

Diese Frage hat viele Ebenen.

### Grösse und Gewicht des Motors

Ein 250W GM (Getriebemotor) hat typisch ca. 3kg und einen Lochkreisdurchmesser von ca 120mm, er wird kaum wahrgenommen und stört auch optisch und haptisch im Vorderrad kaum. Im Hinterrad ist er meist überhaupt praktisch unsichtbar, da vom grössten Zahnkranz verdeckt. Der Getriebemotor ist mittlerweile DER Standardmotor in Pedelecs. Seine Entsprechung in der fossilen Welt der Fahrzeuge ist der PKW (im Vergleich zum LKW).

Ein DD (Directdrive) hat typisch  $\geq 5\text{kg}$  und einen Lochkreisdurchmesser von  $\geq 200\text{mm}$ . Er wirkt oft klobig und stört viele Menschen im Vorderrad aus verschiedenen Gründen. Er sollte daher eher im Hinterrad montiert werden, wo er unauffälliger ist, und weniger beim Lenken und Anheben des Vorderrades stört. Eine Ausnahme von dieser Regel sind uU Lastenfahrräder.

### Schleppmoment, Fahren mit leerem Akku

Ein GM hat einen **Freilauf**, der es erlaubt, auch mit leerem Akku ein Fahrradgefühl aufkommen zu lassen. Der Freilauf unseres 250W-Getriebemotors verbraucht typisch weniger als 1W sog. "Schleppmoment", das ist die Leistung, die nötig ist, um den Motor bei leerem Akku mitzudrehen. (zum Vergleich: Ein Fahrrad-Dynamo hat typisch ca 6W Schleppmoment).

Ein DD hat keinen Freilauf, ein Fahren ohne oder mit leerem Akku wird von vielen Menschen als unangenehm empfunden, auch weil zum Schleppmoment (typischer Wert: ca 9W) die Anstrengung kommt, den schweren und grossen Motor bei jedem Anfahren in Drehung zu versetzen. Wenn der Motor normal am Akku läuft, ist das Schleppmoment allerdings nicht spürbar.

### Leistung und Legalität

EU (Pedelec): Ein Motor ist legal, wenn seine Dauerleistung (S1-Leistung) 250W nicht übersteigt.

AT (Elektrofahrrad): Ein Motor ist legal, wenn seine Leistung 600W nicht übersteigt. Welche Leistung gemeint ist, lässt der Gesetzgeber offen. Da in AT die meisten Elektro-Behindertenfahrzeuge nach dem Gesetz Elektrofahrräder sind, und diese mit typisch 600W Dauerleistung unterwegs sind, deutet einiges darauf hin, dass es legal ist, mit 600W Dauerleistung zu fahren. Dies ermöglicht interessante Konstruktionen insb. im Lastenfahrradbereich.

Typische GM haben 250W S1-Leistung und sind daher, wenn sie mit der Nennspannung und nativer Wicklung betrieben werden, pedelec-legal. Es gibt auch stärkere Getriebemotoren, diese sind vor allem für schwere Menschen und/oder das Bergfahren interessant.

Typische DD haben 600W S1-Leistung (und mehr) und sind daher in EU "voll aufgedreht" nicht pedelec-legal. Da in vielen Fertig-Pedelecs jedoch solche Motoren am Markt sind, kann man mit einiger Sicherheit davon ausgehen, dass zur Herstellung eines pedelec-legalen Zustandes es ausreichend ist, wenn die Steuerung (der Controller) die dauerhafte Leistung von 600W unterbindet. Man kann davon ausgehen, dass mit einem Controller, der bei max 17A abregelt, die Pedelec-Legalität nicht durchbrochen wird. Das kommt daher, dass beim Bergfahren, wo die 17A erreicht werden, der Wirkungsgrad ohnehin schlecht ist, und daher die mechanische Leistung nicht über 250W steigt.

Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit, mit einem DD in eine Diskussion über dessen Legalität verwickelt zu werden, wegen seiner Auffälligkeit ungleich größer, als mit einem kleinen und unauffälligen GM.

### Wartungsfreiheit

Ein DD ist üblicherweise völlig wartungsfrei und überlebt den ihn steuernden Controller, und manchmal auch das Fahrrad selbst.

Ein GM hat ein Getriebe mit einem spezifizierten Wartungszyklus: üblicherweise 2.000 Betriebsstunden (40.000km oder typisch 6 Jahre) bei 75kg Systemgewicht, oder 1.000 Betriebsstunden (20.000km oder typisch 3 Jahre) bei 110kg Systemgewicht. Getriebe sind preisgünstige Ersatzteile und können mit einfachem Werkzeug selbst gewechselt werden.

Der Getriebeverschleiß sollte also bei normalem Fahrradgebrauch niemanden davon abhalten, einen GM einzusetzen.

Unsere Getriebe sind zudem aus sehr temperaturbeständigem Kunststoff, der auch bei Temperaturen unter  $-10^{\circ}$  nicht knarrt oder gar spröde wird.

### Motorgeräusch

Ein guter DD kann extrem leise sein. Ein guter GM ist meist lauter als ein DD, aber ein GM bei dem die Zahnräder aus Kunststoff sind, hat meist ein angenehm surrendes Geräusch, das die wenigsten Menschen als unangenehm empfinden. Durch Schmierung des Getriebes mit Fett, oder Neuverteilung des Fettes im Getriebe kann das Geräusch oft noch herabgesetzt werden.

Aus Erfahrung können wir sagen: Das Geräusch eines intakten Getriebes sollte niemanden abhalten, einen GM zu fahren.

### Elektrische Belastbarkeit

Ein GM hat nur wenig Eisen und ist daher temperaturempfindlich. Wird er zu warm, nimmt er dauerhaften Schaden. Er darf daher (bei 250W Nennleistung) nur mit 14A-Controller betrieben werden. Höherer Strom kann den Motor rasch beschädigen.

Ein DD hat viel Eisen und ist daher in weiten Bereichen nicht temperaturempfindlich. Er kann, je nachdem welche Leistung man ihm entnehmen möchte, mit verschiedenen Controllern betrieben werden. Ein wichtiger Parameter für den maximalen Strom ist dabei ist der Wicklungsquerschnitt. Unserer DDs sind so gewickelt, dass sie mit 25A auf Dauer betrieben werden können. Wenn Sie mit mehr Strom fahren möchten, sollte der Motor als Sonderanfertigung geliefert werden - wobei eine temporärer Betrieb mit 30A den Motor auch nicht gleich umbringen wird.

### Maximales Gesamtgewicht (Systemgewicht)

hier eine starre Grenze zu ziehen ist schwierig. Wir haben Kunden die mit 180kg Systemgewicht mit einem GM fahren. Selbst das muss nicht unbedingt die Obergrenze sein.

Grundsätzlich gilt aber: Je höher das Systemgewicht, desto eher macht ein DD Sinn. Einerseits wegen der höheren erzielbaren Leistung, aber auch wegen der fehlenden Getriebeabnutzung, die ja doch mit dem Gewicht zunimmt.

Und wenn das Fahrzeug selbst extrem schwer ist, fällt auch das Schleppmoment nicht mehr ins Gewicht, das auf leichtlaufenden Fahrzeugen schon gegen einen DD spricht.

### Bergfähigkeit

Ein DD hat per se keine bessere Bergfähigkeit als ein GM. Er hat sie möglicherweise über den Umweg der höheren Leistung. Es macht Sinn, die Bergfähigkeit als Steigung auszudrücken, die ein Motor maximal überwinden kann, bei einem bestimmten Systemgewicht (zB 100kg), ohne mitzutreten - um Vergleichbarkeit herzustellen.

Bei einem Motor mit 26km/h Nenngeschwindigkeit gilt: Ein guter GM schafft typisch bei 14A ca 6% bei 100kg, ein DD bei 22A ca 10% bei 100kg, dabei fällt seine Geschwindigkeit auf typisch ca 13km/h zurück.

Mit einer Bergwicklung, die die Nenngeschwindigkeit um 20% heruntersetzt, steigt die Bergfähigkeit im Gegenzug im selben Ausmass, weil der Motor bei gleicher Leistung den Berg langsamer durchfahren kann.

### Erreichbare Geschwindigkeit und Legalität

Die erreichbare Geschwindigkeit in der Ebene (wieder ohne mitzutreten, zwecks Vergleichbarkeit) hängt im wesentlichen von Luftwiderstand, Leistung, und Nenngeschwindigkeit ab. Gewicht spielt nur eine unbedeutende Rolle. Ein DD hat also hier Vorteile über die höhere erzielbare Leistung. Genaueres siehe Technik/Leistungsrechner.

Eine maximale Unterstützungsgeschwindigkeit von 25km/h (plus Toleranz) ist Pedelec-legal (EU) und Elektrofahrrad-legal (AT). Über 25km/h gibt es die Möglichkeit einer Anmeldung als Kleinkraftrad mit geringer Leistung bis 45km/h, um legal im öffentlichen Strassenraum unterwegs sein zu können. Dies gilt natürlich für GM und DD gleichermassen.

Rekuperation (Energie-Rückgewinnung)

Nur ein DD bietet die Möglichkeit zur Rekuperation, ein GM hat diese prinzipbedingt (Freilauf) nicht. Bei Rekuperation unterscheidet man 2 Arten:

1) Gewollte Rekuperation (oft durch ziehen der Bremshebel ausgelöst oder 2. Gasgriff)

2) Zwangsrekuperation - tritt immer auf wenn ein DD Motor schneller gedreht wird als seiner Vorgabe-Geschwindigkeit entspricht.

Beide Arten können einen Akku laden, und daher auch überladen, wobei 2) gefährlicher ist, da sie oft unbemerkt auftritt. Die normale Akku-Schutzelektronik (BMS) greift nicht, da die Akku über den ungeschützten Entlade-Eingang geladen wird. Aus diesem Grund sollte ein DD Motor zumindest nur dann eingesetzt werden, wenn ausgeschlossen werden kann, dass man mit vollem Akku bergab größere Strecken fährt. Oder man kombiniert den DD mit einem speziellen Controller, der einen einstellbaren Überladeschutz besitzt (Kelly).