

Fachbericht Hydropower

NIVUS GmbH

Im Täle 2

75031 Eppingen

Telefon +49(0)7262 9191-0

Telefax +49(0)7262 9191-999

info@nivus.com

www.nivus.de

Geschäftsführer

Udo Steppe, Ingrid Steppe

Marcus Fischer

Optimierte Wasserkraft gegen den Klimanotstand

Das Europäische Parlament hat Ende 2019 mit großer Mehrheit den Klimanotstand erklärt. Ohne Zweifel eine symbolische Handlung, aber auch ein starkes politisches Signal an Industrie und Wirtschaft mit intelligenten Lösungen gerade im Bereich der Energiewirtschaft Innovationen weiter zu treiben. Im Wandel zur ökologischen Stromerzeugung erfahren Wasserkraftwerke eine wachsende Bedeutung zur Stabilisierung der Smart Grids.

Ökologische Stromerzeugung

Bereits seit dem 19. Jahrhundert wird die Wasserkraft zur Erzeugung von Strom genutzt. Lange war die Wasserkraft die bedeutendste regenerative Energiequelle, bis sie 2004 von der Windkraft abgelöst wurde.

Neben Windkraft und Photovoltaik trägt die Wasserkraft seit sehr vielen Jahren einen wesentlichen Beitrag zur ökologischen Stromerzeugung bei. Der Vorteil liegt in der CO₂-freien, kontinuierlichen und weitestgehend vom Klima unabhängigen Bereitstellung der Leistung. Durch die dezentrale Nutzung der Wasserkraft stabilisiert sie dabei das Netz der regionalen Energieversorgung. Allein im Jahr 2015 konnte durch diese Energieerzeugung ein Ausstoß von etwa 14,5 Millionen Tonnen CO₂ in Deutschland eingespart werden! Mit einem Anteil von rund 35 Prozent gehört die Wasserkraft zu den bedeutendsten regenerativen Energiequellen Europas. Prinzipiell kann zwischen Laufwasser- und Speicherwasser-Kraftwerken unterschieden werden. Während Laufwasserkraftwerke kontinuierlich die Energie des Wassers nutzbar machen, haben Speicherkraftwerke, wie Talsperren oder Pumpspeicherkraftwerke, die Aufgabe eine bedarfsgerechte Stromerzeugung, wie bei erforderlichen Lastspitzen, zu ermöglichen. Dabei ist nach derzeitigem Stand der Technik eine kostengünstige Speicherung der elektrischen Energie im großen Stil lediglich durch Pumpspeicherkraftwerke möglich. Je nach Größe der Anlage leisten Wasserkraftwerke ebenfalls einen Beitrag zur Gewässerregulierung. So dient das Rheinkraftwerk Iffezheim, eines der größten Laufwasserkraftwerke in Europa, neben der Stromerzeugung ebenfalls zur Wasserstandregulierung des Rheins. Die Wasserkraft steht mit ihrer ausgereiften Technologie, hinter der Biomasse, an zweiter Stelle der weltweiten Nutzung der regenerativen Energieträger.

Chancen für die Zukunft

Derzeit gibt es in Deutschland etwa 7.600 Wasserkraftanlagen mit einer installierten Leistung von annähernd 5.500 Megawatt (MW). Die überwiegende Anzahl sind Kleinwasserkraftwerke mit einer installierten Leistung unter 1 MW. Der Anteil an der Stromproduktion ist dabei sehr gering. Ein weitaus größerer Anteil an der Stromproduktion wird mit annähernd 17,5 Terawattstunden (TWh) von Großanlagen mit einer Leistung von über 1MW erzeugt. Die Bruttostromerzeugung durch Wasserkraft liegt in Deutschland bei rund 21TWh. In der EU werden durch die Energie des Wassers annähernd 380 TWh Strom produziert. Unter Einbeziehung weiterer Länder wie Großbritannien, Norwegen, der Schweiz und der Türkei sind dies sogar 600TWh. Auf europäischer Ebene gibt es Bestrebungen die Anzahl an Kleinwasserkraftwerken auf 24.000 bis 2021 zu erhöhen.

Aufgrund des Klimawandels kann nach Einschätzung des Bundesumweltamtes in Deutschland mit einer Minderstromerzeugung von 4-15% im Bereich der Wasserkraft



NIVUS GmbH
Im Täle 2 • D-75031 Eppingen
Reg.-No. HRB Stuttgart 101832
VAT-No. DE145779515
Steuernr. 65204/39902
WEEE-Reg.-No. DE75724647

Bankverbindung
Volksbank Kraichgau
Wiesloch-Sinsheim eG:
IBAN DE87 6729 2200 0011 5215 17
BIC/Swift GENODE61WIE
Kreissparkasse Heilbronn:
IBAN DE12 6205 0000 0000 0059 26
BIC/Swift HEISDE66XXX

gerechnet werden. Hintergrund sind die vielen Faktoren, wie Niederschlag und Verdunstung, welche die Höhe der Wassermenge in den Flüssen bestimmt. Je nach Szenario ergeben sich demnach Schwankungen zwischen plus neun und minus neun Prozent. Um etwaige Mindererzeugungen zu kompensieren, empfiehlt es sich daher, die technischen Möglichkeiten zu Anlagenoptimierung zu nutzen und Simulationen zum Oberflächenabfluss weiter zu verbessern.

Wege zur Modernisierung

Je nach Betrachtung und Bauart liegt der Wirkungsgrad bei Wasserkraftwerken mit 75% (Pumpspeicherkraftwerke) und 90% (Laufwasserwerke) bereits wesentlich höher als bei anderen erneuerbaren Energien. Dennoch gibt es beispielsweise durch die Erhöhung des Stauraumes und durch technische Innovationen Möglichkeiten, den Gesamtwirkungsgrad noch zu verbessern. Aber auch aus ökologischer Sicht sind weitere Maßnahmen wie beispielsweise Fischaufstiegsanlagen erforderlich, welche u.a. in der EU-Wasserrahmenrichtlinie gefordert werden. Letztere können gerade bei Großanlagen durch kleine Turbinen ergänzt werden. Der erforderliche Leitstrom zur Orientierung für die Fische und Kleintiere sollte dabei nach Einschätzung der DWA etwa 1% des Turbinendurchflusses betragen.

Durch die Erweiterung oder Veränderung der Bauwerke und der technischen Anlagen sollte unweigerlich eine Neubewertung der erforderlichen Messtechnik erfolgen. So kommt es beispielhaft durch Fischtreppe im Einlaufbauwerk der Anlage oder an Überfallwehren unvermittelt zu veränderten Strömungsverhalten. Die Folge sind ungenaue und somit nicht brauchbare Messwerte.

NIVUS bietet speziell für die Analyse und Bewertung von Messstellen am Oberflächengewässer und Rohrsystemen entsprechendes Know-How um die Gesamtanlage hydraulisch zu bewerten und höchstmögliche Effizienz der Anlage dauerhaft zu gewährleisten. Im Hinblick auf verschiedene Rahmenbedingungen der Messstrecke, der Dimensionierung und Materialbeschaffenheit sowie der Geometrie des Druckwassersystems sind die Messverfahren nach dem jeweiligen Bedarfsfall zu wählen. Als Kerngröße bei der Wasserkraft ist die Durchflussmessung zu benennen. Eine sehr anpassbare Methode zur dessen Bestimmung ist die akustische Durchflussmessung mittels Laufzeitdifferenzmethode, welche keine Rückwirkung auf das strömende Medium aufweist.

Kastentext Messprinzip

Beim genannten Messprinzip werden die Laufzeiten eines akustischen Signals zwischen zwei Ultraschallsensoren gemessen. Diese Sensoren bezeichnet man auch als hydroakustische Wandler (A und B in der nachfolgenden Zeichnung). Zwei Schallimpulse werden jeweils nacheinander gesendet und die unterschiedlichen Laufzeiten zwischen Sender und Empfänger gemessen. Der stromabwärts gerichtete Schall (t_2) erreicht den Empfänger in kürzerer Zeit als der stromaufwärts gesendete Schall (t_1).

Die Messung der benötigten Zeiten erfolgt durch hochgenaue Zeitmessungen und eine Signalkorrelation. Diese Signalkorrelation vergleicht das gesendete und das vom gegenüberliegenden Wandler empfangene Signal. Der Vergleich ermöglicht somit die Bestimmung des exakten Zeitpunktes der Aussendung und des Empfangs des Messsignals. Die Differenz dieser beiden ermittelten Zeiten verhält sich proportional zur mittleren Fließgeschwindigkeit im Messpfad.

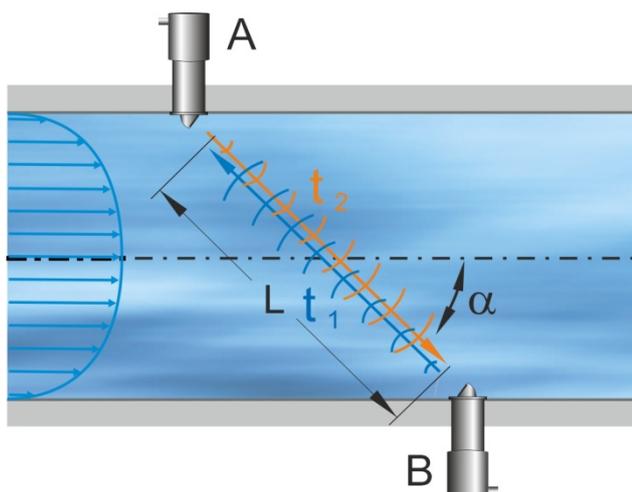


Abb. K2: Schematische Darstellung Laufzeitdifferenzprinzip mit NIVUS Rohrsensoren.
Die Messsonden sind in direktem Kontakt mit dem Medium.

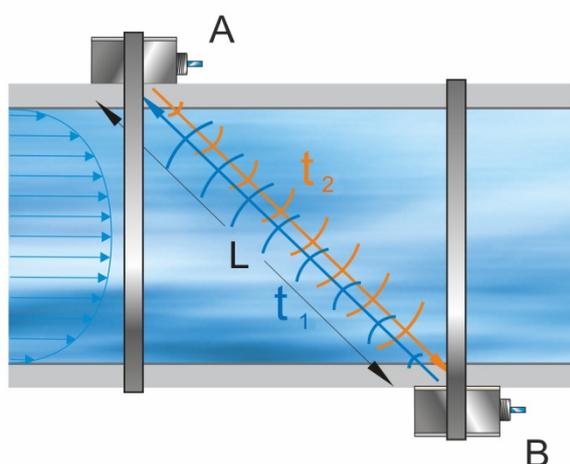


Abb. K1: Schematische Darstellung Laufzeitdifferenzprinzip
Berührungslose Messung mit Clamp-On Sensoren.

t1= Zeit der Impulses entgegen der Fließrichtung
t2= Zeit des Impulses mit der Fließrichtung
L= Laufzeit / Abstand zwischen den Sensoren

$$\bar{v} = \frac{t_1 - t_2}{t_1 \cdot t_2} \cdot \left(\frac{L}{2 \cos \alpha} \right)$$

Formel 1: Mittlere Laufzeitdifferenz in einem Messpfad

Nach dieser Formel kann aus den gemessenen mittleren Geschwindigkeiten in den einzelnen Ebenen - unter Bezug auf die entsprechenden Geschwindigkeitskoeffizienten - die mittlere Querschnittsgeschwindigkeit und somit der Durchfluss bestimmt werden.

$$Q = k \cdot A \cdot v_g$$

Q= Durchfluss

k= Messstellenabhängiger Korrekturfaktor

A= Durchflossene Fläche

v_g= mittlere Geschwindigkeit

Formel 2: Allgemeine Durchflussberechnung

[Ende Kastentext Messprinzip](#)

Hochgenaue Messtechnik auf engstem Raum

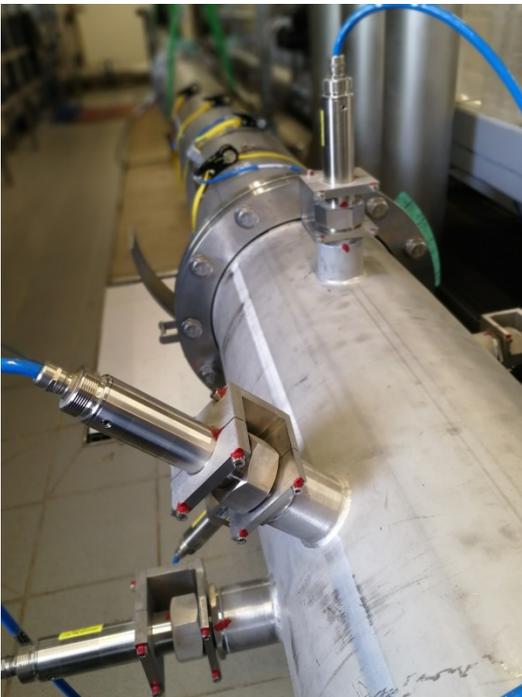
Bei der Auswahl geeigneter Messtechnik spielt neben dem Messprinzip und Sensorauswahl zweifellos auch die Montagemöglichkeit eine maßgebliche Rolle. Hierzu gehört die Geometrie des Zulaufkanals, wie ein offenes Gerinne, Hufeisentunnel, Stahl oder GFK-Rohr. Im Hinblick auf die Zugänglichkeit und mechanischer Belastung durch Vibrationen und Fließgeschwindigkeit des Mediums besteht die Wahl zwischen der Messung im Medium und der berührungslosen Messung. Speziell bei Modernisierungen von Rohrsystemen, sind oftmals besondere Anbauvorrichtungen und Sonderkonstruktionen erforderlich. NIVUS bietet hierzu ein breites Spektrum hochgenauer Messtechnik mit abgestimmten Befestigungssystemen an. Während der Austausch eines Magnetisch-induktiven Durchflussmessers (MID) einen massiven Eingriff in der Druckleitung mit enormen Aufwand und Kosten nach sich zieht, bieten NIVUS Rohrsensoren in Verbindung mit einem Stutzen und Kugelhahn eine vergleichbar einfache und schnelle Alternative. Noch effizienter ist der Einsatz von Clamp-On-Sensoren, welche auf das Rohr gesetzt und mittels eines Montagesystems dauerhaft befestigt werden. Bei beiden Varianten erfolgt die Montage ohne Unterbrechung des Anlagenbetriebes!



Bildunterschrift: Hochgenaue Stabsensoren zur direkten Messung im Medium



Bildunterschrift: Die Aufgabe des defekten MID übernimmt nun der NIVUS Rohrsensor im Hintergrund



Bildunterschrift: Durchflussmessung mit mehreren Messpfaden



Bildunterschrift: Verbautes Rohrmontagesystem in Druckleitung eines Wasserkraftwerkes



Bildunterschrift: Erste Wahl bei Nachrüstungen und Modernisierung: Berührungslose Clamp-On-Messung

Steuern und Automatisieren

Mit Blick auf Klein- und Kleinstwasserwerke sind die Anforderungen an die Automatisierung und Regelungstechnik sehr vielschichtig. Zu den Kernaufgaben wie, der Zulauf- und Ablaufsteuerung des gesamten Bauwerkes sowie der Turbinensteuerung stellt sich zwangsläufig die Frage des Inselbetriebes oder der direkten Netzankepfung.

Um eine hochverfügbare Energieerzeugung zu gewährleisten, ist eine kontinuierliche Überwachung und Optimierung der Anlage mit Hilfe der hochgenauen Messdaten unerlässlich. Hierzu bietet der NivuLink Control vielfältige Möglichkeiten. Neben der Einbindung der Messdaten so wie der digitalen und analogen Signalverarbeitung aus der Anlage, bietet das Steuerungssystem umfangreiche Möglichkeiten zur Anlagenüberwachung. So können mit Hilfe der Rahmenparameter wie Druck, Temperatur, Strömungsdaten, Turbinendrehzahl und Schwingungsüberwachung mögliche Schadensursachen frühzeitig identifiziert werden. Die integrierte Web-Visualisierung unterstützt dabei sowohl die Bedienung vor Ort, als auch Fernzugriffe

über das Internet. Sie ermöglicht die übersichtliche Darstellung und Beurteilung der Werte und Leistungsdaten der Anlage. Die frei programmierbare Steuerung eröffnet weitreichende Möglichkeit zur Einbindung der Sensor-/ Aktor-Ebene, um weitere Bedienfelder, Warnmelder und potenzialfreie Kontakte zu integrieren. Die Kommunikation des NivuLink Control kann sowohl über ein lokales oder Verbundnetzwerk sowie auch über das GSM / GPRS Netz erfolgen. Auf diese Weise lassen sich applikativ Störmeldungen und Klartext-Nachrichten wie E-Mail und SMS über einen zweiten Alarmierungsweg einbinden und so ein gezieltes Service- und Alarmmanagement-System aufbauen. Den Kriterien an die IT-Sicherheit gemäß den KRITIS-Anforderungen wird dabei durch abgesicherte Kommunikation Rechnung getragen.



Bildunterschrift: NivuLink Control zur individuellen Automatisierung

Mehr Effizienz durch zukunftsweisende Vernetzung

Um die Verfügbarkeit und Effizienz der Anlage auch dauerhaft auf hohem Niveau zu halten, bietet das von NIVUS entwickelte Leitsystem NICOS umfangreiche Möglichkeiten. Mit der optionalen Nutzung auf dem kundeneigenen Server oder als cloudbasiertes System lassen sich individuelle Lösungen für Wasserkraftwerke realisieren und durch verschiedene Module aufbauen und erweitern. Durch die Einbindung aller vorhandenen Strömungs-, Mess- und Maschinendaten ergeben sich durch Anreicherung weiterführender Informationen (z.B. GIS) mit Hilfe künstlicher Intelligenz dynamische Anpassungen, die den Wirkungsgrad des Gesamtprozesses steigern. Kleinst- und Kleinwasserkraftwerke werden häufig im Inselbetrieb oder in lokalen Verbundnetzen betrieben. Aufgrund der individuellen Kosten- und Ertragsstruktur liegen der Energieerzeugung daher verschiedener Businessmodelle zu Grunde. Zur Einbindung der verschiedenen Bemessungs- und Abrechnungssoftware bietet das Dataiosk von NIVUS eine Softwareplattform mit individuellen Schnittstellen, um die Verknüpfung und Steuerung der Maschinenkennzahlen mit den kaufmännischen Systemen zu automatisieren. Die Anlagenrentabilität kann somit gezielt dargestellt und bewertet werden. Beeinflussende Faktoren werden erkannt und

können zum effizienteren Betrieb der Anlage beitragen. Mit einer höheren Kraftwerkseffizienz leistet der Betreiber seinen Anteil zur Verringerung des Klimanotstands.



Bildunterschrift: Das NICOS Leitsystem bietet einen zentralen Überblick und trägt zu effizienteren Anlagennutzung bei

Infokasten

Die NIVUS Gruppe mit Sitz in Eppingen ist ein international führender Anbieter innovativer Messtechnik und Softwarelösungen für die Wasserwirtschaft, Prozess- und Verfahrenstechnik. Mit mehr als 50 Jahren Erfahrungen entwickelt und produziert das Unternehmen Füllstand- und Durchflussmesstechnik sowie anwendungsorientierte Messsysteme. Mit einer durchgängigen Automatisierungs-, Software- und Cloud-Plattform bis hin zum Prozessleitsystem bietet NIVUS maßgeschneiderte IoT-Lösungen an. Die NIVUS GmbH ist mit neun internationalen Niederlassungen und über 40 Distributoren weltweit tätig.

Autor:
Kay Miller
Key Account Manager
Digitalisierung & IoT

NIVUS GmbH
Im Täle 2
D-75031 Eppingen, GERMANY

Tel: +49 (7262) 9191 935
E-Mail: Kay.Miller@nivus.com