

Fahrrad mit elektrischem Hilfsantrieb

Prof. Marx hat bereits ab 1993 in seiner Hochschule in Berlin für Fahrräder einen nachrüstbaren elektrischen Hilfsantrieb entwickelt und einige Prototypen erstellt und verkauft. 1994 und 1998 wurden diese Elektrofahrräder auf der Hannover-Messe ausgestellt.

8

MESSE
ZEITUNG
HANNOVER 1994

8. Tag, Mittwoch, 27. 4. 1994

PANORAMA

Elektroantrieb für jedes Rad

Berliner Professor entwickelt Motor, der Batterien auflädt und Bremsen schont

Fahrräder mit Elektroantrieb sind die absoluten Renner in Sachen umweltgerechte Mobilität. Doch die angebotenen Modelle haben ihren Preis. Sie werden direkt mit Batterie und Motor gefertigt, haben auch das passende Design. "Jetzt kommt wieder eins auf den Markt, das 3000 Mark kosten soll. Damit kann man doch keine breite Masse ansprechen", meint Peter Marx, Professor an der Technischen Fachhochschule Berlin.

Der Forscher will den Millionen Fahrrädern, die in bundesdeutschen Haushalten stehen, Elektro-Power verpassen. Und das viel billiger als die großen Anbieter. Rund 600 Mark soll der Antrieb kosten, ist an jedes Fahrrad einfach montierbar.



Probefahrt auf dem Messegelände: Professor Peter Marx und sein Fahrrad mit neuartigem Elektroantrieb. Neben Technik lockt der Preis.

Am Hinterrad wird der Motor angebaut, die Batterie kommt in einem Kasten auf den Gepäckträger. Marx: „Ein Druckantrieb, der auf den hinteren Reifen führt, überträgt die Kraft.“

Die Weltneuheit des Professors kann noch mehr: Sie fungiert als Bremse und Generator. „Wenn man bergab fährt, schaltet man einfach auf Generator um. Dann bremst der Motor das Rad, die Bremsgummis werden geschont“, so Marx. Gleichzeitig werden so die Batterien aufgeladen.

Logisch, daß so ein Fahrrad nicht ohne High-Tech auskommt. Ein "pulsweitengesteuerter Hochsetzsteller" sowie Transistoren und Dioden steuern den Energiefluß auf der Landstraße.

7

Messe-Zeitung

Marx: Cyclists! You have nothing to lose but your chains

Karl Marx encouraged workers to rebel. "You have nothing to lose but your chains," he said. Peter Marx, a professor at Berlin university, proposes a more practical way of freeing the masses from the limitations of man's limited pedal power: an external electric power unit that can be attached to any bicycle. Electric-powered bikes are all the rage in Germany, but too pricey at up to DM 3000, to create a mass market. Prof. Marx's external power unit drives the rear wheel from a battery which sits behind the cyclist on his saddle bag. Ingeniously, a simple "generator" switch allows the battery to be recharged as you cycle down hill, at the same time acting as a supplementary brake that lengthens the life of normal brake pads. Cost: a mere DM 600, a small price to pay to turn any bike into a motor bike.

■ ■ Elektrischer Fahrrad-Hilfsmotor

Das Fahrrad nicht neu erfinden! – diese Mahnung ist auch im Wissenschaftsbetrieb nicht gerade selten. Suggestiert wird damit, daß das gute alte Fahrrad im Prinzip ausgereift ist und es wesentliche Neuerungen nicht mehr geben kann. Daß die „Fahrradforschung“ nichtsdestoweniger weitergeht, zeigt auf dem „Forschungsmarkt Berlin“ der vorgestellte Hilfsmotor. Dabei handelt es sich um einen nachrüstbaren elektrischen Hilfsantrieb, der aus einem permanenten Gleichstrommotor, einer Motordrehzahl-Steuerelektronik und einer wartungsfreien dryfit-Batterie besteht. Für die Drehzahl-Steuerelektronik wird ein Pulsweiten-Modulator in Verbindung mit einem Power-MOS-Transistor verwendet.

Besonderheit: Beim Bremsen oder Bergabfahren erfolgt mittels eines speziellen pulsweitenmodulierten Hochsetzstellers eine Energierückspeisung in die Batterie (sog. Nutzbremsen).

■ Auxiliary electrical bicycle motor

"You don't need to re-invent the bicycle!" is a piece of advice often heard in scientific firms. This suggests that the good old bike cannot be further improved. But in fact, bicycle research is continuing, as demonstrated by the auxiliary motor presented at the "Research Market Berlin". The system, which can be retrofitted, consists of a DC-motor, speed control electronics, and a maintenance-free dryfit battery. The speed is controlled by pulse-width modulation, in combination with a power-MOS transistor. A special feature is that a PWM step-up modulator allows braking energy to be stored in the battery (regenerative braking).

Aussteller: Prof. Dr.-Ing. Peter Marx
Technische Fachhochschule Berlin
Fachbereich Elektrotechnik

Umweltfreundlicher elektrischer Antrieb für Fahrräder

Auf reges Interesse bei der diesjährigen Industriemesse in Hannover stieß die Neuentwicklung eines elektrischen Fahrrad-antriebs von Prof. Peter Marx, Fachbereich Elektrotechnik und Feinwerktechnik der TFH. Der Hilfsmotor wird durch eine Batterie betrieben und ermöglicht eine Höchstgeschwindigkeit von 20 km/h. Das Gerät läßt sich mit wenigen Handgriffen auf jedes normale Rad montieren und soll mit 600 Mark erheblich billiger sein als ein komplettes Elektrorad. Eine abgasfreie, energiesparende Neuheit, die im Dienstverkehr von Behörden und Firmen eingesetzt werden kann.



Prof. Peter Marx erläutert dem Regierenden Bürgermeister von Berlin Eberhard Diepgen den Hilfsmotor für das Fahrrad

Foto: Michael Helling

TFH PRESSE Nr. 4 - Juni/Juli 1998

1998

3

Gute Ideen sterben nicht, sie machen nur Pause



Professor Marx rollt mit Hilfsmotor

Der Hilfsantrieb fürs Fahrrad erinnert an das französische „Velo Solex“ aus den 60er Jahren, aber natürlich steckt in der Neuentwicklung des Berliner Professors Peter Marx mehr: Statt ein vollständiges Elektro-Rad zu entwickeln, wie es vor allem in Asien immer beliebter

1994 wird, setzt der Berliner Erfinder auf das Konzept eines nachrüstbaren Hilfsantriebs: Durch eine 2 x 12-Volt-Batterie bewegt ein 195-Watt-Motor einen Zahnriemenantrieb am Vorderrad, der das Gefährt bis auf 20 km/h, die vom TÜV erlaubte Höchstgeschwindigkeit, beschleunigen kann. Der Vorteil: Das Gerät kann mit wenigen Handgriffen auf jedes normale Rad montiert werden und soll mit rund 600 Mark erheblich billiger sein, als komplette E-Velos.

Forschungsmarkt Berlin
(1.OG, L 15)

Absoluter Renner der TFH-Delegation aber war unser „radelnder Professor“ Dr.-Ing. Peter Marx (FB 12), der einen elektrischen Fahrrad-Hilfsmotor entwickelt und damit wohl ziemlich genau den Nerv der Zeit getroffen hat: Der Motor ist nachrüstbar für jeden Drahtesel, einfach zu montieren, relativ preiswert und mit einem besonderen Energie-Rückgewinnungseffekt ausgestattet, also umweltfreundlich, dazu lärmarm. Nun fehlt Prof. Marx und Gil Esser, der seine Diplomarbeit diesem Thema gewidmet hat, nur noch ein Fabrikant, dessen Risiko allerdings vergleichsweise überschaubar sein dürfte. Denn abgesehen von den genannten Vorteilen besteht die ganze Anlage aus Standard-Bauteilen, die „nur“ neu kombiniert wurden. □



TECHNISCHE
FACHHOCHSCHULE
BERLIN

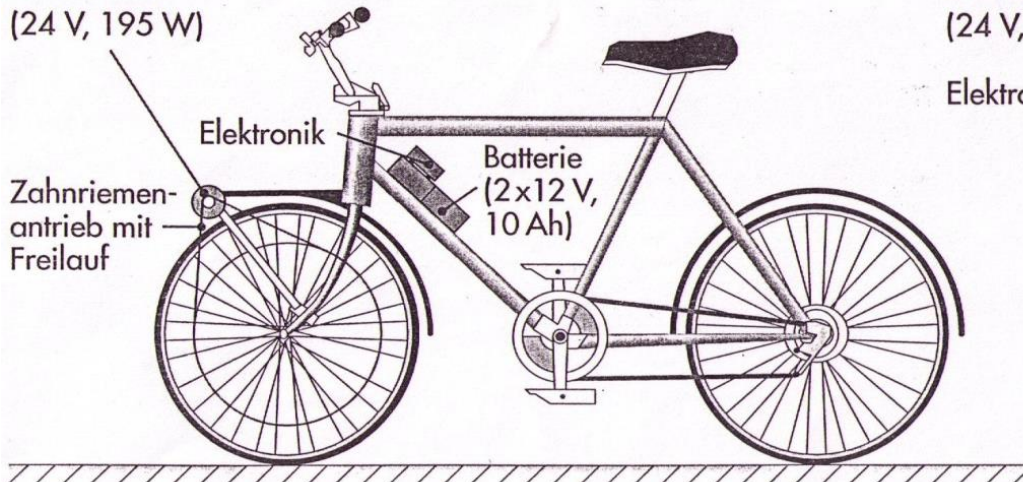
Professor Dr.-Ing. Peter Marx
Labor für Elektronische Meßtechnik
Fachbereich VII
(Elektrotechnik und Feinwerktechnik)

Luxemburger Straße 10
13353 Berlin

Telefon (030) 4504 23 10/23 15/23 40
Telefax (030) 4504 22 84 · Telex 1631
e-mail marx@tfh-berlin.de

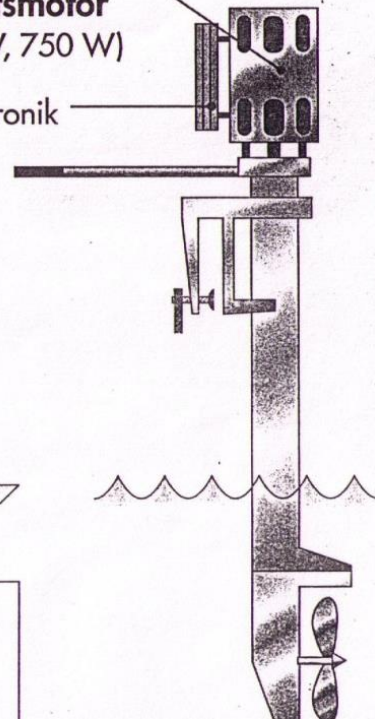
Prof. Dr. P. Marx / 1997

Fahrrad mit elektrischem Hilfsmotor (24 V, 195 W)



Elektrischer Bootsmotor (24 V, 750 W)

Elektronik



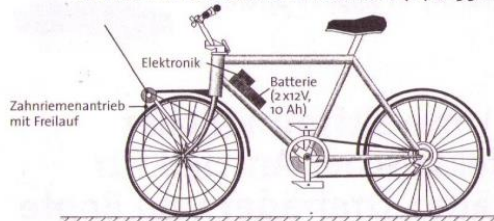
Mechanische Motorleistung:

$$P_w = 1,045 \cdot 10^{-3} \cdot M_d / \text{Ncm} \cdot n / \text{min}^{-1}$$

Prof. Dr. P. Marx / 1997

Umweltfreundlicher elektrischer Antrieb für Fahrräder und Boote

Fahrrad mit elektrischem Hilfsmotor (24V, 195W)



Die elektrischen Antriebe für die Fahrrad-Hilfsmotoren und den Bootsmotor bestehen aus preiswerten permanenterregten Großserien-Gleichstrommotoren, einer HF-Motordrehzahl-Steuerelektronik mit Pulsbreitenmodulator und Power-MOSFET, sowie wartungsfreien Traktions-Dryfit-Batterien.

Der Antrieb bei den Zwei- und Dreirädern erfolgt mittels Zahnriemen. Beim elektrischen Bootsmotor wird der mechanische Antriebsstrang eines Serien-Verbrennungs-Bootsmotors verwendet, wobei der Benzinmotor durch den Elektroantrieb ersetzt wird.

Besonderheit: Stufenlose Drehzahlregelung, hoher Wirkungsgrad, beim Bootsmotor Vorwärts- und Rückwärtsfahren ohne Wendegetriebe durch elektrische Umpolung.

Einsatzmöglichkeiten: Lärm- und abgasfreies Fahren in Innenstadtbereichen, Grünzonen und auf Wasserwegen.

Elektroantriebs-Konzepte

Aufgrund zahlreicher weltweiter Initiativen steigt das Interesse an elektrisch betriebenen Fahrzeugen. So wurden unterschiedliche Antriebssysteme entwickelt und in verschiedene Fahrzeugprototypen eingebaut. Diese werden sowohl im Alltagsbetrieb als auch im Rahmen zahlreicher internationaler Wettbewerbe erprobt. Meist werden Antriebe mit Gleichstrommaschinen, Drehstromasynchronmaschinen und Drehstromsynchronmaschinen verwendet. Beim Gleichstromantrieb wird zwischen dem fremd-, permanent- und im Reihenschluß erregten Maschinen unterschieden.

Die Vorteile von Elektroantrieben in Fahrzeugen sind darin zu sehen, daß auf eine Reihe mechanischer Bauelemente verzichtet werden kann und daß ein umweltfreundlicher Betrieb ohne Abgase und Lärm möglich ist. Darüber hinaus können Elektrofahrzeuge nicht nur motorisch beschleunigen, sondern auch generatorisch bremsen; wodurch sich sehr gute Gesamtwirkungsgrade erzielen lassen. Es zeichnet sich ab,

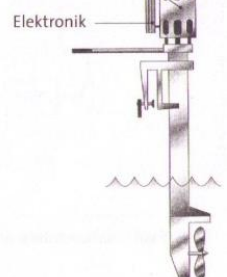
daß mit Beginn des nächsten Jahrhunderts bereits ein größerer Prozentsatz der Fahrzeuge elektrisch betrieben und somit an der Steckdose bzw. solar betankt wird. Dieser Trend kann durch gesetzliche Vorschriften und Auflagen, wie z.B. in den USA bereits geschehen, beschleunigt werden.

Zu den vielen positiven Eigenschaften der Elektrofahrzeuge kommen die hohen Wirkungsgrade der einzelnen Komponenten, sowie die generatorische Energierückgewinnung bei jedem Bremsvorgang, was eine Energieausnutzung von 70% und mehr erlaubt. Verglichen mit herkömmlichen Straßenfahrzeugen (16-20%) benötigt man bei gleicher Fahrleistung also deutlich weniger Energie. Auch die Schadstoffemissionen sind beim Elektrofahrzeug unter Berücksichtigung des Primärenergieverbrauchs in den Kraftwerken, bezogen auf den Schadstoffausstoß von Benzin- und Dieselmotoren, geringer. Da es bei Elektromotoren kein Warmlaufen gibt, sind diese jederzeit voll betriebsbereit.

Während die Umwandlung fossiler Energieträger, wie Benzin und Kohle, in mechanische Energie irreversibel abläuft, kann die Umwandlung von elektrischer Energie in mechanische Energie (Motorprinzip) auch umgekehrt werden (Generatorprinzip). Das gilt für sämtliche Gleich-, Wechsel- und Drehstrommaschinen. Man spricht deshalb auch von Vierquadrantenantrieben; während der Verbrennungsmotor nur den ersten Quadranten der Drehzahl-Drehmomentebene abdeckt (Motorbetrieb in einer Richtung). Hinzu kommt,

daß Elektromotoren bis zum Stillstand ein Drehmoment abgeben können, was einen selbständigen Anlauf ermöglicht. Deshalb kann in Elektrofahrzeugen eine Reihe mechanischer Bauteile ganz bzw. teilweise entfallen, wie z.B. Anlasser, Kupplungen, Getriebe, Differential, Kardanwellen und mechanische Bremsen.

Elektrischer Bootsmotor (24V, 750W)

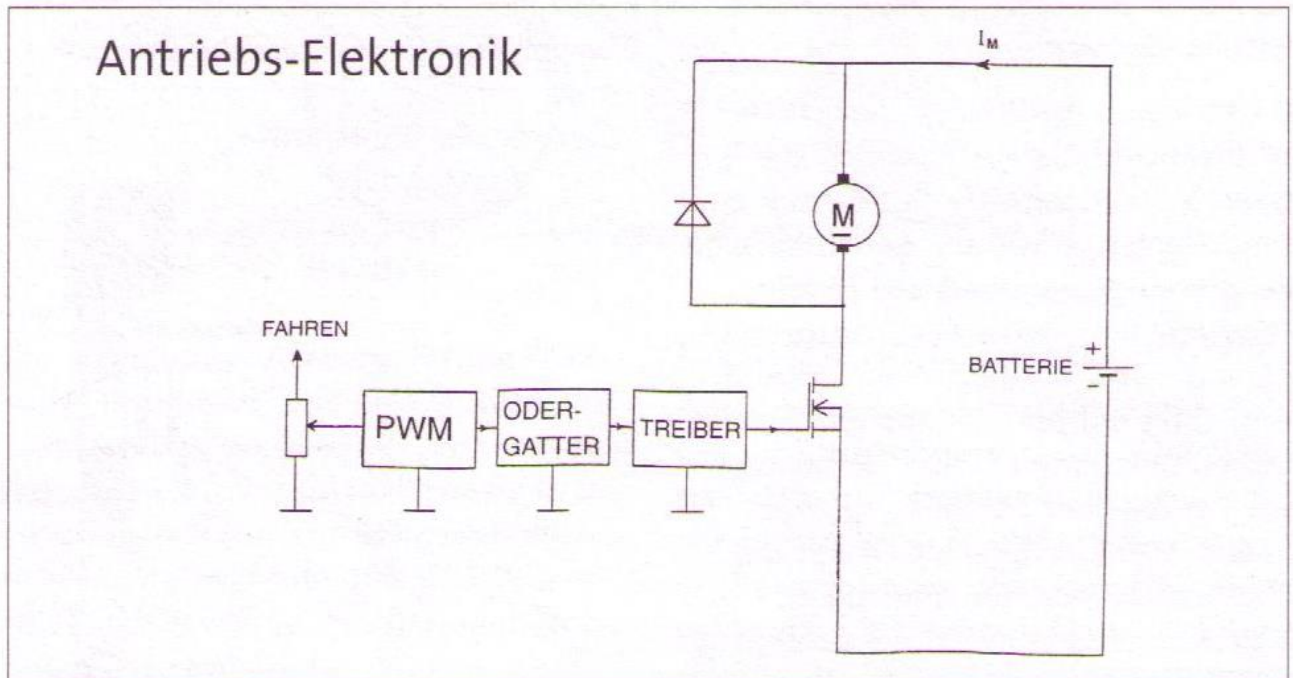


Aktueller Stand der Batterietechnik

Als heute bereits verfügbar und ohne Einschränkung einsatzbereit bietet sich die traditionelle Blei-Säure-Batterie an. Sie wird in Elektrofahrzeugen als wartungsfreie Blei-Gel-Batterie eingesetzt. Zu den heute reifen Batterien zählt auch die Nickel-Cadmium-Batterie, die sich durch eine besonders hohe Lebensdauer von 10 Jahren auszeichnet und eine gute Schnellladefähigkeit besitzt. Alle anderen Batteriesysteme, die heute erprobt werden, sind derzeit noch nicht serienreif. So zum

Beispiel die zu den alkalischen Systemen gehörende Nickel-Hydrid-Batterie. Sie ist eng verwandt mit der Nickel-Cadmium-Batterie - allerdings frei von umweltgefährdendem Cadmium - und arbeitet wie diese bei Raumtemperatur. Erst gegen Ende der 90er Jahre rechnet man damit, daß die

ebenfalls bei Raumtemperatur arbeitenden 3-Volt-Lithium-Swing-Batterien verfügbar sein werden. Systeme für die Zukunft sind auch die bei etwa 300 Grad Celsius arbeitenden Natrium-Schwefel- und Natrium-Nickelchlorid-Batterien, sowie Brennstoffzellen, die derzeit intensiv erprobt werden.



Es wird ein Gleichstromsteller mit Pulsweitenmodulator zur Drehzahlsteuerung verwendet.

Für die mechanische Motor-Leistung gilt allgemein:

$$P/W = 1,045 \cdot 10^{-3} \cdot M_{Ncm} \cdot n_{\min^{-1}}$$

- Für das Zweirad erhält man:

$$P = 1,045 \cdot 10^{-3} \cdot 60 \text{ Ncm} \cdot 3100 \text{ min}^{-1} = 194,4 \text{ W}$$

- für das Dreirad folgt:

$$P = 750 \text{ Watt (2 Motore)}$$

- für den Bootsmotor ergibt sich:

$$P = 1,045 \cdot 10^{-3} \cdot 220 \text{ Ncm} \cdot 3300 \text{ min}^{-1} = 758,7 \text{ W}$$

Literatur:

P. Marx

»Elektrischer Fahrrad-Hilfsantrieb«

Offenlegungsschrift DE 4414618A1

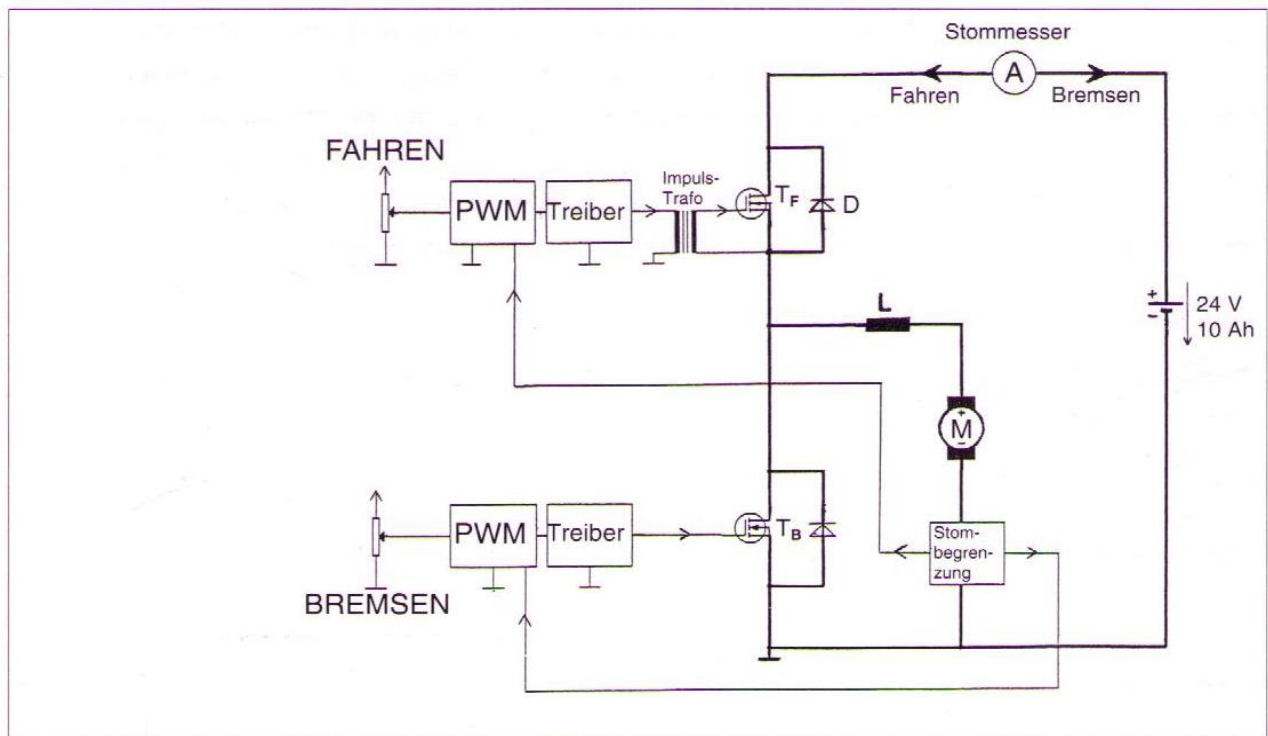
Deutsches Patentamt 19.10.1995

Kooperationspartner für die

mechanische Konstruktion:

Dipl.-Ing. (FH) Michael Helling,
Berlin

Bild 3: Fahrrad-Hilfsantrieb mit Nutzbremmung (Energierückspeisung)



Die generatorische Energierückgewinnung wird beim Bremsen mittels eines pulswitengesteuerten Hochsetzstellers, bestehend aus der Speicherdrossel **L**, dem Power-MOS-Transistor **T_B** und der Diode **D** bewirkt. Bei einer Motor-Nerndrehzahl von **n = 4200 min⁻¹** und einem Dauerdrehmoment von **M_d = 30 Ncm** gibt der Hilfsmotor die folgende mechanische Leistung ab:

$$P_w = 1,045 \cdot 10^{-3} \cdot M_d /_{\text{Ncm}} \cdot n /_{\text{min}^{-1}}$$

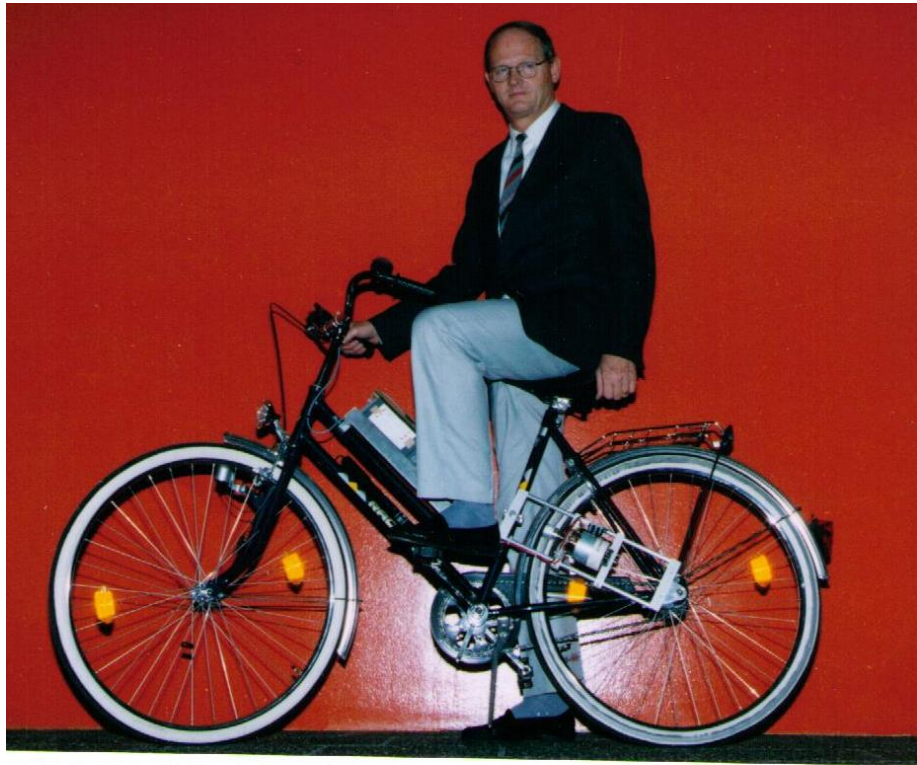
Mit den eingesetzten Zahlenwerten erhält man:

$$P = 1,045 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \text{ Ncm} \cdot 4200 \text{ min}^{-1} = 132 \text{ W.}$$

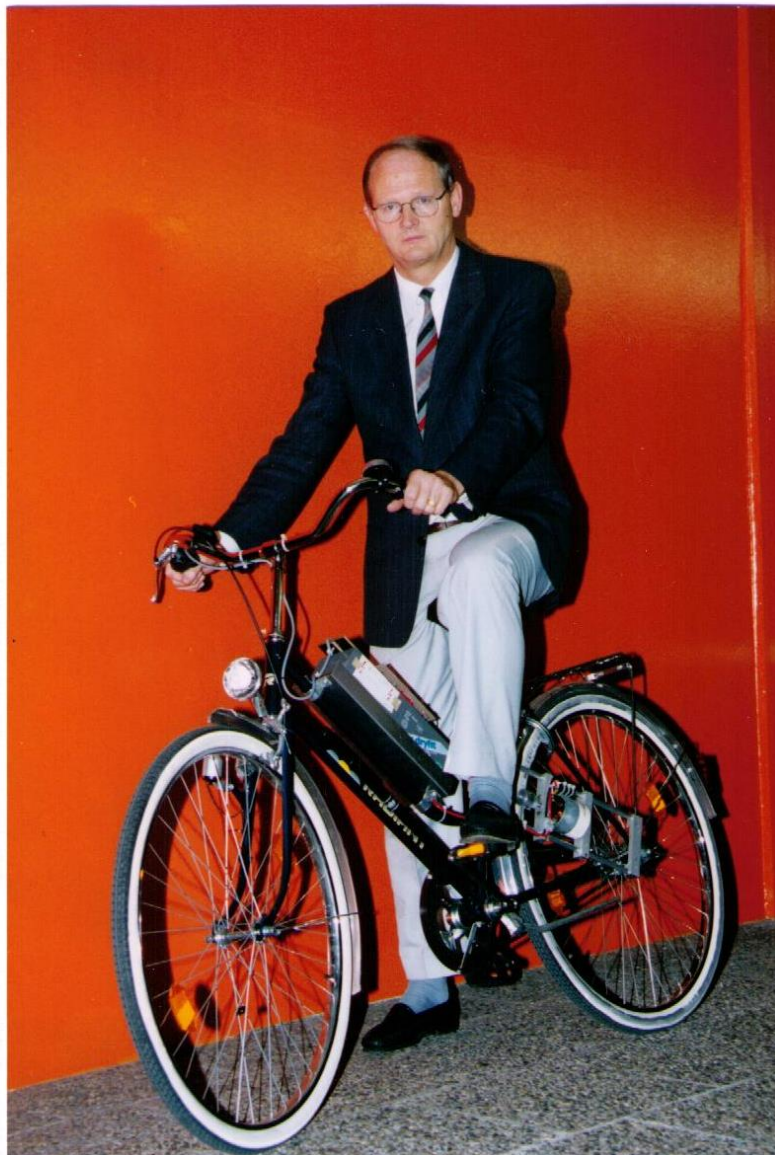
Diese abgegebene Motorleistung ist für einen Fahrrad - Hilfsantrieb ausreichend.

Literatur:

- Weber, S. Entwurf einer Motorsteuerungs-Elektronik mit Energierückspeisung
Diplomarbeit an der TFH Berlin 1992, Betreuer: Professor Dr.-Ing. P. Marx
- Przybyl, A. Elektronische PWM-Steuerung für DC-Motor mit Energierückspeisung
und Diplomarbeit an der TFH Berlin 1993
Sahin, G. Betreuer: Professor Dr.-Ing. P. Marx



E-Fahrrad Prof. Dr. P. Marx, 1994



Prof. Dr. P. Marx



E-Fahrrad für Dr. Zimmermann / RZB / 2000



E-Fahrrad für Herrn Bock hacker, Elektromeister
in Hannover / 2000