

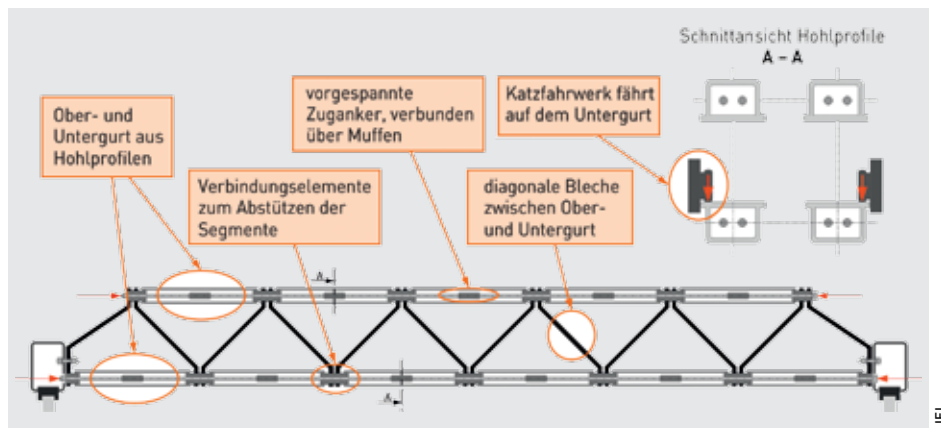
# Die modulare Kranbrücke

## Ein neuartiges Baukastensystem für den Brückenkran

Heutige Brückenkrane bestehen üblicherweise aus gewalzten Profil- oder geschweißten Kastenträgern, deren Herstellung und Transport sehr aufwändig sind. Um für dieses Problem eine Lösung zu finden, wird zurzeit am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme des Karlsruher Instituts für Technologie ein neuartiges Konzept entwickelt und untersucht, in dessen Fokus ein modular aufgebauter Brückenkranträger steht.

Die Herstellung und der Transport von Brückenkränen sind sehr zeit- und kostenintensiv. Die besonderen Herausforderungen ergeben sich aus den großen Dimensionen der Kranbrücken, die heute als gewalzte Profil- oder geschweißte Kastenträger in einem Stück gefertigt werden. Zum einen benötigt die Herstellung viel Hallenfläche, zum anderen können die großen und gewichtigen Kranträger oft nur mit Schwertransporten an ihren Einsatzort verbracht werden. Vor allem bei längeren Strecken stoßen solche Transporte u. U. an die Grenzen der Infrastruktur sowie auf bürokratische Hürden [1,2].

Das Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) hat diese Problematik vertiefend untersucht und ein neuartiges Konzept für einen modular aufgebauten Kranträger entwickelt. Auf der Basis dieses Baukastensystems aus standardisierten Einzelteilen kann die Kranbrücke kostengünstig als Massenprodukt gefertigt werden. Auch der Transport vereinfacht sich im Vergleich zum herkömmlichen Kranträger, da die Bauteile auf wenigen Europool-Paletten zum Einsatz-/Montageort transportiert werden. Beispielsweise kann eine 20 m lange Kranbrücke – anstatt wie üblich mit Sattelschlepper



1 Prinzipskizze des neuartigen Kranträgerkonzepts

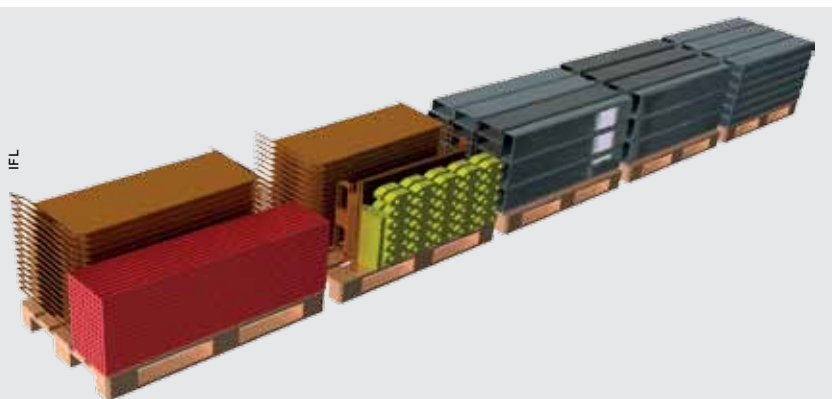
oder Spezialtransporter – auf nur fünf Europool-Paletten (Bild 1) mit einem kleinen Lkw zum Aufstellort gebracht werden.

### Grundsätzlicher Aufbau als Fachwerkkonstruktion

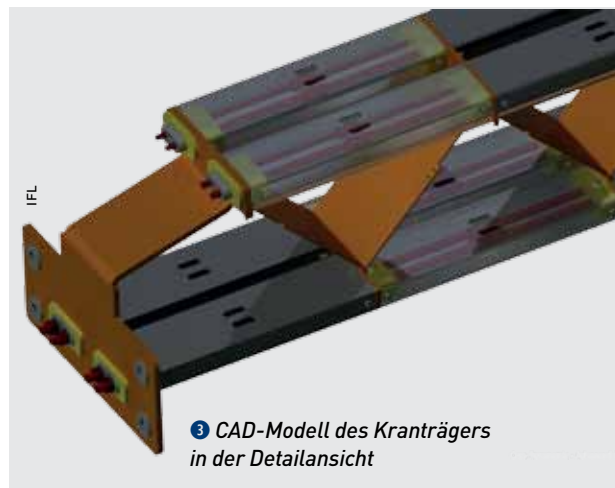
Die neue modulare Kranbrücke (Bild 2) ist in Anlehnung an eine zweidimensionale Fachwerkkonstruktion aufgebaut, zusammengesetzt aus Ober- und Untergurt, die über diagonale und senkrechte Bleche miteinander verbunden werden. Ober- und Untergurt bestehen jeweils aus zwei Reihen von bis zu 1,2 m langen Hohlprofilen. Die Räder der Katze verfahren auf den äußeren Kanten der Hohlprofile des Untergurts. An den Knotenpunkten zwischen den Blechen und den Profilen werden entsprechende Verbindungselemente eingesetzt, die die Bauteile gegeneinander abstützen.

Eine Besonderheit des neuen Trägers ist die Art, wie die Baueile miteinander verbunden sind. Anstelle von Schweißnähten wird die komplette Konstruktion durch Zuganker zusammengehalten. Diese Zuganker bestehen aus einzelnen Gewindestangen, die mit Hilfe von Muffen zusammengefügt und an ihren Enden über Muttern mit der Kranbrücke verspannt werden (Bild 3). Jeweils vier dieser Zuganker im Ober- und im Untergurt erstrecken sich über die gesamte Kranbrückenlänge.

Damit die Spannweite der Kranbrücke stufenlos variiert werden kann, muss die Längen Anpassung des Trägers besonders berücksichtigt werden. Die Herausforderung bei der Längen Anpassung besteht vor allem darin, dass eine stufenlose Änderung der Blechwinkel fertigungstechnisch nur schwierig realisierbar ist. Deshalb wird an einer Seite der Kranbrücke ein Kasten



1 Neues Trägerkonzept: Bauteile für einen Brückenkran mit einer Spannweite von 20 m und einer Tragfähigkeit von 16 t, verladen auf fünf Europool-Paletten



3 CAD-Modell des Kranträgers in der Detailsicht



4 Gesamtansicht der Kranbrücke mit integriertem Schaltschrank links

aus vier zueinander senkrechten Blechen hergestellt. Diese Bleche und die entsprechenden Hohlprofile sind damit die einzigen Komponenten, die – im Unterschied zu den Standardteilen aus dem Baukastensystem – für jede Kranbrücke individuell hergestellt werden müssen. Der aus den vier Blechen entstehende Kasten kann als Schaltschrank zur Unterbringung der Spannungsversorgung und der Steuerungstechnik dienen (Bild 4).

### Statisches und dynamisches Verhalten

Betrachtet man die Spannungen, die in einem reinen Strebenfachwerk bzw. Biegebalken bei einer Belastung auf dem Untergurt auftreten, so stellt man fest, dass im Untergurt aufgrund der Belastung und des Eigengewichts stets Zugspannungen und im Obergurt Druckspannungen entstehen. Bei dem hier vorgestellten Konzept würde es hierdurch zum Klaffen zwischen den Segmenten im Untergurt kommen. Um dieses Klaffen zu vermeiden und gleichzeitig die wirkenden Normalkräfte im Obergurt zu begrenzen, werden die Zuganker im Untergurt stärker als die Zuganker im Obergurt vorgespannt. Daraus ergibt sich die Besonderheit, dass die Kranbrücke im unbelasteten Zustand leicht nach oben gebogen ist.

Das neue Konzept wurde zunächst exemplarisch an einem Kranträger mit einer Spannweite von 20 m und einer Tragfähigkeit von 16 t sowie bei einem Kran mit einer Spannweite von 6,1 m und einer Tragfähigkeit von 3,2 t umgesetzt. Die Abmessungen der Segmente wurden hierbei jeweils so ausgewählt, dass möglichst kleine Durchbiegungen bei möglichst wenig Gewicht erreicht werden konnten. Zur Beurteilung der auftretenden Spannungen und des Verhaltens bezüglich Durchbiegung und Eigenfrequenz wurden umfassende numerische Simulationen mithilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) durchgeführt. Hierbei zeigte sich, dass sowohl für die Bleche als auch für die Hohlprofile bei Verwendung eines Stahls der Sorte S355 keine überhöhten Spannungen auftreten. Die Durch-

biegungen und Eigenfrequenzen befinden sich ebenfalls im empfohlenen Bereich der gültigen Normen für Brückenkranen (DIN EN 13001 [3,4,5] bzw. ISO 22986 [6]).

### Nutzervorteile des Baukastensystems

Der modulare Aufbau ermöglicht eine vergleichsweise einfache Realisierung der Kranbrücke als Baukastensystem. Die benötigten Abmessungen der einzelnen Bauteile werden wesentlich von den auftretenden globalen und lokalen Spannungen durch die Last am Kran beeinflusst, während vor allem die Höhe des Gesamtträgers die erforderliche Trägersteifigkeit sicherstellt. Erste Untersuchungen haben gezeigt, dass sich durch den Einsatz weniger unterschiedlicher Profilgrößen und Blechgeometrien bereits eine große Bandbreite für Tragfähigkeiten und Spannweiten der Kranträger abdecken lässt.

Mit dem neuen Tragwerkkonzept ergeben sich sowohl für die Hersteller als auch für die Nutzer von Krananlagen einige wesentliche Vorteile. Dank des Baukastensystems ist beispielsweise erstmals eine Massenfertigung von Kranbrücken möglich. Somit können die Herstellungskosten reduziert werden, da keine großen Hallen zum Fertigen von Profil- und Kastenträgern mehr erforderlich sind. Vorteile ergeben sich auch in der Transportlogistik: Anstelle eines kosten- und zeitintensiven Schwertransports können die auf Paletten geladenen Einzelteile der Kranbrücke in kleinen Lkw transportiert werden. Durch die Produktion auf Lager und den Wegfall der aufwändigen Transportplanung lässt sich die Zeit zwischen Bestellung und Montage für den Kunden drastisch reduzieren. Vorzüge des kompakten Transports zeigen sich bei der Montage und Demontage von Kranbrücken an schwer zugänglichen Stellen, beispielsweise im Kraftwerks- und Schiffbau, oder an abgelegenen Orten, z. B. im Gebirge. Außerdem kann die Kranbrücke aus dem Baukastensystem wegen ihrer einfachen Montage, Demontage und Wiederverwendbarkeit auch für temporäre Krane, z. B. auf Baustellen, verwendet werden.

### Fazit und Ausblick

Die bisherigen Untersuchungen des Brückenkranträgers haben gezeigt, dass der neuartige Aufbau sowohl in der Produktion als auch im Transport große Potenziale bietet. Im nächsten Schritt des Forschungsprojekts soll ein Prototyp aufgebaut werden, der zur Validierung des Montagekonzepts sowie des statischen und dynamischen Verhaltens der neuen Konstruktion dient. Anhand von realen Bauteilen soll die Betriebsfestigkeit des Krans untersucht werden. Weitere geplante Untersuchungen betreffen die Erstellung eines Baukastensystems für den Träger sowie eine detaillierte Betrachtung des Schwing- und Dämpfungsverhaltens.

### Literatur

- [1] Golder, M.: Ein Beitrag zur Kostenabschätzung für Brückenkranträger in Kastenbauweise auf Basis ihrer Bemessungsgrundlagen und Dimensionierungsnachweise. Universität Karlsruhe, Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme, Dissertation 2004.
- [2] Ausschuss Multimodaler Schwergutverkehr der BSK e.V.: Masterplan Schwergut. Frankfurt am Main: Bundesfachgruppe Schwertransport und Kranarbeiten 2015.
- [3] DIN EN 13001-1 Krane – Konstruktion allgemein – Teil 1: Allgemeine Prinzipien und Anforderungen. Berlin: Beuth-Verlag 2015.
- [4] DIN EN 13001-1 Krane – Konstruktion allgemein – Teil 2: Lasteinwirkungen. Berlin: Beuth-Verlag 2014.
- [5] DIN EN 13001-1 Krane – Konstruktion allgemein – Teil 3-1: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Stahltragwerken. Berlin: Beuth-Verlag 2013.
- [6] ISO 22986 Cranes – Stiffness – Bridge and gantry cranes. Genf: International Organization for Standardization 2007.

#### M.Sc. Steffen Bolender,

wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) am Karlsruher Institut für Technologie



#### Dr.-Ing. Meike Braun,

Abteilungsleiterin der Fachabteilung „Lager- und Fördertechnik“ des IFL am Karlsruher Institut für Technologie



#### Prof. Dr.-Ing. Markus Golder,

Mitglied der Institutsleitung des IFL und Inhaber des Lehrstuhls für Sichere mechatronische Systeme der Intralogistik am Karlsruher Institut für Technologie

