

## Einführung

Mit der Integration eines USB-Anschlusses in einen digitalen Drehmomentsensor (Bild 1) ist es gelungen auf die oft teuren und kompliziert zu bedienenden Messverstärker komplett zu verzichten. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass durch das Plug and Play Prinzip des USB-Anschlusses der Sensor automatisch erkannt wird, wodurch eine Messung innerhalb weniger Sekunden möglich ist. Auch die Stromversorgung des Sensors erfolgt direkt aus dem USB-Anschluss. Als Anzeige- und Auswerteeinheit genügt ein handelsüblicher Rechner. Vor der Inbetriebnahme muss lediglich die Software und der USB-Treiber auf den Rechner aufgespielt werden. Die gemessenen Werte lassen sich als CSV-Datei abspeichern und anschließend mittels eines Tabellenkalkulationsprogramms weiter auswerten. Das auf dem Bildschirm dargestellte Diagramm lässt sich als BMP-Datei auf den Rechner sichern. Dieser Sensor ist also überall dort ideal, wo Drehmomente schnell und unkompliziert gemessen werden sollen, wie in der Entwicklung, im Versuch und auch in der Fertigung z.B. zur Überprüfung von Produktionsanlagen.



Bild 1: Drehmomentaufnehmer DR-3000 mit USB-Anschluss und Kommunikationssoftware

## Aufbau eines modernen Drehmomentsensors

### Mechanischer Aufbau

Der Aufbau eines modernen digitalen Drehmomentsensors ist im Bild 2 dargestellt. Auf der im Gehäuse gelagerten Welle befindet sich eine im Durchmesser verjüngte Stelle, auf welche die Dehnungsmessstreifenbrücke appliziert ist. Auch eine Elektronik ist auf der Welle befestigt. Im Gehäuse sind eine weitere Elektronik und ein USB-Stecker zum elektrischen Anschluss des Sensors untergebracht. Zur Signal- und Energieübertragung dienen zwei Transformator-drehübertrager. Ein solcher Drehübertrager besteht aus zwei konzentrisch zueinander angeordneten Spulen, wobei die eine Spule auf dem Rotor befestigt ist und die zweite im Stator. Bei der Option Drehzahl oder Drehwinkel ist noch ein passender Impulsgeber im Sensor untergebracht.

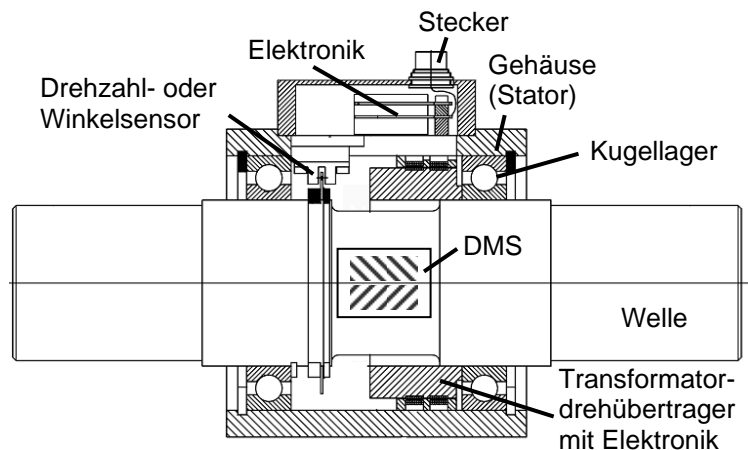


Bild 2: Moderner Drehmomentsensor mit integrierter Elektronik

### Funktionsprinzip der Elektronik

Wie wir bereits gesehen haben, erfolgt die Messwertaufnahme mittels Dehnungsmessstreifen (DMS) auf der rotierenden Welle (Bild 2). Das hier abgegriffene Messsignal wird sofort verstärkt, digitalisiert und gelangt anschließend in einen Prozessor, der es zur Übertragung über einen Transformator-drehübertrager in Form eines seriellen Wortes auf den Stator vorbereitet (Bild 3). Der große Vorteil dieses Drehübertragers liegt in seiner bidirektionalen Verwendung. Es können Signale sowohl von der rotierenden Welle auf den Stator, als auch in umgekehrter Richtung übertragen werden. Ein typisches Beispiel für die Übertragung von Befehlen ist die Kontrollaufschaltung zur Überprüfung des Sensors. Auch die Energieversorgung der rotierenden Elektronik erfolgt über einen solchen Drehübertrager.

Im Stator wird das Datensignal aufbereitet und anschließend in einem Prozessor in ein serielles Signal umgesetzt. Danach folgt ein Konverter, der für die Umsetzung der seriellen Daten in ein USB-Protokoll verantwortlich ist. Die Daten werden anschließend über den USB-Anschluss auf den Rechner übertragen.

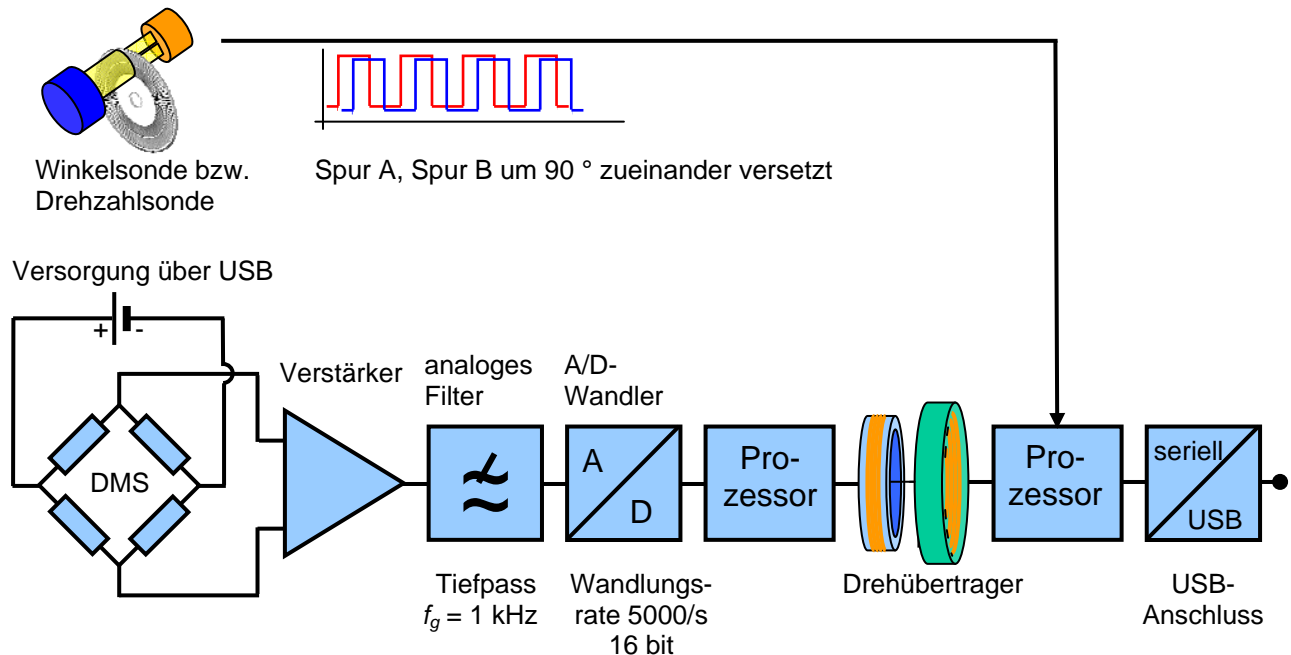


Bild 3: Blockschaltbild für Sensor mit eingebauter Elektronik

Durch die Verwendung von Prozessoren lassen sich Daten wie Seriennummer, Kalibrierwerte, Messbereich, Kalibrierdatum usw. im Drehmomentsensor abspeichern, die dann zur automatischen Konfiguration von der Messsoftware ausgelesen werden, was zu einer hohen Betriebssicherheit führt. Da die Versorgung des Sensors über die 5 V Gleichspannung der USB-Schnittstelle erfolgt, sind keine weiteren Netzgeräte notwendig.

## Drehwinkel- und Drehzahlmessung

Die Erfassung des Drehwinkels bzw. der Drehzahl erfolgt nach zwei unterschiedlichen Methoden. Beim Drehwinkel werden vom TTL-Signal des Winkelsensors (Bild 3) nur die Flanken weiterverarbeitet, damit erhält man eine Auflösung von  $\frac{1}{4}^\circ$ . Die Information der Drehrichtung wird aus der Phasenverschiebung der zwei Winkelspuren gewonnen. Vom Sensor werden nicht wie üblich TTL-Signale ausgegeben, sondern direkt das aufbereitete Winkelsignal in der Einheit Grad. Man erhält also immer zum Drehmoment den korrekten Drehwinkel.

Bei der Drehzahlmessung wird anders vorgegangen, hier wird eine Periodendauermessung durchgeführt und daraus die Drehzahl bestimmt. Auch hier hat man nicht ein TTL-Signal als Wert zur Verfügung, sondern direkt die Drehzahl in der Einheit  $\text{min}^{-1}$ . Sowohl bei der Drehzahlmessung als auch bei der Winkelmessung wird das Ergebnis als 16 bit-Wert vom Sensor ausgegeben.

## Die Kommunikation über USB

USB ist ein Schnittstellensystem für den sternförmigen Anschluss von bis zu 127 Peripheriegeräten an den Rechner wie Drucker, Digitalkameras, Mäuse, Scanner, Messgeräte usw. USB-Geräte können während dem Betrieb eingesteckt und auch wieder entfernt werden, sie sind also hot-plugging und plug & play-fähig. Vom Betriebssystem wird der Gerätewechsel automatisch erkannt, sofern der Treiber auf dem Rechner vorhanden ist, andernfalls wird die Installation des Treibers vom Betriebssystem angefordert. Über diesen Standard können bis zu 480 Mbit/s an Daten übertragen werden, was auch für Messzwecke eine ausreichende Geschwindigkeit darstellt.

Die Kommunikation mit dem Sensor erfolgt mit einem von Lorenz entwickelten Protokoll (Bild 4). Es enthält eine Anzahl von Befehlen, die zur Konfiguration des Sensors dienen. Hier sei stellvertretend die Messrate genannt, die bis zu einem Wert von 2500 Messungen pro Sekunde einstellbar ist. Die Kommunikation ist mit Checksummen abgesichert und bietet bei der Übertragung höchste Datensicherheit.

Das Protokoll des USB-Anschlusses kommt bei der Übertragung zwischen Rechner und Sensor zum Einsatz. Deshalb werden die Befehle des Lorenzprotokolls mit den Messwerten zu Datenpaketen zusammengefasst und vom USB-Protokoll als Dateninformation übertragen. Die Elemente wie Messdaten, Steuerbefehle, Prüfsummen usw. des Sensors werden also durch den USB-Bus getunnelt. Eine Kommu-

nikation zwischen dem Sensor und der auf dem Rechner installierten Software läuft wie im Bild 4 dargestellt ab.

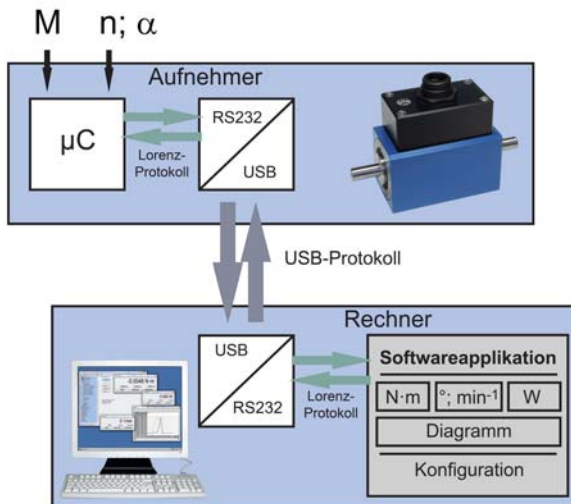


Bild 4: Kommunikation von Rechner mit Sensor

Das serielle Datensignal nach dem Prozessor entspricht dem einer RS 232-Schnittstelle. Dieses Signal wird dann in einem Konverter in einen USB-Anschluss mit dem zugehörigen USB-Protokoll umgewandelt. Der auf den Rechner aufgespielte Treiber übernimmt die Kommunikation über die USB-Schnittstelle und gibt ein serielles Signal zurück. Die mitgelieferte Kommunikationssoftware sieht also keine USB-Schnittstelle sondern einen COM-Port (serielle Schnittstelle), der durch den Treiber virtuell dargestellt wird. Bei der Kommunikation des Rechners mit dem Sensor werden vom Rechner Befehle an den Sensor gesendet, worauf dieser sie verarbeitet und ausführt. Da intern eine serielle Schnittstelle simuliert wird, muss die Baudrate für Sender und Empfänger eingestellt werden und identisch sein. Dies geschieht selbstverständlich automatisch durch die Kommunikationssoftware.

Die Datenübertragung erfolgt sowohl für den Drehmomentmesswert, als auch für Drehwinkel bzw. Drehzahl jeweils als 16 bit Datenwort. Damit werden über die USB-Schnittstelle noch nicht einmal 2 Mbit Daten pro Sekunde übertragen. Wir sehen also, dass nur ein kleiner Teil der Übertragungsmöglichkeit durch den Drehmomentsensor verwendet wird. Selbst bei einem USB 1.1 Anschluss wird die mögliche Bandbreite von 12 Mbit/s nur zum Teil vom Sensor benötigt.

## Kommunikationssoftware

Die mit dem Sensor mitgelieferte Kommunikationssoftware (Bild 5) wird zusammen mit dem notwendigen USB-Treiber über ein Setup auf den Rechner installiert. Nach dem elektrischen Anschluss des Sensors erkennt die Software den Aufnehmer und konfiguriert sich selbstständig. Anschließend kann sofort mit der Messung begonnen werden. Die Kommunikationssoftware nimmt gleichzeitig die Messgrößen Drehmoment, Drehwinkel bzw. Drehzahl abhängig von der Ausführung des Sensors auf. Aus Drehmoment und Drehzahl berechnet sie die mechanische Leistung und bringt alle gemessen und berechneten Werte zur Anzeige, die Maßeinheiten sind individuell einstellbar, selbst das angloamerikanische Maßsystem ist auswählbar. Auch eine Triggerung ist durch manuelle Konfiguration von Trigger Start und Stopp möglich. Selbstverständlich lassen sich Einstellungen wie Messrate, Darstellung, Mittelwertbildung usw. auch individuell an den Messvorgang anpassen. Eine grafische Darstellung der Messwerte, mit diversen Konfigurationsmöglichkeiten, erfolgt im Diagrammbereich der Software.

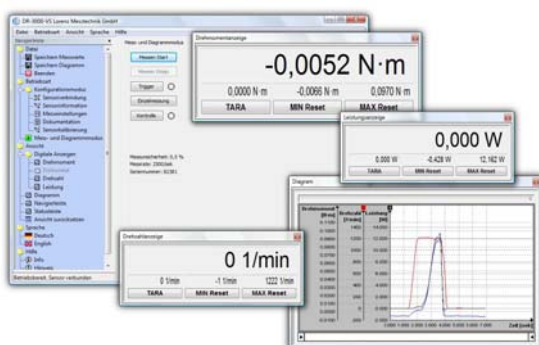


Bild 5: Die Kommunikations- und Visualisierungssoftware

Die gemessenen Werte sind in eine CSV-Datei exportierbar und können mit einem handelsüblichen Tabellenkalkulationsprogramm weiter bearbeitet werden. Die Sicherung der grafischen Darstellung erfolgt als Rastergrafik unter dem BMP-Format. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Benutzerjustierung des Sensors. Hierbei wird durch den Nullpunkt und den Justierwert eine Gerade gelegt und auf diese Art dem Sensor eine neue Justierkurve zugeordnet. Dies kommt z.B. dann zum Einsatz, wenn der Sensor bei einer Kalibrierung neu justiert werden soll. Die Werksjustierung ist in diesem Fall inaktiv, sie kann aber jederzeit durch Löschung der Benutzerjustierung wieder aktiviert werden.

## Anwendung in einer Belastungseinrichtung

Die Belastungseinrichtung (Bild 6) besteht aus einer Bremse und einem Prüfling, zwischen die freifliegend der Drehmomentaufnehmer mit zwei Halbkupplungen eingebaut ist. Kupplungen werden verwendet, um nicht zu vermeidende Verlagerungen der Wellen, auszugleichen. Denn durch Wellenverlagerungen werden undefiniert große Störkräfte in den Drehmomentsensor eingeleitet, welche zu Messfehlern führen können. Der Prüfling wird in einem Prisma mit einer Spannvorrichtung fixiert, wobei mittels einer YZ-Verschiebung die Ausrichtung des Prüflings erfolgt. Federklemmen sorgen für einen schnellen und sicheren elektrischen Anschluss des Prüflings.

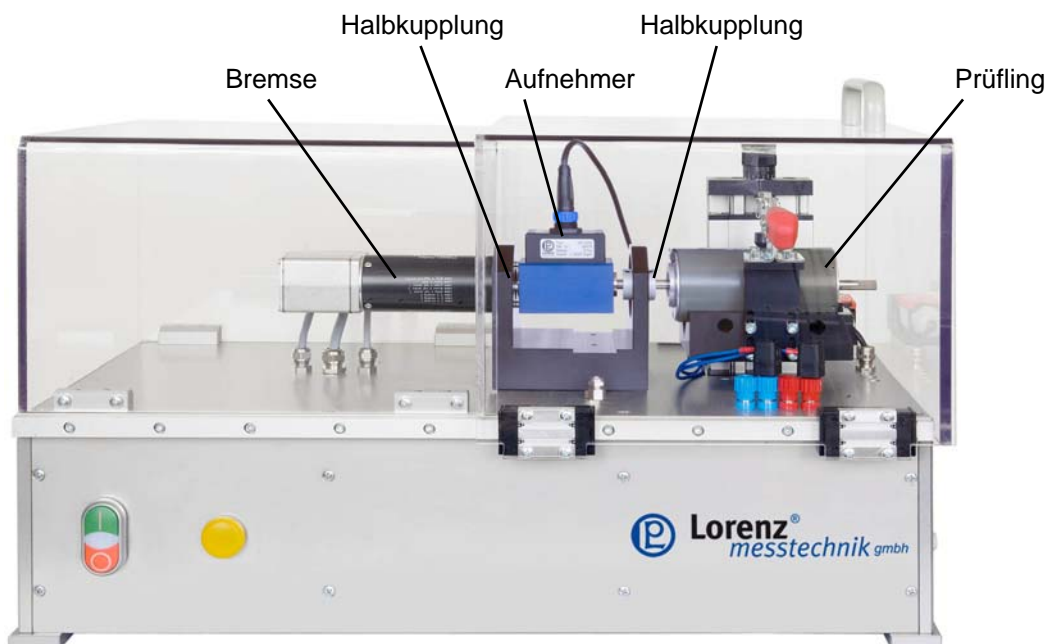


Bild 6: Belastungsvorrichtung für die Prüfung von Elektromotoren

**Dr. W. Krimmel**