

**Zeitschrift:** bulletin.ch / Electrosuisse

**Herausgeber:** Electrosuisse

**Band:** 100 (2009)

**Heft:** 2

**Artikel:** Dynamische Drehmomentmessung in Wasserkraftwerken

**Autor:** Kirsche, Jürgen

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-856357>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Dynamische Drehmomentmessung in Wasserkraftwerken

## Indirekte oder direkte Drehmomentmessung?

**Die Effizienz ist einer der wichtigen Leistungsparameter von Turbinen und Generatoren. Dabei spielt die Messung des Drehmoments eine entscheidende Rolle. Anhand eines dynamischen Wasserturbinenprüfstands wird zunächst die herkömmliche indirekte Messung von grossen Drehmomenten erklärt und diese mit der direkten Drehmomentmessung verglichen. Hier wird das Drehmoment direkt im Wellenstrang gemessen, wodurch dynamische Effekte besser erfasst werden.**

Das Drehmoment ist ein massgeblicher Leistungsparameter von Turbinen, Motoren und Generatoren, die Energie erzeugen. Zuverlässige Aussagen hierzu lassen sich am

Jürgen Kirsche

besten durch Testläufe auf dem Prüfstand treffen. Die exakte Messung des Drehmoments spielt hierbei eine entscheidende Rolle und kann direkt oder indirekt gemessen werden.

### Indirekte Drehmomentmessung

Prüfstände sind oftmals mit einer Einrichtung zur indirekten Drehmomentmessung ausgerüstet. Diese besteht aus einer drehbar gelagerten Belastungseinrichtung (Dynamometer). Diese «Bremse» ist mit der Turbine über einen Wellenstrang verbunden. Treibt ein Wasserstrom die Turbine an, bremst die Belastungseinrichtung den Wel-

lenstrang und erfährt dadurch eine Drehbeschleunigung. Die Bremse würde um ihre Achse rotieren, würde sie sich nicht über einen Hebelarm gegen einen Kraftaufnehmer abstützen. Die dazu nötige Abstützkraft (Reaktionskraft) wird vom Kraftaufnehmer gemessen. Dieser Wert multipliziert mit der Länge des Hebelarms ergibt das Reaktionsmoment (Bild 1+2).

Diese Anordnung liefert gute Ergebnisse, hat jedoch zwei Einschränkungen: Der Wert des gemessenen Drehmoments ist um den Wert des Reibmoments im Lager verändert, und es lassen sich keine genauen Aussagen zur Dynamik des gemessenen Drehmoments machen, da das Massenträgheitsmoment der Belastungseinrichtung eine starke Dämpfung ausübt.

### Direkte Drehmomentmessung

Um diese Einschränkungen zu beseitigen, muss der Wasserturbinenprüfstand umge-

baut werden. Anstelle des Kraftaufnehmers wird ein Drehmomentmessflansch direkt in den Wellenstrang zwischen der Turbine und der Belastungseinrichtung montiert (Bild 3). Hebelarm, Kraftaufnehmer sowie die aufwendige Lagerung der Belastungseinrichtung entfallen.

Zur Realisierung eines dynamischen Wasserturbinenprüfstands wurde ein digitaler Drehmomentaufnehmer<sup>1)</sup> direkt in den Antriebsstrang zwischen Turbine und Belastungseinrichtung eingebaut. Durch diese Einbauart ist es nun möglich, auch die dynamischen Anteile des Drehmoments zu erkennen. Gleichzeitig sind aufgrund der Konstruktion keine Lagerreibmomente mehr vorhanden. Der Drehmomentaufnehmer selbst arbeitet berührungslos und ist somit verlust- und wartungsfrei.

### Monitoring von Turbinen und Generatoren

Monitoring wird betrieben, um den sicheren Betrieb einer Anlage zu gewährleisten und eine Überlastung zu vermeiden. Letztere könnte Schäden an der Anlage bis hin zu ihrem Totalausfall verursachen. Gleichzeitig kann mit kontinuierlichem und genauem Monitoring eine Aussage zum Zustand der Gesamtanlage getroffen werden. Wartungszyklen können somit optimiert bzw. potenzielle Schäden bereits früh erkannt und präventiv bekämpft werden. Gleichzeitig ermöglicht es die Kenntnis des genauen dynamischen Drehmoments, das Gesamtsystem

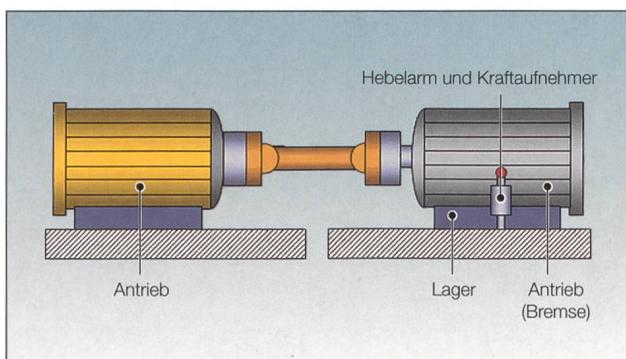
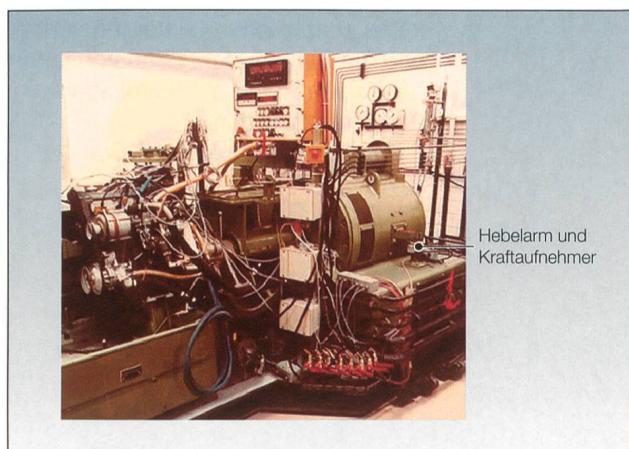


Bild 1 (oben) Prinzip der indirekten Drehmomentmessung auf einem Leistungsprüfstand.

Bild 2 (rechts) Leistungsprüfstand mit Hebelarm und Kraftaufnehmer für die indirekte Drehmomentmessung.



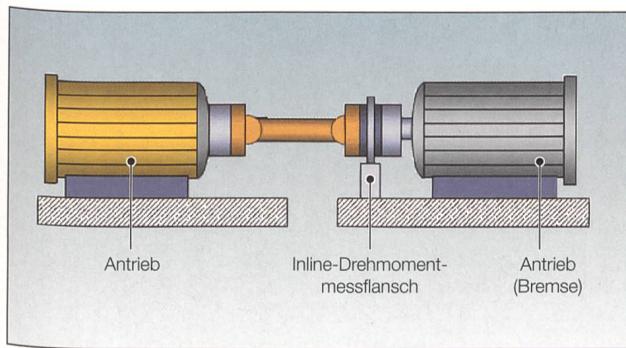
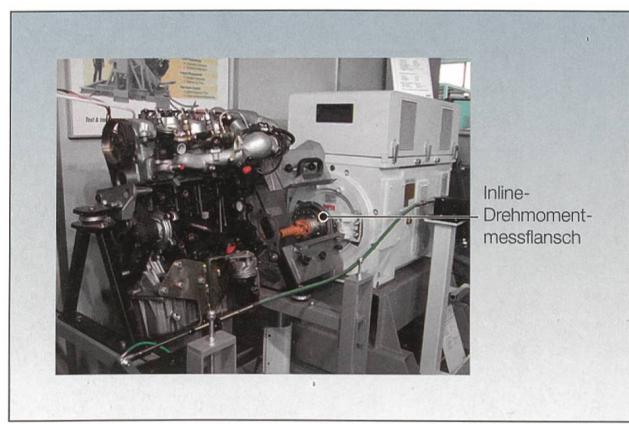


Bild 3 (oben) Direkte Drehmomentmessung mit einem Kraftaufnehmer im Wellenstrang.

Bild 4 (rechts) Leistungsprüfstand für die direkte Drehmomentmessung.



auf den optimalen Arbeitspunkt hin zu regeln – vorausgesetzt, die Drehmomentmessung erfolgt mithilfe von Drehmomentmessflanschen direkt im Wellenstrang (Bild 4).

Der Rotor des Messsystems wird vom Stator über ein induktives System ohne mechanischen Kontakt gespeist. So erhält die DMS-Messbrücke im Rotor die nötige Energie. Das Ausgangssignal der Messbrücke seinerseits wird in ein digitales Signal umgewandelt, bevor es ebenfalls drahtlos zum Stator übertragen wird. Die Auflösung des A/D-Wandlers beträgt 19 bit und geht damit bis an die physikalische Grenze der Dehnungsmessstreifentechnologie, was auch den Vorteil hat, dass der Messbereich nicht umgeschaltet werden muss. Aliasing wird durch eine hohe interne Abtastrate unterbunden. Die digitale Datenübertragung zwis-

schen Rotor und Stator macht das Messsystem robust gegen Störungen. Übliche Schnittstellen zum System sind Frequenzausgänge ( $10 \text{ kHz} \pm 5 \text{ kHz}$  und  $60 \text{ kHz} \pm 30 \text{ kHz}$ ), analoge Ausgänge ( $\pm 10 \text{ V}$ ) bzw. digitale Schnittstellen wie CAN- oder Profibus.

### Dynamik erfassen

Bild 5 zeigt den Drehmomentverlauf in der Startphase eines Verbrennungsmotors. Das tatsächlich im Drehmomentmessflansch anliegende dynamische Signal ist rot dargestellt. Die blaue Kurve zeigt dasselbe Signal mit einer Filterung von 30 Hz. Dies entspricht etwa der Filterfrequenz einer klassischen indirekten Drehmomentmessung mit drehend gelagertem Dynamometer, Hebelarm und Kraftaufnehmer.

Die Überhöhung des dynamischen Drehmoments im Vergleich zum gefilterten (= indirekt gemessenen) Drehmoment kann bis zum Bereich Faktor 10 betragen. Um also eine punktuelle Überlastung des Systems zu messen bzw. zu vermeiden, muss dynamisch gemessen werden. Auf diese Art können natürlich nicht nur das Anlaufverhalten optimal gesteuert, sondern beispielsweise auch Optimierungen während des Betriebs effizienter gestaltet werden. Im Falle eines plötzlich auftretenden Problems vermeidet eine schnelle Notabschaltung Schaden – oder mindert diesen zumindest.

Gleichzeitig kann durch die kontinuierliche Drehmomentmessung eine «schleichende» Veränderung am System erkannt werden. Dazu gehören z.B. langsam ansteigende Verluste durch verstärkte Lagerreibung oder Abnutzung oder ein sich verändernder dynamischer Verlauf des Drehmoments. Die präventive Wartung kann dann bedarfsoorientiert durchgeführt, die regulären Wartungszyklen verlängert werden.

Drehmomentmessflansche sind bis zu 300 000 Nm als Standardprodukte erhältlich. Der Einbau von Standardprodukten scheitert jedoch oft an den Raumverhältnissen. In diesem Fall können bestehende Maschinenelemente (die Übertragungswelle, der Verbindungsflansch o.Ä.) in einen Drehmomentmessflansch umgebaut bzw. ein neuer Messflansch mit den Anschlussgeometrien des bestehenden Maschinenelements hergestellt werden. Solche individuellen Drehmomentmessflansche werden von kleinen Nennlasten bis hin zu Aufnehmern im Mega-Nm-Bereich gefertigt.

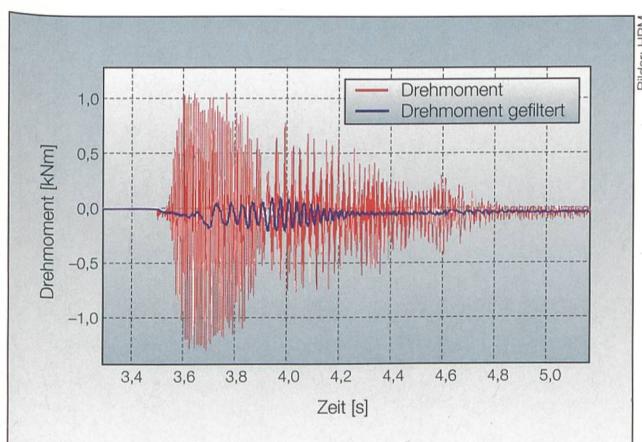


Bild 5 Drehmomentverlauf in der Startphase eines Verbrennungsmotors.

### Résumé

#### La mesure dynamique de couple dans les centrales hydroélectriques

*Mesure indirecte ou directe?* Le rendement est un des paramètres de performance importants des turbines et génératrices et la mesure du couple y joue un rôle déterminant. A l'aide d'un banc d'essai dynamique de turbines hydroélectriques, il est d'abord exposé la mesure indirecte conventionnelle de couples élevés qui est ensuite comparée à la mesure directe. Dans cette dernière, le couple est mesuré directement sur l'arbre de transmission, ce qui permet de mieux saisir les effets dynamiques.

### Angaben zum Autor

Jürgen Kirsche, Dipl.-Ing. FH und dipl. Wirtsch.-Ing. FH, ist seit 2007 Vertriebsleiter bei Hottinger Baldwin Messtechnik AG in der Schweiz. Hottinger Baldwin Messtechnik AG, 8604 Volketswil, juergen.kirsche@hbm.com

<sup>1)</sup> Drehmomentmesser T12 von Hottinger Baldwin Messtechnik.

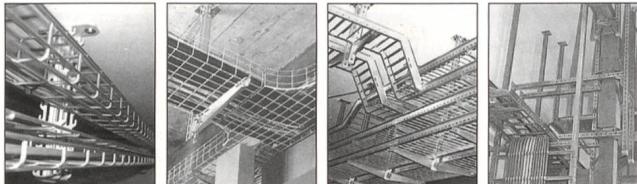


**rittmeier**  
KOMPETENT  
AUS ERFAHRUNG

## LEISTUNGSSTARK IN DER WASSERKRAFT

Wirtschaftlichkeit und Sicherheit für Mensch und Umwelt – Wir stimmen diese Anforderung optimal aufeinander ab und lösen für Sie diese zentrale Aufgabe beim Bau und der Modernisierung von Wasserkraftwerken.

[www.rittmeier.com](http://www.rittmeier.com)



### LANZ – moderne Kabelführungen

- |                 |                             |
|-----------------|-----------------------------|
| → Kabelschonend | → Schraubenlos montierbar   |
| → Preisgünstig  | → Funktionserhalt E30 / E90 |
| → Koordinierbar | → Sofort lieferbar          |

- LANZ G- und C-Kanäle
- Gitterbahnen, Flachgitter
- LANZ Multibahnen
- Weitspann-Multibahnen
- LANZ Briport
- LANZ Steigleitungen
- Inst-Alum und ESTA Elektro-Installationsrohre
- LANZ Rohrschellen für koordinierte Installationen

Stahl halogenfrei polyethylenbeschichtet, galv. verzinkt, feuerverzinkt oder rostfrei A4. Hoch belastbar nach IEC 61537. CE-konform. ISO 9001 zertifiziert. G-Kanäle und Multibahnen geprüft für Funktionserhalt im Brandfall E30 / E90. Trägermaterial ACS-schockgeprüft 3 bar, abrutschsicher verzahnt. Deckenstützen selbststeinhängend.

Ab Lager von **lanz oensingen ag** und allen Elektrogrossisten.  
**lanz oensingen ag** Tel. 062 388 21 21 Fax 062 388 24 24



Mich interessieren ..... Bitte senden Sie Unterlagen.

Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!

Name / Adresse / Tel. \_\_\_\_\_

K5



**lanz oensingen ag**

CH-4702 Oensingen  
Telefon 062 388 21 21  
[www.lanz-oens.com](http://www.lanz-oens.com)

Südringstrasse 2  
Fax 062 388 24 24  
[info@lanz-oens.com](mailto:info@lanz-oens.com)

Suchen Sie eine Fachperson, die Ihre Drucksachen gestaltet und realisiert?

### VISUELLE GESTALTUNG : PIA THÜR

Hardturmstrasse 261, 8005 Zürich  
Tel 044 563 86 76, Fax 044 563 86 86  
[piathuer@gmx.ch](mailto:piathuer@gmx.ch)

  
**LIHAMIJ**  
INTERNATIONAL TRADING COMPANY

Wir kaufen gebrauchte

### STROMAGGREGATE

Ab 250 kVA bis 5000 kVA.  
Alle Fabrikaten und Baujahre.  
Diesel oder Gas auch für Ersatzteile.

**LIHAMIJ**  
Leende / Holland  
Tel. 0031 40 2061440  
[Sales@Lihamij.com](mailto:Sales@Lihamij.com)