

Solarrollstuhl - Laderegelnung mit PV-Modul für Rollstuhlintegration

Dick, Aaron-Jakob^{1,2}, Torreck, Clemens^{1,3}, Habasch Philipp⁴, Liebold, Falk¹

¹Duale Hochschule Gera-Eisenach, Fachgebiet Elektrotechnik und Industrielle Elektronik, Weg der Freundschaft 4, 07546 Gera, Deutschland

²Stahlwerk Thüringen GmbH, Kronacher Str. 6, 07333 Unterwellenborn, Deutschland

³Voestalpine AG, Zum Wasserturm 79/1, 04626 Schmöln, Deutschland

⁴Deutsche Multiple Sklerose Gesellschaft Landesverband Berlin e. V., Joachimstrasse 7, 12555 Berlin

Zusammenfassung

Es wurde ein Elektrorollstuhl um die Funktion des mobilen Ladens via Solarenergie erweitert. Den Ausgangszustand bildet ein elektrischer Rollstuhl der Firma „Mobiclinic“, dieser verfügt über zwei nachgerüstete in Reihe geschaltete 12 V LiFePo4 Batterien und zwei 24 V Gleichstrommotoren für je ein Hinterrad. Des Weiteren standen eine Solarplatte mit einer Ladeleistung von 100 Wp und ein MPPT Solarladeregler der Firma Victron Energy zur Verfügung.

Für den Prototyp wurde ein Rahmen aus Aluminiumprofilen gefertigt welcher die Solarplatte als Dach über dem Rollstuhl hält. Parallel zu dem mechanischen Teil wurde der vorhandene Stromkreis des Rollstuhls aufgetrennt. An dem Verbindungspunkt zwischen den Batterien und der Handsteuerung wurde der Ladeausgang des MPPT Solarregler eingebunden.

Der fertiggestellte Prototyp wurde anschließend auf Alltagstauglichkeit und energetische Rentabilität des Umbaus getestet. Nach ersten Versuchen innerhalb des Labors wurden dafür Testfahrten im Hofwiesepark Gera und bei der DMSG in Berlin mit mehreren Probanden ausgeführt. Im Vordergrund standen hierbei die Messung des durchschnittlichen Verbrauchs und die Stabilität des Aufbaus. Abschließend wurde ein Fazit gezogen und die Möglichkeiten der Verbesserung diskutiert.

Keywords: Energieautarke Sensorik, Signalverarbeitung, Energietechnik und erneuerbare Energien, Elektroantriebe, MPP, Medizintechnik, Photovoltaik, Elektromobilität, Multiple Sklerose

1. Einführung

Die von der Deutschen Multiple Sklerose Gesellschaft (dmsg) gestellte Anforderung, die Reichweite und Nutzungsdauer eines elektrischen Rollstuhl im Dauerbetrieb von täglich drei Stunden, durch eine zusätzliche Photovoltaik-Anlage auf vier bis sechs Stunden zu erhöhen wurde umgesetzt. Das Ziel der Deutschen Multiplen Sklerose Gesellschaft ist es, die Lebensqualität von Menschen mit MS zu verbessern und ihnen ein selbstbestimmtes Leben unter Wahrung ihrer Menschenrechte und ihrer Gleichberechtigung mit Nichtbetroffenen zu ermöglichen.

Innerhalb eines Vierteljahres konnte ein Prototyp realisiert werden, der leicht und zugleich leistungsstark ist. Nach dem Entwurf und der Abstimmung des Konzeptes (Siehe Abb. 1) wurden Mechanik, ein Steuerung mit Sensorik und die Software realisiert. Spannend für die Beteiligten wurde es, als sie in der Erprobungsphase den Nutzen nachweisen

konnten. Die Messtechnik zur Erfassung der abgegebenen elektrischen Leistung und der durch die Solarzelle zugeführten wurde ebenfalls implementiert. Die Messungen bestätigten die Konzeption. Der Rollstuhl wurde mit Aluminiumleichtprofilen um ein Solardach, sowie Embedded Controller, Sensoren und Messtechnik erweitert und wird momentan in Berlin von der DMSG getestet. Dabei gab es vielfach positive Rückmeldung.



Abb. 1 Konzept zur Ladekreisenerweiterung mittels Solarpanel und MPPT-Regler

1.1. PV-Modul

Ein PV-Modul besteht aus einer Vielzahl von Solarzellen, je nach der geforderten Ausgangsspannung oder dem erforderlichen Ladestrom werden diese Zellen in Reihe oder parallel verschalten. Mehrere Zellen in Reihe ergeben eine höhere Spannung und mehrere Zellen parallel können einen höheren Ladestrom erzielen.

Durch den Photoeffekt können Elektronen, welche mit Photonen wechselwirken, genug Energie aufnehmen, so dass diese in das Leitungsband eintreten und zum Stromfluss beitragen.

1.2. MPP-Regelung

Die MPP-Reglung regelt den Arbeitspunkt der Solarplatte. Der MPP, also der „Maximum Power Point“, wird im Regler über einen Messwiderstand ermittelt. An dem Messwiderstand werden die Spannung und der Strom gemessen und darüber die Leistung berechnet. Am Eingang des MPP-Reglers liegt ein DC/DC Wandler, welcher die variable Eingangsspannung der Solarzelle auf eine konstante Ausgangsspannung für die Batterie wandelt. Die Ausgangsspannung wird über den Tastgrad am DC/DC Wandler eingestellt, wird der Tastgrad erhöht steigt auch die Ausgangsspannung. Die meisten MPP-Regler starten im Leerlauf. In diesem Punkt liefert die Solarzelle keinen Strom und die errechnete Leistung am Messwiderstand liegt bei null. Der Regler erhöht anschließend den Tastgrad, womit die Ausgangsspannung am DC/DC Wandler steigt, mit der Spannung steigt laut dem ohmschen Gesetz auch der Strom am Messwiderstand und damit auch die errechnete Leistung. Der Tastgrad wird immer weiter erhöht und damit auch die Spannung und der Strom, solange bis die neue Leistung kleiner ist als die vorher gemessene. An diesem Punkt ist der MPP überschritten. Der Tastgrad wird wieder reduziert und stellt sich auf diesen Wert ein. Damit ist der MPP der Solarzelle erreicht.

1.3. LiFePo4 Batterie

Bei einer Lithium-Eisenphosphat-Batterie handelt es sich um eine energiedichtere und damit leichtere Alternative zur Blei-Säure-Batterie. Bei einer 100%igen Entladetiefe garantiert sie bis zu 3000 Ladezyklen und wurde aus diesem Grund im Zuge der Umbauarbeiten verbaut.

2. Umbau des Rollstuhls

Der Rahmen für das Solarpanel besteht aus leichtem modularem 30*30 mm

Aluminiumprofil, welche über demontierbare Halter an vier Punkten mit dem Rollstuhl verbunden ist und die Solarplatte in einem Winkel von ca. 20° über dem Fahrer hält um einen leichten Einstieg zu realisieren.



Abb. 2 Umgebauter Rollstuhl mit:
1. Elektromotoren, 2. LiFePo4-Batterien,
3. Solarpanel, 4. Aluminiumprofil und
5. Halterungssystem

Die Einbindung des Solarladestromkreises erfolgt am Verbindungspunkt zwischen den Batterien und der Handsteuerung. Die Verbindungsstecker, welche am Original-Rollstuhl verbaut waren, wurden dafür aufgetrennt und in eine Verbindungsdose geführt. Diese besitzt eine Schutzklasse von IP66, ist damit gegen Staub- und starken Spritzwasser geschützt und erlaubt ein Verbinden der einzelnen Kreise. Des Weiteren findet in ihr die Sensorik zur Leistungsmessung ihren Platz. Der Gesamtaufbau ist in Abb. 2 zu sehen.

3. Messaufbau

Für die Aufnahme der Messdaten wurde ein myRio1900 Messcontroller der Firma National Instruments verwendet (siehe *Abb. 3*). Über das eigene Betriebssystem „LabVIEW RT“ können LabView-Programme autark auf dem Messcontroller ausgeführt werden.



Abb. 3 Messsystem NI-MyRIO 1900

Für den Anschluss von externer Sensorik besitzt der Controller eine „MSP“-Schnittstelle, an der eine mitgelieferte Lochrasterplatine angeschlossen wird. Auf diese wurden zum einen die Widerstände für die Messung der Batteriespannung und zum anderen die Anschlussleitungen der zwei Hall-Sensoren zur Strommessung gelötet. Die Messung der Batteriespannung erfolgt über einen Spannungsteiler.

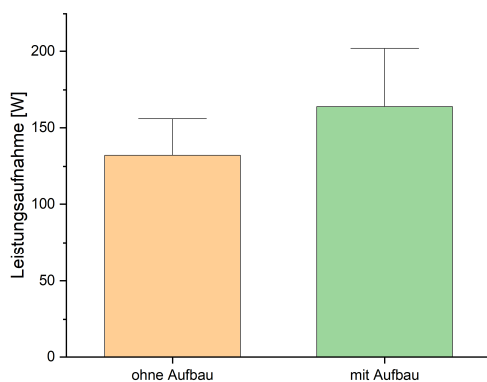


Abb. 4 Mittlere Leistungsaufnahme des Rollstuhls mit und ohne Umbau

Die Messung des verbrauchten und des Ladestromes der Solarplatte erfolgt über die genannten Hall-Sonden, diese wurden an den entsprechenden Leitungen in die Verbindungsdose eingebaut. Die Hall-Sonden messen entsprechend dem Ampere-Maxwell'schen Gesetz die magnetische Flussdichte des stromdurchflossenen Leiters mit Hilfe der so genannten Hall-Spannung. Die

Messspannung ist proportional der magnetischen Flussdichte und damit dem fließenden Strom im Leiter proportional.

3.1. Auswertung

Die Auswertung der Messergebnisse erfolgt über Excel, der Messcontroller speichert die gesammelten Messwerte als CSV-Datei ab und gibt diese an der internen USB Schnittstelle aus.

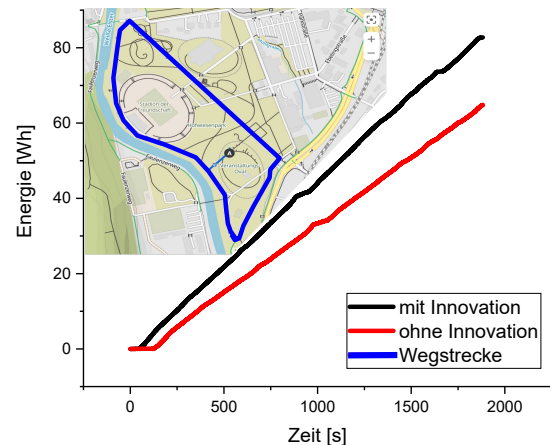


Abb. 5 Energieverbrauch auf der 2 km langen Teststrecke (oben links) mit und ohne Innovation

Diese CSV-Datei kann in Excel importiert und weiterbearbeitet werden. Innerhalb einer ca. 25 min Testfahrt wurde die Leistungsdaten, bei jeweils gleicher Teststrecke von ca. 2 km Länge und mittlerer Geschwindigkeit von ca. 4,9 km/h (siehe *Abb. 5*), mit und ohne Aufbau mit der Messsensorik ermittelt.

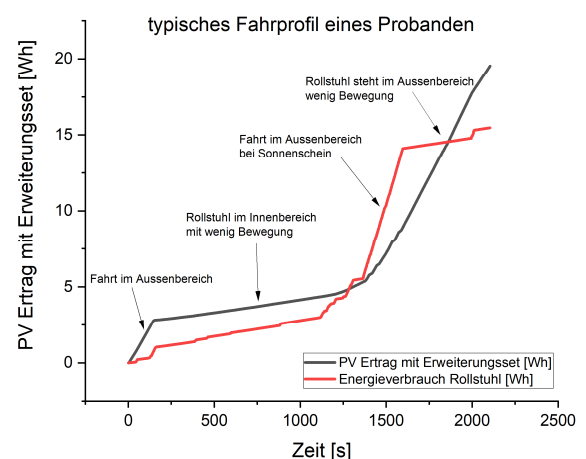


Abb. 6 PV-Ertrag und Energieverbrauch an einem Sommertag und typischen Fahrtverlauf zwischen Wohnung und Außenanlage

Es stellt sich im konkreten Beispiel eine mittlere Leistungszunahme von ca. 130 W

(ohne Aufbau) auf 160 W (mit Aufbau) ein (siehe *Abb. 4*).

Der Energieverbrauch mit der Innovation liegt bei 83 Wh und ohne bei 65 Wh (siehe *Abb. 5*), In *Abb. 6* ist der Nutzen der Innovation zu sehen. D.h. das Mehrgewicht durch den Aufbau wird durch das verwendete 100 Wp-Solar-Modul gepuffert und darüber hinaus kann der Akku geladen werden. Damit konnte das Ziel erreicht werden. Aufgrund der Testfahrten wurde der Rollstuhl, samt Aufbau, mehrfach durch Türen bewegt, Treppen getragen und in einen Transporter verladen. Festgellte wurde dabei folgendes:

- Der Aufbau ist schmal und niedrig genug um durch gängige Türen zu fahren.
- Das Tragen des Rollstuhls ist sowohl mit, als auch ohne Aufbau nur durch zwei Personen durchzuführen.
- Treppen im Außenbereich lassen sich, obgleich etwas schwieriger, auch mit dem Aufbau überwinden.
- Das Verladen in einen hohen Transporter ist ohne Demontage des Gestells möglich, dabei wird der Rollstuhl, rückseitig gekippt.

In Zukunft ist es sinnvoll die Halterungen des Solarmoduls mit Schraubensicherung einzukleben. Auf ebenen Strecken gab es keine Auffälligkeiten. Zu beachten ist lediglich das sich der Aufbau nicht im Sichtfeld des Fahrers, aber auf Augenhöhe vorbeilaufender Passanten oder Radfahrer befindet. Eine vorsichtige Fahrweise ist wird vorausgesetzt. Offizielle Rampen mit ca. 6% Steigung führten nicht zum Kippen des Rollstuhls.

Fazit

Die Innovation zeigt, dass ein modular aufgebautes Erweiterungsset mit der Möglichkeit der Laderegulierung über Sonnenenergie für einen Elektrorollstuhl die Reichweite und damit die Unabhängigkeit an die Ladeinfrastruktur betroffener Rollstuhlfahrer erhöht. Durch die Nutzung der Sonnenenergie kann auch für weite Strecken auf wie sonst üblich größere Batterien verzichtet werden. Sowohl

- der mechanische Aufbau, als auch
- die notwendigen Verdrahtungs- und Programmierarbeiten
- die Integration der Messtechnik zur Leistungsdatenerfassung und für das Aufzeichnen der Messwerte
- das Einbinden des PV-Panels und Ladereglers

sind abgeschlossen.

Des Weiteren konnten erste vielversprechende Testfahrten auch von MS-Betroffenen absolviert werden.

Es wurde das Laden mit Solarstrom unter verschiedenen Bedingungen untersucht. Die Gesamtleistungsaufnahme des Rollstuhls liegt bei ca. 165 W. Bei sonnenreichen Tagen mit ca. 100 W Ladeleistung ist eine deutliche Wegstreckenverlängerung gut realisierbar. Über eine erste Kleinserie durch die Unterstützung eines Industrieunternehmens und dem Voranbringen der Innovation würden sich die Autoren und die DMSG sehr freuen.

Literatur

- [1] Mertens K.: "Photovoltaik; Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis" Carl Hanser Verlag München, 4. aktualisierte Auflage, Leipzig, 2018
- [2] Häberlein H.: "Photovoltaik; Strom aus Sonnenlicht für Verbundnetze und Inselanlagen" AZ Fachverlag, 1. Auflage, Aarau, 2007
- [3] Reindl L., Schürfer E., Zagar B.: „Elektrische Messtechnik; Messung elektrischer und nichtelektrischer Größen“ Carl Hanser Verlag München, 13. Vollständig überarbeitete Auflage, München, 2022
- [4] Liebold F.: Vorlesungsskript „Drehstromverteilsysteme 2024“ Duale Hochschule Gera-Eisenach

Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Falk Liebold
Duale Hochschule Thüringen
Fachgebiet Elektrotechnik &
Industrielle Elektronik
falk.liebold@dhge.de

