

Jochen Treuz



PEDELECS

E-Bikes

selber bauen

FRANZIS

Pedelecs/E-Bikes
selber bauen

Jochen Treuz

PEDELECS

E-Bikes

selber bauen

FRANZIS

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Hinweis: Alle Angaben in diesem Buch wurden vom Autor mit größter Sorgfalt erarbeitet bzw. zusammengestellt und unter Einschaltung wirksamer Kontrollmaßnahmen reproduziert. Trotzdem sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Der Verlag und der Autor sehen sich deshalb gezwungen, darauf hinzuweisen, dass sie weder eine Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernehmen können. Für die Mitteilung etwaiger Fehler sind Verlag und Autor jederzeit dankbar. Internetadressen oder Versionsnummern stellen den bei Redaktionsschluss verfügbaren Informationsstand dar. Verlag und Autor übernehmen keinerlei Verantwortung oder Haftung für Veränderungen, die sich aus nicht von ihnen zu vertretenden Umständen ergeben. Evtl. beigefügte oder zum Download angebotene Dateien und Informationen dienen ausschließlich der nicht gewerblichen Nutzung. Eine gewerbliche Nutzung ist nur mit Zustimmung des Lizenzinhabers möglich.

© 2011 Franzis Verlag GmbH, 85540 Haar bei München, www.franzis.de

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträgern oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt.

Die meisten Produktbezeichnungen von Hard- und Software sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im Wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

Satz: DTP-Satz A. Kugge, München

art & design: www.ideehoch2.de

Druck: GGP Media GmbH, Pößneck

Printed in Germany

ISBN 978-3-645-65082-3

Vorwort

Im Sommer 2009 kam ich zum ersten Mal mit dem Thema „Fahrrad mit Elektromotor“ in Berührung (dass so etwas Pedelec heißt, wusste ich damals noch nicht). Bis dahin war ich auch schon auf zwei Rädern unterwegs, aber immer mit dem alten Verbrennungsmotor. Da ich gut 100 Tage im Jahr in den spanischen Pyrenäen lebe, wo es perfekte Singletrails gibt, kam ich auf die Idee, aufs MTB umzusteigen. Jedoch war mir nach 35 Jahren Fahrradabstinenz sofort klar, dass das nur mit E-Antrieb geht.

Also ging ich zum örtlichen Fahrradhändler und habe mir mein erstes neues Fahrrad nach etwa 38 Jahren gekauft, ein Fully mit motorradähnlicher Gabel und ordentlichem Federweg. Das wurde mein erster Versuchsträger für zahlreiche Kombinationen aus Motoren und Akkupacks.

Aufbauend auf meine Erfahrungen der letzten zwei Jahre, will ich in diesem Buch schildern, welche gesetzlichen Regeln befolgt werden müssen, welche Bauteile es gibt, worauf es bei der Auswahl ankommt und schließlich wie alles sicher und funktionsfähig eingebaut wird.



Inhalt

1	Einführung	11
	Was ist eigentlich ein Pedelec?	12
2	Motortypen	15
2.1	Nabenmotoren	15
2.2	Tretkurbellagermotoren	22
2.3	Kettenmotoren	24
2.4	Weitere Motortypen	25
3	Akkus und Ladegeräte	29
3.1	Batterietypen im Vergleich	30
3.2	Kapazität der Akkupacks oder: „Wie viel darf es sein?“	32
3.3	Akkuunterbringung an MTBs	37
3.4	Ladegeräte	39
3.5	Funktion der Ladegeräte	40
3.6	Batteriemanagementsysteme	41
4	Controller	45
4.1	Grundsätzliche Aufgaben und Funktionen	45
4.2	PAS-Sensor und Magnetscheibe	46
4.3	Bedienelemente und Displays	50
4.4	„Gas“-Griffe	51
4.5	Daumengas	54
5	Anforderungen an Kabelverbindungen	55
5.1	Anforderungen an Stecker	57
6	Rahmen und Fahrwerk	63
6.1	Bremselemente und Kontaktunterbrechung	65
6.2	Antriebselemente	69
6.3	Kette	71
6.4	Das Rad: Felgen und Speichen	72
6.5	Drehmomentstützen zur Verdrehsicherung	78

7	Der richtige Umbau	81
7.1	Grundsätzliches zum Umbau	81
7.2	Ausbau des alten Hinterrads	83
7.3	Schraubkassette	88
7.4	Montage des Hinterreifens	91
7.5	Einbau des Hinterrads	91
7.6	Einbau einer Drehmomentstütze	93
7.7	Drehmomentstütze	94
7.8	Abschließende Arbeiten am Hinterrad	94
7.9	PAS-Sensor und Magnetscheibe	96
7.10	Montage des PAS-Sensors	106
7.11	Verbindung der Kabel zwischen Motor und Controller	106
7.12	Verwendung von Kabelbindern	107
7.13	Akkuhalter und Akkupack	107
7.14	Anbringung des Akkupacks	107
7.15	Bedienelemente	108
7.16	Unterbringung des Controllers	110
7.17	Kabel zusammenstecken	112
7.18	Sichere Kabelführung	112
7.19	Laden des Akkus vor der ersten Nutzung	112
8	Fehlersuche	115
8.1	Checkliste Akku	115
8.2	Check des PAS-Sensors	119
9	Der richtige Umgang mit dem Pedelec	121
9.1	Fahren	121
9.2	Optimales Laden des Akkus	121
9.3	Reichweite	121
9.4	Lebensdauer	122
9.5	Wartung	122
10	Rechtliche Rahmenbedingungen	125
10.1	EN 15194 – die „Pedelec-Norm“	125
10.2	StZulO und StVO	126
10.3	CE-Kennzeichnung	128
11	Schlusswort und Ausblick	129
	Li-Ion-Akku	131

PAS-Sensor	131
Planetenzahnräder – Planetengetriebe	131
Nabenschaltung	131
Nabenmotor	131
12 Glossar	131
Drehmomentstütze	132
Scheibenbremse	132
Felgenbremse	132
Mountainbike (MTB)	132
Batteriemanagementsysteme (BMS)	133
Reed-Kontakte	133
Hall-Sensor	133
Gewindebuchsen	133
Schraubkassette	133
Abzieher	134
Fahrradrahmen	134
Felgenband	134
Hohlkammerfelgen	134
Hydraulikbremsen	134
Lenkervorbau	134
13 FAQ	135
13.1 Wie macht man sein Pedelec fit für den Winter?	135
13.2 Lohnt sich ein Pedelec- oder E-Bike-Umbau bei Fahrrädern vom Discounter oder Baumarkt?	135
13.3 Braucht ein Pedelec spezielle Reifen?	136
13.4 Wann ist ein motorisiertes Rad ein Pedelec, wann ein E-Bike?	136
13.5 Sind Gasgriffe beim Pedelec verboten?	136
13.6 Was bedeutet „Pedelec“?	137
13.7 Wie hoch sind die Unterhaltskosten bei einem Pedelec?	137
13.8 Welche Reichweiten sind mit einer Akkuladung möglich?	137
13.9 Welche Motorenarten gibt es beim Pedelec/E-Bike?	137
13.10 Welche Akkus sind für ein Pedelec/E-Bike empfehlenswert?	137
13.11 Was bedeutet „Rekuperation“?	138
13.12 Wann und wie wurde das Fahrrad erfunden?	138
13.13 Aus welchem Material werden Fahrradrahmen hergestellt?	138
13.14 Wie ermittelt man die richtige Rahmengröße für ein Fahrrad?	139
13.15 Welches Werkzeug eignet sich zur schnellen Ersten Hilfe bei Fahrradpannen unterwegs?	139

13.16	Woran erkennt man einen guten Fahrradsattel?	140
13.17	Mit welcher Beleuchtung muss ein Fahrrad ausgestattet sein?	140
14	Wörterbuch	143
	Marktübersicht	151
	Index	155

1 Einführung

Schon seit Jahrzehnten gibt es Fahrräder mit Hilfsmotor, in ihrer Blütezeit während der 70er- und 80er-Jahre waren die Mofas als einfache Verkehrsmittel für Jugendliche, aber auch Rentner, aus der damaligen Zeit nicht wegzudenken.

Nahezu „natürlich“ waren die Hilfsmotoren Verbrennungsmotoren. Auf die Idee, Elektromotoren einzusetzen, kam in diesen Zeiten niemand.

Zwar gab es Elektromotoren auch damals schon, aber die zeitgenössischen Bleibatterien waren schwere und wenig leistungsfähige Energielieferanten. Das änderte sich erst, als ab etwa 2005 erste leistungsfähige und bezahlbare Lithiumbatterien auftauchten.

Nun bot sich die Möglichkeit, auch leichte Fahrräder mit einem E-Motor und Akkus zu Fahrrädern mit Hilfsmotor auszustatten.

Hier waren es zunächst einzelne Bastler, die erste Pedelects aufbauten, bis etwa 2008 auch die Fahrradindustrie auf diesen (elektrischen) Zug aufsprang.

Heute (Sommer 2011) kann fast jeder etwas mit dem Begriff „Pedelect“ anfangen.

Vermutlich werden in diesem Jahr schon etwa 500.000 der insgesamt über 4 Millionen Fahrräder als Pedelects verkauft.



Abb. 1.1 – Ein typisches City-Pedelect mit Mittelmotor.

Hinzu kommen noch geschätzt 50.000 Fahrräder, die nachträglich zu Pedelects umgebaut werden.

Das Pedelect ist aus meiner Sicht ein ideales Fahrzeug für den Nahverkehr: nahezu geräuschlos, geringer Platzbedarf beim Fahren und Parken, leicht zu bedienen und preiswert im Unterhalt.

Der Kaufpreis allerdings (im Schnitt etwa 1.800 Euro)¹ schreckt viele potenzielle Nutzer bisher ab, und auch die Unsicherheit hinsichtlich der tatsächlichen Akkulebensdauer und

¹ Markterhebung im Mai 2011

damit der Akkukosten verhindert noch eine umfassende Neuorientierung der Pendler und Einkäufer im Stadtgebiet.

Eine Alternative zum Kauf eines kompletten Pedelecs bieten die in unterschiedlichen Varianten angebotenen Umrüstkits.

Diese kosten zwischen etwa 300 und 1.800 Euro, jeweils inklusive der Akkupacks mit unterschiedlichen Kapazitäten. Dazu kommt noch der Zeitaufwand für den Einbau beziehungsweise die Kosten für den Umbau in einer Fachwerkstatt.

Worin liegt die besondere Schwierigkeit bei einem Selbstumbau?

Die meisten Menschen werden wohl noch niemals zuvor ein Fahrrad zum Pedelec umgebaut haben. Daher tauchen die typischen Probleme auf, die man hat, wenn man Dinge zum ersten Mal macht.

Dazu kommt, dass auch das Ergebnis des Umbaus, nämlich ein fertiges Pedelec, den meisten noch unbekannt ist. Also baut man etwas zum ersten Mal, was man noch nie gesehen hat.

Das macht die Sache, sagen wir einmal, „anspruchsvoll“!

Erschwerend kommt hinzu, dass sicher nicht alle Umbauwilligen eine entsprechende berufliche oder fachliche Vorbildung haben.

Es sei schon an dieser Stelle gesagt, dass der Umbau eines Fahrrads zum Pedelec hohe Anforderungen an die Fähigkeiten als Bastler stellt.

Und: „Ungeduld ist des Bastlers größter Feind!“

Was ist eigentlich ein Pedelec?

Der Blick ins Gesetzbuch hilft hier nicht weiter, die StVZO kennt nur „Fahrräder mit Hilfsmotor“. Etwas näher kommt man mit einer Norm: der Norm EN 15194.

In ihr werden die „Prüfbestimmungen für elektromotorisch unterstützte Räder – EPAC-Fahrräder²“ beschrieben.

Im Wesentlichen wird dort bestimmt, welche Grenzen für Leistungen, Geschwindigkeiten und Sicherheitsmerkmale ein Pedelec einhalten beziehungsweise aufweisen muss.

Danach ergibt sich folgendes Bild für die wichtigsten Merkmale eines Pedelecs:

- Motornennleistung: 250 W.
- Maximale zulässige Geschwindigkeit für die Motorunterstützung: 25 km/h.
- Bis zu einer Geschwindigkeit von 6 km/h ist eine Unterstützung auch ohne Pedal treten zulässig („Anfahrhilfe“).
- Bei einer Geschwindigkeit von mehr als 6 km/h ist eine Motorunterstützung nur während des Pedaltretens zulässig.



Abb. 1.2 – Bis auf den Akku erinnert hier nichts an ein Pedelec oder E-Bike.

² EPAC = Electrical Power Assisted Cycles

Pedelecs gelten nicht als Kraftfahrzeuge, sondern als Fahrräder, wenn ihr Elektromotor eine Unterstützung mit höchstens 250 W Leistung nur beim Mittreten bis 25 km/h leistet.

Alles, was darüber hinausgeht, ist nach der StVZO ein Kraftfahrzeug.

Das betrifft E-Bikes mit 20 km/h Höchstgeschwindigkeit ohne Tretunterstützung und die „schnellen Pedelecs“, die erst bei 45 km/h abregeln. Ihre Motoren leisten bis zu 500 W und benötigen eine Betriebserlaubnis als Leichtmofa oder Kleinkraftrad sowie ein Versicherungskennzeichen.

Mehr zum rechtlichen Rahmen lesen Sie am Ende dieses Buchs.

E-Bike, Pedelec, Elektrofahrrad?

Alle Begriffe werden derzeit verwendet, und streng genommen kann jeder sein als Elektrofahrrad ausgestattetes Bike nennen, wie er möchte.

Als üblich erweisen sich derzeit folgende Zuordnungen der Bezeichnungen:

- Pedelec: für Elektrofahrräder mit auf 25 km/h begrenzter Tretunterstützung
- Schnelles Pedelec (auch S-Pedelec): für Elektrofahrräder mit unbegrenzter Tretunterstützung
- E-Bike: für Elektrofahrräder mit tretunabhängigem Zusatzantrieb

Der Gesetzgeber kennt hier nur zwei Fahrzeuggruppen:

- Fahrräder mit Hilfsmotor (das sind keine Kraftfahrzeuge)



Abb. 1.3 – Auch Mountainbikes lassen sich zum Pedelec umrüsten, hier mit Hinterradnabenmotor.

- Leichtmotorräder mit Elektromotor (das sind Kraftfahrzeuge)

Fahrräder mit Hilfsmotor haben den rechtlichen Status eines Fahrrads. Es besteht daher weder Führerschein- noch Helmpflicht, es gibt keine Altersbeschränkung für die Nutzung. Das Fahrzeuggewicht darf mit Akku, aber ohne Gepäck, max. 30 kg betragen. Die motorische Unterstützung darf nur bis zu 25 km/h erfolgen, und dies auch nur dann, wenn in die Pedale getreten wird. Daher ist ein Pedalsensor immer erforderlich.

Bis 6 km/h ist allerdings eine Anfahrhilfe zulässig. Die Nenndauerleistung des Motors darf max. 250 W betragen.

Die Radwegbenutzung ist uneingeschränkt erlaubt.

Leichtmotorräder mit Elektromotor sind Kraftfahrzeuge, die mithilfe des Elektroantriebs durch einen Drehregler oder Schalter zu fahren sind, auch ohne dabei in die Pedale zu treten. Für Leichtmotorräder mit Elektromotor gelten folgende Einteilungen:

- bis 20 km/h mit max. 500-W-Motor = Leichtmofa

- bis 45 km/h = Kleinkraftrad, max. 4 kW Antriebsleistung (Fahrzeugklasse L1e)
- über 45 km/h = Motorrad (Fahrzeugklasse L3e)

Für diese Fahrzeuge gelten Zulassungspflicht, Versicherungspflicht, Führerscheinpflicht.

Für das Leichtmofa gilt: Die Nutzung von Fahrradwegen ist nur erlaubt, wenn sie ausdrücklich durch ein Schild freigegeben ist. Es besteht keine Helmpflicht.

6 Rahmen und Fahrwerk

Grundsätzlich lässt sich jeder Rahmentyp zum Pedelec umbauen. Zu beachten sind vor allem die Hinweise zur Belastbarkeit der Gabel, wenn ein Nabenmotor im Vorderrad eingebaut werden soll, oder zur Belastbarkeit des unteren Rahmenrohrs, wenn ein Motor zum Direktantrieb der Kette verwendet werden soll.

Sorgfältig vorgenommen werden muss auch die Auswahl des Anbaupunkts für den Akkupack: Bauteile, die schon für die Aufnahme von größeren Lasten vorgesehen sind, wie zum Beispiel der Gepäckträger, sind hier am besten geeignet. Auch Sattelstütze und Sattelrohr sind gut geeignete Punkte zur Montage der Akkuhalterung. Dabei sollte immer versucht werden,



Abb. 6.1 – Trinkflaschenakkus werden an den Aufnahmehaltern für die Trinkflaschen angebracht.



Abb. 6.2 – Ein eingebauter Flaschenakku.

Halterungen möglichst nah an Knotenpunkten des Rahmens zu befestigen, da hier die stabilsten Stellen sind.

Immer wieder werden auch Akkus angeboten, deren Halterung dort befestigt werden soll, wo der Trinkflaschenhalter angebracht wird. Im Prinzip ist das eine gute Idee, weil der Akku damit sehr niedrig und nah am Schwerpunkt des Fahrrads befestigt wird. In vielen Fällen ist auch der dort zur Verfügung stehende Platz zur Unterbringung des Akkus ausreichend.

Meist sind die Aufnahmepunkte Gewindebuchsen, die in den (dünnwandigen) Alurahmen eingepresst sind.

Das Problem bei diesen Aufnahmepunkten ist, dass sie nur für das Gewicht einer Trinkflasche

(etwa 500 bis 700 g) vorgesehen sind. Akkus wiegen aber etwa 2,5 bis 3 kg.

Hinzu kommen zwei weitere Punkte:

1. Der Trinkflaschendurchmesser ist mit etwa 70 mm kleiner als der von runden „Flaschenakkus“ mit etwa 90 mm oder von dreieckigen Akkus mit etwa 150 mm.
2. Es gibt meist einen kleinen Abstand zwischen Rahmen und Akkupack.

Durch beide Faktoren vergrößert sich der Hebelarm, mit dem die Aufnahmepunkte belastet werden.

Besonders bei weiteren Belastungen durch Erschütterungen, z. B. bei unebenen Strecken,

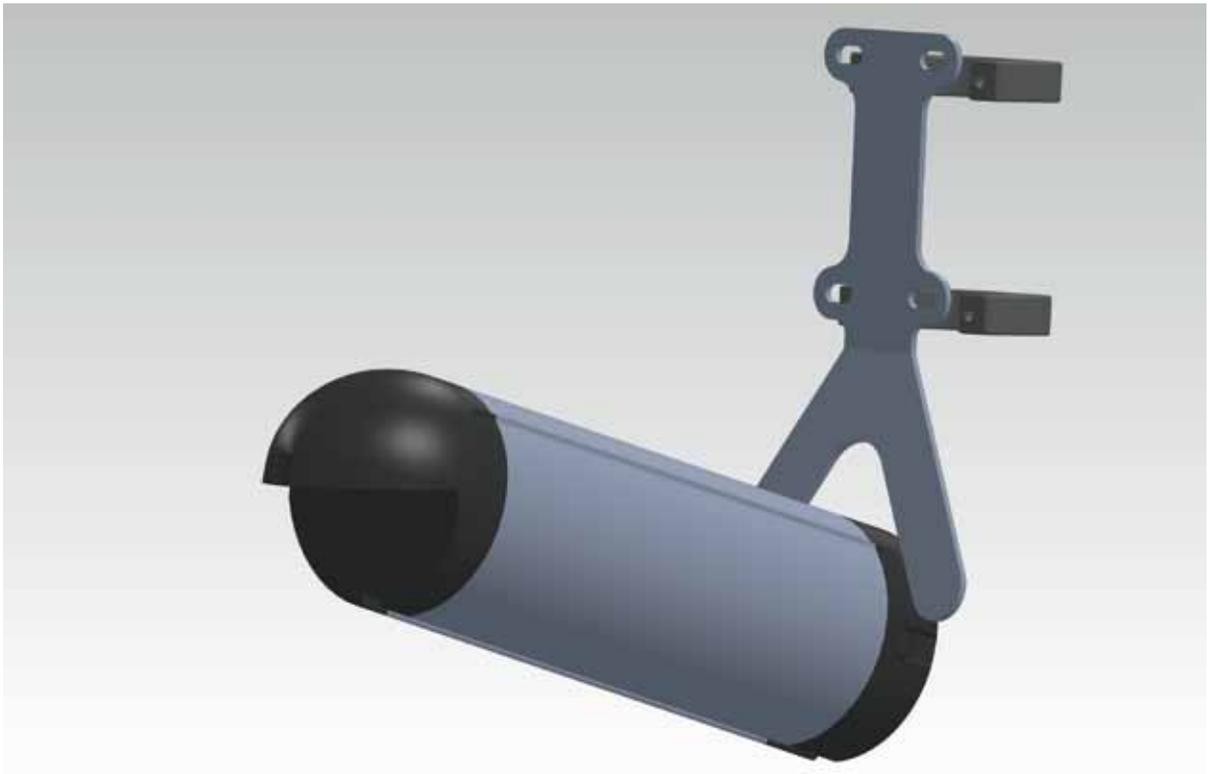


Abb. 6.3 – Zusätzliche Akkubefestigung.

können die meist nur eingepressten Gewindebuchsen leicht überbelastet werden.

Abhilfe kann hier eine zusätzliche Befestigung schaffen, die beispielsweise am Sattelrohr angebracht wird und so verhindert, dass sich der Akku seitlich bewegt.

6.1 Bremselemente und Kontaktunterbrechung

Bei den Bremsen bestehen je nach Fahrrad große Unterschiede. Im Wesentlichen lassen sich folgende Bremstypen unterscheiden:

- Rücktrittbremse (eine durch die Pedale bedienbare Nabenbremse)
- Felgenbremse oder V-Brakes
 - mechanische Bedienung per Handhebel und Bowdenzug
 - hydraulische Bedienung per Handhebel und Bremsleitung
- Scheibenbremse
 - mechanische Bedienung per Handhebel und Bowdenzug
 - hydraulische Bedienung per Handhebel und Bremsleitung
- Trommelbremse
 - meist mit mechanischer Bedienung per Handhebel und Bowdenzug

6.1.1 Durch Bowdenzug zu bedienende Felgen- oder Scheibenbremsen

Die meisten bisher angebotenen Umbausätze enthalten einen Kabelsatz, an den zwei Handhebel zur Bremsbedienung per Bowdenzug angeschlossen werden können. Sie sind mit den erforderlichen Kontakten zur Abschaltung der Motorunterstützung beim Bremsen ausgestattet. Meistens sind in den jeweiligen Umbausätzen auch zwei dieser Bremshebel enthalten.

Sie ersetzen die bisher vorhandenen Bremshebel und lassen sich meist problemlos an die vorhandene Felgenbremse anschließen.

Etwas aufwendiger wird es, wenn Sie eine kombinierte Schalt- und Bremseinheit haben. In diesem Fall ist es zusätzlich notwendig, eine

neue Schalteinheit zu montieren, um die mitgelieferten Bremshebel verwenden zu können. Relativ neu auf dem Markt gibt es dazu einen Kontaktgeber, in den der vorhandene Bowdenzug eingehängt wird. Er löst dann beim Bremsen den notwendigen Kontakt zum Abschalten des Antriebs aus.

Auch bei Liegerädern kann es aufwendiger werden, wenn Sie beim vorhandenen Liegerad einen Bremshebel zur gleichzeitigen Bedienung beider Vorderradbremmen verwenden. Hier könnte ebenfalls die Lösung für den Bowdenzug verwendet werden.

6.1.2 Hydraulische Felgenbremsen

Auch dieser Bremsentyp ist für einen Umbau nicht ganz einfach zu verwenden. Hier ist ein

Abb. 6.4 – Ein Kabelsatz mit Bremshebeln, Display und Gashebel.





Abb. 6.5 – Abschaltkontakt für Bowdenzüge.



Abb. 6.6 –
Abschaltkontakt für
Hydraulikbremsen.

Bauteil mit einem Abschaltkontakt erhältlich, der in die vorhandene Hydraulikleitung „eingeschleift“ wird.

Diese Arbeit sollte nur von sehr erfahrenen Bastlern oder besser von der Fachwerkstatt ausgeführt werden, da ein solcher Eingriff in die Bremsanlage dazu führt, dass anschließend auch fachgerecht entlüftet werden muss.

6.1.3 Hydraulische Scheibenbremse

Wie bei der hydraulischen Felgenbremse gibt es auch hier keine „einfache“ Lösung, zwei bieten sich an:

1. Verwendung des oben genannten Abschaltkontakts in der Hydraulikleitung
2. Verwendung einer vollständig neuen Scheibenbremsanlage mit Abschaltkontakten

Hinweis

Bitte nehmen Sie bei den geringsten Zweifeln an Ihren Fähigkeiten in diesem Bereich die Hilfe Ihrer Fahrradwerkstatt in Anspruch.

Die erste Lösung ist für den weniger erfahrenen Bastler nicht zu empfehlen, da es auf vollständige Dichtheit des Systems und die fachgerechte Entlüftung ankommt.

Die zweite Lösung ist deutlich einfacher umzusetzen: Hier wird eine vollständige Bremsanlage (Bremsarmatur, angeschlossene Hydraulikleitung für Vorderrad oder Hinterrad, Bremsattel mit Bremsbelägen und gegebenenfalls eine neue Bremsscheibe) einbaufertig geliefert.

Abb. 6.7 – Einbaufertige Komplettanlage mit Abschaltkontakt.



Hinweis

Bitte dazu die Bremsanlage nicht zerlegen!
Die Bremsanlage ist mit einem Hydrauliköl gefüllt, das bei einer Zerlegung ausläuft.

Für die Montage muss zunächst die komplette vorhandene Bremsanlage (Bremshebel, Hydraulikschlauch, Bremssattel) vom Fahrrad abgebaut werden.

Anschließend muss entsprechend die neue Komplettanlage eingebaut und am mitgelieferten Kabelsatz (zum Controller) angeschlossen werden.

Mehr zum richtigen Einbau lesen Sie im Kapitel „Der richtige Umbau“.

6.2 Antriebselemente

Bei der Verwendung von Nabenmotoren, egal ob im Vorder- oder Hinterrad, ändert sich an den Antriebselementen grundsätzlich nichts.

6.2.1 Schaltung

Die Schalthebel können oft unverändert weiterverwendet werden. Eine Ausnahme davon bildet die zusätzliche Nutzung eines „Gasgriffs“.

Hier kommt es oft zu Platzproblemen: Die Platzprobleme rühren daher, dass das Dreh- oder Daumengas den Lenkerradius um etwa 15 mm vergrößert und so den üblichen



Abb. 6.8 – Platzprobleme bei Drehgas und Daumengas.

Hinweis

Vollständig ungeeignet sind vorhandene Drehschaltungen oder Gripshifter. Sie müssen zumindest auf der rechten Lenkerseite durch normale Schalthebel ersetzt werden. Dabei ist zu beachten, dass nur Modelle verwendet werden, bei denen zum Hoch- und Runterschalten der Daumen eingesetzt wird.

Schalthebeln im Weg ist. In vielen Fällen muss dann der Schalthebel auf der rechten Seite um 2 bis 3 cm zur Fahrradmitte versetzt werden.

Das ist ungewohnt und auch nicht mehr ganz so bedienungsfreundlich.

Meistens lassen die Bauformen der unterschiedlichen Gasgriffe (egal ob Dreh- oder Daumengas) ein Schalten mit dem Zeigefinger nicht mehr zu. Beispiele für gut geeignete Schaltelemente sind die Shimano-SLX-Baureihe sowie die SRAM-X7-Schalthebel.

6.2.2 Schraubkassette

Dieser Punkt betrifft nur die Fälle, in denen Fahrräder mit vorhandener Kettenschaltung und Steckkassette mit einem Hinterradnabenmotor zum Pedelec umgebaut werden sollen.



Abb. 6.9 – Schraubkassette.



Abb. 6.10 – Feingewinde zur Aufnahme von Schraubkassetten.

Hier muss eine vorhandene Steckkassette durch eine entsprechende Schraubkassette ersetzt werden.

Schraubkassetten gibt es derzeit mit 5-fach- bis 9-fach-Zahnkränzen. Die meisten angebotenen Nabenmotoren für Hinterradmotoren haben ein Feingewinde zur Aufnahme solcher Schraubkassetten.

Hinweise zum richtigen Einbau von Schraubkassetten lesen Sie im Kapitel „Der richtige Umbau“.

6.3 Kette

Falls Sie einen Nabenmotor (hinten oder vorne) zur Umrüstung verwenden, bleibt die Kette unverändert eingesetzt. Auch beim Einsatz eines Motors, der per Kette die Tretkurbel antreibt, bleibt die ursprüngliche Kette unverändert erhalten.

Es kommt allerdings eine weitere Kette zum Einsatz, die das Motorritzel mit einem Kettenrad an der Tretkurbel verbindet. Diese kurze Kette ist in den entsprechenden Umrüstsätzen meist enthalten.



Abb. 6.11 – Antriebskette für den Kettenmotor.

6.4 Das Rad: Felgen und Speichen

Zunächst sind die grundsätzlichen Elemente eines Rads für ein Pedelec genau die gleichen wie die eines normalen Fahrrads ohne Elektroantrieb:

Der Radaufbau im Überblick

- Nabe: Das ist die Radmitte, durch die eine Achse läuft. Die Nabe nimmt die Speichen auf.
- Speiche: Das sind die Verbindungselemente zwischen Nabe und Felge. Als Speichenkopf wird das meist abgekröpfte (= abgewinkel-

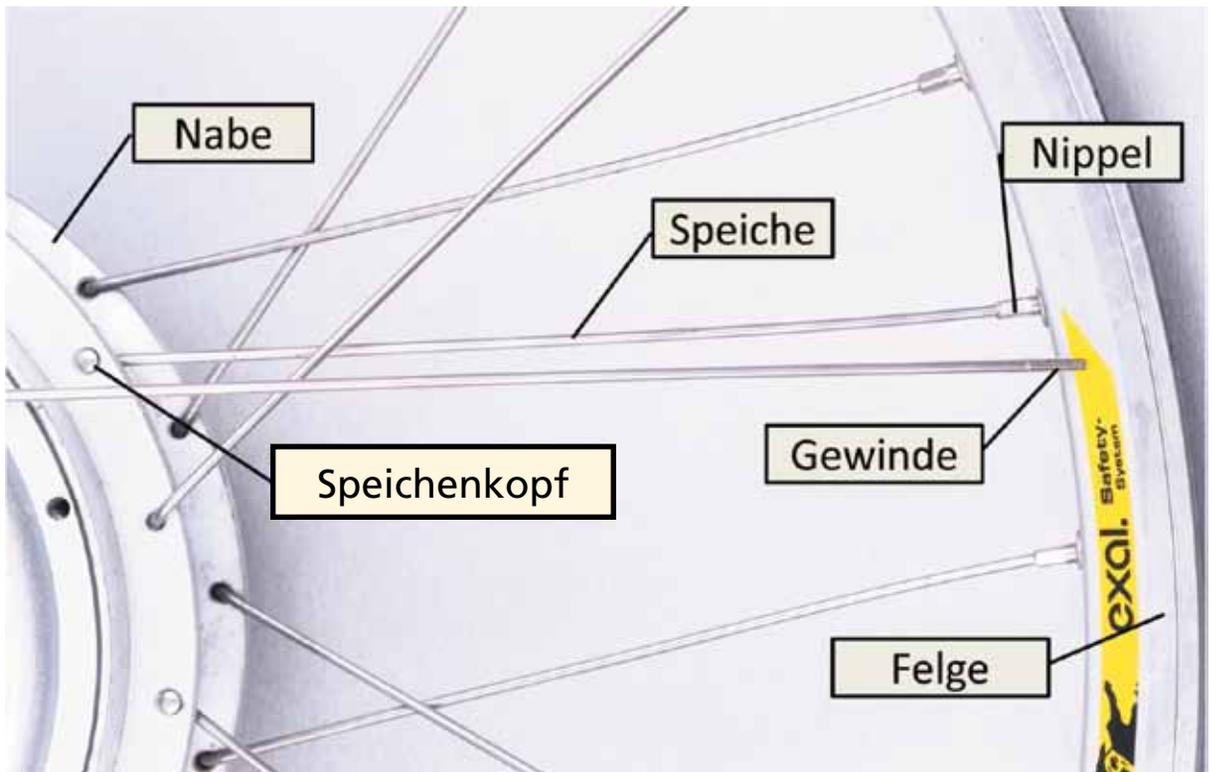


Abb. 6.12 – Elemente eines Rads mit Bezeichnung.

te) Ende einer Speiche bezeichnet, das in die Nabe eingehängt wird. Am anderen Ende der Speiche ist ein Gewinde von etwa 10 bis 15 mm angebracht. Es ist bei Pedelecs meist aus Edelstahl.

- Nippel: Die Nippel sind pilzförmige Schraubelemente mit einem Innengewinde. Sie dienen dazu, die montierte Speiche zu spannen, und ermöglichen es so, das Rad zu zentrieren (= gleichmäßig auszurichten).
- Felge: Das ist der Radreifen, der über die Speichen mit der Radnabe verbunden ist und später Schlauch und Reifen aufnimmt.

Bei der Verwendung eines Nabenmotors hat das gesamte Rad zwei zusätzliche Belastungen zu verkraften:

1. ein um etwa 2,5 kg bis etwa 4,2 kg höheres Gewicht durch den Motor²⁰
2. die Übertragung der Antriebskräfte

Beides führt zwangsläufig dazu, dass stabilere Komponenten bei Felgen und Speichen zu verwenden sind.

6.4.1 Welche Felge?

Die Felge muss abhängig von Einsatzzweck, Brems- und Antriebstyp gewählt werden. Natürlich spielt auch der persönliche

²⁰ Das Mehrgewicht durch den Nabenmotor wird dadurch etwas kompensiert, dass die bisherige Nabe wegfällt.

Geschmack eine Rolle, was die Farbgebung angeht.

Soweit kein Nabenmotor verwendet wird, können die bisherigen Naben, Felgen und Speichen beibehalten werden.

Anders sieht es bei der Verwendung von Nabenmotoren aus.

Was spricht dagegen, die alte Felge zu behalten? Der Nabenmotor (wie der Name schon sagt) ist die neue Nabe. Typischerweise ist der Durchmesser dieser neuen Nabe deutlich größer als der Durchmesser der bisher verwendeten Nabe. Nabenmotoren weisen Durchmesser von etwa 130 mm bis gut 250 mm auf.

Das bedeutet, dass allein schon deswegen andere, also kürzere Speichen verwendet werden müssen. Dann ist auch der Winkel, in dem

die einzelne Speiche zwischen Nabe und Felge verläuft, meist deutlich flacher als bisher.²¹

Typischerweise haben aktuelle Fahrradfelgen aus Aluminium ein einfaches Loch, durch das der Nippel samt Speiche geführt ist. Man findet auch Felgen, bei denen dieses Loch mit einer zusätzlichen Öse zur Verstärkung versehen ist. Man spricht dann von geösten Felgen. Wenn man nun die bisherige Felge (einfach oder geöst) weiterverwendet, führt das oft dazu, dass die Speichen kurz hinter dem Nippel einen leichten Knick aufweisen.

²¹ Wie viel das im Einzelfall ausmacht, hängt von der Veränderung des Nabendurchmessers und dem gewählten Einspeichmuster ab.



Abb. 6.13 – Speichenverlauf einer einfachen Kreuzspeiche.



Abb. 6.14 – Detail einer geösten Felge.



Abb. 6.15 – Hier ist deutlich der Knick in der Speiche unmittelbar nach der Verbindung zur Felge zu sehen.

Das ist nicht nur optisch nicht schön, sondern auch die Kraftübertragung ist so nicht optimal gewährleistet. In anderen Fällen sind die Speichen im weiteren Verlauf gebogen, was zum gleichen ungünstigen Ergebnis führt. Sinnvoll ist es daher, bei der Verwendung von Nabenmotoren Felgen mit einer Punzung zu verwenden.

Unter einer Punzung versteht man die runde Erhöhung um das Speichenloch in der Felge, die meist auch eine bestimmte Richtung²² auf-

²² Durch die Punzung weist die Speiche einen Winkel von etwa 5° zur Felge auf.

weist, in der die Speiche anschließend aus der Felge in Richtung Nabe zeigt.

Durch die Punzung kann die Speiche nun knickfrei von der Felge in Richtung Nabe geführt werden. Das sieht erstens schöner aus und bringt zweitens auch eine bessere Kraftübertragung mit sich.

Bei den Felgen sind Typen zu empfehlen, die ein verstärktes Profil aufweisen.

6.4.2 Welche Speiche?

Wie oben bezüglich des gesamten Rads schon erwähnt, müssen die Speichen bei der Verwen-



Abb. 6.16 – Detail einer Punzung.



Abb. 6.17 – Pedelec-Felgen sind am Felgenboden verstärkt, um die größeren Kräfte aufzunehmen.

derung von Nabenmotoren größere Kräfte übertragen können als beim normalen Fahrrad. Dies gilt besonders dann, wenn ein Nabenmotor im Vorderrad verwendet werden soll. Das Hinterrad muss auch schon beim normalen Fahrrad die großen Antriebskräfte des Fahrers übertragen. Das heißt: Hier stellen die zusätzlichen Antriebskräfte kein größeres Problem dar.

Anders dagegen verhält es sich mit dem durch den Nabenmotor bedingten Mehrgewicht. Das Mehrgewicht spielt zwar bezüglich des Gesamtgewichts von Fahrrad und Fahrer keine Rolle (das sind nur etwa 5 %), wohl aber bei der Betrachtung der ungefederten Massen bei einem Fully, das im Gelände eingesetzt wird. Hier spielt eine Gewichtszunahme des gesamten Rads (durch den Einbau des Nabenmotors) von etwa 2,5 bis 4,5 kg eine beträchtliche Rolle.

6.5 Drehmomentstützen zur Verdrehsicherung

Die Rahmen, genauer gesagt die Ausfallenden von üblichen Fahrrädern sind derzeit nicht auf die Aufnahme von Felgen mit Nabenmotoren ausgelegt. Das kann zu Problemen führen.

Was ist die Schwierigkeit?

Die meisten Nabenmotoren haben eine Achse mit einem Durchmesser von 12 mm und zwei abgeflachten Flächen, die voneinander einen Abstand von 10 mm haben.

Der Einbau der Nabenmotoren ist so vorgesehen, dass der Motor mit den abgeflachten Seiten der Achse in das vorhandene Ausfallende (Hinterrad) beziehungsweise die Achsaufnahme der Gabel (Vorderrad) eingesetzt wird. Das passt meist ganz gut, in manchen Fällen muss mit einer Feile etwas Lack abgenommen werden, um die erforderliche lichte Weite von 10 mm zu erreichen.

Nun ist das Rad drin, und auf den ersten Blick ist alles in Ordnung.

Wenn nun der Motor läuft, stützt sich Achse an den Achsaufnahmen ab, der Motor und damit das Rad drehen sich.

Das bedeutet, dass die Achsaufnahme die Kräfte entsprechend aufnehmen und aushalten muss. Das ist besonders bei Ausfallenden aus Aluminium oder gar Kohlefaser (Karbon) eine Belastung, die diese Materialien an dieser Stelle kaum aushalten.

Um deshalb diese Stellen entsprechend zu verstärken, sollten Drehmomentstützen zur Verdrehsicherung (der Motorachse im Ausfallende oder in der Gabel) eingesetzt werden.

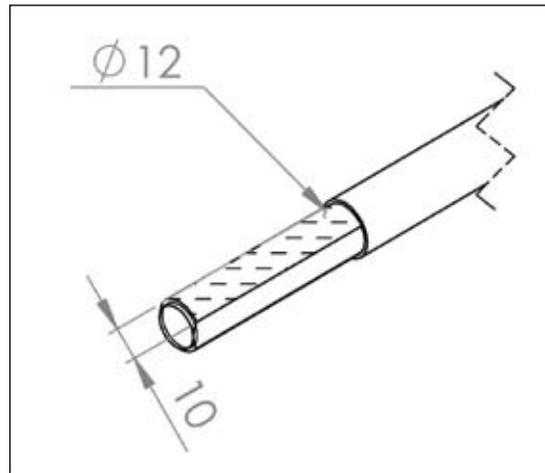


Abb. 6.18 – Bemaßte Zeichnung der Achse.

Diese Drehmomentstützen gibt es in sehr unterschiedlichen Ausführungen. Grundsätzlich sind Aufbau und Funktion dieser Bauteile ähnlich:

1. Das untere Ende der Drehmomentstütze ist so ausgeformt, dass sie die Achse des Nabenmotors kraftschlüssig umfasst. Das ist bei allen Drehmomentstützen ähnlich.
2. Das obere Ende der Drehmomentstütze ist so beschaffen, dass es mit einem Rahmenteil verbunden ist und so die Kraft entsprechend dort und nicht am (meist zu schwach ausgelegten) Ausfallende in den Rahmen leitet.

Um diese Kraftübertragung an den Rahmen zu gewährleisten, haben die verschiedenen Anbieter sehr unterschiedliche Lösungen gefunden.



Abb. 6.19 – Achse in Ausfallende – ohne Drehmomentstütze wird sich die Achse in der Aufnahme bei großer Last mitdrehen.



Abb. 6.20 – Clevere Lösung: Die Drehmomentstütze ist hier an der Aufnahme für die Bremse montiert.

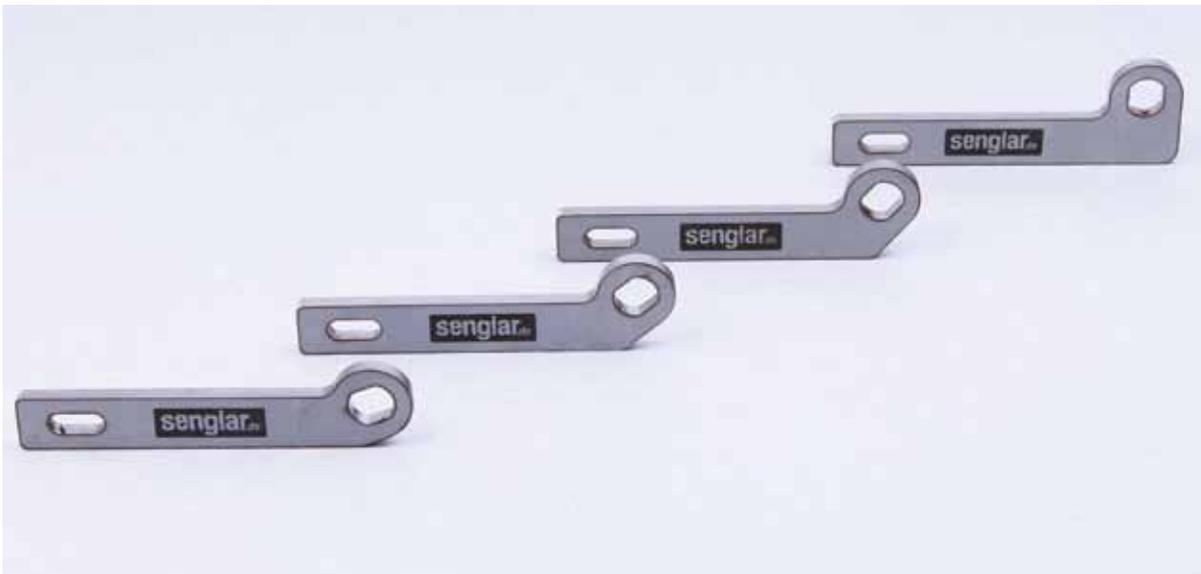


Abb. 6.21 – Drehmomentstützen für verschiedene Ausfallenden.

10 Rechtliche Rahmenbedingungen

Schon bei der Klärung der Frage, was eigentlich ein Fahrrad mit elektrischem Hilfsmotor im rechtlichen Sinn ist, wird es schwierig, da der Gesetzgeber die Regelungen dazu geschickt auf verschiedene Regelwerke der EU und Deutschlands verteilt hat.

Genauso schwierig zu beantworten ist die Frage: „Wie heißt denn nun mein Fahrrad mit elektrischem Hilfsmotor?“

Daher hier ein erster Überblick:

Pedelecs gelten nicht als Kraftfahrzeuge, sondern als Fahrräder, wenn ihr Elektromotor mit höchstens 250 W Leistung nur beim Mittreten bis 25 km/h Unterstützung leistet.

Alles, was darüber hinausgeht, ist nach der StVZO ein Kraftfahrzeug. Das betrifft E-Bikes mit 20 km/h Höchstgeschwindigkeit ohne Tretunterstützung und die „schnellen Pedelecs“, die erst bei 45 km/h abregeln. Ihre Motoren leisten bis zu 500 W und benötigen eine Betriebserlaubnis als Leichtmofa oder Kleinkraftrad sowie ein Versicherungskennzeichen.

Weitere Folge: Nach § 36 Abs. 2 der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) müssen „Luftreifen von Kraftfahrzeugen“ mit Profilrillen versehen sein. Ihre Reifen müssen eine Profiltiefe von mindestens 1 mm aufweisen.

10.1 EN 15194 – die „Pedelec-Norm“

In dieser Norm werden die Prüfbestimmungen zur Untersuchung von Pedelecs dargestellt.

Interessanterweise kommt in dieser Norm das Wort „Pedelec“ überhaupt nicht vor. In der Norm heißen sie „EPAC“, also „Electric Power Assisted Cycles“, auf Deutsch heißen sie in der Norm „Elektromotorisch unterstützte Räder“.

10.1.1 Anwendungsbereich der Norm

Diese europäische Norm ist für elektromotorisch unterstützte Rädertypen mit einer maximalen Nenndauerleistung von 0,25 kW vorgesehen, wobei die Leistungsabgabe schrittweise reduziert und schließlich abgeschaltet wird, sobald das Fahrzeug eine Geschwindigkeit von 25 km/h erreicht, oder vorher, wenn der Fahrer den Pedalantrieb einstellt.

10.1.2 Anforderungen an das Leistungsmanagement

Hier geht es um die Klärung der Frage, wann genau der Motor unterstützen darf und wann er durch das Leistungsmanagement den Antrieb unterbrechen muss.

Bei der Prüfung müssen die Aufzeichnungen zeigen, dass:

- a. eine Unterstützung nur erfolgt, wenn der Radfahrer die Pedale vorwärts tritt,
- b. die Unterstützung unterbrochen wird, wenn der Radfahrer aufhört, die Pedale vorwärts zu treten, und zwar so, dass der Abschaltweg mit einem Ausschalter am Bremshebel höchstens 5 m beträgt oder 2 m ohne einen Ausschalter am Bremshebel,
- c. die Leistungsabgabe oder Unterstützung fortschreitend verringert und schließlich abgeschaltet wird, wenn das Fahrzeug die konstruktionsbedingte maximale Unterstützungsgeschwindigkeit erreicht,
- d. die Steuerung der Unterstützung durchgehend und ohne abrupte Übergänge erfolgt.

In der Praxis werden die genannten Anforderungen unterschiedlich gut erfüllt. Am sichersten ist eine Unterbrechung des Antriebs durch einen Ausschalter im Bremshebel.

Die meisten Controller schaffen es auch ganz gut, eine sanfte Steuerung der Unterstützung zu erreichen.

Anfahrunterstützung

Pedelecs dürfen mit einem Modus der Anfahrunterstützung mit einer Geschwindigkeit von bis zu 6 km/h oder mit einer geringeren vom Hersteller festgelegten Geschwindigkeit ausgestattet sein.

Unbefugter Gebrauch muss verhindert werden. Dazu muss die Anfahrunterstützung durch die beabsichtigte und dauerhafte Tätigkeit des Anwenders eingeschaltet werden, entweder beim Fahren ohne Treten oder Schieben des Fahrrads. Das wird meist durch einen entsprechenden „Gasgriff“ oder Taster erreicht.

Prüfung der EMV

EMV ist die Abkürzung für „Elektromagnetische Verträglichkeit“. Hierbei geht es darum, dass sich elektrische Geräte während ihres Betriebs nicht gegenseitig beeinflussen. In unserem Fall heißt das, dass es bei den Bauteilen unseres Pedelecs beispielsweise durch in der Nähe befindliche Handys nicht zu Fehlfunktionen kommt und dass es auch umgekehrt durch die Bauteile des Pedelecs nicht dazu kommt, dass andere Geräte (z. B. Herzschrittmacher) gestört werden. In der Norm EN 15194 werden die dafür erforderlichen Prüfverfahren genannt.

Es ist wohl so, dass derzeit die wenigsten angebotenen Nachrüstätze über einen derartigen Prüfungsnachweis verfügen.

10.2 StZulo und StVO

In diesen beiden Normen (und weiteren ergänzenden Regelwerken) wird geregelt, welches Fahrzeug zu welchem Fahrzeugtyp zu rechnen ist und was die Folgen für die Nutzung im Straßenverkehr sind. Nachstehend finden Sie eine kurze Zusammenfassung der Regeln, getrennt für Pedelecs, S-Pedelecs und E-Bikes, sowie die Angabe der wesentlichen Rechtsquellen.

10.2.1 Pedelecs

Grundsätzlich gilt die EU-Richtlinie 2002/24/EG:

Motorunterstützte Fahrräder (Pedelecs) bis 25 km/h und nicht mehr als 250 W Nenndauerleistung sind Fahrräder.

Sie brauchen daher keine Typprüfung und unterliegen keiner Versicherungspflicht.

Es besteht keine Helmpflicht (ein Helm sollte nach meiner Meinung aber dennoch immer getragen werden).

Radwege können uneingeschränkt genutzt werden.

Es besteht keine Altersbeschränkung, und grundsätzlich besteht keine Führerscheinplicht.

Dies gilt seit dem 9. November 2003 in allen EU-Ländern.²⁷

Aber: Für Pedelecs mit Anfahrhilfe bis 6 km/h wird eine Mofa-Prüfbescheinigung benötigt, ersatzweise eine Fahrerlaubnis oder ein Geburtsdatum vor dem 1. April 1965. Laut Bund-Länder-Fachausschuss gilt dies nicht für NRW, Saarland und Hessen.²⁸

Also dürfen auch Kinder Pedelecs fahren, wenn das Pedelec mit einer Anfahr-/Schiebehilfe ausgestattet ist. Ab welchem Alter dies sinnvoll ist, müssen ganz sicher die Eltern entscheiden. Es wird davon abhängig sein, welche Erfahrungen und Fähigkeiten das Kind bereits mit „normalen“ Fahrrädern hat.

10.2.2 S-Pedelec

Das „schnelle Pedelec“ hat eine Tretunterstützung, kann aber schneller als 25 km/h fahren und ist damit ein Leichtkraftrad (L1e). Es ist daher versicherungspflichtig und muss mit einem Versicherungskennzeichen versehen sein. Wer nach dem 1. April 1965 geboren ist, muss im Besitz eines Führerscheins der Klasse M sein.

Es besteht keine Helmpflicht.

Die Mindestprofiltiefe beträgt 1 mm.

Es besteht ein eingeschränktes Benutzungsrecht für Radwege:

- Innerhalb geschlossener Ortschaften darf der Radweg mit einem schnellen E-Bike nicht befahren werden.
- Außerhalb geschlossener Ortschaften gilt grundsätzlich die Regel, dass Leichtkrafträder Radwege benutzen dürfen, soweit das Schild „keine Mofas“ nichts anderes bestimmt. Diese Verkehrsregel gilt auch für E-Bikes.

Um den Versicherungsschutz zu gewährleisten, dürfen bestimmte Bauteile des Rads nur nach einer Prüfung durch den TÜV ausgetauscht werden.

10.2.3 E-Bikes

Diese „Kraftfahrzeuge“ sind mithilfe des Elektroantriebs durch einen Drehregler oder Schalter zu fahren, auch ohne dabei in die Pedale zu treten. Wird eine Motorleistung von 500 W und eine Höchstgeschwindigkeit von max. 20 km/h aus eigener Kraft nicht überschritten, gelten diese Fahrzeuge als Kleinkraftrad (L1e), und es gilt die „Leichtmofa-Ausnahmereordnung“.²⁹

Danach bedürfen E-Bikes in Deutschland einer Betriebserlaubnis und sind somit versicherungspflichtig.

Es gilt auch hier keine Helmpflicht.³⁰ Die Mindestprofiltiefe beträgt 1 mm.

Auch hier gilt: Um den Versicherungsschutz zu gewährleisten, dürfen bestimmte Bauteile des

²⁷ Quelle: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0024:DE:HTML> vom 19.6.2011

²⁸ Quelle: <http://www.pedelec-forum.de/forum/showthread.php?323-Definition-Pedelec&p=4011#post4011> vom 19.6.011

²⁹ Quelle: <http://bundesrecht.juris.de/stvrausnv/BJNR039400993.html> vom 19.6.2011

³⁰ Quelle: http://www.gesetze-im-internet.de/stvo/_21a.html vom 19.6.2011

Rads nur nach einer Prüfung durch den TÜV ausgetauscht werden.

Bemerkenswert sind noch folgende Regelungen der „Leichtmofa-Ausnahmereverordnung“ für E-Bikes:

- Felgendurchmesser für Vorder- und Hinterrad:
 - mindestens 559 mm (entspricht 26 Zoll), aber nicht mehr als 640 mm (entspricht 28 Zoll)
- Reifenbreite:
 - nicht mehr als 47 mm (entspricht 1,75 Zoll)

10.3 CE-Kennzeichnung

Die CE-Kennzeichnung ist kein Gütesiegel (Qualitätszeichen). Durch die Anbringung der CE-Kennzeichnung bestätigt der Hersteller lediglich, dass das Produkt den produktspezifischen europäischen Richtlinien entspricht. In unserem Fall ist das im Wesentlichen die oben kurz dargestellte EN 15194. Allerdings lässt das CE-Logo allein nicht erkennen, ob das Produkt durch eine unabhängige Stelle auf die Einhaltung der Richtlinien überprüft wurde. Erst wenn dem Logo eine vierstellige Kennnummer (Identifikationsnummer) folgt, weist dies auf die Einbindung einer benannten Stelle in das Konformitätsbewertungsverfahren hin.

Index

A

Abzieher 89
Achsaufnahme 78
Akkualterung 81
Anfahrunterstützung 126
Ausfallende 78

B

Batteriedisplay 83
Batteriemanagementsysteme 41
Batterietypen 30
Bedienelemente 50
Bleiakkus 30
BMS 117
Bremsabschaltung 49
Bremsattel 22
Bremsstypen 65

C

Controller 45

D

Daumengas 54
Drehmomentstützen 78

E

Entladestrom 43

F

Fehlersuche 115
Felge 73
Felgenbremse 22

G

Gabel 78
Gasgriff 52
Getriebemotoren 18

H

Hardtails 38
Hinterradantrieb 21
Hydraulische Felgenbremse 66
Hydraulische Scheibenbremse 68

K

Kabelbelegung 106
Kabelverbindungen 55
Kapazität 32
Kette 71
Kettenmotoren 24

L

Ladedauer 40
Ladegeräte 39
Laden 112
LCD-Displays 51
LED-Displays 51
Lithiumakkus 30
Lithium-Ionen-Akku 30

M

Magnet 102
Magnetscheibe 46
Montageanleitung 81
Montageständer 83

Montageunterlage 83
MTBs 38

N

Nabe 72
Nabenmotoren 15

P

PAS-Sensor 46
Pedelec 12
Punzung 76

R

Rahmen 63
Reichweite 121

S

Schalteinheit 110

Schaltung 69
Scheibenbremse 22
Schraubkassetten 22, 70
Sicherung 116
Spannung 32
Speiche 72
Stecker 57

T

Tretkurbellagermotoren 22

V

Verdrehsicherung 78
Vorderradantrieb 18

W

Werkzeug 83

PEDELECS

E-Bikes

selber bauen

Erfinden Sie das Fahrradfahren neu!

Wer mit einem Pedelec – umgangssprachlich E-Bike – vorfährt, dem ist die Aufmerksamkeit sicher, insbesondere wenn es sich um ein waschechtes Mountainbike handelt. Denn hier ist funktionierende Technik gefragt! Leistung, Ausdauer und Haltbarkeit stehen an erster Stelle. Wer dann auf dem Gipfel sagen kann: „Ich hab das Bike selbst gebaut“, dem ist der Respekt der anderen Biker sicher.

In anschaulichen Workshops und Schritt-für-Schritt-Anleitungen beschreibt der Experte und Actionssportler Jürgen Treuz, wie Sie Ihr hochwertiges Fahrrad motorisieren und in ein Hightech-Pedelec umbauen. Er hilft Ihnen bei der Entscheidung für das richtige Konzept – Vorderrad-, Tretlager- oder Hinterradantrieb –, zeigt, was einen guten Pedelec-Bausatz von einem schlechten unterscheidet, und erklärt ganz genau, wie Sie es fachgerecht selber machen. Technische Hintergründe zum Thema Akku, maximale Motorleistung und Energiefluss werden ebenso anschaulich dargestellt wie Sicherheitsaspekte und gesetzliche Rahmenbedingungen.

Für die Theorie ist also gesorgt. Jetzt sind Sie am Zug: Greifen Sie zum Werkzeug und bauen Sie Ihr eigenes Pedelec!



Aus dem Inhalt:

- Pedelec oder E-Bike?
- Motortypen: Nabenmotor, Tretkurbellagermotor, Kettenmotor
- Akkus und Ladegeräte
- Der Controller – das wichtigste Bauteil
- Sichere Kabelverbindungen
- Anforderungen an Rahmen und Fahrwerk
- Praxis: der Umbau im Detail
- Wenn nichts mehr geht: Fehlersuche
- Der richtige Umgang mit dem Pedelec
- Rechtliche Rahmenbedingungen und Versicherungsfragen
- Pedelec-FAQ



29,95 EUR [D]

ISBN 978-3-645-65082-3

Besuchen Sie unsere Website www.franzis.de