



WINKELSENSOREN IN E-BIKES



MagneticSense



Wie ein innovativer Winkelsensor in E-Bikes neue Maßstäbe setzt

Die Pedelecs und E-Bikes der nächsten Generation enthalten deutlich mehr Sensoren als noch vor wenigen Jahren. Sensor-Fusion oder Smart Systeme sind Treiber in diesen Bereichen. Die Idee des Sammelns möglichst vieler Sensorinformationen von verschiedenen Sensoren und diese zu verarbeiten, entspringt dem Wunsch, so viel wie möglich über dieses System zu erfahren, um durch diese Informationen eine Verbesserung des Systems in Bezug auf Effizienz, Handhabung und Langzeitverhalten



Wie wird das Drehmoment im E-Bike gemessen?

Bei den meisten Fahrrädern ist das Tretlager so konstruiert, dass sowohl das linke als auch das rechte Pedal über eine Kurbel mit der Tretlagerwelle verbunden sind. In den meisten Fällen wird die Kraft von der rechten Kurbel auf das Getriebe übertragen, das dann das Hinterrad antreibt. Das bedeutet, dass der Kraftfluss oberhalb des Tretlagers nur durch das gegenüberliegende Pedal definiert wird. Für die Messung des Drehmoments und damit der Leistung im Pedelec, ist es notwendig, die Kraft bei der Pedaltritte zu messen, um eine gute Kontrolle zu erhalten. Dies kann erreicht werden, indem die Kraft der Tretlagerwelle auf eine gemeinsame Wellenhülse und von dort auf das Hinterrad übertragen wird. Diese Wellenhülse oder Messhülse stellt das Herzstück der Kraft- oder Drehmomentmessung bei Fahrrädern dar. Dies gilt für alle Fahrräder, egal ob es sich um Pedelecs oder Fahrräder ohne Antriebsunterstützung, bei denen die Kraftmessung eine Rolle spielt, handelt. Die heute verfügbaren Drehmomentsensoren basieren auf dem magnetostriktiven Messprinzip und können die Drehmomente der beiden Pedale an dieser rotierenden Messhülse erfassen. Die Magnetostriktion basiert darauf, dass sich die magnetischen Eigenschaften durch eine Krafteinwirkung auf einen ferromagnetischen Messkörper ändern. Die Änderung der magnetischen Eigenschaften kann die Änderung eines magnetischen Gleichfeldes bei passiven Sensoren, oder eine Änderung der eingprägten magnetischen Flusssdichte oder ein magnetischer Widerstand bei aktiven Sensoren sein.

Warum wird ein innovativer Winkelsensor/-encoder benötigt?

Neben der Bremskraftregelung werden Sensoren auch im Bereich des Lastmanagements eingesetzt. Kraftsensoren im Einstiegsbereich können beispielsweise zählen, wie viele Personen in den Zug ein- oder ausgestiegen sind. Kraftsensoren können auch feststellen, wie schwer die Last auf der Waggonachse ist und wie sie sich im Verlauf verändert. Dies ist vor allem im Güterverkehr in-

teressant, wo sich die Transportkosten aus dem Gewicht der Ladung und Volumen berechnet werden. Auf diese Weise kann der Bahnbetreiber die Daten seiner Kunden überprüfen. Ähnlich verhält es sich mit dem E-Mobility-Truck der Zukunft, da dort die Ladung einen wesentlichen Einfluss auf Sicherheit und Kosten hat.

Frühzeitige Erkennung von Fehlfunktionen

Zusätzlich zum Drehmomentsignal ist jedoch die Messung der Trittfrequenz notwendig. Nur mit der Information über die Trittfrequenz kann die aktuelle Leistung berechnet werden, die dann für die Regelung verwendet wird. Es gibt verschiedene Methoden zur Erfassung der Trittfrequenz. Die gebräuchlichste Art ist die Verwendung eines Hallensensor oder GMR-Sensor, der über ein Magnetrad auf der Messwelle schwebt. Das Magnetrad hat unterschiedlich magnetisierte Bereiche. Wenn sich die Messwelle dreht, erkennt der Hallensensor diese unterschiedlichen Polbereiche und kann deren Veränderung feststellen. Die Auflösung dieser Sensoren ist durch die Anzahl der magnetischen Pole definiert. Um zusätzlich zur Drehzahl auch die Drehrichtung zu erfassen, werden mindestens 2 Hall- oder GMR-Sensoren benötigt, die so angeordnet sind, dass die Sensoren nicht nur erkennen, dass sich der Magnetpol

wechseln, sondern auch, in welche Richtung er wandert oder sich ändert. Mit einer gewissen Intelligenz kann in dieser Magnetpolsignatur sogar ein inkrementeller Winkelsensor realisiert werden. Durch die Verwendung von z.B. einem definierten längeren oder kürzeren Pol, der sicher identifiziert werden kann, kann ein Nullpunkt bestimmt werden. Der Einsatz eines Hall- oder GMR-Sensors kann auch ohne Magnetrad realisiert werden, indem man die mechanische Signatur eines ferromagnetischen Körpers auf die Messhülse anwendet. Im einfachsten Fall wird ein toothed ring pinion und der Sensor durch einen Magneten polarisiert. Bei dieser Anordnung erkennt der Magnetsensor nicht einen Polwechsel, sondern einen veränderten magnetischen Fluss. Befindet sich unterhalb des Sensors eine Vertiefung, ist der magnetische Fluss kleiner als eine Erhöhung unter dem Sensor.



Neben dem Drehmoment im e-Bike, kann dies als zuverlässige Drehzahl bestimmt werden. Mit diesen Informationen können die meisten Pedelec-Systeme bereits arbeiten und gute Leistungen erzielen. Zusätzlich zu diesen Daten kann aber auch eine absolute Winkel Messung durch ein intelligentes System noch durchgeführt werden. Absolute Winkel sind jedoch vermutlich sehr teuer und aufwendig in der Umsetzung, daher werden sie oft nicht angeboten. Es gibt jedoch aber auch sehr einfache und robuste Methoden, um eine absolute Winkelmessung zu realisieren. Mit einer lizenzierten Methode hat Magnetic-Sense eine sehr einfache Möglichkeit geschaffen, einen absoluten Winkel $<1^\circ$ aufzulösen und dies in

das bestehende Drehmoment Sensorkonzept zu integrieren. Das Funktionsprinzip basiert darauf, dass 4 Induktoren im 90° Winkel um die Messwelle zueinander um die Messwelle angeordnet sind, eine Sinusscheibe, die auf der Messwelle integriert ist, ändert die Induktivitäten aufgrund ihrer Wirbelstrom Eigenschaften. Die Veränderung der Induktivitäten, die mit dieser Sinuswelle verbunden ist, kann zur Berechnung eines Winkels verwendet werden. Zusätzlich kann die Trittfrequenz auch über die zeitliche Winkeländerung berechnet werden.