



**SBU Ingenieure GmbH**

Quierschieder Str. 26  
66589 Merchweiler

Telefon 0 68 25/ 9 25 43 -0

Mail [info@sbu-ingenieure.de](mailto:info@sbu-ingenieure.de)

Internet [www.sbu-ingenieure.de](http://www.sbu-ingenieure.de)

---

## **Gutachterliche Stellungnahme**

Bewertung des IST-Zustands der noch vorhandenen statischen Tragfähigkeit  
der Stahlkonstruktion

Parkhaus Stadtmitte, Emmendingen

Auftraggeber: Stadt Emmendingen, Fachbereich 3, Planung und  
Bau/Hochbau  
Landvogtei 10, 79312 Emmendingen

Projektnummer: 21.4352  
Berichtsumfang: 33 Seiten  
3 Anlage

Bearbeiter/Sachverständiger: Lukas Pink, M.Sc.  
Dipl.-Ing (FH) Thomas Wollscheidt

Ausstellungsdatum: 31.01.2022

---

Merchweiler, den 31.01.2022

Lukas Pink, M.Sc.

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Wollscheidt

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Grundlage</b>	<b>4</b>
1.1	Beauftragung	4
1.2	Bauwerk	4
<b>2</b>	<b>Bezugsdokumente</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Ausgangssituation und Grund der Stellungnahme</b>	<b>8</b>
3.1	Umfang der Untersuchung zur Gutachtenerstellung	8
3.2	Dokumentation Bestand, Schadensstellenkataster	9
3.3	Standsicherheitsrelevante Schädigungen der Stahlkonstruktion	9
3.3.1	Allgemeine Standsicherheit	9
3.3.2	Entstehung und Auslöser der Korrosionsschäden	10
3.3.3	Verbundträger (Deckenträger/Deckentragkonstruktion)	11
3.3.4	Rampenträger	14
3.3.5	Längs- und Querträger (Randträger, dauerelastische Fuge)	16
3.3.6	Träger über der Einfahrt	17
3.3.7	Stahlstützen und Anschlussbereiche	18
3.4	Aufnahme der Querschnittsminderung durch Korrosion	20
<b>4</b>	<b>Ermittlung IST-Zustand, statische Nachrechnung</b>	<b>23</b>
4.1	Vorgehen	23
4.2	Grundlage und Verwendung der Bestandsstatik	23
4.3	Lastannahmen	24
4.4	Ergebnisse der statischen Nachrechnung	25
4.4.1	Verbundträger	26
4.4.2	Rampen- und Randträger	27
4.4.3	Stützen	28
4.4.4	Stahlschlüsse, Träger/Träger und Träger/Stütze	31
<b>5</b>	<b>Gesamtbewertung</b>	<b>33</b>
5.1	Korrosionsschäden	33
5.2	Standsicherheit	33



## **Anlagen**

- [A1] Bilddokumentation
- [A2] Schadenskataster
- [A3] Messergebnisse

# 1 Grundlage

## 1.1 Beauftragung

Die SBU Ingenieure GmbH, Merchweiler wurde auf der Grundlage des Angebots AN\_21.0152 vom 21.09.2021 mit der Aufstellung einer gutachterlichen Stellungnahme zum IST-Zustand der statischen (Rest-)Tragfähigkeit des Parkhauses Stadtmitte in 79312 Emmendingen mit vertraglicher Vereinbarung vom 18.11.2021 beauftragt. Angesichts einer Vielzahl von visuell erkennbaren Schadstellen durch Korrosion sollte ursprünglich ein Instandsetzungskonzept erarbeitet werden. Die Durchführung einer vorherigen statischen Nachrechnung soll Aufschluss über die Korrosionsschäden geben, die die Tragfähigkeit beeinträchtigen. Basierend auf den Ergebnissen der statischen Nachrechnung wird entschieden, ob eine Instandsetzungsmaßnahme für das Parkhaus Stadtmitte technisch und wirtschaftlich sinnvoll ist. Die Erarbeitung eines Instandsetzungskonzepts würde in einem gesonderten Bericht erfolgen.

## 1.2 Bauwerk

Die Gutachtenerstellung umfasst eine umfangreiche statische Nachrechnung des vorhandenen Tragsystems auf Basis der vorliegenden Bestandsunterlagen aus den Jahren 1986 und 1987. Das Parkhaus Stadtmitte in Emmendingen wurde 1986 bis 1987 gebaut und bietet Kapazität für 207 Stellplätze, welche sich über 13 Halbgeschosse mit zwei frei bewitterten Parkebenen sowie zwei Tiefgeschossen erstreckt, siehe Abbildung 1. Die Konstruktion besteht überwiegend aus Stahl- und Stahlverbund. Die Fahrbahn- und Parkflächen sind aus Betonfertigteilen hergestellt und mittels einer Fuge vergossen.

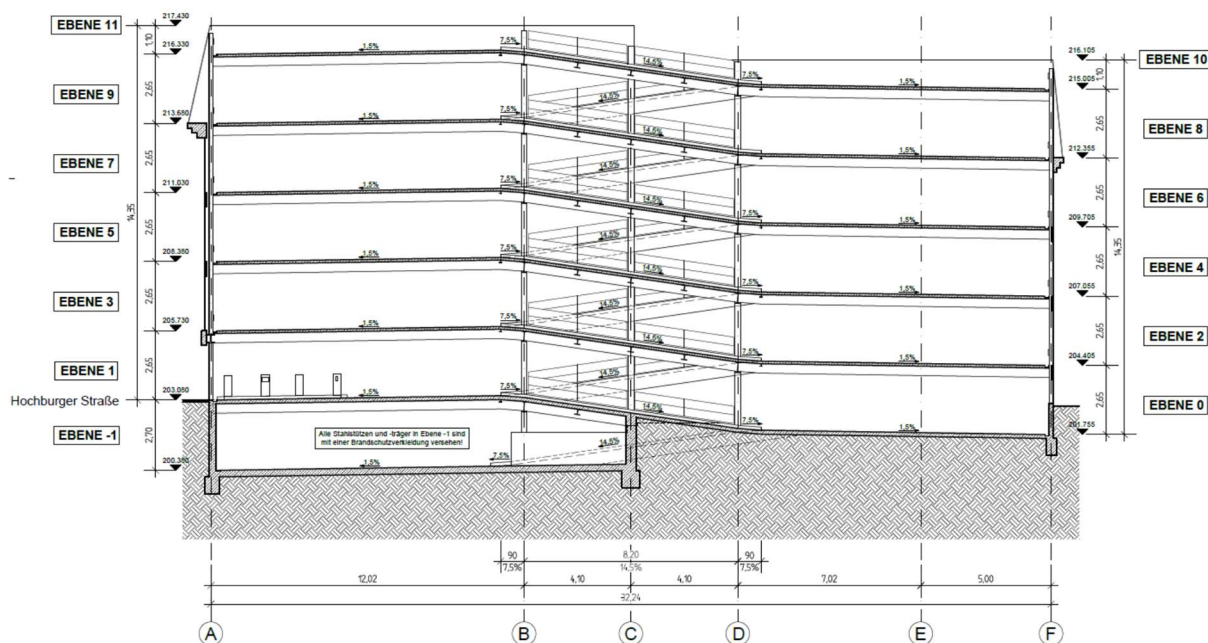


Abbildung 1 Schnitt durch das Parkhaus Stadtmitte in Emmendingen

Das zwölfgeschossige Parkhaus Stadtmitte ist über die Straße von der nordwestlichen Seite aus erreichbar und über die Einfahrt an der Vorderseite zu begehen und zu befahren. Auf der

westlichen Seite befindet sich ein Treppenhaus. Der Übersicht (vgl. Abbildung 2) ist zu entnehmen, dass das Parkhaus auf der westlichen Seite an eine große Halle angrenzt. Die weiteren Bauwerksseiten sind freistehend.



Abbildung 2 Lageübersicht des Parkhauses Stadtmitte, Quelle: Google Earth

## 2 Bezugsdokumente

### Regelwerke:

Neu:

- [R1] DIN EN 1990:2010-12 Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung
- [R2] DIN EN 1991-1-1:2015 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewichte und Nutzlasten im Hochbau
- [R3] DIN EN 1991-1-1:2015/NA/A1 Nationaler Anhang Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewichte und Nutzlasten im Hochbau; Änderung A1
- [R4] DIN EN 1991-1-7:2010 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-7 Allgemeine Einwirkungen – Außergewöhnliche Einwirkungen
- [R5] DIN EN 1991-1-7/NA:2010 Nationaler Anhang Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-7 Allgemeine Einwirkungen – Außergewöhnliche Einwirkungen
- [R6] DIN EN 1992-1-1:2011-01 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [R7] DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12 Nationaler Anhang - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken; Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln für den Hochbau; Änderung A1
- [R8] DIN EN 1993-1-1:2010 Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauteilen – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [R9] DIN EN 1993-1-1/NA Nationaler Anhang – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauteilen – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

Alt:

- [R10] DIN 17100:1987 Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Stählen für den allgemeinen Stahlbau
- [R11] DIN ISO 898-5:1988 Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl
- [R12] DIN 32500-3:1979 Bolzen für Bolzenschweißen mit Hubzündung: Betonanker und Kopfbolzen
- [R13] DIN 1055-3:1971 Verkehrslasten für den Hochbau
- [R14] DIN 18800-1:1980 Stahlbauten; Bemessung und Konstruktion
- [R15] DIN 18800-2:1980 Stahlbauten, Stabilitätsfälle; Knicken von Stäben und Stabwerken



[R16] Verbundträger Richtlinie 1981: Allgemeine Berechnungs- und Konstruktionsgrundlagen für Verbundträger im Hochbau, Richtlinien für die Bemessung und Ausführung von Stahlbauteilen

[R17] DSTV Auflage 2 von 1978: Typisierte Stahlverbindungen im Stahlhochbau

[R18] DSV Richtlinie 0905 Industrielle Anwendung des Kerbspannungskonzepts für den Ermüdungsfestigkeitsnachweis von Schweißverbindungen

### Bestandsunterlagen

[U1] Gutachterliche Stellungnahme der Ingenieurgesellschaft bsm<sup>2</sup>, Bericht G-0099-01 vom 03.11.2020

[U2] Bestandsunterlagen aus den Jahren 1986-87 der Planung von der UBA

### Anlagen

[A1] Bilddokumentation

[A2] Schadenskataster

[A3] Messergebnisse



### **3 Ausgangssituation und Grund der Stellungnahme**

Die Stadt Emmendingen beauftragte die SBU Ingenieure GmbH, Merchweiler ursprünglich mit der Erstellung eines Instandsetzungskonzepts aufgrund einer Vielzahl an visuell erkennbaren Schädstellen, die vorwiegend durch Risse in den Betonfertigteilen sowie der Verbundfuge vielfach zu starker Korrosion an den Stahlträgern geführt hat. Ein erster Ortstermin am 13.07.2021 brachte erhebliche Schädigungen der Stahlträger in den Haupttragrichtungen hervor, die von Standsicherheitsrelevanz sein können. Eine Erarbeitung eines Instandsetzungskonzepts ist hinsichtlich des bestehenden Korrosionszustands der Stahlkonstruktion technisch und wirtschaftlich nur dann möglich und sinnvoll, wenn die Standsicherheit der gesamten Konstruktion vollumfänglich geklärt ist. Dafür wurde in dem hier vorliegenden Gutachten eine statische Nachrechnung des „Parkhauses Stadtmitte“ durchgeführt.

#### **3.1 Umfang der Untersuchung zur Gutachtenerstellung**

Gemäß der Beauftragung wurden im Rahmen der vorliegenden Stellungnahme umfangreiche Schadenskataster mit der Dokumentation aller optisch erkennbaren und unter Umständen die Tragwirkung der Stahlkonstruktion beeinflussender Schäden erstellt, siehe Anlage 2 [A2].

Folgende Untersuchungen wurden im Rahmen der Gutachtenerstellung durchgeführt, die zur Klärung der standsicherheitsrelevanten Frage der Stahlkonstruktion führen:

1. Bauwerksuntersuchung mit Dokumentation des Allgemeinzustands des Objekts:
  - Begehung aller Ebenen und Aufnahme aller Schäden mit Dokumentation von Ort und Lage sowie Bild
2. Erstellung eines Schadenskatasters mit Abbildung der Schäden samt ggf. nötigen Kennzeichnung einer statischen Relevanz für die Konstruktion
  - Auf Grundlage der Begehung wurde je Ebene ein Schadenskataster erstellt mit Ort und Lage des Schadens sowie Bild. Zusätzlich wurden die Schäden anhand der Bilder beschrieben und bewertet.
3. Abtrag der Korrosion in relevanten Bereichen zur Ermittlung des Restquerschnitts der Stahlträger
  - Die Korrosion vermindert die wirksame Querschnittsfläche der Stahlträger. Um den Schädigungsgrad der Stahlträger erfassen zu können, wurden pro Ebene die am stärksten geschädigten Stellen ausgesucht, von der Korrosion befreit und die Restprofildicken gemessen
4. Nachrechnung der vorhandenen Bestandsstatik auf Grundlage der zum Erstellungszeitpunkt gültigen Regelwerke sowie der aktuellen Regelwerke
5. Ermittlung des IST-Zustands. Nachrechnung des statischen Systems mit Eingabe und Beachtung der reduzierten Querschnitte der Stahlträger bedingt durch die Korrosion
  - Die Planungsunterlagen und alle statisch relevanten Dokumente zur Statik von 1987 wurden als Leitfaden zur Erstellung genutzt
6. Bewertung des IST-Zustands der vorhandenen Tragfähigkeit



Die gutachterliche Stellungnahme umfasst neben der Ermittlung des IST-Zustands der Tragfähigkeit der vorhandenen Stahlkonstruktion auch eine Bewertung der Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit sowie Stand- und Verkehrssicherheit in Bezug auf die geplante Restnutzungsdauer.

### **3.2 Dokumentation Bestand, Schadstellenkataster**

Zur Vorbereitung der Dokumentation des Bestands wurden die in Kapitel 2 angegebenen Bestandsunterlagen gesichtet und ausgewertet.

Zur Bestandserfassung wurden eine Bilddokumentation [A1] sowie die Schadenskataster [A2] erstellt. Hierzu sind im Vorfeld des Ortstermins bereits aus den vorhandenen Planunterlagen die notwendigen Grundlagen erarbeitet worden. Die Kataster beinhalten alle visuell wahrnehmbaren Schäden sowie die augenscheinlich geschädigten Konstruktionsmerkmale, welche fotografisch dokumentiert und lagemäßig erfasst wurden. Besonders stark geschädigte Auffälligkeiten der Konstruktion sind gelb markiert und als standsicherheitsrelevant bezeichnet.

Die von der SBU Ingenieure GmbH durchgeführte Dokumentation und Aufnahme der Schäden, insbesondere der Stahlkonstruktion und der -anschlüsse, wird von der betontechnologischen Begutachtung und Auswertung der Park- und Fahrbahnflächen sowie der Fugenbereiche des Partnerbüros „bsm<sup>2</sup> GmbH“ ergänzt, siehe [U1].

### **3.3 Standsicherheitsrelevante Schädigungen der Stahlkonstruktion**

#### **3.3.1 Allgemeine Standsicherheit**

Die Standsicherheit ist eine grundlegende Anforderung an bauliche Anlagen, zum sicheren Abtragen aller auf das Bauwerk einwirkenden Kräfte, sodass ein sicherer Betrieb der baulichen Anlagen gewährleistet ist. Sie dient der Gefahrabwehr. Von ihr sind keine Ausnahmen oder Abweichungen möglich.

Das rechnerische Nachweisverfahren der Standsicherheit wird mittels eines Vergleichs zwischen aufnehmbarer (Widerstand) und der vorhandenen Beanspruchung (Einwirkung) auf das Tragwerk durchgeführt. Dabei wird die Einwirkung mit der materialbedingt, aufzunehmenden Kraft verglichen bzw. in einem Quotienten verrechnet. Beide Seiten werden in einem probabilistischen Sicherheitssystem mit entsprechenden Sicherheitsfaktoren versehen.

Die Berechnung des Nachweises ist wie folgt:

$$\frac{\sigma_{\text{Einwirkung}}}{\sigma_{\text{Widerstand}}} \leq 1,0 \quad (1)$$

Oder:  $\sigma_{\text{Einwirkung}} \leq \sigma_{\text{Widerstand}}$

Mit  $\sigma_{\text{Einwirkung}}$  Die auf das Bauwerk einwirkende Beanspruchung

$\sigma_{\text{Widerstand}}$  Die mögliche Beanspruchung, die das Bauwerk maximal aushalten und aufnehmen kann

Beim Nachweis der Standsicherheit müssen verschiedene Versagensmechanismen einzeln nachgewiesen werden. Die Beachtung von unterschiedlich einwirkenden Lastfällen, die zusammen und/oder getrennt auftreten können (Kombination von Lastfällen zu Lastfallkombinationen), ist nötig, um örtliches Versagen einzelner Bauteilbereiche/-gruppen und das eventuell daraus resultierende Versagen des Gesamtsystems zu beachten.

Örtliches Versagen tritt an einem begrenzten Bereich/Punkt im System auf. An dieser Stelle ist die Beanspruchung größer als der Materialwiderstand, was zu einem Versagen in diesem Bereich führen kann. Zur Nachweisführung ist ein örtlicher Nachweis notwendig. Im Gegensatz hierzu wird das Gesamtsystem für die Gesamtstandsicherheit in einem globalen Nachweis nachgewiesen.

Im Zuge der Nutzung und den hieraus entstehenden Einflüssen sowie durch Planungs- und Ausführungsfehler wird das Tragsystem im Laufe der Nutzungsdauer Beeinträchtigungen der Tragfähigkeit/Standsicherheit aufweisen. So können beispielsweise im Zuge von äußeren Einflüssen (Expositionen) an Stahlkonstruktionen Korrosionsprozesse auftreten, die im weiteren Schädigungsverlauf eine derartige Schädigung verursachen, dass die materialbedingte Widerstandsseite reduziert und somit die globale und örtliche Standsicherheit gefährdet wird. Gleichzeitig bleibt die Einwirkung auf das Tragwerk dieselbe. Die sich hierdurch ergebenden Umlagerungen im statischen System können zu einer Überbelastung an benachbarten Tragelementen führen. Dieser gegensätzliche Verlauf von Einwirkung und Widerstand verringern die Tragreserven im System.

In den folgenden Abschnitten werden die standsicherheitsrelevanten Schädigungen des Parkhauses Stadtmitte in einer örtlichen Nachweisführung betrachtet.

### **3.3.2 Entstehung und Auslöser der Korrosionsschäden**

Unter Korrosion (umgangssprachlich Rost) wird die physikochemische Reaktion bzw. Wechselwirkung eines Metalls mit seiner Umgebung nach DIN EN ISO 8044 verstanden. Dabei tritt immer ein Verlust des Materials am betroffenen Bauteil ein. Der Stahl zersetzt sich, löst sich auf und verliert an Tragwirkung. Im Bauwesen treten üblicherweise zwei Arten von Korrosion auf:

- Oxidation, auch bekannt unter dem Begriff der Sauerstoffkorrosion
- Chloridinduzierte Korrosion

Die Sauerstoffkorrosion sorgt für die Verwitterung des Eisens zu Korrosion. Korrosion kann nur unter Vorhandensein von Wasser und Sauerstoff entstehen. Wenn sich auf der Oberfläche des Stahls Wasser befindet, dann reagiert dieses Wasser mit der umgebenen Luft (Sauerstoff) und dem Stahl. Innerhalb dieses chemischen, oxidativen Prozesses wird ein anodischer und kathodischer Bereich ausgebildet, ein elektrochemischer Prozess entsteht und ein Konzentrationsunterschied mit Potenzialdifferenz ist die Folge. Elektronen aus dem Stahl reagieren mit Wasser und Sauerstoff, eine Redoxreaktion läuft ab. Der Stahl wird zersetzt und eine Volumenvergrößerung tritt ein.

Die chloridinduzierte Korrosion entsteht durch das Vorhandensein von Salz. Vor allem in der Winterzeit wird häufig Salz verwendet, um die Fahrbahn und die Fußwege von Glätte und Schnee zu befreien. Durch Verkehr und das Schmelzen des Schnees entsteht ein aufgewirbelter, salzhaltiger Sprühnebel. Wenn sich Chlorid an der Materialoberfläche des

Stahls absetzt und eine entsprechende Indikation vorhanden ist, kann es zur Lochfraßbildung kommen. Lochfraßkorrosion bezeichnet klein erscheinende Korrosionsstellen in der Materialoberfläche, die sich bis tief in den Stahl ausbreiten können. Aufgrund der, im Gegensatz zur Sauerstoffkorrosion, geringen Volumenvergrößerung bleibt eine chloridinduzierte Korrosion (Lochfraß) häufig lange unbemerkt und kann in kurzer Zeit für erheblichen Verlust des Stahls und somit der Tragfähigkeit führen.

### 3.3.3 Verbundträger (Deckenträger/Deckentragkonstruktion)

Die Verbundbauweise verbindet zwei oder mehrere verschiedene Materialien durch Verbindungsmittel (hier Kopfbolzendübel) kraftschlüssig miteinander, sodass ein gesamttragfähiger Querschnitt entsteht. Die Verbundbauweise zeichnet sich dadurch aus, dass die materialbedingten Vorteile der zusammengesetzten Verbundbaustoffe optimal ausgenutzt werden können. So wurden bei den vorliegenden Verbundträgern in der Druckzone Beton eingesetzt, während Stahlträger die Zugzone bilden. Im Gegensatz zu Vollquerschnitten kann die Tragfähigkeit und Wirtschaftlichkeit eines Verbundbauteils erhöht werden.

Die Verbundträger sind eines der Haupttragsysteme des Parkhauses. Bestehend aus einem Stahlträger und beidseitig aufgelegten Betonfertigteileplatten. Das statische Zusammenwirken beider Baustoffe wird in der Kontaktfuge mit auf den Stahlträger aufgeschweißten Kopfbolzendübeln hergestellt. Im Rahmen der örtlichen Fertigung wurde dieser Bereich nach Montage der Betonfertigteileplatten mit einem Vergussmörtel verschlossen. Die so verbundene Konstruktion generiert die Fahrbahn- und Parkflächen.

Der Lastabtrag eines Verbundträgers kombiniert die positiven Eigenschaften der beiden verwendeten Materialien. Die oben entstehende Druckkraft wird durch die Betonplatte abgetragen, sodass der obere Flansch (Obergurt) des Stahlträgers nur bedingt zum Lastabtrag herangezogen wird und eher konstruktiv wirksam ist. Gleichzeitig entsteht aus der Verformung und der Belastung des Trägers unterhalb der Betonplatte eine Zugkraft, die über den Steg und den unteren Flansch des Stahlträgers abgetragen wird.

Auslöser und Entstehung der Korrosionsschäden an den Verbundträgern sind in den Abbildung 3 und Abbildung 4 dargestellt.

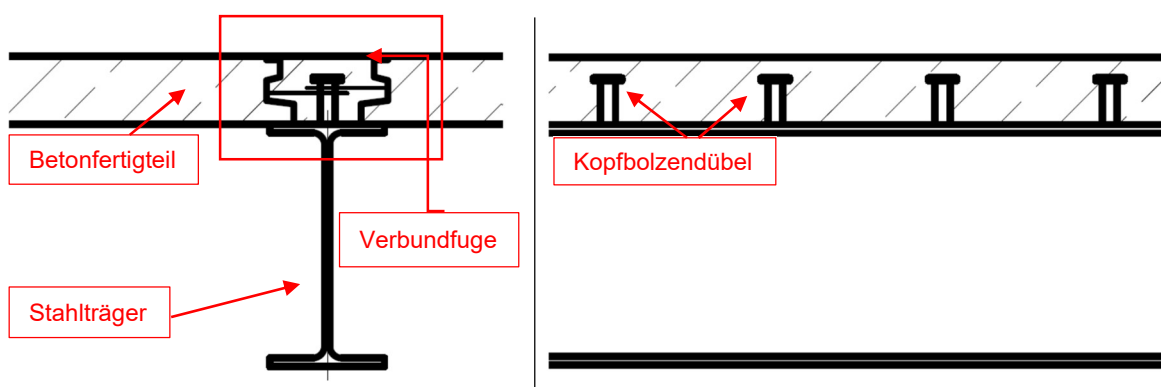


Abbildung 3 Schematische Darstellung des Verbundträgers (Detailbereich in Rot, vgl. Abbildung 4)

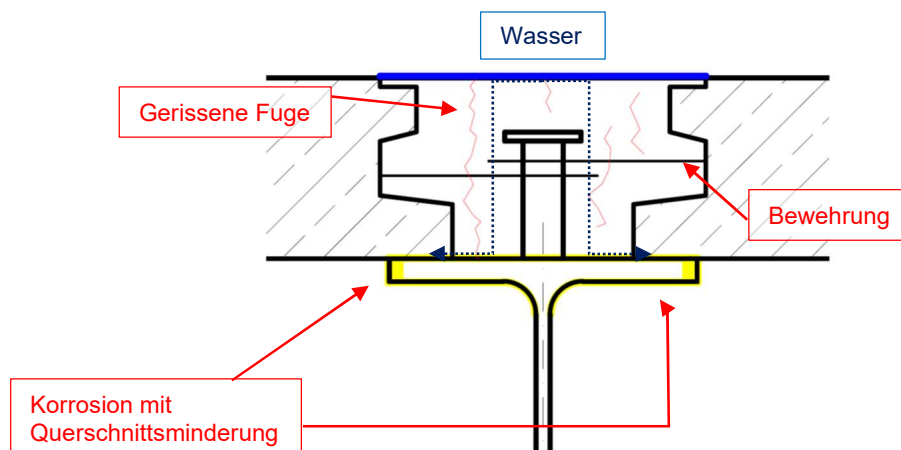


Abbildung 4 Detailbereich: oberer Stahlträger mit (gerissener) Verbundfuge und Wassereintritt, resultierende Querschnittsminderung durch Korrosion

Aufgrund von Rissbildungen (teilweise) über die gesamte Fugenlänge und -tiefe (vgl. Abbildung 5, Abbildung 6) entstehen Undichtigkeiten in diesen Fugenbereichen. Der Eintritt von Wasser in die Fuge sorgt vorwiegend oberseitig des Stahlträgers (Obergurt) für deutliche Korrosion. Durch konstruktive Mängel in der Ausführung, fehlender Wartung der Betonoberflächen und insbesondere den Fugenbereichen sorgen die Risse für dauerhaften und bereits seit länger anhaltenden, widerstandlosen Eintrag von Wasser und anderen Schadstoffen. Die Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigen die entstandenen Schäden des Wassereintritts. Der obere Flansch des Stahlträgers ist flächig von Korrosion befallen.

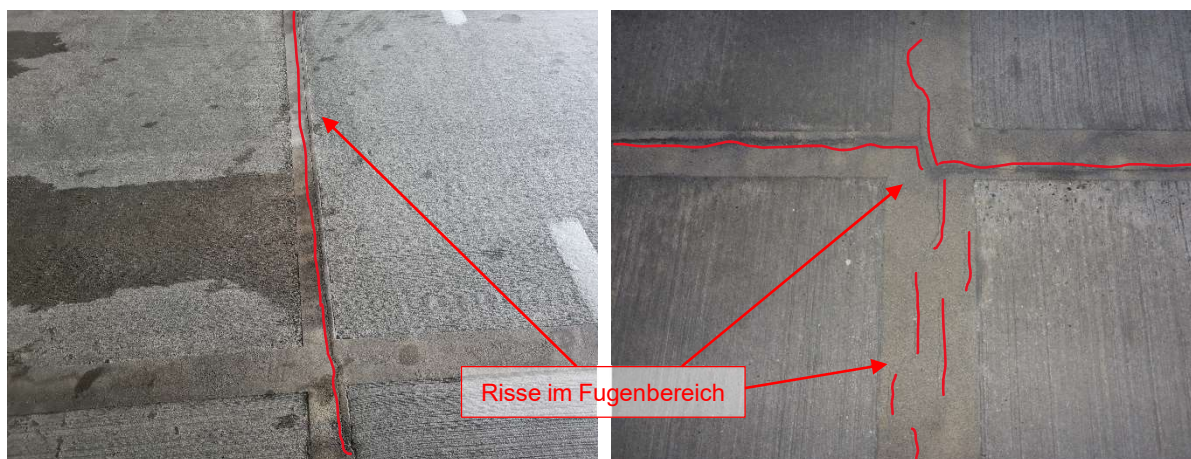


Abbildung 5 Riss über die komplette Länge der Fuge

Abbildung 6 kleine und große Risse in der gesamten Verbundfuge





Abbildung 7 Im Bereich des Auflagers unter den Längsfugen, Rostfahnen



Abbildung 8 Stark korrodierter oberer Flansch des Stahlträgers mit abblättrender Beschichtung

Aufgrund der offenen Fassade und den frei bewitterten Parkdecks der Ebenen 10 und 11 tritt Wasser über Risse in den Fugen überall großflächig von oben in die gesamte Konstruktion ein. Im Feldbereich sind gleichmäßige Korrosionsschäden zu erkennen, siehe Abbildung 9. Die stärksten Korrosionsstellen befinden sich allerdings an den auflagnahen Randbereichen und insbesondere an den Anschlussstellen (Träger an Stütze). Eine entstehende Querschnittsminderung resultiert aus der einsetzenden Blattrohbildung, welche in Abbildung 10 bis Abbildung 12 zu erkennen ist. Diesen Schädigungsbereichen muss angesichts der fortgeschrittenen Korrosion eine statische und standsicherheitsrelevante Bedeutung zugesprochen werden. Der verminderte Stahlquerschnitt nimmt Einfluss auf die Tragwirkung des gesamten Verbundträgers.

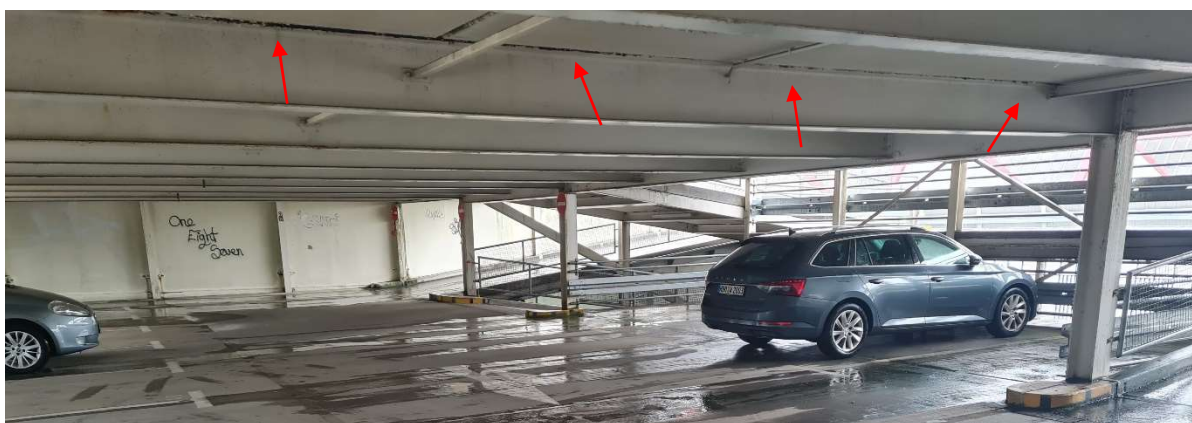


Abbildung 9 Gleichmäßige Korrosion über die Trägerlänge



Abbildung 10 Korrosion des Anschlusses

Abbildung 11 Starke Korrosion mit Verminderung des Stahlquerschnitts



Abbildung 12 Querschnittsminderung durch Blattrostbildung

In den unteren Ebenen ist die Korrosion stark ausgeprägt und nimmt in den oberen Ebenen ab.

### 3.3.4 Rampenträger

Zwischen den Parkebenen befinden sich geneigte Rampen. Die Rampen dienen hier als Verbindung zwischen den einzelnen Ebenen. Die Rampen zwischen den Ebenen 10 und 11 sind frei bewittert.

Die Rampenträger weisen nur vereinzelt leichte Korrosion mit kleineren Schadstellen auf, vgl. Abbildung 13 und Abbildung 14. In den unteren Ebenen befinden sich die Rampen in einem guten Zustand. Nach oben hin wird die Korrosion aufgrund der Freibewitterung der oberen Ebenen leicht stärker. Die Abbildung 17 und Abbildung 18 zeigen eine der obersten frei bewitterten Rampen von Ebene 10 zu 11.



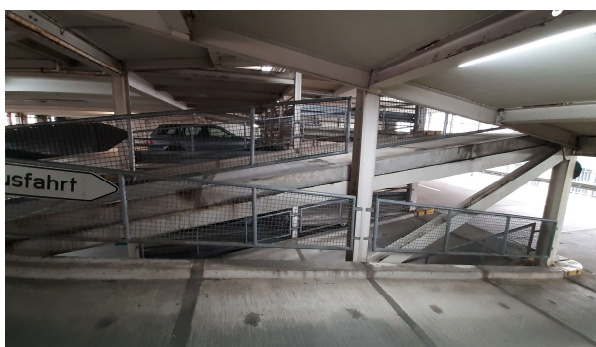


Abbildung 13 Seitliche Sicht auf die Anschlüsse und die Träger der Rampe

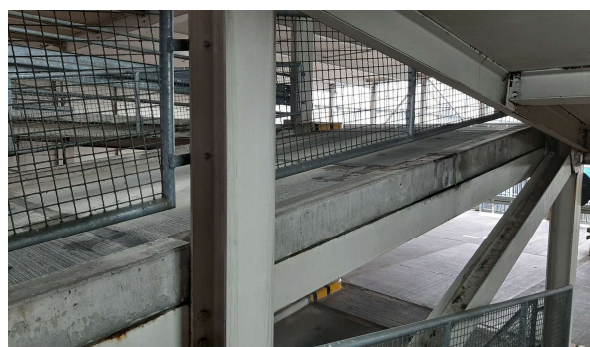


Abbildung 14 Detailbild, seitliche Rampe

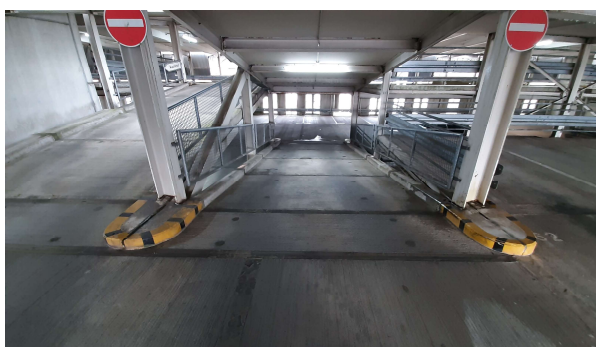


Abbildung 15 Gesamtbild einer Rampe



Abbildung 16 Vereinzelt leichte Korrosion



Abbildung 17 Rampe von Parkdeck 10 zu 11, stärkste Korrosion nur an diesen Rampen der Ebenen, da frei bewittert



Abbildung 18 Rampenstütze mit Anschluss des Verbandes, leichte Korrosion

Verglichen mit den Zuständen der Verbundträger, insbesondere der unteren Ebenen, sind alle Rampen in einem guten Zustand. Die stärkste Korrosion ist nur in den obersten Bereichen des Parkhauses vorhanden, die nicht von standsicherheitsrelevanter Bedeutung sind.



### 3.3.5 Längs- und Querträger (Randträger, dauerelastische Fuge)

Die Stahlträger (Randträger), die sich im unmittelbaren Bereich der teils offenen Fassade befinden, sind aufgrund der teilweisen Freibewitterung stark durch Korrosion geschädigt. Die im Randbereich der Deckenfelder entlang der Fassade verlaufende Entwässerungsrinne ist mit einer dauerelastischen Fuge zur Fahrbahndecke ausgebildet. Diese Fugenkonstruktion ist in weiten Teilen stark geschädigt bzw. nicht mehr vorhanden. Dies führt neben der Freibewitterung und der offenen Fassade zu weiterem Wassereintritt, siehe Abbildung 19 bis Abbildung 22. Der zusätzlich eindringende Pflanzenbewuchs bewirkt weitere Öffnungen der Fugenbereiche (vgl. Abbildung 20). Dieser Pflanzenbewuchs begünstigt weiteren Eintrag von Wasser.



Abbildung 19 Korrodierter Randträger im Bereich des Auflagers mit Pflanzenbewuchs



Abbildung 20 Korrodierter Randträger im Bereich des Auflagers mit Pflanzenbewuchs

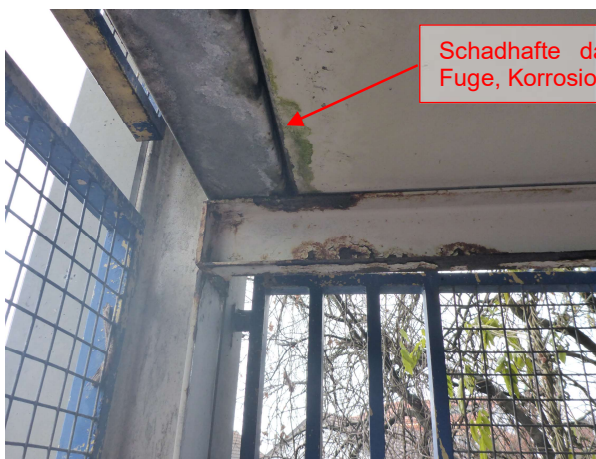


Abbildung 21 Korrodierter Randträger im Bereich des Auflagers



Abbildung 22 Korrodierter Randträger im Bereich des Auflagers

### 3.3.6 Träger über der Einfahrt

Der Träger über der Einfahrt weist über die komplette Länge eine gleichbleibende Korrosion auf. Der Träger ist zwar weitestgehend vor direkter Witterung geschützt, jedoch aufgrund seiner Lage im Sprühnebelbereich unter dem Einfluss von aufgewirbeltem Wasser unterseitig geschädigt. Ebenso kommt es hier durch eine oberseitige defekte Fuge und des hieraus entstehenden Feuchteintrags zu einer Schädigung des Obergurtes. Der Zustand des Trägers ist den Abbildung 23 bis Abbildung 28 zu entnehmen.



Abbildung 23 Gesamte Einfahrt



Abbildung 24 Rechter Randbereich mit Anschlussstelle



Abbildung 25 Flächige Korrosion über die gesamte Trägerlänge



Abbildung 26 Flächige Korrosion über die gesamte Trägerlänge





Abbildung 27 Flächige Korrosion über die gesamte Trägerlänge  
Abbildung 28 Bereich der Mittelstütze

### 3.3.7 Stahlstützen und Anschlussbereiche

Bei schlanken Bauteilen, wie beispielsweise Stützen, liegt immer eine Stabilitätsgefährdung vor, die überprüft werden muss. Hierbei stellt das Knicken von Stützen der relevante Stabilitätsfall dar. Als Knicken wird das mittige, seitliche Ausweichen der Stützte definiert. Es handelt sich hierbei um ein Bauteilversagen.

Die in der vorhandenen Stahlkonstruktion integrierten Stahlstützen leiten zum einen die auftretenden Vertikallasten ab und zum anderen in vereinzelt Fällen sind sie Bestandteil von Aussteifungsverbänden. Die Lasteinleitung der Vertikallasten erfolgt über ein direktes Auflager (Träger auf Stütze) oder im Zuge eines Schraubanschlusses (Träger an Stütze).

Im Falle der Verbundträger schließen diese an die Stahlstützen mit Hilfe von (gelenkigen) Schraubanschlüssen an. Aus denselben erläuterten Gründen, wie in Abschnitt 3.3.2 genannt, sind hauptsächlich die Anschlüsse von den Korrosionsschäden betroffen (schadhafte dauerelastische Fuge, Eintrag von Wasser über offene Fassade und Risse in den Verbundfugenbereichen, etc.). Die Stützenfußpunkte sind insbesondere in der unteren Ebene korrodiert und an den Anschlusspunkten mit einer bauteilübergreifenden Korrosion geschädigt.

Die Stahlstützen weisen einen dem Bauwerksalter entsprechenden Zustand über alle Ebenen auf. Sie sind weitestgehend in einem guten Zustand und nur durch eine oberflächige Korrosion mit abblättrender Korrosionsschutzbeschichtung betroffen. Abbildung 29 zeigt den Stützenfußpunkt mit leichter bis mäßiger Korrosion. Den Abbildung 31 bis Abbildung 36 ist der Anschluss Verbundträger an die Stütze zu entnehmen. Die in den Anschlussbereichen auftretende Korrosion ist im Hinblick auf die Standsicherheitsrelevanz im weiteren Verlauf zu untersuchen.



Abbildung 29 Korrosion am Stützenfuß



Abbildung 30



Abbildung 31 Anschluss stark korrodiert, übergreifende Korrosion auf die Stütze



Abbildung 32 Anschluss mit wenig Korrosion, Stütze in gutem Zustand



Abbildung 33 Starke Korrosion des Trägers, Anschluss und Stütze in Ordnung

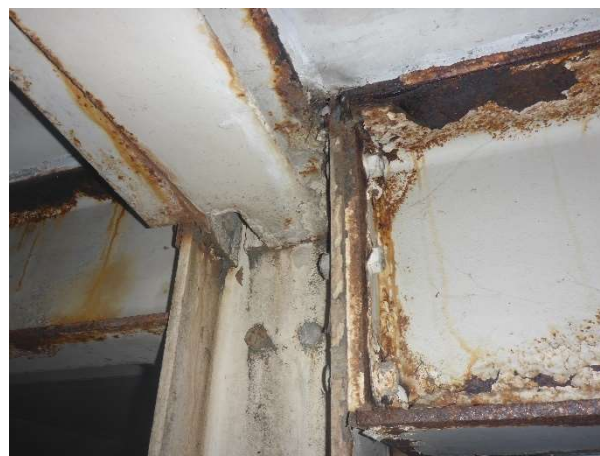


Abbildung 34 Stütze weitestgehend intakt, Anschlussblech und Träger zeigen erhöhte Korrosion





Abbildung 35 Starke Korrosion mit vermindertem Querschnitt des oberen Flansches, Stütze weist nur Rostfahnen auf

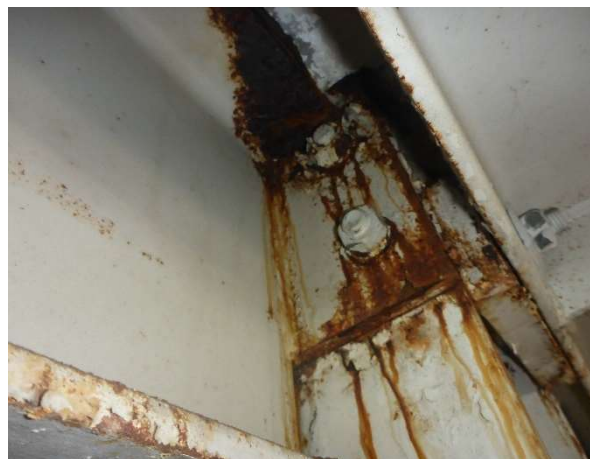


Abbildung 36 Anschluss mit Rostfahnen, Stütze ist weitestgehend unbeschädigt

Auch hier, wie bereits in Abschnitt 3.3.4 genannt, sind die nicht mehr wirksamen dauerelastischen Fugen sowie die Risse in der Verbundfuge Hauptauslöser für die entstandene Korrosion an den Verbindungsmitteln und Anschlussstellen. Die Stützen sind nur peripher von den Wassereintritt betroffen und daher kaum geschädigt.

### **3.4 Aufnahme der Querschnittsminderung durch Korrosion**

Mitarbeiter der SBU Ingenieure GmbH haben am Freitag, den 10.11.2021 eine Bauwerksuntersuchung durchgeführt, um Daten zur Ermittlung der schwachen bis starken Korrosionsschäden an den Stahlträgern zu erlangen. Zur Ermittlung des Korrosionsgrades an den relevanten Korrosionsschadstellen wurden die relevanten Bereiche durch entsprechende Maßnahmen entrostet (Abklopfen von größeren und losen Korrosionsprodukten mit einem Hammer und dem nachfolgenden Schleifen mit einer Drahtbürste wurde der noch wirksame nicht-korrodierte Stahl freigelegt. Das Vorgehen ist in den Abbildung 37 und Abbildung 38 gezeigt.) und messtechnisch aufgenommen. Mit den so gewonnenen Restquerschnitten wurde auf der Grundlage der vorhandenen Schnittgrößen eine Spannungsermittlung durchgeführt. Das Resultat der Berechnung ist demnach die Feststellung des IST-Zustandes und damit die Reststandsicherheit des Systems.

Im Vorfeld der Bauwerksuntersuchung wurde zur Eindämmung des Untersuchungsumfangs auf der Grundlage der Bestandstatik und der hieraus resultierenden Ausnutzungsgrade der Anschlusspunkte/Bauteile sowie der Ergebnisse der Bauwerksuntersuchung vom 08.09.2021 eine Auswahl relevanter Untersuchungsstellen ermittelt.

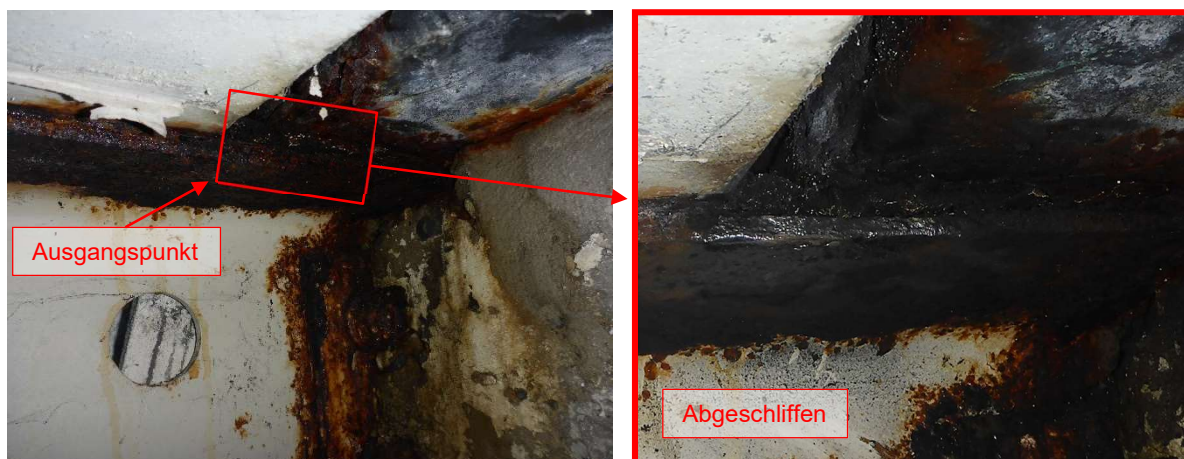


Abbildung 37 Aussuchen der Stelle unter undichter Fuge der Wasserrinne (hier Ebene -1)

Abbildung 38 Von Korrosion befreite Stelle

An der freigelegten Stelle sind mittels einer Schieblehre die Restprofildicke sowie die Breite des Flansches gemessen worden, siehe Abbildung 39.

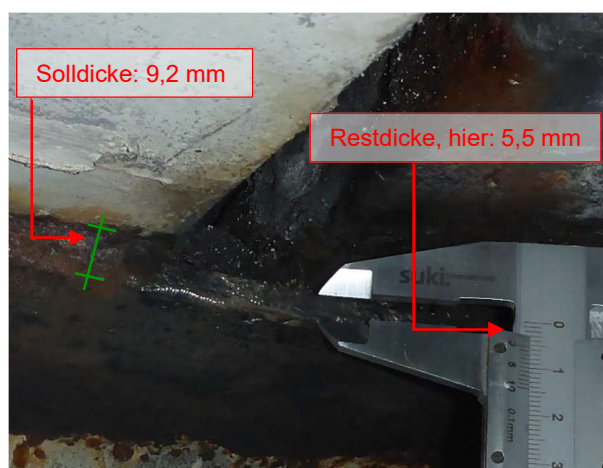


Abbildung 39 Messung der noch intakten Flanschdicke (hier Träger IPE 360 AA)

Im hier gezeigten Beispiel eines Deckenträgers in Ebene „-1“ ist eine durch Korrosion um 3,7 mm reduzierte Flanschdicke zu messen, was einer Minderung des Flansches von 40 % entspricht.

Aufgrund von nicht visuell erkennbaren und damit messtechnisch nicht messbaren aufzunehmender Schädigungsgrade entlang der kompletten Bauteillänge wurden die punktuell gemessenen Querschnittsminderungen in der nachfolgenden Berechnung für das komplette Bauteil angesetzt. Hierdurch kann eine zusätzliche, nicht konkret verifizierende Sicherheit in die Nachrechnung involviert werden.

Die Feststellung der Querschnittsminderung wurde immer über Kopf gemessen. Der gemessene Prozentsatz bezieht sich auf die Deckenträger dieser Ebene (Blickrichtung hoch, siehe Beispiel Ebene 5 mit Abbildung 40) Somit fallen die Ebenen 10 und 11 weg, da diese Ebenen Freidecks sind.

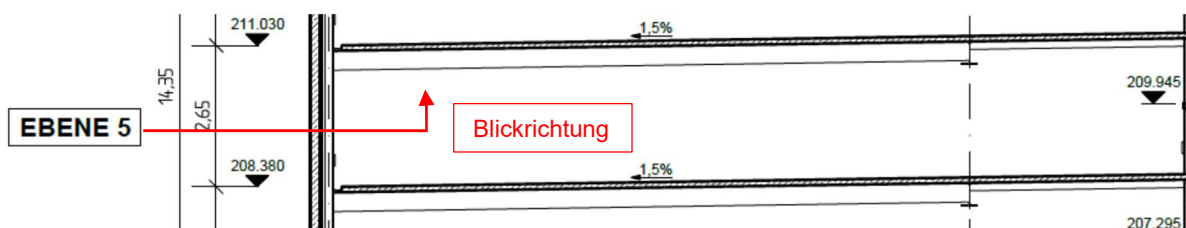


Abbildung 40 Lage des Prozentwerts der Abnutzung

Die Querschnittsminderung wurde in Prozent zum unbeschädigten Querschnitt ermittelt. In der Nachrechnung wurde der entsprechende Prozentsatz der Ebene bei der Dimensionierung/Ermittlung des IST-Zustands des Bauteils involviert. Die Prozentsätze sind in der Tabelle 1 erfasst.

Tabelle 1 Prozentsatz der Querschnittsminderung über jede Ebene

Ebene										
-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Abnutzung [%]										
- 18	- 18	- 21	- 16	- 22	- 17	- 14	- 8	- 9	- 8	- 7

Es ist deutlich zu erkennen, dass in den unteren Ebenen bis einschließlich Ebene 5 eine recht hohe Minderung des Querschnitts festzustellen war. In Ebene – 1 sind alle Stahlstützen und -träger mit einer Brandschutzverkleidung versehen, was die Ermittlung des Korrosionszustands erschwert. Eine augenscheinliche Auswahl des schlechtesten Trägers war daher nicht möglich. Hier muss von einer stärkeren versteckten Korrosion ausgegangen und muss entsprechend überprüft werden.

Die in Tabelle 1 genannten Prozentwerte stellen den Durchschnitt dar, der sich aus allen in einer Ebene gemessenen Schadstellen zusammensetzt. Da nicht jeder Träger in der entsprechenden Ebene explizit untersucht werden konnte, wird dieser Durchschnittswert als Querschnittsminderung für die Träger angesetzt. Bei Trägern, die explizit untersucht wurden, werden die vorgefundenen Querschnitte bei der Nachrechnung angesetzt.

Die Ermittlung der Restquerschnitte zur Gutachtenerstellung beschreiben nur Stichproben aus der kompletten Stahlkonstruktion. Hierbei handelt es sich um augenscheinlich stark geschädigte Bereiche. Zur detaillierten und vollumfänglichen Abschätzung des Gesamttragwerks sind im Zuge einer nachfolgenden Instandsetzungs-/Ertüchtigungsmaßnahme alle geschädigten und relevanten Bereiche der Tragkonstruktion zugänglich zu machen und mit geeigneten Maßnahmen (Druckluftstrahlen mit festem Strahlmittel) von Korrosionsprodukten zu befreien. Die so gewonnenen Detailangaben zu den vorhandenen Restquerschnitten sind mit den Gutachten zugrunde gelegten Werten gegenüber zu stellen. Somit ist das Gutachtenergebnis anhand der Werte der Gesamttragkonstruktion zu überprüfen und zu verifizieren.



## **4 Ermittlung IST-Zustand, statische Nachrechnung**

Die Ermittlung des IST-Zustands des Bauwerks erfolgt in Zusammenfassung aller oben dargestellten und erläuterten Ergebnisse sowie auf Grundlage der Auswertung der Bestandsunterlagen [A1], [A2], [A3], [U1] und [U2].

### **4.1 Vorgehen**

Die Punkte 4 und 5 des in Abschnitt 3.1 erläuterten Umfangs zur Gutachtenerstellung beinhalten die Nachrechnung und die Ermittlung des IST-Zustands des Parkhauses. Zur Bearbeitung dieser Punkt wurden folgende Unterpunkte herangezogen:

- Grundlage und Verwendung Bestandsstatik
  - Sichtung aller für die statische Berechnung erstellten Unterlagen von 1987 mit Recherche zu damaligen Normen und Richtlinien
- Lastannahmen und Sicherheitskonzepte
  - Aus der vorangegangenen Recherche der Normen und Richtlinien werden die Lastannahmen und Sicherheitskonzepte dieser Zeit mit den heute gültigen Regelwerken gegenübergestellt und verglichen
- Zusammenstellung und Übersicht der Ergebnisse der statischen Nachrechnung mit Auswertung
  - Durchführung der Nachrechnung auf Grundlage der vorangegangenen Erläuterungen und der Beachtung der Querschnittsminderung durch Korrosion

### **4.2 Grundlage und Verwendung der Bestandsstatik**

Für die statische Nachrechnung wurden alle relevanten Bestandsunterlagen gesichtet und ausgewertet. Bei der Bestandsstatik handelt es sich um die geprüfte Originalstatik der Firma Hilgers AG aus dem Jahr 1987. Dazu gehören auch statische Positionspläne. Die Bestandsstatik basiert auf folgenden damals geltenden Regelwerken:

- |                          |                                       |
|--------------------------|---------------------------------------|
| - DIN 17100 [R10]        | - Verbundträger-Richtlinie 1981 [R16] |
| - DIN ISO 898 [R11]      | - DSV-Richtlinie 0905 [R18]           |
| - DIN 32500-3 [R12]      | - DSTV [R17]                          |
| - DIN 1055-3 [R13]       |                                       |
| - DIN 18800 [R14], [R15] |                                       |

Für die Bestandsstatik wurden die Positionen eindimensional und in der Mehrzahl als Einfeld- und Zweifeldträger gerechnet. Über den Vergleich der Einwirkungs- mit der Widerstandsseite sind die Profile der Stahlträger dimensioniert und festgelegt worden. Das Vorgehen der Bestandsstatik wurde als Grundlage für die statischen Nachrechnung übernommen. Von einer dreidimensionalen Berechnung mittels eines räumlichen Modells des Gesamtsystems wurde aufgrund unzureichender Vergleichbarkeit (differierende Datenlage) abgesehen.



In der Nachweisführung aufgrund der heutigen Normengeneration EC3 [R8] werden zwei Faktoren berücksichtigt. Hierbei handelt es sich zum einen um die rudimentäre Bemessung der Stahlteile sowie um eine Spannungsanalyse. Diese Nachweisführung berücksichtigt auch das oben genannte Stabilitätsversagen

### **4.3 Lastannahmen**

Die von außen auf ein Bauwerk oder Bauteil einwirkenden Kräfte teilen sich in ständige Lasten (Eigenlast/Eigengewicht) und veränderliche Lasten (Nutz- und Sonderlasten) auf. Die ständigen Lasten basieren auf den Vorgaben aus den Regelwerken. Die veränderlichen Lasten sind in Abhängigkeit der geplanten Nutzung in den Regelwerken festgelegt und anzusetzen. Anhand von Lastfallkombinationen (Modellierung von Wahrscheinlichkeiten von gleichzeitig wirkenden Lasten) wird die maximale Belastung des Tragwerks abgebildet. Hieraus ergeben sich für die zu bemessenden/dimensionierenden Stellen, die jeweils ungünstigsten Lastfälle.

Im Laufe der Jahre haben sich sowohl die in den Regelwerken befindlichen Lastansätze als auch der Sicherheitskonzepte geändert. Zur Zeit der Planung war die Berücksichtigung von Sicherheitsfaktoren einheitlich starr auf der Widerstands- und Einwirkungsseite. Nach heutigen Regelwerken ist die Sicherheit und die Verwendung der Teilsicherheitsbeiwerte ebenfalls auf beiden Seiten (Widerstands- und Einwirkungsseite) anzuwenden, aber in unterschiedlichen Größen in Abhängigkeit der Lastfallkombinationen.

Eine Übersicht mit Vergleich von damaligen (1987, DIN 1055-3 [R13]) zu heutigen (2022, DIN EN 1991-1-1/NA-A1 [R3]) Lastannahmen und Sicherheitskonzepten ist der Tabelle 2 zu entnehmen. Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, ergibt der Vergleich der beiden Regelwerksgenerationen, dass die flächenhafte Verkehrslast für Parkdecks von  $3,5 \text{ kN/m}^2$  um  $0,5 \text{ kN/m}^2$  auf  $3,0 \text{ kN/m}^2$  reduziert wurde. Ein Grund dafür konnte auch in Literaturrecherchen nicht gefunden werden. Die Reduzierung ist hinsichtlich der über die Jahre gestiegenen Fahrzeuggewichte nicht nachvollziehbar. Daher wurde entschieden, dass mit dem Wert der Verkehrslast von  $3,5 \text{ kN/m}^2$  aus der Bestandsstatik die statische Nachrechnung durchgeführt wird.

Tabelle 2 Vergleich der Lastannahmen und Sicherheitskonzepte von 1987 und 2022

	1987 (1987I)			2022 (2015)		
<b>Einwirkungen auf Tragwerke</b>						
<b>Einwirkungsort</b>	<b>Ständig [kN/m<sup>2</sup>]</b>					
Parkdeck	6,25 (7,5) <sup>[1]</sup>			6,25 (7,5)		
Rampe	6,25 (7,5)			6,25 (7,5)		
<b>Einwirkungsort</b>	<b>Veränderlich [kN/m<sup>2</sup>]</b>					
Parkdeck	3,5			3,0		
Rampe	5,0			5,0		
<b>Anzusetzende Widerstände bei Nachweisen für Stahl [kN/cm<sup>2</sup>]</b>						
<b>Stahlgüte</b>	$\sigma$	$\sigma_v$	T	$\sigma$	$\sigma_v$	T
Stahl S235 (St37)	14,0	16,0	9,2	23,5	23,5	13,6
Stahl S355 (St57)	21,0	24,0	13,9	35,5	35,5	20,5
<sup>[1]</sup> Bestehend aus: Betonfertigteile: 0,1 m bzw. 0,12 m (Dicke) Einzugsfläche: 2,5 m Betonwichte: 25 kN/m <sup>3</sup> Eigengewicht Beton: 0,1 m*2,5 m*25 kN/m <sup>3</sup> =6,25 kN/m bzw. 7,5 kN/m <sup>3</sup> Eigengewicht gesamt: 6,25 kN/m + Gewicht Stahlträger (individuell)						

#### 4.4 Ergebnisse der statischen Nachrechnung

Die Ergebnisse der in Abschnitt 3.4 genannten Unterpunkte der Nachrechnung werden nachfolgend miteinander verglichen.

- Ausnutzung aller Positionen in Neubauzustand 1987
- Nachrechnung aller Positionen nach heutigen Regelwerken in intaktem Zustand (Neubauzustand)
- Nachrechnung aller Positionen nach heutigen Regelwerken in korrodiertem Zustand (IST-Zustand 2022)

Der angesetzte Korrosionszustand ist bei der Berechnung, wie in Abschnitt 3.4 bereits erläutert, über die gesamte Trägerlänge angenommen worden.

Alle Ergebnisse der statischen Nachrechnung der einzelnen Positionen können in intaktem und korrodiertem Zustand in der Anlage [A3] eingesehen werden.

### 4.4.1 Verbundträger

Insgesamt sind in der Stahlkonstruktion pro Ebene sechs verschiedene Verbundträger in den Haupttragrichtungen angeordnet. Aufgrund des systematischen Fugenschadens der Stahlbetondeckenplatten kommt es zu einem unkontrollierten Wassereintritt im Bereich des Obergurts der Verbundträger. Daher sind partiell geschädigte Bereiche entlang der kompletten Trägerachse feststellbar. Die für die statische Berechnung und Dimensionierung des Verbundträgers relevante Stelle (Trägermitte) ist daher nicht unbedingt deckungsgleich mit der Stelle der größten Schädigung. Alle Verbundträger sind als Einfeldträger konzipiert.

Für die Nachrechnung wurde das Zusatzmodul „RSTAB Verbund-TR“ von Dlubal verwendet. Abbildung 41 zeigt beispielhaft den Verbundträger der Position 1.

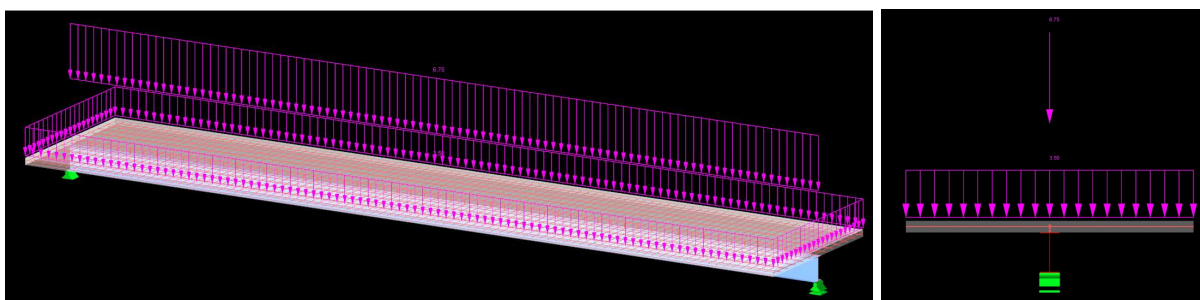


Abbildung 41 Schnitt und Ansicht des Verbundträgers, Position 1

Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3 Ergebnisse der statischen Nachrechnung der Verbundträger

Pos.	1987 [%]	2022				
		Intakt [%]	Korrosion maximal		Korrosion in Feldmitte	
			Ausnutzung [%]	Abrostung [%]	Ausnutzung [%]	Abrostung [%]
1	93,3	82,5	96,2	- 25	94,0	- 16
2	93,3	82,5	96,2	- 25	94,0	- 16
3	46,0	51,9	58,5	- 17	52,2	- 10
4	82,4	79,9	83,1	- 10	82,7	- 9
5	45,9	55,8	62,6	- 15	60,6	- 12
6	95,3	83,7	100,0	- 24	94,6	- 17

Die Positionen 1 und 2 befinden sich nah an der Ausnutzungsgrenze. Position 6 befindet sich im maximal korrodierten Zustand bereits bei 100 % Ausnutzung.

Die vorgenannten Ergebnisse zeigen eine noch ausreichende Standsicherheit der einzelnen Verbundträgerpositionen. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass mit Position 6

Verbundträger vorliegen, die schadensbedingt über nahezu keinerlei Traglastreserven verfügen und mit Position 1 und 2 Verbundträger deren Traglastreserven sich schadensbedingt minimiert haben und voll ausgenutzt sind.

An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass aufgrund der systematischen Fugenschäden, wie in Abschnitt 3.3.3 beschrieben, die Verbundwirkung und die Kraftübertragung zwischen Betonfertigteileplatte und Kopfbolzendübel auf dem Stahlträger gestört ist. Das sich hieraus ausbildende Gelenk führt zu einem Steifigkeitsverlust und zu einem modifizierten statischen System mit einer Reduzierung der Ausnutzung. Hieraus resultierende Auswirkungen können nur qualitativ erfasst werden.

#### 4.4.2 Rampen- und Randträger

Insgesamt verfügt das Parkhaus über elf verschiedene Rampen- und Randträger sowie dem Träger über der Einfahrt (Pos. 16.1). Die Rampenträger sind Einfeld- und Zweifeldträger. Die Randträger sind Mehrfeldträger.

Die Nachrechnung wurden mit dem Programm „RSTAB 8“ von Dlubal durchgeführt.

Nachfolgend sind die Positionen 9 (Einfeldträger), Position 12 (Zweifeldträger) und 19.2 (Mehrfeldträger) beispielhaft dargestellt, siehe Abbildung 42.

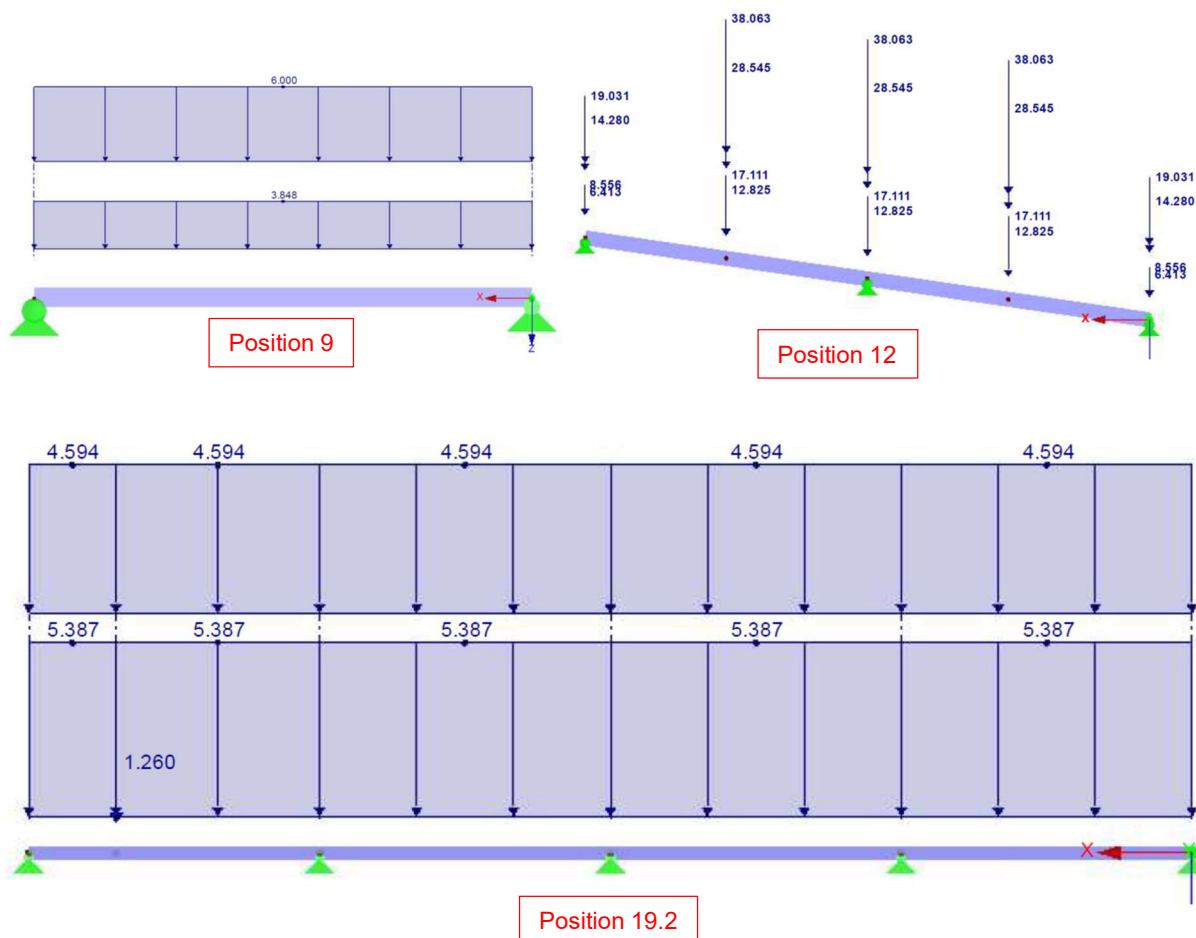


Abbildung 42 Beispielhafte Darstellung der Position 9, 12 und 19.2

Die Ergebnisse sind als Übersicht in der Tabelle 4 dargestellt.



Tabelle 4 Ergebnisse der statischen Nachrechnung der Rand- und Rampenträger sowie Einfahrt

Pos.	1987 [%]	2022				Korrosionszustand [%]
		Nachweis Spannung: Elastische Ausnutzung [%]		Nachweis nach EC3: Plastische Ausnutzung [%]		
		Intakt	Korrodiert	Intakt	Korrodiert	
9	54,4	46	71	44	58	- 25
10	70,3	67	74	34	57	- 5
11	69,3	65	73	71	89	- 5
12	92,1	76	91	70	76	- 18
13	88,6	57	69	53	58	- 18
12a	80,9	67	75	62	63	- 11
12b	74,4	64	72	60	61	- 11
14	85,2	80	100	78	83	- 14
15	88,9	82	101	80	85	- 15
16.1	80,5	87	99	61	81	- 7
19.2	60,1	59	75	54	62	- 20
20.1	89,0	64	72	58	59	- 10

Die Ausnutzungen der allgemeinen Spannungsanalyse (elastische Ausnutzung) weisen in korrodiertem Zustand nur bei den Positionen 14 und 15 eine Überschreitung der maximal zulässigen Ausnutzung auf, was aus ingenieurtechnischer Sicht noch tolerierbar ist.

Die Ausnutzungsgrade resultierend aus den Nachweisen nach EC3 (inklusive Stabilitätsbetrachtung und plastischer Ausnutzung) zeigen einen unkritischen Zustand. Es kann daher von einer ausreichenden Standsicherheit nachgewiesen.

Bei der Position 16.1 handelt es sich um den Träger der Einfahrt, siehe Abschnitt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, dieser überspannt zwei Fahrspuren und erfährt Last aus allen darüberliegenden Parkdecks. Die Auslastung befindet sich bei 99 %. Wie aus Tabelle 4 ersichtlich sind die Positionen 14 und 15 im elastischen Nachweis voll ausgelastet und können nur mit einer weiterer Materialausnutzung (Plastifizierung) mit Hilfe eines plastischen Nachweisverfahrens eine zusätzliche Tragsicherheitsreserve aufweisen.

#### 4.4.3 Stützen

In der Konstruktion befinden sich insgesamt 22 Stützen. Es handelt sich bei allen Stützen um eine Pendelstütze. Aufgrund des guten optischen Zustands der Stützen wurde eine ingenieurmäßige Annahme zum Korrosionszustand getroffen. Der Querschnitt der Stützen wurden in den Bereichen der Flanschbreite und -dicke um je 1 mm reduziert.

Die Berechnung wurde mit dem Modul „Stahlstütze“ der Firma Frilo und dem Programm „RSTAB 8“ von Dlubal durchgeführt.

Eine schematische Darstellung einer Stütze ist in der Abbildung 43 dargestellt.

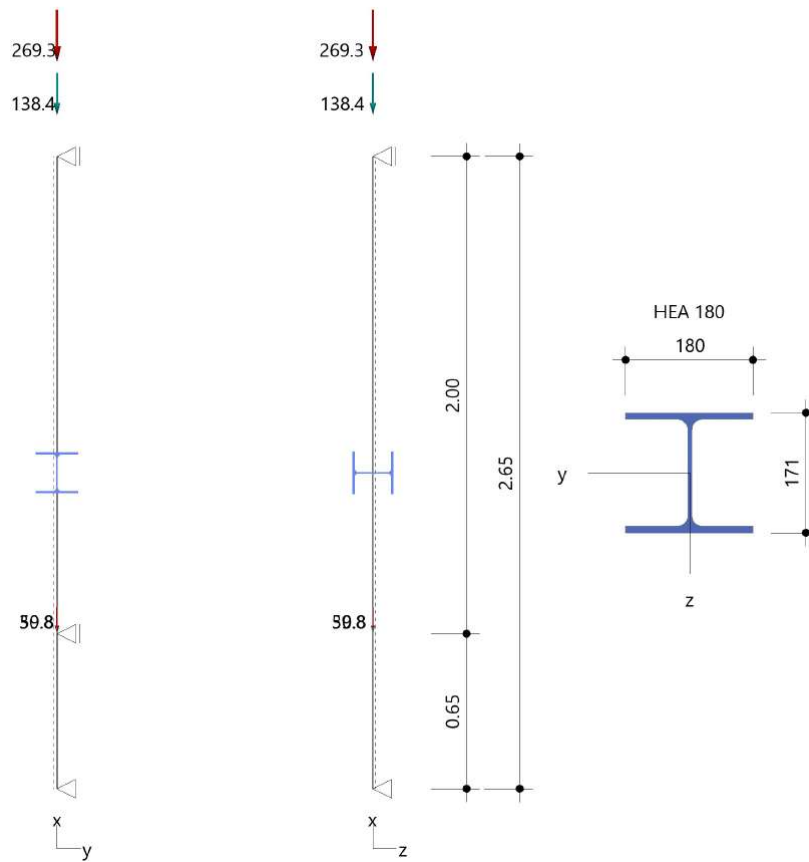


Abbildung 43 Schematische Darstellung der Position 19.4

Alle Ergebnisse können der Tabelle 5 entnommen werden.



Tabelle 5 Ergebnisse der statischen Nachrechnung der Stützen

Pos.	1987 [%]	2022 [%]				Korrosionszustand [%]
		intakt		Korrodiert		
	intakt	Querschnitt	Stabilität	Querschnitt	Stabilität	
16.2	74	53	85	45	55	- 5
19.4	89	68	80	71	84	- 6
19.5	105	67	96	70	101	- 6
19.6	31	27	41	28	43	- 7
20.2	40	30	46	33	51	- 7
20.3	84	57	81	59	85	- 7
22.1	86	54	95	58	103	- 4
22.3	95	38	76	41	82	- 4
22.4	71	35	63	38	78	- 5
23.1	71	56	98	58	101	- 4
24.1	89	77	88	82	94	- 6
24.3	88	68	75	72	80	- 6
25.1	82	70	80	74	86	- 6
25.2	74	59	78	63	83	- 6
26	87	65	84	67	88	- 5
27	98	69	99	69	104	- 7
28	100	82	97	88	105	- 7
29	85	63	78	68	84	- 7
30.1	51	43	48	43	51	- 7
30.2	52	33	50	36	55	- 7
30.3	79	44	67	47	72	- 7
31	73	57	68	62	74	- 7

Alle Stützen zeigen eine ausreichende bis noch ausreichende Standsicherheit. Die Stützen der Positionen 19.5, 22.1, 27 und 28 liegen bei einer Ausnutzung über 100 %, was aus ingenieurmäßiger Sicht ist eine Überschreitung von 1-5 % noch in einem tolerierbaren Bereich. Hierzu muss ebenfalls berücksichtigt werden, dass die Nachweisführung in Stützenmitte, in einem nur schwach durch Korrosion geschädigten Bereich, geführt wird.

#### 4.4.4 Stahlschlüsse, Träger/Träger und Träger/Stütze

Insgesamt befinden sich fünf statisch relevante Anschlusstypen in der Stahlkonstruktion. Alle weiteren Verbindungen sind konstruktiv ausgebildet und statisch untergeordnet. Diese Anschlüsse werden vernachlässigt. Für die Nachweisführung der fünf relevanten Anschlusstypen wurden das Programm „4H-EC3GT“ der Firma PCAE verwendet. Da einige Bereiche nicht mit Werkzeug erreichbar und somit nicht messbar waren, wurde der Korrosionszustand nicht ermittelt. Eine Beachtung des Korrosionszustandes wurde daher bei der Nachrechnung nicht berücksichtigt.

Der am häufigsten ausgeführte Anschluss ist Anschlussstyp 1. Dieser verbindet die Verbundträger der Haupttragrichtungen mit den Stützen. Eine Darstellung ist in Abbildung 44 zu sehen.

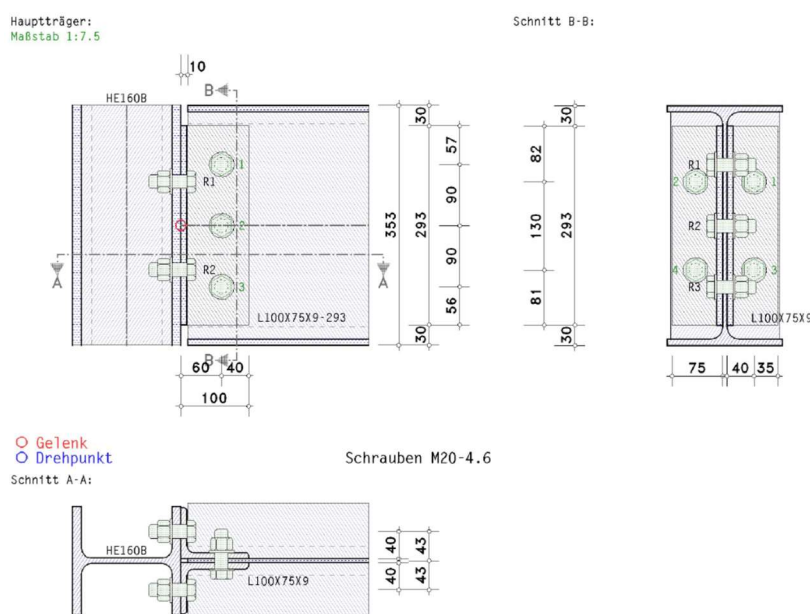


Abbildung 44 Anschlussstyp 1, Verbundträger an Stütze

Die Ergebnisse der Nachrechnung sind in Tabelle 6 zu finden.

Tabelle 6 Ergebnisse der statischen Nachrechnung der Stahlschlüsse

Anschluss	1987 [%]	2022 [%]	
		intakt	korrodiert
1	70	66,0	66 <sup>[1]</sup>
1.2	56,0	62,0	62 <sup>[1]</sup>
2	91,0	74,0	-
3	78,8	71,0	-
4	75,4	79,8	-
5	90,7	72,2	-
[1]	Winkelblech von Korrosion betroffen, Schrauben trotzdem maßgebend		



Alle statisch relevanten Anschlüsse sind in einem intakten Zustand berechnet. Alle Anschlusstypen befinden sich nicht nah an der Ausnutzungsgrenze. Es sind daher noch ausreichende Tragreserven vorhanden. Aufgrund der Nichtberücksichtigung des Korrosionszustands kann trotzdem ausgegangen werden, dass die Tragreserve noch nicht aufgebraucht ist.

## 5 Gesamtbewertung

Die Gesamtbewertung dieser gutachterlichen Stellungnahme behandelt zusammengefasst die Korrosionsschäden in Zusammenhang der Ergebnisse der statischen Nachrechnung und gibt somit eine Einschätzung der Standsicherheit des Parkhauses.

### 5.1 Korrosionsschäden

Die gesamte Stahlkonstruktion ist vielfältig von Korrosion in schwacher und starker Ausprägung betroffen. Die meisten Schäden resultieren aus einem systematischen Fugenschaden, der sich über alle Ebenen verteilt ausgebildet hat (Verbundfuge, dauerelastische Fugen). Die Freibewitterung der oberen Ebenen 10 und 11 sorgen für einen ungehinderten und ungeschützten Eintritt von Feuchtigkeit in die Konstruktion. Der Wassereintritt in die Bausubstanz folgert in die deutlich zu erkennenden Korrosionsschäden an den Haupttragteilen, die auch Hauptursache für die Erstellung dieser gutachterlichen Stellungnahme waren.

Es konnte mit der Nachrechnung aufgezeigt werden, dass die Korrosionsschäden einen relevanten negativen Einfluss auf die Tragfähigkeit nehmen.

### 5.2 Standsicherheit

**Wie in den Ergebnissen der Nachrechnung in Kapitel 4 ersichtlich, kann festgestellt werden, dass die Ausnutzung der statisch relevanten Bauteile teilweise über der zulässigen Ausnutzung liegt. Eine ausreichende Standsicherheit ist aktuell dennoch gegeben.**

Unter Beachtung der Tragwerkskonstruktion und unter Berücksichtigung der korrosionsursächlichen Systemschäden (Decken-, Fugenkonstruktion) und Konstruktionsdefiziten (offene Fassade) muss darauf hingewiesen werden, dass aus Standsicherheitsaspekten eine weitere Reduzierung der Standsicherheit durch eine Schadensfortschreitung unter allen Umständen zeitnah verhindert werden muss. Dies ist im Rahmen einer statischen Instandsetzung durchzuführen. Hierbei muss neben einer Ertüchtigung/Verstärkung einzelner Bauteile und Anschlussstellen (mit hohem Ausnutzungsgrad) die vorhandenen Korrosionsprozesse aufgehalten und nach Möglichkeit behoben werden. Da die vorgenannten Instandsetzungsziele nicht vollumfänglich durchgeführt werden können, ist eine Instandsetzung mit einem Instandsetzungsziel „Neubauzustand“ nicht möglich. Es muss daher aus wirtschaftlichen und technischen Gründen von einem maximal Instandsetzungsziel von 30 Jahren ausgegangen werden.

Falls von einer Instandsetzung abgesehen werden sollte, wird das Parkhaus Stadtmitte zur Mitte des Jahres 2023 geschlossen. Bis dahin ist von einer ausreichenden Standsicherheit auszugehen.