

Baufachliche Stellungnahme

Ermittlung der Restnutzungsdauer
der Kranbahn in der ZAW 32t/8t und 8t Kranbahn

Objekt:	ZAW – Zentrale Aktive Werkstatt
Standort:	Latzower Str. 1 17509 Rubenow
Auftraggeber:	EWN GmbH Energiewerke für Nuklearanlagen GmbH Latzower Str. 1 17509 Rubenow
Objekt-Nr.	2024/005/PL
Revision:	001
Verfasser:	Ingenieurbüro für Tragwerksplanung Dipl.-Ing. (FH) Detlef Schüler Bienenweg 4 17033 Neubrandenburg
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. (FH) D. Schüler

Dipl.-Ing. (FH) D. Schüler

Die Baufachliche Stellungnahme umfasst 50 Seiten und 11 Anlagen.

Neubrandenburg, 17.12.2024

Revisionsverzeichnis

Revision 001	Anpassung von Kerbfall K71 auf K40

Inhaltsverzeichnis

Inhalt

1. Aufgabenstellung.....	6
2. Bezug	6
3. Grundlagen/Quellen.....	7
4. Gebäudebestand und Kranbahnen	8
4.1 Allgemeine Angaben.....	8
4.2 Kranbahnträger - Bestand	9
4.2.1 Hallenschiff 1	9
4.2.2 Hallenschiff 2	11
5. Kranklassen – Ist-Zustand	13
6. Kranbahnträgnachweise zur Tragfähigkeit, Stabilität, Gebrauchstauglichkeiten, Ermüdungsfestigkeit.....	14
6.1 Berechnungsvoraussetzungen	15
6.2 Berechnung.....	17
6.2.1 Kran 32t / 8t Pos. 2.1 Hallenschiff 1	18
6.2.2 Kran 8t Pos. 2.2 Hallenschiff 2	38
7. Zusammenfassung.....	48
8. Festlegung.....	50

Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Zeichnung-Nr. S4A
Kranbahngrundriss + ~12m

mit Pos. 2.1 Kran 32/8t (Mp)
Achsen D-G/ 1-13

mit Pos. 2.2 Kran 8t (Mp)
Achsen G-K/ 1-17

Spannweiten 15.500 mm

Anlage 2 Zeichnung-Nr. 900.750-EZ
Brückenkran 32/8t (Mp) x 15,5 m

mit Angabe Radlasten R1, R, R3, R4

Technische Daten Kran

Abstände	Katze-Kranbahnträger	Gebäude- achse
B	32t ~2650m	D
	8t ~2650 + 850 = 3500 m	D
A	32t = ~850 + 1500 = 2350m	G
	8t = ~1500 mm	G

Anlage 3 Zeichnung-Nr. KM1-221-36100-017 (2)
Brückenkran 32/8t (Mp)

Schnitt A-A
mit Eintrag Abstände Katze – Kranbahnträgerachse

Anlage 4 Zeichnung-Nr. KM1-221-36100-018 (2)
Brückenkran 8t (Mp)

Schnitt A-A
mit Eintrag Abstände Katze-Kranbahnträgerachse
e = 1000mm

Anlage 5 Zeichnung S2
Gebäude Längsschnitt

Schnitt D-D
mit Eintrag Kranbahn Pos. 2.2 8t (Mp)
Gebäudeachsen G – K, 1-17

<u>Anlage 6</u>	Zeichnung-Nr. S3 Gebäude-Querschnitt
	mit Eintrag
	Kranbahn Pos. 2.1 32// 8t (Mp)
	Pos. 2.2 8t (Mp)
<u>Anlage 7</u>	Zeichnung-Nr. S14
	Horizontale Halterungen Kranbahnträger
	Pos. 2.1 32/8t (Mp)
	Pos. 2.2 8t (Mp)
<u>Anlage 8</u>	statische Berechnungen
	Pos. 2 Kranbahn
	Pos. 2.1 32/8t (Mp)
	Bestimmung der Radlasten
	Bemessung
	Pos. 2.2 8t (Mp)
	Bestimmung der Radlasten
	Bemessung
<u>Anlage 9</u>	Katalog M7302 PWV Kranbahnträger für Einträgerbrückenkrane vom VEB Metallleichtbaukombinat Plauen
<u>Anlage 10</u>	Schweißnahtprüfung
<u>Anlage 11</u>	EDV Ausdruck statische Berechnung Kranbahnträger

1. Aufgabenstellung

Für die Kranbahnanlagen in der ZAW -Zentralen Aktiven Werkstatt bestehend aus einer 32t/ 8t Kranbahnanlage und 8t Kranbahnanlage ist die Restnutzungsdauer zu ermitteln.

Als Zielgröße der geplanten Nutzung ist das Jahr 2090 benannt.

Die Untersuchungen zur Nutzungsdauer ausgehend vom Jahr 1977/1978 konzentriert sich auf die Ermüdungsfestigkeiten der Kranbahnträger.

Die lastaufnehmenden weiteren Bauteile wie Verbände, Anschlüsse und Auflager werden begutachtet und bewertet. Es erfolgt eine Sichtung auf Mängel und Schäden.

Die Krane selbst mit Brücke Kratzen, Winden, Räder, mechanischen und elektrischen Anlagen werden nicht bewertet.

Der Auftraggeber hat technische Daten zu den Kranen sowie die Kranarbeitszeit von 1977/ 1978 bis 2023 als Betriebsstundenzählung zur Verfügung gestellt.

Wird die geplante Restnutzungsdauer bis 2090 nicht erreicht, soll ein Konzept vorgelegt werden, wie die noch verbleibende Nutzungszeit von 67 Jahren erreicht wird.

2. Bezug

Vorhandene Planung:

- Die baufachliche Stellungnahme bezieht sich auf vorhandene Planungsunterlagen wie Konstruktionszeichnungen und statische Berechnungen
- Anlagen 1-8
- Anlage 9 Bauwerkskatalog zu den Kranbahnträgern für Einträgerbrückenkran M7302 PWV
- Technische Angabe zu den Kranen 32t/8t und 8t des Auftraggebers

Begutachtung

- Der visuellen örtlichen Begutachtung vom 03.06.2024
- Einsichtnahme in die Prüfbücher ZAW zur WKP – 5-jährige Prüfung

3. Grundlagen/Quellen

[1]	TGL 13500	Stahltragwerke
[2]	TGL 13471	Stahltragwerke für Kranbahnen
[3]	TGL 13503	Stabilitätsfälle Stahlbau
[4]	TGL 20167	Lastannahmen
[5]	TGL 20-360	Einträgerbrückenkrane
[6]	TGL 11776	Ausführungsklassen Schweißnähte
[7]	Din EN 1991-3	Einwirkung auf Tragwerke Einwirkung infolge Krane und Maschinen
[8]	DIN EN 1993-1-1 DIN EN 1993-1-1/NA	Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Allgemeine Bemessungsregeln
[9]	DIN EN 1993-1-5 DIN EN 1993-1-5/NA	Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Plattenförmige Bauteile (Beulen)
[10]	DIN EN 1993-1-9 DIN EN 1993-1-9/NA	Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Er- müdung
[11]	DIN EN 1993-6 DIN EN 1993-6/NA	Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Kranbahnen
[12]	DIN EN 1092-2	Ausführung von Stahltragwerken
[13]	DIN EN 13001-1	Krane Konstruktion allgemein
[14]	VDI 3576	Schienen für Krananlagen, Schienenverbindun- gen, Schienenlagerung, Schienen- befestigungen TOLERANZEN für Kranbahnen
[15]	Statik-Software Frilo	Kranbahnen

4. Gebäudebestand und Kranbahnen

4.1 Allgemeine Angaben

Die zu bewertenden Kranbahnen befinden sich in einem Bauwerk, das in Stahlbetonskelett- Montagebauweise errichtet wurde, als eingeschossige Typenbauweise DDR Industriebau.

Die Achsabstände der Längs- und Giebelstützen aus Stahlbeton betragen 6000mm. Systemmaß Gebäude Abmaße:

16 x 6,0m = 96,0 m Länge

6 x 6,0m = 36,0 m Breite

+14,0 m Höhe Auflager Stahlbeton Satteldachbinder auf Stützen

Die Außenwände bestehen aus einer Stapelfassade aus Stahlbetonfertigteilen Systemlängen = Stützenabstände 6000mm.

Das Bauwerk gliedert sich in 2 Hallenschiffen

1) Geländeachsen D-G, 1-17 Hallenschiff 1

2) Gebäudeachsen G-K, 1-17 Hallenschiff 2

(Anlage 1)

Die Bauwerksstabilität wird über Stahlbetonstützen die in Einzelfundamente eingespant und über Fertigteil-Satteldachbinder gekoppelt sind gewährleistet.

Für die Lastaufnahme und Lastweiterleitung der aus dem Kranbetrieb beanspruchten Stahlbetonstützen stehen in einem Achsabstand von 12,0 m in den Gebäudeachsen D, G, K **(Anlage 3 und 4)**

Demzufolge beträgt die Stützweite der Kranbahnträger ebenfalls 12,0 m.

Als statisches System der Kranbahnträger wurde der Träger auf zwei Stützen gewählt.

Horizontale Stahlfachwerkverbände und direkte Halterungen mit den aussteifenden- und stabilisierenden mehrgliedrigen Stahlbetonstützen gewährleisten die Biegedrilltragfähigkeit und begrenzen die Verformungen der Kranbahnträger.

Das Gesamtbauwerk wird turnusmäßig alle 5 Jahr einer Bauwerksinspektion unterzogen. Die Ergebnisse der Untersuchungen und Begutachtungen der wesentlichen tragenden Bauteile des Bauwerkes werden in Prüfbüchern aufgenommen.

Für die Ermittlung der Resttragfähigkeiten der Kranbahnträger 32t/ 8t und 8t Krane wurde Einsicht in die Prüfbücher genommen.

Es wurden keine Schäden oder Mängel benannt die Einfluss auf die Tragfähigkeit der Kranbahnträger, der Auflager und horizontalen Halterungen haben.

Störungen im Kranbahnbetrieb die auf Verschleiß oder Mängel hinweisen wurden nicht bekannt gegeben.

4.2 Kranbahnträger - Bestand

4.2.1 Hallenschiff 1

(Anlage 1/ Anlage 2)

Gebäudeachse D-G, 1-13

Zweiträgerbrückenkran

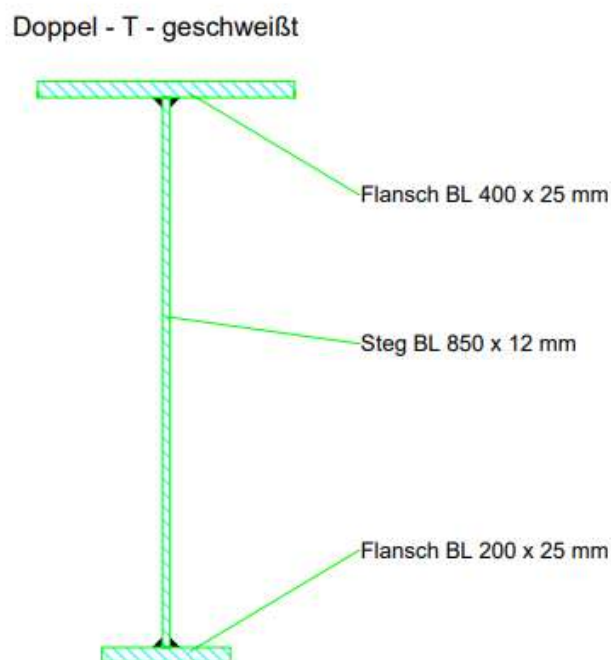
In der Halle befinden sich der Kran **Pos. 2.1**

- Kran 32t/ 8t in Kombination auf einer Kranbrücke mit 2 Rädern je Kranbahnachse
- die Spannweite der Kranbrücke beträgt 15.500 mm
- Grundriss und Schnitt II- II
OK-Kranschiene + 11.565 mm KS75 St 60-2
OK-Auflager Stütze + 10.500 mm

Trägerquerschnitt (Anlage 7)

Doppel-T geschweißt

Stahlgüte (TGL) St 38



Doppel-Kehlnaht gemessen 5,0 mm

Abstände Katze/ Haken (Anlage 3)

Achse D 2.650 mm

Achse G 2.350 mm

Kranschiene K75 nicht statisch wirksam für Kranbahnträger

Technische Daten

Tragkraft Haupthub $32\text{Mp} = 32\text{t}$

Tragkraft Hilfshub $8\text{Mp} = 8\text{t}$

Geschwindigkeiten Hauptheben 8 m/ min

Hauptfeinheben $0,8\text{ m/ min}$

Hilfshub $12,5\text{ m/ min}$

Katzfahren 20 m/ min

Kranfahren 25 m/ min

Kran-Klasse (TGL 13500, 20322, 13471)

Betriebsgruppe B

Lastspielgruppe 2

Spurkranz – geführt

Abstand Räder $a = 5.440\text{ mm}$

Kraneigenmasse $G = 30\text{t}$ (Angabe Auftraggeber)

Radlasten (Anlage 2)

Radlasten (mp)	R_1	R_2	R_3	R_4
Max. aus Totlast	8,4	10,0	9,7	9,9
Max. aus Hublast	14,8	14,5	14,9	14,9
Σ maximal	23,2	24,5	24,6	24,8
minimal	5,0	5,6	6,3	5,4

An den Kranträgerenden Achse 1/13 befinden sich die Prellböcke zur Aufnahme der Bremskräfte.

Maximale Radlasten: Katzstellung an Achse G $a=2,35\text{ m}$

Hublast $R_3/ R_4 = 14,9\text{ Mp}$

Eigenlast $R_{3g} = 9,7\text{ Mp}$

$R_{4g} = 9,9\text{ Mp}$

Katzgewicht $G_k = 2,0\text{ Mp}$

4.2.2 Hallenschiff 2

(Anlage 1, Anlage 4 und Anlage 9)

Gebäudeachse D-K, 1-17

Einträgerbrückenkran

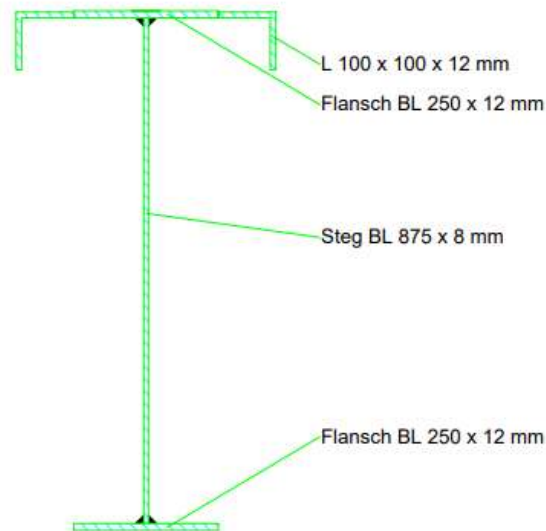
In der Halle befinden sich der Kran **Pos. 2.2** nach Katalog M7302 PWV

- Kran 8t auf einer Kranbrücke mit 2 Rädern je Kranbahnachse Radabstand $a=2,450$ m (vor Ort gemessen)
- die Spannweite der Kranbrücke beträgt 15.500 mm
- Grundriss und Schnitt II- II
OK-Kranschiene + 11.530 mm
OK-Auflager Stütze + 10.500 mm

Trägerquerschnitt (Anlage 1 und Anlage 7)

Doppel-T mehrteilig geschweißt

Doppel - T - mehrteilig - geschweißt



Kranschiene 50 x 50 St 60-2

Profil nach Katalog MLK – M7302 PWL

Stumpfnast und Doppelkehlnast geschweißt 4,0 mm

Kranbahnträger-Typ-Profil VI

Länge: SL = 12.000 mm nach Katalog M7302 PWV (Anlage 9)

Abstände Katze/ Haken

Achse G a = 1.000 mm

Achse K a = 1.000 mm

Technische Daten

Kraneigenmasse

G = 5,2 t (Angabe Auftraggeber)

Katze

G_k = 0,9 t ~1,0 t

Tragkraft	8 Mp = 8t
Geschwindigkeiten Heben	8 m/ min
Katzfahren	25 m/ min
Kranfahren	31,5 m/ min

Radlasten

Die ermittelten Radlasten nach **Anlage 8** können nicht verwendet werden. Der Radabstand wurde mit 4 m angenommen. Der tatsächliche Radabstand ist 2.45 m. Der Schnittgrößenvergleich mit Schnittgrößen bezüglich des Kataloges findet keiner Anwendung. Die Radlasten werden neu ermittelt. Daraus folgen neue Tragfähigkeitsnachweise für den Kranbahnträger.

5. Kranklassen – Ist-Zustand

Für beide Krane Beanspruchungsgruppe B
Lastspielgruppe 2/ C
(TGL-Normen)

Berechnungs- und Ausführungsgruppe C

- mit höchsten 60.000 Spannungsspielen in der Nutzungsdauer von ca. 50 Jahren

1 Lastspiel = Lastaufnehmen
+ Lastfahren
+ Lastabsetzen

kein Ermüdungsnachweis erforderlich

Bei einer angenommenen Nutzungsdauer von 50 Jahren, ist in 4 Jahren bis 2027 die Nutzungsdauer erreicht.

Daraus folgt eine Untersuchung der Kranbahnträger auf das Versagen der Ermüdungsfestigkeit.

Grundlage bildet dann das zurzeit gültige Sicherheitsniveau nach den Euro-codes-Regelungen EC3

Einstufung der Krane 32t/ 8t und 8t

Für die Krane ist eine neue Einstufung zur erweiterten Nutzungsdauer bis 2090 erforderlich.

Die ursprüngliche Nutzungszeit wurde auf 50 Jahre ausgelegt.

46 Jahre ist die Krananlage bereits in Nutzung.

Die Kranarbeit konnte als leicht in den Beanspruchungsklassen S0 bis S2 eingeschätzt werden. (EC3)

Als Lastspielzahl C konnten maximal U_3 ,

Lastkollektivbeiwert $k_Q = 0,25 - 0,5$ eine Intensität der Lastspiele von

$C = 6,3 \times 10^4$ bis $1,25 \times 10^5$ erwartet werden.

Ermittelt aus Betriebszeiten der Krane mit 3 min pro Kranlauf wurden in 46 Jahren ca. 25.300 Lastspiele ermittelt.

Für die erweiterte Nutzung der Krananlagen bis 2090 und unter Berücksichtigung einer 2-schichtigen Nutzung pro Tag wird eine höhere Beanspruchungsklasse S3 festgelegt.

Dies entspricht einer Gesamtlastspielzahl von $C = 1,25 \times 10^5$ bis $2,5 \times 10^5$ bei U_4 und k_Q von 0,25 - 0,5 (Völligkeit).

Der zweischichtige Betrieb wird ab 2025 berücksichtigt.

Die Erweiterung der Nutzungsdauer hat zur Folge das Inspektionsintervalle festgelegt werden müssen!

Es ist ein Konzept der turnusmäßigen Inspektionen der Krananlage zu erarbeiten. Intervalle und Zeiträume sind festzulegen. Im Inspektionskonzept sind Bauteile und Orte der Krananlage zu benennen, die einer Prüfung auf Schäden und Mängel unterzogen werden.

6. Kranbahnträgnachweise zur Tragfähigkeit, Stabilität, Gebrauchstauglichkeiten, Ermüdungsfestigkeit

Die Krane in Kombination 32t/8t und der Kran 8t wurden 1977 und 1978 in Betrieb genommen.

Der 32t/ 8t Kran ist ein Zweiträgerbrückenkran, der 8t Kran ist ein Einträgerbrückenkran.

Beide Krane wurde auf der Grundlage der technischen Normung der TGL der DDR konzipiert:

TGL 13500	Stahltragwerk
TGL 13471	Stahltragwerk für Kranbahnen
TGL 13503	Stabilitätsfälle Stahlbau
TGL 20167	Lastannahmen
TGL 20-360	Einträgerbrückenkrane
TGL 11776	Ausführungsklassen Schweißnahtverbindungen

Die ursprünglichen Tragfähigkeitsnachweise und Stabilitätsnachweise beruhen auf dem Prinzip der Einhaltung zulässiger Spannungen. Die vorhandenen Stahlspannungen in den wesentlichen tragenden Bauteilen der Kranbahnanlagen werden den zulässigen Spannungen gegenübergestellt. Die zulässigen Spannungen werden unter Berücksichtigung globaler Sicherheitsbeiwerte ermittelt.

$$\sigma_{zul} = \frac{\sigma_F}{\Sigma \gamma} ;$$

$$\gamma = (Einwirkung + Material)$$

und in Grenzlastfälle eingeordnet. (deterministisches Sicherheitskonzept).

Die Querschnitte der Kranbahnträger 32t/8t und 8t sind geschweißte zusammengesetzte aus Flachblechen und Winkelprofilen hergestellte Bauteile.

Bei allen bautechnischen Nachweisen wurden keine Schweißnähte, die tragfähigkeitsmindernd sind berücksichtigt.

In den Planungsunterlagen (**Anlagen 1-8**) wurden keine Angaben zu den Schweißnähten gemacht.

Die schweißtechnische Prüfung (Anlage 10) ergab folgende Ergebnisse:

1. Nahtform: Stumpf- und Kehlnähte mit nicht durchgeschweißter Wurzel in den Bauteilen
Kerbfall K 36* $\sigma_{z\perp}$
Kerbfall K 100 $\sigma_{x\parallel}$
2. Nahtdicke zwischen Steg und Flansch
32t/8t Kran $a_w = 5mm$
8t Kran $a_w = 4mm$

Bei der Untersuchung der Resttragfähigkeit der Kranbahnträger wird die Tragfähigkeit- und Ermüdungsfestigkeitsminderung von Schweißnähten unter der Berücksichtigung von Kerbfällen durchgeführt. (K40) (Anlage 10).

Für den 8t Kran wurde vor Ort ein Radabstand $e = 2.450$ mm gemessen. Die statische Berechnung (Anlage 8) berücksichtigt einen Radabstand von $e = 4.000$ mm.

Eine höhere Spannungsauslastung des Kranbahnträgers ist zu erwarten.

6.1 Berechnungsvoraussetzungen

Bei der Aufstellung der rechnerischen Nachweise der Tragfähigkeiten, Ermüdungsfestigkeit und der Ermittlung der Restnutzungszeit der Kranbahnträger der 32t/ 8t und 8t – werden nachfolgende Voraussetzungen getroffen.

- Die Kranbahnen behalten die zulässigen Toleranzen nach DIN EN 1092- [12] und VDI 3576 [14]
- Grundmaterial und Schweißnähte weisen keine Schäden auf
- Schienenstöße sind glattgeschliffen
- Kranbahnschienen sind nichttragend für den Trägerquerschnitt
- Die Radlasten greifen mittig an, Nachweise (GZT/ GZE)

Mit Ausnahme der Regelung für die Beanspruchungsguppe S3 (Außenmitte Kranrad)

- Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M, γ_F in GZE = 1,0 angesetzt (5-jährige WKP)
- Stahlgüte Kranbahnträger
St 38 $\sigma_F = 240$ N/mm² nach TGL
S 235 $\sigma_F = 235$ N/mm² nach DIN EN

- Die seitliche Abstützung durch horizontale Fachwerkverbände wird starr angenommen.
- Das Betriebsregime der Krane wird auf das jetzt gültige Normenwerk des EC 3 angepasst, einschließlich der Zuordnung der Kranklassen
- Der Ermüdungsnachweis mit Ermittlung des Schädigungsgrades bis 2023 erfolgt auf der Grundlage rechnerisch zulässiger Zahlen von Spannungsspiele nach der Palmgren-Miner-Regel.
Die Lebensdauer der Kranbahnträger wird daraus ermittelt.
- Die vertikalen Radlasten werden über Kranschienen lastverteilend angesetzt. Die Radlasten werden als Normlasten charakteristisch neu ermittelt [7].
- Die horizontalen Lasten wie Massenkräfte, Spurführung und Schwingbeiwerte werden nach DIN EN 1991-3 bestimmt [7].
- Die Schweißnähte zwischen Flanschen, Flanschen und Stegblechen sind Doppel-Kehlnähte mit durchgeschweißter Wurzelnaht
 $a_w = 5\text{mm}$ / $a_w = 4\text{mm}$ mit guter Nachbehandlung der Schweißnähte, Kerbfall K40.
- Die Schweißnahtprüfung Anlage 10 ergeben die anzusetzenden Kerbfälle für GZT und GZE.

6.2 Berechnung

Die Bautechnischen Nachweise werden nach der Normung EC3 Stahlbau [7]; [8]; [9]; [10]; [11] durchgeführt.

Das Bemessungskonzept basiert auf der semi-probabilistischen Methodik in den Grenzzuständen der Beanspruchungen unter Verwendung von Teilsicherheitsbeiwerten auf der Einwirkungsseite der Belastungen und auf der Seite des Widerstandes des Materials. Die Ermittelten Radlasten im (GZT), können nicht direkt mit dem ursprünglichen Radlasten auf (TGL-Basis) verglichen werden.

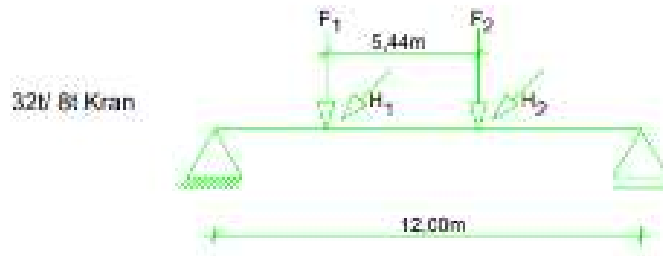
Die Tragfähigkeits- und Stabilitätsnachweise können zu Ergebnissen führen die Änderungen in der Krantätigkeit/ Hublastbegrenzungen zur Folge haben. Die nachfolgenden Berechnungsergebnisse werden es zeigen.

- ⇒ Zuordnung der Kranklassen TGL → DIN EN
- Für die Krane 32t/8t und 8t Werkstattkrane
 - Für zukünftige Nutzung

	TGL	DIN EN/ EC3
Beanspruchungsgruppe	B 2	S 2 S 3 wird angesetzt
Spannungsspielzahl/ schwellend	$< 6 \cdot 10^4$ ≙ Ausführungsgruppe/ Berechnungsgruppe	wird berechnet (GZE) [10] Palmgren-Miner-Regel
	C	
	Kein Ermüdungsfestigkeitsnachweis erforderlich	Ermittlung Schädigungsgrad
Hubklasse		HC2

6.2.1 Kran 32t / 8t Pos. 2.1 Hallenschiff 1

Statisches System



Belastung

Die Radlasten F_1 und F_2 werden nach [7] ermittelt. Siehe Anlage 11.

GZT nach Anlage 11

1,35 x (Eigengewicht Kranträger) + 1,35 x (Lastfall 1 – 4) nach Lastgruppe 1 und 5

Schnittgrößen Ermittlung;

Bemessung;

Spannungsermittlungen

- für globale Spannung im Kranbahnträger
- für lokale Spannungen Radlasteintragung
- Oberflansch – Steg – Schweißnaht
- Softwareprogramm Frilo Kranbahnträger

Stabilitätsnachweise

- Biegedrillknicken BDK [9]
- Beulnachweise Steg und Radlasteinwirkung

GZG nach Anlage 11

1,0 x (Eigengewicht Kranträger) + 1,0 x (Lastfall 1 – 4) nach Lastgruppe 12, 13

Gebrauchstauglichkeit	[12]
Grenzdurchbiegung	$l/500$

$$\sigma_z = 1200 : 500 = 2,4 \text{ cm}$$

GZE

1,0 x (Eigengewicht Kranträger) + 1,0 x (Lastfall 1 – 4) nach Lastgruppe 14

Ermüdungsfestigkeitsnachweise [10]

Eigengewicht des Kranbahnträgers kann vernachlässigt werden

Kein Einfluss auf die Spannungsschwingbreite, BK S3

➔ Kein zentrischer Lasteintragung

Nachweise:

- Kranbahnträger insbesondere Halskehlnach $a_w = 5,0$ mm zwischen Flasch und Steg
K100 – Kerbfall $\Delta\sigma_x$
- Radlastpressung (lokale Spannungen)
K40 – Kerbfall $\Delta\sigma_{z\perp}$

Zum Kerbfall K36*:

Dieser Kerbfall wird in der Wöhlerlinie für den untersuchten Bereich der Spannungsspiele $< 10^7$ auf K 40 angehoben.

Nach DIN EN 1993-1-9, 7.1 Anmerkung 3.

Gesamtschädigung des Kranbahnträgers aus Hubwerk 32 t
+ Hubwerk 8t

Ermittlung Lastspiel:

Unter einem Lastspiel werden folgende Zeitabschnitte definiert:

- Lastaufnehmen Heben
 - Lasttransport
 - Die Rückfahrt des Krans in Parkposition
 - Leerfahrt ist ebenfalls ein Lastspiel (Eigenlast)
-
- Auf der Grundlage vom Auftraggeber bekanntgegebene Betriebszeiten der Krane werden Lastspielzahlen ermittelt, für ein Lastspiel werden 3 Minuten in Ansatz gebracht
 - Es werden repräsentative Lastkollektive gebildet

Lastkollektive:

Anzahl der Lastspiele

32t → 679h:3min. * 60 = 13.580 Lastspiele

8t → 586h:3min. * 60 = 11.720 Lastspiele

Summe= 25.300 Lastspiele

32 t Hubwerk

1) 20 - 32t	15%	25.300 =	3795 Lastspiele
2) 15 - 20t	10%	25.300 =	2530 Lastspiele
3) 8 - 15t	20%	25.300 =	5060 Lastspiele

8t-Hubwerk

4) 5 - 8t	10%	25.300 =	2530 Lastspiele
5) 0 - 5t	20%	25.300 =	5060 Lastspiele
6) <u>Leerfahrt</u>	<u>25%</u>	<u>25.300 =</u>	<u>6325 Lastspiele</u>
	<u>100%</u>		<u>= 25.300 Lastspiele</u>

Resttragfähigkeit – Gesamtschädigung [10]:

Für beide Krane 32t / 8t und 8t wird die vorhandene Schädigung von 1977 /78 bis 2023 berechnet.

a) Auslastungsgrad nach 46 Jahren

b) Auslastungsgrad im Zweischichtbetrieb bis 2090

- Für Kranbahnträger mit globalen Spannungen $\Delta\sigma_x$
- Für Kranbahnträger mit lokalen Spannungen/ Radpressungen $\sigma_{max\perp}$ und globalen Spannungen aus dem Tragsystem Träger auf zwei Stützen $\sigma_{x\parallel}$
- Die Schädigung aus dem lokalen Radlasteintrag und der Normalspannung am kennzeichnenden Punkt 17-7 (Halskehlnaht) aus den jeweiligen Kranlaststufen am Gesamtsystem werden addiert und aus den Ergebnissen der Nachweise der Grenztragfähigkeit (GZT) und der Ermüdungsfestigkeit (GZE) entnommen.
Der Einfluss der Schubspannungen am Schädigungsgrad wird vernachlässigt. Der Einfluss der Normalspannungen wird einfach und der Einfluss der lokalen Radpressung zweifach als Anteil der Schädigung berücksichtigt (zwei Räder pro Kranfahrt).
- Lineare Schadensakkumulation nach Palmgren-Miner-Regel (Schädigungshypothese)
- Bestimmung der Schwell- und Dauerfestigkeiten auf der Grundlage der Wöhlerlinien K40 mit zulässigen Lastspielzahlen $m = 3$ und $m = 5$
- Ermittlung vorhandener Schädigungsgrad 1977/78 bis 2023
- Prognose zur Zielgröße der Nutzung bis 2090 im Einschicht- und Zweischicht-Betrieb

Schadensrelevante Schwingspiel – Grundlagen:

$$\begin{array}{ll} \Delta\sigma_i > \Delta\sigma_D > \Delta\sigma_L & m = 3 \\ \Delta\sigma_i < \Delta\sigma_D > \Delta\sigma_L & m = 5 \\ \Delta\sigma_i < \Delta\sigma_L & \text{keine Schädigung im Bereich Schwellfestigkeit} \end{array}$$

Zulässige Lastspiele N_i

$$m = 3 \quad N_i = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\Delta\sigma_i} \right)^3$$

$$m = 5 \quad N_i = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\Delta\sigma_i} \right)^5$$

$$\Delta\sigma_D(\text{Dauerfestigkeit}) = \left(2 \cdot 10^6 \cdot \Delta\sigma_C^3 / 5 \cdot 10^6 \right)^{1/3}$$

$\Delta\sigma_C$ (Kerbfall) in N/mm²

$$\Delta\sigma_L(\text{Schwellfestigkeit}) = \left(5 \cdot 10^6 \cdot \Delta\sigma_D^5 / 10^8 \right)^{1/5}$$

Schädigung pro Betriebsjahr

$$D_d = \sum n_i/N_i = n_1/N_1 + n_2/N_2 + n_3/N_3 \leq 1.0$$

- Bei lokale Radlastspannungen Anzahl der Räder beachten
 $\sum D_d = 2 \cdot D_d$
- im Schichtbetrieb wird die Schädigung 2-mal hochgerechnet

Ermüdungsfestigkeitsnachweise

Auszüge aus Anlage 11 σ_{max}

Laststufe 32t; e = 4m	Seite 35 und 36
Laststufe 20t; e = 2,35m	Seite 33
Laststufe 15t; e = 2,35m	Seite 32
Laststufe 8t; e = 2,35m	Seite 30
Laststufe 5t; e = 2,35m	Seite 30
Laststufe Leerfahrt; e = 2,35m	Seite 31

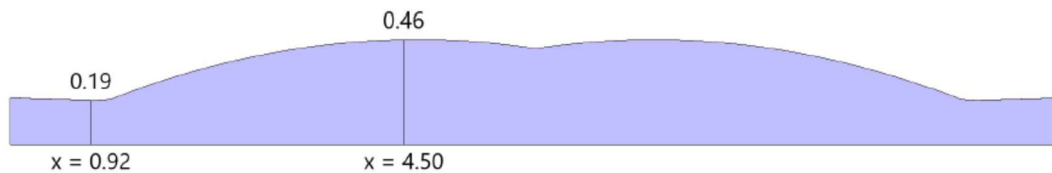
Ermittlung $\sigma_{x||}$ Normalspannungen global

x	Nr.		λ_σ	$\Delta\sigma$	$\sigma_{\max}$	$\sigma_{\min}$	$\Delta\sigma_{E,2}$	η_σ	η_I
[m]			λ_τ	$\Delta\tau$	$\tau_{\max}$	$\tau_{\min}$	$\Delta\tau_{E,2}$	η_τ	
					[N/mm ²]				
4.62	8	σ	0.397	100.0	122.9	6.7	46.1	0.46	
		τ	0.575	80.0	5.5	-11.9	10.0	0.12	0.10

Nr. : Querschnitts-/Kerfallpunkt
 λ_σ : Schadensäquivalenzfaktor
 $\Delta\sigma_c$: konstante Spannungsschwingbreite Kerfall
 $\sigma_{\max}$: maximale Normalspannung
 $\sigma_{\min}$: minimale Normalspannung
 $\Delta\sigma_{E,2}$: schadensäquivalente Spannungsschwingbreite $=\lambda(\sigma_{\max}-\sigma_{\min})$
 η_σ : $=\sqrt[5]{\Delta\sigma_c/(\Delta\sigma_c/\gamma_{M,1})}$
 λ_τ : Schadensäquivalenzfaktor
 $\Delta\tau_c$: konstante Spannungsschwingbreite Kerfall
 $\tau_{\max}$: maximale Schubspannung
 $\tau_{\min}$: minimale Schubspannung
 $\Delta\tau_{E,2}$: schadensäquivalente Spannungsschwingbreite $=\lambda(\tau_{\max}-\tau_{\min})$
 η_τ : $=\sqrt[5]{\Delta\tau_c/(\Delta\tau_c/\gamma_{M,1})}$
 η_I : Interaktion $(\eta_\sigma)^2 + (\eta_\tau)^2$

Auslastung infolge Ermüdung

Maßstab 1 : 75



Lokale Radlasteinleitung am Obergurt bei x = 0.12 m

 $\eta = 1.59 > 1$! Nachweis nicht erfüllt!

Kranschiene :	Höhe	$h_{\text{eff}} = 81$	mm	Obergurt :	Breite	$b_{\text{eff}} = 306$	mm
	Breite	$b_r = 200$	mm		Dicke	$t_o = 25$	mm
Querschnitt :	Fläche	$A_{\text{eff}} = 144.4$	cm ²	I_y effektiv :	gesamt	$I_{rf} = 88585.5$	cm ⁴
	Schwerpunkt	$e_1 = 495$	mm	Kranschiene	$I_r = 451.3$		cm ⁴
	Stegdick	$t_w = 12$	mm	Obergurt	$I_{f,\text{eff}} = 39.8$		cm ⁴
Lastausbreitungslänge :	effektiv	$l_{\text{eff}} = 241$	mm				
	gesamt	$x_w = 251$	mm	Unterkante	Obergurt	$z = 5$	mm

Werte für die Ermittlung der Spannungen infolge exzentrischer Radlast

Quersteifen	Abstand	$a = 12.00$	m	Exzentrizität	Radlast	$e_y = 19$	mm
	Steghöhe	$h_w = 850$	mm	Flansch/Kranschiene		$I_t = 471.4$	cm ⁴
Beiwert		$\eta = 3.35$					
		$T_{Ed} = 3.91$	kNm			$\sigma_{T,Ed} = 45.3$	N/mm ²

x	$Q_{r,Ed}$		λ_σ	$\Delta\sigma$	$\sigma_{\max}$	$\sigma_{\min}$	$\Delta\sigma_{E,2}$	η_σ	λ_τ	$\Delta\tau$	$\tau_{\max}$	$\tau_{\min}$	$\Delta\tau_{E,2}$	η_τ
[m]	[kN]				[N/mm ²]						[N/mm ²]			
0.12	208.6	z	0.500	36.0	114.5	0.0	57.3	1.59	0.660	80.0	6.9	-15.8	33.3	0.42
		x	0.500	100.0	-4.4	-81.1	38.3	0.38						
11.88	208.6	z	0.500	36.0	114.5	0.0	57.3	1.59	0.660	80.0	6.9	-15.8	33.3	0.42
		x	0.500	100.0	-4.4	-81.1	38.3	0.38						

 $Q_{r,Ed}$: Bemessungswert der Radlast einschließlich Schwingbeiwert

Zusammenfassung aller Berechnungsergebnisse

Auslastung - Tragsicherheit

Nr	Kranüberfahrt	Querschnitt	Lokale Lasteinleitung	Stegbeulen
1	LG 1: Qc+Qh+HT - STR P/T	1.00	0.56	0.78
2	LG 5: Qc+Qh+HS - STR P/T	0.93	0.50	0.70

Auslastung - Gebrauchstauglichkeit

Nr	Kranüberfahrt	Verformungsnachweis Y			Verformungsnachweis Z		
		$v_{\max}$ [cm]	$\delta_{\lim}$ [cm]	η	$w_{\max}$ [cm]	$\delta_{\lim}$ [cm]	η
3	LG 12: Qc+Qh+HT - SERV	0.01	4.00	0.00	1.60	4.00	0.40
4	LG 13: Qc+Qh+HS - SERV	0.01	4.00	0.00	1.60	4.00	0.40

Nr	Kranüberfahrt	Stegblechatmen	Unterflanschschwingung
3	LG 12: Qc+Qh+HT - SERV	0.58	0.12
4	LG 13: Qc+Qh+HS - SERV	0.58	0.12

Auslastung - Ermüdung

Nr	Kranüberfahrt	Querschnitt	Lokale Lastenleitung
5	LG 14: Qc+Qh - FAT	0.46	1.59!

x	Nr.		λ_σ λ_τ	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\tau_c$	$\sigma_{\max}$ $\tau_{\max}$	$\sigma_{\min}$ $\tau_{\min}$	$\Delta\sigma_{E,2}$ $\Delta\tau_{E,2}$	η_σ η_τ	η_I
[m]					[N/mm ²]				
4.62	8	σ τ	0.397 0.575	100.0 80.0	103.3 4.6	6.7 -9.9	38.3 8.3	0.38 0.10	0.06

N_c : Querschnitts-/Kerbfallpunkt
 λ_σ : Schadensäquivalenzfaktor
 $\Delta\sigma_c$: konstante Spannungsschwingbreite Kerbfall
 $\sigma_{\max}$: maximale Normalspannung
 $\sigma_{\min}$: minimale Normalspannung
 $\Delta\sigma_{E,2}$: schadensäquivalente Spannungsschwingbreite $= \lambda(\sigma_{\max} - \sigma_{\min})$
 η_σ : $\eta_\sigma = \psi_1 \cdot \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{M,2})$
 λ_τ : Schadensäquivalenzfaktor
 $\Delta\tau_c$: konstante Spannungsschwingbreite Kerbfall
 $\tau_{\max}$: maximale Schubspannung
 $\tau_{\min}$: minimale Schubspannung
 $\Delta\tau_{E,2}$: schadensäquivalente Spannungsschwingbreite $= \lambda(\tau_{\max} - \tau_{\min})$
 η_τ : $\eta_\tau = \psi_1 \cdot \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{M,2})$
 η_I : Interaktion $(\eta_\sigma)^2 + (\eta_\tau)^2$

Lokale Radlasteinleitung am Obergurt bei x = 0.12 m

$$\eta = 1.32 > 1 \text{ ! Nachweis nicht erfüllt!}$$

Kranschiene :	Höhe	$h_{\text{eff}} = 81$	mm	Obergurt :	Breite	$b_{\text{eff}} = 306$	mm
	Breite	$b_r = 200$	mm		Dicke	$t_o = 25$	mm
Querschnitt :	Fläche	$A_{\text{eff}} = 144.4$	cm ²	I_y effektiv :	gesamt	$I_r = 88585.5$	cm ⁴
	Schwerpunkt	$e_1 = 495$	mm		Kranschiene	$I_r = 451.3$	cm ⁴
	Stegdick	$t_w = 12$	mm		Obergurt	$I_{\text{eff}} = 39.8$	cm ⁴
Lastausbreitungslänge :	effektiv	$l_{\text{eff}} = 241$	mm				
	gesamt	$x_w = 251$	mm	Unterkante	Obergurt	$z = 5$	mm

Werte für die Ermittlung der Spannungen infolge exzentrischer Radlast

Querstreifen	Abstand	$a = 12.00$	m	Exzentrizität	Radlast	$e_y = 19$	mm
	Steghöhe	$h_w = 850$	mm	Flansch/Kranschiene		$I_t = 471.4$	cm ⁴
Beiwert	η	$\eta = 3.35$					
	T_{Ed}	$T_{Ed} = 3.25$	kNm		σ_{TEd}	$\sigma_{TEd} = 37.7$	N/mm ²

x	$Q_{y,Ed}$		λ_σ	$\Delta\sigma_c$	$\sigma_{\max}$	$\sigma_{\min}$	$\Delta\sigma_{E,2}$	η_σ	λ_τ	$\Delta\tau_c$	$\tau_{\max}$	$\tau_{\min}$	$\Delta\tau_{E,2}$	η_τ
[m]	[kN]				[N/mm ²]						[N/mm ²]			
0.12	173.4	z	0.500	36.0	95.2	0.0	47.6	1.32	0.660	80.0	5.9	-12.9	27.6	0.34
		x	0.500	100.0	-4.4	-68.3	31.9	0.32						
11.88	173.4	z	0.500	36.0	95.2	0.0	47.6	1.32	0.660	80.0	5.9	-12.9	27.6	0.34
		x	0.500	100.0	-4.4	-68.3	31.9	0.32						

 $Q_{y,Ed}$: Bemessungswert der Radlast einschließlich Schwingbeiwert

Zusammenfassung aller Berechnungsergebnisse

Auslastung - Tragsicherheit

Nr	Kranüberfahrt	Querschnitt	Lokale Lasteinleitung	Stegbeulen
1	LG 1: Qc+Qh+HT - STR P/T	0.85	0.47	0.66
2	LG 5: Qc+Qh+HS - STR P/T	0.78	0.42	0.59

Auslastung - Gebrauchstauglichkeit

Nr	Kranüberfahrt	Verformungsnachweis Y			Verformungsnachweis Z		
		$v_{\max}$	$\delta_{\lim}$	η	$w_{\max}$	$\delta_{\lim}$	η
		[cm]	[cm]		[cm]	[cm]	
3	LG 12: Qc+Qh+HT - SERV	0.01	4.00	0.00	1.35	4.00	0.34
4	LG 13: Qc+Qh+HS - SERV	0.01	4.00	0.00	1.35	4.00	0.34

Nr	Kranüberfahrt	Stegblechatmen	Unterflanschschwingung
3	LG 12: Qc+Qh+HT - SERV	0.58	0.12
4	LG 13: Qc+Qh+HS - SERV	0.58	0.12

Auslastung - Ermüdung

Nr	Kranüberfahrt	Querschnitt	Lokale Lasteinleitung
5	LG 14: Qc+Qh - FAT	0.38	1.32!

x [m]	V _{z,Ed} [kN]	M _{y,Ed} [kNm]	V _{y,Ed} [kN]	M _{x,Ed} [kNm]	M _{tp} [kNm]	M _{ts} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]	M _{u,Ed} [kNcm ²]
12.00	-245.6 -15.3	0.00 0.00	0.0 0.03	0.00 0.00	0.004 0.06	0.13 1.69	0.13 1.75	0.0 0.0

Ermüdungsnachweis am QuerschnittQuerschnittspunkt 8 Kerbfall σ_x 100 σ_y 36 τ_{xz} 80 bei x = 4.62 m $\eta = 0.33 < 1$ Nachweis erfüllt

x [m]	Nr.		λ_σ λ_τ	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\tau_c$	σ_{max} τ_{max}	σ_{min} τ_{min}	$\Delta\sigma_{E,2}$ $\Delta\tau_{E,2}$	η_σ η_τ	η_I
				[N/mm ²]					
4.62	8	σ τ	0.397 0.575	100.0 80.0	90.6 4.0	6.7 -8.4	33.3 7.2	0.33 0.09	0.04

N_c : Querschnitts-/Kerbfallpunkt
 λ_σ : Schadensäquivalenzfaktor
 $\Delta\sigma_c$: konstante Spannungsschwingbreite Kerbfall
 σ_{max} : maximale Normalspannung
 σ_{min} : minimale Normalspannung
 $\Delta\sigma_{E,2}$: schadensäquivalente Spannungsschwingbreite $= \lambda(\sigma_{max} - \sigma_{min})$
 η_σ : $\eta_\sigma = \gamma_S \cdot \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{M,2})$
 λ_τ : Schadensäquivalenzfaktor
 $\Delta\tau_c$: konstante Spannungsschwingbreite Kerbfall
 τ_{max} : maximale Schubspannung
 τ_{min} : minimale Schubspannung
 $\Delta\tau_{E,2}$: schadensäquivalente Spannungsschwingbreite $= \lambda(\tau_{max} - \tau_{min})$
 η_τ : $\eta_\tau = \gamma_S \cdot \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{M,2})$
 η_I : Interaktion $(\eta_\sigma)^2 + (\eta_\tau)^2$

Lokale Radlasteinleitung am Obergurt bei x = 0.12 m $\eta = 1.15 > 1$ Nachweis nicht erfüllt!

Kranschiene :	Höhe	$h_{eff} = 81$	mm	Obergurt :	Breite	$b_{eff} = 306$	mm
	Breite	$b_r = 200$	mm		Dicke	$t_o = 25$	mm
Querschnitt :	Fläche	$A_{eff} = 144.4$	cm ²	I_y effektiv :	gesamt	$I_r = 88585.5$	cm ⁴
	Schwerpunkt	$e_1 = 495$	mm	Kranschiene	$I_r = 451.3$	cm ⁴	
	Stegdick	$t_w = 12$	mm	Obergurt	$I_{eff} = 39.8$	cm ⁴	
Lastausbreitungslänge :	effektiv	$l_{eff} = 241$	mm				
	gesamt	$x_w = 251$	mm	Unterkante	Obergurt	$z = 5$	mm

Werte für die Ermittlung der Spannungen infolge exzentrischer Radlast

Querstreifen	Abstand	$a = 12.00$	m	Exzentrizität	Radlast	$e_y = 19$	mm
	Steghöhe	$h_w = 850$	mm	Flansch/Kranschiene	$I_t = 471.4$	cm ⁴	
Beiwert	η	$\eta = 3.35$					
	T_{Ed}	$T_{Ed} = 2.82$	kNm		$\sigma_{TEd} = 32.7$	N/mm ²	

x [m]	Q _{y,Ed} [kN]		λ _σ	Δσ _c	σ _{max}	σ _{min}	Δσ _{E,2}	η _σ	λ _τ	Δτ _c	τ _{max}	τ _{min}	Δτ _{E,2}	η _τ
				[N/mm ²]			[N/mm ²]							
0.12	150.7	z	0.500	36.0	82.7	0.0	41.3	1.15	0.660	80.0	5.1	-11.2	24.0	0.30
		x	0.500	100.0	-4.4	-59.9	27.7	0.28						
11.88	150.7	z	0.500	36.0	82.7	0.0	41.3	1.15	0.660	80.0	5.1	-11.2	24.0	0.30
		x	0.500	100.0	-4.4	-59.9	27.7	0.28						

Q_{Ed} : Bemessungswert der Radlast einschließlich Schwingbeiwert

Zusammenfassung aller Berechnungsergebnisse**Auslastung - Tragsicherheit**

Nr	Kranüberfahrt	Querschnitt	Lokale Lasteinleitung	Stegbeulen
1	LG 1: Qc+Qh+HT - STR P/T	0.74	0.41	0.58
2	LG 5: Qc+Qh+HS - STR P/T	0.69	0.37	0.52

Auslastung - Gebrauchstauglichkeit

Nr	Kranüberfahrt	Verformungsnachweis Y			Verformungsnachweis Z		
		v_{max} [cm]	δ_{lim} [cm]	η	w_{max} [cm]	δ_{lim} [cm]	η
3	LG 12: Qc+Qh+HT - SERV	0.01	4.00	0.00	1.19	4.00	0.30
4	LG 13: Qc+Qh+HS - SERV	0.01	4.00	0.00	1.19	4.00	0.30

x [m]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	M_{tp} [kNm]	M_{ts} [kNm]	$M_{t,Ed}$ [kNm]	$M_{w,Ed}$ [kNcm ²]
10.62	2.2	251.57	0.0	0.00	-0.01	1.40	1.40	-362.8
	-166.1	18.74	-0.04	-0.02	-0.06	0.14	0.08	-7151.2
	1.9	235.62	0.0	0.00	-0.01	1.18	1.17	-652.1
	-168.4	18.74	-0.04	-0.02	-0.06	0.14	0.08	-7151.2
	0.8	235.62	0.0	0.00	-0.01	1.18	1.17	-652.1
10.85	-171.3	15.96	-0.01	-0.03	-0.04	0.10	0.06	-8828.7
	-0.9	202.01	0.0	0.00	-0.003	0.84	0.84	-813.5
11.08	-176.4	13.04	0.0	-0.03	-0.01	0.06	0.05	-8989.7
	-3.8	166.03	0.02	0.00	-0.001	0.66	0.66	-829.3
11.19	-179.0	11.53	0.0	-0.02	-0.002	0.05	0.05	-8582.3
	-5.2	147.22	0.03	0.00	0.001	0.62	0.62	-791.3
11.31	-181.5	9.98	0.0	-0.02	0.001	0.05	0.05	-7892.5
	-6.7	127.85	0.03	0.00	0.01	0.61	0.62	-727.3
11.42	-184.1	8.40	0.0	-0.02	0.002	0.05	0.05	-6962.0
	-8.1	107.92	0.03	0.00	0.02	0.64	0.66	-640.9
12.00	-196.9	0.00	0.0	0.00	0.004	0.13	0.13	0.0
	-15.3	0.00	0.02	0.00	0.05	1.36	1.41	0.0

Ermüdungsnachweis am Querschnitt

Querschnittspunkt 8 Kerbfall σ_x 100 σ_y 36 τ_{xz} 80 bei $x = 4.62$ m $\eta = 0.26 \leq 1$ Nachweis erfüllt

x [m]	Nr.		λ_σ λ_τ	$\Delta\sigma$ $\Delta\tau$	σ_{max} τ_{max}	σ_{min} τ_{min}	$\Delta\sigma_{E,2}$ $\Delta\tau_{E,2}$	η_σ η_τ	η_I
					[N/mm ²]				
4.62	8	σ τ	0.397 0.575	100.0 80.0	72.9 3.1	6.7 -6.7	26.3 5.7	0.26 0.07	0.02

N_c : Querschnitts-/Kerbfallpunkt
 λ_σ : Schadensäquivalenzfaktor
 $\Delta\sigma$: konstante Spannungsschwingbreite Kerbfall
 σ_{max} : maximale Normalspannung
 σ_{min} : minimale Normalspannung
 $\Delta\sigma_{E,2}$: schadensäquivalente Spannungsschwingbreite $= \lambda(\sigma_{max} - \sigma_{min})$
 η_σ : $= \psi_1 \cdot \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \psi_{m,f})$
 λ_τ : Schadensäquivalenzfaktor
 $\Delta\tau$: konstante Spannungsschwingbreite Kerbfall
 τ_{max} : maximale Schubspannung
 τ_{min} : minimale Schubspannung
 $\Delta\tau_{E,2}$: schadensäquivalente Spannungsschwingbreite $= \lambda(\tau_{max} - \tau_{min})$
 η_τ : $= \psi_1 \cdot \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \psi_{m,f})$
 η_I : Interaktion $(\eta_\sigma)^3 + (\eta_\tau)^3$

Lokale Radlasteinleitung am Obergurt bei $x = 0.12$ m $\eta = 0.91 \leq 1$ Nachweis erfüllt

Kranschiene :	Höhe	$h_{eff} = 81$	mm	Obergurt :	Breite	$b_{eff} = 306$	mm
	Breite	$b_f = 200$	mm		Dicke	$t_o = 25$	mm
Querschnitt :	Fläche	$A_{eff} = 144.4$	cm ²	I_y effektiv :	gesamt	$I_{rf} = 88585.5$	cm ⁴
	Schwerpunkt	$e_1 = 495$	mm	Kranschiene	$I_r = 451.3$		cm ⁴
	Stegdicke	$t_w = 12$	mm	Obergurt	$I_{t,eff} = 39.8$		cm ⁴
Lastausbreitungslänge :	effektiv	$l_{eff} = 241$	mm	Unterkante			
	gesamt	$x_w = 251$	mm	Obergurt	$z = 5$		mm

Werte für die Ermittlung der Spannungen infolge exzentrischer Radlast

Querstreifen	Abstand	$a = 12.00$	m	Exzentrizität	Radlast	$e_y = 19$	mm
	Steghöhe	$h_w = 850$	mm	Flansch/Kranschiene	$I_t = 471.4$		cm ⁴
Beiwert		$\eta = 3.35$					
		$T_{Ed} = 2.23$	kNm		$\sigma_{Ed} = 25.8$		N/mm ²

x [m]	Q _{y,Ed} [kN]		λ _σ	Δσ _c	σ _{max}	σ _{min}	Δσ _{E,2}	η _σ	λ _τ	Δτ _c	τ _{max}	τ _{min}	Δτ _{E,2}	η _τ
				[N/mm ²]						[N/mm ²]				
0.12	118.8	z	0.500	36.0	65.2	0.0	32.6	0.91	0.660	80.0	-1.4	-17.7	21.1	0.26
11.88	118.8	z	0.500	36.0	65.2	0.0	32.6	0.91	0.660	80.0	-1.4	-17.7	21.1	0.26

Q_{y,Ed} : Bemessungswert der Radlast einschließlich Schwingbeiwert

x [m]	V _{z,Ed} [kN]	M _{y,Ed} [kNm]	V _{y,Ed} [kN]	M _{z,Ed} [kNm]	M _{tp} [kNm]	M _{ts} [kNm]	M _{t,Ed} [kNm]	M _{w,Ed} [kNcm ²]
10.62	0.7	224.98	0.0	0.00	-0.01	1.26	1.25	-379.1
	-148.4	18.74	-0.03	-0.02	-0.05	0.14	0.08	-6416.4
	0.4	210.70	0.0	0.00	-0.01	1.05	1.05	-652.1
	-150.4	18.74	-0.03	-0.02	-0.05	0.14	0.08	-6416.4
	-0.6	210.70	0.0	0.00	-0.01	1.05	1.05	-652.1
10.85	-153.0	15.96	-0.01	-0.02	-0.03	0.10	0.06	-7921.0
	-2.2	180.63	0.0	0.00	-0.003	0.76	0.75	-813.5
11.08	-157.7	13.04	0.0	-0.02	-0.01	0.06	0.05	-8064.4
	-4.9	148.46	0.02	0.00	-0.001	0.59	0.59	-829.3
11.19	-159.9	11.53	0.0	-0.02	-0.001	0.05	0.05	-7698.3
	-6.2	131.63	0.02	0.00	0.001	0.56	0.56	-791.3
11.31	-162.2	9.98	0.0	-0.02	0.001	0.05	0.05	-7078.9
	-7.5	114.31	0.03	0.00	0.01	0.55	0.56	-727.3
11.42	-164.5	8.40	0.0	-0.01	0.002	0.05	0.05	-6243.7
	-8.8	96.49	0.03	0.00	0.02	0.57	0.59	-640.9
12.00	-176.1	0.00	0.0	0.00	0.004	0.13	0.13	0.0
	-15.3	0.00	0.01	0.00	0.04	1.22	1.26	0.0

Ermüdungsnachweis am Querschnitt

Querschnittspunkt 8 Kerbfall σ_x 100 σ_y 36 τ_{xz} 80 bei x = 4.62 m $\eta = 0.23 < 1$ Nachweis erfüllt

x [m]	Nr.		λ_σ λ_τ	$\Delta\sigma$ $\Delta\tau$	$\sigma_{\max}$ $\tau_{\max}$	$\sigma_{\min}$ $\tau_{\min}$	$\Delta\sigma_{E,2}$ $\Delta\tau_{E,2}$	η_σ η_τ	η_I
					[N/mm ²]				
4.62	8	σ	0.397	100.0	65.3	6.7	23.2	0.23	
		τ	0.575	80.0	2.8	-6.0	5.0	0.06	0.01

Nr. : Querschnitts-/Kerbfallpunkt
 λ_σ : Schadensäquivalenzfaktor
 $\Delta\sigma$: konstante Spannungsschwingbreite Kerbfall
 $\sigma_{\max}$: maximale Normalspannung
 $\sigma_{\min}$: minimale Normalspannung
 $\Delta\sigma_{E,2}$: schadensäquivalente Spannungsschwingbreite $= \lambda(\sigma_{\max} - \sigma_{\min})$
 η_σ : $\eta_{\sigma E,2} = \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_{E,2} / \eta_{\sigma E,2})$
 λ_τ : Schadensäquivalenzfaktor
 $\Delta\tau$: konstante Spannungsschwingbreite Kerbfall
 $\tau_{\max}$: maximale Schubspannung
 $\tau_{\min}$: minimale Schubspannung
 $\Delta\tau_{E,2}$: schadensäquivalente Spannungsschwingbreite $= \lambda(\tau_{\max} - \tau_{\min})$
 η_τ : $\eta_{\tau E,2} = \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_{E,2} / \eta_{\tau E,2})$
 η_I : Interaktion $(\eta_\sigma)^2 + (\eta_\tau)^2$

Lokale Radlasteinleitung am Obergurt bei x = 0.12 m

 $\eta = 0.80 < 1$ Nachweis erfüllt

Kranschiene :	Höhe	$h_{eff} = 81$	mm	Obergurt :	Breite	$b_{eff} = 306$	mm
	Breite	$b_f = 200$	mm		Dicke	$t_o = 25$	mm
Querschnitt :	Fläche	$A_{eff} = 144.4$	cm ²	I_y effektiv :	gesamt	$I_{rf} = 88585.5$	cm ⁴
	Schwerpunkt	$e_1 = 495$	mm		Kranschiene	$I_r = 451.3$	cm ⁴
	Stegdick	$t_w = 12$	mm		Obergurt	$I_{eff} = 39.8$	cm ⁴
Lastausbreitungslänge :	effektiv	$l_{eff} = 241$	mm				
	gesamt	$x_w = 251$	mm	Unterkante	Obergurt	$z = 5$	mm

Werte für die Ermittlung der Spannungen infolge exzentrischer Radlast

Querstreifen	Abstand	$a = 12.00$	m	Exzentrizität	Radlast	$e_y = 19$	mm
	Steghöhe	$h_w = 850$	mm	Flansch/Kranschiene		$I_t = 471.4$	cm ⁴
Beiwert		$\eta = 3.35$					
		$T_{Ed} = 1.97$	kNm			$\sigma_{TEd} = 22.8$	N/mm ²

x [m]	Q _{r,Ed} [kN]		λ _σ	Δσ _c	σ _{max}	σ _{min}	Δσ _{E,2}	η _σ	λ _τ	Δτ _c	τ _{max}	τ _{min}	Δτ _{E,2}	η _τ
				[N/mm ²]			[N/mm ²]							
0.12	105.2	z	0.500	36.0	57.7	0.0	28.9	0.80	0.660	80.0	-1.4	-15.8	18.7	0.23
11.88	105.2	z	0.500	36.0	57.7	0.0	28.9	0.80	0.660	80.0	-1.4	-15.8	18.7	0.23

Q_{r,Ed} : Bemessungswert der Radlast einschließlich Schwingbeiwert

x [m]	V _{z,Ed} [kN]	M _{y,Ed} [kNm]	V _{y,Ed} [kN]	M _{x,Ed} [kNm]	M _{tp} [kNm]	M _{ts} [kNm]	M _{t,Ed} [kNm]	M _{u,Ed} [kNcm ²]
12.00	-141.4 -15.3	0.00 0.00	0.0 0.01	0.00 0.00	0.004 0.03	0.13 0.99	0.13 1.02	0.0 0.0

Ermüdungsnachweis am QuerschnittQuerschnittspunkt 8 Kerbfall σ_x 100 σ_y 36 τ_{xz} 80 bei x = 4.62 m $\eta = 0.18 \leq 1$ Nachweis erfüllt

x [m]	Nr.		λ_σ λ_τ	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\tau_c$	σ_{max} τ_{max}	σ_{min} τ_{min}	$\Delta\sigma_{E,2}$ $\Delta\tau_{E,2}$	η_σ η_τ	η_I
				[N/mm ²]					
4.62	8	σ τ	0.397 0.575	100.0 80.0	52.6 2.1	6.7 -4.9	18.2 4.0	0.18 0.05	0.01

Nr. : Querschnitts-/Kerbfallpunkt
 λ_σ : Schadensäquivalenzfaktor
 $\Delta\sigma_c$: konstante Spannungsschwingbreite Kerbfall
 σ_{max} : maximale Normalspannung
 σ_{min} : minimale Normalspannung
 $\Delta\sigma_{E,2}$: schadensäquivalente Spannungsschwingbreite = $\lambda(\sigma_{max} - \sigma_{min})$
 η_σ : $\eta_\sigma = \gamma_{Sf} \cdot \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{mf})$
 λ_τ : Schadensäquivalenzfaktor
 $\Delta\tau_c$: konstante Spannungsschwingbreite Kerbfall
 τ_{max} : maximale Schubspannung
 τ_{min} : minimale Schubspannung
 $\Delta\tau_{E,2}$: schadensäquivalente Spannungsschwingbreite = $\lambda(\tau_{max} - \tau_{min})$
 η_τ : $\eta_\tau = \gamma_{Sf} \cdot \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{mf})$
 η_I : Interaktion $(\eta_\sigma)^2 + (\eta_\tau)^2$

Lokale Radlasteinleitung am Obergurt bei x = 0.12 m $\eta = 0.63 \leq 1$ Nachweis erfüllt

Kranschiene :	Höhe	$h_{eff} = 81$	mm	Obergurt :	Breite	$b_{eff} = 306$	mm
	Breite	$b_r = 200$	mm		Dicke	$t_o = 25$	mm
Querschnitt :	Fläche	$A_{eff} = 144.4$	cm ²	I_y effektiv :	gesamt	$I_r = 88585.5$	cm ⁴
	Schwerpunkt	$e_1 = 495$	mm		Kranschiene	$I_r = 451.3$	cm ⁴
	Stegdick	$t_w = 12$	mm		Obergurt	$I_{r,eff} = 39.8$	cm ⁴
Lastausbreitungslänge :	effektiv	$l_{eff} = 241$	mm				
	gesamt	$x_w = 251$	mm	Unterkante	Obergurt	$z = 5$	mm

Werte für die Ermittlung der Spannungen infolge exzentrischer Radlast

Querstreifen	Abstand	$a = 12.00$	m	Exzentrizität	Radlast	$e_y = 19$	mm
	Steghöhe	$h_w = 850$	mm	Flansch/Kranschiene		$I_t = 471.4$	cm ⁴
Beiwert		$\eta = 3.35$					
		$T_{Ed} = 1.55$	kNm			$\sigma_{TED} = 17.9$	N/mm ²

x [m]	Q _{r,Ed} [kN]		λ_σ	$\Delta\sigma_c$	σ_{max} τ_{max}	σ_{min} τ_{min}	$\Delta\sigma_{E,2}$	η_σ	λ_τ	$\Delta\tau_c$	τ_{max} τ_{min}	$\Delta\tau_{E,2}$	η_τ
					[N/mm ²]						[N/mm ²]		
0.12	82.5	z	0.500	36.0	45.3	0.0	22.6	0.63	0.660	80.0	-1.4	-12.7	14.7
11.88	82.5	z	0.500	36.0	45.3	0.0	22.6	0.63	0.660	80.0	-1.4	-12.7	14.7

Q_{r,Ed} : Bemessungswert der Radlast einschließlich Schwingbeiwert

Zusammenfassung aller Berechnungsergebnisse**Auslastung - Tragsicherheit**

Nr	Kranüberfahrt	Querschnitt	Lokale Lasteinleitung	Stegbeulen
1	LG 1: Qc+Qh+HT - STR P/T	0.43	0.23	0.33
2	LG 5: Qc+Qh+HS - STR P/T	0.41	0.21	0.30

Auslastung - Gebrauchstauglichkeit

Nr	Kranüberfahrt	Verformungsnachweis Y			Verformungsnachweis Z		
		V _{max} [cm]	δ_{lim} [cm]	η	W _{max} [cm]	δ_{lim} [cm]	η
3	LG 12: Qc+Qh+HT - SERV	0.00	4.00	-	0.70	4.00	0.18
4	LG 13: Qc+Qh+HS - SERV	0.00	4.00	0.00	0.70	4.00	0.18

Ermittlung $\sigma_{x||}$ Normalspannungen global

Am Punkt 17/7 des Querschnittes entspricht Schweißnäht zwischen Oberflansch und Steg.

$$I_y = 330000 \text{ cm}^4$$

$$y_o = 36,3 \text{ cm} - 2,5 \text{ cm} = 33,8 \text{ cm}$$

32t LG 1

$$M_{y,Ed} = 1131 \text{ kNm} \quad \gamma = 1,35$$

$$M_k = \frac{1131 \text{ kNm}}{1,35} = 838 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{max} = \frac{83800 \text{ kNcm} \cdot 33,8 \text{ cm} \cdot 10}{330000} = 85,8 \text{ N/mm}^2$$

20t LG 1

$$M_{y,Ed} = 940 \text{ kNm} \quad \gamma = 1,35$$

$$M_k = \frac{940 \text{ kNm}}{1,35} = 696 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{max} = \frac{69600 \text{ kNcm} \cdot 33,8 \text{ cm} \cdot 10}{330000} = 71,7 \text{ N/mm}^2$$

15t LG 1

$$M_{y,Ed} = 832 \text{ kNm} \quad \gamma = 1,35$$

$$M_k = \frac{832 \text{ kNm}}{1,35} = 616 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{max} = \frac{61600 \text{ kNcm} \cdot 33,8 \text{ cm} \cdot 10}{330000} = 63,1 \text{ N/mm}^2$$

8t LG 1

$$M_{y,Ed} = 667kNm \quad \gamma = 1,35$$

$$M_k = \frac{667kNm}{1,35} = 494kNm$$

$$\sigma_{max} = \frac{49400kNcm \cdot 33,8cm \cdot 10}{330000} = 50,6N/mm^2$$

5t LG 1

$$M_{y,Ed} = 596kNm \quad \gamma = 1,35$$

$$M_k = \frac{596kNm}{1,35} = 442kNm$$

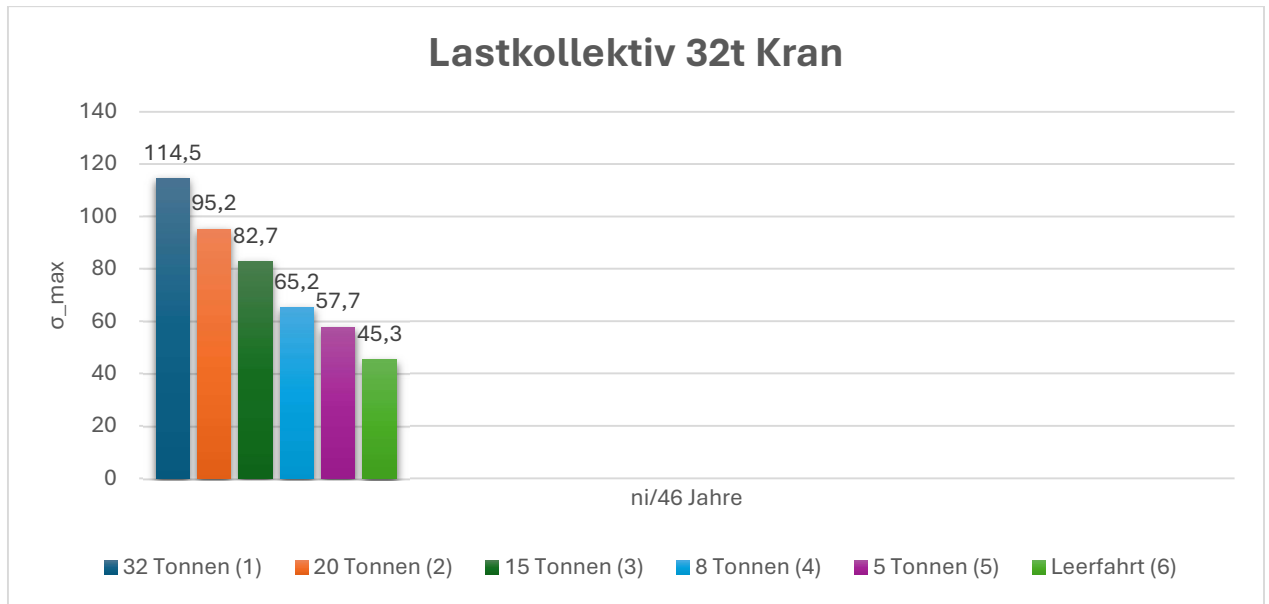
$$\sigma_{max} = \frac{44200kNcm \cdot 33,8cm \cdot 10}{330000} = 45,3N/mm^2$$

Leerfahrt LG 1

$$M_{y,Ed} = 477kNm \quad \gamma = 1,35$$

$$M_k = \frac{477kNm}{1,35} = 354kNm$$

$$\sigma_{max} = \frac{35400kNcm \cdot 33,8cm \cdot 10}{330000} = 36,2N/mm^2$$



Dauerfestigkeit

$$\Delta\sigma_D = \left(2 \cdot 10^6 \cdot 40^3 / 5 \cdot 10^6 \right)^{1/3} = 29,47 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{K } 40)$$

Schwellfestigkeit

$$\Delta\sigma_L = \left(5 \cdot 10^6 \cdot 29,47^5 / 10^8 \right)^{1/5} = 16,18 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\max} 1 - 6 > \Delta\sigma_D = 29,47 \text{ N/mm}^2 \quad m_{1-6} = 3$$

Alle Lastspiele bewirken eine Ermüdung.

Lokale Radlasteinträge

Zulässige Lastspielzahlen	Vorhandende Lastspiele
$N1 = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{29,47 \text{ N/mm}^2}{114,5 \text{ N/mm}^2} \right)^3 = 85249,91$	$n1 = 3795$
$N2 = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{29,47 \text{ N/mm}^2}{95,2 \text{ N/mm}^2} \right)^3 = 148319,95$	$n2 = 2530$
$N3 = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{29,47 \text{ N/mm}^2}{82,7 \text{ N/mm}^2} \right)^3 = 226252,76$	$n3 = 5060$
$N4 = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{29,47 \text{ N/mm}^2}{65,2 \text{ N/mm}^2} \right)^3 = 461708,24$	$n4 = 2530$
$N5 = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{29,47 \text{ N/mm}^2}{57,7 \text{ N/mm}^2} \right)^3 = 666166,78$	$n5 = 5060$
$N6 = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{29,47 \text{ N/mm}^2}{45,3 \text{ N/mm}^2} \right)^3 = 1.370000$	$n6 = 6325$

Schädigung in 46 Jahren

$$\sum D_{d,46} = \sum \frac{ni}{Ni}$$

$$1 = \frac{3795}{85249,91} = 0,0445$$

$$2 = \frac{2530}{148319,95} = 0,017$$

$$3 = \frac{5060}{226252,76} = 0,0224$$

$$4 = \frac{2530}{461708,24} = 0,0055$$

$$5 = \frac{5060}{666166,78} = 0,00766$$

$$6 = \frac{6325}{1370000} = 0,0461$$

$$\sum D_{d,46} = 0,102$$

$$D_{d,Jahr} = \frac{0,102}{46} = 0,00222$$

2-fach da zwei Räder

$$D_{d,Jahr} = 0,00222 \cdot 2 = 0,0044$$

Laufzeit Kran

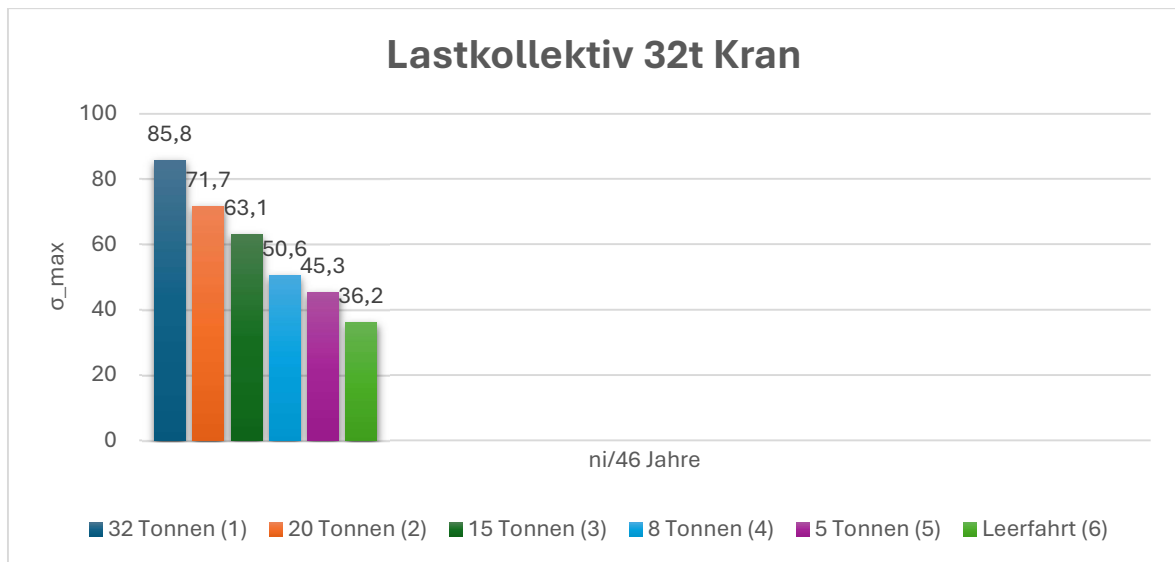
Einschichtbetrieb 1977 – 2023 = 46 Jahre

Einschichtbetrieb 2023 – 2090 = 67 Jahre

Gesamtlaufzeit Plan = 113 Jahre

Schädigung in 113 Jahren

$$\sum D_{d,113} = 113 \cdot 0,0044 = 0,50 < 1,0 \quad \text{entspricht einer Schädigung von 50\%}$$



Dauerfestigkeit

$$\Delta\sigma_D = \left(2 \cdot 10^6 \cdot 100^3 / 5 \cdot 10^6 \right)^{1/3} = 73,68 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{K } 100)$$

Schwellfestigkeit

$$\Delta\sigma_L = \left(5 \cdot 10^6 \cdot 73,68^5 / 10^8 \right)^{1/5} = 40,47 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{max} \quad 1 > \Delta\sigma_D = 73,68 \text{ N/mm}^2 \quad m_1 = 3$$

$$\sigma_{max} \quad 2 - 6 < \Delta\sigma_D = 73,68 \text{ N/mm}^2 \quad m_{2-6} = 5$$

Alle Lastspiele bewirken eine Ermüdung.

Globale Spannungen

Zulässige Lastspielzahlen	Vorhandende Lastspiele
$N1 = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{73,68 \text{ N/mm}^2}{85,8 \text{ N/mm}^2} \right)^3 = 3.166335,95$	$n1 = 3795$
$N2 = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{73,68 \text{ N/mm}^2}{71,7 \text{ N/mm}^2} \right)^5 = 5.730000$	$n2 = 2530$
$N3 = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{73,68 \text{ N/mm}^2}{60,3 \text{ N/mm}^2} \right)^5 = 13.610000$	$n3 = 5060$
$N4 = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{73,68 \text{ N/mm}^2}{50,6 \text{ N/mm}^2} \right)^5 = 32.730000$	$n4 = 2530$
$N5 = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{73,68 \text{ N/mm}^2}{45,3 \text{ N/mm}^2} \right)^5 = 56.910000$	$n5 = 5060$
$N6 = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{73,68 \text{ N/mm}^2}{36,2 \text{ N/mm}^2} \right)^5 = 174.600000$	$n6 = 6325$

Schädigung in 46 Jahren

$$\sum D_{d,46} = \sum \frac{n_i}{N_i}$$

$$1 = \frac{3795}{3.166335,95} = 1,2 \cdot 10^{-3}$$

$$2 = \frac{2530}{5.730000} = 0,4 \cdot 10^{-3}$$

$$3 = \frac{5060}{13.610000} = 0,37 \cdot 10^{-3}$$

$$4 = \frac{2530}{32.730000} = 0,07 \cdot 10^{-3}$$

$$5 = \frac{5060}{56.910000} = 0,089 \cdot 10^{-3}$$

$$6 = \frac{6325}{174.600000} = 0,036 \cdot 10^{-3}$$

$$\sum D_{d,46} = 2,16 \cdot 10^{-3}$$

$$D_{d,Jahr} = \frac{2,16 \cdot 10^{-3}}{46} = 0,047 \cdot 10^{-3}$$

Laufzeit Kran Einschichtbetrieb

Einschichtbetrieb 1977 – 2023 = 46 Jahre

Einschichtbetrieb 2023 – 2090 = 67 Jahre

Gesamtlaufzeit Plan = 113 Jahre

Gesamtschädigung in 113 Jahren

$$\sum D_{d,113} = 113 \cdot 0,047 \cdot 10^{-3} = 0,005 < 1,0 \text{ entspricht einer Schädigung von 0,50\%}$$

Diese Schädigung ist offensichtlich unbedeutend!

Gesamtschädigung in 113 Jahren lokal + global

$$\sum D_{d,113} = 0,50 + 0,005 = 0,505 < 1,0 \text{ entspricht einer Schädigung von 51\%}$$

Eine Laufzeit über das Jahr 2090 hinaus ist möglich.

Laufzeit Kran Zweischichtbetrieb

Bewertet werden nur die lokalen Radlasteinträge bis zum Jahr 2025. Das entspricht 47 Jahre bisherige Laufzeit.

$$\sum D_{d,47} = 0,0044 \cdot 47 \text{Jahre} = 0,21$$

$$D_{d,\text{Jahr}} = 0,0044 \cdot 2 \text{Schichten} = 0,0089$$

Restlaufzeit

$$1 - 0,21 = 0,79 \quad \text{Reserve}$$

$$\frac{0,79}{0,0089} \approx 88 \text{Jahre}$$

Von 2024 + 88 Jahre = Jahr 2112 entspricht einer Schädigung von 100%.

Eine Laufzeit über das Jahr 2090 hinaus ist möglich.

Bewertung der Ergebnisse 32t / 8t Kran

Zu erwartende Lastspiele bis 2090

1977 – 2023 46 Jahre = 25.300 Lastspiele
Pro Jahr = 550 Lastspiele

1977 – 2090 113 Jahre = 550 * 113 = 62.150 Lastspiele

Einschichtbetrieb 2 Räder = 2 * 62.150 = 124.300 Spannungsspiele

Zweischichtbetrieb

1977 – 2024 46 + 1 Jahr = 25.300 + 550 = 25.850 Lastspiele

2 Räder = 51.700 Spannungsspiele

2024 – 2090 66 Jahre = 66 * 550 * 2 Räder * 2 Schichten =
145.200 Spannungsspiele

1977 – 2090 Spannungsspiele = 51.700 + 145.200 = 196.900
Einstufung in die BK; S3 ist richtig.
C = 125.000 bis 250.000 Spannungsspiele

Plausibilität nach DIN EN 1993-1-9

Für den Lastfall der maximalen Hublast von 32t mit der Einstufung in die BK S3 mit einem schadensäquivalenten Beiwert $\lambda = 0,397$ für den Querschnitt

$\lambda = 0,5$ für den lokalen Radlasteintrag 2 Räder wir nach EC Regelung die Sicherheit der Ermüdungsfestigkeit nicht gewährleistet $\eta = 1,59 > 1,0$.

Dieser Wert steht für eine Spannungsspielzahl $C = 250.000$. Tatsächlich beträgt die Spannungsspielzahl bis 2090 maximal 200.000. Bei einem Völligkeitsgrad $k_Q = 0,25$. Der tatsächliche schadensäquivalente Beiwert beträgt

$$\lambda = \sqrt[3]{\frac{200.000}{2.000.000}} \cdot 0,25 = 0,29.$$

Das ergibt eine Schädigung von $\frac{0,29 \cdot 114,5 N/mm^2}{40} = 0,83$

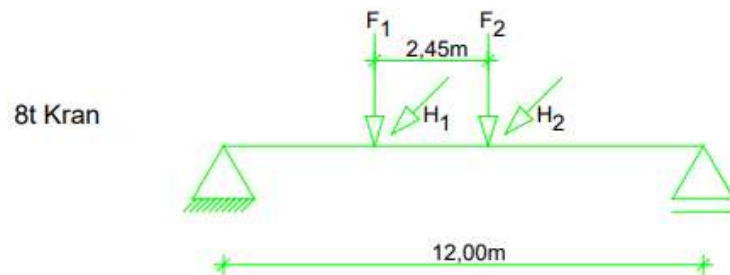
$D_{d,113} = 0,83^3 = 0,57$ entspricht einer Schädigung von 57%

Das bedeutet, die Kranbahn über das Jahr 2090 hinaus genutzt werden kann.

Die Palmgreen-Miner-Methode bestätigt das Ergebnis.

6.2.2 Kran 8t Pos. 2.2 Hallenschiff 2

Statisches System



Belastung

Die Radlasten F1 und F2 werden neu ermittelt. Ein Vergleich mit den Radlasten nach Anlage [8] ist nicht möglich. Siehe Anlage 11.

GZT nach Anlage 11

$1,35 \times (\text{Eigengewicht Kranträger}) + 1,35 \times (\text{Lastfall 1 – 4})$ nach Lastgruppe 1 und 5

Schnittgrößen Ermittlung;

Bemessung;

Spannungsermittlungen

- für globale Spannung im Kranbahnträger
- für lokale Spannungen Radlasteintragung
- Oberflansch – Steg – Schweißnaht
- Softwareprogramm Frilo Kranbahnträger

Stabilitätsnachweise

- Biegedrillknicken BDK [9]
- Beulnachweise Steg und Radlasteinwirkung

GZG nach Anlage 11

$1,0 \times (\text{Eigengewicht Kranträger}) + 1,0 \times (\text{Lastfall 1 – 4})$ nach Lastgruppe 12, 13

Gebrauchstauglichkeit	[12]
Grenzdurchbiegung	$l/500$

$$\sigma_z = 1200 : 500 = 2,4 \text{ cm}$$

GZE

1,0 x (Eigengewicht Kranträger) + 1,0 x (Lastfall 1 – 4) nach Lastgruppe 14

Ermüdungsfestigkeitsnachweise [10]

Eigengewicht des Kranbahnträgers kann vernachlässigt werden

Kein Einfluss auf die Spannungsschwingbreite, BK S3

➔ Kein zentrischer Lasteintragung

Nachweise: (Anlage 10)

- Kranbahnträger insbesondere Halskehlnach $a_w = 4,0$ mm zwischen Flasch und Steg
K100 – Kerbfall $\sigma_{x||}$
- Radlastpressung (lokale Spannungen)
K40 – Kerbfall $\sigma_{max\perp}$

Gesamtschädigung des Kranbahnträgers aus Hubwerk 8t, infolge $\sigma_{max\perp}$:

In Auswertung der Überlagerung der lokalen mit den globalen Spannungen des Kranes 32t/8t, kann der Einfluss der globalen Spannungen vernachlässigt werden.

Ermittlung Lastspiel:

Unter einem Lastspiel werden folgende Zeitabschnitte definiert:

- Lastaufnehmen Heben
 - Lasttransport
 - Die Rückfahrt des Krans in Parkposition
 - Leerfahrt ist ebenfalls ein Lastspiel (Eigenlast)
- Auf der Grundlage vom Auftraggeber bekanntgegebene Betriebszeiten der Krane werden Lastspielzahlen ermittelt, für ein Lastspiel werden 3 Minuten in Ansatz gebracht
 - Es werden repräsentative Lastkollektive gebildet

Neuer Ansatz

Gesamtschädigung des Kranbahnträgers aus Hubwerk 8t

Betriebsstunden $679h + 586h = 1256h$

Lastkollektive

Anzahl der Lastspiele

8t → $1256h:3min. \cdot 60 = \underline{25.300 \text{ Lastspiele}}$

8t-Hubwerk

1) 5 - 8t	40%	$25.300 = 10.120$	Lastspiele
2) 0 - 5t	35%	$25.300 = 8855$	Lastspiele
3) <u>Leerfahrt</u>	<u>25%</u>	<u>$25.300 = 6325$</u>	<u>Lastspiele</u>
	<u>100%</u>	<u>$= 25.300$</u>	<u>Lastspiele</u>

Ermüdungsfestigkeitsnachweise

Auszüge aus Anlage 11 σ_{max}

Laststufe 8t; e = 1,0m	Seite 21
Laststufe 5t; e = 1,0m	Seite 12
Laststufe Leerfahrt; e = 1,0m	Seite 11

x [m]	Q _{r,Ed} [kN]		λ _σ	Δσ _c	σ _{max}	σ _{min}	Δσ _{E,2}	η _σ	λ _τ	Δτ _c	τ _{max}	τ _{min}	Δτ _{E,2}	η _τ
				[N/mm ²]						[N/mm ²]				
0.12	56.1	z	0.500	36.0	97.7	0.0	48.9	1.36	0.660	80.0	8.5	-5.2	27.3	0.34
		x	0.500	100.0	-4.1	-46.7	21.3	0.21						
11.88	56.1	z	0.500	36.0	97.7	0.0	48.9	1.36	0.660	80.0	8.5	-5.2	27.3	0.34
		x	0.500	100.0	-4.1	-46.7	21.3	0.21						

Q_{r,Ed} : Bemessungswert der Radlast einschließlich Schwingbeiwert

Q_{r,Ed} : Bemessungswert der Radlast einschließlich Schwingbeiwert**Zusammenfassung aller Berechnungsergebnisse****Auslastung - Tragsicherheit**

Nr	Kranüberfahrt	Querschnitt	Lokale Lasteinleitung	Stegbeulen
1	LG 1: Q _c +Q _h +HT - STR P/T	0.67	0.54	0.46
2	LG 5: Q _c +Q _h +HS - STR P/T	0.77	0.48	0.41

Auslastung - Gebrauchstauglichkeit

Nr	Kranüberfahrt	Verformungsnachweis Y			Verformungsnachweis Z		
		v _{max} [cm]	δ _{lim} [cm]	η	w _{max} [cm]	δ _{lim} [cm]	η
3	LG 12: Q _c +Q _h +HT - SERV	0.64	2.00	0.32	0.87	2.40	0.36
4	LG 13: Q _c +Q _h +HS - SERV	1.97	2.00	0.98	0.87	2.40	0.36

Nr	Kranüberfahrt	Stegblechatmen	Unterflanschschwingung
3	LG 12: Q _c +Q _h +HT - SERV	0.90	0.80
4	LG 13: Q _c +Q _h +HS - SERV	0.90	0.80

Auslastung - Ermüdung

Nr	Kranüberfahrt	Querschnitt	Lokale Lasteinleitung
5	LG 14: Q _c +Q _h - FAT	0.27	1.36!

Kranfahrt 5: LG 14: Qc+Qh - FAT

Überlagerungsfaktoren

Nr.	Lastfall	LG	ϕ	γ	ψ	$\phi \cdot \gamma \cdot \psi$
1	Eigengewicht		1.00	1.00	1.00	1.00
2	Kran 1 - Kraneigengewicht Qc,max	14	1.05	1.00	1.00	1.05
3	Kran 1 - Kranbetrieb Qh,max	14	1.07	1.00	1.00	1.07

LG : Lastgruppe 14 Ermüdung (FAT)
 ϕ : Schwingbeiwert
 γ : Teilsicherheitsbeiwert
 ψ : Kombinationsbeiwert
 $\phi \cdot \gamma \cdot \psi$: Überlagerungsfaktor

Eingangswerte Ermüdungsnachweis

Teilsicherheitsbeiwerte

Teilsicherheitsfaktor für Widerstände $\gamma_{M,f} = 1.00$ Teilsicherheitsfaktor für Einwirkungen $\gamma_{F,f} = 1.00$

Ermüdungsnachweis am Querschnitt

Querschnittspunkt 18 Kerbfall σ_x 100 σ_y 36 τ_{xz} 80 bei $x = 6.63$ m $\eta = 0.19 \leq 1$ Nachweis erfüllt

x	Nr.		λ_σ λ_τ	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\tau_c$	$\sigma_{\max}$ $\tau_{\max}$	$\sigma_{\min}$ $\tau_{\min}$	$\Delta\sigma_{E,2}$ $\Delta\tau_{E,2}$	η_σ η_τ	η_I
[m]				[N/mm ²]					
6.63	18	σ τ	0.397 0.575	100.0 80.0	55.4 4.2	6.5 -2.9	19.4 4.1	0.19 0.05	0.01

Nr. : Querschnitts-/Kerbfallpunkt
 λ_σ : Schadensäquivalenzfaktor
 $\Delta\sigma_c$: konstante Spannungsschwingbreite Kerbfall
 $\sigma_{\max}$: maximale Normalspannung
 $\sigma_{\min}$: minimale Normalspannung
 $\Delta\sigma_{E,2}$: schadensäquivalente Spannungsschwingbreite $= \lambda(\sigma_{\max} - \sigma_{\min})$
 η_σ : $= \gamma_{F,f} \cdot \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{M,f})$
 λ_τ : Schadensäquivalenzfaktor
 $\Delta\tau_c$: konstante Spannungsschwingbreite Kerbfall
 $\tau_{\max}$: maximale Schubspannung
 $\tau_{\min}$: minimale Schubspannung
 $\Delta\tau_{E,2}$: schadensäquivalente Spannungsschwingbreite $= \lambda(\tau_{\max} - \tau_{\min})$
 η_τ : $= \gamma_{F,f} \cdot \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{M,f})$
 η_I : Interaktion $(\eta_\sigma)^3 + (\eta_\tau)^5$

Lokale Radlasteinleitung am Obergurt bei $x = 0.12$ m $\eta = 0.99 \leq 1$ Nachweis erfüllt

Kranschiene :	Höhe	$h_{eff} = 35$	mm	Obergurt :	Breite	$b_{eff} = 97$	mm
	Breite	$b_r = 50$	mm		Dicke	$t_o = 12$	mm
Querschnitt :	Fläche	$A_{eff} = 29.1$	cm ²	I_y effektiv :	gesamt	$I_{rf} = 57.9$	cm ⁴
	Schwerpunkt	$e_1 = 24$	mm		Kranschiene	$I_r = 17.9$	cm ⁴
	Stegdicke	$t_w = 8$	mm		Obergurt	$I_{f,eff} = 1.4$	cm ⁴
Lastausbreitungslänge :	effektiv	$l_{eff} = 94$	mm	Unterkante	Obergurt	$z = 4$	mm
	gesamt	$x_w = 102$	mm				

Werte für die Ermittlung der Spannungen infolge exzentrischer Radlast

Querstreifen	Abstand	$a = 6.00$	m	Exzentrizität	Radlast	$e_y = 13$	mm
	Steghöhe	$h_w = 876$	mm	Flansch/Kranschiene		$l_t = 54.5$	cm ⁴
Beiwert		$\eta = 2.66$					
		$T_{Ed} = 0.51$	kNm			$\sigma_{T,Ed} = 21.1$	N/mm ²

x	Q _{r,Ed}		λ _σ	Δσ _c	σ _{max}	σ _{min}	Δσ _{E,2}	η _σ	λ _τ	Δτ _c	τ _{max}	τ _{min}	Δτ _{E,2}	η _τ
[m]	[kN]				[N/mm ²]						[N/mm ²]			
0.12	41.0	z	0.500	36.0	71.5	0.0	35.7	0.99	0.660	80.0	-1.7	-12.7	20.5	0.26
11.88	41.0	z	0.500	36.0	71.5	0.0	35.7	0.99	0.660	80.0	-1.7	-12.7	20.5	0.26

Q_{r,Ed} : Bemessungswert der Radlast einschließlich Schwingbeiwert

x	Nr.		λ_σ	$\Delta\sigma_c$	$\sigma_{\max}$	$\sigma_{\min}$	$\Delta\sigma_{E,2}$	η_σ	η_I
[m]			λ_τ	$\Delta\tau_c$	$\tau_{\max}$	$\tau_{\min}$	$\Delta\tau_{E,2}$	η_τ	
[N/mm ²]									
6.63	18	σ	0.397	100.0	25.6	6.5	7.6	0.08	
		τ	0.575	80.0	1.8	-1.2	1.7	0.02	0.00

Nr. : Querschnitts-/Kerbfallpunkt
 λ_σ : Schadensäquivalenzfaktor
 $\Delta\sigma_c$: konstante Spannungsschwingbreite Kerbfall
 $\sigma_{\max}$: maximale Normalspannung
 $\sigma_{\min}$: minimale Normalspannung
 $\Delta\sigma_{E,2}$: schadensäquivalente Spannungsschwingbreite $= \lambda(\sigma_{\max} - \sigma_{\min})$
 η_σ : $= \gamma_{F,2} \cdot \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{M,2})$
 λ_τ : Schadensäquivalenzfaktor
 $\Delta\tau_c$: konstante Spannungsschwingbreite Kerbfall
 $\tau_{\max}$: maximale Schubspannung
 $\tau_{\min}$: minimale Schubspannung
 $\Delta\tau_{E,2}$: schadensäquivalente Spannungsschwingbreite $= \lambda(\tau_{\max} - \tau_{\min})$
 η_τ : $= \gamma_{F,2} \cdot \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{M,2})$
 η_I : Interaktion $(\eta_\sigma)^2 + (\eta_\tau)^2$

Lokale Radlasteinleitung am Obergurt bei x = 0.12 m

$$\eta = 0.39 \leq 1 \quad \text{Nachweis erfüllt}$$

Kranschiene :	Höhe	$h_{eff} = 35$	mm	Obergurt :	Breite	$b_{eff} = 97$	mm
	Breite	$b_r = 50$	mm		Dicke	$t_o = 12$	mm
Querschnitt :	Fläche	$A_{eff} = 29.1$	cm ²	I_y effektiv :	gesamt	$I_r = 57.9$	cm ⁴
	Schwerpunkt	$e_1 = 24$	mm		Kranschiene	$I_r = 17.9$	cm ⁴
	Stegdicke	$t_w = 8$	mm		Obergurt	$I_{r,eff} = 1.4$	cm ⁴
Lastausbreitungslänge :	effektiv	$l_{eff} = 94$	mm				
	gesamt	$x_w = 102$	mm	Unterkante	Obergurt	$z = 4$	mm

Werte für die Ermittlung der Spannungen infolge exzentrischer Radlast

Querstreifen	Abstand	$a = 6.00$	m	Exzentrizität	Radlast	$e_y = 13$	mm
	Steghöhe	$h_w = 876$	mm	Flansch/Kranschiene		$I_t = 54.5$	cm ⁴

Beiwert

$$\eta = 2.66$$

$$T_{Ed} = 0.20 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{TEd} = 8.2 \text{ N/mm}^2$$

x	$Q_{r,Ed}$		λ_σ	$\Delta\sigma_c$	$\sigma_{\max}$	$\sigma_{\min}$	$\Delta\sigma_{E,2}$	η_σ	λ_τ	$\Delta\tau_c$	$\tau_{\max}$	$\tau_{\min}$	$\Delta\tau_{E,2}$	η_τ
[m]	[kN]				[N/mm ²]						[N/mm ²]			
0.12	16.0	z	0.500	36.0	27.9	0.0	13.9	0.39	0.660	80.0	-1.7	-6.0	8.0	0.10
11.88	16.0	z	0.500	36.0	27.9	0.0	13.9	0.39	0.660	80.0	-1.7	-6.0	8.0	0.10

 $Q_{r,Ed}$: Bemessungswert der Radlast einschließlich Schwingbeiwert

Zusammenfassung aller Berechnungsergebnisse

Auslastung - Tragsicherheit

Nr	Kranüberfahrt	Querschnitt	Lokale Lasteinleitung	Stegbeulen
1	LG 1: Qc+Qh+HT - STR P/T	0.26	0.16	0.16
2	LG 5: Qc+Qh+HS - STR P/T	0.24	0.14	0.14

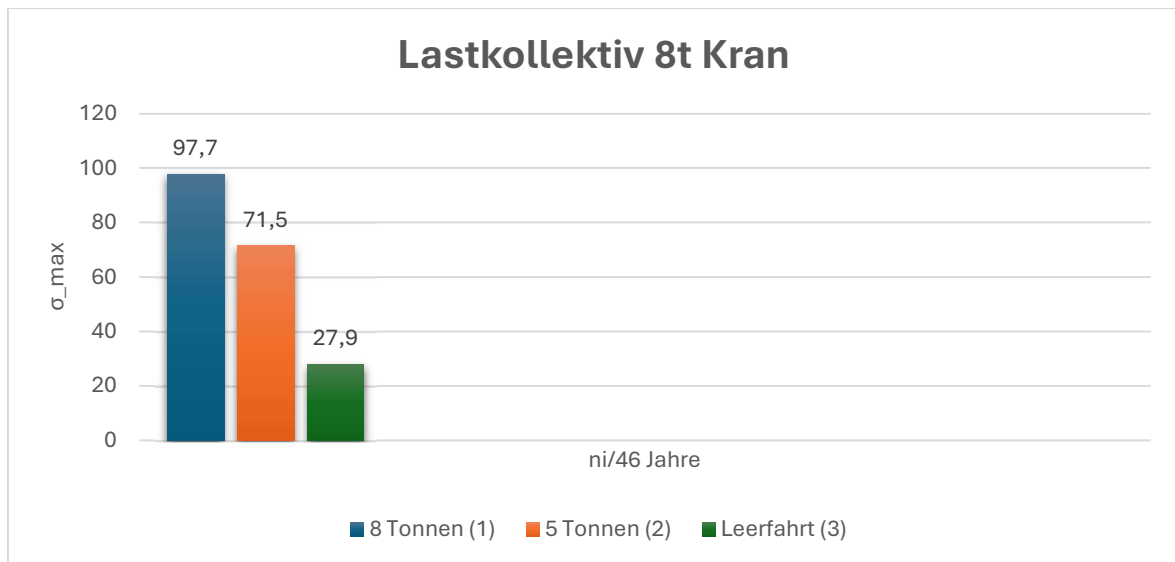
Auslastung - Gebrauchstauglichkeit

Nr	Kranüberfahrt	Verformungsnachweis Y			Verformungsnachweis Z		
		$v_{\max}$	δ_{lim}	η	$w_{\max}$	δ_{lim}	η
		[cm]	[cm]		[cm]	[cm]	
3	LG 12: Qc+Qh+HT - SERV	0.17	2.00	0.08	0.32	2.40	0.13
4	LG 13: Qc+Qh+HS - SERV	0.53	2.00	0.27	0.32	2.40	0.13

Nr	Kranüberfahrt	Stegblechatmen	Unterflanschschwingung
3	LG 12: Qc+Qh+HT - SERV	0.90	0.80
4	LG 13: Qc+Qh+HS - SERV	0.90	0.80

Auslastung - Ermüdung

Nr	Kranüberfahrt	Querschnitt	Lokale Lasteinleitung
5	LG 14: Qc+Qh - FAT	0.08	0.39



Dauerfestigkeit

$$\Delta\sigma_D = \left(2 \cdot 10^6 \cdot 40^3 / 5 \cdot 10^6 \right)^{1/3} = 29,47 \text{ N/mm}^2$$

Schwellfestigkeit

$$\Delta\sigma_L = \left(5 \cdot 10^6 \cdot 29,47^5 / 10^8 \right)^{1/5} = 16,18 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} 1 - 2 &> \Delta\sigma_D = 29,47 \text{ N/mm}^2 & m_{1-2} &= 3 \\ \sigma_{\max} 2 &< \Delta\sigma_D = 29,47 \text{ N/mm}^2 & m_3 &= 5 \end{aligned}$$

Alle Lastspiele bewirken eine Ermüdung.

Zulässige Lastspielzahlen	Vorhandende Lastspiele
$N1 = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{29,47 \text{ N/mm}^2}{97,7 \text{ N/mm}^2} \right)^3 = 137.222,94$	$n1 = 10.120$
$N2 = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{29,47 \text{ N/mm}^2}{71,5 \text{ N/mm}^2} \right)^3 = 350.100,14$	$n2 = 8855$
$N3 = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{29,47 \text{ N/mm}^2}{27,9 \text{ N/mm}^2} \right)^5 = 6.574.302,26$	$n3 = 6325$

Schädigung in 46 Jahren

$$\sum D_{d,46} = \sum \frac{n_i}{N_i}$$

$$1 = \frac{10.120}{137.222,94} = 77,84 \cdot 10^{-3}$$

$$2 = \frac{8855}{350.100,14} = 25,3 \cdot 10^{-3}$$

$$3 = \frac{6325}{6.574.302,26} = 0,962 \cdot 10^{-3}$$

$$\sum D_{d,46} = 104,102 \cdot 10^{-3}$$

$$D_{d,Jahr} = \frac{104,102 \cdot 10^{-3}}{46} = 2,26 \cdot 10^{-3}$$

2-fach da zwei Räder

$$D_{d,Jahr} = 2,26 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 4,52 \cdot 10^{-3}$$

Laufzeit Kran Einschichtbetrieb

Einschichtbetrieb 1977 – 2023 = 46 Jahre

Einschichtbetrieb 2023 – 2090 = 67 Jahre

Gesamtlaufzeit Plan = 113 Jahre

Gesamtschädigung in 113 Jahren

$$\sum D_{d,113} = 113 \cdot 4,52 \cdot 10^{-3} = 0,51 \quad \text{entspricht einer Schädigung von 51\%}.$$

Eine Laufzeit über das Jahr 2090 hinaus ist möglich.

Laufzeit Kran Zweischichtbetrieb

Bewertet werden nur die lokalen Radlasteinträge bis zum Jahr 2025. Das entspricht 47 Jahre bisherige Laufzeit.

$$\sum D_{d,47} = 4,52 \cdot 10^{-3} \cdot 47 \text{Jahre} = 0,212$$

Zweischichtbetrieb ab 2025

$$D_{d,Jahr} = 4,52 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \text{Schichten} = 9,04 \cdot 10^{-3}$$

Restlaufzeit

$$1 - 0,212 = 0,79 \quad \text{Reserve}$$

$$\frac{0,79}{9,04 \cdot 10^{-3}} \approx 87 \text{ Jahre}$$

Von 2024 + 87 Jahre = Jahr 2111 entspricht einer Schädigung von 100%.

Eine Laufzeit über das Jahr 2090 hinaus ist möglich.

Bewertung der Ergebnisse 8t Kran

Zu erwartende Lastspiele bis 2090

1977 – 2023 46 Jahre = 25.300 Lastspiele
Pro Jahr = 550 Lastspiele

1977 – 2090 113 Jahre = $550 \cdot 113 = 62.150$ Lastspiele

Einschichtbetrieb 2 Räder = $2 \cdot 62.150 = 124.300$ Spannungsspiele

Zweischichtbetrieb

1977 – 2024 46 + 1 Jahr = $25.300 + 550 = 25.850$ Lastspiele

2 Räder = 51.700 Spannungsspiele

2024 – 2090 66 Jahre = $66 \cdot 550 \cdot 2 \text{ Räder} \cdot 2 \text{ Schichten} =$
145.200 Spannungsspiele

1977 – 2090 Spannungsspiele = $51.700 + 145.200 = 196.900$
Einstufung in die BK; S3 ist richtig.
C = 125.000 bis 250.000 Spannungsspiele

7. Zusammenfassung

Für die Erfüllung der Aufgabenstellung der Ermittlung einer Tragfähigkeit der Kranbahnträger der 32t / 8t und der 8t Anlage zum Nutzungszeitraum bis 2090 wurden umfangreich Untersuchungen vorgenommen.

Es wurden Tragfähigkeitsnachweise, Stabilitätsnachweise, Gebrauchstauglichkeitsnachweise und der Gewährleistung der Ermüdungsfestigkeit vorgenommen.

Die genaue Schweißnahtform und Dicke wurden labortechnisch untersucht. Eine Einstufung in die zugehörigen Kerbfälle war möglich.

Die Ermüdungsfestigkeit bis zum Jahr 2090 ist für die Krananlagen 32t / 8t und 8t gegeben. Die Schädigungsgrade wurden ermittelt.

Die Ergebnisse der Prognose für die Laufzeit der Krane setzen voraus, das:

1. Die Einstufung der Lastkollektive und die Anzahl der Lastspiele den tatsächlichen Kranbetrieb widerspiegeln. Absprachen mit dem Betreiber der Anlage wurden vorgenommen
2. Der Kranbetrieb in den folgenden Jahren den getroffenen Annahmen im Wesentlichen entsprechen.

32t / 8t Kran

Für den 32t / 8t – Kranbahnträger im Hallenschiff 1, konnte die Tragfähigkeit bei einer Hublast von 32t nicht nachgewiesen werden.

Die Ursache liegt in einer fehlerhaften Berechnung (Anlage 8). In diesem Nachweis der Tragfähigkeit (GZT) wurde das Feldmoment falsch berechnet. Der Katzabstand konnte bei dieser Berechnung nicht eindeutig entnommen werden.

Die Tragfähigkeit (GZT) wird erreicht, indem der Abstand der Katze zu den Gebäudeachsen D und G auf ein $e_{min} = 4,0m$ festgelegt wird.

Für weitere Laststufen 20t, 15t, 8t kann der laut Anlage 3 ursprünglich festgelegte Katzabstand von $e_{min} = 2,35m$ Anwendung finden.

Die Ermüdungsfestigkeit ist bis zum Jahr 2090 gegeben.

Ein zweischichtiger Kranbetrieb ab 2025 wurde berücksichtigt.

Die Stabilitätsnachweise und Gebrauchstauglichkeitsnachweise der Krananlage erfüllen die Anforderungen der bautechnisch aktuell eingeführten Normen EC 3.

8t Kran

Der 8t – Kranbahnträger wurde in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit, Stabilität, Gebrauchstauglichkeit und der Ermüdung untersucht.

Die Ermüdungsfestigkeit ist bis zum Jahr 2090 gegeben.

Die Stabilitätsnachweise und Gebrauchstauglichkeitsnachweise der Krananlage erfüllen die Anforderungen der bautechnisch aktuell eingeführten Normen EC 3.

8. Festlegung

1. 32t / 8t – Kran im Hallenschiff 1
Es ist eine Betriebsanweisung (BWA) zu erarbeiten, die die Lastkorridore für die Hublastfahrten neu regelt.
2. Es sind Inspektionsintervalle für den 32t / 8t und den 8t Kranbahnträger, Anschlüsse und Aussteifungen des Kranbahnträgers festzulegen.

Im Rahmen der Werkseigenen Kontrollprüfung (WKP) sind in den Intervallen von 5 Jahren die Inhalte der Prüfbücher zu erweitern. Prüfungsschwerpunkte sind festzulegen. Das Betriebsregim ist hinsichtlich der Betriebszeiten und Lastkollektive in den Annahmen zur Prognose der Nutzungszeit der Krane zu Prüfen.