

Master-Thesis Engineering, Fachgebiet Civil Engineering and Building Technology

Windeinwirkung und Systemantwort von Turmdrehkränen

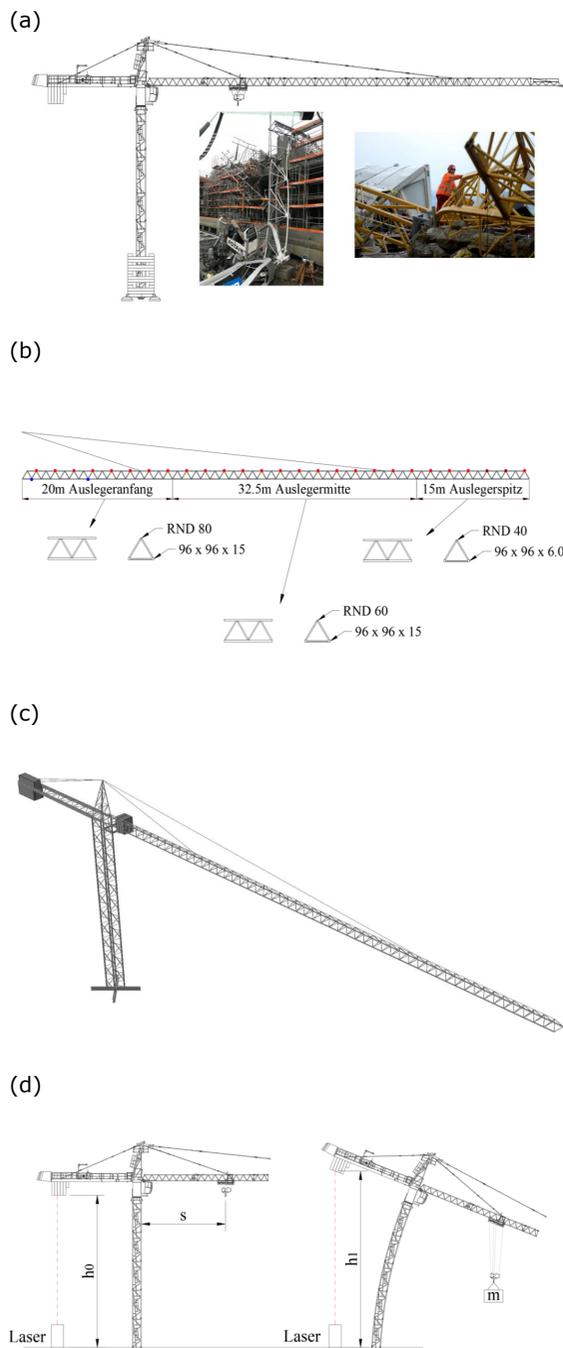


Bild 1: Der Potain MD 238 J12 und zwei Schadensfälle (a) Modellierung der Baugruppen in Abaqus (b) Zusammenstellung des Krans in Abaqus (c) Plausibilitätskontrolle des FEM-Modells mit Verformungsvergleich zum «Modellkran» (d)

Problemstellung

In der Vergangenheit gab es in der Schweiz eine Vielzahl von Schadensfällen mit Baukränen, bei welchen es zum Versagen der Standfestigkeit aufgrund von Sturmereignissen kam. Die bei böigen Wind auftretenden turbulenten Luftwirbel, werden in den europäischen Kranbaunormen als konstante Windgeschwindigkeiten vereinfacht, deren Betrag in der Höhe zunimmt. Zudem wird angenommen, dass das Tragwerk ausreichend steif und daher schwingungsunempfindlich ist.

Das ist bei Bauwerken dieser Art jedoch nur dann der Fall, wenn die erste Eigenfrequenz > 2 Hz ist. Aufgrund der Geometrie und Massenverteilung des Tragwerks, ist diese Annahme jedoch kritisch zu hinterfragen. Es muss daher nachgewiesen werden, ob eine rein quasi-statische Betrachtung der Windeinwirkung, ohne Berücksichtigung aerodynamischer Auswirkungen, tatsächlich der Realität entspricht und in welchem Ausmass der Kran dynamischen Ein- und Auswirkungen durch den Wind ausgesetzt ist.

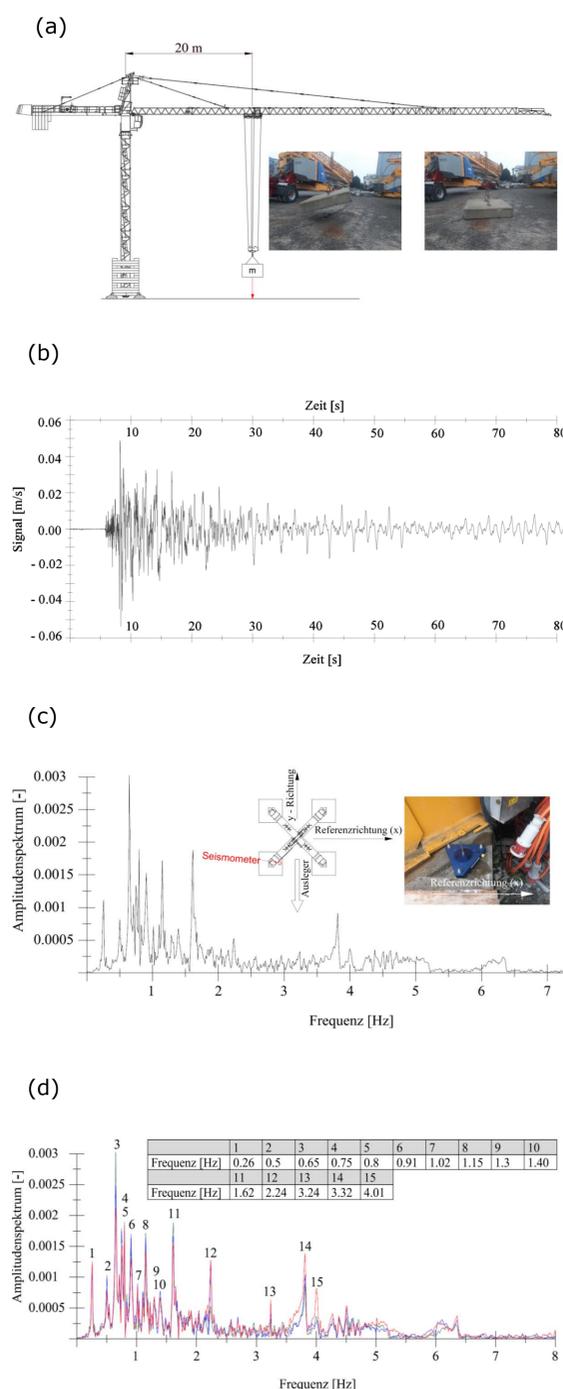


Bild 2: Versuchsaufbau zur Schwingungsanregung (a) Erfasste Signale nach Schwingungsanregung (b) Fast-Fourier-Transformation zur Ermittlung der Eigenfrequenzen (c) Überlagerung der drei Versuche und Bestimmung der Eigenfrequenzen (d)

Lösungskonzept

Um die unterschiedlichen normativen Ansätze zur Windeinwirkung vergleichen zu können, müssen die Vorgaben der SIA, des Eurocodes und der Kranbaunormen hergeleitet werden. Weiter müssen, um mögliche Einflüsse von Resonanzüberhöhungen bestimmen zu können, die Eigenfrequenzen des Krans ermittelt werden. Dies zum einen mittels Schwingungsanalysen eines FEM-Programmes und zum anderen anhand eines Messprogramms, mit welchem Schwingungsmessungen an einem Baukran durchgeführt werden können. Mit Hilfe der versuchs-technisch bestimmten Eigenfrequenzen soll das komplexe FEM-Modell erweitert und kalibriert werden.

Anhand der Ergebnisse, können die dynamischen Windeinwirkungen und die Systemantwort nach SIA 261 und DIN EN 1991-1-4 (Eurocode) berechnet und mit den Vorgaben der Kranbaunormen verglichen werden. Die daraus resultierenden Erkenntnisse dienen als Grundlage, diese Ansätze kritisch zu hinterfragen.

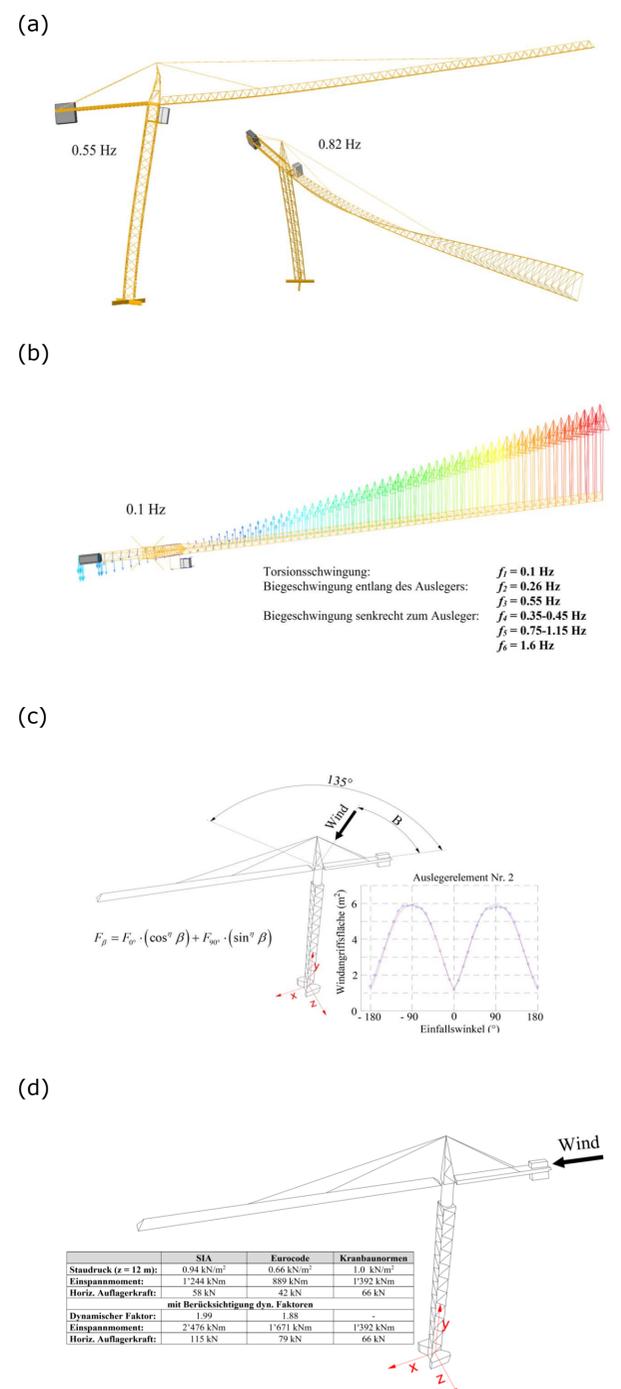


Bild 3: Zwei Haupt-Eigenfrequenzen (a) Resultierende Eigenfrequenzen mittels FEM-Programm (b) Ermittlung der Windangriffsfläche anhand des Einfallswinkels (c) Vergleich der Reaktionslasten mit und ohne Berücksichtigung des dynamischen Faktors (d)

Folgerungen

Die Ergebnisse aus Messungen und FEM-Berechnungen zeigen klar, dass zumindest der untersuchte «Modellkran» aufgrund des Frequenzbereiches seiner ersten Eigenfrequenzen, sowie seiner schlanken Tragstruktur, anfällig auf böen-induzierte Schwingungen und die daraus folgenden Resonanzüberhöhungen ist.

Ein möglicher nächster Schritt wäre eine Zeitverlaufsrechnung mittels Leistungsspektrum, mit welchem ebenfalls das nichtlineare Verhalten des sich im Wind drehenden Oberwagens berücksichtigt werden kann. Jedoch kann bereits jetzt festgehalten werden, dass die vereinfachten Annahmen der Kranbaunormen im Bereich dynamischer Windeinwirkungen unvollständig sind.

Patrik Moser

Betreuer:
Dr.-Ing. (TH) Michael Baur

Betreuer:
Dr. sc. techn. (EPFL) Pierino Lestuzzi