

# E-BIKES: WIE ZF MIT SEINEM HALL-SPEED-SENSOR MOTOREN REAKTIONSFÄHIGER MACHT

**W**ährend E-Bikes immer beliebter werden, setzen Fahrradhersteller auf besonders leistungsstarke Motoren. Um den Fahrer bestmöglich zu unterstützen, können Sensoren die nötigen Daten liefern und so die Leistungsunterstützung des Motors auf die Geschwindigkeit anpassen.

Der Fahrradmarkt boomt – ob mit Elektroantrieb oder ohne. Das zeigt eine aktuelle Studie des Online-Portals Statista: Denn 44 % der darin befragten Menschen in Deutschland schwingt sich mindestens ein paar Mal die Woche auf den Sattel.

Im Trend liegen dabei klar die E-Bikes mit ihren hochtechnischen Antriebssystemen. Vor allem der Mittelmotor hat sich aufgrund seiner ausgewogenen Fahr-Charakteristik als Allrounder unter den Motorsystemen durchgesetzt. Doch die Reaktionsfähigkeit der Motoren müssen immer mehr auf die Umgebung und auf den Fahrer hin optimiert werden. Dies wird mit Drehmoment-, Neigungs- und Geschwindigkeitssensoren realisiert. Letztere versorgen die Motorkontrolleinheit in Echtzeit mit Daten, damit der Fahrer bestmöglich auf eine bestimmte Fahrsituation hin unterstützt wird.

Insbesondere der Geschwindigkeitssensor wird zum einen für die Abriegelung des Motors bei einer Geschwindigkeit von 25 km/h für Pedelecs und 45 km/h für S-Pedelecs be-

nötigt und zum anderen, um die Leistungsunterstützung des Motors auf die Geschwindigkeit hin anzupassen.

## Geschwindigkeitssensoren für E-Bike-Mittelmotoren

Bisher haben sich in der E-Bike-Branche insbesondere zwei Sensor-Technologien zur Geschwindigkeitsmessung etabliert. Dabei handelt es sich zum einen um die Reed- und zum anderen um die Hall-Technologie. Beide Sensor-Typen lassen sich am Fahrradrahmen des Hinterrads montieren und messen die Umdrehungsgeschwindigkeit des Rades. Reedschalter sind in verschiedenen Branchen und Applikationen zu finden.

Der Vorteil liegt auf der Hand: Sie sind kostengünstig und unkompliziert im Betrieb. Zudem benötigen sie keine zusätzliche Energiequelle und die hermetische Abdichtung macht den Schalter resistent gegenüber Staubpartikel, Öle und Feuchtigkeit.

## Hall basierter Geschwindigkeitssensor für E-Bikes

- Hohe Auflösung besonders für Berg-Anfahrten
- Sehr guter Schutz vor Manipulation
- Bestens geeignet für ABS-Systeme





Aufgrund des physikalischen Prinzips benötigt der Hall-Sensor im Gegensatz zum Reedschalter einen kontinuierlichen Strom, ausgehend von einer externen Energiequelle. Deshalb werden Hallsensoren auch als aktive Sensoren bezeichnet, da sie eine integrierte Elektronik für die Signalverarbeitung benötigen. Die Vorzüge des Hall-Sensors liegen in der Kompaktheit und Zuverlässigkeit. Sie sind immun gegenüber Erschütterungen über 35g sowie gegenüber Verschmutzung und Feuchtigkeit. Im Inneren des Sensors befinden sich keine beweglichen Komponenten, sodass ein verschleißfreies Arbeiten ohne Reibungskräfte möglich ist. Dies führt zu einer nahezu unbegrenzten Lebensdauer. Zudem besteht die Möglichkeit neben der Geschwindigkeit auch die Fahrtrichtung zu bestimmen.

Für die Messung der Geschwindigkeit mit dem ZF Hall-Sensor werden keine zusätzlichen externen Magnete benötigt, wie beispielsweise auf der Radspeiche. Stattdessen wird der Sensor direkt auf eine Geschwindigkeitsscheibe des Bikes ausgerichtet. Entweder kann diese Scheibe neben der Bremsscheibe fixiert werden oder es wird die Bremsscheibe modifiziert und direkt anvisiert. Drehwinkel und Luftspalt zwischen Sensor und Scheibe müssen aufeinander abgestimmt sein. Damit es zu einer Magnetfeldänderung im Inneren des Sensors kommt, muss die Scheibe aus einem ferromagnetischen Material sein und periodisch schmale Schlitze aufweisen. Nur dadurch kann der Sensor eine regelmäßige Magnetfeldveränderung registrieren und daraufhin elektrische Signale über eine Leitung an das Steuergerät übermitteln. Die Bereitstellung sowie die Auslegung der Geschwindigkeitsscheibe wird von dem jeweiligen Antriebshersteller selbst definiert je nach Anforderung und Höhe der Auflösung. Bei der Wahl einer zusätzlichen Geschwindigkeitsscheibe, wird diese an das Kettenlager neben der Bremsscheibe angebracht und darf nur wenige Millimeter gegenüber des Hall-Sensors platziert werden. Wird die Bremsscheibe direkt anvisiert muss diese auch periodisch Schlitze zur Signalaus-

lösung aufweisen. Das Gesamtsystem des Sensors mit Geschwindigkeitsscheibe bietet wesentliche Vorteile hinsichtlich der funktionalen Sicherheit, Manipulationsicherheit und Ansprechverhalten des E-Bike-Motors im Vergleich zu dem herkömmlichen System Reedschalter mit externem Speichenmagnet.

### ■ Funktionale Sicherheit

Die hohe funktionale Sicherheit lässt sich einerseits auf die Funktionsweise des Hall-Sensors und andererseits auf das Gesamtsystem zurückführen. Aufgrund der Hall-Technologie ist der Sensor komplett verschleißfrei und nahezu immun gegenüber Schmutz, Vibrationen und Erschütterungen: Somit ist die Sensor-Applikation hervorragend für Geländefahrten und Fahrten auf unebenem Boden geeignet. Außerdem sind sowohl der Geschwindigkeitssensor als auch die Geschwindigkeitsscheibe im Fahrradrahmen bzw. der Radachse integriert, sodass die Geschwindigkeit zuverlässig abgegriffen wird. Die Gefahr, dass sich eine der Komponenten verschiebt und die Geschwindigkeitsmessung negativ beeinflusst, ist wesentlich geringer als bei dem herkömmlichen System mit Speichenmagnet.

### ■ Ansprechverhalten des Motors

Der Hauptvorteil und das Alleinstellungsmerkmal des Geschwindigkeitssystems von ZF liegen in der hohen Auflösung der Geschwindigkeitsmessung. Wird bei den Systemen mit Reedschalter nur einmal pro Radumdrehung ein Signal versendet, erzeugt der Hall-Sensor mit Geschwindigkeitsscheibe bis zu 30 oder mehr Signale pro Umdrehung. Die Anzahl ist abhängig vom Design der Scheibe und den Anforderungen auf die gewünschte Auflösung. Der Sensor erkennt die Schlitze in der Scheibe und versendet pro Schlitz ein Signal. Somit reagiert der Motor um ein Vielfaches schneller auf Geschwindigkeitsveränderungen und unterstützt den Fahrer entsprechend dynamisch. Insbesondere bei Berg-Anfahrten oder bei geringen Geschwindigkeiten erkennt er Beschleunigungen und veranlasst den Motor schneller auf Veränderungen hin zu reagieren, der als Ergebnis angemessene Fahrunterstützung leistet.

### ■ Gefahrrisiko: Frisiertes E-Bike

Betrachtet man die Unfallstatistik, so lässt sich leicht feststellen, dass sich die Anzahl an verletzten und getöteten E-Bike-Fahrern in Deutschland zwischen den Jahren 2014 und 2017 von 2.213 auf 5.115 mehr als verdoppelt hat. Schätzungen zu Folge wird jedes dritte E-Bike in Deutschland frisiert, um das Geschwindigkeitslimit zu erhöhen.

Als Konsequenz ergeben sich längere Bremswege und ungeübte Fahrer werden bei Berg- und Talfahrten sowie Wendevorgängen überfordert. Die Anzahl an Unfällen nimmt

dadurch kontinuierlich zu. Die Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft Fahrradwirtschaft (AGF) nehmen bewusst eine Position gegen jede Art der Manipulation an E-Bike-Antriebssystemen der deutschen und internationalen Fahrradindustrie ein. Das Ziel seitens der Industrie ist, kontinuierlich an einer Verbesserung der Antriebs-Systeme zu arbeiten, um eine Manipulation zu erschweren.

Um die Geschwindigkeitsbegrenzung zu umgehen, gibt es verschiedene Ansätze. Eine Möglichkeit ist das Filtern jedes zweiten Sensorsignals durch die Anbringung eines Tuning-Chips an der Kettenstrebe. Er ermöglicht eine Verdoppelung der programmierten Motorunterstützung.

Eine weitere Alternative ist das Abgreifen des Sensorsignals an einer anderen Position. Dabei bietet sich vor allem die Schraubverbindung von Pedal und Tretkurbel an. Bei dem herkömmlichen System mit externem Speichenmagnet, wird dieser mit einer magnetischen Schraube an der Tretkurbel ersetzt. Der Reedschalter wird gegenüber neu justiert und reagiert nun auf das Magnetfeld der Schraube. Die Anzahl an Umdrehungen des Pedals ist geringer als die der Räder. Als Ergebnis werden weniger Signale an das Steuermodul übermittelt, welches wiederum eine geringere Geschwindigkeit errechnet als der tatsächliche Wert. Der Motor unterstützt weiterhin, obwohl die maximal er-

laubte Geschwindigkeit bereits überschritten wurde. Diese Art von Manipulation kann mit dem Geschwindigkeitsmesssystem Hall-Sensor von ZF in Verbindung mit Geschwindigkeitsscheibe verhindert werden.

## ■ Ausblick ABS

Neben den zahlreichen Innovationen in den Bereichen Connectivity und Antriebsauslegung in E-Bikes hatte auch das ABS-System einen großen Stellenwert im Markt. Hier ist der Hall-Sensor mit zusätzlicher Geschwindigkeitsscheibe oder modifizierter Bremsscheibe eine favorisierte Lösung. Die hohe Auflösung ermöglicht Geschwindigkeitsveränderungen sowohl am Vorder- als auch Hinterrad während des Bremsvorganges präzise zu messen. Mit diesen Werten kann die ABS-Kontrolleinheit die Räder zueinander abgestimmt und kontrolliert abbremst, sodass ein Überschlag oder Abheben des Fahrers vermieden wird. Aufgrund des zunehmenden Verkehrs in den Städten werden Gefahrenbremsungen immer häufiger. Deswegen steigt die Nachfrage dieser Funktion insbesondere bei E-Bikes speziell für die Stadt, um dort ein sicheres Radfahren zu gewährleisten.

|| <https://switches-sensors.zf.com>