

iLESS

Intelligente Lastprofilanalyse zur Eigenverbrauchsmaximierung von Solarstrom

Programm / Ausschreibung	KNS 24/26, KNS 24/26, Technologien und Innovationen für die klimaneutrale Stadt (TIKS) 2024 - Urbane Technologien	Status	laufend
Projektstart	01.02.2025	Projektende	15.03.2026
Zeitraum	2025 - 2026	Projektlaufzeit	14 Monate
Keywords	Nachhaltigkeit; Photovoltaik-Anlagen; Künstliche Intelligenz; Planung; Optimierung		

Projektbeschreibung

Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) bieten eine nachhaltige Investition, die sowohl wirtschaftliche als auch ökologische Vorteile bringt. Durch die Eigenproduktion von Strom können Haushalte ihre Energiekosten senken und zur Energiewende beitragen. Der Markt für PV-Anlagen hat sich in den letzten Jahrzehnten dank technologischer Fortschritte, sinkender Kosten und wachsender Nachfrage nach erneuerbaren Energien stark entwickelt. Prognosen deuten darauf hin, dass dieser Markt weiter wachsen wird. Allerdings stellt die Integration des Solarstroms in bestehende Stromnetze eine Herausforderung dar, da diese in einigen Regionen bereits an ihre Grenzen stoßen.

Eine Lösung könnte im Ausbau der Netzinfrastruktur liegen, was jedoch sehr kostspielig ist und von politischen Entscheidungen abhängt. Auf Verbraucherseite besteht die Möglichkeit, den Eigenverbrauch des erzeugten Stroms zu erhöhen. Dies reduziert die Einspeisung und den Bezug und dadurch die Netzbelastung. Die Idee dahinter ist den Stromverbrauch zeitlich an die Stromproduktion anzupassen, beispielsweise das Einschalten der Waschmaschine bei Sonnenschein. Da dies nicht immer möglich ist, könnten Batteriespeicher helfen. Eine optimierte Verbrauchsplanung führt in einem solchen Fall zu kleineren Batteriespeichern was sich wiederum klar positiv in der Umweltbilanz niederschlägt.

Um eine optimierte Verbrauchsplanung durchzuführen, ist Wissen über die einzelnen Stromverbraucher, insbesondere maximaler und absoluter Energiebedarf pro Zeiteinheit und charakteristische Lastenkurven notwendig. Dieses Wissen ist typischerweise nur indirekt über Lastprofilkurven jedoch nicht explizit für jeden Verbraucher gesondert vorhanden. Die Lastprofilkurven stellen kumulierte Werte dar in welchen sich Einzellasten überlagern.

Dieses Projekt konzentriert sich auf die Fragestellung wie aus vorhandenen Lastprofilen der Beitrag von einzelnen vorhandenen elektrischen Geräten und Komponenten herausgerechnet werden kann. Dieses Problem stellt mathematisch gesehen ein inverses Problem dar. Ziel ist es aus vorhandenen Lastprofilkurven die Einzelbeiträge verschiedener Gerätschaften zu rekonstruieren. Dieses Problem wurde wissenschaftlich bisher noch nicht untersucht, ist jedoch im Kontext von Eigenverbrauchsmaximierung von Solarstrom von elementarer Bedeutung.

Zentrale Forschungsfragen sind, ob dieses Problem grundsätzlich lösbar ist, welches zusätzliche externe Wissen erforderlich ist und welche Methoden sich am besten eignen. Die Beantwortung dieser Fragen ist essentiell um eine weitere Optimierung der Lastenplanung zu ermöglichen.

Abstract

Photovoltaic systems (PV systems) offer a sustainable investment with both economic and ecological benefits. By producing their own electricity, households can reduce energy costs and contribute to the energy transition. The PV market has seen significant growth over the past decades, driven by technological advancements, decreasing costs, and increasing demand for renewable energy. Forecasts suggest that this market will continue to expand. However, integrating solar power into existing electricity grids poses a challenge, as some regions are already reaching their capacity limits.

One solution could be expanding the grid infrastructure, although this is expensive and dependent on political decisions. On the consumer side, there is potential to increase the self-consumption of the generated electricity. This reduces the need for feeding electricity into the grid and drawing power from it, thereby easing the load on the grid. The idea is to adjust electricity consumption to match production, such as running the washing machine when the sun is shining. When this isn't possible, battery storage can help. Optimized consumption planning can lead to smaller battery storage needs, which in turn positively impacts the environmental footprint.

To perform optimized consumption planning, knowledge about individual electricity consumers is necessary, particularly their maximum and total energy requirements per time unit and their characteristic load curves. This information is typically only indirectly available through load profile curves and not explicitly for each consumer. Load profile curves represent cumulative values where individual loads overlap.

This project focuses on the question of how to extract the contribution of individual electrical devices and components from existing load profiles. Mathematically, this problem is an inverse problem. The goal is to reconstruct the individual contributions of various devices from the available load profile curves. This problem has not been scientifically investigated yet, but it is of fundamental importance in the context of maximizing the self-consumption of solar power.

Key research questions include whether this problem is fundamentally solvable, what additional external knowledge is required, and which methods are most suitable. Answering these questions is essential to enable further optimization of consumption planning.

Endberichtkurzfassung

Im Projekt iLESS wurde untersucht, wie vorhandene Energiedaten privater Haushalte mit Photovoltaikanlagen für eine intelligentere Nutzung des selbst erzeugten Solarstroms eingesetzt werden können. Im Zentrum stand zunächst die Frage, ob aus aggregierten Lastprofilen, Einspeisedaten und PV-Produktionsdaten zuverlässig erkannt werden kann, welche elektrischen Verbraucher zu bestimmten Zeitpunkten aktiv waren. Dazu wurden reale Haushaltsdaten aus zwei unterschiedlichen PV-Haushalten erhoben, harmonisiert, zeitlich synchronisiert und für die weiteren Analysen aufbereitet. Die untersuchten Datensätze umfassten Stromverbrauch, Netzeinspeisung und PV-Erzeugung und wurden aufgrund unterschiedlicher zeitlicher Auflösungen sowie saisonaler und zeitlicher Besonderheiten entsprechend bereinigt und ergänzt.

Ein wesentliches Ergebnis des Projekts ist, dass eine robuste und allgemein belastbare Geräteerkennung allein auf Basis dieser aggregierten Daten unter den untersuchten Bedingungen nicht nachgewiesen werden konnte. Die Überlagerung einzelner Verbraucher, die begrenzte Informationsdichte der verfügbaren Messdaten sowie fehlende Kontextinformationen erschweren eine eindeutige Zuordnung einzelner Lastanteile erheblich. Diese Erkenntnis liefert einen wichtigen Beitrag zur realistischen Einschätzung der Grenzen rein datenbasierter Verbrauchsanalyse in Privathaushalten.

Aufbauend auf den Projekterkenntnissen wurde der Fokus auf eine praktisch tragfähige Fragestellung erweitert: die simulationsgestützte Bewertung geeigneter Batteriespeichergrößen für Haushalte mit PV-Anlage. Hierfür wurde ein prototypischer Batteriegrößen-Simulator entwickelt, der Verbrauchs-, Einspeise- und PV-Produktionsdaten verarbeitet und unterschiedliche Speicherkapazitäten hinsichtlich Netzbezug, Einspeisung, Eigenverbrauch, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit bewertet. Damit kann datenbasiert abgeschätzt werden, ob und in welcher Größe ein Batteriespeicher für einen konkreten Haushalt sinnvoll ist.

Die Ergebnisse zeigen, dass größere Batteriespeicher nicht automatisch wirtschaftlicher oder nachhaltiger sind. Vielmehr hängt eine sinnvolle Dimensionierung stark vom individuellen Verbrauchsprofil, der PV-Erzeugung, den Tarifannahmen und den Investitionskosten ab. Der entwickelte Prototyp unterstützt daher eine fundiertere Entscheidungsgrundlage für private Haushalte und kann dazu beitragen, Überdimensionierungen, unnötige Kosten und zusätzlichen Ressourceneinsatz zu vermeiden.

Die Projektergebnisse wurden wissenschaftlich aufbereitet und in einem Beitrag zur simulationsbasierten Optimierung von Lastflexibilität und Speichergröße in verteilten Solarenergiesystemen veröffentlicht. Der Beitrag wurde bei der ICAART 2026 in Marbella als Poster präsentiert und über SCITEPRESS publiziert. Zusätzlich wurden die Ergebnisse über öffentliche Kommunikationskanäle verbreitet und stießen auf Interesse an weiterführenden Informationen zum entwickelten Batteriegrößen-Simulator.

Projektpartner

- Fraunhofer Austria Research GmbH