Die Zukunft der Photovoltaik im Simulationsmodell

Dr. Maria A. Franco Mosquera
Assistenzprofessorin für Circular Economy, BFH

Prof. Dr. Stefan Grösser
Leiter Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen, BFH

Bei der Entwicklung von kreislauforientierten Geschäftsmodellen für die Photovoltaikbranche müssen viele Faktoren berücksichtigt werden. Die Berner Fachhochschule BFH simuliert deren Zusammenspiel im Computer, um das Verständnis der komplexen Wechselwirkungen zu verbessern.

Das von der EU finanzierte Forschungs- und Innovationsprojekt CIRCUSOL verfolgt das Ziel, nachhaltige, kreislauforientierte Geschäftsmodelle für die Photovoltaikindustrie zu entwickeln. Eine Voraussetzung für solche Geschäftsmodelle sind Kenntnisse davon, wie sich die Material- und Informationsflüsse auf die Akzeptanz und die Verbreitung von Photovoltaik (PV) und Lithium-Ionen-Batterien (LIB) auswirken. Ein Team des Fachbereichs Wirtschaftsingenieurwesen der BFH hat die Aufgabe, diese Dynamik im Computer zu modellieren.

Das Modell verwendet die Methodik «System Dynamics» und simuliert das Ökosystem für die Wiederverwendung von PV-Modulen und Batterien für den Zeitraum von 2000 bis 2050. Das Zusammenspiel zwischen technischen, finanziellen, marktwirtschaftlichen, ökologischen und regulatorischen Faktoren ist komplex. Für politische und industrielle Entscheidungsträgerinnen und -träger ist es schwierig, die Auswirkungen von nicht linearem Verhalten über lange Zeiträume, von Akkumulationen, von verzögerten Ursache-Wirkungs-Beziehungen und von Informationsrückkopplungen abzuschätzen. Die Modellierung soll sie dabei unterstützen.

Alle Parameter in einem Modell

Das Simulationsmodell ist in mehrere Sektoren gegliedert:

- Der Entscheidungssektor umfasst finanzielle und nicht finanzielle Faktoren, die für Endkundinnen und -kunden bei der Entscheidungsfindung von Bedeutung sind. Beispiele sind der Preis von PV-Modulen, die übrigen – flächenabhängigen und nicht flächenabhängigen – Kosten einer PV-Anlage, die Betriebs- und Wartungskosten sowie die Zinssätze.
- Im technischen Sektor sind wichtige Parameter für PV-Anlagen und LIB spezifiziert, etwa die Modulleistung, die Modul- und Wechselrichterwirkungsgrade, der Derating-Faktor, die durchschnittliche Lebensdauer sowie die Ausfallraten. Das Modell ist auch in der Lage, die Auswirkungen des technologischen Fortschritts auf die Modulwirkungsgrade zu simulieren. Oder wie sich die Zunahme der installierten Kapazitäten auf die Kosten, zum Beispiel von Modulen, auswirkt. Hingegen berücksichtigt es keine gebäudeintegrierten PV-Panels wie solare Baumaterialien oder speziell konstruierte Dächer, Ziegel, Fenster oder Fassaden.
- Im Umweltsektor werden die Umweltauswirkungen von PV- und LIB-Lebenszyklen in Form von CO_2-Äquivalent-Emissionen quantifiziert.
- Der Sektor zum Produktlebenszyklus erfasst die Menge der ausgedienten und eingesammelten PV- und LIB-Einheiten differenziert nach Altersgruppen. Damit lässt sich abbilden, wie viel der Wiederverwendung zugeführt wird.

Die Ergebnisse der Modellierungen werden in «Management-Cockpits» visualisiert (siehe Abbildung 1).

Strom vom Dach auf dem Vormarsch

Erste Ergebnisse der Modellierungen zeigen, dass steigende Strompreise das Hauptmotiv für die Marktakzeptanz von PV- und Batteriesystemen für den Eigenverbrauch sind. Selbst bei konstanten Strompreisen und im Fall einer Abschaffung staatlicher Anreize oder Einspeisetarife wird die PV-Stromerzeugung zum Eigenverbrauch aufgrund sinkender Anlagepreise erhebliche Marktanteile gewinnen. Gemäss dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme soll der Preis für Solarpanels jedes Mal, wenn sich die kumulierte Produktion verdoppelt, um etwa 20 Prozent sinken. Das gleiche gilt für die Kosten von LIB in Elektrofahrzeugen. Sie können nach ihrem Ersteinsatz in weniger anspruchsvollen Anwendungen eingesetzt werden, zum Beispiel als Stromspeicher für private PV-Anlagen.

source: https://doi.org/10.24451/arbor.16876 | downloaded: 25.4.2024

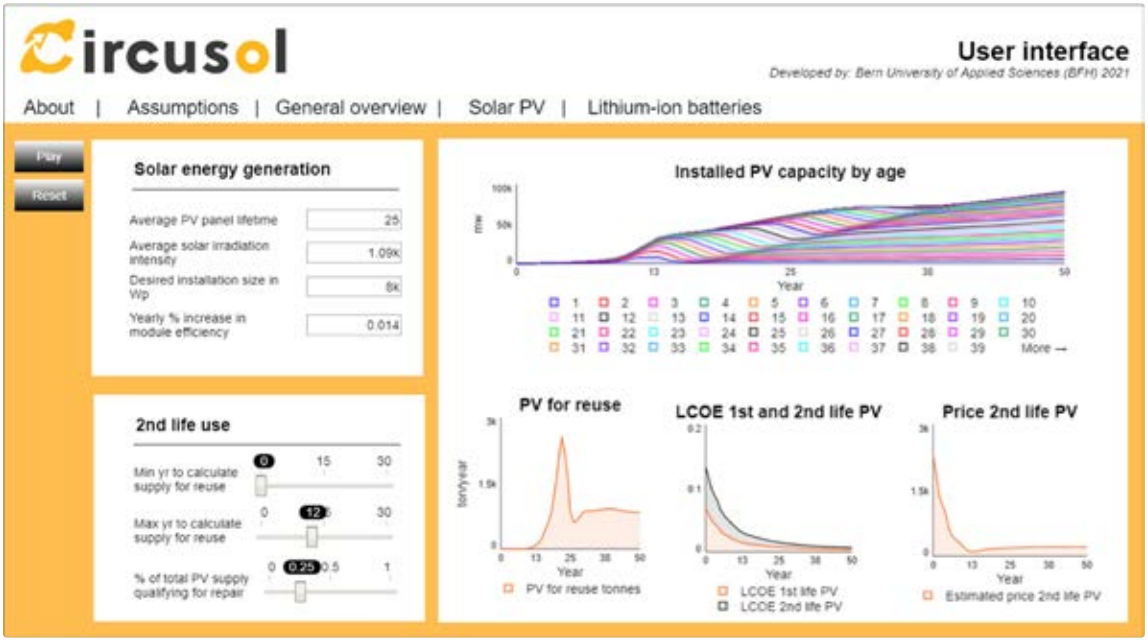

Abbildung 1: Prototyp eines Cockpits mit wichtigen Eingabeparametern (links) und Visualisierungen (rechts)

Second-Use-PV-Module haben es schwer

Wenn als Folge des starken Anstiegs der installierten Anlagen die Preise fallen, kann dies dazu führen, dass Produkte früher ausgetauscht werden. Die Folge davon wären mehr PV-Abfälle. Eine Zweitverwendung ist finanziell nur attraktiv, wenn die Stromgestehungskosten aus wiederverwendeten PV-Anlagen niedriger sind als mit neuen PV-Modulen (oder maximal gleich hoch). Dies ist aktuell aber nicht der Fall, wie die Simulation zeigt. Unter anderem ist der flächenabhängige Investitionsaufwand für Second-Use-Module höher als bei neuen Modulen, und ihre Leistungsdichte ist geringer. Um gleich viel Strom wie mit einer neuen Anlage zu erzeugen, muss also eine grössere Anzahl älterer Module auf einer grösseren Fläche installiert werden. Dazu kommt, dass wiederverwendete PV-Module trotz Preisnachlass kaum mit neuen, viel effizienteren und dadurch letztlich günstigeren Modulen konkurrieren können.

Unsicherheiten sichtbar machen

Wie die Simulationen zeigen, ist es grundsätzlich schwierig, zu prognostizieren, wie viele PV-Module in Zukunft einer Zweitverwendung zugeführt werden. Die Gesamtmenge variiert stark je nach Annahmen, die der Modellierung zugrunde gelegt werden. Zu den Variablen gehören etwa die Ausfallraten, der Altersbereich, in dem ein Modul am besten für die Wiederverwendung geeignet ist, die Reparaturmethoden für gebrauchte PV-Module und die Rückgewinnungsraten. Änderungen unter anderem bei diesen Parametern wirken sich stark auf die Menge der für den Second-Use-Einsatz gesammelten PV-Module aus.

Das Angebot an wiederverwendbaren Modulen kann die wachsende Nachfrage nach PV-Modulen ohnehin nicht decken. Second-Use-PV-Module können daher allenfalls helfen, in bestimmten Marktsegmenten Engpässe zu beheben. Den Bedarf an neuen PV-Modulen werden sie nur geringfügig mindern. Im Weiteren zeigen die Simulationen, dass die Strategien der Kreislaufwirtschaft miteinander konkurrieren – zum Beispiel die Strategie der Wiederverwendung mit der Strategie der Verwertung durch Recycling. Recyclingunternehmen werden erheblich später Einnahmen generieren, wenn eine Wiederverwendungsstrategie verfolgt wird. Die Computersimulationen der BFH zeigen exemplarisch, wie auf dem Weg zur nachhaltigen Solarenergieproduktion komplexe Marktvorgänge transparent gemacht werden können. Die Erkenntnisse sind unverzichtbar, um im unternehmerischen Strategieprozess die Weichen richtig zu stellen.

Kontakt
– maria.francomosquera@bfh.ch
– stefan.groesser@bfh.ch

Infos
– CIRCUSOL – Circular business models for the solar power industry: circusol.eu
– BSc Wirtschaftsingenieurwesen: bfh.ch/wirtschaftsingenieurswesen

Das Video zum Projekt Circusol auf spirit.bfh.ch > Die Zukunft der Photovoltaik