



DIE WISSENSLÜCKE ÜBERBRÜCKEN

Wie Structural Health Monitoring zum Schutz der Brücke über den Großen Belt in Dänemark beiträgt



Die Brücke über den Großen Belt in Dänemark, eine der längsten Hängebrücken der Welt, profitiert dank Messtechnik von Kistler von einer Überwachung und Optimierung des Bauzustands.

Empfindliche Bauwerke wie Brücken müssen kontinuierlich überwacht werden – aber wie lässt sich das am besten erreichen? Mit der richtigen Messtechnik können strukturelle Veränderungen erkannt werden, lange bevor Infrastrukturen in einen kritischen Zustand geraten. Auf der Brücke über den Großen Belt in Dänemark ist seit 1998 ein System von Kistler im Einsatz, das die Schwingungen des Bauwerks und die Eigenfrequenz der Tragseile misst – wichtige Parameter zur Beurteilung des Zustands dieser sensiblen Verbindung.

Der Klimawandel führt zu Wetterextremen wie Temperaturschwankungen, Starkregen und starkem Wind, so dass die Wahrscheinlichkeit steigt, dass wertvolle Infrastrukturen an ihre Grenzen stoßen. Obwohl alternde Brücken besonders anfällig für strukturellen Verfall sind, kann die Zustandsüberwachung auch zum Schutz von Bauwerken aller Art beitragen – von Windkraftanlagen bis hin zu historischen Denkmälern. Geeignete Sensoren zur Messung von Parametern wie der Beschleunigung sind unerlässlich, um Daten zu sammeln, die Aufschluss über den tatsächlichen Zustand eines Bauwerks geben.

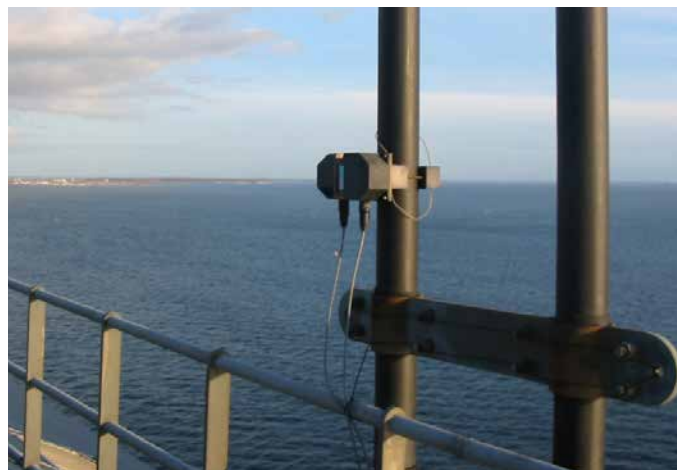
Genau diese Lösung wurde für die Brücke über den Großen Belt ("Storebæltsbroen") in Dänemark gewählt. Der als Ostbrücke bekannte Abschnitt ist eine der längsten Hängebrücken der Welt, mit einer freien Spannweite von 1.624 Metern und zwei Pylonen, die 254 Meter hoch sind. Dank ihrer lichten Höhe von 65 Metern ist die Ostbrücke ("Østbroen") gerade hoch genug, damit die aktuell größten Kreuzfahrtschiffe unter ihr hindurchfahren können.

Spezielle Sensoren zur Messung niedriger Frequenzen

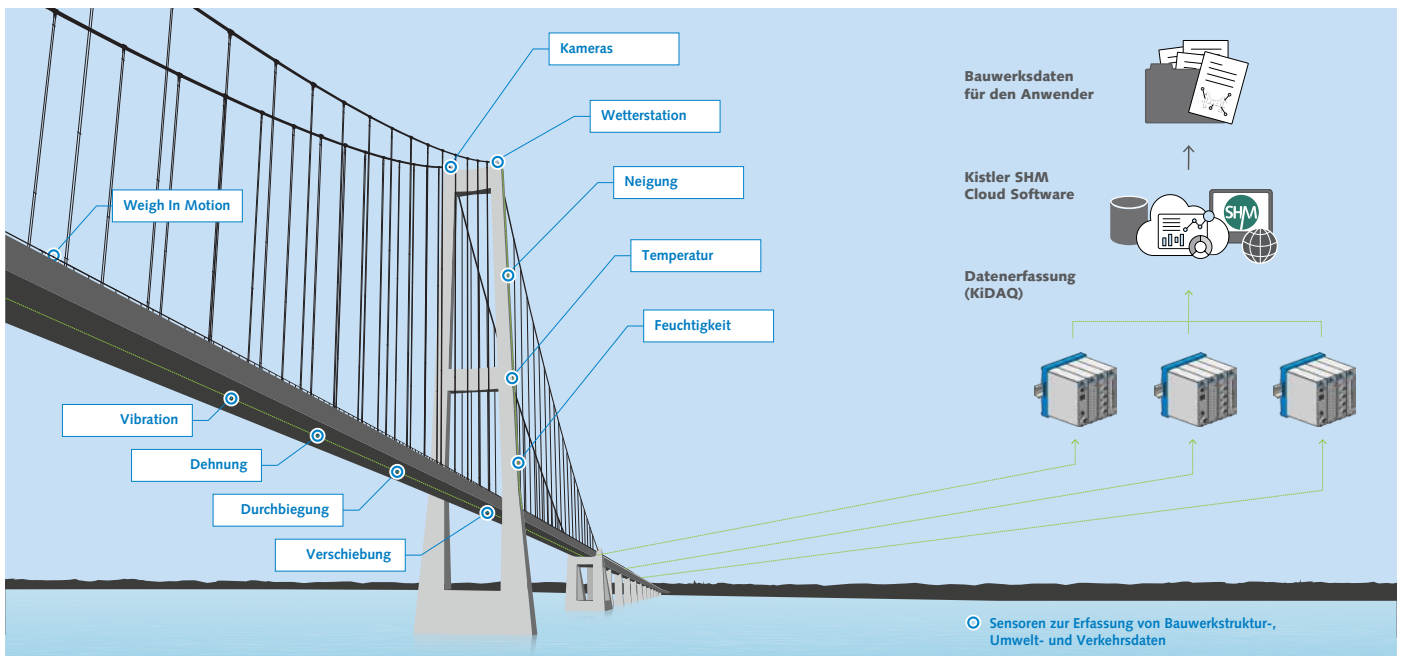
Wie ist es möglich, die strukturelle Integrität eines so großen Objekts zu überwachen? Und was waren die Herausforderungen? Erik Nielsen, Vertriebsingenieur bei Kistler, erzählt die Geschichte: „Wir haben damals zwei Messsysteme installiert: ein System zur Messung der Eigenfrequenz der vertikalen Tragseile und ein weiteres im Inneren des Hauptspannwerks. Sowohl die Frequenzen als auch die g-Kräfte sind hier sehr niedrig, so

dass die größte Herausforderung darin bestand, die Signale von anderen Schwingungen zu isolieren – z.B. von denen der Fahrzeuge, die die Brücke überqueren.“

Die Lösung von Kistler erfüllte diese Anforderungen durch die Kombination spezieller niederfrequenter K-Beam-Beschleunigungssensoren mit Tiefpassfiltern, um Frequenzen von 1 Hz innerhalb der Brücke und 10 Hz an den Tragseilen abzudecken. Zur weiteren Isolierung der Signale von verkehrsbedingten Schwingungen wurden mechanische Dämpfer für die in der Hauptspannweite integrierten Sensoren hinzugefügt. Nielsen weiter: „Anwendungen zur Zustandsüberwachung und zur Überwachung des baulichen Zustands erfordern im Allgemeinen einen starken Fokus auf die Signalaufbereitung. Um wertvolle Daten zu gewinnen, braucht man nicht nur die richtigen Sensoren, sondern muss auch die gesamte Messkette optimieren, nicht nur in Bezug auf Signalqualität und -übertragung, sondern auch bei der Datenerfassung und -auswertung.“



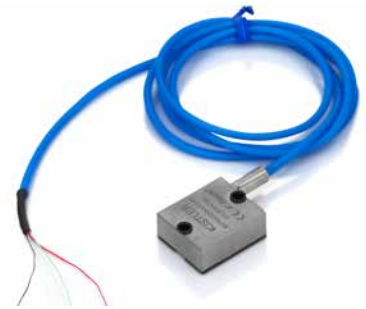
Die Messsysteme (inkl. Beschleunigungssensor, Filter und Signalübertragung) an den vertikalen Tragseilen wurden in speziellen Gehäusen installiert, um eine langfristige Robustheit unter rauen Wetterbedingungen zu gewährleisten.



Das SHM-System besteht aus einer cloudbasierten Software, dem Datenerfassungssystem KiDAQ und einer breiten Palette von Sensoren zur Messung von Struktur-, Umwelt- und Verkehrsparametern.

Robustheit und Signalaufbereitung sind entscheidend

Um den rauen Witterungsbedingungen am Großen Belt standzuhalten, wurden die Sensoren, Filter und Sender in ein spezielles glasfaserverstärktes Gehäuse eingebaut (siehe Bild). „Diese extrem robusten Gehäuse sind auch nach 25 Jahren noch in gutem Zustand“, fügt Nielsen hinzu. Die Übertragung der Signale an das Datenerfassungssystem im Kontrollzentrum erfordert eine Umwandlung in ein Stromsignal (4–20 mA). „Einige der Sensoren benötigten Kabellängen von über 800 Metern, so dass wir spezielle, rauscharme Kabel und eine ausgeklügelte Elektronik verwenden mussten. Die gesamte Kabellänge für diese Installation beträgt sogar mehr als fünf Kilometer!“



Ein Niederfrequenz-Beschleunigungssensor der Reihe K-Beam von Kistler, inklusive Spezialverkabelung, wie er auf der Brücke über den Großen Belt in Dänemark installiert ist. Robustheit unter rauen Wetterbedingungen zu gewährleisten.

„Anwendungen zur Zustandsüberwachung und zur Überwachung des baulichen Zustands erfordern im Allgemeinen einen starken Fokus auf die Signalaufbereitung. Um wertvolle Daten zu gewinnen, braucht man nicht nur die richtigen Sensoren, sondern muss auch die gesamte Messkette optimieren, nicht nur in Bezug auf Signalqualität und -übertragung, sondern auch bei der Datenerfassung und -auswertung.“

Erik Nielsen, Vertriebsingenieur bei Kistler

Brücken auf der ganzen Welt mit Lösungen für die Zustandsüberwachung und die Überwachung des Bauwerkszustands ausgestattet. Der Einsatzbereich dieser Technologie beschränkt sich aber nicht nur auf Brücken, sondern kann auch zum Schutz von Gebäuden und Bauwerken vieler anderer Arten beitragen. Typische Anwendungen sind Kraftwerke, Windkraftanlagen und historische Gebäude. Als Gesamtlösungsanbieter bietet die Kistler Gruppe heute schlüsselfertige Systeme von der Sensorik über Signalkonditionierung und Messwerterfassung bis hin zu Software und automatisiertem Reporting. Darüber hinaus bietet Kistler einen umfassenden Service für seine Produkte an, von der Konzeption über die Inbetriebnahme vor Ort bis zu einem 24/7-Betriebs- und Wartungsservice.

Die Messergebnisse geben Aufschluss über das strukturelle Verhalten der Brücke. Das System der vertikalen Trageile, die das Stahlseil für die Hauptspannweite tragen, ähnelt einer riesigen Harfe. Nielsen fasst zusammen: „Das Wichtigste ist, dass der Wind auf diesen ‚Saiten‘ keine Melodie spielt. Um dies zu erreichen, wurde die Brückenkonstruktion gleich zu Beginn des Projekts geändert. Veränderungen der Eigenfrequenz und des Schwingungsverhaltens können auch auf einen Verfall der Brückenkonstruktion und den Verlust ihrer strukturellen Integrität hinweisen.“

Komplettlösungen vom Sensor bis zur Software

In den 25 Jahren, die seit der Installation der Sensortechnologie auf der Brücke über den Großen Belt vergangen sind, hat Kistler

Im Kloster Hosios Loukas in Mittelgriechenland überwacht ein Structural-Health-Monitoring-System von Kistler kontinuierlich die Integrität der alten Gebäude. Diese Region ist häufig Mikrobeben ausgesetzt, die an der Oberfläche nicht wahrnehmbar sind und die Struktur unbemerkt schwächen können. Die K-Beam-Beschleunigungsmesser erfassen präzise jede Veränderung des baulichen Zustands der Gebäude. Die Signale werden an das Datenerfassungssystem KiDAQ (ebenfalls von Kistler) übertragen, das den Datenaustausch mit Athen ermöglicht. Dank dieser Lösung gewährleistet das 24/7-Echtzeitüberwachungssystem – einschließlich automatischer Berichterstattung – eine rechtzeitige Benachrichtigung, falls Eingriffe zur Erhaltung der historischen Gebäude erforderlich sind.

**Wollen Sie mehr über unsere
Anwendungen erfahren?
Jetzt entdecken:**



www.kistler.com/bridges

Kistler Group
Eulachstrasse 22
8408 Winterthur
Schweiz

Tel. +41 52 224 11 11

Die Produkte der Kistler Gruppe sind durch verschiedene gewerbliche Schutzrechte geschützt. Mehr dazu unter www.kistler.com

Die Kistler Gruppe umfasst die Kistler Holding AG und alle ihre Tochtergesellschaften in Europa, Asien, Amerika und Australien.

Finden Sie Ihren Kontakt auf www.kistler.com

KISTLER
measure. analyze. innovate.