

Bemerkungen und Notizen zu E-Bike Steuerungen

1 Regelung und Steuerung von Pedelecs

1.1 Einfluß auf das Fahrverhalten des Pedelecs

Die verwendete Regelung hat einen nicht zu vernachlässigenden Einfluß auf das Fahrverhalten des Pedelecs im Unterstützungsbetrieb. Je nach der Technik kann diese sich ruckelig schwergängig oder dynamisch soft verhalten. Für das Regelungsverhalten ist entscheidend welche Art von Sensoren verwendet werden. Einige Pedelecs haben nur einfache Pedalbewegungssensoren, andere haben auch drucksensitive Sensoren eingebaut.

Die Beschreibungen der Hersteller sind in dem Punkte fast immer etwas geschönt. Somit bleibt nur das Pedelec vorher beim Händler des Vertrauens auszuprobieren. Das Pedelec sollte dabei immer Testfahrten in der Ebene und Steigungsfahrten beinhalten. Im Hinblick darauf, dass ein Pedelec auch mal Service und Reperaturen benötigt, ist es kurzsichtig Pedelecs beim Händler zu testen und dann im Internet zu kaufen.

1.2 Pedalbewegungssensoren (Trittbewegungssensoren)

Nach Vorschrift darf der Motor nur unterstützen, wenn auch in die Pedale getreten wird. Aus diesem Grunde müssen alle Pedelecs einen Drehbewegungssensor im Tretlagerbereich angebracht. Dabei wird entweder die Drehbewegung einer montierten oder geklebten Scheibe mit optischen Sensoren oder das Magnetfeld von aufgeklebten Magneten erfaßt.

Sehr einfache Antriebe haben nur diese Sensoren eingebaut. Der Vorteil bei diesen Antrieben ist, dass bereits bei Tretbewegungen mit geringer Kraft bereits der Antrieb auf der Ebene spürbar unterstützt. Ein Hochlaufen auf die maximale Geschwindigkeit wird durch eine flache Kennlinie des Geschwindigkeitsabhängigen Motormomentes verhindert. Nachteilig wirkt sich das bei Steigungsfahrten aus, indem das Moment nicht entsprechend erhöht wird. Dem Nachteil etwas gegengewirkt werden kann indem die Schaltstufen während des Fahrens über einen Hebel parallel hochgeschaltet werden können. Kann dies nur über das Aufrufen eines Menüs am Steuergerät verstellt werden, ist das etwas unpraktisch in der Handhabung.

Für diese Art der Steuerung gibt es noch einige Tricks um den Unterstützunganteil automatisch etwas anzupassen. Eine Variante ist die Messung der Pedalgeschwindigkeit mit der Geschwindigkeit des Unterstützungsmotors zu vergleichen. Wenn bei Steigungen schaltet der Nutzer in einen niedrigeren Gang schaltet, dann verändert sich das Verhältnis der Impulsrate der Pedaldrehzahlgeber zur Motordrehzahl. Die kann ein Steuergerät auswerten und die Unterstützung entsprechend automatisch hochschalten.

Eine weitere Variante mißt die Schwankungen der Motorleistung, die durch die Pedaldrehbewegungen zustande kommen. Im Umkehrpunkt (Pedal ganz jeweils am tiefsten Punkt) ist das Moment des Radlers am niedrigsten und die momentane Motorleistung am höchsten. Bei waagrechter Pedalpostion wird die momentane Motorleistung am niedrigsten. Diese Schwankungen können ausgewertet werden um ebenfalls die Motorunterstützung zu regeln. Allerdings ist diese Regelung langsam und wird erst nach wenigen Halbumdrehungen der Pedale wirksam.

Wichtig bei dieser Art der Regelung ist, dass der Sensor erkennt, wenn rückwärts getreten wird und sofort die Unterstützung beendet. Je nach Auflösung in Schritte pro Umdrehung reagiert die Steuerung unterschiedlich schnell. Aus dem Grunde ist es erforderlich eine Kontakt an der Bremse anzubringen, der ein sofortiges Stoppen des Antriebes bewirkt. Ohne diese Maßnahme würde

meistens der Motor noch eine halbe Sekunde antreiben.

1.3 Pedaldrucksensoren (Kraftsensoren)

Über kleine Drucksensoren an den Pedalen ist es möglich das unterstützende Moment des Motors proportional zur Tretkraft des Nutzers zu steuern. Für den Nutzer entspricht eine solche Regelung am ehesten dem normalen Fahrgefühl. Die Steuerungskennlinie bewirkt hier über einen weiten Bereich eine äquivalente Reduzierung des Anstrengungsempfinden einer Steigung.

Ein Nachteil dieser Steuerung ist, dass beim Stehen auf den Pedalen (z.B. auch im Stand) der Motor bereits startet oder der Unterstützungsgrad sich hochschaltet. Ersteres wird verhindert durch zusätzliche Drehsensoren an den Pedalen, beziehungsweise Tretlagern.

Wichtig bei dieser Art der Regelung ist, dass der Sensor erkennt, wenn rückwärts getreten wird und sofort die Unterstützung beendet oder erst gar nicht zulässt. Je nach Auflösung in Schritte pro Umdrehung reagiert die Steuerung unterschiedlich schnell. Aus dem Grunde ist es erforderlich eine Kontakt an der Bremse anzubringen, der ein sofortiges Stoppen des Antriebes bewirkt. Ohne diese Maßnahme würde meistens der Motor noch eine halbe Sekunde antreiben.

Für diese Art der Steuerung gibt es noch einige Tricks um den Unterstützunganteil automatisch etwas anzupassen. Eine Variante ist die Messung der Pedalgeschwindigkeit mit der Geschwindigkeit des Unterstützungsmotors zu vergleichen. Wenn bei Steigungen schaltet der Nutzer in einen niedrigeren Gang schaltet, dann verändert sich das Verhältnis der Impulsrate der Pedaldrehzahlgeber zur Motordrehzahl. Die kann ein Steuergerät auswerten und die Unterstützung entsprechend in feineren Stufen automatisch hochschalten.

Eine weitere Variante mißt zusätzlich parallel die Schwankungen der Motorleistung, die durch die Pedaldrehbewegungen zustande kommen. Im Umkehrpunkt (Pedal ganz jeweils am tiefsten Punkt) ist das Moment des Radlers am niedrigsten und die momentane Motorleistung am höchsten. Bei waagrechter Pedalposition wird die momentane Motorleistung am niedrigsten. Diese Schwankungen können ausgewertet werden um ebenfalls die Motorunterstützung zu regeln. Allerdings ist diese Regelung langsam und wird erst nach wenigen Halbumdrehungen der Pedale wirksam. Eine andere Anwendung ist das Trifften der Kraftsensoren an den Pedalen zu erkennen und automatisch zu korrigieren. Hierzu muss aber auch das Drehzahlverhältnis der Pedale und des Motors herangezogen werden (bei Nabenmotoren, bei Mittenmotoren meist nicht).

1.4 Drehmomentaufnehmer(Kraftsensor) beim Hinterradmotor (Zahnkranz)

Über kleine Drucksensoren ist es möglich das unterstützende Moment des Motors proportional zur Tretkraft des Nutzers zu steuern. Für den Nutzer entspricht eine solche Regelung am ehesten dem normalen Fahrgefühl. Die Steuerungskennlinie bewirkt hier über einen weiten Bereich eine äquivalente Reduzierung des Anstrengungsempfinden einer Steigung.

Ein Vorteil dieses Systems ist, dass der Nachteil beim Stehen auf den Pedalen (z.B. auch im Stand) kein Motor irrtümlich zuschaltet. In der Vergangenheit gab es allerdings Sensoren, die leicht verjustiert werden konnten und somit unpassende Unterstützungsgrade verursachten. Bei Ausfall des Drehmomentsensors sollte als Rückfallposition das System nur mit Trittbewegungssensor noch funktionieren.

Eine weitere Variante mißt zusätzlich parallel die Schwankungen der Motorleistung, die durch die

Pedaldrehbewegungen zustande kommen. Im Umkehrpunkt (Pedal ganz jeweils am tiefsten Punkt) ist das Moment des Radlers am niedrigsten und die momentane Motorleistung am höchsten. Bei waagrecht Pedalposition wird die momentane Motorleistung am niedrigsten. Diese Schwankungen können ausgewertet werden um ebenfalls die Motorunterstützung zu regeln. Allerdings ist diese Regelung langsam und wird erst nach wenigen Halbumdrehungen der Pedale wirksam. Eine andere Anwendung ist das Trifften der Kraftsensoren zu erkennen und automatisch zu korrigieren. Hierzu sollte aber auch das Drehzahlverhältnis der Pedale und des Motors herangezogen werden.

1.5 Winkelsensoren/Steigungsmessung

Diese werden nicht verwendet, da hier Manipulationen möglich wären um einen Antrieb faktisch ohne aktives Treten zu realisieren. Ein weiteres Problem sind nicht einfach zu korrigierende Offsetfehler bei der Winkelmessung.

1.6 Hallsensoren

Die Hallsensoren im Motor dienen der soften elektronischen Kommutierung des Antriebsmotors und vermindern auch das Motorengeräusch. Das Regelungsverhalten der Unterstützungssteuerung wird nur geringfügig beeinflusst.

Hallsensoren finden noch Anwendung bei der Drehbewegungserkennung der Pedale, wenn mittels angebrachten Magneten die Drehzahl gemessen wird.

1.7 Temperatursensoren

Temperatursensoren schützen die elektronischen Komponenten vor Überhitzung. Gute Systeme regeln die Leistung stufenweise zurück sobald die Temperatur zu hoch zu werden droht, statt komplett abzuschalten bei Erreichen einer Grenztemperatur.

1.8 Empfehlenswerte Regelungen und Sensoren bei Pedelecs

Eine gute Regelung verwendet einen Pedaldrehbewegungssensor und zusätzlich einen Drehmomentsensor um ein möglichst natürliches Unterstützungsverhalten des Pedelecs in der Ebene und auf Steigungen zu bieten. Bei Ausfall des Drehmomentsensors sollte als Rückfallposition das System nur mit Trittbewegungssensor noch funktionieren.

Es gibt Nachrüstätze mit Hinterradmotoren, die einen Drehmomentsensor zur Detektion des Tretantriebmomentes im Bereich des Zahnkranzes besitzen.