

# Experimentelle Spannungsanalyse an Kranauslegern



## Messung von mechanischer Belastung

Experimentelle Spannungsanalysen werden durchgeführt, um mechanische Spannungen und Spannungsverläufe in Bauteilen zu ermitteln. Insbesondere an stark beanspruchten Komponenten kommt ihr eine große Bedeutung zu, so auch bei der Entwicklung von Baumaschinen. Im folgenden Beispiel wird gezeigt, wie experimentelle Spannungsanalysen an Kranauslegern im Prüfstand durchgeführt werden können.



## Hintergrund

Baumaschinen und ihre Bauteile werden in speziellen Prüfzentren getestet, um genaue Aussagen zu maximaler Belastung, Einsatzmöglichkeiten und Lebensdauer treffen zu können. Eine schnelle Durchführung der Prüfprozesse ist häufig essentiell. Um dies zu erreichen, bedarf es eines wohlüberlegten Ablaufs und einer darauf abgestimmten Messtechnik-Lösung. In diesem Beispiel sollen experimentelle Spannungsanalysen mittels Dehnungsmessstreifen (DMS) an insgesamt sechs Auslegerteilen für Teleskopausleger von Fahrzeugkränen durchgeführt werden.

Dabei werden die Ausleger bis zur Materialermüdung getestet. Mit den gemessenen Spannungsverläufen sollen die Berechnungen der Konstruktionsabteilung überprüft und die optimale Materialauslegung bestimmt werden.





## Herausforderung

Für die genaue Erfassung der mechanischen Spannungen in den Strukturen der Auslegerteile müssen die Daten vieler Dehnungsmessstreifen synchron erfasst werden. Zudem muss die Datenrate 200 Hz pro Messkanal betragen, um die gewünschte

Genauigkeit zu erreichen. Dadurch wird eine hohe Summenabtastrate nötig. Für die Registrierung kurzzeitiger Peaks muss sich der Messbereich ausreichend skalieren lassen.



## CSM Messtechniklösung

Die benötigte Zeit zur Durchführung der Messungen wird durch einen parallelen Ablauf von Vorbereitung und Prüfung der Auslegerteile nahezu halbiert.

### Vorbereitung

Mit einer ausreichenden Anzahl von Messmodulen (in diesem Beispiel Messtechnik für insgesamt 96 DMS-Messkanäle), können zwei Ausleger gleichzeitig mit den vorgesehenen 48 DMS-Messstellen appliziert und konfiguriert werden. Da die Daten der Konstruktionsabteilungen in diesem Beispiel vorliegen, ist die Hauptspannungsrichtung bekannt und ein Teil der DMS kann als Einzel-DMS appliziert werden. Lediglich in der erwarteten Neutrallage an den Flankenmitten werden jeweils 3 DMS als Rosette geklebt, um Spannungsverläufe zu erfassen. Für die Kompensation von Temperatureinflüssen werden selbstkompensierende DMS speziell für das Material der Kranausleger ausgewählt.

Die DMS werden mit CSM DMS-Sensorkabeln verkabelt und an DMS-Messmodule **STG6 BK20 / HE** angeschlossen. Die CSM DMS-Sensorkabel bieten eine interne Halbbrücken-Ergänzung nahe am Sensor. Im DMS-Messmodul erfolgt die weitere Ergänzung zur Vollbrücke. Das Team der Prüfteilung braucht sich so keine weiteren Gedanken über die Ergänzungen zur Vollbrücke machen, sondern kann die Sensoren einfach an die DMS-Messmodule STG6 BK20 /HE anschließen. Zur Minimierung möglicher Störeinflüsse im Kabel werden die DMS in bewährter Drei-Leiter-Schaltung angeschlossen.

Die DMS-Messmodule STG6 BK20 /HE erfassen die Daten aller 48 DMS zeitsynchron. Die speziellen Messmodule für DMS erlauben die interne Umrechnung der Spannung direkt in eine Dehnung. Somit gibt der Messkanal die Messgröße als  $\mu\text{m}/\text{m}$  weiter. Alle nötigen Faktoren können mit CSMconfig eingegeben und im Modul gespeichert

<b>Vorbereitung</b>	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	
<b>Prüfung</b>		[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]

[x] = Prüfling

Tab. 1: Paralleler Ablauf von Vorbereitung und Messung einzelner Prüflinge

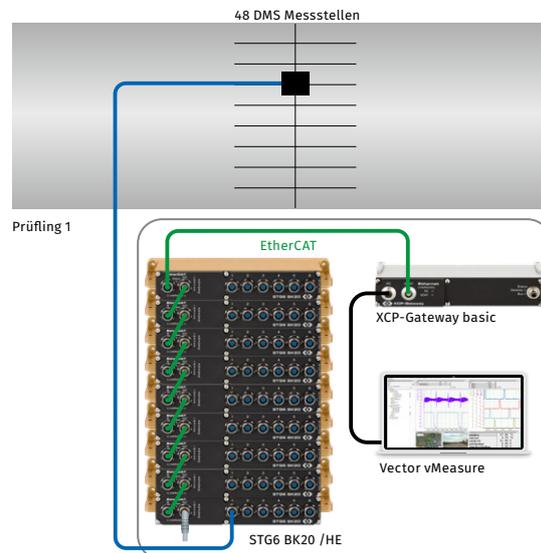


Abb. 1: Vorbereitung: Messmodule STG6 BK20 /HE erfassen synchron die Daten der DMS von insgesamt 48 Messkanälen und werden mit CSMconfig konfiguriert.

werden. Dies erleichtert die spätere Analyse, da keine Umrechnungen mehr nötig sind.

Über EtherCAT® werden die STG6 BK20 /HE kaskadiert und an einen Protokollumsetzer **XCP-Gateway** angeschlossen. Dieser fungiert als EtherCat®-Master für alle Messmodule, garantiert die Zeitsynchronisation und erlaubt durch die Umsetzung von EtherCAT® auf XCP-on-Ethernet die einfache Anbindung an die Datenerfassungssoftware vMeasure von Vector Informatik. Zuvor wird der Messaufbau mit CSMconfig konfiguriert. Mit einer externen Shunt-Kalibrierung durch einen Widerstand an den Lötunkten der DMS kann die gesamte Messkette auf richtige Verkabelung geprüft werden.

## Transport

Nach der Vorbereitung wird der Prüfling zum Prüfstand verbracht. Die verwendete Messtechnik ist so klein und handlich, dass sie direkt mit dem Prüfling transportiert werden kann. Dabei können alle Kabel am Prüfling verbleiben. Auf dem eigentlichen Prüfstand werden die Messmodule in einer geeigneten Vorrichtung befestigt, wodurch die Prüfung ohne großen Zeitverlust beginnen kann. Da die Module für den anspruchsvollen Einsatz in allen Wetterlagen konzipiert wurden, ist auch kein umfangreicher Wetterschutz nötig. Vor dem Start der Messung werden alle Messkanäle in CSMconfig nochmals genullt.

## Prüfung

Das Auslegerteil wird einseitig in dem Prüfstand montiert und somit am Boden fixiert. Über die freie Seite erfolgt dann die definierte Krafteinleitung in den Prüfling. Mit einer Kraftmessdose wird die wirkende Kraft bei der Belastung gemessen.

Die Prüfung wird nun durch Anheben der Prüfeinrichtung bis zu Zerstörung durchgeführt. Der Messbereich des STG6 BK20 /HE ist hierbei groß genug, um kleine wie große Signale zu erfassen.

Während ein Auslegerteil die Prüfung durchläuft, befindet sich ein weiterer Prüfling bereits in der Vorbereitung, um einen nahtlosen Ablauf zu erlauben. Nach erfolgter Prüfung werden die Signalkabel abgesteckt und die Messmodule für den übernächsten Prüfling verwendet.

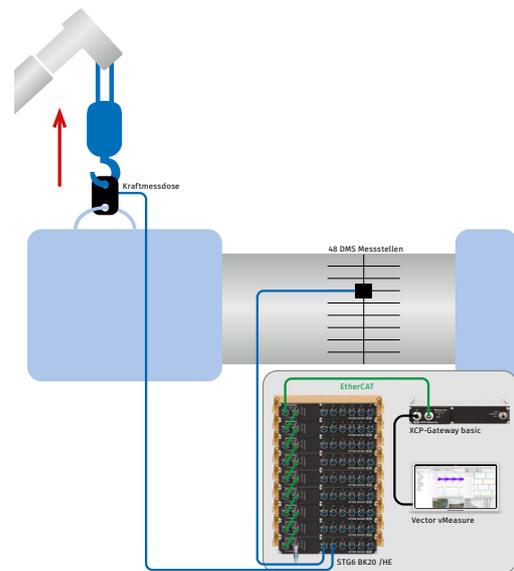


Abb. 2: Die Messtechnik wird mit dem Prüfling auf den Prüfstand transportiert. Hier wird der Prüfling auf einer Seite fixiert und durch Anheben auf der anderen Seite der gewünschten Belastung ausgesetzt.

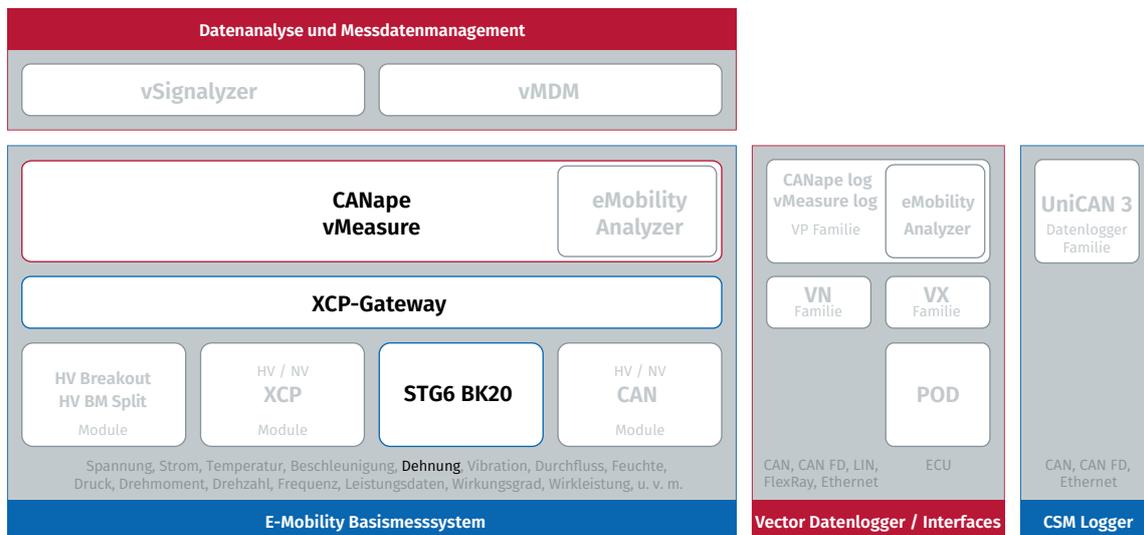


Abb. 3: Die experimentelle Spannungsanalyse an Kranauslegern in der Systematik des Vector CSM E-Mobility-Messsystems

## Vorteile

Die DMS-Messmodule STG6 BK20 /HE ermöglichen durch ihr kompaktes und witterungsgeschütztes Design ein paralleles Arbeiten bei der Vorbereitung und eigentlichen Prüfung. Sie können einfach mit dem Prüfling zu den jeweiligen Orten transportiert werden und gewährleisten einen reibungslosen Ablauf durch einfache Verkabelung und Konfiguration mit CSMconfig. Aufgrund der hohen Bandbreite

von EtherCAT® können alle Messstellen zeitsynchron mit Datenraten von einigen Hz bis zu 20 kHz pro Kanal erfasst werden. So können die benötigten Messungen schnell und extrem genau durchgeführt und die Berechnungen der Konstruktionsabteilungen mit praktischer Überprüfung nachgewiesen werden.

## Verwendete Produkte

### STG6 BK20 (ECAT STGMM 6)

Messaufgaben mit Dehnungsmessstreifen lassen sich mit dem Messmodul STG6 BK20 leicht realisieren. Mit sechs zeitsynchronen DMS-Eingängen für Viertel-, Halb- und Vollbrücken und Messdatenraten von 1 Hz bis 20 kHz pro Kanal ist das STG6 BK20 auch für Spannungsanalysen mit vielen Messstellen geeignet. Dank EtherCAT® lassen sich auch große Messnetzwerke mit Abständen von bis zu 100 m zwischen einzelnen Messmodulen einfach einrichten.



### XCP-Gateway-Serie

Die Protokollumsetzer der XCP-Gateway-Serie wurden speziell für die CSM EtherCAT®-Messmodule und für Messaufgaben mit vielen Messkanälen und hohen Messdatenraten entwickelt. Das XCP-Gateway ist in den Versionen „Basic“ und „pro“ erhältlich. Letztere verfügt über zwei CAN- Schnittstellen, über die CAN-basierte CSM Messmodule angeschlossen und in das Messdatenprotokoll XCP-on-Ethernet eingebunden werden können. Zudem können in der "pro"-Version Temperaturdaten aus den HV Breakout-Modulen direkt über EtherCAT® übertragen werden.



Komplettlösungen aus einer Hand:

CSM stellt Ihnen umfangreiche Komplettpakete aus Messmodulen, Sensoren, Verbindungskabeln und Software zur Verfügung - zugeschnitten auf Ihre individuellen Bedürfnisse.

Weitere Informationen zu unseren Produkten erhalten Sie auf [www.csm.de](http://www.csm.de) oder per E-Mail unter [sales@csm.de](mailto:sales@csm.de).



#### **CSM GmbH Zentrale** (Deutschland)

Raiffeisenstraße 36 • 70794 Filderstadt  
☎ +49 711-77 96 40 ✉ sales@csm.de

#### **CSM Büro Südeuropa** (Frankreich, Italien)

Site d'Archamps  
178, rue des Frères Lumière • Immeuble Alliance – Entrée A  
74160 Archamps France  
☎ +33 450-95 86 44 ✉ info@csm-produits.fr

#### **CSM Products, Inc. USA** (USA, Kanada, Mexiko)

1920 Opdyke Court, Suite 200 • Auburn Hills, MI 48326  
☎ +1 248 836-4995 ✉ sales@csmproductsinc.com

#### **CSM** (RoW)

Vector Informatik (China, Japan, Korea, Indien, Großbritannien)  
ECM AB (Schweden)  
DATRON-TECHNOLOGY (Slowakei, Tschechien)  
Unsere Partner garantieren Ihnen eine weltweite  
Verfügbarkeit. Sprechen Sie uns einfach an.

Unser Unternehmen ist zertifiziert.



Alle erwähnten Marken- und Warenzeichen sind Eigentum ihrer jeweiligen Besitzer.  
Irrtum und Änderungen jederzeit ohne Ankündigung vorbehalten.  
CANopen® und CiA® sind eingetragene Warenzeichen der Gemeinschaft CAN in Automation e.V.  
EtherCAT® ist eine eingetragene Marke und patentierte Technologie, lizenziert durch die  
Beckhoff Automation GmbH, Deutschland.