

Fachartikel zur Bachelor-Thesis BAT\_G\_23\_34  
am Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE

## PV E-Ducato

Studierender	Sebastian Georges Thalmann
Dozierende	Roger Buser Adrian Altenburger
Experte/-in	Christoph Portmann
Auftraggeber	Hochschule Luzern - Technik & Architektur Industriepartner: Carlo Wernle, Garage Nepple AG, 4415 Lausen
Abgabedatum	03. Januar 2024

Hinweis: Dieser Fachartikel ist Teil der Bachelor-Thesis und wurde von keinem Dozenten nachbearbeitet. Veröffentlichungen (auch auszugsweise) sind ohne das Einverständnis des Instituts Gebäudetechnik und Energie IGE der Hochschule Luzern – Technik & Architektur nicht erlaubt.

## PV E-Ducato

Die Schweiz strebt die Netto-Null-Emissionsstrategie an, und die Mobilität spielt eine entscheidende Rolle. Mit 31,5% des Endenergieverbrauchs im Jahr 2021 steht sie im Fokus. Elektrofahrzeuge sind vielversprechend, aber ihre nachhaltige Nutzung erfordert erneuerbare Energie. Die Photovoltaiktechnologie bietet Potenzial, jedoch mangelt es an effektiven Lösungen für die Speicherung des erzeugten Sonnenstroms. Das Projekt, einen Fiat E-Ducato mit PV-Modulen auszustatten und im Betrieb zu testen, präsentiert sich als innovative Antwort, um nachhaltige Mobilität im Alltag zu realisieren.

Im Zentrum dieser Arbeit steht ein Fiat E-Ducato der mit einer PV-Anlage ausgestattet werden soll. Diese Anlage soll das Fahrzeug mit nachhaltiger Energie aufladen und nach Möglichkeit eine teilweise autarke Fahrweise (20km / Tag) ermöglichen.

### Ausgangslage

Die Recherche liegt in der Analyse der Entwicklung solarbetriebener Fahrzeuge durch wegweisende Projekte und technologische Fortschritte. Louis Palmer, ein Schlüsselakteur auf diesem Gebiet, leistete mit dem Solartaxi im Jahr 2007 bahnbrechende Pionierarbeit und zeigte das Potenzial erneuerbarer Energien im Transportsektor. Die Zusammenarbeit von Palmer mit der Hochschule Luzern führte 2022 zur Vorstellung des Solar Butterfly, eines Solarmobils mit futuristischem Design und flächendeckender Photovoltaikintegration. Sono Motors trug ebenfalls zur Entwicklung bei, indem der Sion mit integrierten Solarzellen in der Karosserie zusätzliche Energie aus Sonnenlicht gewinnt. Das SolarWorld GT-Projekt der Hochschule Bochum betont nicht nur technologische Raffinesse, sondern auch das Potenzial von Bildungseinrichtungen zur Förderung nachhaltiger Mobilitätslösungen.

Mit der Recherche ging es auf die Suche nach geeigneten Photovoltaik-Modulen für den FIAT E-Ducato. Für die Auswahl der Solarmodule und Komponenten erfolgten präzise Vermessungen des Fahrzeugs, um die genaue Fläche des Dachs sowie der Seiten zu bestimmen. Kanten und Sperrflächen, verursacht durch Fahrzeugkomponenten, wurden berücksichtigt, ebenso wie die Herausforderung der Schiebetür auf der Beifahrerseite. Die Entscheidung für Autosolar als Lieferant erwies sich als optimal, da ihre Module nicht nur technische Anforderungen erfüllten, sondern auch optimal zur Fläche des FIAT E-Ducato passten.

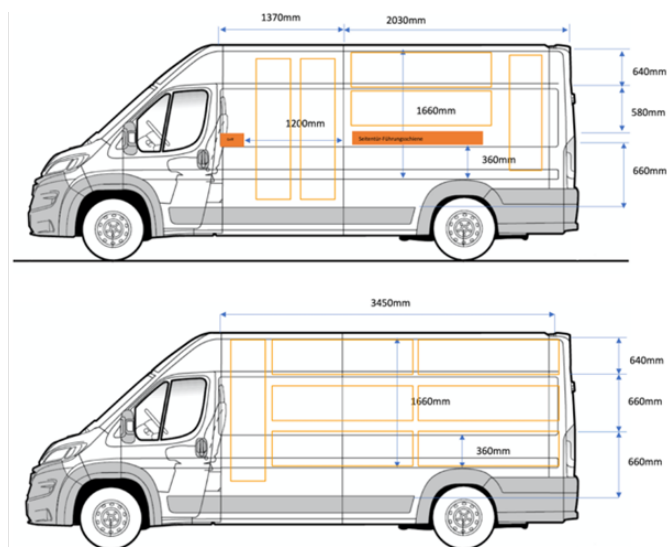


Abbildung 1: Vermessung und Layout des PV E-Ducato.

Insgesamt bietet die Ausgangslage einen umfassenden Überblick über die historische Entwicklung solargetriebener Fahrzeuge, die Fortschritte in der Solartechnik und den präzisen Auswahlprozess für die Integration der Solartechnologie in den FIAT E-Ducato.

### Planung und Montage

Die erfolgreiche Integration einer Photovoltaik (PV)-Anlage auf einem Elektrofahrzeug wie dem Fiat E-Ducato erfordert eine sorgfältige Planung und präzise Montage. Die Grundlage für die Planung bildet die Auswahl der geeigneten Solarmodule, wobei Faktoren wie die verfügbare Fläche auf dem Dach, die Leistungsfähigkeit und die Flexibilität der Module berücksichtigt werden müssen. In diesem Projekt wurden hochwertige, flexible Solarmodule des Herstellers Autosolar gewählt.

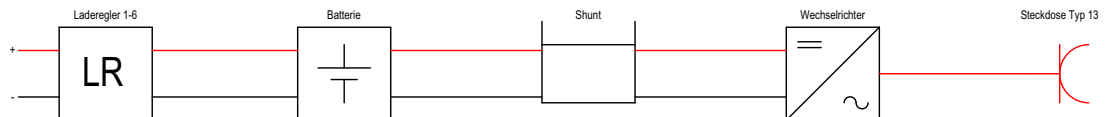


Abbildung 2: Prinzipschema

Die Integration von Wechselrichter und Laderegler in das Gesamtsystem ermöglichte die optimale Nutzung der erzeugten Solarenergie. Wechselrichter wandeln den Gleichstrom der Solarmodule in den benötigten Wechselstrom um, während der Laderegler den Ladevorgang des Pufferspeichers steuert. Diese Komponenten wurden sorgfältig ausgewählt und an die spezifischen Anforderungen des E-Ducato angepasst.

Die eigentliche Montage erfolgte in mehreren Schritten. Die Solarmodule wurden gemäss den vorherigen Messungen und Ausrichtungen auf dem Ducato befestigt, wobei spezielles Montagematerial (SIKA-Kleber, Nieten) verwendet wurde, dass eine sichere Fixierung gewährleistet. Die Verkabelung erfolgte über bestehende und nachträglich montierte Kanäle für optimale Optik, Sicherheit und Funktion.

Die Positionierung der elektronischen Komponenten erfolgte mit Blick auf Zuverlässigkeit und Effizienz. Besondere Aufmerksamkeit wurde den Alltagstauglichkeit gewidmet, insbesondere der uneingeschränkten Nutzung des Laderaumes sowie des Beifahrersitzes.

Die Planung und Montage einer PV-Anlage auf dem Fiat E-Ducato erfordert nicht nur technisches Know-how, sondern auch ein tiefes Verständnis für die spezifischen Anforderungen des Fahrzeugs. Durch eine sorgfältige Auswahl der Solarmodule, präzise Messungen, Ausrichtung und eine professionelle Montage konnte eine effiziente und leistungsfähige PV-Anlage geschaffen werden, die den E-Ducato mit nachhaltiger Solarenergie versorgt.

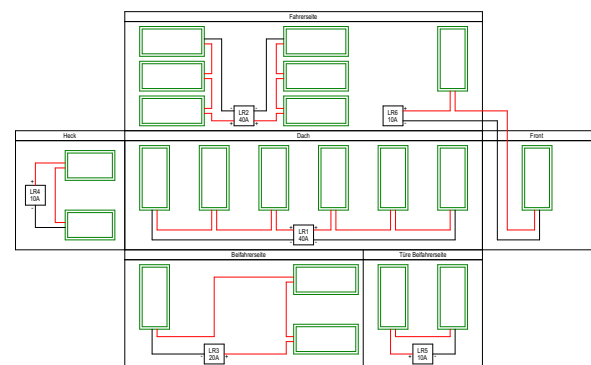


Abbildung 3: Layout der PV-Module

### Alltagstest

Der Alltagstest des Fiat E-Ducato über zehn Tage ergab, dass der Verbrauch auf der Autobahn und in der Stadt um etwa 10% höher war als in ländlichen Gebieten. Während des Tests konnte jedoch nie die benötigte Energie vollständig gedeckt werden. Die Autarkie des Fahrzeugs betrug während des Tests zwischen 6.4% und 22.8%, was auf die begrenzte Energieerzeugung durch die integrierten Solarmodule hinweist. Grund hierfür sind die winterlichen Wetterverhältnisse.

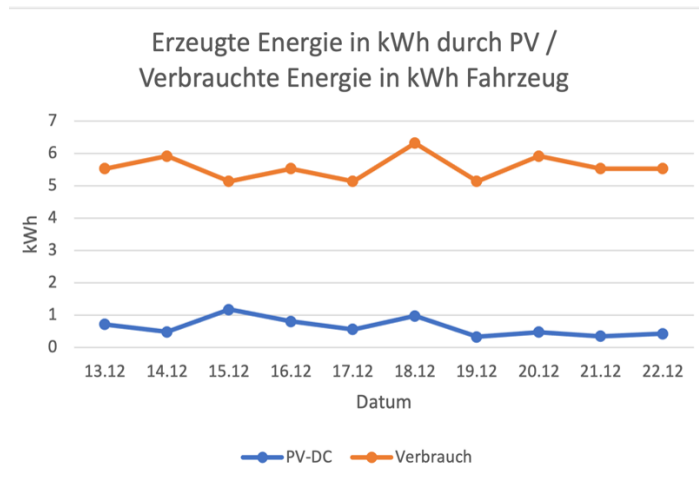


Abbildung 4: Erzeugte und verbrauchte Energie des PV E-Ducato.

### Wirtschaftlichkeit

Die Analyse des Return on Investment (ROI) und der Wirtschaftlichkeit des Solarprojekts am Fiat E-Ducato zeigt gemischte Ergebnisse. Die Gesamtgestehungskosten betragen rund 21'000.00.- CHF für die Installation der Solarmodule und aller Komponenten. Der ROI deutet darauf hin, dass sich die Investition erst nach 18 Jahren amortisiert, wenn man den Vergleich mit den Tarifen von öffentlichen Ladesäulen (59 rp. / kWh) macht. Bei einem Vergleich mit dem Laden zu Hause (21.7 rp. / kWh) ist eine positive Beurteilung der Wirtschaftlichkeit nach einer Periode von 25 Jahren nicht gegeben. Diese begrenzte Energieerzeugung beeinflusst die Wirtschaftlichkeit und verdeutlicht die Herausforderungen, insbesondere bei bewölktem Wetter. Zukünftige Fortschritte in der Solartechnologie sowie eine längere Testdauer könnten jedoch dazu beitragen, die Rentabilität zu verbessern und die gestehenden Kosten über die Lebensdauer des Fahrzeugs auszugleichen.

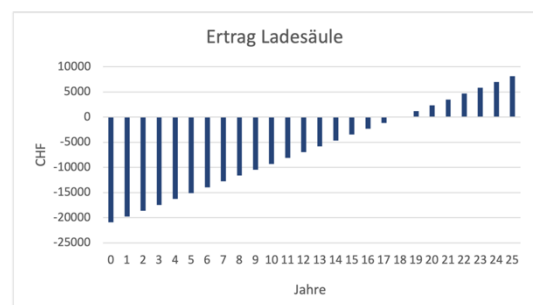


Abbildung 2: Ausschnitt aus Entscheidungshilfe

### Ausblick

Die Erforschung der Solartechnologie im FIAT E-Ducato zeigt vielversprechende Ansätze für zukünftige Entwicklungen. Die Optimierung der Solarmodule durch die Nutzung fortschrittlicher Materialien und Konzepte bietet Raum für verbesserte Energieernte, Gewichtsreduktion und nahtlosere Integration in das Fahrzeugdesign.

Die Zukunft könnte von dynamischeren Simulationstools profitieren, die die Fahrzeugdynamik genauer abbilden, um präzisere Berechnungen der Energieerzeugung unter verschiedenen Fahrbedingungen zu ermöglichen.

Eine Weiterentwicklung des Alltagstests mit längerfristiger Datenerfassung und -analyse wäre entscheidend, um die Langzeitleistung des Fahrzeugs unter verschiedenen Jahreszeiten und Wetterbedingungen zu bewerten. Integrierte Forschungsansätze, die technische, ökonomische und ökologische Aspekte berücksichtigen, könnten umfassende Bewertungen ermöglichen.

Kooperationen und Partnerschaften mit Industriepartnern, Energieunternehmen und Forschungseinrichtungen könnten innovative Entwicklungen vorantreiben. Gemeinsame Projekte könnten die Integration von Solartechnologien in die Elektromobilität weiter voranbringen.