

Sachstand der statischen Bewertung zur Betoninstandsetzung in der Tiefgarage vom 13.03.2026 (48 Seiten)

Inhaltsverzeichnis

Sachstand der statischen Bewertung zur Betoninstandsetzung in der Tiefgarage vom 13.03.2026 (48 Seiten)	1
Stützensanierung	3
Vorwort	3
Bauweise.....	3
Geometrien der Stützen	13
Stützen im eingeschossigen Bereich.....	13
Stützen im mehrgeschossig überbauten Bereich	13
Ausführung	14
Berechnung der aufnehmbaren Druckkräfte	15
Stützen im eingeschossigen Bereich.....	15
Stützen im mehrgeschossig überbauten Bereich	15
Beurteilung der Tragfähigkeit am Stützenfußübergang → Knotenpunkt.....	16
Beurteilung der Standfestigkeit der Fertigteilstützen → Knicksicherheit	17
Wahl der Stützenfußsanierung	18
Anmerkungen	18
Verpressen / Injizieren	20
Umschnürung.....	20
Stütze im mehrgeschossigen überbauten Bereich	21
Stütze im eingeschossigen Bereich.....	29
Prinzip: Sanierungsmaßnahme durch Realkalisierung	33
Stützensanierung der Rundstützen in der Tiefgarage.....	34
Beurteilung der Tragfähigkeit der Bestandsstützen:	36
Lasteinleitung in das Fundament	40
Beurteilung der Tragfähigkeit mit Umschnürung	41
Sanierung Außenwände der Tiefgarage	46
Vorwort	46

Bauweise.....	46
Ausführung.....	47
Beurteilung der Standfestigkeit im Bauzustand.....	47

Vorbemerkungen:

Hier wird der aktuelle Stand zur Statischen Beurteilung der tragenden Stahlbetonbauteile in der Tiefgarage wiedergegeben. Es werden die unterschiedlichen Stützentypen und die Wände auf deren Standfestigkeit hin überprüft, bewertet und Empfehlungen zu den jeweiligen Sanierungs- und Ertüchtigungsmaßnahmen gegeben. Die sich hieraus ergebenden Erkenntnisse dienen der weiteren Abstimmung mit dem Auftraggeber und der Betoninstandsetzung.

Stützensanierung

Vorwort

Im Zuge der Untersuchungsmaßnahmen (4. Quartal 2025) an den Stahlbetonbauteilen der Tiefgarage wurde festgestellt, dass einige Fußpunkte der Tiefgaragenstützen zu hohe Chloridkonzentrationen im Beton aufweisen. Durch die Chloridkorrosion sind z. T. bereits deutliche Schäden an der Bewehrung ersichtlich. Hier soll die statische Grundlage erarbeitet werden, um ein an die örtliche Situation angepasstes Sanierungskonzept zu entwickeln.

Da es zu dem Gebäude keinerlei Bestandsunterlagen gibt, musste anhand von aktuellen Aufmaßplänen des Architekten und nachfolgenden Bauteilsondierungen (Kernbohrungen durch die Geschossdecken, örtlich freigelegte Bewehrung, etc.) eine Lastenstatik erstellt werden. Da die punktgestützte TG-Decke als Abfangebene für die darüberliegenden Geschosslasten dient, musste die gesamte Gebäudekubatur des Nordflügels abgebildet werden, um die Belastung der vorhandenen Stützen innerhalb einer Lastenstatik grob ermitteln zu können.

Innerhalb des eingeschossigen Tiefgaragenbereiches (Dachdecke mit intensiver Begrünung) müssen alle vier Stützenfüße saniert werden. Im mehrgeschossig überbauten Bereich weisen zwei Stützen über den Grenzwerten liegende Chloridkonzentration auf.

Bauweise

Es handelt sich um ein Gebäude in Massivbauart mit Stahlbetondecken, Stahlbetonstützen und Mauerwerkswänden.

Im eingeschossigen Bereich wurde im Zuge der Bauteiluntersuchungen ein Stützenfuß (Stütze „S4“) soweit freigelegt, dass die Konstruktionsart ersichtlich wurde.

Die Stütze gründet auf einem Einzelfundament. Das Fundament ist oberseitig unbewehrt. Der Boden der gesamten Tiefgarage wurde gepflastert. Das Pflaster verläuft knapp oberhalb der Fundamente bis gegen die Stb.-Stützen.

Die achteckigen konischen Pilzkopfstützen wurden offensichtlich als Fertigteilstützen ausgeführt. Der Stützenkopf bindet ohne optisch auffälligen Übergang in die TG-Decke ein. Der Fuß der untersuchten FT-Stütze endet ca. 5 cm oberhalb des Stb.-Fundamentes. Die Fuge wurde unsachgemäß vermörtelt. Das Zentrum der Stütze liegt hohl. In Stützenmitte ist eine korrodierende Gewindestange mit Mutter erkennbar, die vermutlich den Dorn darstellt und zum Aushöhen der Fertigteilstütze diente. Eine große Stahlplatte oder Stirnseitenbewehrung am Stützenfuß zur Aufnahme von Spaltzugkräften wurde nicht vorgesehen. Die Längs- und Bügelbewehrung ist ebenfalls stark korrodiert. Eine engere Bügelbewehrung im Fußbereich ist nicht ersichtlich. Die Längsbewehrung endet ca. an UK-FT-Stütze.



[1] Stützenfuß im IST-Zustand vor der Untersuchung



[2] FT-Stütze auf Einzelfundament
Gepflasterte Fahrbahnfläche



- [3] Keine Verbügelung direkt am Stützenfuß (Lasteinleitungspunkt)
Keine Stahlplatte oder Stirnflächenbewehrung sichtbar
Hohlraum in Stützenmitte



[4] Hohlage im Stützenzentrum während des Stemmvorgangs festgestellt



[5] Hohlage im Stützenzentrum (kein Mörtelbett)

Gewindestange in Stützenmitte ersichtlich

Ca. 5 cm starke Mörtelschicht zwischen OK-Fdmt. und UK-FT-Stütze



[6] Gewindestange mit Mutter als „Dorn“ in Stützenmitte

Zwischenzeitig wurde auch ein Stützenfuß (Stütze „S5“) im mehrgeschossigen Bereich näher untersucht, so dass weitere Informationen zu der Konstruktionsart ersichtlich wurden. Ziel war es zu überprüfen, ob die Konstruktionsmängel aus dem weniger belasteten eingeschossigen TG-Bereich auch in diesem mehrgeschossigen überbauten Bereich vorliegen.

Die Stütze im mehrgeschossigen Bereich gründet ebenfalls auf einem Einzelfundament. Das Fundament ist oberseitig unbewehrt. Der Boden der gesamten Tiefgarage wurde gepflastert. Das Pflaster verläuft ca. 30 cm oberhalb der Fundamente bis gegen die Stb.-Stützen.

Die achteckigen konischen Pilzkopfstützen wurden auch hier als Fertigteilstützen ausgeführt. Der Stützenkopf bindet ohne optisch auffälligen Übergang in die TG-Decke ein. Der Fuß der untersuchten FT-Stütze endet ca. 10 cm oberhalb des Stb.-Fundamentes. Die Fuge wurde vermörtelt. Ob die Fuge vollständig und kraftschlüssig bis in die Stützenmitte hinein ausgefüllt wurde, wurde nicht untersucht um den aktuellen Lastabtrag nicht zu gefährden.

Eine Stahlplatte oder Stirnseitenbewehrung am Stützenfuß zur Aufnahme von Spaltzugkräften wurde nicht vorgesehen. Die Längs- und Bügelbewehrung ist ebenfalls korrodiert. Eine engere Bügelbewehrung im Fußbereich der Stütze ist nicht ersichtlich. Die Längsbewehrung endet ca. an UK-FT-Stütze. Die ca. 10 cm hohe Fuge zwischen Unterkante FT-Stütze und Oberkante Fundament wurde ausgemörtelt. Die Mörtelschicht ist unbewehrt.



[7] FT-Stütze auf Einzelfundament

Gepflasterte Fahrbahnfläche



- [8] Stützenfuß mit vermörtelter Fuge zum Einzelfundament
Lage der Bügelbewehrung hier in rot markiert



[9] Stemmschlitz bis Oberkante Einzelfundament

Korrodierte Bügel- und Längsbewehrung (Bügel Ø 10 mm, Längsbew. Ø 20 mm)

Letzter Bügel ca. 6 cm über UK-FT-Stütze; Abstand zum nächsten Bügel ca. 21 cm

Betondeckung $c_{\text{nom}, \text{Bügel}}$ ca. 35 mm; $c_{\text{nom}, \text{Längsbew.}}$ ca. 50 mm

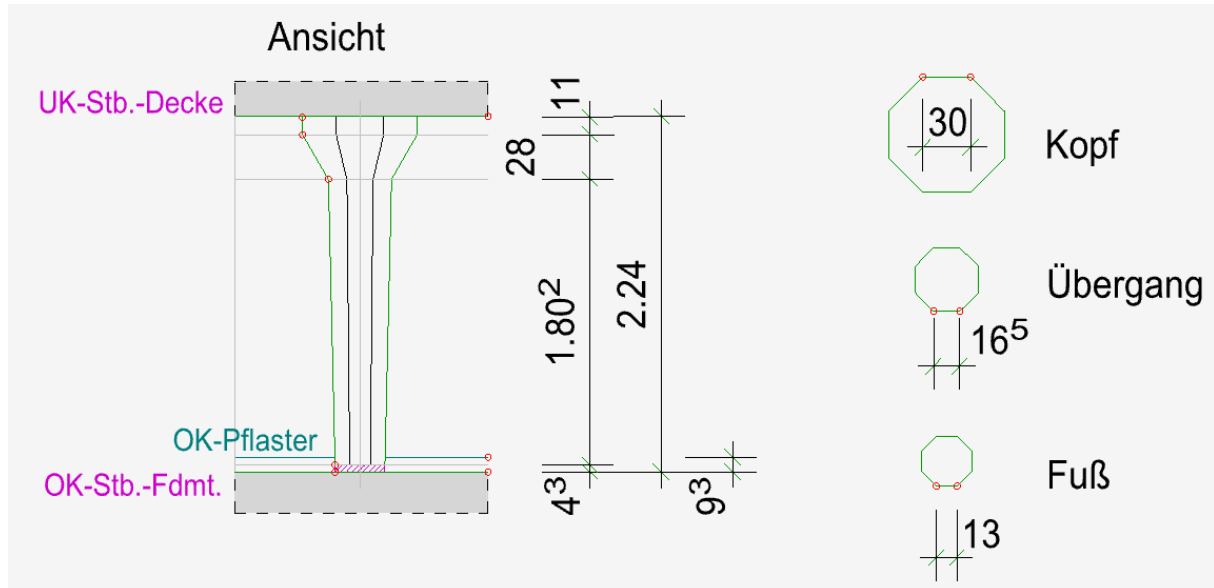
Keine Stahlplatte oder Stirnflächenbewehrung sichtbar

Keine Bewehrung im Fugenbereich vorhanden

Geometrien der Stützen

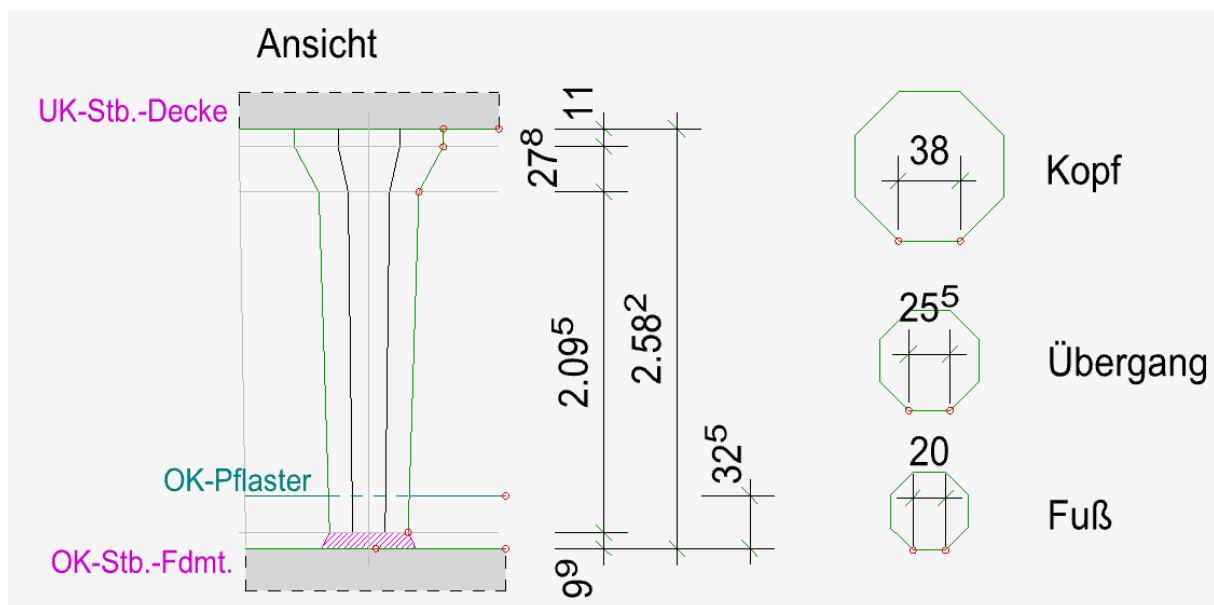
Stützen im eingeschossigen Bereich

Die achteckigen Stützen weisen folgende Querschnitte auf:



Stützen im mehrgeschossig überbauten Bereich

Die achteckigen Stützen weisen folgende Querschnitte auf:



Die Betondeckung aller Stützen variiert etwas, kann aber grob zu 30 mm angenommen werden.

Ausführung

Die Ausführung der Stützenübergänge auf die Fundamente sind offensichtlich nicht entsprechend den technischen Regeln erfolgt.

An den untersuchten Fußpunkten sind weder engere Verbügelungen noch Stirnflächenbewehrungen oder großflächige Stahlplatten vorgesehen worden. Dazu ist der Spalt zwischen FT-Stütze und Fundamentoberkante im eingeschossigen Bereich nicht über den gesamten Querschnittsbereich verfüllt worden (Hohlage der Stütze „S4“).

Auszüge aus Fachliteratur zur Ausführung von Stützenstößen (*Quelle: Bindseil, Stahlbetonfertigteile nach Eurocode 2, 4. Auflage*):

3.5.3.2 Druckstoß mit Mörtelfuge (Stumpfstoß)

Stützenstöße werden überwiegend an OK Geschossdecke angeordnet. Die Stützenlängsbewehrung endet grundsätzlich etwa 3 cm vor der Aufstandsfläche, da eine planmäßige direkte Kraftübertragung durch Spitzendruck der Bewehrung kaum erreichbar ist. Die Bewehrung gibt in einem Überleitungsbereich ihren Kraftanteil weitgehend über den Verbund („Mantelreibung“) an den Beton ab. Im fugennahen Stützenbereich und in der Fuge wirkt somit die Gesamtlast der Stütze ohne Unterstützung durch die Längsbewehrung. Um hier die Druckfestigkeit des Stützenbetons zu steigern, muss durch geeignete Bewehrung ein Querdruck (zweiachsender Druckspannungszustand, Umschnürungseffekt) erzeugt werden.

Bei der Verteilung der Stützenkraft aus der Fuge auf den inneren Betonquerschnitt, den Betonmantelbereich und die Druckbewehrung entstehen in den Stützenenden erhebliche Spaltzugkräfte. Zusätzlich treten noch oberflächennahe Zugkräfte infolge höherer Querdehnung des Fugenmörtels auf (prinzipielle Darstellung siehe Abb. C-3.88 a). Diese Kräfte sind ebenfalls durch geeignete Bewehrung aufzunehmen. Das Tragverhalten kann deutlich verbessert werden durch eine mattenartige Bewehrung sowohl der Fuge selbst als auch der Stützenenden. Hierdurch wird die Querdehnung der Fuge begrenzt und die restlichen oberflächennahen Querzugkräfte werden aufgenommen.

Die Grundfläche der Mörtelfuge sollte möglichst dem vollen Stützenquerschnitt entsprechen, um zusätzliche Spaltzugspannungen in den Stützenenden zu vermeiden. Unbewehrte Fugen dürfen nicht dicker als 2 cm sein, für bewehrte Fugen sind 4 cm zu empfehlen (Abb. C-3.88 b und c). Alternativ können Stahlplatten an den Stützenenden angeordnet werden, die zusätzlich noch die lokale Pressungsverteilung verbessern (Abb. C-3.88 d).

Die in Abb. C-3.88b und c dargestellte Bewehrung im Fugenbereich wird in [C-3.5.8] aufgrund umfangreicher Großversuche empfohlen. Danach kann bei geeigneter Ausführung und Längsbewehrungsgraden unter 3 % die Tragfähigkeit des Stoßes auf 100 % der Stützenlast angehoben werden. Bei höheren Bewehrungsgraden ρ kann ein Abminderungsfaktor κ aus Abb. C-3.89a entnommen werden, bei Verwendung von Stahlplatten der Dicke ≥ 5 mm ist $\kappa = 1,0$ zu setzen.

In [C-3.5.8] wird zusätzlich der Einfluss verschiedener Höhenlagen und Fugenfüllgrade behandelt (Abb. C-3.89b).

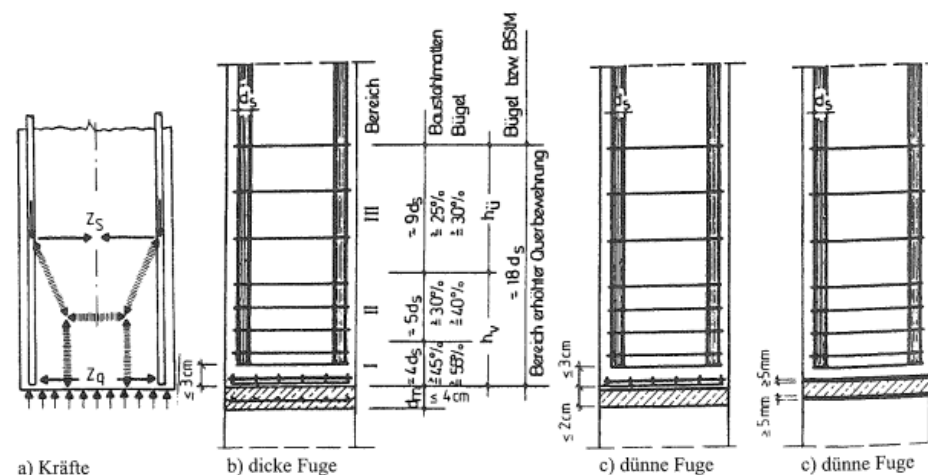


Abb. C-3.88: Stumpfstoße von Fertigteilstützen

Der Übergang „Fertigteilstütze - Fuge- Fundament“ bildet somit einen sehr wichtigen Knotenpunkt über den die Lastübertragung aus dem aufgehenden Bauteil in die Gründung erfolgt. Aus den oben beschriebenen Bauteiluntersuchungen an den Stützenfüßen der Stützen („S4“ und „S5“) gehen bisher folgende Konstruktionsmängel hervor:

- Korrodierende Bewehrung
- Fehlende engere Verbügelung am Ende des Stützenfußes
- Fehlende Stirnflächenbewehrung des Stützenfußes bzw. fehlende Stahlplatte
- Fehlende Bewehrung des Fugenmörtels
- Überschreitung der zulässigen Fugenhöhe

Im Folgendem werden die Tragfähigkeiten der vorhandenen Knotenpunkte untersucht, um die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Standfestigkeit zu beurteilen.

Berechnung der aufnehmbaren Druckkräfte

Aufgrund der oben genannten Mängel im Bereich der Stützenfüße wird hier vorerst geprüft, ob der Lastabtrag ausschließlich über die zulässige Betondruckkraft möglich ist. Eine Teilflächenpressung kann aufgrund fehlender Spreizkraft-Aufnahmen (durch z. B. Bügel) nicht angesetzt werden.

Stützen im eingeschossigen Bereich

8-eckiger Querschnitt mit Seitenlängen von ca. 13,50 cm

$$A_{\text{Stützenfuß}} = 0,09 \text{ m}^2 = 900 \text{ cm}^2 \quad (\text{bei vollflächigem Fugenverguss})$$

Betongüte

Annahme: C30/37 (Fertigteilwerk, Beton zwischen B35 und B45)

$$f_{ck} = 3,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{cd} = 3,0 * 0,85 / 1,50 = 1,70 \text{ kN/cm}^2$$

max. zulässige Bemessungslast

$$\text{zul. } N_d = 900 * 1,70 = \underline{\underline{1530 \text{ kN}}}$$

Stützen im mehrgeschossig überbauten Bereich

8-eckiger Querschnitt mit Seitenlängen von ca. 19 cm

$$A_{\text{Stützenfuß}} = 0,17 \text{ m}^2 = 1700 \text{ cm}^2 \quad (\text{bei vollflächigem Fugenverguss})$$

Betongüte

Annahme: C30/37 (Fertigteilwerk, Beton zwischen B35 und B45)

$$f_{ck} = 3,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{cd} = 3,0 * 0,85 / 1,50 = 1,70 \text{ kN/cm}^2$$

max. zulässige Bemessungslast im ungestörten Querschnitt:

$$\text{zul. } N_d = 1700 * 1,70 = \underline{\underline{2890 \text{ kN}}}$$

Beurteilung der Tragfähigkeit am Stützenfußübergang → Knotenpunkt

Stützenlasten gemäß Lastenstatik

Auflagerlasten für den Bauzustand / Endzustand:

Stützennummer:	Bemessungslasten [kN]		Auslastung [%]	
	Bauzustand	Endzustand	Bauzustand	Endzustand
S1 (eingeschossig)	1523	1821	99,5	119,0
S2 (eingeschossig)	1875	2211	122,5	144,5
S3 (eingeschossig)	1585	1889	103,6	123,5
S4 (eingeschossig)	1056	1345	69,0	87,9
S5 (mehrgeschossig)	2800	3216	96,9	111,3
S6 (mehrgeschossig)	3748	4277	129,7	148,0
S7 (mehrgeschossig)	4548	5132	157,4	177,6
S8 (mehrgeschossig)	3410	3910	118,0	135,3
S9 (mehrgeschossig)	4442	5028	153,7	174,0
S10 (mehrgeschossig)	3373	3894	116,7	134,7
S11 (mehrgeschossig)	3681	4197	127,4	145,2

Da die Stützen in ihren jeweiligen Bereichen (ein- bzw. mehrgeschossig) identisch ausgeführt wurden, werden hier alle FT-Stützen unabhängig von den Ergebnissen der Betontechnologischen Bauteiluntersuchungen (Chloridgehalt, etc.) auf deren Tragfähigkeit hin untersucht.

Aus der Tabelle sind die Knotenpunktauslastungen der einzelnen Stützenfüße entnehmbar. Demnach sind für die Belastung im Endzustand (volle Verkehrslasten) nahezu alle Stützen überlastet. Die maximale Überlastung tritt an der Stütze S7 mit ca. 178 % auf.

Im Bauzustand (stark abgeminderte Verkehrslasten) sind ebenfalls viele Stützen bereits überlastet.

Die rechnerische Sicherheit gegenüber dem Versagen der Standfestigkeit beläuft sich in diesem Nachweisformat auf ca. $\gamma_{G\text{-Last}+Q\text{-Last}} * \gamma_{M,\text{Beton}} = 1,35 * 1,5 = 2,025$, wobei der Dauerstandsbeiwert (Abminderung f_{ck}) hier auf **der sicheren Seite** liegend unberücksichtigt bleibt.

Die maximale Überschreitung im Bauzustand liegt im Bereich der Stütze S7 bei ca. $\eta = 1,6$. Somit ist noch eine rechnerische Reststandsicherheit von $100 - 1,6 * 100 / 2,025 \sim 21 \%$ vorhanden.

➔ **Auf Grundlage dieser Ergebnisse, ist es erforderlich sämtliche oktogonalen Stützenfüße der Tiefgarage zu sanieren!**

Beurteilung der Standfestigkeit der Fertigteilstützen**→ Knicksicherheit**

Stützenlasten gemäß Lastenstatik

Stützen im eingeschossigen Bereich

$$\max. N_d = 2211 \text{ kN}$$

Stützen im mehrgeschossig überbauten Bereich

$$\max. N_d = 5132 \text{ kN}$$

Die Knicknachweise erfolgen ersatzweise an Rundstützen mit den äquivalenten Querschnittsflächen, wie an der jeweiligen achteckigen Stütze in Stützenmitte. Für die Stütze wird hinsichtlich der Knicklängenermittlung eine Einspannung am Stützenkopf berücksichtigt (Pilkopf).

- Stütze im eingeschossigen Bereich
 - Seitenlänge $s = 15,1 \text{ cm}$ (eine Seite des 8-eckigen Stützenquerschnitts)
 - $A \approx 1100 \text{ cm}^2$
 - $r = (1100 / \pi)^{0,5} = 18,71 \text{ cm}$
 - $D = 2 * 18,71 = 37,42 \text{ cm}$
 - Knicklänge = Kopfeinspannung in EDV berücksichtigt = $l = 2,24 \text{ m}$
 - Max. Bemessungslast $N_d = 2211 \text{ kN}$ (Stütze „S2“)
- Stütze im mehrgeschossig überbauten Bereich
 - Seitenlänge $s = 23,3 \text{ cm}$ (eine Seite des 8-eckigen Stützenquerschnitts)
 - $A = 2600 \text{ cm}^2$
 - $r = (2600 / \pi)^{0,5} = 28,77 \text{ cm}$
 - $D = 2 * 28,77 = 57,54 \text{ cm}$
 - Knicklänge = Kopfeinspannung in EDV berücksichtigt = $l = 2,58 \text{ m}$
 - Max. Bemessungslast $N_d = 5132 \text{ kN}$ (Stütze „S7“)

Ergebnisse aus den Knicknachweisen

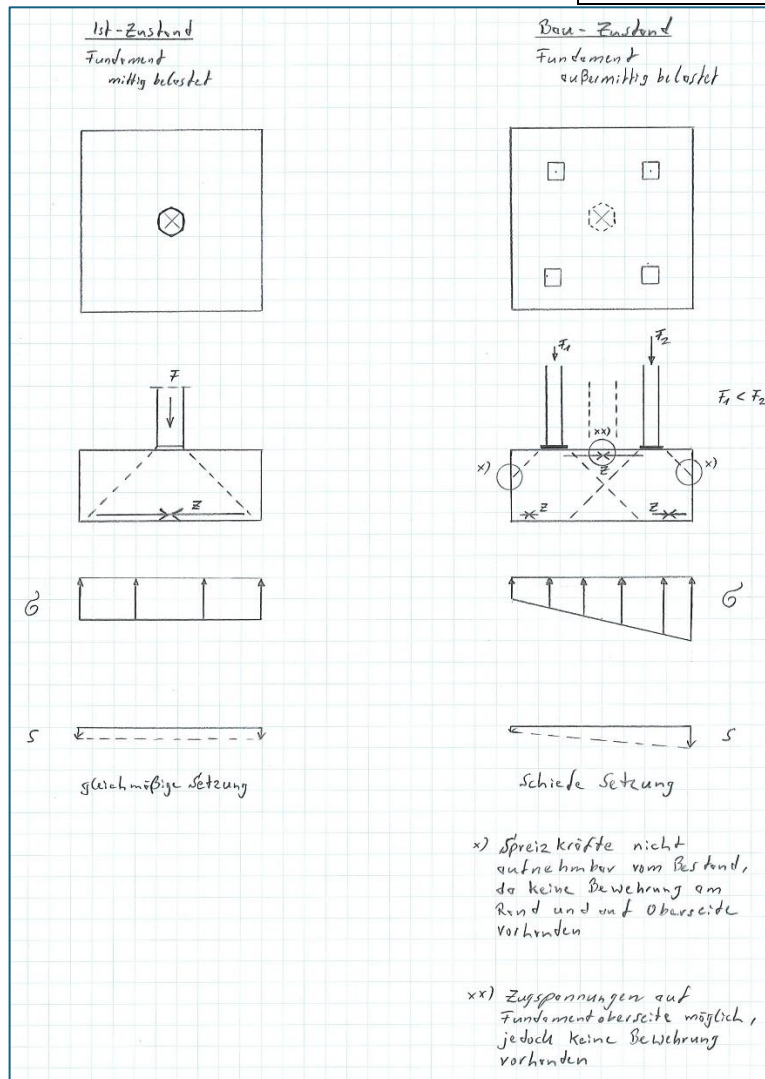
- Stütze im eingeschossigen Bereich
 - erf. $A_s = 17,9 \text{ cm}^2$
 - aufgeteilt auf 8 Ecken = $A_s \text{ je Ecke} = 17,9 / 8 = 2,24 \text{ cm}^2$
 - vorh. $A_s = 8 * \varnothing 16 \approx 8 * 2,01 = 16,1 \text{ cm}^2 \rightarrow 11\% \text{-Überschreitung!}$

Die Überschreitung kann aufgrund der groben Systemvereinfachung von achteckiger auf runde Stütze und den groben Last- und Systemannahmen (Lastannahmen auf sicherer Seite, Deckenplatte ohne Einspannung in Außenwände) innerhalb der Lastenstatik toleriert werden.
- Stütze im mehrgeschossig überbauten Bereich
 - Mittels Bewehrungsscan wurden auch Längseisen mittig an den Stützenseiten ermittelt, daher kann davon ausgegangen werden, dass die Stützenlängsbewehrung mit 8 Ecken und 8 weiteren Eisen jeweils im Bereich der Stützenseiten vorliegt.
 - erf. $A_s = 32,60 \text{ cm}^2$
 - aufgeteilt auf 8 Ecken + 8 Seiten = $A_s \text{ je Ecke u. Seite} = 32,60 / (2*8) = 2,04 \text{ cm}^2$
 - vorh. $A_s = (8 + 8) * \varnothing 20 \approx (8 + 8) * 3,14 = 50,24 \text{ cm}^2$

Wahl der Stützenfußsanierung

Anmerkungen

Aufgrund der oben genannten Mängel im Bereich der Stützenfüße wird von einem tieferen Betonabtrag zur Re-Alkalisierung der vorhandenen Bewehrung (bis ca. 3 cm hinter die Längsbewehrung), verbunden mit bauzeitig erforderlichen Abfangungsmaßnahmen, abgesehen. Die damit einhergehenden inneren Lastumlagerungen im Stützenfuß (vom Altbeton zum Neubeton) und äußeren Lastumlagerungen auf die erforderliche bauzeitige Stahlabfangungen sind nur begrenzt berechenbar, kostenintensiv und bautechnisch schwierig umsetzbar. Die massive bauzeitige Stahlkonstruktion müsste extrem steif zwischen dem Bestandsfundament und der TG-Decke verspannt werden, um Lastumlagerungen mit möglichst geringen Bauteilverformungen sicherzustellen. Darüber hinaus würden ggf. vorhandene Stützenkopfmomente durch die Abfangkonstruktion als Ausmitten in die Fundamente eingetragen. Die Fundamente werden hierfür nicht bemessen sein, da bisher die Fuge zwischen FT-Stütze und Fundament wie ein Gelenk wirkt, wodurch das Fundament rein zentrisch beansprucht wird. Die Stützen der bauzeitigen Abfangungen würden außerdem durch ihren gegenseitigen Abstand untereinander Zugspannungen auf der Oberseite des Fundamentes erzeugen, für die im Fundament keine Bewehrung vorhanden ist. Des Weiteren verengen bauzeitige Stützen den Arbeitsbereich rund um den Stützenfuß. Auch bei gewissenhafter Ausführung einer bauzeitigen Abfangung sind Risse aufgrund von kleinen Verformungen im Zuge der Lastumlagerungen nicht auszuschließen. Aufgrund von Kopfmomenten der Fertigteilstützen (ungleichmäßige Lasteinleitung) könnten auch größere Setzungen durch Fundamentschiefstellung auftreten.



Aus statischer Sicht wird daher empfohlen, den IST-Zustand zu konservieren und durch eine zusätzliche äußere Umschnürung zu sichern. So verbleibt der bisher stabile Lastabtrag innerhalb der Bestandskonstruktion, ohne Lastumlagerungen und die damit einhergehenden Risiken einzugehen.

Der zukünftige Lastabtrag soll gesichert und verstärkt werden, durch

- das nachträgliche Verpressen möglicher Hohlräume im bestehenden Stützenfußbereich (unterste 50 cm) und dem Fugenbereich zwischen FT-Stütze und Fundamentoberkante mittels Bohrpäckern und Zementsuspension
- eine neue äußere Umschnürung mittels zusätzlicher Betonschale mit nicht rostender Ring- und Längsbewehrung

Durch das Verpressen der Fuge und des Stützenfußes (Minimierung von Hohlräumen und Porenräumen) wird der bestmögliche Lastabtrag über die vorhandene Betondruckfläche erzielt. Die Bügelbewehrung der neuen Umschnürung nimmt die Spreizkräfte auf und der bestehende Stützenfuß wird vor neuen Chloriden geschützt. Des Weiteren wird der neu umschnürte Stützenfuß und die Fundamentoberfläche durch zusätzliche äußere Abdichtungsmaßnahmen dauerhaft gegen den Zutritt von Feuchtigkeit und den darin gelösten korrosionsfördernden Stoffen geschützt.

Verpressen / Injizieren

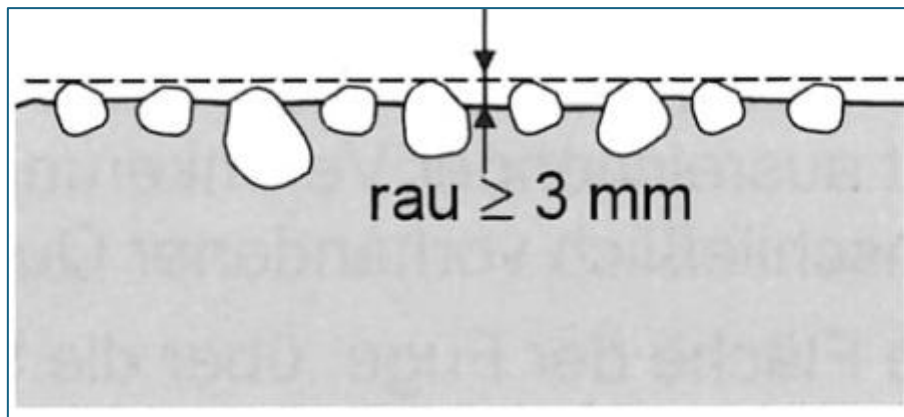
Es handelt sich um eine kraftschlüssige Verbindung durch das Füllen von Rissen und Hohlräumen im bestehenden Bauteil. Hierzu sind Zementsuspensionen zu verwenden die unter Druck in die bestehende Betonmatrix injiziert werden. Weiteres hierzu ist durch die Fachplanung der Betonsanierung vorzugeben.

Umschnürung

Als Umschnürung wird eine kreisrunde Betonschale um die vorhandene achteckige Stütze herumbetoniert. Die Höhe der Umschnürung sollte dabei auf ca. 1,50 m über OKFF festgelegt werden, damit eine Lastumlagerung in den neuen Stützenquerschnitt gewährleistet werden kann und der verbreiterte Stützenquerschnitt für die Nutzer der Tiefgarage gut sichtbar ist. Um das Maß der Stützenverbreiterung möglichst gering zu halten ist die neue Bewehrung in Edelstahl auszuführen. So lassen sich die erforderlichen Betondeckungen auf ein Mindestmaß begrenzen und erneute Korrosionsschäden vermeiden.

Konstruktiv werden vertikale Bewehrungsseisen in das bestehende Fundament eingeklebt. Die Lage der Bewehrung ist auf dem Fundament mittels Schablone anzuzeichnen. An diesen neu eingeklebten Längseisen kann die Bügelbewehrung angeschlossen werden. Im Falle einer Vertikallast-Umlagerung zwischen der Bestandsstütze und der Umschnürung trägt die Längsbewehrung auch direkt zum Lastabtrag in das Fundament bei.

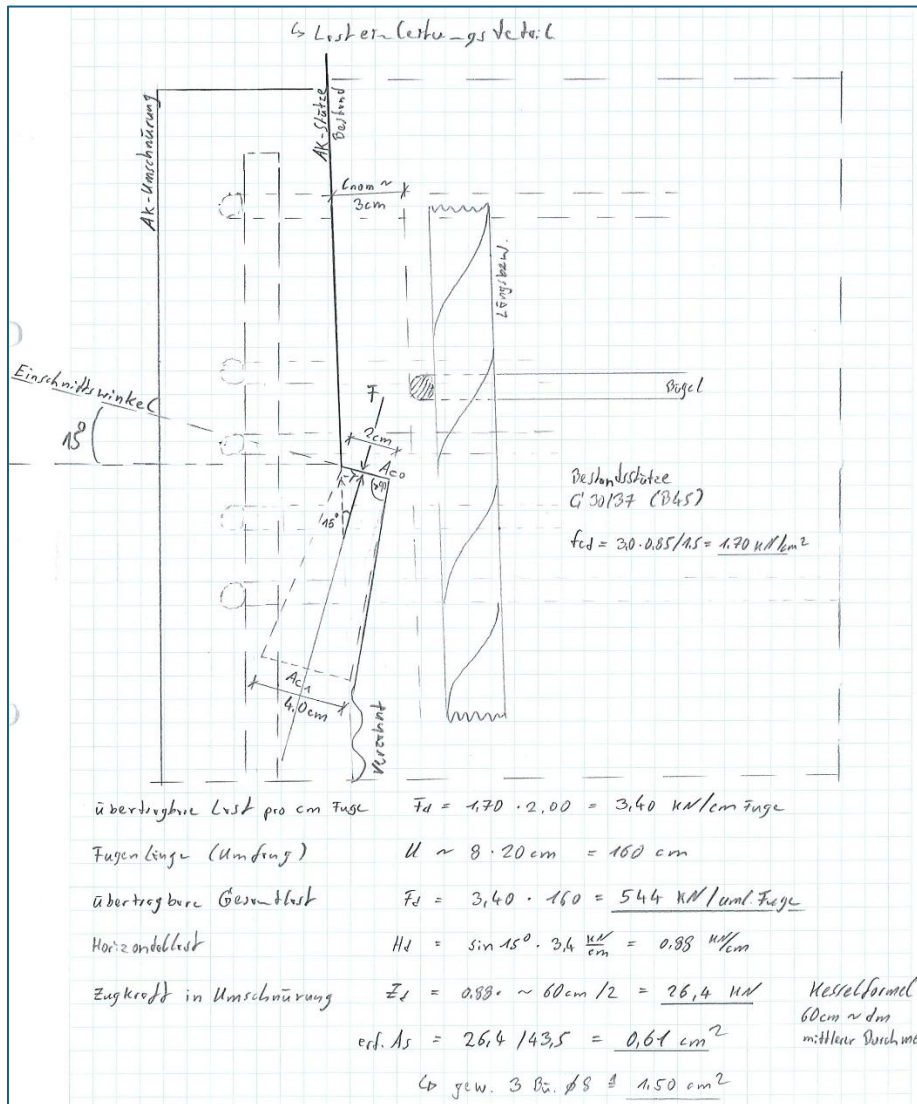
Der Verbund zwischen dem neuen Beton der Umschnürung und dem Altbeton der Stütze wird durch gezielte ringförmige Einkerbungen der Betonoberfläche und ggf. aufrauen der restlichen Flächen sichergestellt. Hierbei ist die Gesteinskörnung (Zuschlag) durch Hochdruckwasserstrahlen so weit freizulegen, dass eine raue Oberfläche entsteht. Dies muss nach dem oben beschriebenen Verpress-Vorgang erfolgen.



Der neue Beton der Umschnürung muss selbstverdichtend und fließfähig eingebracht werden. Betongüte **C35/45**. Durch Vibrationen an der Schalhaut mittels Außenrüttler kann eine zusätzliche Verdichtung des Betons erfolgen.

Stütze im mehrgeschossigen überbauten Bereich

Prinzipdarstellung der Kerven:



Übertragbare Last bei Ausnutzung der Teilflächenbelastung (EC2, Kap 6.7)

$$\text{Belastungsfläche } A_{c0} = 2,0 \cdot 1,0 = 2,0 \text{ cm}^2$$

$$\text{max. rech. Verteilungsfläche } A_{c1} = 4,0 \cdot 1,0 = 4,0 \text{ cm}^2$$

$$\text{Betondruckspannung } f_{cd} = 1,70 \frac{\text{MN}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{max. Druckkraft } F_{Rdu} = 2,0 \cdot 1,70 \cdot \sqrt{4,0/2,0} = 4,808 \text{ kN/cm Fugenlänge}$$

$$\text{zul. } F_{Rdu} \leq 2,0 \cdot 1,70 \cdot 3,0 = 10,2 \text{ MN/cm Fugenlänge} \checkmark$$

$$x) \text{ zul. } F_{Rdu} \leq A_{c0} \cdot \sigma_{R,inv}$$

$$\sigma_{R,inv} = 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,70 = 1,87 \text{ MN/cm}^2$$

$$\leq 2,0 \cdot 1,87 = 3,74 \text{ MN/cm Fugenlänge}$$

$$\rightarrow F_{Rdu} = 3,74 \text{ MN/cm Fuge}$$

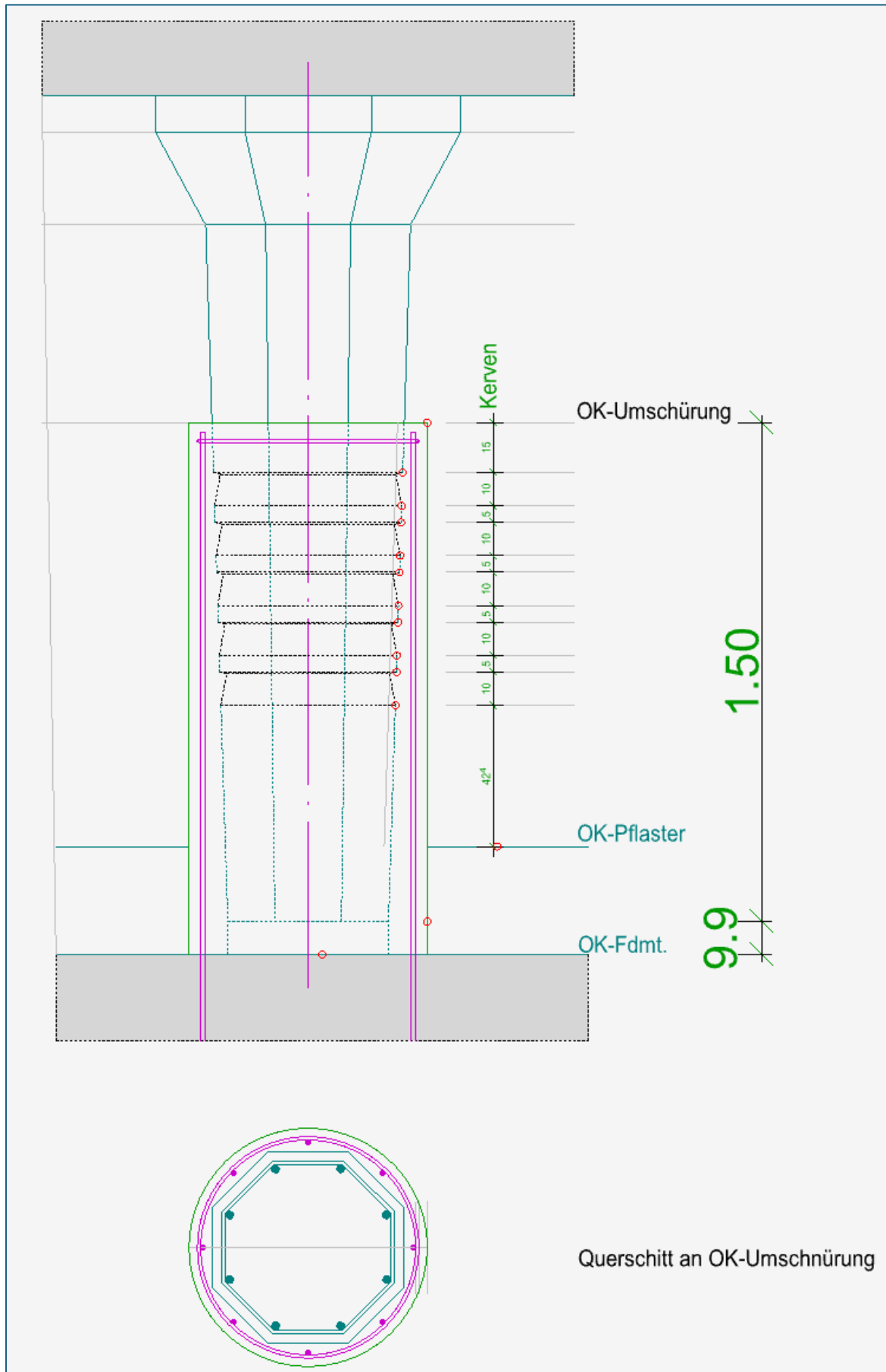
x) Begrenzung, da Lastausbreitung nur in eine Richtung möglich!

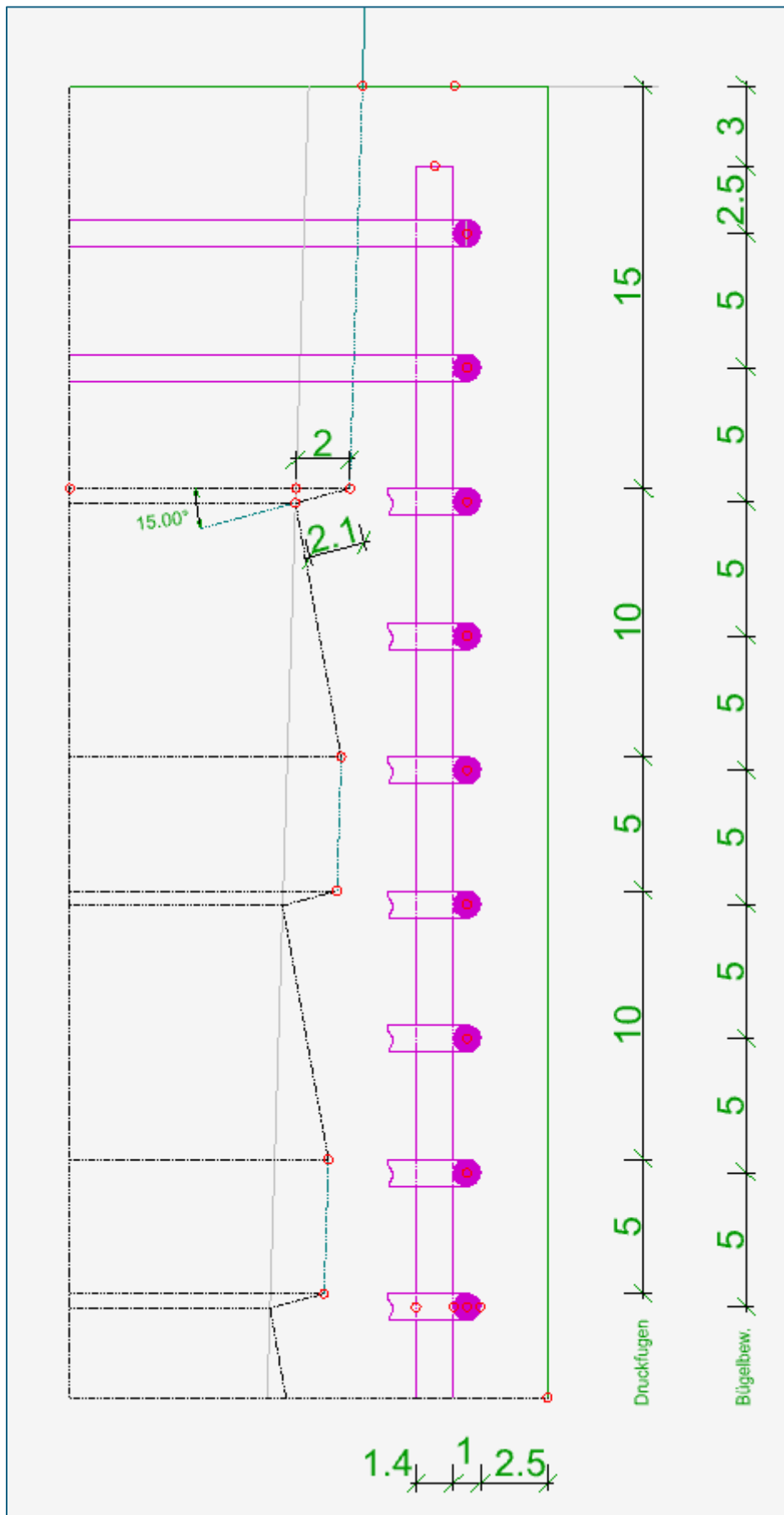
Übertragbare Gesamtkraft

$$F_{Rd} = 3,74 \cdot (8 \cdot 20)$$

$$= 598,4 \text{ MN/uml. Fuge}$$

Prinzipdarstellung der Umschnürung:





Nachweis für maximal belastete Stützen im überbauten Bereich (Stütze „S7“):

$$\max. N_{d, \text{Endzustand}} = 5132 \text{ kN}$$

Übertragbare Last über die Bestandskonstruktion

$$N_{Rd, \text{Bestand}} = 2890 \text{ kN} \quad (\text{siehe „Berechnung der aufnehmbaren Druckkräfte“})$$

Übertragbare Last über die Kerven auf die Umschnürung

$$n_{Rd, \text{Kerve}} = 3,74 \text{ kN/cm Kerve} \quad (\text{mit Teilflächenpressung})$$

$$\text{Kervenzahl } n = 5 \text{ Stück} \quad \text{umlaufend um Stützenquerschnitt}$$

$$\text{mittlere Kervlänge pro Umlauf } l_{\text{Kerve}} > 21 \cdot 8 = 168 \text{ cm}$$

$$N_{Rd, \text{Kerven}} = 5 \cdot 168 \cdot 3,74 = 3141,60 \text{ kN}$$

Aufnehmbare Gesamtlast aus Bestand und Umschnürung

$$N_{Rd, \text{Bestand}} = 2890 \text{ kN} \quad + \quad N_{Rd, \text{Kerven}} = 3141,60 \text{ kN}$$

$$\text{Summe } N_{Rd} = 6031,60 \text{ kN}$$

Nachweis

$$\text{erf. } N_d \text{ zu vorh. } N_{Rd} = 5132 / 6031,60 = 0,85 < 1,0 \quad \text{okay!}$$

Nachweis der neuen Umschnürung als Stb.-Hohlstütze

Knicknachweis hier nicht erforderlich, da durch Bestandsstütze gehalten.

Betongüte der Umschnürung C35/45

Bewehrung Edelstahl (B500 A)

$$\text{Lasteingabe } N_{Gk} = 3141,60 / 1,35 = 2327,11 \text{ kN}$$

$$\text{erf. } A_{s, \text{Längs}} = 10,90 \text{ cm}^2 \quad \text{aus EDV-Bemessung als Mindestbewehrung}$$

aufgeteilte Längsstäbe auf 8 Stützenbereiche

$$8 \times \text{Einzelstab } \varnothing 14 = 8 \cdot 1,54 = 12,32 \text{ cm}^2 \quad > \quad 10,9 \text{ cm}^2 \quad \text{okay!}$$

EDV-Bemessung: siehe Folgeseiten

Stahlbetonstütze (x64) B5+ 02/25B (FRILO R-2025-2/P07)

Grundparameter**Berechnungsgrundlagen**

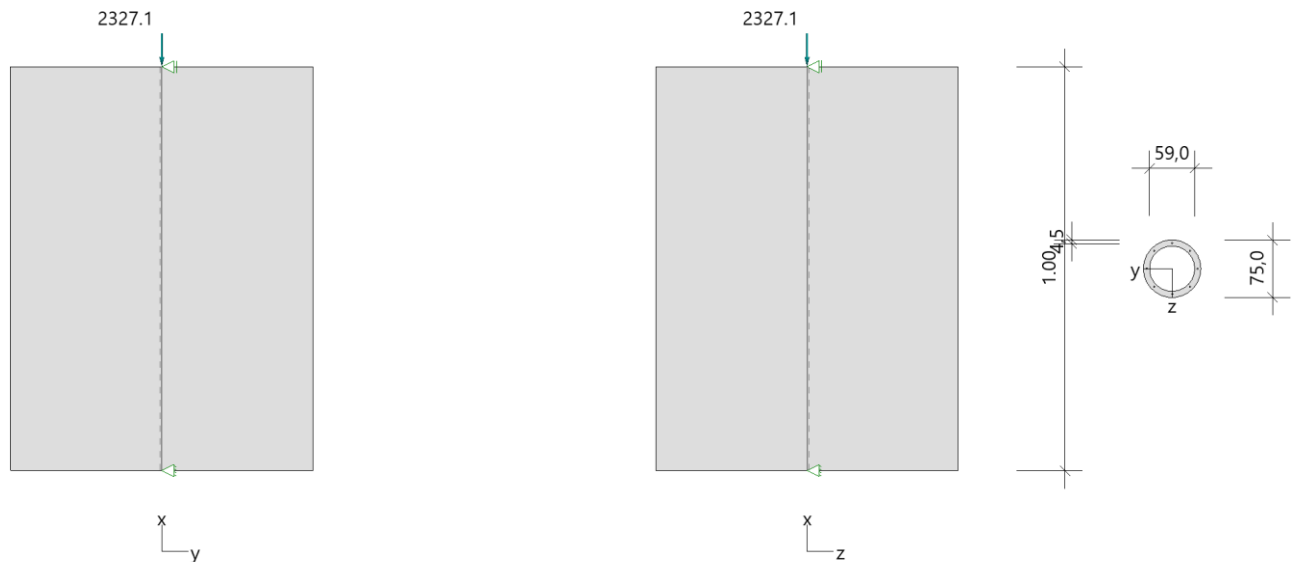
- Pendelstütze in y- und z-Richtung, Kreisring, 2-achsig beansprucht
- Materialien C 35/45, B500A

Norm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnormen	:	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
	:	DIN EN 1992-1-2/NA/A2 - 2021-04
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 für Kranlasten	:	0.90
$\Psi_2 = 0.5$ für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)

System**Systemgrafik 2D**

Maßstab 1 : 18.7

**Kriechzahl**

Umgebungsbedingungen:

Luftfeuchte	LU =	50 %	Zementtyp ZEM_N_R
Belastungsalter	t_0 =	28 Tage	
Endkriechzahl	$\phi(t_0, \infty)$ =	2.40	

Materialauswahl

Beton C 35/45	f_{ck} =	35.00 N/mm ²	E_{cm} =	34000 N/mm ²	
Betonstahl B500A	f_{yk} =	500.00 N/mm ²	E_s =	200000 N/mm ²	
	$k(f_t/f_y)$ =	1.05	ϵ_{uk} =	25.0 ‰	(Bügel und Längsbewehrung)

Material Bemessungswerte

Bemessungssituation	Beton C 35/45			Betonstahl B500A		
	$\alpha_{cc} = 0.85 \alpha_{ct} = 0.85$					
	γ_c	f_{cd} [N/mm ²]	f_{ctd} [N/mm ²]	γ_s	f_{yd} [N/mm ²]	$f_{td} = f_{tk,cal}/\gamma_s$ [N/mm ²]
ständig/vorübergehend	1.50	19.83	1.27	1.15	434.78	456.52

Systemkennwerte**Abmessungen / statisches System**

Pendelstütze in y- und z-Richtung

Stützhöhe $l = 1.00 \text{ m}$ Querschnitt $d/d_i = 75.0/59.0 \text{ cm}$ $d_1 = 4.5 \text{ cm}$

Bewehrungsanordnung umfangsverteilt

Lagerbedingungen

Lage	u_y [kN/m]	ϕ_z [kNm/rad]	u_z [kN/m]	ϕ_y [kNm/rad]
Kopfpunkt	starr		starr	
Fußpunkt			starr	

Lasten**Übersicht der verwendeten Einwirkungen (für STR und P/T)**

Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
ständig				1.000	1.350

Punktlasten

Nr.	Angriffsort	Abstand [m]	V [kN]	e_y [cm]	e_z [cm]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	Einwirkung	ZusGrp	AltGrp
1	Stützenkopf		2327.1							ständig		

Punktlasten (Stützeigengewicht)

Nr.	Angriffsort	Abstand [m]	V [kN]	e_y [cm]	e_z [cm]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	Einwirkung	ZusGrp	AltGrp
*	Stützenkopf		4.2							ständig		

Berechnungsoptionen

Berechnungsoptionen

- Ansatz Eigengewicht am Stützenabschnittskopf
- Jeder Stützenabschnitt wird intern in 6 Unterelemente unterteilt

Bemessungsoptionen

- Imperfektion (Zusatzausmitte e_i) wird affin zur Knickbiegeline angesetzt.
- Lastniveau für Kriecheffekte: quasi-ständige Bemessungssituation
- Langzeitauswirkungen werden über Ansatz des irreversiblen Anteils der Kriechbiegeline als spannungs-freie Anfangsverformung erfasst
- Ansatz der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen über mod. Stahlarbeitslinie im GZG ($f_{ct,m}$)
- Mindestausmitten nach EN 1992-1-1, 6.1 (4) werden - sofern maßgebend - angesetzt
- Die Mindestbewehrung für Balken nach EN 1992, Abs. 9.2.1, wird nicht überprüft
- Die zusätzliche Abminderung der Steifigkeiten (f_{red}) bei kleinen Bewehrungsgraden ist aktiviert

Ergebnisse

Kleinste Lastverzweigungsfaktoren

min $N_{cr}/N = 1021,91$ in y - / $1021,91$ in z -Richtung (nur Betonquerschnitt)

Tragfähigkeit - ständig/vorübergehend - Allgemeines Verfahren (Abs. 5.8.6)

Untersuchte Lastkombinationen (ständige/vorübergehende Bemessungssituation)

Last	LK 1 ¹⁾	LK 2 ¹⁾
Stützeigengewicht	1.35	1.00
$V = 2327,1$ kN (ständig)	1.35	1.00
1 : keine Berechnung nach Th. II. Ordnung, da $\lambda \leq \lambda_{lim}$ nach EN 1992-1-1, 5.8.3.1		

Slankheiten, Ausmitten und Kriecheffekte

LK	Abschnitt	Art	$S_{k,v}$ [m]	$S_{k,z}$ [m]	λ_v	λ_z	$\lambda_{lim,v}$	$\lambda_{lim,z}$	$e_{i,v}$ [cm]	$e_{i,z}$ [cm]	ϕ_∞	f_{red}
1	1	Stütze	1.00	1.00	4.2	4.2	25.0	25.0	0.0	0.0	2.398	0.744

Schnittgrößen und Biegebemessung nach Th. II. O. mit e_i (ständige/vorübergehende Bemessungssituation)

LK	Höhe [m]	N _d [kN]	M _{v,d} [kNm]	M _{z,d} [kNm]	ρ [%]	A _{s,erf} [cm²]	Versagensart
1	1.00	-3147.3	0.00	0.00	0.64	10.9 ¹⁾	Querschnitt
	0.83	-3147.3	0.00	0.00	0.64	10.9 ¹⁾	
	0.67	-3147.3	0.00	0.00	0.64	10.9 ¹⁾	
	0.50	-3147.3	0.00	0.00	0.64	10.9 ¹⁾	
	0.33	-3147.3	0.00	0.00	0.64	10.9 ¹⁾	
	0.17	-3147.3	0.00	0.00	0.64	10.9 ¹⁾	
	0.00	-3147.3	0.00	0.00	0.64	10.9 ¹⁾	
1 : Mindestlängsbewehrung nach EN 1992-1-1, 9.5.2 (2)							

Auflagerreaktionen - Extremwerte aus allen berechneten Überlagerungen (ständig/vorübergehend)

Lager	Höhe [m]	$A_{d,v}$ [kN]	$H_{d,v}$ [kN]	$M_{d,z}$ [kNm]	$H_{d,z}$ [kN]	$M_{d,v}$ [kNm]	LK
Abschnitt 1	1.00		0.0	0.00	0.0	0.00	1
			0.0	0.00	0.0	0.00	2
Fußpunkt	0.00	2331.3	0.0	0.00	0.0	0.00	2
		3147.3	0.0	0.00	0.0	0.00	1

Stütze im eingeschossigen Bereich

Prinzipdarstellung der Kerven:

Gleiches Prinzip, wie an den Stützen im mehrgeschossigen Bereich

Nachweis für maximal belastete Stützen im eingeschossigen Bereich (Stütze „S2“):

$$\max. N_{d, \text{Endzustand}} = 2211 \text{ kN}$$

Übertragbare Last über die Bestandskonstruktion

$$N_{Rd, \text{Bestand}} = 1530 \text{ kN} \quad (\text{siehe „Berechnung der aufnehmbaren Druckkräfte“})$$

Übertragbare Last über die Kerven auf die Umschnürung

$$n_{Rd, \text{Kerve}} = 3,74 \text{ kN/cm Kerve} \quad (\text{mit Teilflächenpressung})$$

$$\text{Kervenzahl } n = 3 \text{ Stück} \quad \text{umlaufend um Stützenquerschnitt}$$

$$\text{mittlere Kervenzlänge pro Umlauf } l_{\text{Kerve}} > 15 \cdot 8 = 120 \text{ cm}$$

$$N_{Rd, \text{Kerven}} = 3 \cdot 120 \cdot 3,74 = 1346 \text{ kN}$$

Aufnehmbare Gesamtlast aus Bestand und Umschnürung

$$N_{Rd, \text{Bestand}} = 1530 \text{ kN} \quad + \quad N_{Rd, \text{Kerven}} = 1346 \text{ kN}$$

$$\text{Summe } N_{Rd} = 2876 \text{ kN}$$

Nachweis

$$\text{erf. } N_d \text{ zu vorh. } N_{Rd} = 2211 / 2876 = 0,77 < 1,0 \quad \text{okay!}$$

Nachweis der neuen Umschnürung als Stb.-Hohlstütze

Knicknachweis hier nicht erforderlich, da durch Bestandsstütze gehalten.

Betongüte der Umschnürung C35/45

Bewehrung Edelstahl (B500 A)

$$\text{Lasteingabe } N_{Gk} = 2211 / 1,35 = 1637,80 \text{ kN}$$

$$\text{erf. } A_{s, \text{Längs}} = 7,60 \text{ cm}^2 \quad \text{aus EDV-Bemessung als Mindestbewehrung}$$

aufgeteilte Längsstäbe auf 8 Stützenbereiche

$$8 \times \text{Einzelstab } \varnothing 12 = 8 \cdot 1,13 = 9,04 \text{ cm}^2 \quad > \quad 7,60 \text{ cm}^2 \quad \text{okay!}$$

EDV-Bemessung: siehe Folgeseiten

Stahlbetonstütze (x64) B5+ 02/25B (FRILO R-2025-2/P07)

Grundparameter**Berechnungsgrundlagen**

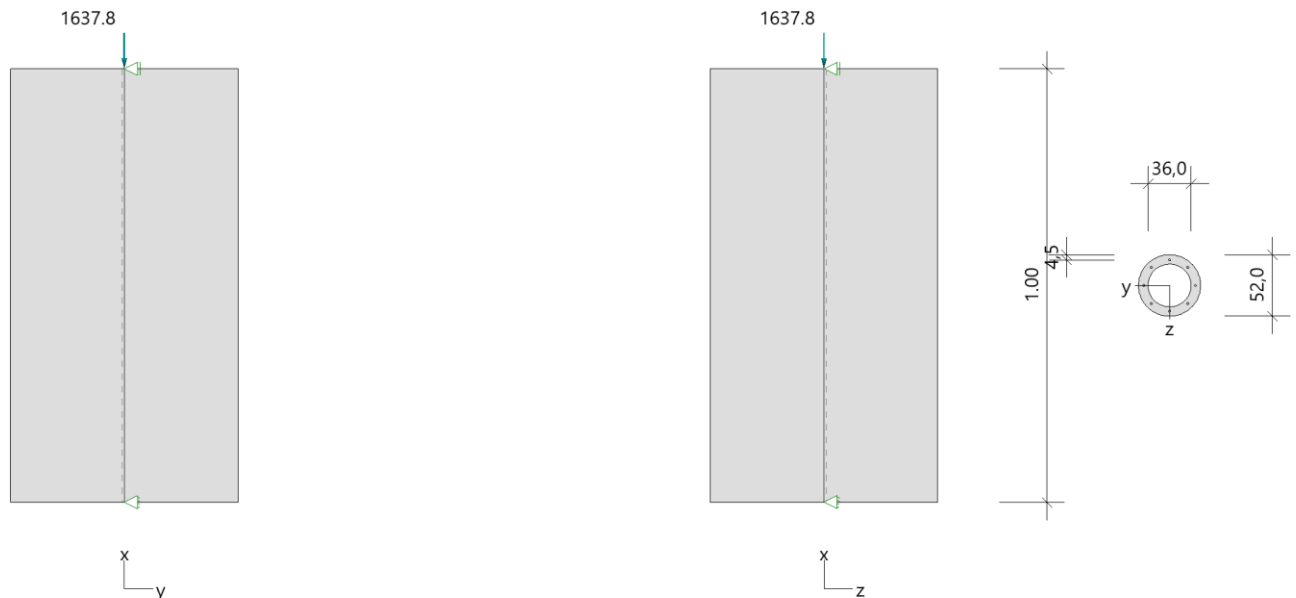
- Pendelstütze in y- und z-Richtung, Kreisring, 2-achsig beansprucht
- Materialien C 35/45, B500A

Norm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnormen	:	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
	:	DIN EN 1992-1-2/NA/A2 - 2021-04
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 für Kranlasten	:	0.90
$\Psi_2 = 0.5$ für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)

System**Systemgrafik 2D**

Maßstab 1 : 17.3

**Kriechzahl**

Umgebungsbedingungen:

Luftfeuchte	LU =	50 %	Zementtyp ZEM_N_R
Belastungsalter	t_0 =	28 Tage	
Endkriechzahl	$\phi(t_0, \infty)$ =	2.40	

Materialauswahl

Beton C 35/45	$f_{ck} =$	35.00 N/mm ²	$E_{cm} =$	34000 N/mm ²	
Betonstahl B500A	$f_{yk} =$	500.00 N/mm ²	$E_s =$	200000 N/mm ²	
	$k(f_t/f_y) =$	1.05	$\epsilon_{uk} =$	25.0 ‰	(Bügel und Längsbewehrung)

Material Bemessungswerte

Bemessungssituation	Beton C 35/45			Betonstahl B500A		
	$\alpha_{cc} = 0.85 \alpha_{ct} = 0.85$					
	γ_c	f_{cd} [N/mm ²]	f_{ctd} [N/mm ²]	γ_s	f_{yd} [N/mm ²]	$f_{td} = f_{tk,cal}/\gamma_s$ [N/mm ²]
ständig/vorübergehend	1.50	19.83	1.27	1.15	434.78	456.52

Systemkennwerte**Abmessungen / statisches System**

Pendelstütze in y- und z-Richtung

Stützhöhe $l = 1.00 \text{ m}$ Querschnitt $d/d_i = 52.0/36.0 \text{ cm}$ $d_1 = 4.5 \text{ cm}$

Bewehrungsanordnung umfangsverteilt

Lagerbedingungen

Lage	u_y [kN/m]	ϕ_z [kNm/rad]	u_z [kN/m]	ϕ_y [kNm/rad]
Kopfpunkt	starr		starr	
Fußpunkt			starr	

Lasten**Übersicht der verwendeten Einwirkungen (für STR und P/T)**

Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
ständig				1.000	1.350

Punktlasten

Nr.	Angriffsort	Abstand [m]	V [kN]	e_y [cm]	e_z [cm]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	Einwirkung	ZusGrp	AltGrp
1	Stützenkopf		1637.8							ständig		

Punktlasten (Stützeigengewicht)

Nr.	Angriffsort	Abstand [m]	V [kN]	e_y [cm]	e_z [cm]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	Einwirkung	ZusGrp	AltGrp
*	Stützenkopf		2.8							ständig		

Berechnungsoptionen**Berechnungsoptionen**

- Ansatz Eigengewicht am Stützenabschnittskopf
- Jeder Stützenabschnitt wird intern in 6 Unterelemente unterteilt

Bemessungsoptionen

- Imperfektion (Zusatzausmitte e_i) wird affin zur Knickbiegeline angesetzt.
- Lastniveau für Kriecheffekte: quasi-ständige Bemessungssituation
- Langzeitauswirkungen werden über Ansatz des irreversiblen Anteils der Kriechbiegeline als spannungs- freie Anfangsverformung erfasst
- Ansatz der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen über mod. Stahlarbeitslinie im GZG ($f_{ct,m}$)
- Mindestausmitten nach EN 1992-1-1, 6.1 (4) werden - sofern maßgebend - angesetzt
- Die Mindestbewehrung für Balken nach EN 1992, Abs. 9.2.1, wird nicht überprüft
- Die zusätzliche Abminderung der Steifigkeiten (f_{red}) bei kleinen Bewehrungsgraden ist aktiviert

Ergebnisse**Kleinste Lastverzweigungsfaktoren**min $N_{cr}/N = 418,92$ in y- / $418,92$ in z-Richtung (nur Betonquerschnitt)**Tragfähigkeit - ständig/vorübergehend - Allgemeines Verfahren (Abs. 5.8.6)****Untersuchte Lastkombinationen (ständige/vorübergehende Bemessungssituation)**

Last	LK 1 ¹⁾	LK 2 ¹⁾
Stützeigengewicht	1.35	1.00
V = 1637,8 kN (ständig)	1.35	1.00

1 : keine Berechnung nach Th. II. Ordnung, da $\lambda \leq \lambda_{lim}$ nach EN 1992-1-1, 5.8.3.1

Schlankheiten, Ausmitten und Kriecheffekte

LK	Abschnitt	Art	$s_{k,v}$ [m]	$s_{k,z}$ [m]	λ_v	λ_z	$\lambda_{lim,v}$	$\lambda_{lim,z}$	$e_{i,v}$ [cm]	$e_{i,z}$ [cm]	ϕ_∞	f_{red}
1	1	Stütze	1.00	1.00	6.3	6.3	25.0	25.0	0.0	0.0	2.398	0.754

Schnittgrößen und Biegebemessung nach Th. II. O. mit e_i (ständige/vorübergehende Bemessungssituation)

LK	Höhe [m]	N_d [kN]	$M_{v,d}$ [kNm]	$M_{z,d}$ [kNm]	ρ [%]	$A_{s,erf}$ [cm ²]	Versagensart
1	1.00	-2214.8	0.00	0.00	0.69	7.6 ¹⁾	Querschnitt
	0.83	-2214.8	0.00	0.00	0.69	7.6 ¹⁾	
	0.67	-2214.8	0.00	0.00	0.69	7.6 ¹⁾	
	0.50	-2214.8	0.00	0.00	0.69	7.6 ¹⁾	
	0.33	-2214.8	0.00	0.00	0.69	7.6 ¹⁾	
	0.17	-2214.8	0.00	0.00	0.69	7.6 ¹⁾	
	0.00	-2214.8	0.00	0.00	0.69	7.6 ¹⁾	

1 : Mindestlängsbewehrung nach EN 1992-1-1, 9.5.2 (2)

Auflagerreaktionen - Extremwerte aus allen berechneten Überlagerungen (ständig/vorübergehend)

Lager	Höhe [m]	$A_{d,v}$ [kN]	$H_{d,v}$ [kN]	$M_{d,z}$ [kNm]	$H_{d,z}$ [kN]	$M_{d,v}$ [kNm]	LK
Abschnitt 1	1.00		0.0	0.00	0.0	0.00	1
			0.0	0.00	0.0	0.00	2
Fußpunkt	0.00	1640.6	0.0	0.00	0.0	0.00	2
		2214.8	0.0	0.00	0.0	0.00	1

Prinzip: Sanierungsmaßnahme durch Realkalisierung

Im Bauzustand müsste zur Re-Alkalisierung der Bewehrung der alte chloridbelastete Beton bis 30 mm hinter die Längsbewehrung abgebrochen und durch neuen Spritzbeton ersetzt werden. Dies muss auf einer Höhe von ca. 50 cm ab Fundamentoberkante erfolgen.

Das Prinzip 7 nach TR Instandhaltung [1] wird im vorliegenden Fall durch das Verfahren 7.2 – Ersatz von chloridhaltigem Beton erreicht. Hierbei wird der chloridhaltige Beton im Bereich der Bewehrung entfernt und durch neuen Beton mit bekannter Zusammensetzung (z.B. Beton nach DIN EN 206-1 oder Spritzbeton nach DIN EN 14487) oder Betonersatz mit unbekannter Zusammensetzung (RC oder SRC) ersetzt.

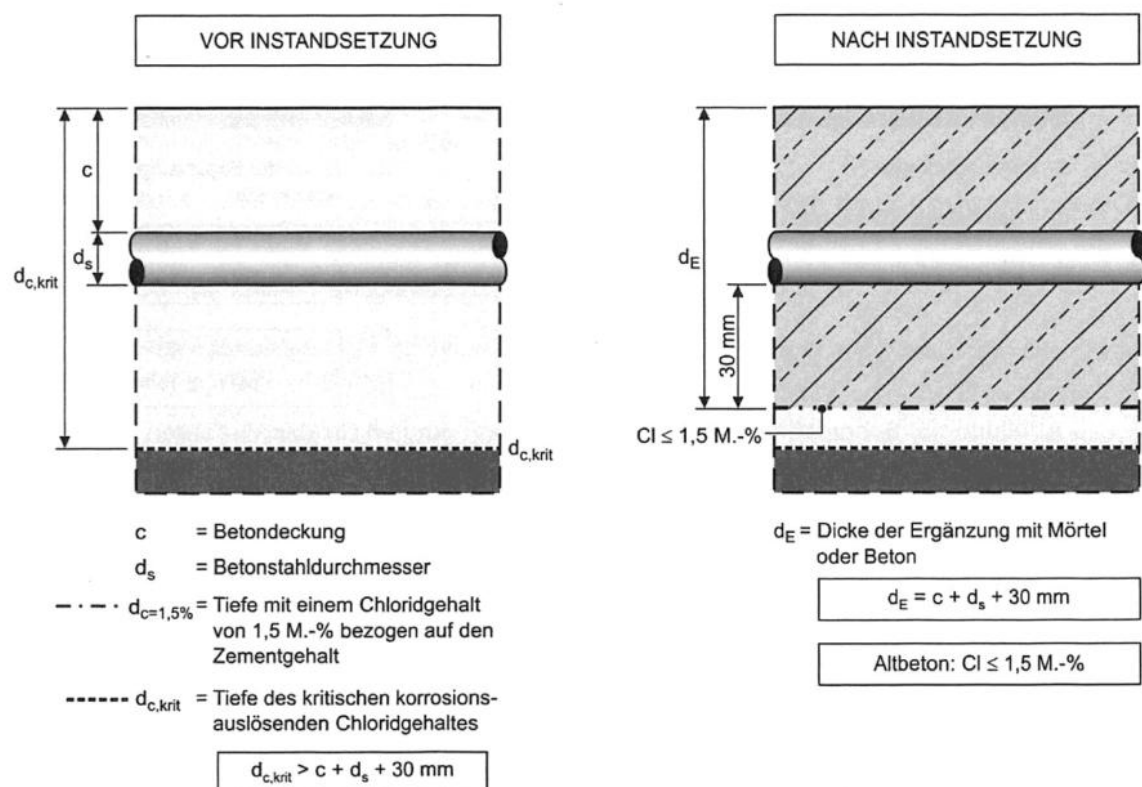


Abb. 9: Instandsetzungsprinzip 7, Verfahren 7.2 gemäß Abb. 8 der TR Instandhaltung [1]

Technische Regel „Instandhaltung von Betonbauwerken“

- ➔ Die Sanierung durch den oben beschriebenen Betonabtrag zur Realkalisierung der Bewehrung kann nicht ohne zusätzliche Abfangmaßnahmen erfolgen!
- ➔ Alternative Sanierungsmaßnahmen ohne Betonabtrag an den Stützen werden empfohlen!

Stützensanierung der Rundstützen in der Tiefgarage

Neben den achteckigen Stützenquerschnitten wurden auch drei Rundstützen (Stützennr. „S12“, „S13“ und „S14“) ausgeführt. Diese Stützen wurden in Stahlbetonbauweise als Ortbetonstützen errichtet. Die Längsbewehrung wird bis in das jeweilige Fundament geführt.

Die Stützen „S13“ und „S14“ laufen kontaktfrei durch die Kellerdecke um auf Höhe der EG-Decke Lasten aus dem 1. Obergeschoss aufzunehmen.

Die Bewehrung am Stützenfuß ist z. T. stark durch Korrosion geschädigt und die Betonoberfläche ist relativ weich, so dass aufgrund des Gesamterscheinungsbildes eine Sanierung durch zusätzliche Umschnürung des vorhandenen Stützenquerschnitts mittels Edelstahlbewehrung und selbstverdichtendem Fließbeton vorgesehen wird (Vergleiche mit Umschnürung der oktogonalen FT-Stützen).



[10] Stütze „S12“



16 01 2026

[11] Stütze „S12“ mit korrodierender Bewehrung am Stützenfuß

Bewehrung der Stützen im Bestand:

- „S12“: 7 Stück Ø 20 längs mit Wendel Ø 6,5 als Querkraftbewehrung
- „S13“: 5 Stück Ø 25 längs mit Wendel Ø 6,5 als Querkraftbewehrung
- „S14“: Annahme: Ausgeführt, wie „S13“

System der Stützen:

- Pendelstützen

Systemlänge und Durchmesser der Stützen:

- $l < 2,60$ m bei $d = 30$ cm

Betondeckung:

- i. M. ca. 35 mm auf die Bügelwendel

Stützenlasten gemäß Lastenstatik

Auflagerlasten für den **Bauzustand / Endzustand**:

Stützen- nummer:	charakteristische Lasten [kN]		Bemessungslasten [kN]	
	Bauzustand	Endzustand	Bauzustand	Endzustand
S12	891	1009	1204	1381
S13	854	955	1152	1304
S14	908	1010	1227	1379

Beurteilung der Tragfähigkeit der Bestandsstützen:

Die maximal belastete Stütze „S12“ wird im Folgendem vergleichsweise nachgerechnet.

Die geringere Längsbewehrung $7 \times \text{Ø } 20 = 7 \times 3,14 = 21,98 \text{ cm}^2$ wird dabei als vorhanden A_s angesetzt. Als Betongüte wird von einem C25/30 ausgegangen.

Ergebnis:

Die Tragfähigkeit und der 90-minütige Brandwiderstand wären auch noch bei $6 \times 3,14 = 18,84 \text{ cm}^2$ Längsbewehrung eingehalten.

Stahlbetonstütze (x64) B5+ 02/25B (FRILO R-2025-2/P07)

Grundparameter**Berechnungsgrundlagen**

- Pendelstütze in y- und z-Richtung, Kreis, 2-achsig beansprucht
- Materialien C 25/30, B500A

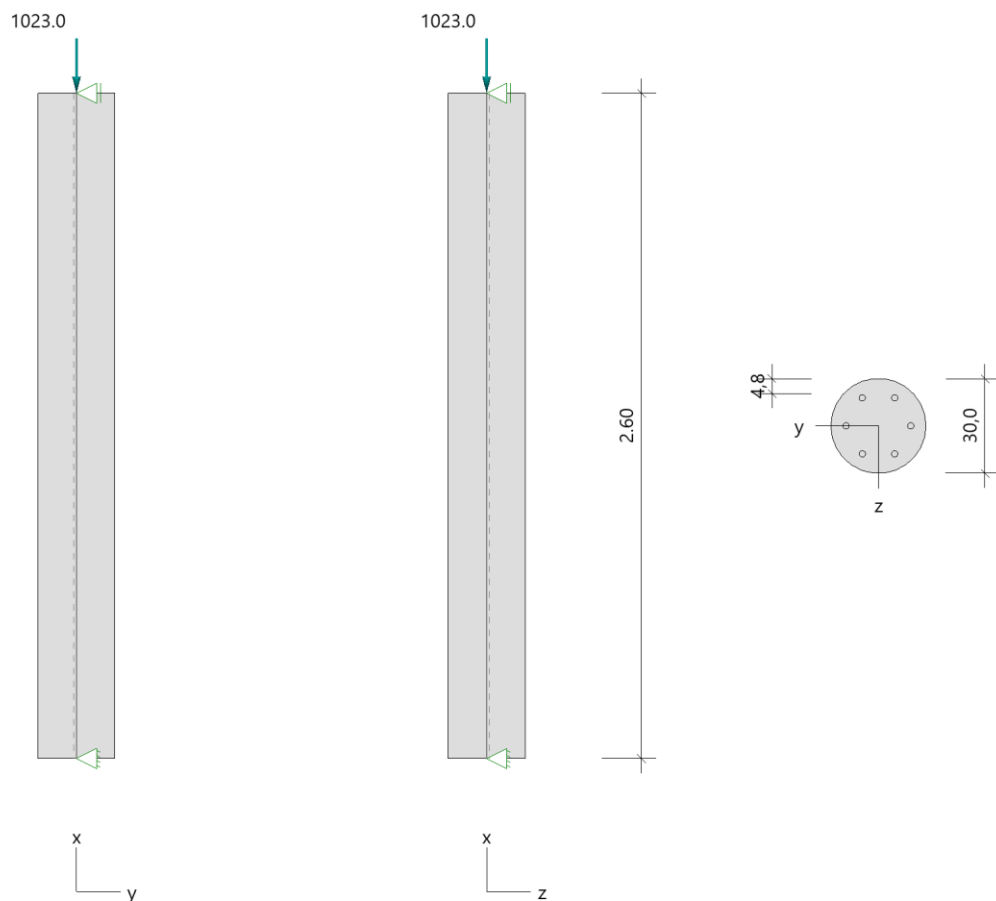
Norm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnormen	:	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
	:	DIN EN 1992-1-2/NA/A2 - 2021-04
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 für Kranlasten	:	0.90
$\Psi_2 = 0.5$ für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)

System**Systemgrafik 2D**

Maßstab 1 : 29.7

1023 kN = 1381 / 1,35

**Kriechzahl**

Umgebungsbedingungen:

Luftfeuchte LU = 50 % Zementtyp ZEM_N_R

Belastungsalter t_0 = 28 TageEndkriechzahl $\phi(t_0, \infty) = 2.76$ **Materialauswahl**Beton C 25/30 $f_{ck} = 25.00 \text{ N/mm}^2$ Betonstahl B500A $f_{yk} = 500.00 \text{ N/mm}^2$ $k(f_t/f_y) = 1.05$ $E_{cm} = 31000 \text{ N/mm}^2$ $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$ $\epsilon_{uk} = 25.0 \text{ ‰}$

(Bügel und Längsbewehrung)

Material Bemessungswerte

Bemessungssituation	Beton C 25/30			Betonstahl B500A		
	$\alpha_{cc}=0.85\alpha_{ct}=0.85$					
	γ_c	f_{cd} [N/mm ²]	f_{ctd} [N/mm ²]	γ_s	f_{yd} [N/mm ²]	$f_{td}=f_{tk,cal}/\gamma_s$ [N/mm ²]
ständig/vorübergehend	1.50	14.17	1.02	1.15	434.78	456.52

Systemkennwerte**Abmessungen / statisches System**

Pendelstütze in y- und z-Richtung

Stützhöhe

l = 2.60 m

Querschnitt

d = 30.0 cm

d₁ = 4.8 cm

Bewehrungsanordnung (kalt) umfangsverteilt

Bewehrungsanordnung (Brand) wie Bewehrungsbild

Lagerbedingungen

Lage	u_v [kN/m]	ϕ_z [kNm/rad]	u_z [kN/m]	ϕ_v [kNm/rad]
Kopfpunkt	starr		starr	
Fußpunkt			starr	

Lasten**Übersicht der verwendeten Einwirkungen (für STR und P/T)**

Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
ständig				1.000	1.350

Punktlasten

Nr.	Angriffsort	Abstand [m]	V [kN]	e_v [cm]	e_z [cm]	F_v [kN]	F_z [kN]	M_v [kNm]	M_z [kNm]	Einwirkung	ZusGrp	AltGrp
1	Stützenkopf		1023.0							ständig		

Punktlasten (Stützeigengewicht)

Nr.	Angriffsort	Abstand [m]	V [kN]	e_v [cm]	e_z [cm]	F_v [kN]	F_z [kN]	M_v [kNm]	M_z [kNm]	Einwirkung	ZusGrp	AltGrp
*	Stützenkopf		4.6							ständig		

Berechnungsoptionen**Berechnungsoptionen**

- Ansatz Eigengewicht am Stützenabschnittskopf
- Jeder Stützenabschnitt wird intern in 6 Unterelemente unterteilt

Bemessungsoptionen

- Imperfektion (Zusatzausmitte e_i) wird affin zur Knickbiegeline angesetzt.
- Lastniveau für Kriecheffekte: quasi-ständige Bemessungssituation
- Langzeitauswirkungen werden über Ansatz des irreversiblen Anteils der Kriechbiegeline als spannungs-freie Anfangsverformung erfasst
- Ansatz der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen über mod. Stahlarbeitslinie im GZG ($f_{ct,m}$)
- Mindestausmitten nach EN 1992-1-1, 6.1 (4) werden - sofern maßgebend - angesetzt
- Die Mindestbewehrung für Balken nach EN 1992, Abs. 9.2.1, wird nicht überprüft
- Die zusätzliche Abminderung der Steifigkeiten (f_{red}) bei kleinen Bewehrungsgraden ist aktiviert

Bewehrungsanordnung**Gewählte Bewehrungsanordnung**

Stützenabschnitt	Stabnummer	$\emptyset$ [mm]	Fläche [cm ²]	y [cm]	z [cm]
Abschnitt 1 Bügel: 16 $\emptyset$ 8 mm	1	20	3.1	10.2	0.0
	2	20	3.1	5.1	8.8
	3	20	3.1	-5.1	8.8
	4	20	3.1	-10.2	0.0
	5	20	3.1	-5.1	-8.8
	6	20	3.1	5.1	-8.8
			18.8		

Realisierte Betondeckung

Stützenabschnitt	erf. $c_{nom,L}$ [cm]	erf. $c_{nom,B}$ [cm]	vorh. $c_{nom,L}$ [cm]	vorh. $c_{nom,B}$ [cm]
Abschnitt 1	3.0	2.0	3.8	3.0

Ergebnisse**Kleinste Lastverzweigungsfaktoren**

min $N_{cr}/N = 12,97$ in y- / $12,97$ in z-Richtung (nur Betonquerschnitt)

Tragfähigkeit - ständige/vorübergehend - Allgemeines Verfahren (Abs. 5.8.6)**Untersuchte Lastkombinationen (ständige/vorübergehende Bemessungssituation)**

Last	LK 1	LK 2
Stützeigengewicht	1.35	1.00
$V = 1023,0$ kN (ständig)	1.35	1.00

Schlankheiten, Ausmitten und Kriecheffekte

LK	Abschnitt	Art	$s_{k,v}$ [m]	$s_{k,z}$ [m]	λ_v	λ_z	$\lambda_{lim,v}$	$\lambda_{lim,z}$	$e_{i,v}$ [cm]	$e_{i,z}$ [cm]	ϕ_∞	f_{red}
1	1	Stütze	2.60	2.60	34.7	34.7	25.0	25.0	0.6	0.6	2.758	1.000

Schnittgrößen und Biegebemessung nach Th. II. O. mit e_i (ständige/vorübergehende Bemessungssituation)

LK	Höhe [m]	N_d [kN]	$M_{v,d}$ [kNm]	$M_{z,d}$ [kNm]	ρ [%]	$A_{s,erf}$ [cm ²]	$A_{s,vorh}$ [cm ²]	Versagensart
1	2.60	-1387.2	0.00	0.00	2.67	18.8	18.8	Querschnitt
	2.17	-1387.2	5.82	-5.82	2.67	18.8	18.8	
	1.73	-1387.2	9.70	-9.70	2.67	18.8	18.8	
	1.30	-1387.2	11.20	-11.20	2.67	18.8	18.8	
	0.87	-1387.2	9.70	-9.70	2.67	18.8	18.8	
	0.43	-1387.2	5.82	-5.82	2.67	18.8	18.8	

LK	Höhe [m]	N _d [kN]	M _{y,d} [kNm]	M _{z,d} [kNm]	ρ [%]	A _{s,erf} [cm ²]	A _{s,vorh} [cm ²]	Versagensart
	0.00	-1387.2	0.00	0.00	2.67	18.8	18.8	

Auflagerreaktionen - Extremwerte aus allen berechneten Überlagerungen (ständig/vorübergehend)

Lager	Höhe [m]	A _{d,v} [kN]	H _{d,y} [kN]	M _{d,z} [kNm]	H _{d,z} [kN]	M _{d,y} [kNm]	LK
Abschnitt 1	2.60		0.0	0.00	0.0	0.00	1
			0.0	0.00	0.0	0.00	2
Fußpunkt	0.00	1027.6	0.0	0.00	0.0	0.00	2
		1387.2	0.0	0.00	0.0	0.00	1

Brandwiderstand nach EN 1992-1-2, Methode A, Abs. 5.3.2

Überlagerung: 1,00*g + 1,00*L1

$$\begin{aligned}
 A_{s,kalt} &= 18.8 \text{ cm}^2 & R(A_{s,kalt}) &= 123 \text{ min} \\
 N_{Ed} &= -1027.6 \text{ kN} & \mu_{fi} &= 0.630 \\
 N_{Rd} &= -1630.0 \text{ kN} \\
 M_{Ryd} &= 15.03 \text{ kNm} & M_{Rzd} &= -15.03 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\beta_{sk,fi} = 1.000$$

Der folgende Nachweis der Brandwiderstandsdauer gilt für $A_{s,fi} = 18.8 \text{ cm}^2$.**Brandschutz: R 90, Branddauernachweis nach Gleichung 5.7**

$$\begin{aligned}
 \omega &= A_s \cdot f_{yd} / (A_c \cdot f_{cd}) &= 18.85 \cdot 43.48 / (706.86 \cdot 1.42) &= 0.82 \\
 b' &= \varnothing_{col} &= 300.0 \text{ mm} \\
 a_{cc} &= \text{Abminderungsfaktor} &= 0.85 \\
 l_{0,fi,max} &= \text{Ersatzlänge; } 2m \leq l_{0,fi,max} \leq 6 \text{ m} &= 2.60 \text{ m} \\
 R_{\eta fi} &= 83 \cdot [1.00 - \mu_{fi} \cdot (1 + \omega) / ((.85/\alpha_{cc}) + \omega)] &= 83 \cdot [1.00 - 0.63 \cdot (1 + 0.82) / ((.85/0.85) + 0.82)] &= 30.7 \\
 R_a &= 1.60(a - 30) &= 1.60 \cdot (48 - 30) &= 28.8 \text{ mm} \\
 R_l &= 9.60(5 - l_{0,fi}) &= 9.60 \cdot (5 - 2.60) &= 23.04 \text{ m} \\
 R_b &= 0.09 \cdot b' &= 0.09 \cdot 300.00 &= 27.0 \text{ mm} \\
 R_n &= \text{mindestens 6 Stäbe vorhanden} &= 12 \\
 R &= 120 \cdot [R_{\eta fi} R_a + R_l + R_b + R_n] / 120^{1.8} &= 120 \cdot [(30.7 + 28.8 + 23.04 + 27.00 + 12) / 120]^{1.8} &= 122.7 \text{ min}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Stützenlänge } l &= 2.60 \text{ m} \leq l_{max} = 5.00 \text{ m} & \eta &= 0.52 \checkmark \\
 \text{Achsabstand } a &= 4.8 \text{ cm} \leq a_{max} = 8.0 \text{ cm} & \eta &= 0.60 \checkmark \\
 \text{Verhältnis } A_s/A_c &= 0.027 < A_s/A_{c,max} = 0.04 & \eta &= 0.67 \checkmark \\
 \varnothing_{col} &= b' = 300 \text{ mm} \leq b'_{max} = 450 \text{ mm} & \eta &= 0.67 \checkmark \\
 \text{Branddauer } R &= 122.7 \text{ min} \geq R_{min} = 90 \text{ min} & \eta &= 0.73 \checkmark
 \end{aligned}$$

Die Stütze kann in die Feuerwiderstandsklasse R 90 eingestuft werden.

Lasteinleitung in das Fundament

- Über den Bewehrungsquerschnitt $A_{s,l}$
 - min. $A_{s,l} = 7 \times 3,14 = 21,98 \text{ cm}^2$
 - zul. $N_{d,As} = 21,98 \cdot 43,5 = 956,13 \text{ kN}$
- Über den Beton
 - $A_{c,Rest} = \text{PI} \times 15^2 - 21,98 = 684,88 \text{ cm}^2$
 - zul. $N_{d,c} = 684,88 \cdot [2,5 \text{ kN/cm}^2 \cdot 0,85 / 1,5] = 970,24 \text{ kN}$

➔ Mögliche übertragbare Gesamtlast $N_d = 956,13 + 970,24 = 1926,37 \text{ kN}$

$$\text{Auslastung } \eta = 1381 / 1926,37 = 0,72 < 1,00 \quad \text{okay!}$$

Beurteilung der Tragfähigkeit mit Umschnürung

Ausführung der Umschnürung:

Die Umschnürung erfolgt demnach konstruktiv um die korrodierte Bewehrung vor weiteren Chlorideinwirkungen zu schützen und Betonfehlstellen im vorhandenen Stützenquerschnitt auszugleichen.

Auch hier werden, wie bei den oktogonalen Stützen, Kerven in die bestehende Betondeckung eingefräst, um eine gezielte Lastumlagerung zwischen Alt- und Neubeton zu gewährleisten.

Kervenlänge einer umlaufenden Kerve

$$l_{\text{Kerve}} = \pi \times d = \pi \times (30 - 2) = 88 \text{ cm}$$

Aufnehmbare Last je Kerve (Teilflächenpressung)

$$f_{\text{Rdu}} = 2,0 \times (1,1 \times 1,0 \times 1,42 \text{ kN/cm}^2) = 3,12 \text{ kN/cm} \quad (\text{bei C25/30 und 2 cm Kontakth.})$$

$$F_{\text{Rd}} = 3,12 \times 88 = 274,50 \text{ kN/umlf. Kerve}$$

Gewählt = je 2 umlf. Kerven ca. in den Viertelpunkten der Stützen

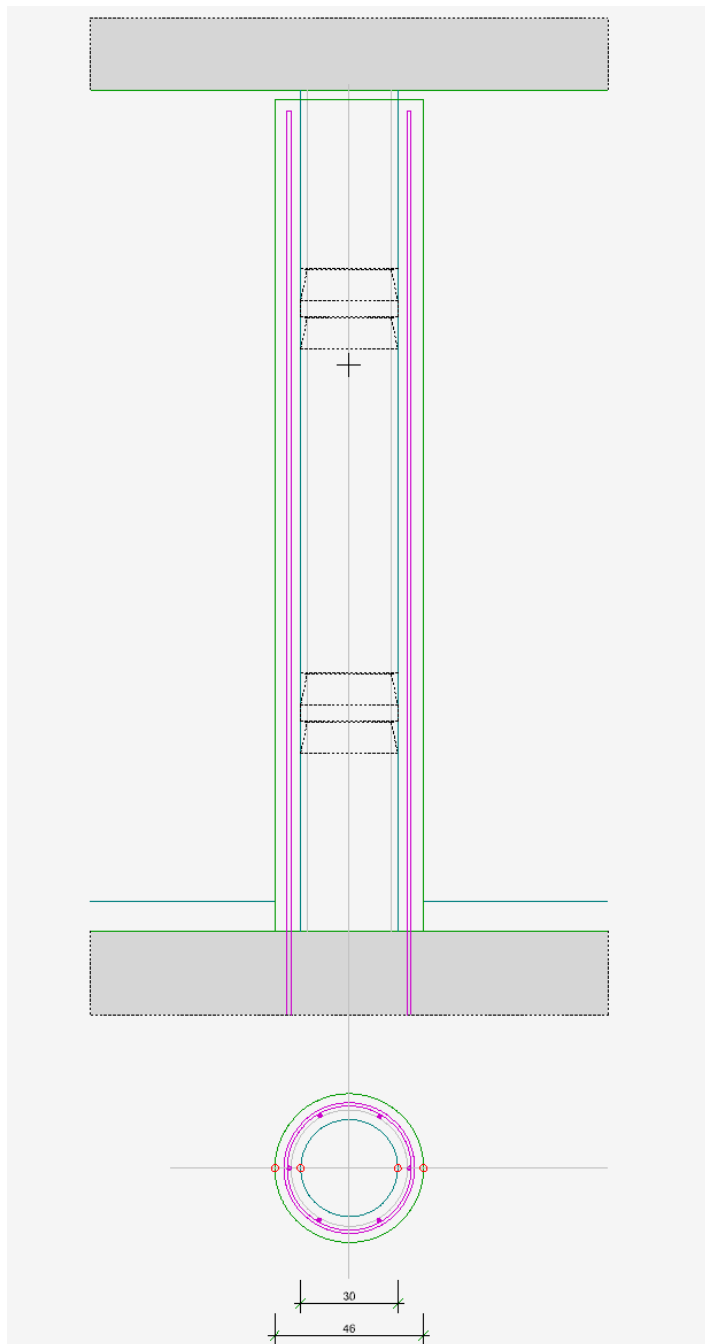
Gesamtlastaufnahme der Stütze

- Bestandsstütze auf der sicheren Seite liegend ohne Bewehrungsanteil
 - 970,24 kN
- Umschnürung aktiviert über Kerven
 - $4 \times 274,50 \text{ kN} = 1098 \text{ kN}$

$$\rightarrow \text{zul. NRd} = 970,24 \text{ kN} + 1098 \text{ kN} = 2068,40 \text{ kN}$$

$$\rightarrow \text{Auslastung } \eta = 1381 / 2068,4 = 0,67 < 1,0 \quad \text{okay!}$$

Prinzip Stützenumschnürung mit Kernen:



Detail Kervenausführung, wie bei oktogonalen Stützen dargestellt

Bügelbewehrung: je Kerne min. 3 Stück Bügel Ø 8, sonst gemäß Norm

Nachweis der Umschnürung

Innendurchmesser der Hohlstütze $d_i = 30 \text{ cm}$

Außendurchmesser der Hohlstütze $d_a = 46 \text{ cm}$

Längsbewehrung der Hohlstütze $A_{s,l} = 6 \text{ } \varnothing 12 = 6 \times 1,13 = 6,78 \text{ cm}^2$

Knicknachweis nicht erforderlich, da seitens der Bestandsstütze sichergestellt!

Lasteingabe als ständige Last $= 1098 / 1,35 = 813,33 \text{ kN}$

Betongüte der Umschnürung $= \text{C35/45}$

Stahlbetonstütze (x64) B5+ 02/25B (FRILO R-2025-2/P07)

Grundparameter**Berechnungsgrundlagen**

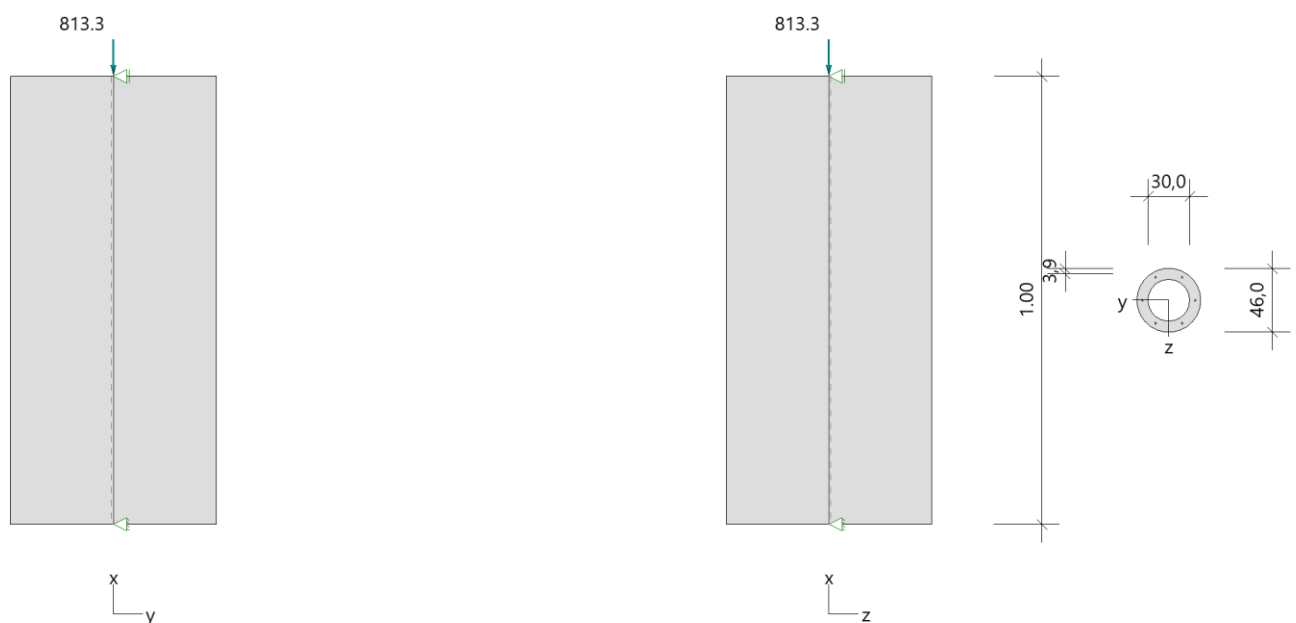
- Pendelstütze in y- und z-Richtung, Kreisring, 2-achsig beansprucht
- Materialien C 35/45, B500A

Norm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnormen	:	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
	:	DIN EN 1992-1-2/NA/A2 - 2021-04
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 für Kranlasten	:	0.90
$\Psi_2 = 0.5$ für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches $\gamma_F (\gamma_{G,sup} \text{ oder } \gamma_{G,inf})$

System**Systemgrafik 2D**

Maßstab 1 : 16.9



Kriechzahl

Umgebungsbedingungen:

Luftfeuchte LU = 50 % Zementtyp ZEM_N_R

Belastungsalter t_0 = 28 TageEndkriechzahl $\phi(t_0, \infty) = 2.40$ **Materialauswahl**Beton C 35/45 $f_{ck} = 35.00 \text{ N/mm}^2$ $E_{cm} = 34000 \text{ N/mm}^2$ Betonstahl B500A $f_{yk} = 500.00 \text{ N/mm}^2$ $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$ $k(f_t/f_y) = 1.05$ $\epsilon_{uk} = 25.0 \text{ ‰}$

(Bügel und Längsbewehrung)

Material Bemessungswerte

Bemessungssituation	Beton C 35/45			Betonstahl B500A		
	$\alpha_{cc} = 0.85 \alpha_{ct} = 0.85$					
	γ_c	f_{cd} [N/mm ²]	f_{ctd} [N/mm ²]	γ_s	f_{yd} [N/mm ²]	$f_{td} = f_{tk,cal}/\gamma_s$ [N/mm ²]
ständig/vorübergehend	1.50	19.83	1.27	1.15	434.78	456.52

Systemkennwerte**Abmessungen / statisches System**

Pendelstütze in y- und z-Richtung

Stützhöhe $l = 1.00 \text{ m}$ Querschnitt $d/d_i = 46.0/30.0 \text{ cm}$ $d_1 = 3.9 \text{ cm}$

Bewehrungsanordnung umfangsverteilt

Lagerbedingungen

Lage	u_y [kN/m]	ϕ_z [kNm/rad]	u_z [kN/m]	ϕ_y [kNm/rad]
Kopfpunkt	starr		starr	
Fußpunkt				

Lasten**Übersicht der verwendeten Einwirkungen (für STR und P/T)**

Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
ständig				1.000	1.350

Punktlasten

Nr.	Angriffsort	Abstand [m]	V [kN]	e_y [cm]	e_z [cm]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	Einwirkung	ZusGrp	AltGrp
1	Stützenkopf		813.3							ständig		

Punktlasten (Stützeigengewicht)

Nr.	Angriffsort	Abstand [m]	V [kN]	e_y [cm]	e_z [cm]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	Einwirkung	ZusGrp	AltGrp
*	Stützenkopf		2.4							ständig		

Berechnungsoptionen**Berechnungsoptionen**

- Ansatz Eigengewicht am Stützenabschnittskopf
- Jeder Stützenabschnitt wird intern in 6 Unterelemente unterteilt

Bemessungsoptionen

- Imperfektion (Zusatzausmitte e_i) wird affin zur Knickbiegeline angesetzt.
- Lastniveau für Kriecheffekte: quasi-ständige Bemessungssituation
- Langzeitauswirkungen werden über Ansatz des irreversiblen Anteils der Kriechbiegeline als spannungs- freie Anfangsverformung erfasst
- Ansatz der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen über mod. Stahlarbeitslinie im GZG ($f_{ct,m}$)
- Mindestausmitten nach EN 1992-1-1, 6.1 (4) werden - sofern maßgebend - angesetzt
- Die Mindestbewehrung für Balken nach EN 1992, Abs. 9.2.1, wird nicht überprüft
- Die zusätzliche Abminderung der Steifigkeiten (f_{red}) bei kleinen Bewehrungsgraden ist aktiviert

Ergebnisse**Kleinste Lastverzweigungsfaktoren**

min $N_{cr}/N = 548,66$ in y- / $548,66$ in z-Richtung (nur Betonquerschnitt)

Tragfähigkeit - ständig/vorübergehend - Allgemeines Verfahren (Abs. 5.8.6)**Untersuchte Lastkombinationen (ständige/vorübergehende Bemessungssituation)**

Last	LK 1 ¹⁾	LK 2 ¹⁾
Stützeigengewicht	1.35	1.00
V = 813,3 kN (ständig)	1.35	1.00

1 : keine Berechnung nach Th. II. Ordnung, da $\lambda < \lambda_{lim}$ nach EN 1992-1-1, 5.8.3.1

Schlankheiten, Ausmitten und Kriecheffekte

LK	Abschnitt	Art	$s_{k,v}$ [m]	$s_{k,z}$ [m]	λ_v	λ_z	$\lambda_{lim,v}$	$\lambda_{lim,z}$	$e_{i,v}$ [cm]	$e_{i,z}$ [cm]	ϕ_∞	f_{red}
1	1	Stütze	1.00	1.00	7.3	7.3	25.0	25.0	0.0	0.0	2.398	0.732

Schnittgrößen und Biegebemessung nach Th. II. O. mit e_i (ständige/vorübergehende Bemessungssituation)

LK	Höhe [m]	N_d [kN]	$M_{v,d}$ [kNm]	$M_{z,d}$ [kNm]	ρ [%]	$A_{s,erf}$ [cm ²]	$A_{s,vorh}$ [cm ²]	Versagensart
1	1.00	-1101.2	0.00	0.00	0.71	6.8	6.8	Querschnitt
	0.83	-1101.2	0.00	0.00	0.71	6.8	6.8	
	0.67	-1101.2	0.00	0.00	0.71	6.8	6.8	
	0.50	-1101.2	0.00	0.00	0.71	6.8	6.8	
	0.33	-1101.2	0.00	0.00	0.71	6.8	6.8	
	0.17	-1101.2	0.00	0.00	0.71	6.8	6.8	
	0.00	-1101.2	0.00	0.00	0.71	6.8	6.8	

Auflagerreaktionen - Extremwerte aus allen berechneten Überlagerungen (ständig/vorübergehend)

Lager	Höhe [m]	$A_{d,v}$ [kN]	$H_{d,v}$ [kN]	$M_{d,z}$ [kNm]	$H_{d,z}$ [kN]	$M_{d,v}$ [kNm]	LK
Abschnitt 1	1.00		0.0	0.00	0.0	0.00	1
			0.0	0.00	0.0	0.00	2
Fußpunkt	0.00	815.7	0.0	0.00	0.0	0.00	2
		1101.2	0.0	0.00	0.0	0.00	1

Sanierung Außenwände der Tiefgarage

Vorwort

Im Zuge der Untersuchungsmaßnahmen (4. Quartal 2025) an den Stahlbetonbauteilen der Tiefgarage wurde festgestellt, dass die innenseitige Bewehrung am Fuß der umlaufenden Stahlbetonwände (größenteil Außenwände) mindestens anfängliche Korrosionsspuren aufweisen und in einzelnen Bereichen auch stärker von Korrosion betroffen ist.

Da es zu dem Gebäude keinerlei Bestandsunterlagen gibt, musste anhand von aktuellen Aufmaßplänen des Architekten und nachfolgenden Bauteilsondierungen (Kernbohrungen durch die Geschossdecken, örtlich freigelegte Bewehrung, etc.) eine Lastenstatik erstellt werden. Da die punktgestützte TG-Decke als Abfangebene für die darüberliegenden Geschosslasten dient, musste die gesamte Gebäudekubatur des Nordflügels abgebildet werden, um die Belastung der vorhandenen Wände innerhalb einer Lastenstatik grob ermitteln zu können.

Hier wird überprüft, ob aus statischen Gesichtspunkten einer Realkalisierung der Bewehrung durch abstemmen des alten chloridbelasteten Betons bis 30 mm hinter die Bewehrung und neuen Spritzbetonauftrags zugestimmt werden kann. Dies muss auf einer Höhe von ca. 50 cm ab Fundamentoberkante erfolgen. Die tragende Stahlbetonwand wird somit bauzeitig geschwächt.

Bauweise

Die umschließenden Außen- und Querwände der Tiefgarage wurden in Stahlbeton errichtet. Die Wandstärke wird zu 25 cm angenommen. Die Wände lagern auf Streifenfundamenten. Die Streifenfundamente stehen, gemäß vereinzelter Kopflöcher, innenseitig ca. 16 bis 20 cm über den Wandquerschnitt über. Unter der Annahme das der Fundamentkörper mittig unter der Wand steht ergibt dies eine Fundamentbreite von $\min. 16 + 25 + 16 = 57 \text{ cm}$ also ca. $\sim 60 \text{ cm}$. Die Oberkante des Pflasterbelags liegt ca. 12 bis 15 cm über der Fundamentoberkante.



Ausführung

Die Stahlbetonwände wurden offensichtlich örtlich betoniert. Es wurden in regelmäßigen Abständen vertikale Scheinfugen vorgesehen die wahrscheinlich einer Sammelrissbildung dienen sollten (Horizontale Zwangsspannungen aus Schwinden).

Die innenseitige Bewehrung der Wände wurde am Wandfuß in unterschiedlichen Bereichen der Tiefgarage punktuell freigelegt. Es handelt sich hierbei um Mattenbewehrung $\varnothing 6 / 15$ kreuzweise. Eine entsprechende vertikale Anschlussbewehrung aus dem Fundamentkörper wird vermutet.

Beurteilung der Standfestigkeit im Bauzustand

Aufgrund der Stützenanordnung im Grundriss und den unterschiedlichen Feldweiten ergeben sich am Wandkopf der Außenwände auch bereichsweise abhebende Lasten. Des Weiteren werden die Kellerwände durch Erddruck belastet.

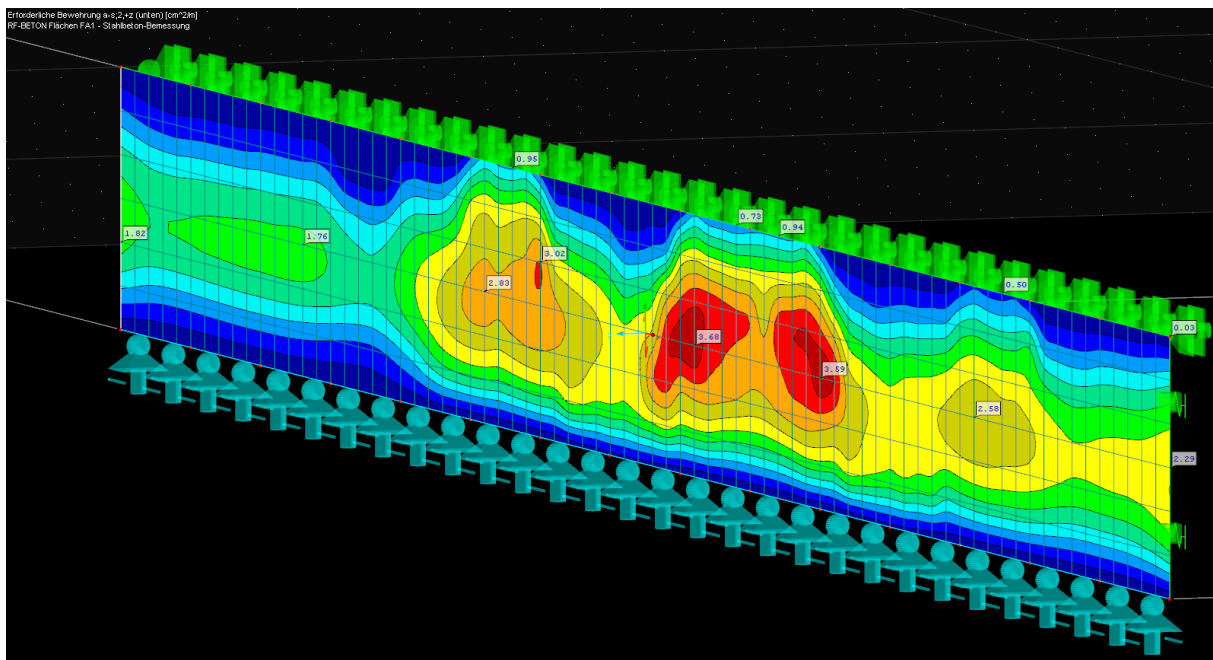
Die Lastüberlagerung aus Aufbaulasten und Erddrucklasten wurde intern unter Verwendung der Ergebnisse aus der Lastenstatik an einem Wandstrang untersucht.

Es wurde geprüft, ob die innenseitige Vertikalbewehrung im Bauzustand während der Betonsanierungsarbeiten erforderlich ist. Die Bewehrung würde aufgrund des Betonabtrags im Bereich der Übergreifungslänge zwischen Fundamentbewehrung und Wandbewehrung außer Funktion gesetzt.

Ergebnis dieser Untersuchung ist, dass auf die Wirkung der innenseitigen Vertikalbewehrung im Bauzustand nicht verzichtet werden kann, da die bereichsweise abhebenden Kellerdeckenlasten und die Erddrucklasten entsprechende Zugkräfte auf der Wandinnenseite erzeugen. Umlagerungsmöglichkeiten innerhalb der Wandscheibe ermöglichen es jedoch, das Sanierungsverfahren „Realkalisierung“ im Pilgerschrittverfahren umzusetzen.

Das Pilgerschrittverfahren beschreibt eine abschnittsweise Freilegung der innenseitigen Bewehrung mit danebenliegenden intakten Wandbereichen. Die so entstehenden bauzeitigen Schwachstellen in den Wänden können aufgrund des scheibenartigen Gesamttragverhaltens der Wand überbrückt werden.

Ergebnisausschnitt aus der internen Vergleichsrechnung an einem Außenwandabschnitt:



Kiel, den 13.03.2026

Sachbearbeiter

Dipl.-Ing. (FH) H. Schrader