

## Kraftmessungen auf Regattayachten

**Fachhochschule Westküste:** Kevin Ohliger, Dipl.-Ing. Thomas Seydlitz, Prof. Dr.-Ing. Rainer Veyhl;  
**Partner:** LORENZ MESSTECHNIK GmbH

### Problemanalyse und Konzept

Bei einer Segelregatta geht es oft um einen kleinen, aber entscheidenden Vorsprung. Eine Optimierungsmöglichkeit gibt es im Bereich des Trimmens. Die Kraft wurde bisher „nach Gefühl“ bestimmt. Durch die Anwendung moderner Messtechnik können exakte Messergebnisse und dadurch eine optimierte Yachtrimmung erreicht werden.

Hier geht es um die Kraft, die auf die Backstage, einstellbare Drahtseile zur Masttrimmung in Längsrichtung, wirkt. Das Messsystem an einer solchen Stelle muss besonders robust und leicht sein und über eine geringe Leistungsaufnahme verfügen.

Im Rahmen dieses Projektes wurde die Kraft mit einem Sensor vom Typ K-100 und einem USB-Verstärker der Firma LORENZ MESSTECHNIK GmbH gemessen



Bild 1: Messwertaufnahme mit der Regattayacht X79 an der Westküste

### Funktionsprinzip

- Der Sensor wird zwischen der Spannvorrichtung (Backstag- Zugvorrichtung) und dem Drahtseil (Backstag) angebracht (Bild 2).
- Das Sensorsignal wird durch einen Signalwandler verstärkt und vom Analogsignal in ein Digitalsignal gewandelt. Versorgt wird der Verstärker über die USB-Schnittstelle des Notebooks.
- Das digitale Signal wird über USB an das Notebook übertragen, von der erstellten Software ausgewertet und auf dem Rechner gespeichert.
- Daten des Kraftsensors :
  - ⇒ Typ K-100 der Fa. LORENZ MESSTECHNIK GmbH
  - ⇒ Nennbereich:  $\pm 5\text{kN}$
  - ⇒ Toleranz: 0,3 %

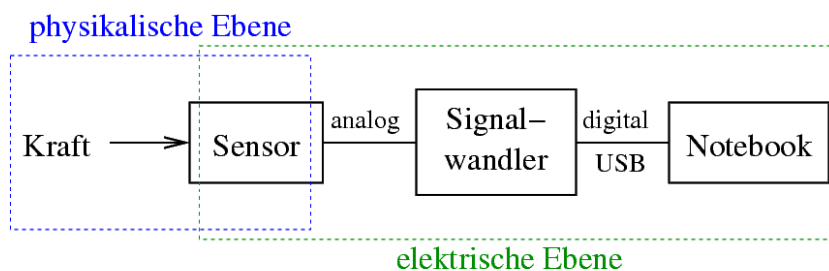
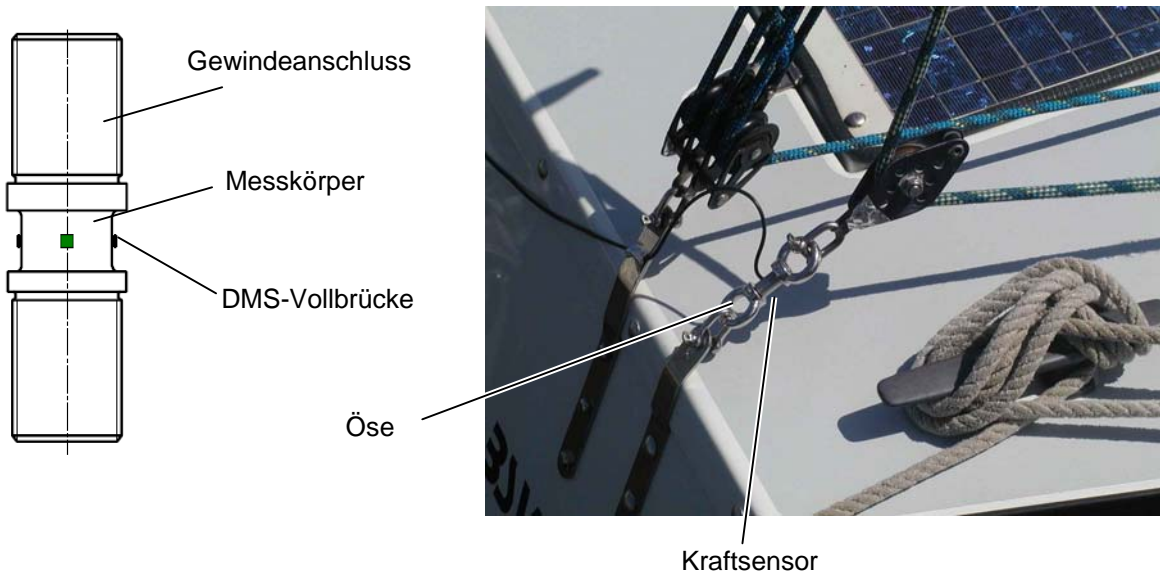




Bild 2: Installation des Sensors und praktische Belastungstests

### Der Kraftsensor

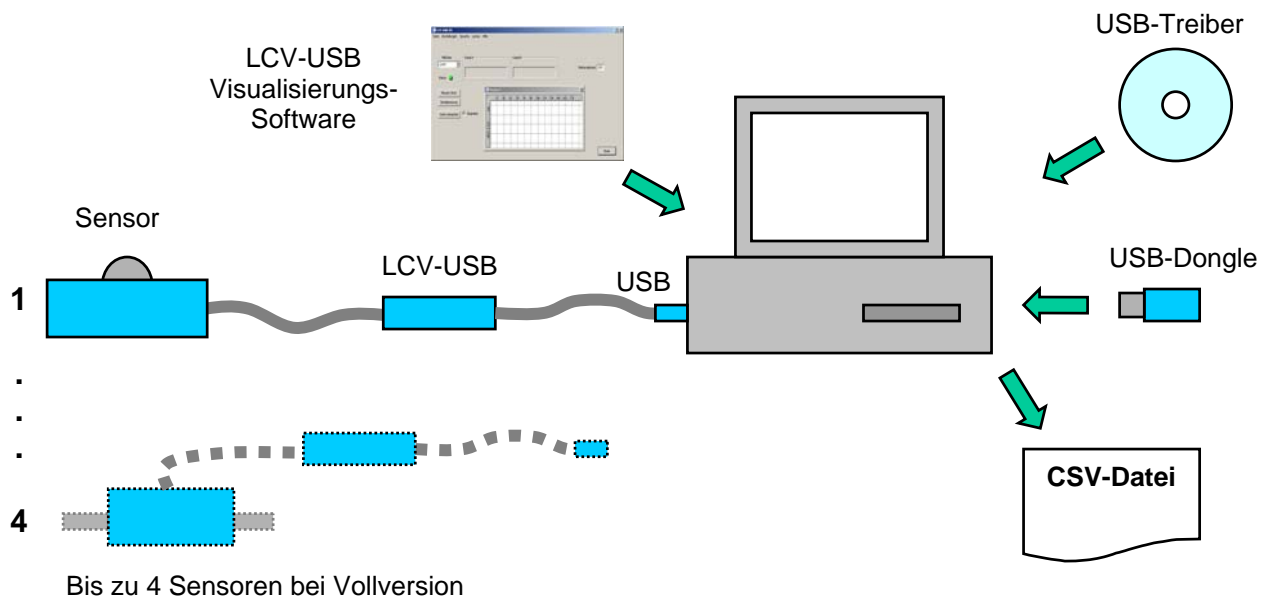
Der Zugkraftsensor K 100 besteht aus einem mit einer Dehnungsmessstreifen-Vollbrücke beklebten Messkörper. Die Messbrücke ist direkt mit dem LCV-USB verbunden. An beiden Enden sind Gewinde angebracht an die jeweils eine Öse eingeschraubt ist.



Kraftsensor schematisch

Sensor eingebaut

## Der Messverstärker LCV-USB



### Sensorsignale

- mV/V ( 0 mV/V – 3 mV/V )
- V ( 0 V - 5 V )
- mA ( 0 mA – 20 mA )

## Benötigte Komponenten zum Betrieb der Schnittstelle mit Visualisierungssoftware

Sensor mit LCV-USB

Visualisierungssoftware ohne Installation lauffähig

Installation der Treiber für die USB-Schnittstelle

- USB-Treiber
- virtueller COM-Port-Treiber

USB-Dongle bei Vollversion

- Schreiben in Datei
- 3 zusätzliche LCV-USB

## Betrieb der Schnittstelle ohne Visualisierungssoftware

Sensor mit LCV-USB

Installation der Treiber für die USB-Schnittstelle

## Funktionen der Visualisierungssoftware

- Einrichten des LCV-USB
- Darstellung der Messdaten
- Ausgabe von Messdaten in CSV-Datei

## LabVIEW

- LV-VI ist vorhanden

## Selbsterstellte Software

- Protokollbeschreibung für Sensor-Interface LCV-USB und für Sensoren mit RS485 (090110g.pdf)

## Technische Realisierung

Der Kraftsensor wird an der X 79 -Regattayacht installiert und mit einem Isoliermantel bedeckt. Dadurch wird ein Schutz gegen Umwelteinflüsse wie schnelle Temperaturschwankungen und direkte Salzwassereinflüsse erreicht. Der Messverstärker und das Notebook wurden stoßgeschützt im Innenraum der Yacht montiert. Über das USB-Interface kommuniziert der Rechner mit dem Messverstärker des Sensors. Die Aufnahme der Backstag-Kraft wird mit der Software Agilent-VEEpro und Matlab-Script ( Bild 3 ) automatisiert. Nachdem die Messung gestartet wurde, werden die aktuellen Messwerte mit einer Messfrequenz von 2 Hz empfangen und in einer Quasi-Analoganzeige visualisiert. Die Messwerte werden zur Archivierung in einer Datei protokolliert. Der Verlauf des Messwertes ist als Schreiberfunktionalität und Mithilfe eines Datenreduktion- Algorithmus im Langzeitkurvenverlauf dargestellt. Die Anzahl der erfolgreichen und fehlerhaften Übermittlungen werden registriert und angezeigt.

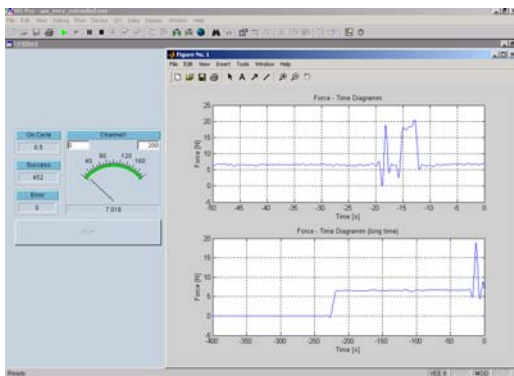


Bild 3: Benutzeroberfläche zur Steuerung und Visualisierung der Backstag-Kraftmessung. Schreiberfunktionalität: oben aktuelle Messwerte, unten Langzeitkurvenverlauf.

## Ergebnisse

- Die beschriebene Kraftmessung wurde unter Laborbedingungen überprüft. Vergleichsmessungen haben die Richtigkeit bestätigt.
- Sowohl die Messwertaufnahme als auch das Protokollieren der Messergebnisse mit einem Notebook wurden unter realen Bedingungen erfolgreich durchgeführt. Das Messsystem hielt Feuchte und Salzwasser, hohen Temperaturen und Vibrationen stand.
- Bild 4 zeigt zwei unterschiedliche Verläufe der Kraftkennlinien bei konstant gehaltener Yachttrimmung und unterschiedlichen Regattasituationen:
- Beide Kennlinien weisen Kraftspitzen auf, die durch Wellen und Böen verursacht sind.
- Unterschiedlich starkes Absinken der Kraft ist erkennbar.

**Mit den beschriebenen Kraftmessungen ist es möglich, Veränderungen der Kraft exakt festzustellen und auszugleichen. Das kann in einer Segelregatta den entscheidenden Vorsprung bringen.**

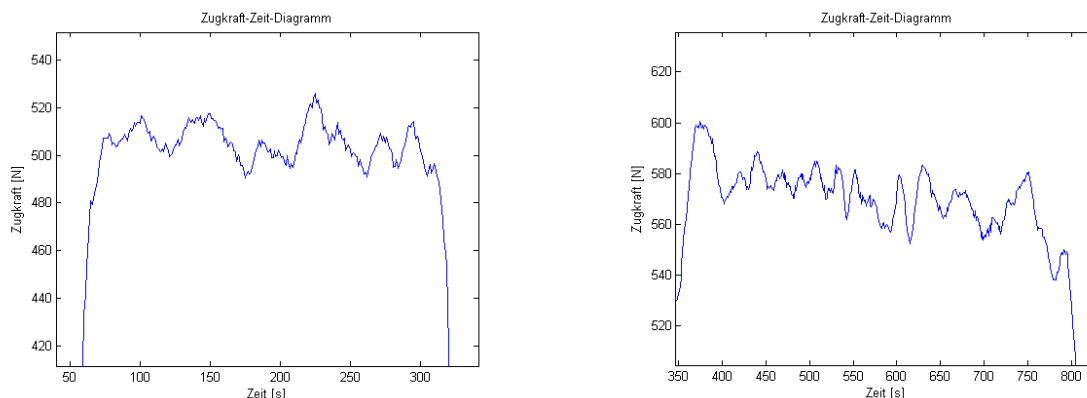


Bild 4: Konstante Kraft ( links ) und abfallende Kraft ( rechts )