

Swiss PV Circle

Arbeitspaket 5 – Wiederverkauf

Marktanalyse für Secondhand-Photovoltaikmodule

Arbeitspaket-Nummer	AP5
Arbeitspaket-Titel	Wiederverkauf
Arbeitspaket-Lead	Berner Fachhochschule
Deliverable-Nummer	AP5.1
Deliverable-Name	Marktanalyse für Secondhand-Photovoltaikmodule
Status	Finaler Bericht
Autor	Roger Nyffenegger
Verbreitungsebene	Öffentlich
Veröffentlichungsdatum	16.06.2025

Inhalt

Executive Summary	2
1. Übersicht möglicher Marktsegmente	3
1.1 Marktsegmente für einzelne Module	3
1.2 Marktsegmente für ganze Anlagen	4
1.3 Marktsegmente ausserhalb der Schweiz	5
2. Kund:innenakzeptanz	5
3. Einbettung und Vergleich mit Europäischen Märkten	7
3.1 Angebot	7
3.2 Nachfrage	8
3.3 Geschäftsmodell	8
3.4 Testverfahren	8
3.5 Garantiewesen	8
3.6 Nachhaltigkeit	9
4. Abschätzung Marktpotenzial	9
5. Fazit	10
Literatur	11

Executive Summary

Die Erkenntnisse aus dem Projekt Swiss PV Circle zeigen, dass der Markt für Secondhand-PV-Module in der Schweiz aktuell unterentwickelt ist, jedoch vielversprechende Nischen- und Entwicklungspotenziale birgt. Auf Basis von Interviews mit Branchenvertreter:innen, durchgeführten Pilotprojekten sowie einer europäischen Vergleichsanalyse wurden mögliche Marktsegmente, Herausforderungen und Chancen identifiziert.

Mögliche Marktsegmente lassen sich in drei Gebiete aufteilen: Einzelne Module, ganze Anlagen und Auslandmärkte. Bei einzelnen Modulen besteht insbesondere Potenzial bei Privatkunden (z.B. für Kleinanlagen auf Balkonen oder in Schrebergärten), bei Installationsbetrieben mit Ersatzbedarf sowie bei Solar-Community-Projekten. Wiederverwendung kompletter PV-Anlagen ist für umweltbewusste Privatpersonen, kommerzielle «First Mover» mit ambitionierten Nachhaltigkeitszielen sowie die öffentliche Hand relevant. Letztere agiert häufig als Ermöglicherin und Vorbild für zirkuläre Lösungen, was dieses Segment besonders attraktiv macht. Ein beachtliches Absatzpotenzial besteht ausserhalb der Schweiz, insbesondere in Osteuropa, Afrika und dem Nahen Osten, wo geringere Qualitätsanforderungen herrschen. Der Export erfordert jedoch stabile Partnerschaften sowie Nachverfolgbarkeit und Recyclingstrategien.

Ein Workshop mit führenden europäischen Akteuren zeigte, dass die Wiederverwendung in ganz Europa Fahrt aufnimmt, jedoch noch ein Nischenphänomen ist. Eine gesicherte Nachfrage bleibt die grösste Herausforderung. Die europäischen Geschäftsmodelle reichen von klassischen Händlern über soziale Orchestrator:innen bis zu Recyclingfirmen mit Wiederverwendungsangeboten. Standardisierte Testverfahren sind im Aufbau, Garantien meist kurz (1–2 Jahre), Nachhaltigkeitsberechnungen variieren stark in ihrer Aussagekraft.

Eine Marktpotenzialabschätzung in der Schweiz ist schwierig. Derzeit nur etwa 7% des Solarstrompotenzials der Schweizer Dächer ausgeschöpft, es gibt daher noch viele verfügbare Flächen. Daher wird der Bedarf an PV-Modulen bleiben, pro Jahr werden etwa 4,5 Mio. Module neu installiert. Demgegenüber könnten bis 2030 jährlich rund 114'000 Secondhand-Module verfügbar sein, was zwar lediglich 2,7% der 4,5 Mio. neu installierten Module deckt, aber doch eine beträchtliche Zahl an Modulen ist. Gemäss aktuellen Zubauraten ergibt sich demnach für die kommenden 20 Jahre ein realistisches Zeitfenster mit genügend freien Dächern und genügend verfügbaren Secondhand-Modulen zur Etablierung des Wiederverwendungsmarkts.

Über alle Betrachtungen hinweg erwartet Swiss PV Circle bis 2030 ein moderates, danach ein signifikant wachsendes Marktpotenzial für die Wiederverwendung von PV-Modulen. Der Aufbau eines tragfähigen Markts erfordert gezielte Anfangsinvestitionen, Kooperationsnetzwerke und erfolgreiche Pilotprojekte, um Vertrauen und Sichtbarkeit zu schaffen. Die Einbettung in eine europäische Strategie sowie regulatorische Impulse könnten die Marktdynamik weiter beschleunigen.

1. Übersicht möglicher Marktsegmente

Der Markt für Secondhand-Module in der Schweiz ist derzeit unterentwickelt, und es existieren nur wenige Marktsegmente, die bereits gebrauchte Module nutzen. In Schadensfällen besteht jedoch gelegentlich Bedarf an Ersatzmodulen, um den vollständigen Austausch einer PV-Anlage zu vermeiden. Solche Ersatzmodule werden häufig über Plattformen wie Secondsol, Tutti oder Ricardo beschafft. Diese Module können sowohl gebraucht sein als auch aus Lagerbeständen stammen. Darüber hinaus gibt es lokale Wiederverwendungsaktivitäten, bei denen Installationsbetriebe rückgebaute, jedoch neuwertige Module für neue Projekte einsetzen oder als Restposten für Servicezwecke lagern. Obwohl diese Aktivitäten schwer zu quantifizieren sind, treten sie regelmässig auf. Insbesondere infolge einer Anlagenerweiterung und Ersatz der bisherigen PV-Module nach wenigen Betriebsjahren oder bei Schadensfällen infolge eines Hagelereignisses können solche Aktivitäten vorkommen.

Im Rahmen von Arbeitspaket 5 des Projekts Swiss PV Circle wurden potenzielle Marktsegmente für den Absatz von Secondhand-Modulen und deren jeweiliges Potenzial untersucht. Die Ergebnisse basieren auf Gesprächen mit Branchenvertreter:innen sowie den Erkenntnissen aus zwei im Projekt durchgeführten Piloten.

1.1 Marktsegmente für einzelne Module

Unsere Analyse identifiziert drei Hauptmarktsegmente für einzelne Module:

Privatkunden mit Bedarf an kleinen Mengen von Modulen

Es gibt eine Nachfrage von Privatpersonen, die beispielsweise ihre Rusticos, Schrebergärten oder Balkone mit einem oder wenigen PV-Modulen ausstatten möchten. Diese Nachfrage existiert und kann sinnvoll mit Secondhand-Modulen bedient werden. Transaktionen finden überwiegend über Online-Plattformen statt, auf denen gebrauchte Module meist ungetestet angeboten werden. Für vertrauenswürdige Anbieter (z.B. durch eine Zertifizierung) besteht jedoch ein moderates Absatzpotenzial für getestete Secondhand-Module durch den Verkauf in kleinen Mengen auf diesen Plattformen.

Ersatzbedarf durch Installationsbetriebe

Installationsbetriebe suchen häufig nach einzelnen Ersatzmodulen, um defekte Systeme zu reparieren. Dieser Markt ist etabliert, da oft spezifische Modultypen – auch getestete gebrauchte – gefragt sind. Aufgrund dieser Spezifität können in diesem Segment hohe Verkaufspreise erzielt werden. Volumenmässig ist dieser Markt jedoch klein und erfordert ein grosses Lager sowie eine breite Auswahl an Modultypen. Ein ausschliesslicher Fokus auf dieses Segment ist für den Verkauf von Secondhand-Modulen wenig lukrativ, kann jedoch eine interessante Ergänzung zu anderen Marktsegmenten darstellen.

Solar-Community-Projekte

Auch Solar-Communities könnten eine Nachfrage nach Secondhand-Modulen generieren. Diese Projekte zeichnen sich dadurch aus, dass Gruppen gemeinsam Solarprojekte finanzieren, die sie allein nicht realisieren könnten oder wollten, wie beispielsweise eine PV-Anlage auf einem Vereinsgebäude, an der sich alle Mitglieder finanziell beteiligen. Solche Projekte sind oft durch begrenzte finanzielle Mittel gekennzeichnet und nicht auf maximale Energieerträge ausgelegt. Getestete Secondhand-Module, bestenfalls mit einer Zertifizierung, könnten hier durchaus Interesse wecken. Zwar ist dieses Marktsegment volumenmässig ebenfalls klein, es bietet jedoch durch die Gemeinschaftsorientierung erhöhte Sichtbarkeit. Da nur wenige Installationsbetriebe solche Lösungen anbieten, lohnt sich die Prüfung einer direkten Zusammenarbeit mit

Unternehmen zur Realisierung von Projekten, die aufgrund finanziell eingeschränkter Möglichkeiten normalerweise nicht realisiert werden.

1.2 Marktsegmente für ganze Anlagen

Für die Wiederverwendung ganzer PV-Anlagen, einschliesslich Modulen, Unterkonstruktionen, Beschwerungen, Kabeln, Wechselrichtern und ähnlichen Komponenten, lassen sich drei zentrale Marktsegmente identifizieren.

Private Immobilienbesitzer:innen mit Umweltbewusstsein

Eine moderate Nachfrage nach Secondhand-Anlagen besteht bei privaten Eigentümer:innen von Immobilien, die ein starkes Umweltbewusstsein aufweisen. Oft ist diese Nachfrage eng mit architektonischen Zielsetzungen verknüpft, wie der verstärkten Nutzung gebrauchter Materialien bei Neubauten oder Renovierungen. Obwohl dieses Segment derzeit noch klein ist, gewinnt der Trend hin zu sekundären Materialien in der Architektur- und Bauwirtschaft zunehmend an Bedeutung, unter anderem infolge der neuen Verordnung über die Vermeidung und Behandlung von Abfällen¹ oder der neuen Norm SIA 430:2023 des Schweizerischen Ingenieurs- und Architektenverein (SIA)². Zielgerichtete Kooperationen mit relevanten Akteuren könnten hier Absatzmöglichkeiten für getestete Secondhand-Module schaffen, die auch kommunikativ genutzt werden können. Eine zentrale Herausforderung besteht jedoch in der zeitlichen Abstimmung zwischen der Demontage geeigneter PV-Anlagen und der Planung des Wiederverwendungsprojekts. Zudem sollten Spezifikationen wie Unterkonstruktionen und Kabel der zu demontierenden Anlage frühzeitig in den Planungsprozess einbezogen werden. Dies erfordert unter Umständen eine ausreichende Lagerkapazität und hohe Koordination.

Kommerzielle «First Mover»

Unternehmen, die ambitionierte Nachhaltigkeitsziele verfolgen, insbesondere im Hinblick auf Scope-3-Emissionen oder Kreislaufwirtschaft, zeigen zunehmend Interesse an Secondhand-Anlagen. Der Einsatz gebrauchter Materialien, einschliesslich PV-Anlagen, wird zunehmend als strategische Massnahme zur Erreichung dieser Ziele betrachtet. Insbesondere im Immobiliensektor können sich durch die Nutzung suboptimal gelegener Dächer oder Fassaden interessante Anwendungsmöglichkeiten ergeben. Dieses Marktsegment ist jedoch noch jung und in der Entwicklung begriffen. Die ab dem 1. Januar 2024 geltende «Verordnung über die Berichterstattung über Klimabelange» im Rahmen des indirekten Gegenvorschlags zur sogenannten Konzernverantwortungsinitiative im Obligationenrecht (Art. 964a-964c OR) wird diese Dynamik voraussichtlich weiter verstärken. Da der Markt nicht rein transaktional bedient werden kann, ist ein begleitendes Beratungs- oder Realisierungsangebot entscheidend, wobei die Sicherheit, Leistung und Langlebigkeit der getesteten Secondhand-Module gewährleistet sein muss. Erste erfolgreiche Projekte könnten dabei positive Nachahmungseffekte auslösen. Auch hier bleibt die zeitliche Koordination zwischen Demontage und Neumontage eine Herausforderung.

Öffentliche Hand

Die öffentliche Hand zeigt ebenfalls Interesse an Secondhand-Anlagen, insbesondere durch gesetzliche Vorgaben zur Förderung der Kreislaufwirtschaft (z. B. im Rahmen der öffentlichen Beschaffung) oder durch Solarpflichten, wie einer der im Projekt Swiss PV Circle durchgeführten Piloten zeigte. In diesem Kontext

¹ Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA).

² Angst et al., "Merkblatt Wiederverwendung von Bauteilen."

positioniert sich die öffentliche Hand als «Ermöglicherin» und stellt ihre Pionierrolle oft über Kosteneffizienz. Dieses Segment erfordert ebenfalls eine intensive Beratung während der Planungs- und Realisierungsphasen, ein rein transaktionaler Verkauf ist unwahrscheinlich. Aufgrund des grossen Volumens der öffentlichen Hand und der geringeren Kostensensitivität bietet sich dieses Segment als attraktiver Ausgangspunkt für die Marktentwicklung mit getesteten Secondhand-Modulen an. Mit ihrer Beteiligung an Elektrizitätsgesellschaften hat die öffentliche Hand unter Umständen auch Zugriff auf Informationen über potenzielle End-of-Life-Anlagen, welche antizipierend in den Planungsprozess von Wiederverwendungsprojekten einbezogen werden können.

1.3 Marktsegmente ausserhalb der Schweiz

Neben der inländischen Nachfrage besteht eine bedeutende Nachfrage nach einzelnen Modulen oder kompletten PV-Anlagen im Ausland. Die rechtlichen Rahmenbedingungen für den Export von Modulen werden gesondert behandelt (siehe Deliverable AP5.2). Langfristig ist der Aufbau von Exportmöglichkeiten für den Erfolg von Geschäftsmodellen im Bereich der Wiederverwendung nicht zu vernachlässigen. Zum einen, weil nach 2030 ein deutlicher Anstieg von End-of-Life-Anlagen erwartet wird (siehe Deliverable 3.1). Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass die in den Jahren des starken Zubaus installierten Anlagen zunehmend für Re-Powering-Projekte interessant werden und die Nachfrage nach geeigneten Wiederverwendungsprojekten in der Schweiz voraussichtlich nicht ausreicht, um dieses Angebot vollständig aufzunehmen. Zum anderen, weil Module, die in der Schweiz kein geeignetes Wiederverwendungsprojekt finden – beispielsweise Module mit einer Leistung unter 250Wp – dennoch im Ausland vermarktet werden könnten. Bereits heute wird eine beträchtliche Menge der in der Schweiz deinstallierten Module exportiert, meist ungetestet und ohne klare Bestimmungsorte (siehe Deliverable AP5.2). Häufig gelangen diese Module nach Afrika oder in den Nahen Osten.³ Auch in Osteuropa⁴ und, in etwas geringerer Masse, in Südeuropa besteht jedoch ein erheblicher Bedarf an kostengünstigen Modulen, wie einer unserer Piloten mit der Ukraine aufzeigte. Diese Märkte zeichnen sich durch niedrigere Anforderungen an Qualität und Leistung aus und ergänzen somit den Absatzmarkt in der Schweiz. Für den Export sind stabile Partnerschaften von zentraler Bedeutung, um die Module und Anlagen während ihrer zweiten Nutzungsphase langfristig nachverfolgen und deren Recycling sicherstellen zu können. Eine zentrale Herausforderung in diesem Zusammenhang ist die begrenzte Kaufkraft vieler Zielmärkte. Insbesondere in osteuropäischen Ländern könnten jedoch Ansätze entwickelt werden, um solche Angebote mit Entwicklungs- und Aufbauhilfen zu kombinieren, wodurch die Absatzmöglichkeiten erweitert werden könnten.

2. Kund:innenakzeptanz

Mittels einer Umfrage beim Projektpartner Helion konnten wir einige Einblicke in die Kund:innenakzeptanz der Wiederverwendung gewinnen. Die Umfrage wurde im Newsletter von Helion an all ihre Kund:innen verschickt. 83 Kund:innen haben bei der Umfrage teilgenommen, sowohl private wie auch kommerzielle. Die Teilnehmenden waren grossmehrheitlich männlich, über 65 Jahre alt und hatten weniger als 30kWp Installationskapazität. Insofern lässt sich die Umfrage nicht als repräsentativ betrachten. Trotzdem gibt sie

³ Agyeman et al., "Toward a Circular Economy in Ghana's Renewable Energy Sector."

⁴ Bilek, Stubbe, and Weser, "A Solar Marshall Plan for Ukraine - Empowering Ukraine's Brighter Future: Bottlenecks and Key Policy Reforms Needed to Boost Solar PV Deployment."

einen spannenden Einblick in die Akzeptanz der Wiederverwendung aus Sicht der Endkonsument:innen, die so in der Schweiz noch nie erfasst wurde.

Im ersten Teil der Umfrage werden die Teilnehmenden gebeten, Attribute hinsichtlich einer Installation von Secondhand-Modulen bei sich auf einem Regler von 1 bis 100 zu bewerten. Die Reihenfolge der Bewertung der Attribute ist von links nach rechts. Das Testen der Secondhand-Module wird mit durchschnittlich 82.6 Punkten als am relevantesten eingeschätzt. Ebenfalls über 70 Punkte erreichen das Preis- (Ø 74.3) und Leistungsattribut (Ø 72.9), während das Produkt- (Ø 62.1) resp. das Altersattribut (Ø 65.1) als weniger wichtig eingestuft werden. In den Kommentaren wurde auch mehrmals der Wirkungsgrad als wichtiges Attribut angegeben, was mit dem Alter korreliert. Gegebenenfalls hätte eine andere Formulierung des Altersattributs mit Verweis auf den Wirkungsgrad oder die maximale elektrische Leistung (Wp) hier noch zu höheren Werten geführt.

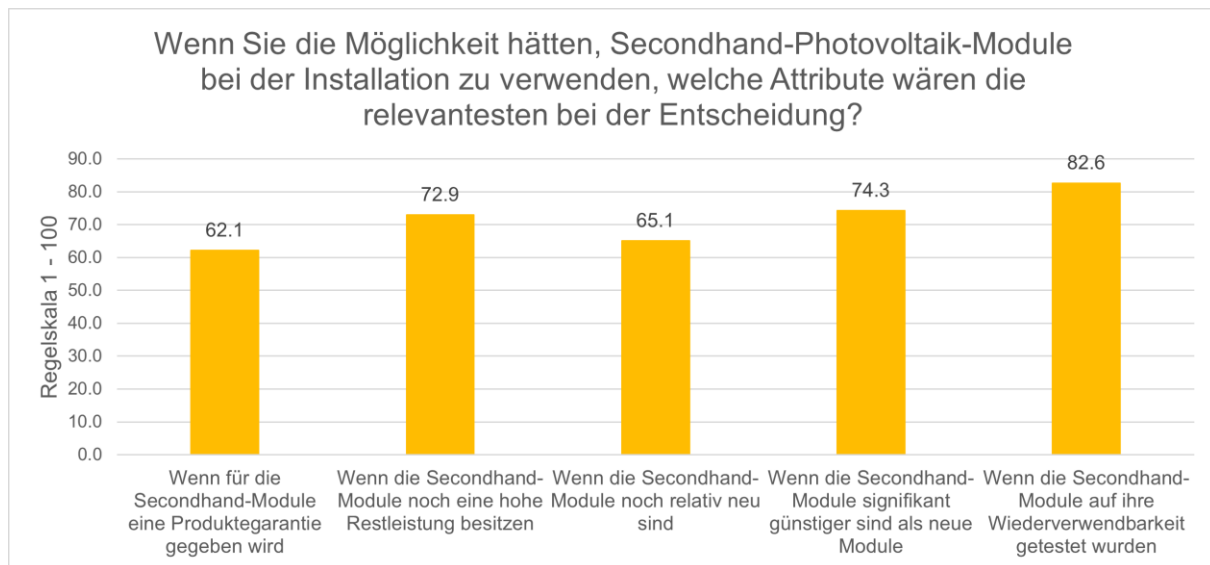


Abbildung 1: Resultate der Attributbewertung für eine Installation von Secondhand-Modulen.

Im zweiten Teil der Umfrage werden die Teilnehmenden gebeten, Attribute hinsichtlich einer Abgabe von bei sich installierten Modulen für die Wiederverwendung auf einem Regler von 1 bis 100 zu bewerten. Die Reihenfolge der Bewertung der Attribute ist von links nach rechts. Im Vergleich zu den Attributen bei einer Installation sind die Attribute bei der Abgabe im Durchschnitt tiefer bewertet, was allgemein auf weniger Relevanz deutet. Wichtigstes Attribut ist die Verlängerung der Lebensdauer, daher ein Attribut im Bereich der Nachhaltigkeit. Ebenfalls relevant sind das Aufwand- (Ø 66.6) sowie Funktionsattribut (Ø 65.2). Deutlich weniger relevant sind das Entschädigungs- (Ø 56.3) sowie das Wiederverwendungsortattribut (Ø 45.7). Eine Verwendung im Ausland wird daher als wenig kritisch betrachtet. Auch dass eine Entschädigung nicht sehr relevant ist, ist für Wiederverwendungsgeschäftsmodelle aussichtsreich.

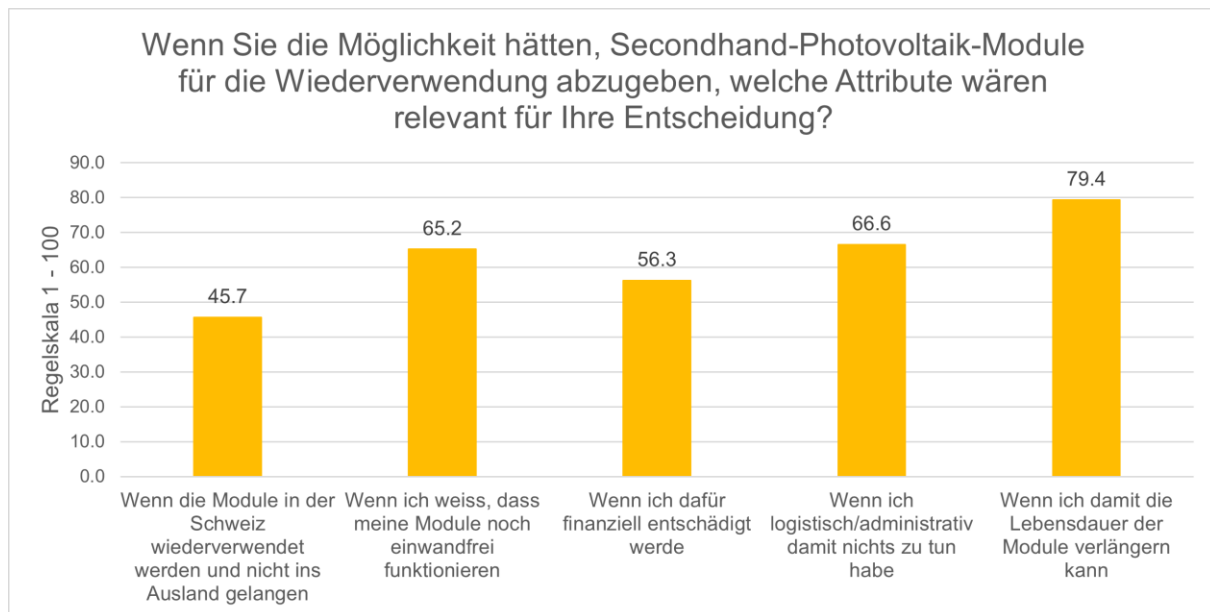


Abbildung 2: Resultate der Attributbewertung für eine Abgabe von Secondhand-Modulen.

Auch wenn die Resultate der Umfrage nicht repräsentativ sind, zeigen sich doch interessante Tendenzen in den Antworten. Die Tatsache, dass getestete Module das wichtigste Attribut bei einer Installation von Secondhand-Modulen sind, zeigt die Wichtigkeit einer Absicherung der Funktionsfähigkeit, Langlebigkeit und Sicherheit durch die potenziellen Käufer:innen. Dies ist für Unternehmen, die Wiederverwendung von PV-Modulen anbieten wollen, eine Herausforderung, da ein systematisches Testen aller Module kostenintensiver ist (siehe Deliverable 2.1).

Die Verlängerung der Lebensdauer bei einer frühzeitigen Deinstallation ist den Eigentümer:innen wichtig. Bisher haben sie dafür in der Schweiz keine Optionen. In diesem Zusammenhang ist die in Swiss PV Circle diskutierte Option, beim Abholauftrag von SENS eRecycling auch die Freigabe für eine Wiederverwendung angeben zu können, interessant.

3. Einbettung und Vergleich mit Europäischen Märkten

Im Herbst 2024 fand ein Reuse-Workshop zur Wiederverwendung von PV-Modulen mit führenden europäischen Akteuren wie SolReed (FR), Soren (FR), Baywa (IT), Resolar (UK), 2ndcycle (AT), Reiling (DE), 2ndlifesolar (DE), Innoboost (NL) und Zonnext (NL) statt. Im Mittelpunkt der Diskussion standen Themen wie Angebot, Nachfrage, Geschäftsmodelle, Testverfahren, Garantiewesen und Nachhaltigkeit. Diese Aspekte wurden umfassend beleuchtet und miteinander verglichen.

3.1 Angebot

Beim Thema Angebot identifizierten die Teilnehmenden unterschiedliche Quellen für Secondhand-Module, darunter Unternehmen aus dem Bereich Betrieb und Instandhaltung (Operations & Maintenance), Producer Responsibility Organizations (PROs), Installationsbetriebe, Recyclingunternehmen, Plattformen sowie die öffentliche Hand. Oft agieren diese Quellen auch einfach als Hinweisgeber oder Türöffner. Gute und institutionalisierte Beziehungen zu diesen Quellen gelten als entscheidend, um einen kontinuierlichen Zustrom an Modulen sicherzustellen. Einige Akteure haben dabei spezifische Kriterien für die Annahme von

Modulen definiert. So nimmt SolReed beispielsweise keine Module an, die älter als 15 Jahre sind, während 2ndlifesolar nur Module mit einer Mindestleistung von 250Wp akzeptiert.

3.2 Nachfrage

Die Nachfrage nach Secondhand-Modulen wurde von den Teilnehmenden als grösste Herausforderung identifiziert. In Frankreich wird die Nachfrage insbesondere durch Green Public Procurement sowie durch Privatkunden und Solarentwicklungsfirmen (solar developer) mit Nachhaltigkeitszielen getragen. In Deutschland hingegen hat der Markt zurzeit fast vollständig stagniert, da Secondhand-Module oft teurer sind als Neue. Dennoch gibt es Nischenmärkte, beispielsweise bei Privatkunden und Start-ups. In England werden Secondhand-Module vor allem für Gemeinschaftsenergieprojekte eingesetzt, die geringe Investitionskosten oder ethische Beschaffungskriterien priorisieren. In den Niederlanden gibt es eine Nachfrage seitens Energieunternehmen und Organisationen, die sich auf einen niedrigen CO₂-Fussabdruck konzentrieren. Die Teilnehmenden waren sich einig, dass der Markt preissensitiver geworden ist und die heimische Nachfrage aktuell noch nicht ausreicht, um grössere Mengen zu absorbieren.

3.3 Geschäftsmodell

Hinsichtlich der Geschäftsmodelle können vier zentrale Gruppen unterschieden werden. Producer Responsibility Organizations betreiben Rücknahmesysteme im Auftrag der Hersteller (Extended Producer Responsibility) und fördern teilweise aktiv die Wiederverwendung, in Ausnahmefällen sogar finanziell über die Recyclinggebühren (Frankreich). Weiter gibt es «Orchestrator-Unternehmen», welche die Schritte von Demontage über Logistik und Tests bis hin zur Neumontage mit einem breiten Netzwerk an Partnern koordinieren, ohne selbst operativ tätig zu sein. Sie agieren häufig in sozial motivierten Nischenmärkten. Recyclingunternehmen diversifizieren ihre Aktivitäten, indem sie wiederverwendbare Module testen und als Secondhand-Produkte vermarkten. Damit erschliessen sie neue Einkommensquellen und erweitern ihr Portfolio. Schliesslich gibt es Händler, die Module aus verschiedenen Quellen aufkaufen, verladen und exportieren, ohne Tests durchzuführen. Kein Händler war im Workshop anwesend, bewegen sich diese Geschäftspraktiken doch im regulatorischen Graubereich.

3.4 Testverfahren

Die Testverfahren der Akteure haben sich mittlerweile weitgehend angeglichen. Es gibt auch diverse Bestrebungen, diese auf europäischer Ebene zu standardisieren. Die Testverfahren umfassen typischerweise visuelle Inspektionen, Elektrolumniszentztests, Isolationsresistenzmessungen und Strom-Spannungs-Messungen mittels Flashtest. Einige Akteure führen zusätzliche Tests wie Erdungs- oder Diodentests durch, während andere situativ vorgehen und nur einen Teil der Module prüfen. Erste Assessments werden teilweise auch vor Ort durchgeführt, unterstützt durch Drohnen und Analysen von Leistungsdaten.

3.5 Garantiewesen

Im Bereich Garantiewesen gaben die Akteure an, dass sie ihre Secondhand-Module in der Regel mit deutlich geringeren Garantien als neue Module anbieten, meist mit Laufzeiten von ein bis zwei Jahren. In Deutschland besteht eine gesetzliche Garantie von einem Jahr für Gebrauchsgüter. Alle Akteure berichten, dass bislang keine Garantiefälle gemeldet wurden, und betonten, dass Defekte pragmatisch durch Modulaustausch gehandhabt würden.

3.6 Nachhaltigkeit

Hinsichtlich der Nachhaltigkeit präsentierten die Akteure eigene Berechnungen. Zonnexxt schätzt, dass durch die Wiederverwendung pro Modul 79 Euro an ökologischen Schattenkosten eingespart werden können. Soren stellte Szenarien vor, in denen die Wiederverwendung als ökologisch vorteilhafteste Option hervorgeht, während 2ndlifesolar eine Einsparung von 300 Kilogramm CO₂ pro Modul im Vergleich zu neuen Modulen berechnete. Allerdings hängen solche Berechnungen stark von den getroffenen Annahmen und Vergleichsszenarien ab, weshalb sie kritisch betrachtet werden sollten. Die ökologische Sinnhaftigkeit der Wiederverwendung ist nicht in allen Fällen gegeben.

4. Abschätzung Marktpotenzial

Bevor eine Abschätzung des Marktpotenzials auf Grundlage der vorangegangenen Kapitel vorgenommen wird, wollen wir das Marktpotenzial zunächst noch rudimentär numerisch einordnen. Zu diesem Zweck werden verschiedene grobe Berechnungen durchgeführt, um eine Vorstellung von den jeweiligen Grössenordnungen zu erhalten. Dabei ist zu beachten, dass alle dargestellten Mengenangaben mit Vorsicht zu interpretieren sind und stets in den jeweiligen Kontext gesetzt werden müssen. Zudem können sich die zugrunde gelegten Parameter dynamisch verändern, was die Validität der Abschätzungen beeinflussen kann.

Das Bundesamt für Energie (BFE) schätzt das jährliche Solarstrompotenzial auf Schweizer Gebäudedächern auf etwa 50 Terawattstunden (TWh) und jenes an mittelmässig bis hervorragend geeigneten Gebäudefassaden auf rund 17 TWh⁵. Im Jahr 2023 produzierten die in der Schweiz installierten 245'390 PV-Anlagen etwa 4.6TWh Solarstrom⁶, was einem Anteil von rund 6.9% des gesamten Solarstrompotenzials (67 TWh) entspricht. Potenziell sind daher noch etwa 3'417'000 Gebäude, das heisst 93.1% des Potenzials, unerschlossen. Dies deutet auf ein beträchtliches Marktpotenzial hin, da viele geeignete Flächen auf und an Schweizer Gebäuden noch nicht genutzt werden.

Im Jahr 2023 wurden 58'142 neue Anlagen mit einer geschätzten Gesamtleistung von etwa 0.0016 Terawatt (1'600 Megawatt) installiert. Da die durchschnittliche Leistung verkaufter PV-Module 2023 bei 352Wp liegt⁷, waren für diesen Zubau dementsprechend ungefähr 4.5 Millionen Module erforderlich. Es wird erwartet, dass in den kommenden Jahren ähnliche Zubauraten erzielt werden. Bei einem durchschnittlichen Modulpreis von 150 CHF ergibt sich ein jährliches Marktpotenzial von etwa 686 Millionen CHF allein für die Beschaffung von Modulen. Ein Teil dieses Potenzials könnte auch mit Secondhand-Modulen abgedeckt werden.

Um die zur Verfügung stehenden Secondhand-Mengen abschätzen zu können, ziehen wir End-of-Life-Volumenabschätzungen bei (siehe Deliverable AP3-1). Deren Prognosen zufolge werden die jährlichen Mengen an End-of-Life-PV-Modulen von derzeit (2023) unter 1'000 Tonnen⁸ auf durchschnittlich 4'800 Tonnen pro Jahr im Zeitraum von 2026 bis 2030 ansteigen. Bei einem durchschnittlichen Modulgewicht von 21 Kilogramm⁹ entspricht dies etwa 228'000 Modulen jährlich. Unter der Annahme, dass die Hälfte dieser Module wiederverwendbar ist¹⁰, könnten jährlich etwa 114'000 Secondhand-Module verfügbar sein. Dies

⁵ Klauser, Albrecht-Widler, and Matti, "Solarpotentialanalyse Für Sonnendach.Ch - Schlussbericht."

⁶ Swiss Federal Office of Energy, "Statistik Sonnenenergie Referenzjahr 2023."

⁷ Fischer, Woodhouse, and Baliozian, "International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRP) - 2023 Results."

⁸ "SENS eRecycling Geschäftsbericht 2023 - Facts & Figures."

⁹ Fischer, Woodhouse, and Baliozian, "International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRP) - 2023 Results."

¹⁰ Tsanakas et al., "Toward Reuse-Ready PV."

würde jedoch nur etwa 2.7% der geschätzten 4.5 Millionen Module decken, die jährlich für den weiteren Zubau erforderlich sind. Gehen wir von einem linearen Zubau über die nächsten Jahre aus, erreicht der Markt ungefähr 2042 eine Sättigung, da die allermeisten geeigneten Flächen mit PV-Anlagen bestückt sind (siehe Deliverable 3.1). Für die Wiederverwendung von PV-Modulen eröffnet sich dementsprechend in den kommenden rund 20 Jahren ein vielversprechendes Zeitfenster. In diesem Zeitraum werden einerseits ausreichend PV-Module deinstalliert, andererseits stehen weiterhin zahlreiche geeignete Dächer und Fassaden zur Verfügung, die noch nicht mit PV-Anlagen ausgestattet sind.

5. Fazit

Unter Berücksichtigung dieser numerischen Überlegungen, der genannten Marktsegmente sowie der erwähnten Kund:innenakzeptanz prognostiziert Swiss PV Circle bis 2030 ein moderates und ab 2030 ein erhebliches Marktpotenzial für die Wiederverwendung von PV-Modulen und -Anlagen. Eine Quantifizierung dieses Potenzials ist unter Anbetracht der bekannten Grössen schwierig. Klar ist, dass dieses Potenzial eine signifikante Anfangsinvestition erfordert, um das Wiederverwendungsangebot bekannt zu machen und das Vertrauen der Marktteilnehmenden zu gewinnen. Erste Pilotprojekte in Zusammenarbeit mit zentralen Akteuren der Solarbranche sind dabei von entscheidender Bedeutung.

Literatur

- Agyeman, Eric, David A. Quansah, Augustine Ntiamoah, Lena D. Mensah, and Emmanuel W. Ramde. "Toward a Circular Economy in Ghana's Renewable Energy Sector: A Quantitative Assessment of Waste from Solar Photovoltaic Modules in Ghana." *International Journal of Green Energy*, March 3, 2025, 1–20. <https://doi.org/10.1080/15435075.2025.2469136>.
- Angst, Marc, Vanessa Feri, Andreas Oefner, Cynthia Ott, Oliver Streiff, and Anette Zoller-Eckstein. "Merkblatt Wiederverwendung von Bauteilen." Innosuisse Nr. 55734.1 IP-SBM «Wiederverwendung von Bauteilen: Rechtlicher Rahmen», Oktober 2023.
- Bilek, Pavel, Rouven Stubbe, and Henriette Weser. "A Solar Marshall Plan for Ukraine - Empowering Ukraine's Brighter Future: Bottlenecks and Key Policy Reforms Needed to Boost Solar PV Deployment." Berlin: BE Berlin Economics GmbH, 2024.
- Fischer, Markus, Michael Woodhouse, and Puzant Baliozian. "International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRP) - 2023 Results." Frankfurt am Main: VDMA e. V., May 2024.
- Klauser, Daniel, Simon Albrecht-Widler, and Eric Matti. "Solarpotentialanalyse Für Sonnendach.Ch - Schlussbericht." Bern: Bundesamt für Energie BFE, July 27, 2022.
- SENS eRecycling. "SENS eRecycling Geschäftsbericht 2023 - Facts & Figures," 2023. <https://www.erecycling.ch/wissenswertes/geschaeftsbericht/overview-2023/facts-figures.html>.
- Swiss Federal Office of Energy. "Statistik Sonnenenergie Referenzjahr 2023." Bern: Swiss Federal Office of Energy SFOE, July 11, 2024.
- Tsanakas, Ioannis (John) A, Gernot Oreski, Gabriele Eder, Anika Gassner, Arvid van der Heide, Daniela Ariolli, Guillermo Hernandez, David Moser, and Karsten Wambach. "Toward Reuse-Ready PV: A Perspective on Recent Advances, Practices, and Future Challenges." *Advanced Energy and Sustainability Research*, December 11, 2024. <https://doi.org/10.1002/aesr.202400237>.
- Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA), Pub. L. No. 814.600 (2015).