

# Zum Entwurf von Kranbahnträgern für Laufkrane

Christoph Seeßelberg

## 1 Einführung

Die eigentlich sehr komplexe Berechnung von Kranbahnträgern ist keine aufwendige Sache mehr, seit Programme wie z.B. S9 verfügbar sind, mit denen die normgerechten Nachweise gegen die Grenzzustände der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit und der Ermüdungssicherheit geführt werden können. Gerade bei Kranbahnträgern ist die Berechnung (siehe [7], [8], [9], [10]) aber nur eine Seite der Medaille. Der Entwurf von Kranbahnträgern samt den zugehörigen Details erfordert vom Tragwerksplaner Erfahrungen im ermüdungsgerechten Konstruieren dynamisch beanspruchter Bauteile. Genaue Kenntnisse der einschlägigen Normen (u.a. [1] – [4]) sind genauso wichtig wie das Gefühl für den Kraftfluss.

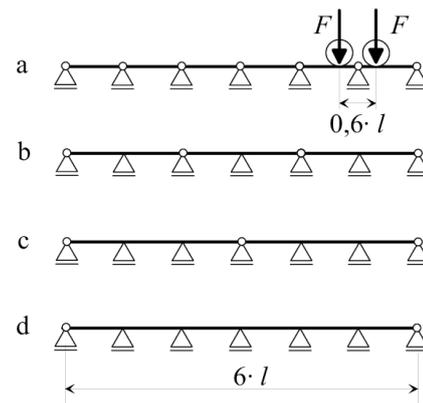
Nehmen wir einmal an, dass die Belastung des Kranbahnträgers durch die Kranbrücke(n) und die Feldweite der Kranbahnträger bekannt sind. Für die unterstützenden Bauteile liegt der Entwurf vor. Die nächsten Schritte – Auswahl des statischen Systems der Kranbahn, Querschnittswahl, Schienenwahl, Entwurf der Stöße und Auflagerungen – werden im Folgenden beschrieben.

Es werden einige typische Konstruktionen vorgestellt, die sich in der Praxis bewährt haben. Weitere Konstruktionsvarianten, über die aus Umfangsgründen hier nicht berichtet wird, lassen sich [7], [9], [10] oder [11] entnehmen.

## 2 Das statische System des Kranbahnträgers

Zur Auswahl stehen Ein- oder Mehrfeldträger.

Wir betrachten zunächst die Biegemomente einer Kranbahn in einer sechsfeldrigen Halle der Länge  $6 \cdot l$ . Die Kranbahn wird durch eine zweiachsige Kranbrücke mit zwei gleichen Radlasten im Abstand  $0,6 \cdot l$  beansprucht. Alternativ kann die Kranbahn aus 6 Einfeldträgern, 3 Zweifeldträgern, 2 Dreifeldträgern oder einem Sechsfeldträger zusammengesetzt werden. Für die Varianten wurden die Biegemomente berechnet und auf das maximale Feldmoment des Einfeldträgers bezogen angegeben (Abb. 1).



Kranbahn als ...	max $M_{\text{Feld}}$	max $M_{\text{Stütz}}$
	in [%]; bezogen auf max $M_{\text{Feld}}$ Einfeldträger	
Einfeldträger	100 %	-
Zweifeldträger	84 %	-71 %
Dreifeldträger	83 %	-69 %
Sechsfeldträger	83 %	-69 %

Abb. 1: Biegemomente für eine Kranbahn über 6 Felder: (a) 6 Einfeldträger, (b) 3 Zweifeldträger, (c) 2 Dreifeldträger, (d) 1 Sechsfeldträger

Bewertung der Varianten:

- Einfeldrige Kranbahnträger haben die größten Biegemomente und erfordern daher den größten Materialeinsatz. Sie weisen aber auch Vorteile auf: Es gibt keine abhebenden Auflagerkräfte, sie sind setzungsunempfindlich und einfach montierbar.
- Zweifeldträger lassen sich meist aus einem Stück anfertigen (Lieferlänge für Walzerzeugnisse i.d.R. bis 18 m), biegesteife Stöße sind nicht notwendig. Die Schnittgrößen sind deutlich geringer als die des Einfeldträgers, aber kaum größer als diejenigen von Trägern mit mehr Feldern. Der Zweifeldträger erweist sich daher im Regelfall als eine wirtschaftliche und grundsätzlich empfehlenswerte Lösung. Als nachteilig könnte höchstens der Umstand angesehen werden, dass die Auflagerlasten

benachbarter Auflagerpunkte (= Kranstützen) unterschiedlich sind.

- c) Ein durchlaufend biegesteifer Kranbahnträger erfordert viele biegesteife Stöße (Kosten!). Bei sehr schwerem Kranbetrieb kann u.U. die Knicklosigkeit der Biegelinie des Trägers wichtig sein: sie fördert die Laufruhe der Kranbrücke.

### 3 Der Querschnitt des Kranbahnträgers

Ausgewählte Typen von Kranbahnquerschnitten sind in Abb. 2 dargestellt. Für welchen Querschnittstyp man sich schließlich entscheidet, hängt u.a. von der Größe der vertikalen und horizontalen Radlasten und der zu überbrückenden Spannweite, aber auch von den Möglichkeiten des fertigenden Stahlbaubetriebs ab.

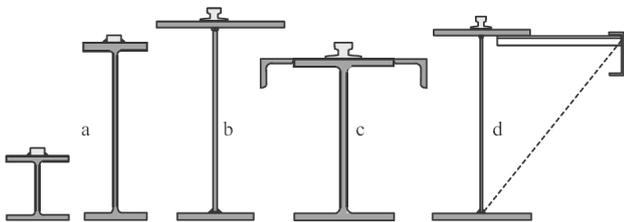


Abb. 2: Querschnittstypen für Kranbahnträger: (a) Walzprofile, (b) I-Schweißprofile, (c) zusammengesetzte Profile, (d) Träger mit Horizontalverband

#### a) I-Walzprofile

Welche Walzprofilreihen sind als Kranbahnträger für Brückenlaufkrane geeignet? Abb. 4 zeigt beispielhaft einen Tragfähigkeitsvergleich von Kranbahnträgern aus HEA, HEB und HEM Profilen. Das Beispiel ist in Abb. 4 (links oben)

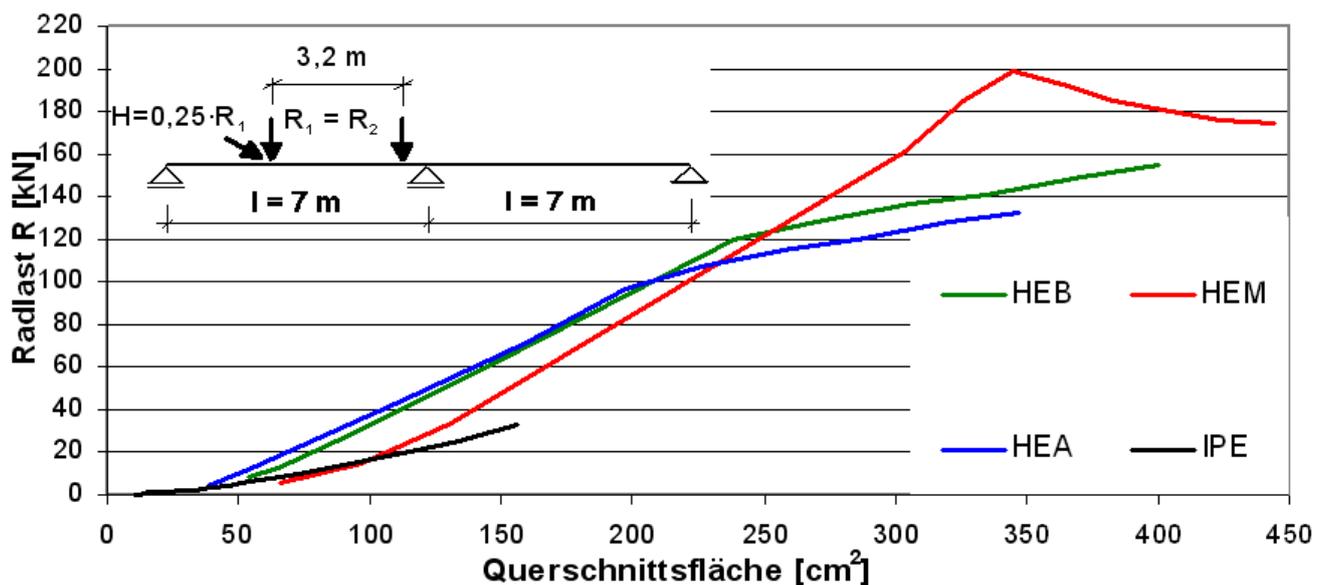


Abb. 4: Tragfähigkeitsvergleich (Gebrauchstauglichkeit berücksichtigt)



Abb. 3: Walzprofil mit aufgeschweißter Flachstahlschiene

skizziert. Dem Diagramm lässt sich entnehmen, welche Querschnittsfläche bei vorgegebener Radlast und Profilverleihe mindestens notwendig wäre. Übrigens: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit verhindern bei I-Walzprofilen in nicht wenigen Fällen eine spannungsmäßige Ausnutzung des Kranbahnquerschnitts [10].

- Kleine und mittelgroße HEA- und HEB-Profile bis ca. einen halben Meter Höhe sind als Kranbahnträger gleichermaßen gut geeignet.
- Der Einsatz größerer Walzprofile kann unwirtschaftlich sein, da sie wegen der auf ca. 30 cm begrenzten Flanschbreite ein zu geringes Verhältnis  $I_z/I_y$  besitzen. Wenn sich als Ergebnis der Bemessung ein Walzprofil höher als 50 cm ergibt, sollte man prüfen, ob nicht ein Schweißprofil (siehe Abb. 5) die wirtschaftlichere Lösung wäre.
- IPE-Profile eignen sich wegen ihrer geringen Quersteifigkeit unverstärkt nicht als Kranbahnträger für Laufkrane.
- Kleinere und mittlere HEM-Profile sind i.d.R. unwirtschaftlich, da sie eine zu gedrungene Form haben. Sie weisen jedoch eine sehr hohe Beulsteifigkeit der Stege und ein sehr hohes Torsionsträgheitsmoment auf. HEM-Profile können eingesetzt werden, wenn aus Platzgründen höhere HEA- oder HEB-Profile nicht in Frage kommen.
- Große HEM-Profile können dann zum Einsatz kommen,

wenn einerseits HEA- und HEB-Profile keine ausreichende Tragfähigkeit mehr besitzen und andererseits Schweißprofile, z.B. aus fertigungstechnischen Gründen, vermieden werden sollen.

## b) I-Schweißprofile, Dreiblechquerschnitte

Einfachsymmetrische I-Profile bestehen aus drei Blechen (Abb. 5). Dieser Querschnittstyp mit seinen 6 einzustellenden Maßen (3 Blechbreiten und 3 Blechdicken) kann den auftretenden Beanspruchungen besonders gut angepasst werden. Optimierte Dreiblechquerschnitte haben daher meist eine um mehr als 60% höhere Tragfähigkeit als querschnittsflächengleiche Walzprofile, siehe [10], Kap. 10.3.

Die obere Halsnaht sollte aus Gründen der Ermüdungssicherheit als K-Naht geplant werden. Bei einer ggf. ausgeführten Doppelkehlnaht darf i.d.R. kein Kontakt zwischen Steg und Obergurt unterstellt werden (DIN 4132, Kap. 4.1.2), siehe Abb. 6. Die untere Halsnaht ist nicht lokal beansprucht und kann deshalb als Doppelkehlnaht ausgeführt werden.

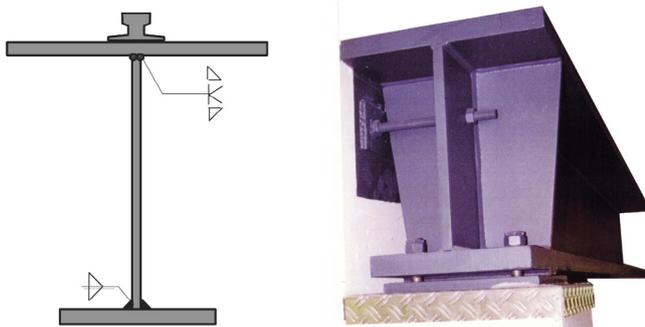
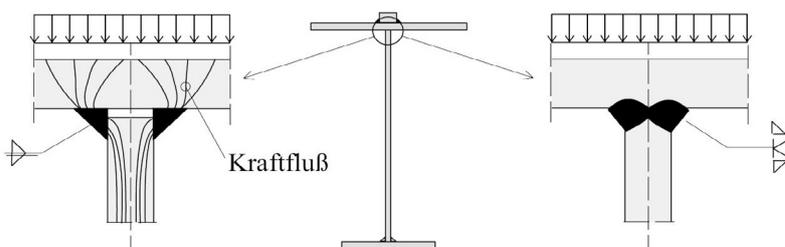


Abb. 5 I-Schweißprofile



a) Kehlnaht: nicht empfehlenswert

b) K-Naht: zweckmäßig

c) Kehlnaht



Abb. 6: Ausführung der oberen Halsnaht beim I-Schweißprofil: a) und c) mit Kehlnähten, ohne Druckkontakt (schlecht); b) mit K-Naht (empfehlenswert)

Untersuchungen mit Hilfe mathematischer Optimierungsalgorithmen [10] haben gezeigt, dass die Anwendung folgender Konstruktionsregeln zu annähernd gewichtsminimalen Trägerquerschnitten führen kann:

- Die Trägerhöhe kann innerhalb relativ weiter Grenzen frei gewählt werden, ohne dass dies einen bestimmenden Einfluss auf das minimale Trägergewicht hat. Dieses zunächst überraschende Ergebnis wird in [10], Kap. 10.2 detaillierter dargestellt. Bei Kranbahnträgern für schweren Betrieb kann das Verhältnis Trägerhöhe  $h$  zu Feldweite  $l$  im Bereich von  $1/15 < h/l < 1/8$  liegen. Bei weniger schwerem Betrieb können Werte  $1/25 < h/l < 1/10$  brauchbar sein.
- Der Obergurt von Kranbahnträgern bis hin zur Beanspruchungsgruppe B3 sollte – genügend Platz vorausgesetzt – so breit wie möglich (grenz  $b/t$ ) ausgeführt werden, um eine hohe Quersteifigkeit des Kranbahnträgers zu erreichen. Für Kranbahnen mit Beanspruchungsgruppen ab B4 gilt: Wegen der zu berücksichtigenden Exzentrizität der Radlasten beim Betriebsfestigkeitsnachweis und der sich daraus ergebenden Notwendigkeit einer höheren Torsionssteifigkeit des Obergurts sollte ein etwas gedrungener Obergurt vorgesehen werden.
- Der Untergurt ist an der Abtragung der an der Schiene angreifenden Horizontallasten kaum beteiligt. Er kann daher i.d.R. schwächer ausgebildet werden als der Obergurt. Je schwächer er gegenüber dem Obergurt ausfällt, desto höher steigen Schwerpunkt und Schubmittelpunkt des Gesamtquerschnitts nach oben, was sich wiederum günstig auf den hochbelasteten Obergurt auswirkt. Der Untergurt ist dann optimal dimensioniert, wenn für die ungünstigste Einwirkungskombination die Grenzspannungen an der Flanschunterseite erreicht werden. Im Regelfall ist es ausreichend, den Untergurtquerschnitt höchstens halb so groß wie den Obergurtquerschnitt auszubilden.
- Die Blechstärke des Stegs muss für die Aufnahme der Spannungen aus Radlasteinleitung und der Spannungen aus globaler Biegetragwirkung ausreichend sein. Der Steg muss außerdem eine ausreichende Sicherheit gegen Beulversagen unter der Radlast (Abb. 7) gewährleisten. Kranbahnstege ab der Beanspruchungsgruppen B4 müssen zusätzlich auch die Stegbiegespannungen aus exzentrischem Radlastangriff ermüdungsfrei übernehmen können.



Abb. 7: Stegbeulen eines Kranbahnträgers

Das Stegblech kann weiter ausgedünnt werden, wenn nicht mindestens eine dieser drei Bedingungen grenzwertig ist.

- Stahlgüte: Der Einsatz von S 355 anstatt S 235 ist wirtschaftlich zweckmäßig, wenn weder Durchbiegungsbeschränkungen noch die Ermüdungssicherheit querschnittsbestimmend werden.

### c) Mit Winkeln verstärkte I-Walzprofile

Mit gleichschenkligen oder ungleichschenkligen Winkeln verstärkte I-Walzprofile (Abb. 8) eignen sich ebenso gut wie 3-Blech-Schweißprofile als Kranbahnträger. Als Grundquerschnitt kommen IPE-, aber auch HEA-, HEB- oder sogar HEM-Profile in Betracht. Die Winkel erhöhen die Tragfähigkeit des Grundprofils beträchtlich. Das liegt u.a. daran, dass der U-förmige Obergurt den Schubmittelpunkt weit nach oben zieht und deswegen das Torsionsmoment aus der Horizontallast kleiner wird. Das zur Verstärkung verwendete Winkelprofil sollte so gewählt werden, dass im Bemessungsfall die Grenzspannungen sowohl an der Trägeroberseite als auch an der Trägerunterseite erreicht werden. Die Schweißnähte, mit denen Winkelprofile an Walzprofilen befestigt sind, sollen durchlaufend sein.

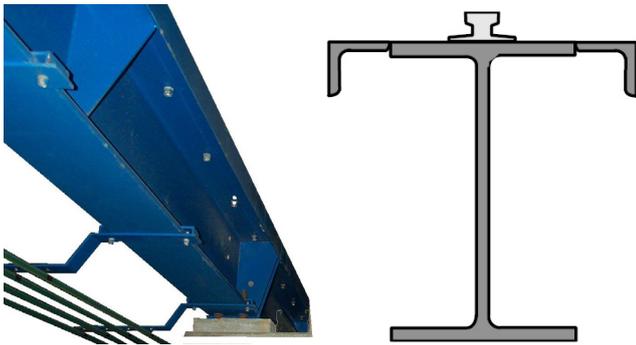


Abb. 8: Mit Winkeln verstärkte Walzprofile (links mit kerbgünstig angeklebten Anbauteilen).

### d) Träger mit Horizontalverbänden

Bei großen Spannweiten oder großen Querlasten sind die Obergurte der oben beschriebenen Profiltypen zuweilen nicht ausreichend für die Horizontalbeanspruchung. Durch den Einbau eines Horizontalverbandes in der Obergurtebene (Abb. 9) lässt sich in solchen Fällen eine ausreichende Quersteifigkeit erreichen. Der Horizontalträger wird in den meisten Fällen als fachwerkartiger Verband ausgeführt. Wenn darauf ein Gitterrost aufgelegt wird, kann er gleichzeitig als Laufsteg dienen. Die vertikale Aussteifung des Außengurtes des Horizontalverbandes kann z.B. durch eine Abstützung gegenüber dem Untergurt des Hauptträgers erfolgen (Abb. 9 oben).

Bei benachbarten Kranbahnträgern kann die Verbandswirkung durch eine Kopplung beider Träger erreicht werden (Abb. 9 unten).

Aus Gründen der Ermüdung kann es zweckmäßig sein, den Horizontalträger nicht an den Obergurt anzuschweißen, sondern im oberen Stegbereich des Hauptträgers zu montieren.



Abb. 9: Oben: Kranbahnträger mit Horizontalverband; Unten: Verband aus benachbarten Kranbahnen (Foto: Atlas Ward GmbH)

### Quersteifen

Häufig reicht es aus, im Auflagerbereich Quersteifen anzuordnen. Manchmal erzwingen dünne, hohe Stegbleche eine Anordnung von Beulsteifen auch im Feld. Bei leichtem und mittlerem Betrieb (Beanspruchungsgruppen B1 bis B3, evtl. auch B4) werden die Quersteifen an allen Seiten mit Kehlnähten mit dem Träger verbunden.

Bei Kranbahnträgern für schweren und schwersten Betrieb (BG B5 und B6) ist es aus Ermüdungsgründen nicht zulässig, die Quersteife – oder irgend etwas anderes mit Ausnahme einer Schiene – an den Obergurt anzuschweißen (DIN 4132, Kap. 5.3.3).

## Anbauteile

Anbauteile, die nichts mit der Tragwirkung zu tun haben, können den Kranbahnträger ergänzen. Ein Beispiel dafür sind die Halterungen, an denen die Schleifleitungen für die Stromversorgung angebracht sind (siehe Abb. 8 links). Bei der Planung solcher Bauteile ist unbedingt auf eine ermüdungsgerechte Montage zu achten. Der Schleifleitungshalter in Abb. 8 ist mittels Schrauben geklemmt – eine sinnvolle Vorgehensweise. Ein versehentlich an den Obergurt einer B6-Kranbahn angeschweißter Schleifleitungshalter hatte in einem Fall dagegen ein teures Nachspiel, da die Schweißnaht den Obergurt ermüdungsmäßig unzulässig stark schwächte.

## 4 Kranschienen und ihre Stöße

### 4.1 Gebräuchliche Schienenformen und ihre Befestigung

#### 4.1.1 Flachstahlschienen

Flachstahlschienen weisen einen rechteckigen Querschnitt auf, meist mit abgerundeten oberen Kanten (Abb. 10). Die Verbindung zum Kranbahnträger wird über zwei Kehlnähte hergestellt. Der Schienenwerkstoff muss deshalb schweißgeeignet sein. Vorzugsweise wird Baustahl S 355 wegen seiner gegenüber S 235 höheren Verschleißfestigkeit eingesetzt. Typische Abmessungen verfügbarer Flachstahlschienen sind Schienenkopfbreite  $k \times$  Höhe  $h$ :  $50 \times 30 \text{ mm}^2$  oder  $60 \times 40 \text{ mm}^2$ . Flachstahlschienen kommen bei kleinen bis mittleren Raddrücken zum Einsatz, wenn mit einer Auswechslung der Schiene nicht zu rechnen ist.

Nach DIN 18 800 ist die Kehlnahtdicke zu begrenzen ( $t$  und  $a_w$  in mm):

$$2 < a_w < 0,7 \cdot \min t$$

$$a_w \geq \sqrt{\max t} - 0,5 \text{ mm}$$

Da die als  $\max t$  in die Gleichung eingehende Schiendicke stets mindestens 30 mm beträgt, lässt sich aus der zweiten Bedingung eine Mindestdicke der Schienenkehlnaht von  $a_w = 5 \text{ mm}$  ableiten.

Grundsätzlich ist es im Sinne einer möglichst geringen Kerbwirkung wünschenswert, die Schienenkehlnähte durchlaufend vorzusehen. Aus Kostengründen werden jedoch auch nicht durchlaufende Kehlnähte geplant und ausgeführt (Abb. 9 rechts, 11 und 12). In folgenden Fällen wird jedoch dringend empfohlen, die Flachstahlschienen durchlaufend anzuschweißen:

- Bei einer Einstufung der Kranbahn in die Beanspruchungsgruppen B5 oder B6.
- Bei Gefahr der Unterrostung, z.B. durch Feuchte oder aggressive Dämpfe.
- Wenn die Schiene als statisch mitwirkend betrachtet werden soll.

Bei unterbrochen ausgeführten Schienenschweißnähten können die Schweißnahtabschnitte (Länge  $l \geq \min \{6 \text{ cm}; 6 \cdot a_w\}$ ) gegenüberliegend wie in Abb. 11 links angeordnet sein. Eine alternierende Positionierung wie in Abb. 11 rechts ist ebenfalls möglich.

#### 4.1.2 A-Kranschiene mit Fußflansch nach DIN 536-1

Kranschienen der Form A (Abb. 13) haben Schienenkopfbreiten von 45 mm bis 150 mm; entsprechend tragen sie die Bezeichnung A 45 bis A 150. Als Werkstoff kommt ein verschleißfester Stahl mit hoher Bruchfestigkeit zum Einsatz. Schienen der Form A sind universell sowohl für Räder mit Spurkränzen als auch für Räder ohne Spurkränze einsetzbar. Mittlere bis hohe Raddrücke sind ihr typischer Einsatzbereich.

A-Schienen werden meistens mit Klemmplatten am Kranbahnträger schwimmend befestigt. Sie sind daher leichter austauschbar als Flachstahlschienen. Zur Anwendung kommen meist einteilige oder mehrteilige, seitlich justierbare Klemmen (Abb. 14). Der Abstand benachbarter Klemmen reicht von 500 mm für kleine A-Schienen bis hin zu 800 mm bei großen Schienen [5].



Abb.10: Flachstahlschiene (a); ...aufgeschweißt auf ein Walzprofil (b; Foto: Alfred Klöckner); Riss in einer fehlerhaft berechneten und ausgeführten Schienenkehlnaht (c)

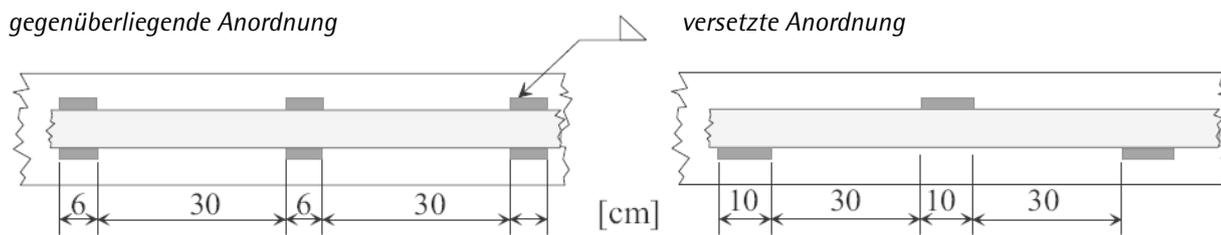


Abb. 11: Beispiele für nicht durchlaufende Schienenschweißnähte (Draufsicht)



Abb. 12: Abschnittsweise angeschweißte Flachstahlschiene  
(Foto: Atlas Ward GmbH)

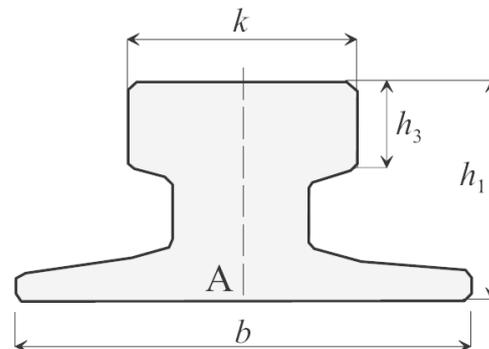


Abb. 13: Querschnitt einer Kranschiene Form A

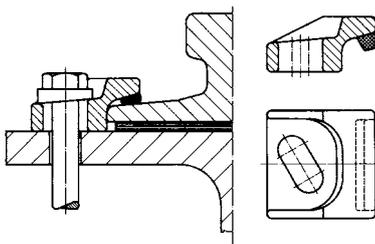


Abb. 14: Befestigung einer A-Schiene mit ausrichtbaren Klemmplatten [6] (links) und mittels zweiteiliger Klemmen (rechts)



### Elastische Schienenunterlagen

Da geklemmte Schienen und Kranbahnträger schwimmend miteinander verbunden sind, können beide Teile in der Berührungsfuge während des Kranbetriebs gegeneinander arbeiten. Der Einbau einer mindestens 6 mm dicken, längsgerillten, elastischen Hartgummi-Unterlage mit einer Shore-Härte von mindestens 90 ist besonders bei schwerem und schwerstem Kranbetrieb empfehlenswert. Erwünschte Wirkungen elastischer Schienenunterlagen sind:

- Der Kranbetrieb wird ruhiger, geräuschärmer und verschleißärmer.
- Der Reibwiderstand zwischen Schiene und Obergurt steigt und reduziert den Verschleiß durch Aushobeln.
- Die Lasteinleitungsbreite der Radlasten darf um 1/3 vergrößert werden, was eine Reduzierung der Radlastpresung um 25 % bedeutet.

### 4.2 Schienenstöße

Schienenstöße sollen so ausgeführt werden, dass einerseits bei der Überfahung eine ausreichende Laufruhe gewährleistet bleibt und andererseits ggf. erforderliche Längendehnungen des Schienenstrangs ermöglicht werden.

#### Offener Stoß (für Flachstahlschienen und Profilschienen)

Der Stumpfstoß (Abb. 15 a) mit seinem senkrecht zur Schienenachse ausgeführten Schnitt ist am einfachsten zu fertigen. Die Querlücken zwischen den Schienen führen beim Überfahren zu Stoßbelastungen und fördern damit den Verschleiß. Ein Verwalzen und Ausbrechen der Kanten ist oft nicht zu vermeiden; die Laufruhe bei der Überfahrt wird dadurch weiter verschlechtert. Deshalb wird der offene Stumpfstoß nur bei leichtem Betrieb und wenig benutzten Kranbahnen eingesetzt.

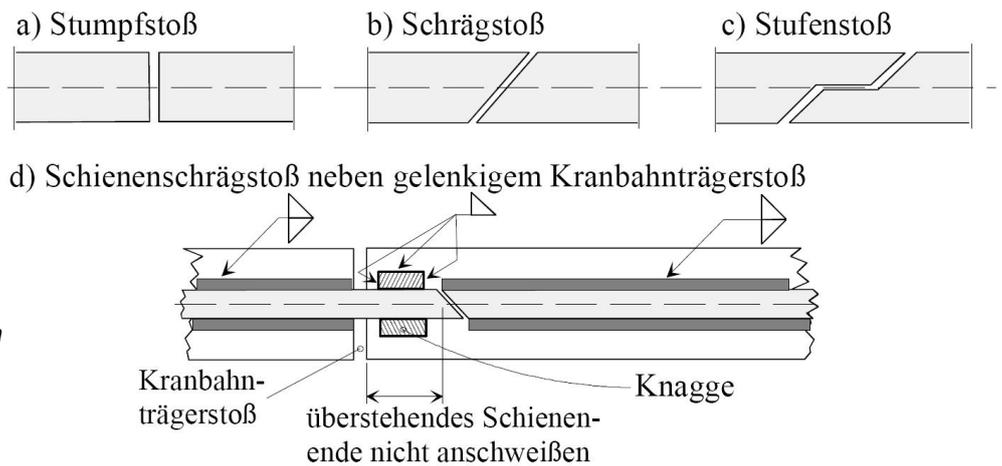


Abb. 15: Offene Schienenstöße bei Flachstahlschienen (Draufsicht)

Deutlich besser als ein Stumpfstoß ist der Schrägstoß (Abb. 15 b), bei dem der Schienenschnitt unter 45° geführt wird. Der stetige Schienenübergang führt zu besseren Laufeigenschaften des Krans. Abb. 16 links zeigt an Hand der Überfahrspuren, dass auch beim Schrägstoß eine gewisse Störung der Laufruhe unvermeidbar ist. Die Schienenspitzen können ausbrechen, weshalb sie manchmal in der Höhe leicht abgeschrägt werden. Der Schrägstoß ist die am häufigsten angewandte Stoßart.

Wenn bei längeren Kranbahnen Dehnungsfugen notwendig sind, so können sie als Stufenstoß (Abb. 15 c und 16 rechts) ausgebildet werden. Die Laufeigenschaften des Stufenstoßes sind nicht ganz so gut wie diejenigen des Schrägstoßes. Sie lassen sich etwas verbessern, wenn die Enden nicht senkrecht zur Schienenachse, sondern schräg (Abb. 15 c) wie beim Schrägstoß geschnitten werden. Bei schwerem Kranbetrieb können die Enden des gestuften Stoßes verhältnismäßig schnell zerstört werden.

Das an einem Kranbahnträgerstoß überstehende Ende einer Flachstahlschiene ist nicht anzuschweißen, sondern nur gegen seitliches Verschieben zu sichern (z.B. mit Knaggen, Abb. 15 d). Bei Profilschienen sind im Stoßbereich die

Klemmplattenabstände auf ca. 25 cm zu reduzieren. Das überstehende Ende der Profilschiene soll durch Knaggen geführt werden (Abb. 16 rechts). Das nicht überstehende Ende der Profilschiene soll so dicht wie möglich an der Schnittstelle durch Klemmen gehalten werden.

#### Verschweißter Stoß (Flachstahlschienen und Profilschienen)

Schienenstöße können auch als voll durchgeschweißte Stumpfstoße ausgebildet werden. Bei hohen Beanspruchungsgruppen (B5 und B6) ist der durchgeschweißte Stumpfstoß heute allgemein üblich. Ein verschweißter Stoß führt im Vergleich zum offenen Stoß zur bestmöglichen Laufruhe, er ist jedoch deutlich teurer. Wegen der für Profilschienen verwendeten höherfesten Stahlgüten mit wenig guter Schweißbarkeit ist es notwendig, ihre Stumpfstoße besonders sorgfältig auszuführen: Risse, die schon beim Erkalten entstehen können, sind zu vermeiden. Das unbehinderte Schrumpfen der Naht muss gewährleistet sein. Die Schweißarbeiten sollen von Spezialisten vorgenommen werden.

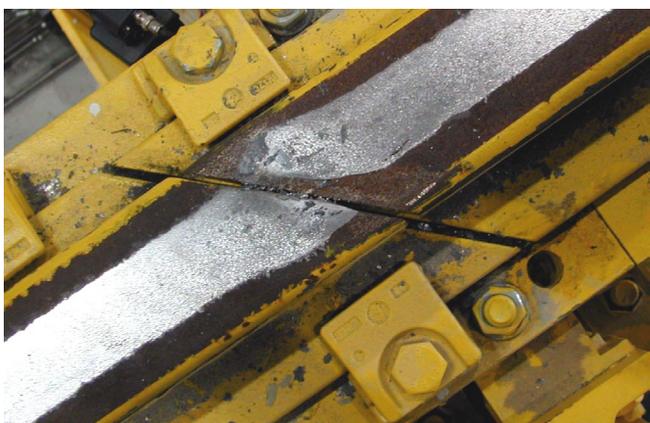


Abb. 16: Schrägstoß und Stufenstoß bei A-Schienen

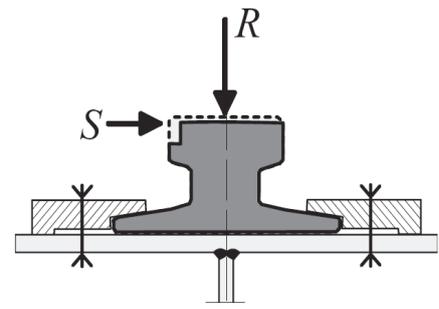


Abb. 17: Schadensfall: Zu hoher seitlicher Verschleiß am Schienenkopf

### 4.3 Verschleiß und Schäden an Schienen

Schienen und Radsätze erleiden beim Kranbetrieb infolge der Rad/Schiene-Reibung einen Verschleiß. Dieser Verschleiß ist bei Rädern mit Spurkränzen stärker als bei Systemen mit Spurführung über Seitenführungsrollen. Der Verschleiß kann durch Konstruktions-, Montage- oder Werkstofffehler sehr groß werden. Der in Abb. 17 dokumentierte Schadensfall machte ein Auswechseln der Schiene erforderlich. Der Schaden entstand, weil die Spurkränze – aus hier nicht näher erläuterten Gründen – gleichzeitig an beiden Kranseiten auf Kontakt anlagen. Das führte zu einem erhöhten Abrieb an den Schienenkopfflanken. Das auf dem Schienenfuß (Abb. 17 links) liegende schwarze, pulverförmige Material ist der Abrieb der Schiene. Abb. 17 Mitte zeigt einen Blick auf Steg und Kopf der beschädigten A-Schiene. Das seitlich an den Schienenkopf gehaltene Blech zeigt, wieviel Material am oberen, seitlichen Kopfbereich bereits abgetragen wurde. Abb. 17 rechts zeigt den Querschnitt der beschädigten Schiene.

## 5 Kranbahnträgerstöße

Stöße von Kranbahnträgern werden gerne an Auflagern vorgesehen. So wird vermieden, dass die Stoßkonstruktion Querkräfte zu übertragen hat.

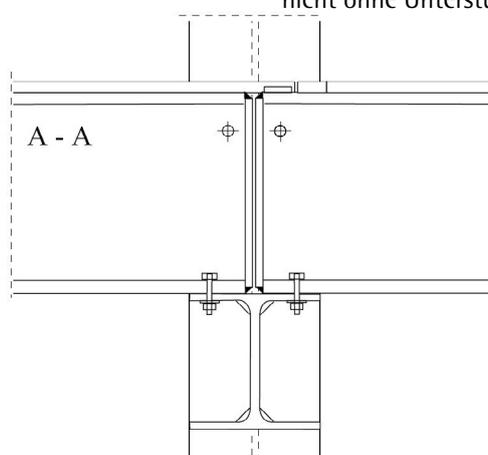
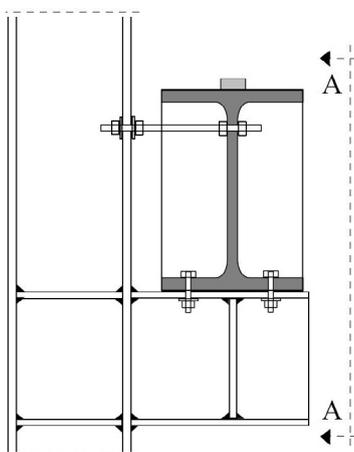


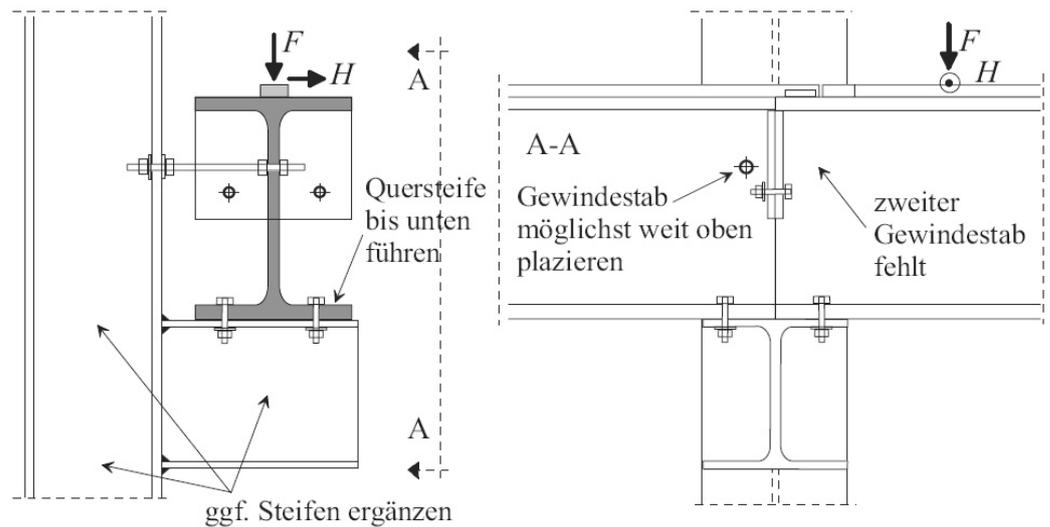
Abb. 18: Geeignete Ausführung eines gelenkigen Stoßes

#### a) Gelenkiger Stoß am Auflager ohne Querkraftübertragung

Bei der Konstruktion (Abb. 18) sollte folgendes bedacht werden:

- Auf beiden Seiten des Stoßes sollen die Horizontalkräfte in die Stütze abgeleitet werden. Mit der ungeeigneten Konstruktion aus Abb. 19 werden die Horizontalkräfte aus dem rechten Träger über die dafür nicht geeigneten Stirnplattenverbindungs-schrauben in den anderen Trägersteg geführt.
- Zwischen den Trägern sollte ein kleiner Spalt vorhanden sein, um Verformungen aus dem Neigungssprung der Trägerbiegelines zu ermöglichen.
- Eine verkürzte Stirnplatte, wie in Abb. 19 dargestellt, ist nicht empfehlenswert.
- Die Schrauben, mit denen zuweilen die beiden Stirnplatten verbunden werden, sind meistens für die Übertragung der Längskräfte z.B. aus Pufferanprall gedacht. Da diese Kräfte jedoch auch über die Auflagerung an den benachbarten Träger weitergegeben werden können, sind die Schrauben nicht wirklich nötig. Durch die Nachgiebigkeit der Stirnplatte behindern sie die an einem gelenkigen Auflager entstehenden Verformungen nicht übermäßig und sind daher auch nicht schädlich.
- Der Schienenstoß sollte gegenüber dem Kranbahnträgerstoß etwas versetzt werden, damit das freie Schienenende nicht ohne Unterstützung bleibt.

Abb. 19: Ungeeignete Ausführung eines gelenkigen Stoßes



Zuweilen können auch Stoßausführungen mit Laschen wie in Abb. 20 beobachtet werden. Eine solche stirnplattenlose Konstruktion ist aber nicht empfehlenswert:

- Laschen und Schraubenreihen passen nicht zur Annahme eines gelenkigen Stoßes. Der Steg wird durch Zwängungs-spannungen beansprucht, die zu Ermüdungsversagen führen können.
- Die Querschnittsaussteifung fehlt: Beulgefahr des Stegs unter der Radlast.

**b) Biegesteife Stirnplattenstöße am Auflager**

Biegesteife Stöße von Kranbahnträgern sind hinsichtlich Fertigung und Montage teurer als gelenkige Stöße. Sie werden durch zweiachsige Biegung dynamisch beansprucht, weshalb „Ringbuchstöße“ nicht ohne weiteres einsetzbar sind. Stöße mit überstehenden Stirnplatten sind im Auflagerbereich nicht möglich, weil schienenbedingt für Überstände nach oben kein Platz ist. Besonders im Zugbereich ist auf eine kerbarme Konstruktion zu achten. Sinnvollerweise werden nur hochfeste, vorgespannte Schrauben verwendet.

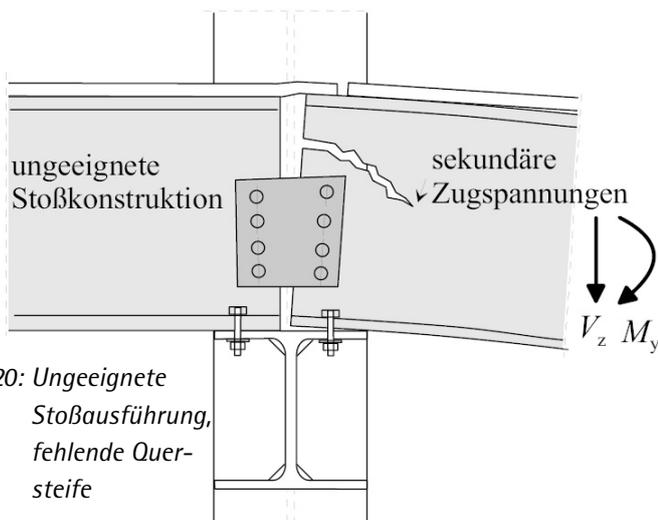


Abb. 20: Ungeeignete Stoßausführung, fehlende Quersteife

**c) Biegesteife Stirnplattenstöße im Feld**

Verlegt man den Stoß vom Auflager in die Nähe des Momentennullpunktes im Feld, so werden die zu übertragenden Biegemomente betragsmäßig deutlich geringer. Statt der hohen Biegemomente müssen nun – anders als bei Stößen am Auflager – Querkräfte mit wechselndem Vorzeichen übertragen werden. Die beiden Stirnplatten dürfen unter der Wirkung der Querkräfte nicht gegeneinander arbeiten. Diese Forderung wird durch geeignete Schraubenvorspannungen und ausreichend raue Stirnplattenoberflächen realisiert: GV-Verbindungen sind empfehlenswert. Nach DIN 4132 Kap. 4.5.1 sind auch SLP-Verbindungen zulässig, wegen der im Hinblick auf die Ermüdung relativ geringen aufnehmbaren Lasten und den Schwierigkeiten, auf der Baustelle Passverbindungen herzustellen, wird davon jedoch abgeraten. Wird dennoch eine SLP-Verbindung gewählt, so sollten die Schrauben vorgespannt werden.



## 6 Auflager

Auflagerungen sind auf Stützen oder Konsolen, auf Stahl oder auf Beton, im Ausnahmefall bei leichtem Kranbetrieb sogar auf Holz möglich [10]. Am Auflager sollten Kranbahnträger grundsätzlich durch Quersteifen verstärkt werden. Gerade bei kleinen Kranbahnträgerquerschnitten wird aus Kostengründen gerne darauf verzichtet. Dies ist jedoch nur möglich, wenn eine ausreichende Beulsicherheit des Stegs nachgewiesen wird und der Querschnitt erhalten bleibt. Abb. 21 zeigt eine typische und empfehlenswerte Auflagerung für Kranbahnen bei leichtem und mittlerem Kranbetrieb.

Folgendes sollte beachtet werden:

- Vertikale Radlasten werden als Kontaktdruckkräfte in die Konsolen abgeleitet.
- Der Steg ist über Gewindestäbe mit der Hallenstütze verbunden. Die Gewindestäbe werden so weit oben wie möglich positioniert und übertragen die Horizontallasten der Kranbahn als Zug- oder Druckkraft (Knicknachweis!). Der Gewindestab kann zwischen Stütze und Kranbahnsteg durch ein frei darüber geführtes Rohr gegen Druckkräfte verstärkt werden, falls das notwendig ist. Je ein Gewindestab ist an beiden Seiten der Auflagermitte vorzusehen, um eine planmäßige Torsionsbeanspruchung der Stütze wegen exzentrischer Krafteinleitung zu vermeiden.
- Der Untergurt des Kranbahnträgers ist mit Schrauben am Auflager befestigt. Diese Verbindung dient der Lagesicherung. Wenn abhebende Auflagerkräfte möglich sind, müssen die Schrauben dafür ausgelegt werden.
- Torsionsmomente werden als horizontales Kräftepaar über Längskräfte in den Gewindestäben und über Scherkräfte in den Schrauben am Untergurt abgetragen.
- Langlöcher an der Oberseite der Konsole quer zur Fahrtrichtung des Krans ermöglichen gemeinsam mit den Gewindestäben eine einfache seitliche Justierung des Kranbahnträgers.

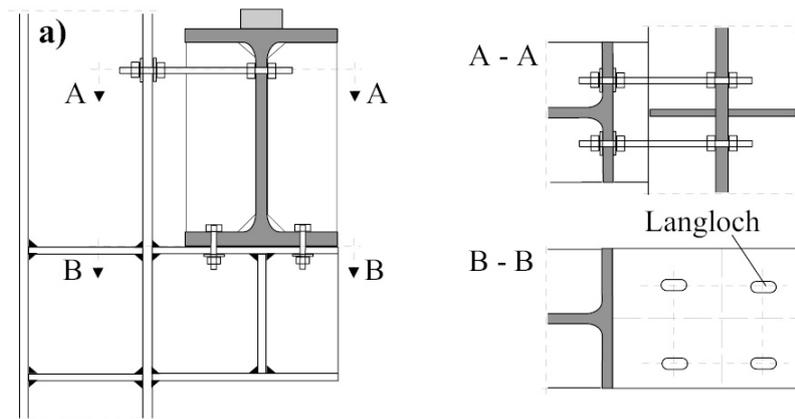


Abb. 21: Auflagerung eines Kranbahnträgers auf einer Konsole

- Bei der Montage sollten zum Höhenausgleich Futterbleche mit Langlöchern in abgestuften Dicken bereitgehalten werden.

Kranbahnträger werden öfters auch auf Stahlbeton-Konsolen aufgelagert. Abb. 23 zeigt eine mögliche Konstruktion. Die für den Kranbau viel zu großen Toleranzen im Stahlbetonbau müssen bei der Montage des Kranbahnträgers ausgeglichen werden können.

## 7 Ertüchtigung alter Kranbahnträger

Häufig sollen bereits bestehende, alte Krananlagen durch neue Kranbrücken mit höherer Hublast oder durch zusätzliche Kranbrücken aufgerüstet werden. Die Ertüchtigung soll möglichst ohne eine Auswechslung der Kranbahnträger erfolgen, lautet eine regelmäßig erhobene Forderung.

Welche Möglichkeiten gibt es?

- Wenn die bisher vorhandenen Kranbrücken Räder mit Spurkränzen aufweisen, können sie durch Systeme mit Seitenführungsrollen ersetzt werden. Die so auf ca. 60% reduzierten Horizontallasten schaffen Tragfähigkeitsreserven, die z.B. durch höhere vertikale Radlasten ausgenutzt werden können.

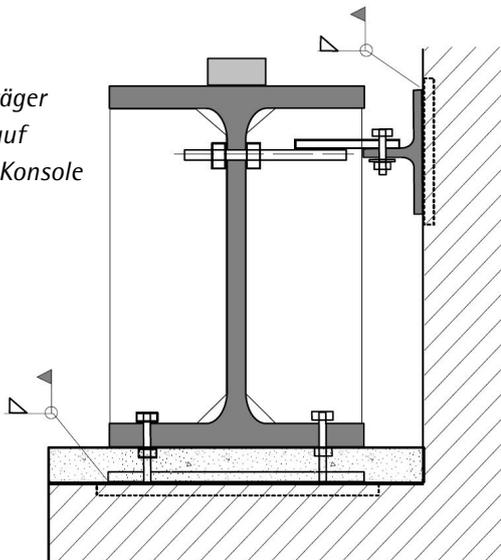


Abb. 22:

Links:  
Zweckmäßige Horizontalanbindung über Gewindestab

Rechts:  
Am Obergurt angeschweißte Laschen sind nicht empfehlenswert.

Abb. 23: Kranbahnträger  
– Auflager auf  
Stahlbeton-Konsole



- Durch Anschweißung von Winkeln an die Obergurte von Kranbahnträgern mit I-förmigem Querschnitt lässt sich eine erhebliche Tragfähigkeitsreserve aktivieren. Notfalls, bei fehlendem Platz auf einer Seite, kann auch eine einseitige Verstärkung des Kranbahnträgers mit Winkeln erwogen werden.
- Auch der Einbau einer elektronischen Steuerung der Kranbrücken kann in Erwägung gezogen werden. Die Steuerung könnte z.B. verhindern, dass zwei Kranbrücken gleichzeitig bestimmte Hallenbereiche befahren. Auch eine zu große Annäherung zweier Kranbrücken ließe sich evtl. ausschließen. So lassen sich besonders kritische Lastfälle u.U. vermeiden.

Ein Problem kann bei Kranhallen auftreten, deren Krane und Kranbahnen nach der alten, bis in die 70er Jahre des vergangenen Jahrhunderts gültigen DIN 120 (Vorläufnorm der DIN 15018) ausgelegt wurden. Nach DIN 120 waren die Horizontallasten geringer als nach DIN 15018. Beim Einbau neuer Kranbrücken sind die alten Stützen natürlich unter der Wirkung der neuen, höheren Horizontallasten nachzuweisen. Als Konsequenz daraus könnte im ungünstigsten Fall auch eine Verstärkung der Kranbahnunterstützungen und der Fundierungen notwendig werden.

## 8 Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag werden einige Konstruktionsregeln für Kranbahnträger zusammengestellt. In besonderem Maße kommt es darauf an, Kranbahnen so zu konstruieren, zu fertigen und zu montieren, dass ein ruhiger und verschleißarmer Betrieb möglich ist. Die ermüdungsgerechte Konstruktion ist eine Voraussetzung dafür, dass die Krananlage lange Zeit störungsfrei betrieben werden kann.

Die allermeisten Inhalte dieses Aufsatzes werden auch demnächst nach Einführung der Eurocode-Normen für Kranbahnen anwendbar bleiben.

Zusätzliche Themen, Details und weiterführende Hinweise zu Konstruktion, Berechnung und Bemessung von Kranbahnträgern nach DIN und Eurocode enthält das im Bauwerk Verlag Berlin neu erschienene Buch „Kranbahnen – Bemessung und konstruktive Gestaltung“ des Autors, das im Buchhandel zum Preis von 39,00 € erhältlich ist (ISBN-Nr. 3-89932-041-7).



## Schrifttum

- [1] DIN 4132 Kranbahnen; Stahltragwerke; Grundsätze für Berechnung, bauliche Durchbildung und Ausführung; Ausgabe 02/1981
- [2] DIN 18 800 Stahlbauten – Teile 1 bis 3; Ausgabe 11/1990
- [3] StahlbauAnpRL Anpassungsrichtlinie Stahlbau; Anpassungsrichtlinie zu DIN 18800 Teil 1 bis 4, Stahlbauten (Ausgabe 1990–11); Ausgabe 10/1998
- [4] BGV D6 (bisher: VBG 9) Unfallverhütungsvorschrift Krane; Berufsgenossenschaftliche Vorschrift; Ausgabe 1.7.2001
- [5] VDI-Richtlinie 3576 (Entwurf) Schienen für Krananlagen – Schienenverbindungen, Schienenbefestigungen, Toleranzen; Ausgabe 07/1995
- [6] RIW Maschinenbau GmbH; RIW-Krannormteile; V. Auflage, Duisburg 1999
- [7] v. Berg, D.; Krane und Kranbahnen, 2. Auflage, Stuttgart 1989
- [8] Osterrieder, P, Richter, S.: Kranbahnträger aus Walzprofilen; Vieweg Verlag, 2. Auflage, Wiesbaden 2002
- [9] Petersen, C.: Stahlbau; Vieweg Verlag, 3. Auflage, Wiesbaden 1994
- [10] Seeßelberg, C.: Kranbahnen – Bemessung und konstruktive Gestaltung; Bauwerk Verlag Berlin 2005; ISBN 3-89932-041-7
- [11] Warkenthin, W.: Tragwerke der Fördertechnik 1; Vieweg Verlag, Wiesbaden 1999

### Autor dieses Beitrags

Prof. Dr.-Ing. Christoph Seeßelberg, Fachhochschule München, Studienrichtung Stahlbau und Gestaltungstechnik, Karlstraße 6, 80333 München.  
E-Mail: seesselberg@stahlbaustudium.de