

Jahresbericht 2020

für das Projekt

PV.pluginTools

Digitale Werkzeuge für Plug-in Solarenergiesysteme

gefördert vom IFAF Berlin

koordiniert vom
Kompetenzzentrum Angewandte Informatik

Projektlaufzeit: 01.04.2020 bis 31.03.2022

Projektleitung:

Prof. Dr. Volker Quaschning
volker.quaschning@htw-berlin.de

Prof. Dr. Barbara Praetorius
Barbara.Praetorius@HTW-Berlin.de

Prof. Dr. Sven-Hendrik Voß
svoss@beuth-hochschule.de



**Hochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin**

University of Applied Sciences



BEUTH HOCHSCHULE
FÜR TECHNIK
BERLIN

University of Applied Sciences

Beteiligte Projektpartner:

indielux UG (haftungsbeschränkt)
Cleantech-Innovation-Center, Haus K
Wolfener Straße 32-34, 12681 Berlin

**Gesellschaft zur Entwicklung von
Dingen mbH**
Osloer Str. 17, 13359 Berlin

**Deutsche Gesellschaft für Sonnen-
energie (DGS) Landesverband Berlin
Brandenburg e.V.**

Erich-Steinfurth-Str. 8, 10243 Berlin

**Verband Deutscher
Grundstücksnutzer e.V.**

Irmastraße 16, 12683 Berlin

Assoziierte Projektpartner:

Verbraucherzentrale NRW
Mintropstr. 27, 40215 Düsseldorf

1. Ausgangslage und Zielsetzung

Bisher war für Mieter*Innen die direkte Beteiligung an der Energiewende, durch Strombezug aus einer Prosumeranlage für den Eigenverbrauch (Apartmentstrom) nur eingeschränkt möglich. Die Realisierung von Solaranlagen auf Mietsgebäuden, auch Mieterstrom genannt, erforderte bisher ein hohes Engagement der Vermieter*Innen und war zudem wirtschaftlich unattraktiv [1], [2]. Die Bilanz zeigt, dass der Einzug der Energiewende in die Städte bislang verpasst wurde [1]. Mit der Einbindung von Stecker-Solar-Geräten hinter dem Zähler sind die Mieter*Innen deutlich flexibler und können sich eigenverantwortlich mit Solarstrom versorgen. Für viele ist dies bisher die einzige Möglichkeit, mit einer eigenen regenerativen Photovoltaik(PV)-Stromproduktion an der Energiewende teilzunehmen [3], dass Interesse in der Bevölkerung ist entsprechend groß. Der wachsende Markt zeigt sich unter anderem auch in den unterschiedlichen Produktdatenbanken mit den zahlreichen Systemen [4], [5], [6]. Darüber hinaus ist das theoretische Potential beachtlich und auch in der Politik findet die Technologie zunehmend mehr Befürworter*Innen [7], [8], [9]. Einzelne Bundesländer und Städte unterstützen bereits den Kauf von Stecker-Solar-Geräten mit monetären Zuschüssen [10], [11]. Mit steigender Anzahl der am Markt erhältlichen Systeme rücken zunehmend Fragen in Bezug auf den energetischen Nutzen und die optimale Systemdimensionierung in den Vordergrund, da die gesamte Energie im Gebäude genutzt werden sollte. Die Entwicklung von automatisierten Dimensionierungsempfehlungen beruhen auf der Simulation der verschiedenen Systemkonfigurationen. Übergeordnetes Ziel ist die Entwicklung einer Web-Anwendung, die als Planungstool zu Vertriebs- und Beratungszwecken dienen kann und Laien als auch Experten auf Grundlage einer übersichtlichen und intuitiven Bedienung wissenschaftliche und komplexe Themenstellungen leicht zugänglich vermittelt.

In einem zweiten Schritt wird erforscht, wie auf einem embedded Controller ein modellprädiktives Energiemanagementsystem implementiert werden kann. Mit ihm lassen sich Abregelungsverluste minimieren, die Einsatzreihenfolgen der eingesetzten Smart Devices festlegen und simulativ austesten. Das Energiemanagement soll hierbei flexibel genug gestaltet sein, um als Plattform weitere Apps im Smart Home zu ermöglichen und sektorenkoppelnd wirken. Dies schafft die Möglichkeit, weitere Geschäftsfelder für Apartmentstrom zu öffnen. Die technische Entwicklung ist dabei stets eingebettet in die innovationstheoretischen Erkenntnisse aus der begleitenden sozio-ökonomischen Forschung.

2. Durchführung

Die Aufgabenteilung zwischen den Projektpartnern ist generell klar definiert. Die Forschungsgruppe um Prof. Dr. Quaschnig hat bisher zum einen die energetische und ökonomische Bewertung von Stecker-Solar-Geräten in Kombination mit steckbaren Speichersystemen analysiert. Zum anderen wurde aufbauend auf diesen Ergebnissen eine erste Version der Web-Anwendung entwickelt (AP1 und AP2). Diese soll möglichen Nutzer*Innen von Stecker-Solar-Geräten spielerisch mit einer möglichst einfachen und intuitiven Bedienbarkeit zum einen die wissenschaftlichen Ergebnisse transparent präsentieren. Zum anderen dient sie dem Ziel, bei der Produktauswahl unterstützend tätig zu sein. Die erste Version befindet sich gerade in der Testphase, wird anschließend überarbeitet und soll fristgerecht online veröffentlicht werden. Im nächsten Schritt wird das modellprädiktive Energiemanagement entwickelt. Dabei sind verschiedene Ansätze denkbar, die von Persistenz-Methoden [12] bis zu nichtlinearen stochastischen Optimierungen reichen [13], [14].

Demgegenüber kümmert sich Prof. Dr. Voß mit seinem Team um die Entwicklung des embedded Controllers, dessen primäres Ziel die Überwachung und Regelung der Einspeisung ist. In einer Kombination aus einem dem Anforderungsprofil entsprechenden Mikrocontroller und diskreten Schaltungen zur Stromregulierung soll eine integrierte Lösung für den späteren Einsatz im Apartment realisiert werden. Eine Überhitzung der Leitungen soll dabei stets ausgeschlossen werden, so dass der Betrieb der Elektroinstallation ausschließlich in den normativen Grenzen stattfindet. Darüber hinaus soll das noch zu entwickelnde modellprädiktive Regelungskonzept genauso Anwendung finden wie ggf. Schnittstellen zu anderen Kommunikationsprotokollen.

Im ersten Entwicklungsschritt wurde ein Technikdemonstrator aufgebaut, der der Auswahl und Erprobung der Komponenten unter der realen, bzw. realistisch nachgestellten Bedingungen dienen sollte. Die Hardware-Komponenten, sowie erforderliche Schnittstellen wurden definiert und schrittweise implementiert.

Aufbauend auf den in diesem ersten Schritt gewonnen Erkenntnissen wird derzeit ein Prototyp entwickelt, auf dem auch die Implementierung der noch zu erstellenden Regelungskonzepte erfolgen wird. Nach Fertigstellung des Schaltungsentwurfes beginnt die Layoutphase für die Platine. Dabei müssen u.a. der realen Umgebung angemessene Formfaktoren berücksichtigt werden. In einer Optimierungsphase soll der entwickelte Prototyp anschließend ebenfalls ausführlich, unter Betriebsbedingungen getestet und analysiert werden. Ggf. notwendige Anpassungen der Regelung bzw. des Prototypen erfolgen laufend, eventuell ist eine zweite Revision der Platine erforderlich.

	SoSe 20	WiSe 20	SoSe 21	WiSe 21
Entwicklung				
Qualifizierung und Implementierung				
Optimierung				
Feldtest und Validierung				
<i>Meilensteine</i>				MS1

Abbildung 1 Struktureller Zeit- und Aufgabenplan der Beuth Hochschule (SoSe:01.04. - 30.09, WiSe 01.10. – 31.03, MS: Meilenstein – Modellprädiktiver Regler im Feldtest)

Prof. Dr. Praetorius konnte mir ihrer studentischen Hilfskraft eine erste Literaturrecherche sowie eine Recherche zum praktischen Stand der Diffusion von PV Plug-In Anlagen durchführen. Darüber hinaus wurde ein Projektworkshop mit den partizipierenden Hochschulen initiiert, bei dem die Zwischenergebnisse der Recherchen präsentiert wurden und Fragen bzw. offene Themen gesammelt werden konnten, die in die geplante Umfrage einfließen sollen. Die Ergebnisse werden derzeit in einem Arbeitspapier zusammengefasst, das die empirische Grundlage für die innovationstheoretische Analyse abbildet. Anschließend soll eine erste Erhebung vorbereitet und durchgeführt werden.

3. Kooperation

In monatlichen digitalen Zusammenkünften aller Projektteilnehmer*Innen werden die jeweiligen Fortschritte präsentiert und fachübergreifende Fragestellungen diskutiert. Die unterschiedlichen Erfahrungen und Blickwinkel tragen zu einem regen Austausch bei und ermöglichen ein diversifiziertes Bild. Die Effekte der Kooperation sind durchweg positiv. Die Interdisziplinarität ermöglicht es auch bisher unbekannte Anwendungen in die Überlegungen aufzunehmen und weiterzuentwickeln. Aus den unterschiedlichen Herangehensweisen ergeben sich für die Bearbeitung der Fragestellungen neue Impulse und Synergieeffekte. Beispielhaft ist hier die Entwicklung und der Funktionstest der vorläufigen Web-Anwendung zu nennen. Während die DGS, Indielux und die Verbraucherzentrale NRW ihre Erfahrungen aus zahlreichen Gesprächen mit Endkund*Innen einbringen können, kann der VDGn direkt auf ihre Mitglieder*Innen zugehen, die als Probanden unterstützend tätig sind. Dies führt zu einer Entwicklung, die wissenschaftlichen Standards entspricht, dabei aber nicht die Nutzer*Innen aus den Augen verliert. Weiterhin werden in wöchentlichen Treffen der HTW Berlin, der Beuth Hochschule, indielux und der GzEvD fortlaufend die Anforderungen an die embedded Controller-Plattform, das Verhalten der Software und weiteres diskutiert.

4. Ergebnisse

Die Vorrecherche und damit die Analyse des aktuellen Forschungsstandes hat gezeigt, dass bereits zahlreiche Fragestellungen hinsichtlich sicherheitsrelevanter [3], [15], [16], [17] und rechtlicher Themen [3], [16], [18], [19] in Verbindung mit Stecker-Solar-Geräten beantwortet wurden oder in verschiedenen Arbeitskreisen weiterhin bearbeitet werden [20]. Die Recherche zu Nutzungsmodellen, Marktsituation, rechtlichen Regelungen und entscheidungsrelevanten Akteuren*Innen sowie die Analyse der praktischen Chancen und Hemmnissen der breiteren Diffusion von PV Plug-in Anlagen hat verdeutlicht, dass primär drei relevante Nutzungsvarianten vorhanden sind, wobei sich das Nutzungsmodell „Überschuss-Einspeisung, ohne Speicher, ohne EEG-Förderung“ als das aktuell relevanteste herausgestellt hat. Unter den bisherigen Nutzer*Innen sind Mieter*Innen nach ersten Erkenntnissen nur begrenzt vertreten. Als wesentliches Hemmnis für den Einsatz von PV Plug-In Anlagen wurden zunächst die unklaren und komplexen rechtlichen Rahmenbedingungen im Detail identifiziert, die bei potentiellen Nutzer*Innen zur Verunsicherung und zusätzlichem Aufwand führen.

Die bisherige energetische und ökonomische Betrachtung der Systeme beschränkte sich auf maximal zwei Leistungsklassen. Eine detaillierte Analyse von Stecker-Solar-Geräten mit einer Leistung kleiner 250 Wp oder größer 500 Wp wurde bisher nicht durchgeführt. Dimensionierungsempfehlungen in Abhängigkeit des Stromverbrauchs, des Standorts oder der Ausrichtung des Systems waren darüber hinaus in der Wissenschaft bisher nicht zu finden. Der Einfluss des individuellen Verbrauchsverhaltens wurde nur begrenzt und lediglich unter Verwendung von synthetischen Lastprofilen analysiert. Des Weiteren war die Anwendung von Batteriespeichern in Verbindung mit Stecker-Solar-Geräten noch nicht wissenschaftlich untersucht worden, obwohl bereits erste Speicherlösungen im Markt erhältlich sind [21], [22], [23]. Einzelne Akteure [24], [25] empfehlen die zeitliche Verschiebung von flexibel einsetzbaren Geräten. Eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dieser Thematik im Bereich von Apartmentstrom wurde bisher allerdings noch nicht durchgeführt. Darüber hinaus sind die Auswirkungen von Verschattungen im urbanen Kontext mit dichter Bebauung bisher noch nicht in Verbindung mit Stecker-Solar-Geräten gebracht worden.

Im Rahmen der Masterarbeit „Energetische und ökonomische Bewertung von Stecker-Solar-Geräten“ [26], die im Zuge dieses Projektes entstanden ist, wurde neben einer detaillierten Darstellung des aktuellen Stands der Wissenschaft die zuvor beschriebenen wissenschaftlichen Leerstellen beantwortet. Auf diese soll kurz eingegangen werden. Für eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse sei auf die Arbeit von Orth verwiesen. Grundlage für die Bewertung war die Modellierung des PV-Generators, des Wechselrichters und des Stecker-Speicher-Geräts. Die Jahressimulation erfolgte auf Grundlage von minütlich aufgelösten meteorologischen Daten und elektrischen Lastprofilen unterschiedlicher Wohnungen eines Mehrfamilienhauses. Da es bisher in der Wissenschaft keine hochaufgelösten und frei verfügbaren elektrischen Wohnungslastprofile gibt, die auf realen Messungen beruhen, wurden innerhalb der Arbeit ein Datensatz aus 16 Profilen erstellt. Der jährliche Strombedarf der untersuchten Lastprofile liegt zwischen 750 kWh und 2250 kWh pro Jahr. Die Arbeit konnte zeigen, dass sich für Haushalte mit unterschiedlichem Lastprofil und Jahresstrombedarf bei gleicher PV-Systemgröße deutliche Unterschiede im Betriebsverhalten ergeben. Wie zu erwarten nimmt der Direktverbrauch mit steigendem Stromverbrauch zu, der Autarkiegrad sinkt hingegen. Gleichzeitig zeigen die Ergebnisse, dass spätestens ab einer PV-Generatorleistung von 400 Wp ein zunehmender Sättigungseffekt im Autarkiegrad identifizierbar ist. Der zusätzliche Beitrag größerer PV-Systeme ist vermehrt auf die Deckung von Leistungsspitzen begrenzt. Mit der Variation der Orientierung des PV-Generators konnte verdeutlicht werden, dass der Einfluss der Ausrichtung und Neigung bei den geringen PV-Generatorleistungen nicht zu unterschätzen ist.

Generell ist die optimale Orientierung des Stecker-Solar-Geräts vom individuellen Verbrauchsverhalten eines Haushalts abhängig. Allerdings zeigt sich, dass in der Regel mit einem nach Südwesten ausgerichteten Stecker-Solar-Gerät der höchste Netzbezug vermieden werden kann. Dies ist auf die erhöhten Verbräuche in den Abendstunden zurückzuführen. Die Simulationsergebnisse verdeutlichen weiterhin, dass bereits eine geringe Abweichung von einer vertikalen Montage den vermiedenen Netzbezug merklich erhöht. Mit

der Arbeit konnte darüber hinaus gezeigt werden, dass eine Unterdimensionierung der Wechselrichterleistung im Verhältnis zur Generatorleistung des Systems auf 0,5 W/Wp nur zu einer geringen Reduktion des Autarkiegrades führt. Wird neben dem PV-System zusätzlich ein Batteriespeicher installiert, sind insbesondere bei Südausrichtung des PV-Generators bereits mit kleinen Speicherkapazitäten deutliche Anstiege des Autarkiegrades identifizierbar. Mit steigender PV-Generatorleistung vergrößert sich das energetisch optimale Verhältnis aus Speicherkapazität zur PV-Leistung. Allerdings ist spätestens ab 1,25 Wh/Wp (90°) bzw. 1,5 Wh/Wp (25°) ein zunehmender Sättigungseffekt identifizierbar. Die Untersuchung zur automatisierten zeitlichen Verschiebung einzelner Verbraucher in Zeiten hoher PV-Erzeugung zeigt, dass eine Erhöhung der energetischen Kenngrößen erzielt werden kann. Allerdings verdeutlichen die Ergebnisse, dass eine Anpassung der Last, begrenzt auf die Verbraucher Wasch- und Spülmaschine, nur einen begrenzten Nutzen aufweist.

Die ökonomische Bewertung verdeutlichte, dass die kostenoptimale Systemdimensionierung von zahlreichen Eingangsgrößen (z. B.: Kosten des Netzstrombezugs, Strompreisentwicklung, Investitionskosten, Systemdimensionierung, Jahresstrombedarf etc.) abhängig ist. Diese Analyse ist demnach prädestiniert für eine Web-Anwendung mit zahlreichen, variablen Einstellungsmöglichkeiten. Die Auswertung unter den aktuellen Rahmenbedingungen verdeutlichte, dass eine Amortisationszeit unter 10 Jahren durchaus möglich ist, wird allerdings stark vom individuellen Verbrauchsverhalten und der Orientierung geprägt. Das ökonomische Optimum liegt (sofern installierbar) bei den aktuellen Rahmenbedingungen im Mittel bei 0,32 Wp/kWh (90°) bzw. 0,36 Wp/kWh (25°) Generatorleistung pro Kilowattstunde Stromverbrauch im Jahr. Weiterhin hat die Arbeit gezeigt, dass sich eine Unterdimensionierung der Wechselrichterleistung mit zunehmender PV-Generatorleistung und -neigung positiv auf die Wirtschaftlichkeit des Stecker-Solar-Systems auswirkt. Im Gegensatz dazu, lassen sich die mittleren Stromkosten durch eine zusätzliche Installation eines Batteriespeichers unter den aktuellen Rahmenbedingungen nicht reduzieren. Allerdings ist ein wirtschaftlicher Betrieb dieser Systemkombination bereits heute möglich, beschränkt sich aber auf vergleichsweise geringe Systemgrößen (die derzeit noch nicht auf dem Markt vorhanden sind) in Verbindung mit großen Stecker-Solar-Geräten. Als wesentliche Einflussfaktoren auf die ökonomischen Ergebnisse sind die PV- bzw. Batterie-Systemkosten und die zukünftige Strompreisentwicklung zu nennen.

Die Ergebnisse der Verschattungsanalyse zeigten, dass im urbanen Raum häufig nur Flächen in den oberen Gebäudeteilen mit Südost- bis Südwestausrichtung oder Fassaden hinter Freiflächen für solare Anwendungen geeignet sind. Die engen Straßenzüge im städtischen Kontext führen dazu, dass die unteren 40 % der Fassaden selten solare Erträge von mehr als 600 kWh/m²a aufweisen. In einer zellaufgelösten Simulation konnte die Arbeit darüber hinaus zeigen, dass aufgrund von Verschattungen durch Bäume, Balkone, umliegende Gebäude etc. eine Verwendung von Modulen mit einer hohen Anzahl an Bypassdioden vorteilhaft ist.

Für die Entwicklung der Web-App (AP. 1) wurde auf die Berechnungsvorschriften der Masterarbeit zurückgegriffen. Um zusätzlich auch größere Verbräuche abbilden zu können, wurden anhand von detaillierten Vergleichsanalysen zusätzlich bestimmte Lastprofile aus dem Datensatz der HTW-Berlin [27] ausgewählt. Aufbauend auf der strukturellen Abstimmung mit den Projektpartner*Innen wurde im App-Designer des Programms Matlab ein erster Entwurf entwickelt. In der Web-Anwendung wird prinzipiell zwischen zwei Detaillierungsgraden unterschieden, der Basisversion (s. Abb. 2 links) und der Version mit zahlreichen Konfigurationsmöglichkeiten (Expert, Abb. 2 Mitte). Bei Letzterem besteht demnach die Möglichkeit neben der PV-Systemleistung eine Speicherkapazität zu definieren, sowie die Investitionskosten und die Netzbezugskosten anzupassen. Weiterhin ist eine exakte Eingabe des Stromverbrauchs möglich sowie eine weitgehend freie Definition der Systemorientierung (Ausrichtung und Neigung) möglich.

Web-App: Stecker-Solar-Geräte

Dokumentation der Berechnungsgrundlagen

Autoren

Nico Orth

Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Berlin
 Fachbereich 1 – Ingenieurwissenschaften Energie und Information
 Forschungsgruppe Solarspeichersysteme
 Wilhelminenhofstr. 75a
 12459 Berlin

Version

Version 1.0

Webseite

<https://pv-speicher.htw-berlin.de>

Berlin, Januar 2021

Abbildung 2 Erste Version der Web-Anwendung vor der Prüfung durch die Projektpartner*Innen. Links: Basisversion, Mitte: Expert-Version mit detaillierteren Einstellungsmöglichkeiten, Rechts: Zugehörige Dokumentation.

In der zugehörigen Dokumentation (Abb. 2 rechts) werden die Berechnungsgrundlagen und Annahmen beschrieben, sodass potentielle Nutzer*Innen die Annahmen und die damit verbundenen Einschränkungen der Anwendung nachvollziehen können.

Im Folgenden soll auf die Fortschritte bei der Entwicklung und Realisierung des Demonstrators der embedded Controller-Plattform eingegangen werden (AP. 2). Zunächst sind verschiedene Schnittstellen ausgewählt und implementiert worden. Für die Schnittstelle zum Auslesen des Netzbezugssensors ist neben der Datenerfassung in einer niedrigen Frequenz die Stabilität der Firmware des Mikrocontrollers zu garantieren. Die Abfrage des Verbrauchs wurde mittels http-Protokoll ermöglicht. Der Netzbezugssensor kann im Sekundentakt ausgelesen werden und läuft mehrtägigen Betriebstest zufolge stabil. Darüber hinaus wurde die verschlüsselte Anbindung eines Langzeitspeichers für die erfassten Informationen (z. B.: Leistungswerte, Netzspannung oder Temperaturen) über ein Online-Speicher (MQTT/Adafruit-Cloud) realisiert. Eine Benutzer*Innen-Oberfläche zum Einrichten des Systems ist Bestandteil bevorstehender Entwicklungen. Die vierte Schnittstelle dient zur Kommunikation mit dem Wechselrichter und wird mittels RS485-Standard bedient. Um die RS485 Schnittstelle einsetzen zu können, wurde ein Adapter für diesen Einsatz angeschafft, welcher in dem Demonstrator installiert wird. Der Demonstrator setzt sich aus unterschiedlichen Bauteilen zusammen (vgl. dazu auch Abbildung 3): ESP8266 Mikrocontroller mit WLAN (1), zwei Relais (2), PWM-Leistungstreiber (3), Stromsensor (4), Thermometer (5), akustischer Signalgeber (6), RS485-Schnittstelle (7), Sensorik zur aktiven Überwachung der Relais-Status (8). Die zu erfassenden Zustände der Sensorik, die auf einem Analog-Digital-Wandler basiert, sind die eingespeiste Leistung (über den Strom) und die Relais-Zustände (offen/geschlossen). Die Ansteuerung der einzelnen Baugruppen (2,3,5) wurde dahingehend entwickelt, dass die 3,3 Volt Logiksignale des Mikrocontrollers genutzt werden können.

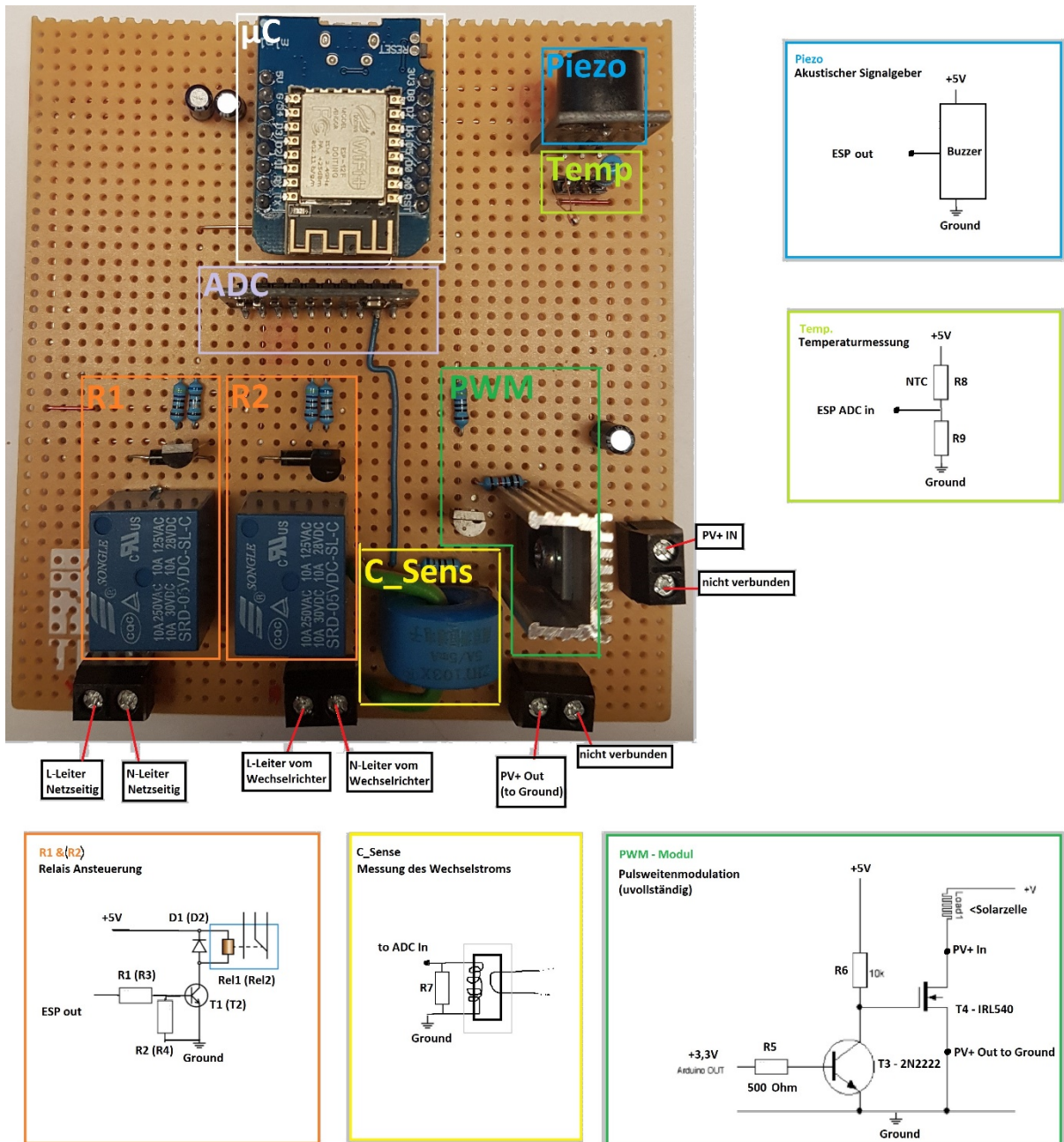


Abbildung 3 Anordnung der Teilkomponenten des Prototyps.

Abbildung 4 zeigt die Anordnung der Teilkomponenten und die Leiterbahnen des Demonstrators.

Die Software, bzw. auch Firmware bei Mikrocontrollern genannt, beruht auf den Vorentwicklungen zu dem Projekt der Firma indielux und GzEvD. Der Quellcode wurde in die Programmiersprache C++ übersetzt und auf den ESP8266 Mikrocontroller angepasst. Der bisherige Stand der Firmware beinhaltet die Verwaltung der verschiedenen Schnittstellen und Testsequenzen für die angeschlossenen Komponenten. Der Funktionstest war positiv, alle nötigen Leistungsdaten können erhoben werden. Die Weiterentwicklung der Software kann nun dahingehend erfolgen, verschiedene Sicherheitsmerkmale zu implementieren (siehe dazu auch 6. Ausblick).

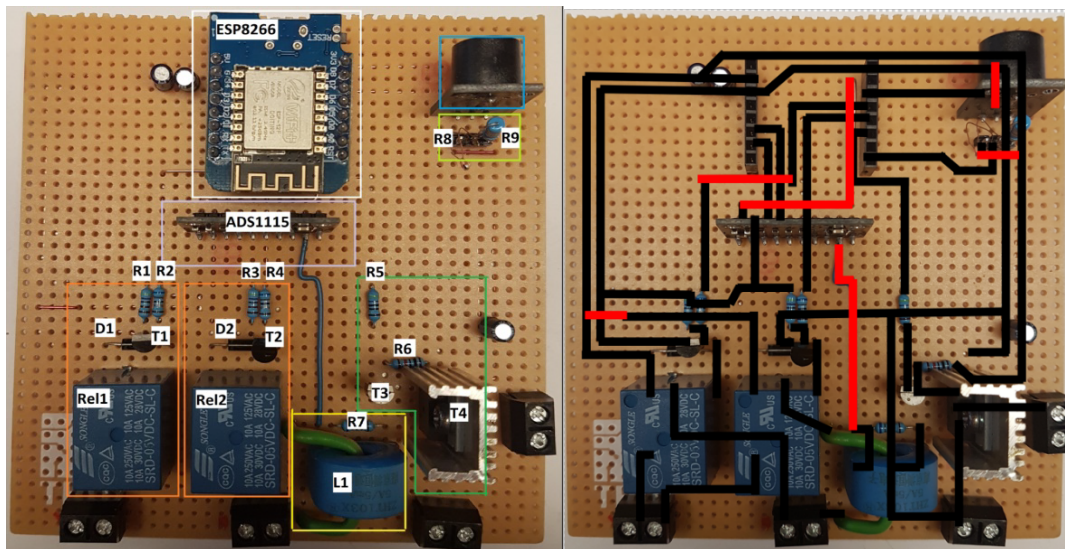


Abbildung 4 Anordnung der Komponenten (links) und Leiterbahnen (rechts) des Prototyps (rot vorne, schwarz hinten).

Die aktuellen Corona-Beschränkungen erzwingen ein Arbeiten im Home-Office. Bis Mitte Dezember wurden Präsenztreffen innerhalb des Teams an der Beuth-Hochschule unter geltenden Hygienemaßnahmen durchgeführt, um an den Hardware-Aufbauten zu arbeiten.

5. Aktivitäten der Öffentlichkeitsarbeit

Die Öffentlichkeitsarbeit im Rahmen dieses Forschungsprojektes war bisher begrenzt, da zuerst Vorarbeiten geleistet werden mussten. Der aktuelle Forschungsstand ist allerdings vielversprechend, sodass die Öffentlichkeitsarbeit in den kommenden Monaten stark intensiviert werden kann um eine öffentliche Wahrnehmung für die Forschungstätigkeit zu schaffen.

Aufmerksamkeit für das Projekt wurde bisher über folgende Plattformen erzielt:

- 1) <https://campus-stories.htw-berlin.de/jahr/2021/solarstrom-vom-balkon-in-die-eigene-steckdose/>
- 2) https://www.beuth-hochschule.de/fileadmin/oe/pressestelle/beuth-magazin/2020-2_beuth-magazin.pdf
- 3) <https://pvspeicher.htw-berlin.de/pvplug-in-tools/>

6. Ausblick

Aktuell wird die Web-Anwendung von den Projektpartnern einem detaillierten Test unterzogen. Ziel ist es, die Anwendung zu prüfen, sodass Unklarheiten und Verständlichkeitschwierigkeiten beseitigt werden können. Nachdem mögliche Anpassungen durchgeführt worden sind, soll die Web-Anwendung online veröffentlicht und Nutzer*Innen zur Verfügung gestellt werden. Parallel wird mit der Entwicklung des modellprädiktiven Energiemanagements begonnen, Regelkonzepte entwickelt und der Nutzen von sektorenkoppelnden Maßnahmen simulativ bewertet.

Im Bereich des embedded Controllers wird neben der Entwicklung einer Benutzer*Innen-Oberfläche die Kommunikation mit marktüblichen Wechselrichtern realisiert. Für die Strommessung muss die Schaltung weiter angepasst werden. Darüber hinaus werden die Weiterentwicklung der Software vorangetrieben und verschiedene Sicherheitsmerkmale implementiert. Dazu gehören z.B. die Einstellung der maximalen Leistung des Wechselrichters mittels RS485-Schnittstelle, die Freischaltung des Wechselrichters über die Relais oder die Berechnung der Kabeltemperatur, in Abhängigkeit der unterschiedlichen Lasten des Haushaltes. Bei Erreichen einer maximalen Leitungstemperatur wird der Wechselrichter über

die Relais vom Hausnetz getrennt. Aufbauend auf diesen Ergebnissen und sobald die Auswahl aller Komponenten festgelegt wurde, erfolgt die Entwicklung einer Platine für die Komponenten mittels KiCAD. Erste Entwürfe einer Platine sind bereits entstanden (vgl. dazu auch Abbildung 5) jedoch müssten neu erlangte Erfahrungswerte, die bei dem Aufbau des Prototyps entstanden, in einen neuen Entwurf mit eingebracht werden. Sobald die modellprädiktiven Regelkonzepte entwickelt worden sind, können sie auf dem Mikrocontroller implementiert werden.

Innerhalb des Arbeitspaketes 3 wird im Februar 2021 mit der Entwicklung einer konkreten Untersuchungsheuristik zur Erhebung und individuellen Befragung von möglichen und tatsächlichen Nutzer*Innen von Plug-in Solarmodulen begonnen, die dann in den folgenden Monaten März und April durchgeführt werden soll.

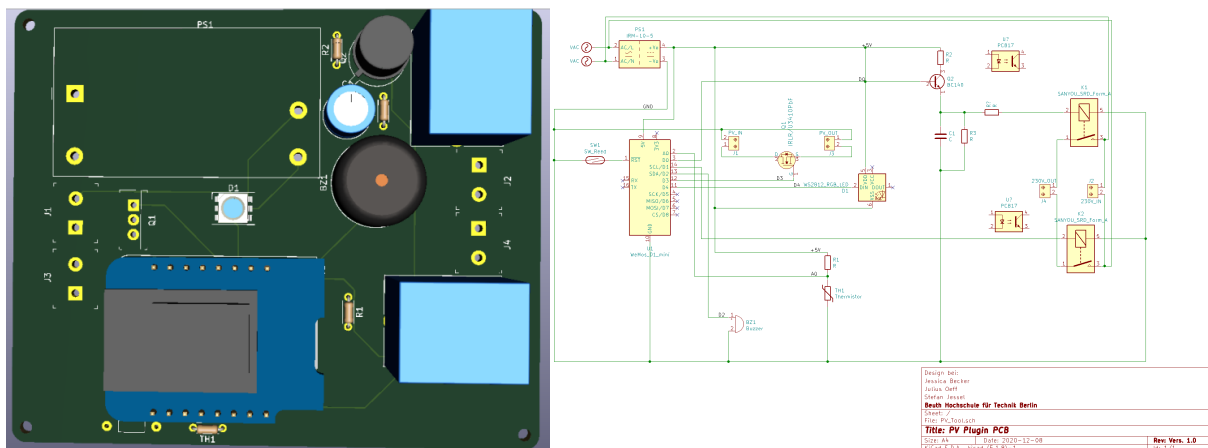


Abbildung 5 Beispielhafter Entwurf einer Platine (vorderseitig mit platzierten Komponenten – links) und der Schaltung (rechts).

Literaturverzeichnis

- [1] Verbraucherzentrale Bundesverband e.V., „EIN JAHR MIETERSTROMGESETZ“, Verbraucherzentrale Bundesverband e.V., Berlin, Bewertung des Mieterstromgesetzes, Juli 2018. Zugriffen: Aug. 31, 2018. [Online]. Verfügbar unter: https://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/2018/07/25/2018_07_25_mmieterstrom_forderungen_verbaende_fin_v3.pdf.
- [2] M. Großklos, I. Behr, D. Paschka, G. Lohmann, und H. Meixner, „Möglichkeiten der Wohnungswirtschaft zum Einstieg in die Erzeugung und Vermarktung elektrischer Energie“, Institut für Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt, Endbericht, 2015.
- [3] DGS – Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V., „Positionspapier Grünes Licht für Stecker-Solar-Geräte.“, *DGS Berlin*, 2016. <https://www.pvplug.de/positionspapier/> (zugegriffen Aug. 18, 2012).
- [4] DGS – Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V., „Marktübersicht Steckdosen Solar-Geräte“, *Deutsche Gesellschaft für Solarenergie*, 2020. <https://www.pvplug.de/marktuebersicht/> (zugegriffen Aug. 30, 2020).
- [5] „Produktdatenbank Stecker-Solar-Geräte“, *pv magazine Deutschland*. <https://www.pv-magazine.de/marktuebersichten/produktdatenbank-stecker-solar-geraete/> (zugegriffen Aug. 18, 2019).
- [6] C. Ofenheusle, „Das machdeinstrom.de mini-solar-ranking 2020“, *machdeinstrom.de*, Jan. 2021. <https://www.machdeinstrom.de/mini-solar-ranking/>.
- [7] R. Diermann, „Potenzial für mehr als eine Million Photovoltaik-Balkonmodule in Nordrhein-Westfalen“, *pv magazine*, Aug. 2020. <https://www.pv-magazine.de/2020/08/12/potenzial-fuer-mehr-als-eine-million-photovoltaik-balkonmodule-in-nordrhein-westfalen/> (zugegriffen März 16, 2020).

- [8] Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, „Bayerns Energieminister Aiwanger informiert über Balkonsolaranlagen“, Aug. 2019. <https://www.stmwi.bayern.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung/pm/42454/>.
- [9] M. Jendrischik, „SPD in Gütersloh will Balkonkraftwerke fördern“, Aug. 2019. <https://www.cleantalking.de/spd-guetersloh-balkonkraftwerke-foerdern/>.
- [10] I. Rutschmann, „Zuschüsse und günstige Kredite für Solaranlage und Batteriespeicher“, *FinanzTip*, Okt. 2020. <https://www.finanztip.de/photovoltaik/pv-foerderung/>.
- [11] solarserver.de, „Klimaschutz-Förderprogramm in Schleswig-Holstein gestartet“, *Solarserver*, Aug. 2020. <https://www.solarserver.de/2020/06/10/klimaschutz-foerderprogramm-in-schleswig-holstein-gestartet/>.
- [12] J. Bergner, „Untersuchungen zu prognosebasierten Betriebsstrategien für PV-Speichersysteme“, Bachelorthesis, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin, 2014.
- [13] F. Jung, „Entwicklung robuster Prognosen für ein Energiemanagementsystem anhand datenbasierter Modellierungsverfahren unter Berücksichtigung von Unsicherheiten“, Dissertation, Universität Bremen, Bremen, 2018.
- [14] P. Beran, C. Furtwängler, O. Syben, A. Vogler, M. Warszawski, und C. Weber, „IT-Werkzeuge und –Systeme für die nachhaltige Bewirtschaftung von KWK- und Speichersystemen – Stochastische Optimierung von Multi-Asset-Systemen in NRW (StoOpt.NRW)“, Universität Duisburg/Essen, Duisburg, Abschlussbericht, Aug. 2019.
- [15] M. Vietzke, „Untersuchung der Beeinflussung der Schutzkonzepte von Stromkreisen durch Stecker-Solar-Geräte“, PI Photovoltaik-Institut Berlin AG, Berlin, PI-Report-Number: 20170520, 2017. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.pvplug.de/wp-content/uploads/2017/05/pi-berlin.testreport.20170520.pdf>.
- [16] T. Erge, H. Laukamp, L. M. Diazgranados, A. Armbruster, und D. Fischer, „Steckerfertige, netzgekoppelte Kleinst-PV-Anlagen - Studie für E-Control Version 1.4“, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE), Freiburg, Sep. 2016.
- [17] DGS – Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V., „DGS Sicherheitsstandard für steckbare Stromerzeugungsgeräte DGS 0001:2019-10“, *DGS Berlin*, 2019. <https://www.pvplug.de/standard/> (zugegriffen Aug. 18, 2019).
- [18] BDEW Bundesverband Energie- und Wasserwirtschaft e.V. der, „Anwendungshilfe zu Rechtsfragen rund um Plug-in-PV-Anlagen“, BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW), Berlin, Nov. 2018.
- [19] Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e. V. (DGS), „DGS Infoportal zu steckbaren Solar-Geräten“. <https://www.pvplug.de/> (zugegriffen Jan. 10, 2020).
- [20] T. Seltmann, „Legal oder illegal – Stecker-Solar-Geräte im Labyrinth der Normung“, *pvmagazine Deutschland*, Nov. 21, 2019. <https://www.pv-magazine.de/2019/11/21/legal-oder-illegal-stecker-solar-geraete-im-labyrinth-der-normung/> (zugegriffen Jan. 10, 2020).
- [21] Efficient Energy Technology GmbH, „SOLMATE - Technische Daten“. Juli 2020.
- [22] sonnen GmbH, „sonnenBatterie city“. <https://sonnen.de/sonnenbatterie-city/> (zugegriffen Aug. 16, 2018).
- [23] photovoltaik-plugandplay, „photovoltaik-plugandplay“, Sep. 2020. <https://www.photovoltaik-plugandplay.com/preise/> (zugegriffen Aug. 30, 2020).
- [24] L. Burckhardt, „Diffusion von Plug-In-Photovoltaik in Deutschland: eine technische, ökonomische und soziale Analyse“, Masterarbeit, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, 2016.
- [25] Smart Grids-Plattform Baden-Württemberg e.V., „Mach deinen Balkon schön! Mit steckerfertigen PV-Anlagen selbst Strom erzeugen.“, Nov. 2019.
- [26] N. Orth, „Energetische und ökonomische Bewertung von Stecker-Solar-Geräten“, Masterarbeit, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin, 2020.
- [27] T. Tjaden, J. Bergner, J. Weniger, und V. Quaschnig, „Repräsentative elektrische Lastprofile für Wohngebäude in Deutschland auf 1-sekündiger Datenbasis“, *Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Berlin*, 2015. <https://pvspeicher.htw-berlin.de/daten/>.