



Dynamische Belastung von Kranen

Bericht B25

Ausschuss für Hafenumschlagtechnik

AHU

Hafentechnische Gesellschaft e. V.

HTG





Verfasser aus dem HTG-Fachausschuss für Hafenumschlagtechnik (AHU) :

Dipl.-Ing. Uwe Pietryga (Projektleiter)
Dipl.-Ing. Reiner Arndt
Dipl.-Ing. Jörg Dzierbicki
Dipl.-Ing. Gerwin Eilers
Dipl.-Ing. Jens Fahrbach
Dipl.-Ing. Bernd Nowoczyn
Dipl.-Ing. Horst Richter
Dipl.-Ing. Siebelt Siuts
Dipl.-Ing. Holger Strohbach

Weitere Mitglieder des HTG-Fachausschusses für Hafenumschlagtechnik (AHU) zum Zeitpunkt der Berichtfertigstellung

Dr.-Ing. Jürgen Grießhaber
Dipl.-Ing. Timo Gryzan
Dipl.-Ing. Jörg Lange
Dipl.-Ing. Sven Lüßen
Dipl.-Ing. Hans-Jürgen Mehrkens
Dipl.-Ing. Frank Rupp
Dipl.-Ing. Antonio Schmidt
Dipl.-Ing. Martin Schubring
Dipl.-Ing. Uwe Streb

Herausgegeben im November 2020

Ansprechpartner HTG-Fachausschuss für Hafenumschlagtechnik (AHU) unter:
<https://www.htg-online.de/fachausschuesse/hafenumschlagtechnik/mitglieder-kontakt/>

Der Bericht ist online abrufbar unter:
<https://www.htg-online.de/fachausschuesse/hafenumschlagtechnik/veroeffentlichungen/das-blaue-buch/>

Bitte beachten Sie die „Hinweise zur Nutzung der Berichte und Empfehlungen“ unter B0 am Anfang des „Blauen Buches“.





Veröffentlichung:

- Binnenschifffahrt
Schiffstechnik – Wasserstraßen – Häfen – Logistik
Monat 2021 Nr.1
- HANSA
International Maritime Journal
Monat 2021 Nr.1





INHALT

1	Einleitung	5
2	Normativer Ist-Stand	5
3	Auslegung	7
4	Auswirkungen auf den Kran	7
4.1	Dynamische Beanspruchung	7
4.2	Betriebsfestigkeit	9
4.3	Regelmäßige Kontrollen des Stahlbaus und Reparaturmaßnahmen	9
5	Aufzählung und Beurteilung möglicher Ursachen	10
5.1	Betriebsbedingte Einflüsse	10
5.2	Abweichungen in der Kranschiene und Katzschiene	11
5.3	Pufferstoß	11
5.4	Erdbeben	11
5.5	Störfall-Abschaltungen	12
5.6	Durch Wind angeregte Schwingungen	12
5.7	Dynamische Belastung beim Seetransport	12
5.8	Überlagerung von dynamischen Kräften	13
5.9	Elektronische Pendeldämpfung	13
5.10	Snag Load	14
5.11	Beanspruchungen durch Prüfungen	14
6	Wechselwirkung der Antriebstechnik mit dem Krantragwerk	15
7	Zusammenfassung	16
	ANHANG Praktisches Beispiel von Spannungsmessungen am Krantragwerk	17



1 Einleitung

Es werden zunehmend Schäden in der Stahlkonstruktion von Container-/ Portalkranen, nachfolgend Krane genannt, festgestellt. Diese Schäden können bei nicht rechtzeitiger Erkennung und Beseitigung zu einem Bruch im Krantragwerk führen.

Heutige Krane haben üblicherweise höhere Traglasten, größere Abmessungen und höhere Geschwindigkeiten / Beschleunigungen als vergleichbare Krane in der Vergangenheit. Bei vorgegebenen Kranbahn- und Bodenbelastungen und weiterhin begrenzter Fahrwerksbreite führt dies zwangsläufig zu gewichtsoptimierten Konstruktionen mit einer höheren Auslastung der Tragwerke und verändertem Schwingungsverhalten.

Nachteilig auf die Lebensdauer wirken sich hierbei auch die auf den Kran wirkenden erhöhten dynamischen Belastungen aus. Dabei können in bestimmten Bereichen der Konstruktion, z.B. bei Bolzenverbindungen oder Rohranschlüssen, Betriebsfestigkeitsprobleme auftreten. Bauteilversagen bis zu einem Kollaps des Krantragwerks können die Folge sein.

Dieser Bericht beschreibt die auftretenden dynamischen Belastungen. Er gibt den Betreibern und Herstellern Hinweise zur Beurteilung der Einflüsse auf die Betriebsfestigkeit.

Die Betrachtungen werden für Container-/ Portalkrane durchgeführt. Die Ansätze sind aber auch auf andere Krantypen übertragbar.

2 Normativer Ist-Stand

Entsprechend aller in der Praxis für Konstruktion, Berechnung und Bau von Kranen Verwendung findenden Krannormen, z.B. die DIN 15018, FEM 1.001, DIN EN 13001, DIN EN 15011, BS 2576, BS 5400-10, ist für die Krantragwerke auch der Nachweis der ausreichenden Betriebsfestigkeit erforderlich.

Für diese Nachweise sind die Spannungsschwingweiten und die Anzahl der Spannungsspiele relevant. Diese ergeben zusammen das Spannungskollektiv.

Die Anzahl der normativ berücksichtigten Spannungsspiele hängt von der Anzahl der Arbeitsspiele¹ ab.

¹ Der Begriff Arbeitsspiele ist normativ definiert.

Die Anzahl der Spannungsspiele kann für bestimmte Bauteile von der Anzahl der Lastspiele² abweichen.

Die gültigen Konstruktions- und Berechnungsnormen berücksichtigen diesen Umstand im Allgemeinen nur unbestimmt.

DIN 15018 weist im Kapitel 7.4.1 allgemein darauf hin, dass die Anzahl der Spannungsspiele für eine Tragwerkskomponente gleich der Anzahl der Lastspiele oder höher sein kann. Ein konkreter Zusammenhang zwischen Last- / Arbeitsspiel und Spannungsspiel wird jedoch nicht dargestellt.

„7.4.1 Begriffe

„... Die gesamte Anzahl N der Spannungsspiele kann je nach Kranart für ein Bauteil gleich der Zahl der Lastspiele oder der Arbeitsspiele oder ein Vielfaches davon sein.“

DIN EN 15011 stellt einen indirekten Zusammenhang zwischen der Anzahl der Spannungsspiele und der Anzahl der Lastspiele mit dem Verweis auf die ISO 22986 „Kran- Festigkeit- Brücken- und Portalkrane“ und den darin empfohlenen Eigenfrequenzen für die Krantragwerke her. Aber auch hier wird kein konkreter Zusammenhang zwischen Last- / Arbeitsspiel und Spannungsspiel dargestellt.

„5.2.2.6 Schwingungsfrequenzen von Kranträgern

Empfohlene Eigenfrequenzen von Tragwerksschwingungen sind in ISO 22986 enthalten. Im Falle von niedrigeren Frequenzen muss die Auswirkung der zusätzlichen Ermüdung in der Konstruktion und der Laststeuerung berücksichtigt werden. Eine Minimierung der Amplitude und Dauer der Schwingungen, z. B. durch stufenlose Steuerungen, muss auch berücksichtigt werden.“

Ein einheitlicher Zusammenhang zwischen den Lastspielen des Kranes und den Spannungsspielen eines Bauteiles besteht nicht und kann daher aus den gültigen Normen auch nicht direkt entnommen werden. Es ist Aufgabe des Kranherstellers bei bekannter Anzahl der Lastspiele die korrekte Anzahl der Spannungsspiele für bestimmte Baugruppen bzw. Bauteile zu bestimmen.

Die Bestimmung eines genauen Spannungskollektivs ist derzeit nur durch aufwändige rechnerische Simulation oder experimentelle Untersuchungen an Prototypen möglich und wird daher nur in Ausnahmefällen für sinnvoll erachtet.

² Der Begriff Lastspiele ist normativ definiert.

3 Auslegung

Der Betreiber gibt mit seiner Anfragespezifikation die Arbeitsspiele über die geplante Lebensdauer vor. Der Kranhersteller ermittelt daraus die Anzahl der Spannungsspiele als Grundlage für die Auslegung und Dimensionierung des Krantragwerkes.

Die Spannungen in den Bauteilen werden aus den um die Lastfaktoren erhöhten Lasten berechnet. Die Lastfaktoren können den Normen entnommen bzw. daraus ermittelt werden.

Tatsächlich vorhandene Spannungen können durch Messungen an der Stahlkonstruktion oder durch Anwendung der Finite-Elemente-Methode (FEM) ermittelt werden. Aufgrund des messtechnischen und rechnerischen Aufwandes sind diese lokal begrenzt und nur im Einzelfall sinnvoll.

Messungen, z.B. in den Diagonalen, zeigen, dass teilweise deutlich größere Spannungen auftreten können, als in der Berechnung ermittelt wurden.

Wenn solche Erkenntnisse vorliegen, sind die Lastfaktoren für die Auslegung des Kranes anzupassen.

4 Auswirkungen auf den Kran

Jede Kraftänderung führt zu einer dynamischen Beanspruchung in der Kranstruktur und hat damit Einfluss auf die Lebensdauer.

Für Krananlagen im Betrieb sind gesetzlich vorgeschriebene Prüfungen und Wartungen einzuhalten. Zu diesen gehören auch die vom Hersteller vorgegebenen Kontrollen des Krantragwerkes. Diese Kontrollen werden in der Regel als Sichtprüfung, die sich auf die dynamisch beanspruchten Bauteile mit hoher Kerbwirkung beschränken kann, durchgeführt.

4.1 Dynamische Beanspruchung

Für die Ermittlung der dynamischen Beanspruchung des Krantragwerkes ist auch das Schwingungsverhalten des Kranes zu berücksichtigen.

Das Schwingungsverhalten wird bestimmt durch die Eigenfrequenzen, die Dämpfungseigenschaft der Kranstruktur und die Anregung der Kranstruktur.

Die Anregung erfolgt hauptsächlich durch die Beschleunigungs- und Abbremsvorgänge der angetriebenen Komponenten des Kranes und der Lastbewegung, sowie durch äußere Kräfte wie z.B. Wind.

Eine Beeinflussung der dynamischen Beanspruchungen ist in jeder Lebensphase des Kranes möglich durch:

Lebensphase	Beeinflussende Faktoren der dynamischen Beanspruchungen
Spezifikation	<ul style="list-style-type: none"> • Festlegung der Lastspiele über die geplante Lebensdauer • Festlegung des zugehörigen Lastkollektivs
Konstruktion	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionierung der betroffenen Bauteile unter Berücksichtigung der sich ergebenden Beanspruchungen • Berücksichtigung der Kerbwirkungen • Ausführung der Lasteinleitungspunkte • Vermeidung von Steifigkeitssprüngen
Fertigung	<ul style="list-style-type: none"> • Gewählte Materialqualität • Sicherung der Schweißqualität • Einhaltung der Konstruktionsanforderung
Inbetriebnahme und Optimierung	<ul style="list-style-type: none"> • Einstellung der konstruktiv vorgesehenen Beschleunigungs- und Bremszeiten • Verrundung der Beschleunigungskurven • Unterdrückung von Resonanzanregungen
Betrieb	<ul style="list-style-type: none"> • Bedienung

Tabelle 1:
Mögliche beeinflussende Faktoren der dynamischen Beanspruchungen während der unterschiedlichen Lebensphasen

Die Einhaltung der beeinflussenden Faktoren ist im laufenden Betrieb regelmäßig zu überwachen. Dazu gehören z.B.:

- Kontrolle der tragenden Schweißverbindungen
- Kontrolle aller tragenden Bolzen- und Schraubverbindungen
- Kontrolle der Ausrichtung der Schienenstöße
- Überprüfung der Einhaltung der vorgesehenen Beschleunigungs- und Bremskurven
- Überprüfung der Wirksamkeit der Lastbegrenzungseinrichtungen





4.2 Betriebsfestigkeit

In Folge von Betriebsfestigkeitsproblemen bei Krantragwerken können Risse auftreten.

Diese entstehen durch:

- Fehler im Material einzelner Bauteile, z.B. fehlerhafte Gefügestruktur
- Fehlerhafte Schweißnähte
- Falsche Dimensionierung und Gestaltung in der Konstruktion, siehe Tabelle 1
- Äußere Einflüsse, wie das häufige Auftreten von normalerweise nicht ermüdungsrelevanten Überlasten z.B. Snag Load
- Fehler bei der Fertigung, siehe Tabelle 1
- Verschleiß und Korrosion im Stahlbau

4.3 Regelmäßige Kontrollen des Stahlbaus und Reparaturmaßnahmen

Die regelmäßigen Sichtprüfungen sind durch geschultes Fachpersonal und bei den mindestens jährlich durchzuführenden wiederkehrenden Prüfungen, gemäß §14 bzw. Anhang 3 / Abschnitt 1 der Betriebssicherheitsverordnung und der Unfallverhütungsvorschrift DGUV Vorschrift 52 – Krane -, durch zur Prüfung befähigte Personen oder Prüfsachverständige durchzuführen. Dabei können an den bruchkritischen Stahlbauteilen Schadstellen, z.B. Roststellen oder Farbabplatzungen, als Hinweise auf mögliche Risse identifiziert werden. Im Zweifelsfall sind weitergehende zerstörungsfreie Prüfungen zu veranlassen.

Es empfiehlt sich, insbesondere hinsichtlich der teilweise komplexen Stahlbau-Strukturen von Containerkränen und anderen Großkränen, von den Berufsgenossenschaften anerkannte Kran-Sachverständige oder Prüfsachverständige gem. Betriebssicherheitsverordnung mit den regelmäßigen Prüfungen der Krane zu beauftragen.

Wird beispielsweise ein Riss festgestellt, so kann der Sachverständige beurteilen, ob dieser Riss als kritisch oder unkritisch einzuschätzen ist. Risse in dynamisch hochbelasteten tragenden Stahlbauelementen sind nahezu immer als kritisch anzusehen.

Daraus ergeben sich weitere Maßnahmen wie z.B. die Kontaktaufnahme zum Hersteller, um geeignete Reparaturmaßnahmen abzuklären und einen Weiterbetrieb zu ermöglichen.

Eine Rissbeseitigung muss durch eine hierfür qualifizierte Fachfirma, welche die entsprechenden Eignungsnachweise vorweisen kann, durchgeführt werden.



Bei Feststellung eines Risses wird folgende Vorgehensweise als sinnvoll erachtet:

1. Riss-Einschätzung-kritisch / unkritisch
2. Maßnahmen festlegen
3. Im Zweifel Hersteller oder andere Fachleute einbinden
4. Ggf. konstruktive Änderungen vornehmen
5. Rissbeseitigung durch qualifizierten Fachbetrieb durchführen lassen
6. Instandsetzungsbericht der durchgeführten Maßnahme dem Kranprüfbuch beifügen
7. Prüfung des Kranes gem. DGUV Vorschrift 52 – Krane - § 25 „Prüfung vor der ersten Inbetriebnahme und nach wesentlichen Änderungen“ (Instandsetzung) durch einen Kran-Sachverständigen veranlassen und den Prüfbericht dem Kranprüfbuch hinzufügen

Im Folgenden werden einige wesentliche Ursachen für dynamische Beanspruchungen beschrieben.

5 Aufzählung und Beurteilung möglicher Ursachen

5.1 Betriebsbedingte Einflüsse

Ein ruckartiges Anheben und Absetzen oder Verhaken / Verkanten der Last führt zu einer plötzlichen Kraftänderung im Krantragwerk. Auch diese kann Schwingungen anregen.

Die Stoßwirkungen durch das Anheben und Absetzen der Last sind in den Krannormen durch den Hublastbeiwert berücksichtigt.

Durch geeignete Maßnahmen kann das Betriebsverhalten und damit die Belastung beeinflusst werden. Dazu gehören z.B.:

- Geregelt Antriebe
- Restsenkautomatik
- Feinpositionierungseinrichtungen
- Schlaffseilerkennung
- Gefederte Hubwerkselemente





5.2 Abweichungen in der Kranschiene und Katzschiene

Ein Versatz im Stoß der Kranschiene oder der Katzschiene, z.B. am Auslegerdrehpunkt bei Containerkränen, führt zu zusätzlichen dynamischen Belastungen des Kranes.

In den Krannormen sind diese dynamischen Belastungen in den Ermüdungsbetrachtungen berücksichtigt.

Weitere Hinweise sind z.B. im HTG-AHU Bericht B8 „Beziehungen zwischen Kranbahn und Kransystem“ zu finden.

5.3 Pufferstoß

Durch einen Pufferstoß können trotz der Energieaufnahme kurzzeitig sehr hohe horizontale Beschleunigungen und damit dynamische Belastungen auf das gesamte Krantragwerk wirken. Aufgrund des seltenen Auftretens bei bestimmungsgemäßer Arbeitsweise hat der Pufferstoß jedoch keinen nennenswerten Einfluss auf die Lebensdauer des Kranes.

5.4 Erdbeben

Bei einem Erdbeben wirken hohe horizontale und vertikale Beschleunigungen und damit dynamische Belastungen auf das gesamte Krantragwerk.

Diese Belastungen können während eines Erdbebens mehrfach und aus undefinierter Richtung auftreten. Ein Tragwerksversagen durch Überschreitung von Grenzwerten ist möglich.

Nach einem Erdbeben wird eine Kontrolle des Krantragwerkes, wie in Abschnitt 4.3 beschrieben, empfohlen.

Erdbeben haben in der Regel aufgrund der geringen Häufigkeit keinen nennenswerten Einfluss auf die theoretische Lebensdauer des Kranes.

Sollte der Kran in einem durch Erdbeben gefährdeten Gebiet eingesetzt werden, muss der Betreiber die dafür gültigen Vorschriften bei der Bestellung bekanntgeben.





5.5 Störfall-Abschaltungen

Bei Störungen wie Not-Aus, Not-Halt, Überlast, Überdrehzahl, Snag Load werden alle translatorischen und rotatorischen Bewegungen deutlich schneller abgebremst als im normalen Betrieb.

Die sich daraus ergebenden Bremskräfte können einen Einfluss auf die Lebensdauer des Kranes haben.

5.6 Durch Wind angeregte Schwingungen

Schlanke turmartige Bauwerke können durch Windeinwirkungen zu Schwingungen, insbesondere zu wirbelinduzierten Schwingungen quer zur Windrichtung, angeregt werden. Diese Phänomene können auch bei Großkomponenten des Krantragwerkes auftreten, die aus Rundrohren gefertigt sind.

Treten Querschwingungen auf, sind zwar die Beanspruchungen der beeinflussten Tragwerkskomponenten verhältnismäßig gering, jedoch unterliegen sie im Laufe der Lebensdauer einer großen Anzahl an Lastwechseln. Das führt in der Konsequenz zu einer wesentlich höheren Anzahl von Schwingungen. Das Ende der theoretischen Lebensdauer wird somit früher erreicht.

Querschwingungen können durch helixförmige Windabweiser (Scruton-Wendel), d.h. spiralförmig um die Konstruktionsrohre montierte Profile, reduziert oder ganz vermieden werden.

Ergänzend können Ermüdungsnachweise für diesen Fall geführt werden. Die Krannormen berücksichtigen diesen Nachweis nicht.

5.7 Dynamische Belastung beim Seetransport

Beim Seetransport des kompletten Kranes können, trotz fachgerechter Verlaschung, dynamische Belastungen in Längs- und Querachse des Kranes auftreten, vorrangig durch den Wellengang.

Angebrachte Schwingungssensoren können diese Belastung erfassen, so dass im Nachgang geprüft werden kann, ob beim Transport die angenommenen Werte eingehalten wurden.



5.8 Überlagerung von dynamischen Kräften

Ein besonderes Augenmerk ist auf die Überlagerung von Kräften zu legen, also auf den Fall, wenn die nächste Anregung in der Abklingphase der vorherigen erfolgt.

Die Schwingungen in den Bauteilen der Stahlkonstruktion, welche durch ihre Bauteilform, Abmessungen und Werkstoffdicken bestimmte Eigenfrequenzen aufweisen, werden durch Einleitung von dynamischen Kräften aus Kranfahren, Katzfahren und Hubbewegungen angeregt. Zusätzlich können auftretende Windkräfte solche Schwingungen anregen.

Die Amplituden, d.h. die maximalen Auslenkungen der Schwingweiten, ergeben sich aus der Größe der anregenden Kräfte. Die Dauer der Schwingung ergibt sich aus den Dämpfungseigenschaften der Bauteile.

Wirken nach der Anregung einer Schwingung zusätzliche Kräfte aus einer weiteren Bewegung auf die betroffenen Bauteile ein, so kann es, je nach augenblicklicher Schwingungsamplitude, zu einer Überlagerung der Schwingungen kommen. Dies ist z.B. gegeben, wenn die erste Schwingung durch die Katzfahrt angeregt wird und durch die Beschleunigung des Hubwerkes weitere Kräfte einwirken.

Die Spitzenwerte der resultierenden Amplituden und somit auch die auf die Bauteile wirkenden Kräfte können erheblich größer sein als bei der Anregung durch eine einzelne Bewegung.

Wird dieser Sachverhalt bei der konstruktiven Auslegung des Kranes nicht hinreichend berücksichtigt, kann es zu einer signifikanten Verringerung der Gesamtlebensdauer der betroffenen Bauteile und des Kranes führen.

5.9 Elektronische Pendeldämpfung

Die Pendeldämpfung wirkt üblicherweise über die Antriebssteuerung.

Ziel ist es, das Lastpendeln zu minimieren, um eine Erhöhung der Umschlagsleistung zu erreichen. Hierbei setzen die Hersteller der elektronischen Systeme unterschiedliche Regelalgorithmen ein. Je nach System / Hersteller können kurzzeitig höhere Beschleunigungskräfte auftreten.





5.10 Snag Load

Der Snag Load Fall, d.h. das schlagartige Verhaken / Verkanten der Last oder des Lastaufnahmemittels in der Hubbewegung ist eine extreme Belastung des Kranes im Betrieb. Der Snag Load Fall ist ein spezifisches Problem der Containerkrane. Durch eine Snag Load Schutzeinrichtung kann die Auswirkung auf das Krantragwerk begrenzt werden.

Der Snag Load Fall hat in der Regel aufgrund der geringen Häufigkeit keinen nennenswerten Einfluss auf die theoretische Lebensdauer der Krane.

5.11 Beanspruchungen durch Prüfungen

Die auftretenden Beanspruchungen durch die Abnahme und die wiederkehrenden Prüfungen³ sind wegen ihrer geringen Häufigkeit hinsichtlich der Lebensdauer des Krantragwerkes vernachlässigbar.

³ Die Beanspruchungen sind gemäß der Maschinenrichtlinie § 4.1.2.3 definiert. Hierbei sind die statischen und dynamischen Festigkeitsfaktoren anzuwenden. Die Prüfungen erfolgen üblicherweise bei Nenngeschwindigkeiten. Bei überlagertem Betrieb wird der ungünstigste Fall angewendet.

6 Wechselwirkung der Antriebstechnik⁴ mit dem Krantragwerk

Die Abstimmung zwischen den verantwortlichen Planungsbereichen⁵, d.h. Maschinenbau, Stahlbau und Elektrotechnik, gewinnt zunehmend an Bedeutung, um die Einflüsse der dynamischen Belastung auf das Krantragwerk zu berücksichtigen und ggf. zu minimieren.

Normativ gibt es derzeit für diese Aufgabe keine expliziten Vorgaben.

Die Kriterien, die abgestimmt werden, sind entweder vom Hersteller mit den Planungsbereichen festzulegen oder werden in Zusammenarbeit mit dem Betreiber gemeinsam vereinbart.

Die Einhaltung der bei der maschinenbau- / stahlbautechnischen Auslegung zu Grunde gelegten Werte wie Drehmomente, Geschwindigkeiten und Brems-/ Beschleunigungszeiten ist durch den Hersteller sicher zu stellen.

Dies gilt insbesondere auch bei Störungen, die zu einem schnellen Abbremsen oder zu einer schnellen Entlastung führen, z.B. Not-Halt. Diese lösen zusätzliche dynamische Wechsellasten aus. Die dabei auftretenden Kräfte sind auf Grund der steileren Bremsrampen größer, siehe auch Kapitel 5.1 und 5.5.

Im Entstehungsprozess konkretisierte oder geänderte Auslegungen sind zwingend abzustimmen, damit diese in der Dimensionierung und Parametrierung der Antriebe berücksichtigt werden.

Bei betreiberseitig gewünschten Optimierungen im Fahrverhalten ist vor Umsetzung immer die Einhaltung der oben beschriebenen Vorgaben zu prüfen. Können diese Vorgaben nicht eingehalten werden, bedarf es vorab einer Klärung mit dem maschinenbau- und stahlbautechnisch Verantwortlichen.

Im Rahmen der Wartung sollte die Einhaltung der vorgesehenen Beschleunigungs- und Bremskurven regelmäßig geprüft und dokumentiert werden.

Alle Beteiligten sollten dabei stets berücksichtigen, dass durch neue Antriebs- und Regelverfahren in der Elektrotechnik und Kransteuerung ggf. Annahmen, die der statischen Berechnung zugrunde liegen, beeinflusst werden.

⁴ Zur Antriebstechnik gehören Elektrotechnik, Maschinenbau und Hydraulik

⁵ Planungsbereiche sind üblicherweise verschiedene Organisationseinheiten des Herstellers. Jedoch sind auch Vertragskonstellationen bekannt, z.B. Konsortium, bei denen die genannten Planungsbereiche bei unterschiedlichen Herstellern angesiedelt sind.

7 Zusammenfassung

Die dynamischen Belastungen, die auf das Krantragwerk des Container-/ Portalkranes wirken, können zu unerwarteten und vorzeitigen Schäden und bei nicht rechtzeitigem Erkennen und Beseitigen zu einem Bruch im Krantragwerk führen.

Die Ursachen dieser Schädigung sind vielfältig und die Möglichkeiten zur Reduzierung dieser Belastungen hängen von verschiedenen Faktoren ab, die praktisch jede Lebensphase des Kranes betreffen.

Mit der Kenntnis dieser Zusammenhänge ist es den Herstellern und Betreibern von Kranen möglich, die Auswirkungen gravierender Betriebsfestigkeitsprobleme im Krantragwerk als Folge von dynamischen Belastungen besser einzuschätzen.

Die im Bericht enthaltenen Hinweise geben den Betreibern von Kranen und den Erstellern von Spezifikationen sowie allen Kran-Interessierten die Möglichkeit, diese Problematik angemessen zu berücksichtigen.

Die einzelnen Fälle sind weitgehend auf ihre Auswirkungen hin betrachtet worden und geben damit die Einschätzungen des Arbeitskreises wieder.

Im Anhang wird ein Verfahren zur Beobachtung an Bestandskranen vorgestellt.

ANHANG Praktisches Beispiel von Spannungsmessungen am Krantragwerk

Zur Überwachung von üblicherweise auffälligen Stellen des Krantragwerkes einer Containerbrücke wurde eine Rissüberwachung installiert.

Gewählt wurden die Anschlüsse der Zugbänder an die Ausleger bzw. an den Pylonen entsprechend Bild 1.

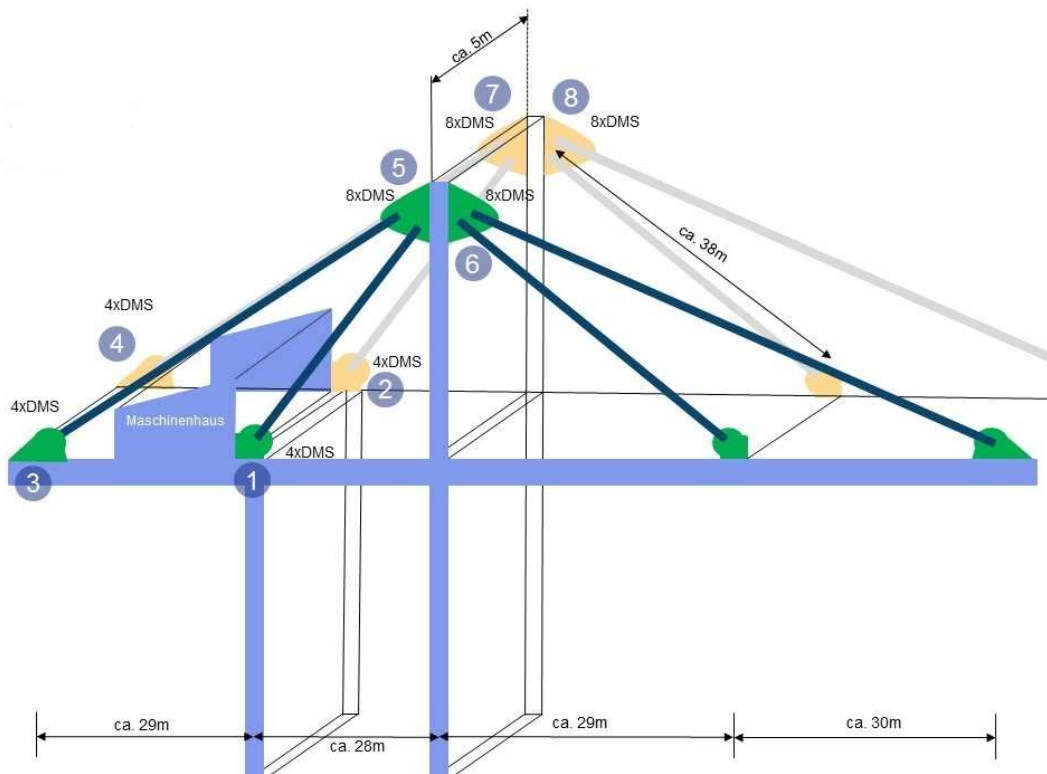


Bild 1:
Acht Messorte mit insgesamt 46 Dehnmessstreifen (DMS) und acht Temperatursensoren

In diesem Beispiel sind die Zugbänder an ihren Enden geschlitzt und auf die Knotenbleche aufgesteckt, siehe Bild 2 und Bild 3. Die Anschlüsse sind im Auslauf der Knotenbleche stark rissgefährdet.



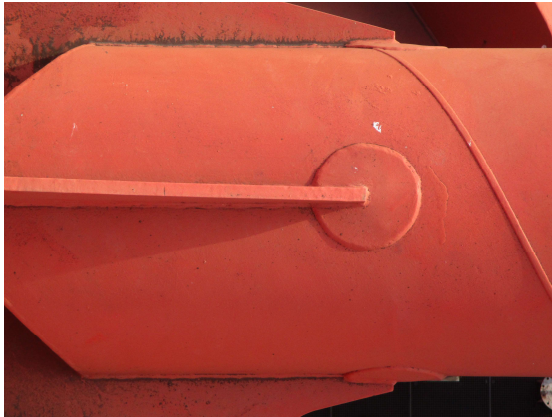


Bild 2:
Einführung Knotenblech in die Rohrkonstruktion
bei einem Zugband.

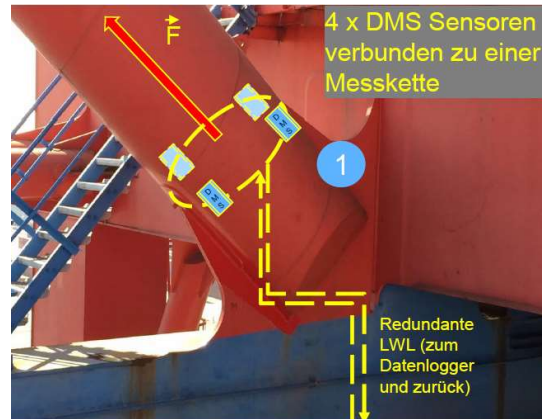


Bild 3:
Zugband mit Knotenblech

In diesem Bereich wurden die Zugbänder beidseitig der Knotenbleche mit Dehnmessstreifen versehen. Deren Messdaten werden über Lichtwellenleiter (LWL) zentral erfasst und anschließend drahtlos an eine Datenbank übertragen. Auf diese Art kann via Fernüberwachung eine Veränderung der Messwerte registriert werden, deren Ursache die Entstehung von Rissen sein kann. Außerdem ist es möglich, das Spannungskollektiv zu ermitteln.

Unter der Annahme, dass der Kran während seiner Lebensdauer annähernd gleiche Belastungen erfährt, kann so die Restlebensdauer für den beobachteten Bereich ermittelt werden.

Zur Verifizierung der Messergebnisse empfehlen sich Referenzmessungen für definierte Lasten und Katz- bzw. Kranfahrten mit und ohne Last. Die gemessenen Spannungswerte können dann mit den Ergebnissen aus der statischen Berechnung der Kranstruktur abgeglichen werden.

