max psi(A) [°] = Winkel zwischen der Gleitrichtung des Bruchmechanismus und dem Zugglied
μ [-] = Ausnutzungsgrad
xm,ym [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes
rad [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)
- gam(phi)= 1.25
- gam(c') = 1.25
- gam(cu) = 1.25
- gam(Wichten) = 1.00
- gam(Ständige Einw.) = 1.00
- gam(Veränderliche Einw.) = 1.30
- gam(Herausziehen) = 1.4000 (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-12.000	60.750
2	0.200	60.750
3	1.150	61.500
4	12.000	61.500

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	phi,k	c,k	gamma,k	qs,k	max psi(A)	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]	[kN/m²]	[°]	
1	27.50	0.00	19.00	0.00	85.00	1+2 Auffüllungen / Hanglehm
2	30.00	0.00	20.00	0.00	85.00	3 Hangschutt
3	30.00	10.00	23.00	250.00	85.00	4 Grundgebirge

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	phi,d	c,d	gamma,d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]	
1	22.61	0.00	19.00	1+2 Auffüllungen / Hanglehm
2	24.79	0.00	20.00	3 Hangschutt
3	24.79	8.00	23.00	4 Grundgebirge

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	-12.000	55.300	12.000	55.300	1
2	-12.000	54.000	12.000	54.000	2
3	-12.000	0.000	12.000	0.000	3

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-12.000	60.000
2	0.000	60.000
3	0.001	60.000
4	12.000	60.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m²]	[kN/m²]	[m]	[m]	[m]
1	33.00	33.00	1.15	4.16	61.50

Zugglied
D [m] = Durchmesser
FL [m] = freie Länge
R,d [kN/m] = aufnehmbare Bemessungskraft
Horizontaler Abstand = 2.000 m

Nr.	x1	y1	x2	y2	D	FL	R,d
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN]
1	0.70	60.30	7.70	48.18	0.16	9.00	- 180.00

Bauteil 1

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	0.00	60.00
2	1.15	60.00
3	1.15	63.05
4	0.90	63.05
5	0.15	60.60
6	0.00	60.60

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 60.00
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 60.00

gamma Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Berechnung mit Berücksichtigung des aktiven Erddruckkeils

Ergebnisse
Suchbereich
Art Suchradius
Anfangs- und Endradius
x / y (Anfang): 0.8500 60.3500
x / y (Ende): 4.0603 54.4683
Anzahl Radien = 40

Ungünstigster Gleitkreis

Kreis	xm	ym	Radius	Lamellen	μ
	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]
194	-0.0616	61.7914	2.2078	112	0.8509

Zähler = 128.018 Nenner = 150.450

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STALph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Starrkörperbruchmechanismen

GGU-STABILITY / Version 14.25 / 02.12.2024

Böschungsberechnung nach EC 7
mit Starrkörperbruchmechanismen

Datei: 16309_STW_1_Starrkörper.boe

Parameterliste
phi [°] = Reibungswinkel
c [kN/m²] = Kohäsion
gamma [kN/m³] = Wichte
qs [kN/m²] = Mantelreibung
max psi(A) [°] = Winkel zwischen der Gleitrichtung des Bruchmechanismus und dem Zugglied
μ [-] = Ausnutzungsgrad
dTh [kN/m] = erforderliche horizontale Zusatzkraft, um für "eta bzw μ = 1.0" das Krafteck zu schliessen

Teilsicherheiten: (GEO-3)
- gam(phi)= 1.25
- gam(c') = 1.25
- gam(cu) = 1.25
- gam(Wichten) = 1.00
- gam(Ständige Einw.) = 1.00
- gam(Veränderliche Einw.) = 1.30
- gam(Herausziehen) = 1.4000 (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr. [-]	x [m]	y [m]
1	-12.000	60.750
2	0.200	60.750
3	1.150	61.500
4	12.000	61.500

Scherfestigkeit auf Zwischengleitlinien berücksichtigt.

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden [-]	phi,k [°]	c,k [kN/m²]	gamma,k [kN/m³]	qs,k [kN/m²]	max psi(A) [°]	Bezeichnung
1	27.50	0.00	19.00	0.00	85.00	1+2 Auffüllungen / Hanglehm
2	30.00	0.00	20.00	0.00	85.00	3 Hangschutt
3	30.00	10.00	23.00	250.00	85.00	4 Grundgebirge

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden [-]	phi,d [°]	c,d [kN/m²]	gamma,d [kN/m³]	Bezeichnung
1	22.61	0.00	19.00	1+2 Auffüllungen / Hanglehm
2	24.79	0.00	20.00	3 Hangschutt
3	24.79	8.00	23.00	4 Grundgebirge

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr. [-]	x(links) [m]	y(links) [m]	x(rechts) [m]	y(rechts) [m]	Boden-Nr.
1	-12.000	55.300	12.000	55.300	1
2	-12.000	54.000	12.000	54.000	2
3	-12.000	0.000	12.000	0.000	3

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr. [-]	x [m]	y [m]
1	-12.000	60.000
2	0.000	60.000
3	0.001	60.000
4	12.000	60.000

Verkehrslasten

Nr. [-]	Größe(links) [kN/m²]	Größe(rechts) [kN/m²]	x(links) [m]	x(rechts) [m]	y [m]
1	33.00	33.00	1.15	4.15	61.50

Zugglied
D [m] = Durchmesser
FL [m] = freie Länge
R,d [kN/m] = aufnehmbare Bemessungskraft
Horizontaler Abstand = 2.000 m

Nr. [-]	x1 [m]	y1 [m]	x2 [m]	y2 [m]	D [m]	FL [m]	R,d [kN]
1	0.70	60.30	7.70	48.18	0.16	9.00	- 180.00

Bauteil 1

Nr. [-]	x [m]	y [m]
1	0.00	60.00
2	1.15	60.00
3	1.15	63.05
4	0.90	63.05
5	0.15	60.60
6	0.00	60.60

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 60.00
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 60.00

gamma Wasser [kN/m³] = 10.000

Ergebnisse

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 3
μ = 0.334
dTh(μ = 1.0) = 100.220
Koordinaten

x [m]	y [m]	xzw [m]	yzw [m]
-4.629	60.750		
-0.649	58.894	-0.616	60.750
3.730	60.067	2.903	61.500
4.557	61.500		

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STALph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

6.2.2 Element 7

Blockgleitmethode

GGU-STABILITY / Version 14.25 / 02.12.2024

Böschungsberechnung nach EC 7
mit Blockgleitmethode

Datei: 16309_STW_7_Block.boe

Parameterliste
phi [°] = Reibungswinkel
c [kN/m²] = Kohäsion
gamma [kN/m³] = Wichte
qs [kN/m²] = Mantelreibung
max psi(A) [°] = Winkel zwischen der Gleitrichtung des Bruchmechanismus und dem Zugglied
μ [-] = Ausnutzungsgrad
dTh [kN/m] = erforderliche horizontale Zusatzkraft, um für "eta bzw μ = 1.0" das Krafteck zu schliessen

Teilsicherheiten: (GEO-3)
- gam(phi)= 1.25
- gam(c') = 1.25
- gam(cu) = 1.25
- gam(Wichten) = 1.00
- gam(Ständige Einw.) = 1.00
- gam(Veränderliche Einw.) = 1.30
- gam(Herausziehen) = 1.4000 (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-12.000	62.000
2	1.000	62.000
3	1.000	64.300
4	12.000	64.300

Scherfestigkeit in den Lamellenseiten berücksichtigt.

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	phi,k	c,k	gamma,k	qs,k	max psi(A)	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]	[kN/m²]	[°]	
1	27.50	0.00	19.00	0.00	85.00	1+2 Auffüllungen / Hanglehm
2	30.00	0.00	20.00	0.00	85.00	3 Hangschutt
3	30.00	10.00	23.00	250.00	85.00	4 Grundgebirge

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	phi,d	c,d	gamma,d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]	
1	22.61	0.00	19.00	1+2 Auffüllungen / Hanglehm
2	24.79	0.00	20.00	3 Hangschutt
3	24.79	8.00	23.00	4 Grundgebirge

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	-12.000	60.900	0.850	60.900	1
2	0.850	60.900	6.000	62.000	1
3	6.000	62.000	12.000	63.050	1
4	-12.000	56.500	-0.500	57.300	2
5	-0.500	57.300	6.000	62.000	2
6	-12.000	0.000	12.000	0.000	3

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-12.000	60.000
2	0.000	60.000
3	0.001	60.000
4	12.000	60.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m²]	[kN/m²]	[m]	[m]	[m]
1	33.00	33.00	1.50	4.50	64.30

Zugglied
D [m] = Durchmesser
FL [m] = freie Länge
R,d [kN/m] = aufnehmbare Bemessungskraft
Horizontaler Abstand = 2.000 m

Nr.	x1	y1	x2	y2	D	FL	R,d
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN]
1	0.70	60.75	4.70	53.82	0.16	3.00	- 180.00
2	1.10	63.20	10.11	56.89	0.16	6.00	- 208.00

Bauteil 1

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	0.00	60.50
2	1.15	60.50
3	1.15	61.05
4	1.50	64.00
5	1.50	64.00
6	1.50	65.85
7	1.25	65.85
8	0.15	61.05
9	0.00	61.05

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 60.00
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 60.00

gamma Wasser [kN/m³] = 10.000

Ergebnisse

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 2
μ = 0.832
dTh(μ = 1.0) = 49.066
Koordinaten

x	y
[m]	[m]
-4.971	62.000
-1.196	59.820
1.132	59.834
4.259	64.300

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STALph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Kreisgleitflächen

GGU-STABILITY / Version 14.25 / 02.12.2024

Böschungsberechnung nach EC 7
mit Kreisgleitflächen

Datei: 16309_STW_7_Gleitkreis_Bishop.boe

Parameterliste
phi [°] = Reibungswinkel
c [kN/m²] = Kohäsion
gamma [kN/m³] = Wichte
qs [kN/m²] = Mantelreibung
max psi(A) [°] = Winkel zwischen der Gleitrichtung des Bruchmechanismus und dem Zugglied
μ [-] = Ausnutzungsgrad
xm,ym [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes
rad [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)
- gam(phi)= 1.25
- gam(c') = 1.25
- gam(cu) = 1.25
- gam(Wichten) = 1.00
- gam(Ständige Einw.) = 1.00
- gam(Veränderliche Einw.) = 1.30
- gam(Herausziehen) = 1.4000 (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-12.000	62.000
2	1.000	62.000
3	1.000	64.300
4	12.000	64.300

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	phi,k	c,k	gamma,k	qs,k	max psi(A)	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]	[kN/m²]	[°]	
1	27.50	0.00	19.00	0.00	85.00	1+2 Auffüllungen / Hanglehm
2	30.00	0.00	20.00	0.00	85.00	3 Hangschutt
3	30.00	10.00	23.00	250.00	85.00	4 Grundgebirge

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	phi,d	c,d	gamma,d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]	
1	22.61	0.00	19.00	1+2 Auffüllungen / Hanglehm
2	24.79	0.00	20.00	3 Hangschutt
3	24.79	8.00	23.00	4 Grundgebirge

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	-12.000	60.900	0.850	60.900	1
2	0.850	60.900	6.000	62.000	1
3	6.000	62.000	12.000	63.050	1
4	-12.000	56.500	-0.500	57.300	2
5	-0.500	57.300	6.000	62.000	2
6	-12.000	0.000	12.000	0.000	3

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-12.000	60.000
2	0.000	60.000
3	0.001	60.000
4	12.000	60.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m²]	[kN/m²]	[m]	[m]	[m]
1	33.00	33.00	1.50	4.50	64.30

Zugglied
D [m] = Durchmesser
FL [m] = freie Länge
R,d [kN/m] = aufnehmbare Bemessungskraft
Horizontaler Abstand = 2.000 m

Nr.	x1	y1	x2	y2	D	FL	R,d
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN]
1	0.70	60.75	4.70	53.82	0.16	3.00	- 180.00
2	1.10	63.20	10.11	56.89	0.16	6.00	- 208.00

Bauteil 1

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	0.00	60.50
2	1.15	60.50
3	1.15	61.05
4	1.50	64.00
5	1.50	64.00
6	1.50	65.85
7	1.25	65.85
8	0.15	61.05
9	0.00	61.05

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 60.00
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 60.00

gamma Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Berechnung mit Berücksichtigung des aktiven Erddruckkeils

Ergebnisse
Suchbereich
Art Suchradius
Anfangs- und Endradius
x / y (Anfang): 0.8500 60.3500
x / y (Ende): 4.0603 54.4683
Anzahl Radien = 40

Ungünstigster Gleitkreis

Kreis	xm	ym	Radius	Lamellen	μ
	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]
147	-0.7377	63.9913	4.1397	124	0.7357

Zähler = 839.010 Nenner = 1140.415

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STALph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

Starrkörperbruchmechanismen

GGU-STABILITY / Version 14.25 / 02.12.2024

Böschungsberechnung nach EC 7
mit Starrkörperbruchmechanismen

Datei: 16309_STW_7_Starrkörper.boe

Parameterliste
phi [°] = Reibungswinkel
c [kN/m²] = Kohäsion
gamma [kN/m³] = Wichte
qs [kN/m²] = Mantelreibung
max psi(A) [°] = Winkel zwischen der Gleitrichtung des Bruchmechanismus und dem Zugglied
μ [-] = Ausnutzungsgrad
dTh [kN/m] = erforderliche horizontale Zusatzkraft, um für "eta bzw μ = 1.0" das Krafteck zu schliessen

Teilsicherheiten: (GEO-3)
- gam(phi)= 1.25
- gam(c') = 1.25
- gam(cu) = 1.25
- gam(Wichten) = 1.00
- gam(Ständige Einw.) = 1.00
- gam(Veränderliche Einw.) = 1.30
- gam(Herausziehen) = 1.4000 (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-12.000	62.000
2	1.000	62.000
3	1.200	64.300
4	12.000	64.300

Scherfestigkeit auf Zwischengleitlinien berücksichtigt.

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	phi,k	c,k	gamma,k	qs,k	max psi(A)	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]	[kN/m²]	[°]	
1	27.50	0.00	19.00	0.00	85.00	1+2 Auffüllungen / Hanglehm
2	30.00	0.00	20.00	0.00	85.00	3 Hangschutt
3	30.00	10.00	23.00	250.00	85.00	4 Grundgebirge

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	phi,d	c,d	gamma,d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]	
1	22.61	0.00	19.00	1+2 Auffüllungen / Hanglehm
2	24.79	0.00	20.00	3 Hangschutt
3	24.79	8.00	23.00	4 Grundgebirge

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	-12.000	60.900	0.850	60.900	1
2	0.850	60.900	6.000	62.000	1
3	6.000	62.000	12.000	63.050	1
4	-12.000	56.500	-0.500	57.300	2
5	-0.500	57.300	6.000	62.000	2
6	-12.000	0.000	12.000	0.000	3

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-12.000	60.000
2	0.000	60.000
3	0.001	60.000
4	12.000	60.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m²]	[kN/m²]	[m]	[m]	[m]
1	33.00	33.00	1.50	4.50	64.30

Zugglied
D [m] = Durchmesser
FL [m] = freie Länge
R,d [kN/m] = aufnehmbare Bemessungskraft
Horizontaler Abstand = 2.000 m

Nr.	x1	y1	x2	y2	D	FL	R,d
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN]
1	0.70	60.75	4.70	53.82	0.16	3.00	- 180.00
2	1.10	63.20	10.11	56.89	0.16	6.00	- 208.00

Bauteil 1

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	0.00	60.50
2	1.15	60.50
3	1.15	61.05
4	1.50	64.00
5	1.50	64.00
6	1.50	65.85
7	1.25	65.85
8	0.15	61.05
9	0.00	61.05

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 60.00
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 60.00

gamma Wasser [kN/m³] = 10.000

Ergebnisse

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 1
μ = 0.395
dTh(μ = 1.0) = 266.856
Koordinaten

x	y	xzw	yzw
[m]	[m]	[m]	[m]
-7.142	62.000		
-1.363	58.663	-1.305	62.000
2.777	59.625	1.953	64.300
3.601	64.300		

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAL\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

6.3 Ermittlung des Biegeknickwiederstands nach Vogt

Biegeknickwiderstand stabilitätsgefährdeter Pfähle

Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten DIN EN 1993

Version 2.1

Zentrum Geotechnik

Prof. Dr.-Ing. Norbert Vogt

Dipl.-Ing. Stefan Vogt

Parameter Einzelpfahl

$f_{y,k}$	500	[N/mm²]	charakteristische Streckgrenze
E	200000	[N/mm²]	Elastizitätsmodul
d	50	[mm]	Durchmesser Tragglied
A	1963,5	[mm²]	Fläche des Stahlquerschnittes; Berechnung z.B. gemäß Anhang 1
W_{el}	12272	[mm³]	elastisches axiales Widerstandsmoment; Berechnung z.B. gemäß Anhang 1
I	30,68	[cm⁴]	Flächenträgheitsmoment des Stahlquerschnittes; Berechnung z.B. gemäß Anhang 1
EI	61,36	[kNm²]	Biegesteifigkeit des Stahlquerschnittes; Berechnung z.B. gemäß Anhang 1
$1/\kappa$	200	[m]	Imperfektion aus Einbau und Lage; nach Erfahrungswerten
α	1,7	[-]	Imperfektion des Materials und Querschnittes; siehe DIN EN 1993
D	0,16	[m]	Nennmaß des Außendurchmessers bzw. der effektiven Querschnittsbreite

Parameter weiche Bodenschicht

p_f	105	[kN/m²]	Grenzwert der Bodenstützung (Spannung); Berechnung z.B. gemäß Anhang 2
$p_f \cdot D$	16,8	[kN/m]	Grenzwert der Bodenstützung (Linienlast)
w_f / D	0,08	[-]	bezogener Mobilisierungsweg; Berechnung z.B. gemäß Anhang 3
w_f	0,0128	[m]	Mobilisierungsweg
H	6	[m]	Dicke weiche Bodenschicht

$\left(c_h = 10 \frac{kN}{m^3}\right)$

Ideale Verzweigungslast (elasto-plastische Stützung mit Imperfektion)

horizontale Festhaltung des Pfahles an den Rändern der Weichschicht, Fall: $L_{cr,frei} > H$

$L_{cr,H}$	6	[m]	Knicklänge bezogen auf Dicke der weichen Bodenschicht
$e_{0,ist}$	0,0225	[m]	Istwert der Imperfektion aus Einbau und Lage bezogen auf Dicke der weichen Bodenschicht
N_{cr}	1742,0503	[kN]	Knicklast bezogen auf Dicke der weichen Bodenschicht

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

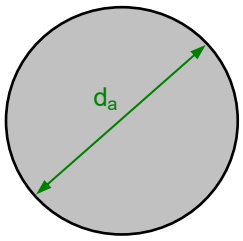
Widerstand gegen Biegeknicken, bezogen auf Dicke der weichen Bodenschicht
horizontale Festhaltung des Pfahles an den Rändern der Weichschicht, Fall: $L_{cr,frei} > H$

λ	0,7507064	[-]	Schlankheitsgrad; vgl. Anhang 4
Φ	1,2498805	[-]	Hilfswert
χ	0,4446024	[-]	Abminderungsfaktor; vgl. Anhang 4
γ_{M1}	1,15	[-]	Teilsicherheitsbeiwert
$N_{pl,Rk}$	981,8	[kN]	Charakteristischer Widerstand der vollplastischen Normalkraft
$N_{pl,Rd}$	853,7	[kN]	Bemessungswert der vollplastischen Normalkraft
$N_{b,Rk}$	436,5	[kN]	Charakteristischer Widerstandes gegen Biegeknicken
$N_{b,Rd}$	**379,6**	[kN]	Bemessungswert des Widerstandes gegen Biegeknicken
$e_{0,Einb}$	22,5	[mm]	Imperfektion aus Einbau
$e_{0,MatQuer}$	5,85	[mm]	Imperfektion des Materials und Querschnittes

6.3.1 Anhang 1 - Querschnittswerte

b) Vollstab

d_a = 50 [mm]



A = 1963,5 [mm^2]
I = 30,68 [cm^4]
W_{el} = 12272 [mm^3]
W_{pl} = 20833 [mm^3]

	EI [kNm^2]	$N_{pl,k}$ [kN]	$M_{pl,k}$ [kNm]	α [-]
Querschnittswerte	61,36	981,8	10,4167	1,70

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STATLph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

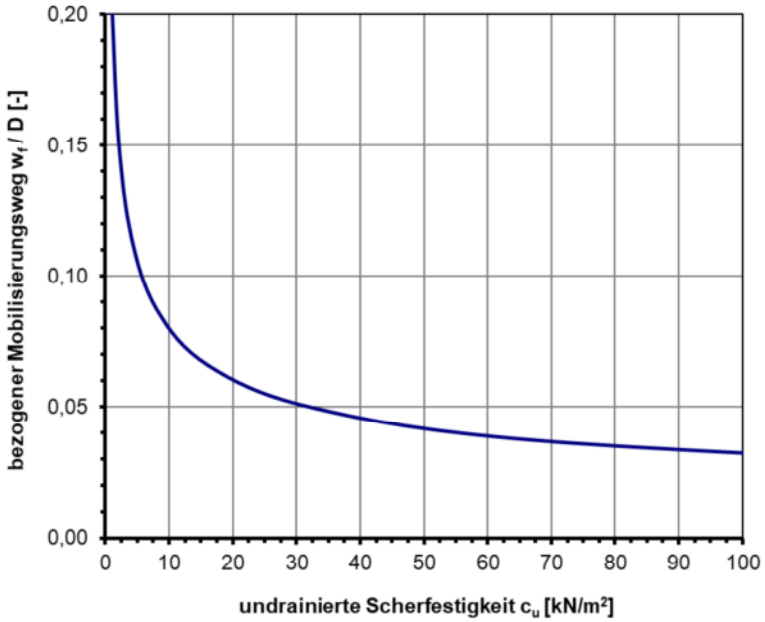
6.3.2 Anhang 2 - Grenzwert der Bodenstützung p_f im undrainierten Fall, NC-Böden ohne Strukturfestigkeit

effektive Wichte γ'	10	[kN/m^3]
undrainierte Scherfestigkeit	10	[kN/m^2]
effektive Querschnittsbreite	0,16	[m]
Tiefe t	6,5	[m]

undrainierte Scherfestigkeit	Tiefe	vertikale Effektivspannung	Grenzwert der Bodenstützung		
			muschelförmiger Bruch	reines Umfließen	maßgebend
c_u	t	σ_v'	p_f	p_f	p_f
[kN/m^2]	[m]	[kN/m^2]	[kN/m^2]	[kN/m^2]	[kN/m^2]
10	6,50	65,0	355,8	105,0	105,0

6.3.3 Anhang 3 - Ansatz eines von der undrainierten Scherfestigkeit c_u abhängigen bezogenen Mobilisierungsweg w_f / D

undrainierte Scherfestigkeit	bezogener Mobilisierungsweg
c_u	w_f / D
[kN/m^2]	[-]
1	0,200
2	0,152
4	0,115
8	0,087
16	0,066
32	0,050
64	0,038
128	0,029



Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STAU\ph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held

6.3.4 Anhang 4 – Knicklinien gemäß DIN EN 1993-1-1

Schlank-heitsgrad λ	**Hilfswert Φ**						**Abminderungsfaktor χ**					
	Imperfektionsbeiwert α						Imperfektionsbeiwert α					
	Eulerfall	a_0	a	b	c	d	Eulerfall	a_0	a	b	c	d
	0,00	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76	0,00	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
0,0	0,500	0,487	0,479	0,466	0,451	0,424	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,1	0,505	0,499	0,495	0,488	0,481	0,467	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,2	0,520	0,520	0,520	0,520	0,520	0,520	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,3	0,545	0,552	0,556	0,562	0,570	0,583	1,000	0,986	0,977	0,964	0,949	0,923
0,4	0,580	0,593	0,601	0,614	0,629	0,656	1,000	0,970	0,953	0,926	0,897	0,850
0,5	0,625	0,645	0,657	0,676	0,699	0,739	1,000	0,951	0,924	0,884	0,843	0,779
0,6	0,680	0,706	0,722	0,748	0,778	0,832	1,000	0,928	0,890	0,837	0,785	0,710
0,7	0,745	0,778	0,798	0,830	0,868	0,935	1,000	0,896	0,848	0,784	0,725	0,643
0,8	0,820	0,859	0,883	0,922	0,967	1,048	1,000	0,853	0,796	0,724	0,662	0,580
0,9	0,905	0,951	0,979	1,024	1,077	1,171	1,000	0,796	0,734	0,661	0,600	0,521
1,0	1,000	1,052	1,084	1,136	1,196	1,304	1,000	0,725	0,666	0,597	0,540	0,467
1,1	1,105	1,164	1,200	1,258	1,326	1,447	0,826	0,648	0,596	0,535	0,484	0,419
1,2	1,220	1,285	1,325	1,390	1,465	1,600	0,694	0,573	0,530	0,478	0,434	0,376
1,3	1,345	1,417	1,461	1,532	1,615	1,763	0,592	0,505	0,470	0,427	0,389	0,339
1,4	1,480	1,558	1,606	1,684	1,774	1,936	0,510	0,446	0,418	0,382	0,349	0,306
1,5	1,625	1,710	1,762	1,846	1,944	2,119	0,444	0,395	0,372	0,342	0,315	0,277
1,6	1,780	1,871	1,927	2,018	2,123	2,312	0,391	0,352	0,333	0,308	0,284	0,251
1,7	1,945	2,043	2,103	2,200	2,313	2,515	0,346	0,315	0,299	0,278	0,258	0,229
1,8	2,120	2,224	2,288	2,392	2,512	2,728	0,309	0,283	0,270	0,252	0,235	0,209
1,9	2,305	2,416	2,484	2,594	2,722	2,951	0,277	0,256	0,245	0,229	0,214	0,192
2,0	2,500	2,617	2,689	2,806	2,941	3,184	0,250	0,232	0,223	0,209	0,196	0,177
2,1	2,705	2,829	2,905	3,028	3,171	3,427	0,227	0,212	0,204	0,192	0,180	0,163
2,2	2,920	3,050	3,130	3,260	3,410	3,680	0,207	0,194	0,187	0,176	0,166	0,151
2,3	3,145	3,282	3,366	3,502	3,660	3,943	0,189	0,178	0,172	0,163	0,154	0,140
2,4	3,380	3,523	3,611	3,754	3,919	4,216	0,174	0,164	0,159	0,151	0,143	0,130
2,5	3,625	3,775	3,867	4,016	4,189	4,499	0,160	0,151	0,147	0,140	0,132	0,121
2,6	3,880	4,036	4,132	4,288	4,468	4,792	0,148	0,140	0,136	0,130	0,123	0,113
2,7	4,145	4,308	4,408	4,570	4,758	5,095	0,137	0,130	0,127	0,121	0,115	0,106
2,8	4,420	4,589	4,693	4,862	5,057	5,408	0,128	0,122	0,118	0,113	0,108	0,100
2,9	4,705	4,881	4,989	5,164	5,367	5,731	0,119	0,114	0,111	0,106	0,101	0,094
3,0	5,000	5,182	5,294	5,476	5,686	6,064	0,111	0,106	0,104	0,099	0,095	0,088

Y:\16309-Bochum-Kassenberger-Str-9-Stützwand\16309-C01-Sanierung-Stützwand\STALph 4 - Genehmigungsplanung\Index-00\16309_ICG_Genehmigungsstatik_Stützwandsanierung_00_250509.docx

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Held