

# Abschlussbericht

<b>Projekttitel</b>	<b>Ein zweites Leben für Solarmodule durch einen intelligenten Testprozess</b>
<b>Aktenzeichen</b>	<b>DBU-Aktenzeichen: 35505/93</b>
<b>Verfasserin</b>	<b>Luisa Schulze</b>
<b>Firma</b>	<b>Better Sol GmbH</b>
<b>Ort und Jahr</b>	<b>Braunschweig, 09/25</b>



## INHALT

<b>1</b>	<b>KURZFASSUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>EINFÜHRUNG UND MOTIVATION .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>VORGEHENSWEISE UND PROJEKTABLAUF .....</b>	<b>3</b>
3.1	Entwicklung eines Produkt-Prototypen .....	3
3.2	Entwicklung eines automatisierten Testverfahrens .....	3
3.3	Konzeptionierung/ Entwicklung einer mobilen Testanlage .....	3
3.4	Entwicklung einer Marketing-Strategie.....	3
3.5	Entwicklung und Aufbau des Vertriebsprozesses .....	4
3.6	Strukturierung der Arbeitspakete .....	4
<b>4</b>	<b>PROJEKTERGEBNISSE.....</b>	<b>5</b>
4.1	Entwicklung eines Produkt Prototypen.....	5
4.2	Entwicklung eines automatisierten Testverfahrens .....	8
4.3	Konzeptionierung/ Entwicklung einer mobilen Testanlage .....	12
4.4	Entwicklung einer Marketing-Strategie.....	15
4.4.1	Corporate Design .....	18
4.4.2	Darstellung Webshop .....	19
4.4.3	Soziale Medien .....	20
4.4.4	Acceleratoren und Messen .....	21



<b>4.5</b>	<b>Entwicklung und Aufbau eines Vertriebsprozesses .....</b>	<b>22</b>
4.5.1	Vertrieb B2C .....	22
4.5.2	Vertrieb B2B .....	22
4.5.3	Analyse zu Vertriebszeiten .....	23
4.5.4	Lieferkonzept der Solarmodule .....	25
<b>5</b>	<b>ÖFFENTLICHKEITSARBEIT UND VERÖFFENTLICHUNGEN .....</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>FAZIT UND AUSBLICK.....</b>	<b>29</b>
6.1	Entwicklung eines Produkt Prototypen .....	29
6.2	Entwicklung eines automatisierten Testverfahrens .....	29
6.3	Konzeptionierung/ Entwicklung einer mobilen Testanlage .....	29
6.4	Entwicklung einer Marketing-Strategie.....	29
6.5	Entwicklung und Aufbau eines Vertriebsprozess .....	29
<b>ANHANG.....</b>	<b>I</b>	
A.	Prüfprotokoll .....	I
B.	Flyer Better Sol .....	III
C.	Anleitung Set .....	VII
D.	Projektgeschäft B2B.....	VIII
E.	Solar Clean Projekt.....	IX
F.	Solar Clean Projekt.....	XI



## **ABBILDUNGEN**

Abbildung 1: Einteilung der Arbeitspakete hinsichtlich der Kategorien Vertrieb und Technische Entwicklung .....	4
Abbildung 2: Preisentwicklung von Mainstream Solarmodulen im B2B-Bereich .....	5
Abbildung 3: Vollständiger Prototyp-Testprozess .....	8
Abbildung 4: Schnittmuster EL-Bild mit vier Kameras .....	9
Abbildung 5: Prüfsoftware zur Erkennung und Bewertung von Fehlern aus der EL Prüfung .	10
Abbildung 6: Beispiellabel für ein geprüftes 2nd-Life Modul .....	11
Abbildung 7: Auszug aus der Datenbank .....	11
Abbildung 8: Intelligente Auswertung .....	14
Abbildung 9: Corporate Design Better Sol .....	18
Abbildung 10: Darstellung des neuen Webshops im Corporate Design .....	19
Abbildung 11: Drop Down Menü zur Wahl der Modulkategorie .....	20
Abbildung 12: Start von Instagram .....	21
Abbildung 13: Auswertung Vertriebsprozess für a) Abholung (links) und b) Lieferung (rechts) .....	23
Abbildung 14: Product Checkout .....	25
Abbildung 15: Eckenschutz für die Lieferung von Einzelmodulen .....	26

## **TABELLEN**

Tabelle 1: Preise der 2nd-Life Module in €/W in Abhängigkeit von der Leistungsklasse .....	5
Tabelle 2: Aktualisierte Preise der 2nd-Life Module in€/Wp in Abhängigkeit von der Leistungsklasse .....	6
Tabelle 3: Darstellung der verschiedenen Produkte für die Stecker-Solaranlagen .....	6
Tabelle 4: Anforderungsliste für die mobile Prüfung .....	12
Tabelle 5: Segmentanalyse .....	15
Tabelle 6: Zielgruppenanalyse B2B und B2C .....	16



Tabelle 7: SWOT-Analyse .....18

## **ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

EL	Elektrolumineszenz
KI	Künstliche Intelligenz
SEO	Suchseitenoptimierung



## 1 Kurzfassung

Für die Energiewende werden zahlreiche Solarmodule produziert und installiert. Die jährliche Abfallmenge von Solarmodulen wird allein in Deutschland für das Jahr 2030 über 150.000 Tonnen (ca. 7,5 Millionen Solarmodule) betragen und steigt in den kommenden Jahren weiter exponentiell an. Gemäß CircuSol, einem Konsortium aus 15 Institutionen, ist die Hälfte des Abfallstroms an Solarmodulen für den Wiedereinsatz verwendbar, also 2nd-Life fähig. Aktuell werden diese 2nd-Life fähigen Solarmodule jedoch nicht ausreichend geprüft, sodass sie dem Recycling zugeführt werden.

Durch den Einsatz unseres automatisierten und intelligenten Prüfsystems können wir die Solarmodule vor einer frühzeitigen Entsorgung bewahren.

Durch die Förderung der Better Sol GmbH durch das DBU Green Startup Programm haben wir die Möglichkeit innerhalb des 24-monatigen Förderzeitraums unseren Teststand zum automatisierten Testen von Solarmodulen zu entwickeln, aufzubauen und in Betrieb zu nehmen. So können wir erstmalig Testdaten generieren, mithilfe dessen der Machine Learning Algorithmus angelern und optimiert werden kann. So können wir 2nd-Life Solarmodule mit garantierter Leistung und einer Leistungsprognose zurück in den Markt bringen und das volle Potenzial der Module ausschöpfen. Für den Vertrieb der Solarmodule soll ein Vertriebsprozess und eine Marketingstrategie aufgebaut werden. Dadurch steigt die Sichtbarkeit und die Aufklärung in der Gesellschaft hinsichtlich der Ressourcenverschwendung in der Solarindustrie.

Durch die Verlängerung der Lebensdauer von Solarmodulen werden endliche und kritische Ressourcen, wie Silizium oder Silber gespart. Das vermeidet wiederum CO<sub>2</sub>-Emissionen und Treibhausgase, da die Module bereits produziert wurden. Die prognostizierte Abfallmenge für 2030 entspricht 150.000 Tonnen an Solarmodulen. Für die Herstellung dieser Module werden 1,2 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente emittiert. Durch die Wiederverwendung kann die Lebensdauer von 50 % der Module verlängert werden, dadurch würden anhand der Zahlen für 2030 ca. 0,6 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente eingespart werden.

Mit unseren geprüften, wiederverwendeten 2nd-Life Solarmodulen schaffen wir einen Zugang zu sauberer, bezahlbarer Energie, wodurch nachhaltige Städte und Gemeinden geschaffen werden. Durch unser Angebot fördern wir einen nachhaltigen Konsum und eine nachhaltige Erzeugung von Solarstrom. Gleichzeitig vermeiden wir die Verschwendung von Ressourcen.



## 2 Einführung und Motivation

Die Better Sol GmbH prüft und vertreibt gebrauchte Solarmodule an private und gewerbliche Kund\*innen. Unsere Mission ist, die Ressourcenverschwendung in der Solarindustrie zu beenden. Dafür retten wir Solarmodule vor einer frühzeitigen Entsorgung!

Die Solarmodule werden in einem Testverfahren auf ihre Funktionsfähigkeit und Wiederverwendbarkeit geprüft. Die Messdaten werden mithilfe eines Algorithmus bewertet, sodass nur funktionsfähige und leistungsstarke Solarmodule für die Wiederverwendung in Frage kommen.

Der Testprozess besteht neben einer optischen Sichtprüfung nach äußeren Fehlern aus den im Folgenden kurz beschriebenen Prüfungen:

1. Die Leistungsprüfung der Solarmodule erfolgt mit dem Sonnensimulator. Dieser bildet das Sonnenspektrum ab. Dadurch kann unabhängig vom Wetter die aktuelle Leistung des Solarmoduls bestimmt werden.
2. Mit der sogenannten Elektrolumineszenz-Messung können kleinste Risse oder Hotspots erkannt werden, die mit dem bloßen Auge nicht erkennbar sind. Hierfür wird das Solarmodul bestromt. Das Solarmodul strahlt im Infrarotbereich, außer an den Stellen, an denen die Zelle Fehler aufweist.
3. Mit elektrischen Sicherheitstest wie dem Hochspannungs- und Isolationstest können wir gewährleisten, dass das Solarmodul elektrisch intakt ist.

Durch die Prüfung können die intakten Module von den defekten getrennt werden, sodass die noch funktionsfähigen Solarmodule ein zweites Leben absolvieren können. Durch die Verlängerung der Lebensdauer der Solarmodule können die endlichen und kritischen Ressourcen der Solarmodule geschont werden.

In unserem Onlineshop werden die 2nd-Life Module mit einem Kostenvorteil von ca. 30 % gegenüber neuen Solarmodulen an private und gewerbliche Kund\*innen vertrieben.

Durch die Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt als Green Startup haben wir die Möglichkeit unseren Testprozess zu vervollständigen und ein automatisiertes Testverfahren für die Module zu entwickeln. Zudem können wir eine Marketing-Strategie entwickeln und einen Vertriebsprozess etablieren.

### **3 Vorgehensweise und Projektablauf**

Mit einer Fördersumme von 124,040,00 € und einem Förderzeitraum von 24 Monaten startete am 08.08.2023 das Projekt „Ein zweites Leben für Solarmodule durch einen intelligenten Testprozess“.

Das Projekt ist geprägt durch die vorherige Definition der verschiedenen Arbeitspakete. Die im Vorfeld definierten Arbeitspakete werden im Folgenden genannt und kurz beschrieben:

#### **3.1 Entwicklung eines Produkt-Prototypen**

Mit einem Arbeitsaufwand von sechs Monaten sollen in diesem Arbeitspaket verschiedene Produkte rund um die 2nd-Life Module entwickelt werden. Dazu zählen unter anderen die 2nd-Life Einzelsolarmodule, vorgefertigte Sets für den Balkon oder Sets für Einfamilienhäuser.

#### **3.2 Entwicklung eines automatisierten Testverfahrens**

Mit einem Arbeitsaufwand von 12 Monaten soll in diesem Arbeitspaket der Testprozess um einen Sonnensimulator erweitert und vervollständigt werden. Zudem sollen erste weitere Automatisierungen an der Testanlage erfolgen. Um ein intelligentes Prüfen zu ermöglichen, muss eine Datenbank zur Verarbeitung der Testdaten und ein Auswertalgorithmus zur Bewertung der Testdaten entwickelt werden.

#### **3.3 Konzeptionierung/ Entwicklung einer mobilen Testanlage**

Mit einem Arbeitsaufwand von zwei Monaten soll in diesem Arbeitspaket eine Testanlage für den mobilen Einsatz zur Prüfung von gebrauchten Modulen konzeptioniert werden. Hierfür muss gemäß den Anforderungen eine Testanlage entwickelt werden. Zudem soll eine erste Skizzierung und 3D-Modellierung des Konzeptes erfolgen.

#### **3.4 Entwicklung einer Marketing-Strategie**

Mit einem Arbeitsaufwand von zwei Monaten soll in diesem Arbeitspaket eine Marketing-Strategie für den Verkauf von 2nd-Life Solarmodulen entwickelt werden. Dazu zählen unter anderem der Aufbau und das Design eines Webshops sowie eine überarbeitete Außendarstellung z.B. in Form eines Pitch Decks.

### 3.5 Entwicklung und Aufbau des Vertriebsprozesses

Mit einem Arbeitsaufwand von drei Monaten soll in diesem Arbeitspaket ein Vertriebsprozess aufgebaut werden. Hierzu zählen die Verwaltung der Kund\*innen Daten und Rechnungen, aber auch die interne Organisation.

### 3.6 Strukturierung der Arbeitspakete

Die Arbeitspakete unterlagen keiner zeitlichen Strukturierung und wurden teilweise auch parallel durchgeführt.

Die Arbeitspakete lassen sich hinsichtlich ihrer Thematik in zwei Kategorien unterteilen: Vertrieb und Technische Entwicklung. In Abbildung 1 ist die Zuordnung der Arbeitspakete hinsichtlich der beiden Kategorien dargestellt.



**Abbildung 1: Einteilung der Arbeitspakete hinsichtlich der Kategorien Vertrieb und Technische Entwicklung**

Im folgenden Kapitel 4 werden die bisherigen Ergebnisse der Arbeitspakete dokumentiert und beschrieben.

## 4 Projektergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Projektergebnisse anhand der in Kapitel 3 genannten Arbeitspakete beschrieben.

### 4.1 Entwicklung eines Produkt Prototypen

Für den Verkauf der 2nd-Life Module sind verschiedene Produkte und Produktkategorien geplant. Der Verkauf für private Kunden und Kundinnen erfolgt grundsätzlich über den eigenen Shop, welcher über die Website erreichbar ist. Der Marktstart erfolgte am 15.08.2023 mit dem Verkauf von 2nd-Life Modulen. Hierfür werden die 2nd-Life Module abhängig von ihren Prüfergebnissen in eine der Leistungskategorien A+, A und B klassifiziert. Der Preis pro Solarmodul ist dabei abhängig von der Wattzahl und der jeweiligen Leistungsklasse.

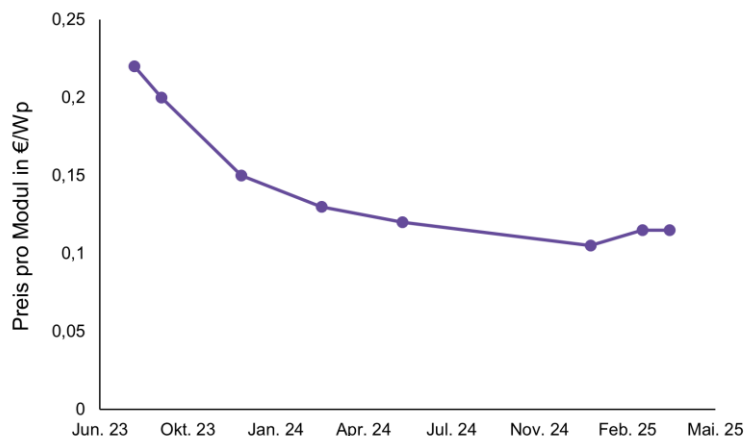
In Tabelle 1 sind die aktuellen Preise pro Watt dargestellt.

**Tabelle 1: Preise der 2nd-Life Module in €/W in Abhängigkeit von der Leistungsklasse**

Leistungsklasse A+	Leistungsklasse A	Leistungsklasse B
0,11 €/Wp	0,10 €/Wp	0,09 €/Wp

Nach einem Jahr im Markt musste eine weitere Preisanpassung erfolgen, da der Preis für Neumodule stetig gesunken ist. Dies ist vor allem durch die Sicherung des PV-Marktes durch China zu erklären. Aktuell besitzt China mit einem Marktanteil von bis zu 99 % zur Herstellung von kristallinen Siliziummodulen weltweit den größten Anteil.

In Abbildung 2 ist die Preisentwicklung von Solarmodulen im Neumarkt für den B2B-Bereich dargestellt. Im Sommer 2024 lag der Modulneupreis bei 0,12 €/Wp.



**Abbildung 2: Preisentwicklung von Mainstream Solarmodulen im B2B-Bereich**

Die angepassten Preise sind in der nachfolgenden Tabelle 2 abgebildet.

**Tabelle 2: Aktualisierte Preise der 2nd-Life Module in€/Wp in Abhängigkeit von der Leistungsklasse**

Leistungsklasse A+	Leistungsklasse A	Leistungsklasse B	B2B-Bereich
0,10 €/Wp	0,09 €/Wp	0,08 €/Wp	0,07 €/Wp


Vergleichbar mit Abbildung 2 entspricht der Preisvorteil im B2B-Bereich für Sommer 24 in etwa 40 %.







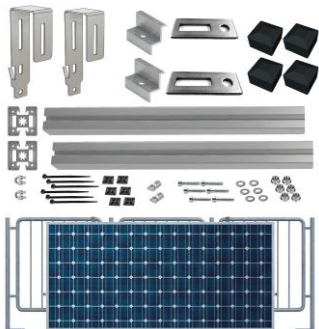

Die Einteilung in die verschiedenen Leistungsgruppen ermöglicht es mehr Modulen ein zweites Leben zu schenken.

Im März 2024 erfolgte die Produktveröffentlichung für vorkonfigurierte Stecker-Solar-Anlagen bis 800 W mit zwei 2nd-Life Solarmodulen. Die verschiedenen Sets sind einsetzbar für den Balkon, Garage oder Gartenhütte.

Die in Tabelle 3 dargestellten Produkte sind notwendige Bestandteile für die Stecker-Solaranlagen.

**Tabelle 3: Darstellung der verschiedenen Produkte für die Stecker-Solaranlagen**

Produkte	Zusammenarbeit mit...
<p>2nd-Life Solarmodule</p> 	

<p>Wechselrichter</p> 	 <p><b>WATTSTUNDE</b></p>
<p>Schuko Kabel</p> 	 <p><b>WATTSTUNDE</b></p>
<p>Verbindungskabel</p> 	 <p><b>WATTSTUNDE</b></p>
<p>Halterung</p> 	 <p>Balkonkraftwerk600 über ein Affiliate Programm</p>

Die Zusammenarbeit mit Wattstunde ermöglicht es uns nach Bedarf die Produkte einzukaufen. Durch die Partnerschaft mit Balkonkraftwerk600 und deren Affiliate Programm, haben wir die Möglichkeit unser Produktportfolio, um verschiedene Halterungen zu erweitern, ohne den Lagerbestand zu erhöhen. Zudem profitieren wir und unsere Kund\*innen von dem Kundensupport von balkonkraftwerk600.

Bei der Auswahl der Partnerschaften fokussierten wir uns auf Unternehmen aus Deutschland, die es uns ermöglichten geringe Stückzahlen einzukaufen oder ein Affiliate Programm anbieten. Wichtig dabei sind uns qualitativ hochwertige Produkte und eine gute Kommunikation.

Neben den vorkonfigurierten Stecker-Solaranlagen mit einer Gesamtleistung von 800 W haben unsere Kund\*innen auch das Interesse an Solaranlagen für die eigene Hausdachanlage bekundet. Hier arbeiten wir seit März 2024 mit der Plankton PV GmbH zusammen. Die Plankton PV GmbH ist unser Partner für die Selbstbau-Solar Projekte. Von Balkonkraftwerk bis zur Solaranlage übernehmen sie die Planung und die Elektroinstallation. Das in Braunschweig beheimatete Unternehmen möchte so den Selbstbau fördern und die Energiewende von unten stärken. Better Sol stellt hierfür die 2nd-Life Solarmodule.

Um ein Komplettpaket für die Solaranlage inklusive Planung, Montage und Installation anzubieten arbeiten wir seit Juli 2024 mit der B+E Solution GmbH zusammen. Auch hier stellt Better Sol die 2nd-Life Solarmodule.

## 4.2 Entwicklung eines automatisierten Testverfahrens

Im Rahmen des DBU Green Startup Programms konnte eine Vervollständigung der Prototyp Anlage erfolgen.

Im ersten Schritt wurde die Anlage um einen Sonnensimulator „Flasher“ erweitert. Der Flasher ermöglicht es die aktuelle Leistung der Solarmodule zu messen. Für die Wiederverwendung ist die Leistungsmessung eine essenzielle Kennzahl.

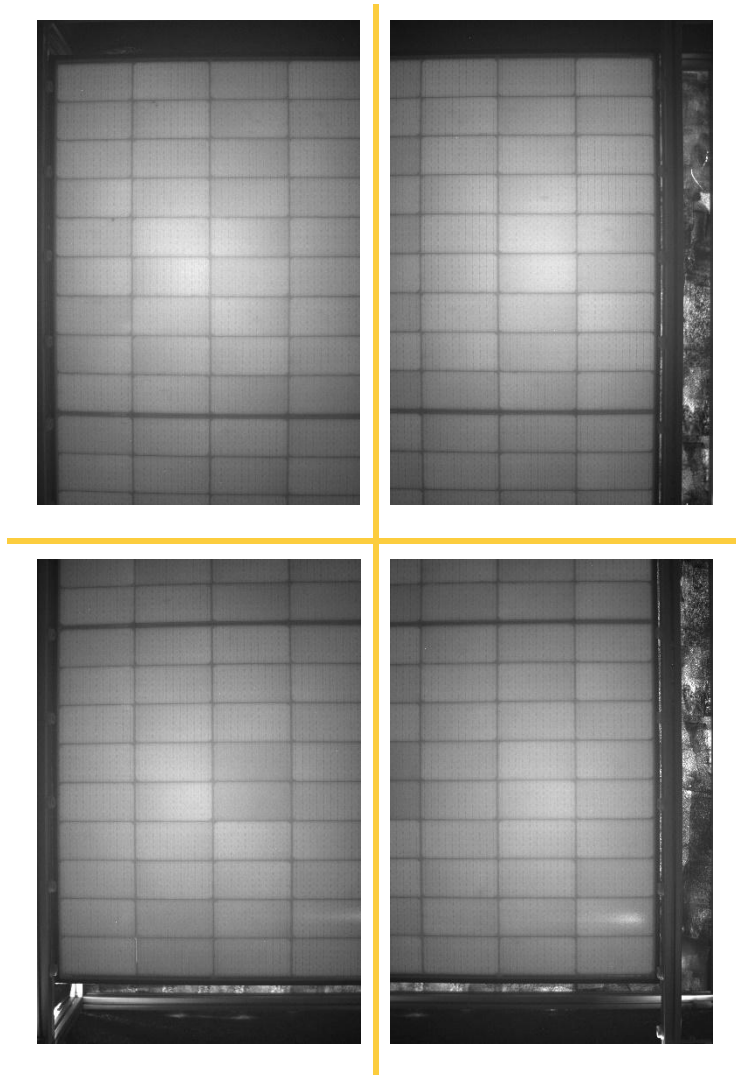
In Abbildung 3 ist der vollständige Prüfprozess bestehend aus Flasher und EL-Box dargestellt.



**Abbildung 3: Vollständiger Prototyp-Testprozess**

Neben der Erweiterung um den Flasher wurde auch die EL-Box verbessert und um zwei Kameras erweitert. Die Kameras sind notwendig, um ein Foto von dem Modul zu erstellen, um Zellfehler sichtbar zu machen.

In der nachfolgenden Abbildung 4 ist ein EL-Bild von einem Solarmodul ohne Fehler dargestellt und die Teilung in vier Viertel. Die Erweiterung der EL-Box um zwei weitere Kameras ermöglicht zum Einem einen kompakteren Prüfaufbau und ein einfacheres Handling der Solarmodule. Durch die weiteren Kameras kann die EL-Box auf der gleichen Höhe wie der Flasher aufgebaut werden wodurch ein durchlaufender Prüfprozess gewährleistet wird.



**Abbildung 4: Schnittmuster EL-Bild mit vier Kameras**

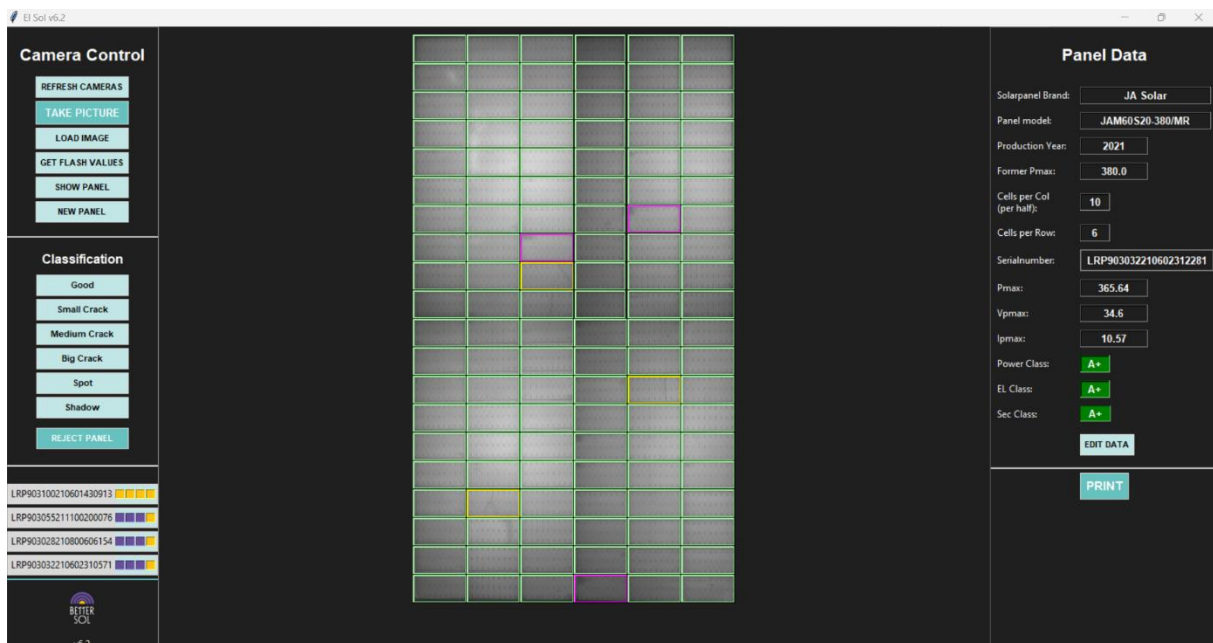
Durch das Schnittmuster des Solarmoduls in vier Teile müssen diese wieder zu einem Bild zusammengefügt werden, ohne dass es zur Dopplung von Zellen bei der anschließenden Bewertung kommt. Die dafür notwendige Programmierung wird in der Programmierung des Auswertalgorithmus mit abgebildet.

Die Prüfsoftware ist essenziell für das Arbeitspaket „Entwicklung einer automatisierten Testanlage“, denn nur mit einer Prüfsoftware zur Verarbeitung und Bewertung der Messergebnisse ist ein automatisiertes und intelligentes Prüfen der Solarmodule möglich. Durch den Einsatz

von maschinellem Lernen ermöglicht der Prüfalgorithmus ein objektives und reproduzierbares Bewerten der Solarmodule. Die Prüfergebnisse aus dem Sonnensimulator und der EL-Messung werden an den Algorithmus übermittelt und ausgewertet.

Für die Ergebnisse aus dem Flasher wird die gemessene Leistungskurve und die gemessene Leistung in Abhängigkeit vom Alter des Solarmodul bewertet. So kann die Leistung in Abhängigkeit von dem Alter des Solarmoduls ausgewertet werden.

Für die Bewertung der EL-Messung werden die vier EL-Bilder eines Solarmoduls aus Abbildung 4 in ein Bild umgewandelt. Im Anschluss wird das EL-Bild in die einzelnen Zellen geschnitten. Jede Zelle kann nun auf Zellfehler bewertet werden. Ein Einblick in die Prüfsoftware erfolgt in Abbildung 5.



**Abbildung 5: Prüfsoftware zur Erkennung und Bewertung von Fehlern aus der EL Prüfung**

Die in Rot umrandeten Zellen sind hierbei defekte Zellen und die grün umrandeten Zellen intakte Zellen. Die unterschiedlichen Zellfehler defekter Zellen sind bspw. Mikrorisse, Hotspots oder gealterte Zellen. Die einzelnen Fehler werden hinsichtlich ihres Einflusses auf das Modul und dessen Lebensdauer bewertet und in Relation zur Gesamtmodulfläche gesetzt.

Am Ende der Auswertung erhält das Modul ein Label mit den Testdaten und der Leistungs-klasse. Ein Beispiellabel ist in der nachfolgenden Abbildung 6 dargestellt.



Weitere Automatisierungskonzepte für die Testanlage wurden definiert und teilweise konzeptioniert.

- Förderband mit Lichtsensorik zum automatischen Durchlauf
- Waschanlage zur Säuberung der Module: Hier erfolgt aktuell eine Ausarbeitung mit dem Fraunhofer IPA. Ein Auszug der Projektbeschreibung ist in Anhang E zu finden.
- Drehstation zur Drehung der Module auf die entsprechende Seite für den Testprozess
- Automatische Kontaktierung und Dekontaktierung der Module
  - o Kabelkontaktierung durch Roboterarme mit Bilderkennung: Ein Auszug der Projektbeschreibung ist in Anhang F zu finden.
  - o Antrag mit Braunschweiger Partner in der Robotertechnik in Jarvis Programm
- Modulerkennung und Kommunikation zwischen den Stationen
  - o Zusammenarbeit mit Solar Materials GmbH für gemeinsame Entwicklung der Modulerkennung in Planung
- Automatische Beladung und Entladung der Testanlage mit Solarmodulen: Hier ist eine Nutzung und Integration eines Roboters in Planung

### 4.3 Konzeptionierung/ Entwicklung einer mobilen Testanlage

Ziel der Konzeptionierung einer mobilen Testanlage ist es, die Solarmodule dort zu prüfen, wo sie deinstalliert werden. Dazu zählen vor allem Solarparks, wo Solarmodule im großen Stil deinstalliert werden. Durch den Einsatz einer mobilen Testanlage können Transport und Logistikkosten und -aufwände gespart werden.

Für die Konzeptionierung würde zunächst eine Anforderungsliste erstellt. Für die Umsetzung der Anforderungen wurden jeweils ein bis zwei messbare Ziele definiert. Die Anforderungsliste ist in der nachfolgenden Tabelle 4 dargestellt.

**Tabelle 4: Anforderungsliste für die mobile Prüfung**

Anforderungen	Umsetzung	Messbare Ziele
Technische Anforderungen	Geringer Platzbedarf und Mobilität der Anlage	- Integration der Prüfanlage in einem 40 Fuß Seecontainer

	Automatisierung der Prüfanlage	- kein personeller Einsatz ist für die Prüfung an der Anlage notwendig - Prüfzeit pro Modul max. 1:30 min
	Intelligente Auswertung	- kein personeller Einsatz für die Auswertung an der Anlage notwendig - Prüfzeit pro Modul max. 1:30 min
Funktionale Anforderungen	Funktionsprüfung der Solarmodule unter Nutzung der folgenden Testverfahren:	
	- Sichtprüfung	- Ausschluss optischer Fehler am Modul
	- Leistungsmessung	- Mindestleistung von 80 % der Solarmodule
	- EL-Messung	- Ausschluss von Zellfehler
	- Prüfung der elektrischen Sicherheit	- Modul ist elektrisch sicher
Ergonomische Anforderungen	Keine gesundheitlichen Risiken - Einhaltung der notwendigen DIN Normen	

Um eine mobile Prüfung der Solarmodule zu ermöglichen, erfolgt die Integration der Testanlage in einem 40 Fuß Seecontainer. Die Testanlage vereint dabei die folgenden Prüfschritte:

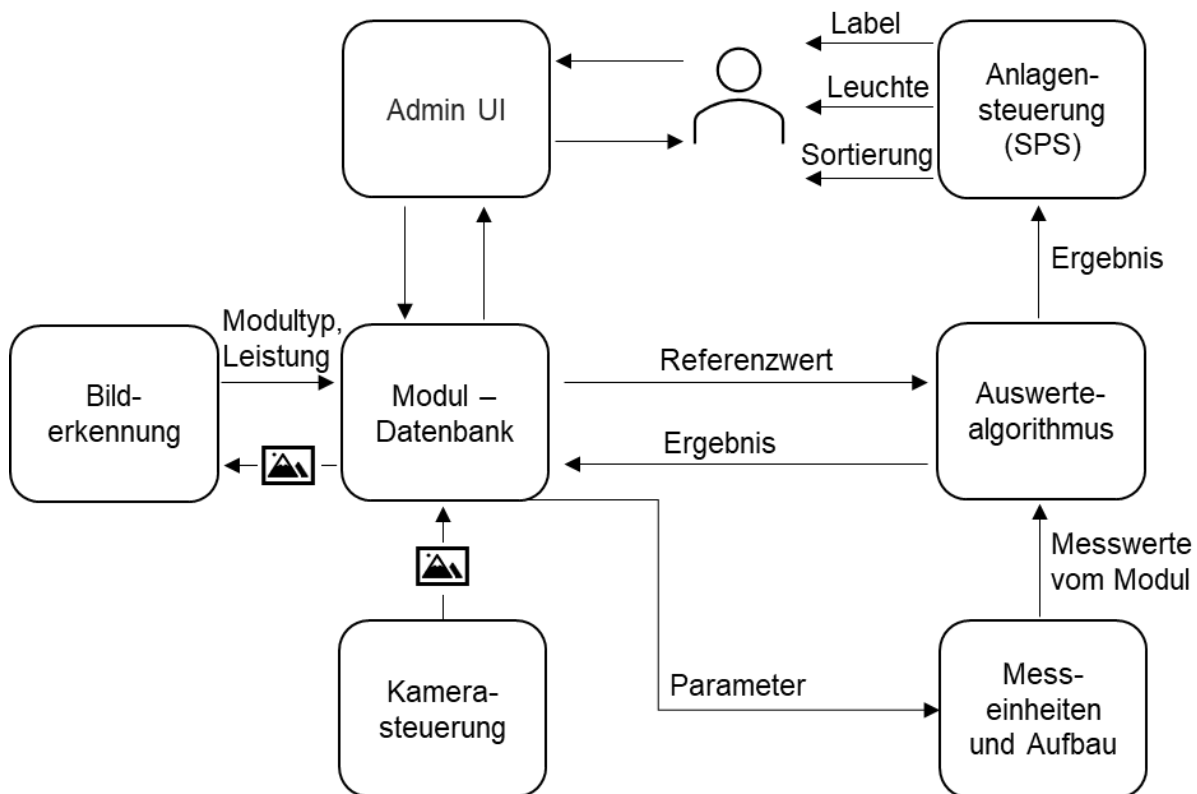
- Sichtprüfung
- Leistungsmessung
- Detektion von Zellfehlern wie Mikrorisse oder Hotspots
- Prüfung der elektrischen Sicherheit

Um einen automatisierten Testprozess zu gewährleisten, erfolgt die Be- und Entladung der Solarmodule am Testanfang und -ende mit Robotern. Auch die Kontaktierung und Dekontaktierung an den einzelnen Teststationen erfolgt unter Einsatz von Robotik. So kann ein schnelleres Prüfen sicher gestellt werden da der Einsatz von Personal ist nicht notwendig.

Um die Anforderung der intelligenten Auswertung und des geringen operativen Aufwands zu erfüllen, soll die Auswertung der EL-Bilder mithilfe eines Maschine Learning (ML) Algorithmus erfolgen. Eine Aussage zu treffen, inwieweit ein Zellfehler zum Ausfall des Solarmoduls führt, ist ohne ML-Algorithmus kaum möglich.

Der Vorteil einer Auswertung mithilfe eines Algorithmus gegenüber einem Menschen besteht darin, dass der Algorithmus objektiv und reproduzierbar die Fehler bewertet. Die Auswertung der Messergebnisse ist genauer. Mithilfe des ML-Algorithmus kann zudem eine Leistungsprognose der Solarmodule erstellt werden.

Die beschriebene Zusammenarbeit zwischen Bilderkennung, Messgeräten, Datenbank und Auswertung ist in nachfolgender Abbildung 8 graphisch dargestellt.



**Abbildung 8: Intelligente Auswertung**

Die Kamera macht ein Bild vom Typenschild. Das Bild wird in der Datenbank gespeichert und mithilfe der Bilderkennung ausgelesen. Die Informationen auf dem Typenschild wie Modultyp oder Leistung werden in der Modul-Datenbank als neuer Eintrag gespeichert. Diese Daten

entsprechen den Soll-Werten. Die notwendigen Parameter wie Strom- und Spannungswerte werden den Messeinheiten übermittelt. Die Maße des Solarmoduls werden dem Testaufbau übermittelt. Die durch die Messeinheit generierten Messergebnisse werden wiederum vom Auswertalgorithmus ausgewertet. Dieser nutzt die aus der Bilderkennung generierten Soll – Werte als Referenzwert. Die Auswertung des Algorithmus erfolgt nach den definierten Auswertekriterien und die Bewertung der EL-Bilder durch den Einsatz maschinellen Lernens. Das Ergebnis, welches der Auswertalgorithmus berechnet wird an die Modul-Datenbank und an die Anlagensteuerung gegeben. Ein Label mit entsprechender Zusammenfassung der Messergebnisse wird ausgegeben. Zudem wird ein positives Ergebnis über eine grüne Leuchte und ein negatives Ergebnis über eine rote Leuchte signalisiert. Ein positives Ergebnis bedeutet, dass das Solarmodul für die Wiederverwendung geeignet ist, während ein negatives Ergebnis bedeutet, dass das Solarmodul nicht für die Wiederverwendung geeignet ist. Die Person am Prüfstand hat zudem die Möglichkeit über die Steuer- und Verwaltungsoberfläche Zugriff auf die Datenbank zu erhalten.

#### 4.4 Entwicklung einer Marketing-Strategie

Für die Entwicklung einer Marketing-Strategie erfolgte die Ausarbeitung der folgenden Analysen:

- Zielgruppen – Analyse
- SWOT

Diese werden im Folgenden zusammengefasst dargestellt.

##### Zielgruppen – Analyse

Zunächst erfolgte eine Segmentanalyse für den Vertrieb von Solarmodulen im B2B und B2C Bereich. In der nachfolgenden Tabelle 5 sind die verschiedenen Segmente und ihre charakteristischen Merkmale und Bedürfnisse dargestellt.

**Tabelle 5: Segmentanalyse**

B2B		
Segment	Merkmale	Bedürfnisse/ Chancen
Landwirtschaftliche Betriebe	Hoher Tagesstromverbrauch, große Dachflächen	Günstige Lösung, Robustheit, Selbstversorgung
KMU & Gewerbetreibende	Steigende ESG-Vorgaben, Energieeinsparung	ROI, Image, einfache Umsetzung

Kommunale Einrichtung	Förderfähig, öffentliches Interesse	Nachhaltigkeit und Vorbild
<b>B2C</b>		
<b>Segment</b>	<b>Merkmale</b>	<b>Bedürfnisse/ Chancen</b>
Privathaushalte mit Eigenheim	Eigentum, steigende Energiekosten, begrenztes Budget	Einstieg in PV günstiger & schneller
Balkonkraftwerk-Interessierte	Mieter*innen, leben in der Stadt, Einsteiger*innen	DIY, kompakte Lösung, niedriger Preis
Selbstversorger & Nachhaltigkeits-Enthusiast*innen	Autarkieorientiert, oft technisch versiert	DIY

Aus der Segmentanalyse erfolgte eine Zielgruppenanalyse für die folgenden Zielgruppen, dargestellt in Tabelle 6:

**Tabelle 6: Zielgruppenanalyse B2B und B2C**

	Balkonkraftwerkinteressierte
Soziodemografische Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 25 bis 38 Jahre</li> <li>- Mieter und Eigentümer kleiner Wohnungen</li> <li>- Urbane Ballungsräume und größere Städte</li> <li>- ab 2.000 € netto/Monat</li> <li>- über 70 % Hochschulabsolventen</li> </ul>
Bedürfnisse, Wünsche, Ziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Senkung der eigenen Stromkosten</li> <li>- Beitrag zur Energiewende</li> <li>- Plug-and-Play-Lösung mit geringem bürokratischen Aufwand</li> </ul>

Größe & Kaufkraft	<ul style="list-style-type: none"> <li>- über 500.000 Balkonkraftwerke in Deutschland in 2024</li> <li>- 80 % Wachstumsprognosen für 2025</li> </ul>
ICP (Ideal Customer Profile)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 27 Jahre</li> <li>- Hochschulabsolvent</li> <li>- 2-Zimmer Wohnung in Berlin</li> <li>- informiert sich auf YT, Insta</li> </ul>
	KMU & Gewerbetreibende
Soziodemografische Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 20 bis 200 Mitarbeitende</li> <li>- Branche: Handwerk, Produktion, Logistik</li> </ul>
Bedürfnisse, Wünsche, Ziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Senkung der eigenen Stromkosten</li> <li>- Verbesserung der CO2 Bilanz</li> <li>- Unabhängigkeit</li> <li>- Planbare Kosten</li> </ul>
Größe & Kaufkraft	<ul style="list-style-type: none"> <li>- über 2,5 Mio. KMU</li> <li>- steigende Energiepreise und Subventionen steigern Nachfrage</li> <li>- Markt mit 30 % Wachstum</li> </ul>
ICP (Ideal Customer Profile)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geschäftsführer eines Logistikunternehmens</li> <li>- eigene Halle im Industriegebiet mit großer Dachfläche</li> <li>- Stromkosten senken und CO2 Bilanz verbessern</li> <li>- investiert 100 k€ in PV-Anlage</li> </ul>

### SWOT – Analyse

Die in Tabelle 7 dargestellte SWOT – Analyse beschreibt Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken.

**Tabelle 7: SWOT-Analyse**

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geprüfte, günstige 2nd-Life Solar-module</li> <li>- Einsatz von maschinellen Lernen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Begrenzte Marktbekanntheit</li> </ul>
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hohes Wachstumspotenzial</li> <li>- Förderung und Subvention aus der Politik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Preisabhängigkeiten vom Neumarkt</li> </ul>

#### 4.4.1 Corporate Design

Im ersten Schritt erfolgte die Entwicklung eines einheitlichen Corporate Design bestehend aus den Unternehmensfarben lila und gelb, einem Logo, passenden Visitenkarten, Flyern und Pitch Deck.

Eine Darstellung dessen erfolgt in der nachfolgenden Abbildung 9. Ein Auszug vom Flyer ist im Anhang B zu finden.



**Abbildung 9: Corporate Design Better Sol**

Aufbauend auf dem Corporate Design wurde auch die Website mit Webshop angepasst. Der Wechsel der E-Commerce Software ermöglichte es die Plattform individueller auf unsere Bedürfnisse für den Verkauf von 2nd-Life Modulen anzupassen. Dazu gehörte zum Einem die Freiheit der Gestaltung der Website und zum anderen die Möglichkeit unser Angebot besser abbilden zu können. Dazu zählt die Auswahl für die Kund\*in zwischen Lieferung und Abholung und die Integration von verschiedenen Steuersätzen.

## 4.4.2 Darstellung Webshop

In Abbildung 10 ist die Darstellung des neuen Webshops im Corporate Design dargestellt.



**Abbildung 10: Darstellung des neuen Webshops im Corporate Design**

Im vergangenen Jahr wurde zudem die Darstellung im Shop vereinfacht. Ziel ist es eine einfachere Produktdarstellung zu integrieren, um das Käuferlebnis für Kund\*innen zu vereinfachen. Hierfür wurden die einzelnen Leistungsklassen eines Moduls in einem Produkt zusammengefasst. Die Wahl der Leistungsklasse des Moduls erfolgt über ein Drop-Down Menü, wie in Abbildung 11 dargestellt.



**GCL SOLAR GCL-M8/60H380**

ab 34,20 €

exkl. MwSt. zzgl. *Versandkosten*

MODULKLASSE

1

**PayPal**  **Später Bezahlen**

**Geprüft. Nachhaltig. Leistungsstark.**  
 Unsere gebrauchten Solarmodule durchlaufen eine sorgfältige technische Prüfung und sind voll funktionsfähig – ideal für alle, die nachhaltig Strom erzeugen möchten, ohne auf Qualität zu verzichten.

**Abbildung 11: Drop Down Menü zur Wahl der Modulklasse**

Zudem können Kunden und Kundinnen den Zubehör zum Balkonkraftwerk frei wählen. Hier kann über Kabellänge, Wechselrichter und Speicher entschieden werden.

#### 4.4.3 Soziale Medien

Neben dem verbesserten Auftritt im E-Commerce startete im September 2023 der Auftritt von Better Sol bei Instagram und Facebook. Ziel ist es hier vor allem private Kunden und Kundinnen in Braunschweig und Umgebung zu erreichen. Hierfür informieren wir auf der Plattform über die Geschäftsidee, unsere Motivation und unsere Produkte. Ein erster Testlauf mit Instagram Ads erfolgte bereits, soll aber noch weiter ausgebaut werden. Ein Ausschnitt aus der bisherigen Darstellung bei Instagram ist in Abbildung 12 zu sehen.



31 Beiträge 177 Follower 98 Gefolgt

**Better Sol GmbH**

Wir bieten mit unseren Second Life Solarmodulen viel Leistung für wenig Geld! Sei dabei und schenke Solarmodulen ein... mehr  
Friedrich-Seele-Straße 28, Braunschweig 38122  
🌐 [www.better-sol.com](http://www.better-sol.com) + 1

122 Konten in den vergangenen 30 Tagen erreicht. [Insights ansehen](#)



Presse



Hannover Me...



Events



Partner\*innen



Jobs



Neu

BEITRÄGE

REELS

GESPEICHERT

MARKIERT



**Abbildung 12: Start von Instagram**

Auch LinkedIn als Plattform soll durch einen gezielten Plan zur Veröffentlichung der Beiträge weiter ausgebaut werden. Die Zielgruppe hier sind vor allem Personen aus dem gewerblichen Bereich wie zum Beispiel Solarparkbetreibende. Hier ist eine Kooperation interessant für den Einkauf von gebrauchten Solarmodulen, um einen gesicherten Zulaufstrom zu haben.

#### 4.4.4 Acceleratoren und Messen

Über Messen und Veranstaltungen konnten wir weiterhin unsere Sichtbarkeit steigern. Durch die Teilnahme an der Hannover Messe 2024 haben sich die Webseitenbesuche um den Faktor 50 verbessert. Aber auch lokale Veranstaltungen wie der Energietag 38 oder der Wolfenbütteler Umweltmarkt haben dazu geführt die lokale Bekanntheit zu steigern. Im Jahr 2025 konnten wir durch die Teilnahme an der Inter Solar in München unser Netzwerk in der Solarindustrie weiter ausbauen und vertiefen.

Weiterhin erfolgten Teilnahmen an Acceleratoren bei der Braunschweig Zukunft GmbH im Batch market.in, im Smart City House in Osnabrück und im High Tech Inkubator in Goslar.



## **4.5 Entwicklung und Aufbau eines Vertriebsprozesses**

### **4.5.1 Vertrieb B2C**

Durch den Marktstart am 15.08.2023 wurde auch ein erster Vertriebsprozess etabliert, der im Laufe des ersten Jahres stetig weiterentwickelt und verbessert wurde. Zum Vertriebsprozess zählen die folgenden Schritte:

- Automatische Übertragung der Informationen der Kund\*innen ins ERP-System und Ausstellung einer Rechnung
- 2nd-Life Module oder Sets im Lager vorbereiten
- Benachrichtigung des Logistikpartner bei Lieferung der 2nd-Life Module oder Sets
- Ausgabe der 2nd-Life Module oder Sets bei Abholung durch Kund\*in von mittwochs bis freitags

Ziel des Vertriebsprozess ist es, so wenig manuelle Schritte wie möglich zu haben und die Verknüpfungen zwischen den einzelnen Schritten einfach zu halten.

Mit 400 verkauften 2nd-Life Modulen pro Monat wurde ein Vertriebsziel festgelegt, welches durch folgende Maßnahmen erfüllt werden soll:

- Werbung schalten über Google Ads, Instagram Ad und eine verbesserte Websiteoptimierung (SEO)
- Regionale Sichtbarkeit: Flyer und Sticker, Veranstaltungen und Presse
- Support für Kundschaft: Blogbeiträge, Workshops, Anleitungen für Sets (siehe Anhang C), Newsletter und Feedbackbogen

Um von der Sichtbarkeit und Größe anderer Plattformen zu profitieren, werden die 2nd-Life Module auch auf anderen Plattformen wie Kleinanzeigen und SecondSol beworben. SecondSol ist eine Plattform speziell für Solarmodule und dessen Zubehör. Für die Plattform Kleinanzeigen wurde ein automatisiertes Antwortetool installiert, um die Anfragen zu beantworten und zum Better Sol Shop weiterzuleiten.

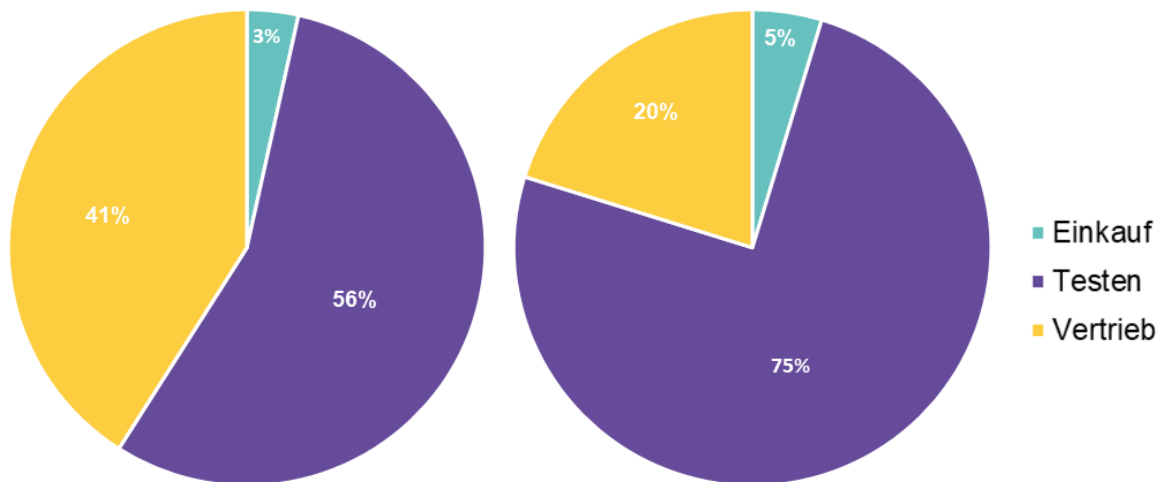
### **4.5.2 Vertrieb B2B**

Durch die Einführung des sogenannten „Projektgeschäfts“ ist der Zugang für B2B geschaffen. Hier kann durch eine erhöhte Absatzmenge pro Kund\*in eine Steigerung der Verkäufe geschaffen werden. Das Kennblatt für das Projektgeschäft ist im Anhang D. Der Eintritt in den B2B-Markt erfolgte Ende 2024 erfolgte. Die Gründe für die Umsetzung waren die Nutzung weiterer Vertriebsplattformen (siehe Kapitel 4.5), der Aufbau eines Vertriebsnetzwerkes sowie die Sicherung größerer Mengen zu prüfender gebrauchter Solarmodule. Unsere

ersten Kunden sind hier Installateure und Vertrieber gebrauchter Solarmodule. So konnten wir erstmalig bis zu 1.000 Module in Großaufträgen vertreiben.

### 4.5.3 Analyse zu Vertriebszeiten

Eine interne eigens durchgeführte Analyse zum Vertriebsprozess ergab, dass vor allem der Kund\*innen Kontakt neben den Testzeiten den größten zeitlichen Bedarf haben. In der Analyse wurde zwischen Lieferung und Abholung unterschieden. In Abbildung 13 sind die Zeiten der einzelnen Schritte dargestellt.



**Abbildung 13: Auswertung Vertriebsprozess für a) Abholung (links) und b) Lieferung (rechts)**

Zur Kategorie Vertrieb zählen der Kund\*innen Kontakt, die Vor- und Nachbereitung des Kaufes mit Rechnungen, Lagerarbeit und Ausgabe der Module sowie die Arbeit im ERP-System. Anhand der Faktoren ergab sich eine durchschnittliche Arbeitszeit von 21,3 min/ Modul für die Lieferung und 28,8 min/ Modul für die Abholung. Um diese Zeiten zu minimieren, wurden Maßnahmen erstellt und umgesetzt.

#### Maßnahme 1: Einfacheres Käuferlebnis

Um Nachfragen von den Kund\*innen zu minimieren wurde wie in Kapitel 4.4.2 „Darstellung des Webshops“ beschrieben, die Produktansicht vereinfacht. Zudem wurden die FAQs verbessert, Anleitungen für den Aufbau von Produktsets integriert und ein Anrufbeantworter mit gängigen Fragen eingesprochen.



### Maßnahme 2: Automatisierte Rechnungserstellung

Durch eine Verknüpfung zwischen Shop und ERP-System erfolgt nun eine automatisierte Erstellung von Rechnungen und Lieferscheinen, die das System an die Kund\*innen nach Kaufabschluss sendet. Zudem werden die Auftragsbestätigung und die Sendebestätigung bei Lieferung automatisch an die Kund\*innen versandt. Durch diese Maßnahmen kann die Nachbearbeitungszeit deutlich minimiert werden. Hier sind keine manuellen Schritte notwendig.

### Maßnahme 3: Vereinfachte Lagerarbeiten

Um die Vor- und Nachbereitung von Abholungen und Lieferungen im Lager zu verkürzen wurden folgende Maßnahmen eingeführt:

- feste Abholtag zweimal pro Woche, die Terminbuchung erfolgt über ein Terminbuchungstool
- Kund\*innen werden gebeten am Abholtag zu zweit und mit einem ausreichend großen Fahrzeug zu kommen, um den Abholprozess zu beschleunigen
- Lieferungen werden an einem festen Tag an die Spedition abgegeben

### Maßnahme 4: Automatisierte Abbildung des Warenbestandes

Die zuvor durchgeführten manuellen Inventuren waren zeitintensiv und fehleranfällig, sodass bspw. eine falsche Anzahl an Modulen im Shop verfügbar waren. Um dies zu verhindern, wurde eine Verknüpfung zwischen Prüffortschritt und Webshop hergestellt. Ein Mal am Tag erfolgt eine Synchronisation zwischen Testsoftware und Shop, um den aktuellen Bestand an geprüften Solarmodulen automatisiert zu übertragen.

Für den Verkauf wurde ein „Product Checkout“ entwickelt. Diese Datenbank schreibt die verkauften Module mit Seriennummern dem jeweiligen Kunden oder der jeweiligen Kundin zu. Im Falle einer Retour kann das fehlerhafte Modul erneut geprüft werden und mit den ersten Testergebnissen verglichen werden. So kann eine Weiterentwicklung der Auswertung der Prüfergebnisse erfolgen.

Zudem kann der Lagerbestand erfasst werden.

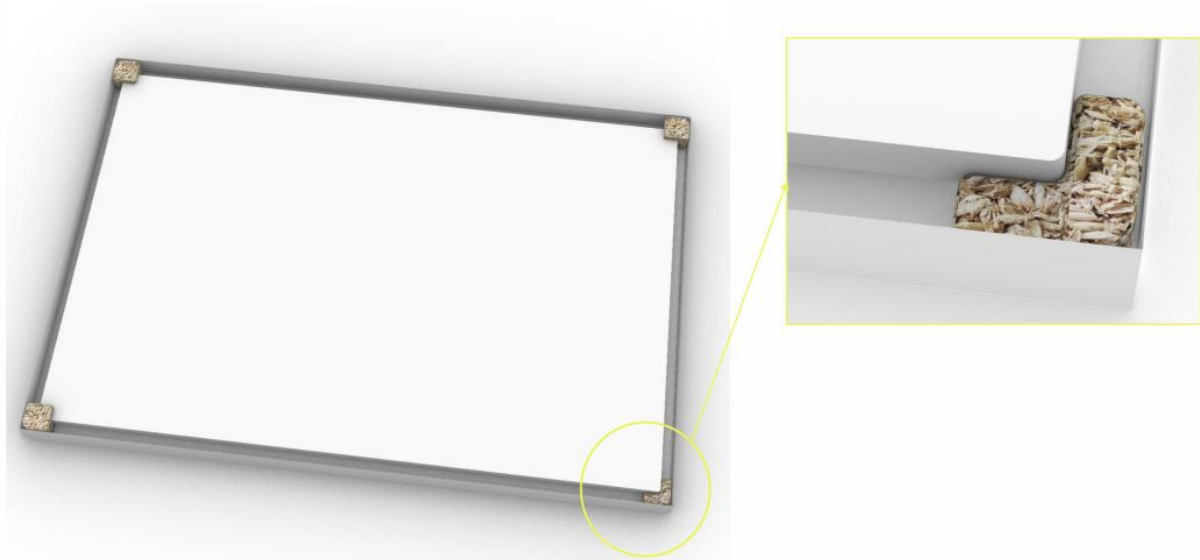
In Abbildung 14 ist die Darstellung der Software „Product Checkout“ abgebildet.

Product Checkout		Jürgen Roos Order Number: 2142 02/08/2025 Abholung Kunde			Solarmodule: 2/2 Zubehör: 0/0	
<b>Order Info</b>		Christian Bradtmöller Order Number: 2141 30/07/2025 Abholung Kunde			Solarmodule: 1/2 Zubehör: 0/0	
Jürgen Roos Date: 02/08/2025 Order Number: 2142		Kai Marschall Order Number: 2139 29/07/2025 Abholung Kunde			Solarmodule: 2/2 Zubehör: 0/0	
<b>Solarmodule</b>		Reinhard Tesch Order Number: 2107 22/07/2025 Abholung Kunde			Solarmodule: 20/20 Zubehör: 0/0	
GCL Solar GCL-M10/54H410 - A 2/2		Christian Lehmann Order Number: 2106 21/07/2025 Abholung Kunde			Solarmodule: 1/1 Zubehör: 0/0	
<b>Zubehör</b>		Marcel Szugfil Order Number: 2105 20/07/2025 Abholung Kunde			Solarmodule: 2/2 Zubehör: 0/0	
		Frank Beyerlein Order Number: 2104 19/07/2025 Abholung Kunde			Solarmodule: 0/4 Zubehör: 0/0	
		Christian Lehmann Order Number: 2102 15/07/2025 Abholung Kunde			Solarmodule: 1/1 Zubehör: 0/0	
		Frank Beyerlein Order Number: 2100 14/07/2025 Abholung Kunde			Solarmodule: 0/2 Zubehör: 0/0	
		Erik Gippert Order Number: 2099 10/07/2025 Abholung Kunde			Solarmodule: 0/4 Zubehör: 0/0	
		Marc Wachowski Order Number: 2093 09/07/2025 Abholung Kunde			Solarmodule: 34/36 Zubehör: 0/0	
		Edgar Günther Order Number: 2092 09/07/2025 Abholung Kunde			Solarmodule: 2/2 Zubehör: 0/1	
		Matthias Neß Order Number: 2091 05/07/2025 Abholung Kunde			Solarmodule: 4/4 Zubehör: 0/0	
		Sabrina Müller Order Number: 2090 04/07/2025 Abholung Kunde			Solarmodule: 2/2 Zubehör: 0/1	
		Kevin Nack Order Number: 2089 03/07/2025 Abholung Kunde			Solarmodule: 0/7 Zubehör: 0/0	
		Wolfgang Litzinger Order Number: 2088 03/07/2025 Lieferung			Solarmodule: 10/16 Zubehör: 0/0	
		Ehler Ulrich Order Number: 2087 02/07/2025 Abholung Kunde			Solarmodule: 1/1 Zubehör: 0/0	

Abbildung 14: Product Checkout

#### 4.5.4 Lieferkonzept der Solarmodule

Für die Lieferung von Einzelmodulen wurde ein neues Transport- und Verpackungskonzept entwickelt. Dieses erfolgte in Zusammenarbeit mit Proservation. Das Unternehmen stellt Verpackungen aus Getreidehülsen her. In der nachfolgenden Abbildung 15 ist der Eckenschutz visualisiert.



**Abbildung 15: Eckenschutz für die Lieferung von Einzelmodulen**

Die Module werden in Pappkartons verpackt. Der Kantenschutz dient zum Schutz der Module. Durch den Einsatz der Einzelverpackung konnte die Zahl an Transportschäden minimiert werden. Bei der Recherche nach einer neuen Verpackung von Einzelmodulen wurde besonders Wert auf eine Verpackung mit minimalen Ressourcenaufwand gelegt. Durch die Zusammenarbeit mit Proservation ist dies gelungen.

## 5 Öffentlichkeitsarbeit und Veröffentlichungen

Die Öffentlichkeitsarbeit ist kein zentrales Arbeitspaket. Allerdings wurde durch die Marketing-Strategie diese gezielt gefördert. In Kapitel 4.4 sind daher einzelne Bausteine für die Öffentlichkeitsarbeit bereits beschrieben worden. Dazu zählt die Außendarstellung über die Sozialen Medien wie Instagram und LinkedIn, sowie die Teilnahme an verschiedenen Veranstaltungen oder Messen.

Weitere Veröffentlichungen über Better Sol sind in den nachfolgenden Links zu finden:

Teilnahme als DBU Green Startup, 08.2023

<https://www.dbu.de/projektdatenbank/35505-93/>

Presseartikel Bayern innovativ, 11.2023

<https://www.bayern-innovativ.de/de/seite/loesungen-fuer-ressourcenschonende-photovoltaik>

Teilnahme Museum „Jetzt geht’s rund“, 04.2024

<https://www.jetztgehtsrund.org/>

Tagesschau-Beitrag, 22.04.2024



Tagesschau-Beitrag.  
mp4

NTV Beitrag, Juni 2024

<https://plus.rtl.de/video-tv/serien/ntv-service-931343/2024-6-1003028/episode-121-thema-ua-gebrauchte-balkonkraftwerke-kaufen-978199>

NDR Beitrag

<https://www.ndr.de/nachrichten/info/Lohnen-sich-gebrauchte-Solaranlagen,ndrinfo61994.html>



ARD Podcast

[Zehn Minuten Wirtschaft · Balkonkraftwerk: jetzt oder jetzt? · Podcast in der ARD Audiothek](#)

YesBS Podcast bei Spotify

<https://open.spotify.com/episode/4UuiwFqJPzur4wVH6KGFkw?si=uRCxIIcP56aTqcy7ek-v1w>

Beitrag im finnischen Rundfunk

- Fernsehbeitrag ab Minute 5.45: <https://arenan.yle.fi/1-71958390>

- Zeitung: <https://yle.fi/a/7-10080324>



Solpaneler

- Radio: återanvändning Tysl

## **6 Fazit und Ausblick**

In Kapitel 6 wird die weitere Planung der Umsetzung der einzelnen Arbeitspakete beschrieben.

### **6.1 Entwicklung eines Produkt Prototypen**

Im Rahmen der Produktentwicklung soll für die flexible Produktauswahl ein Konfigurator auf der Homepage integriert werden. Der Konfigurator ermöglicht es, Sets passend zum jeweiligen Einsatz zu konfigurieren.

Bei Wunsch einer Planung und Installation einer Solaranlage, soll eine direkte Verknüpfung zu dem jeweiligen Partnerunternehmen über den Konfigurator erfolgen.

### **6.2 Entwicklung eines automatisierten Testverfahrens**

Für die Automatisierung der Testanlage müssen, die in Kapitel 4.2 beschriebene Konzepte zur Automatisierung umgesetzt oder konzipiert werden. Hier ist vor allem das Ziel die technische Entwicklung mithilfe verschiedener Forschungsprojekte umzusetzen.

### **6.3 Konzeptionierung/ Entwicklung einer mobilen Testanlage**

Für neben der bereits stehenden technischen Entwicklung der mobilen Testanlage, soll diese wirtschaftlich bewertet werden. Ziel dieser ökonomischen Bewertung ist es den Einsatzzweck der Anlage hinsichtlich der Anzahl der Module und Ort der Prüfung zu bewerten. Geplant ist die Ausarbeitung der Fragestellung in einem weiteren Forschungsprojekt umzusetzen.

### **6.4 Entwicklung einer Marketing-Strategie**

Für ein zielgerichtetes Marketing soll ein Kommunikationskonzept ausgearbeitet werden. Ziel dessen soll es sein eine gerichtete Ansprache von Kund\*innen zu erörtern. Neben den Botschaften und den passenden Kanälen für die Zielgruppen soll auch ein finanzielles Budget für die Umsetzung abgeschätzt werden.

### **6.5 Entwicklung und Aufbau eines Vertriebsprozess**

Nach der ersten Analyse und Maßnahmenumsetzung der Vertriebszeiten (vgl. Kapitel 4.5.3) soll eine erneute Analyse erfolgen, um die Umsetzung der Maßnahmen zu bewerten, sowie den Prozess weiter zu optimieren.

Das beschriebene Product Checkout Programm soll als Auswertetool für Verkaufszahlen und Umsatz weiterentwickelt werden.

## Anhang

### A. Prüfprotokoll



#### Prüfprotokoll

##### Moduldaten

Marke	GCL Solar
Modell	GCL-M10/54H410
Nennleistung [W]	410.0
Produktionsjahr	2021
Seriennummer	36230428C260702
Test Datum	2025_05_05
Test Zeit	14_31
Modulklasse	A+

##### Flash-Test

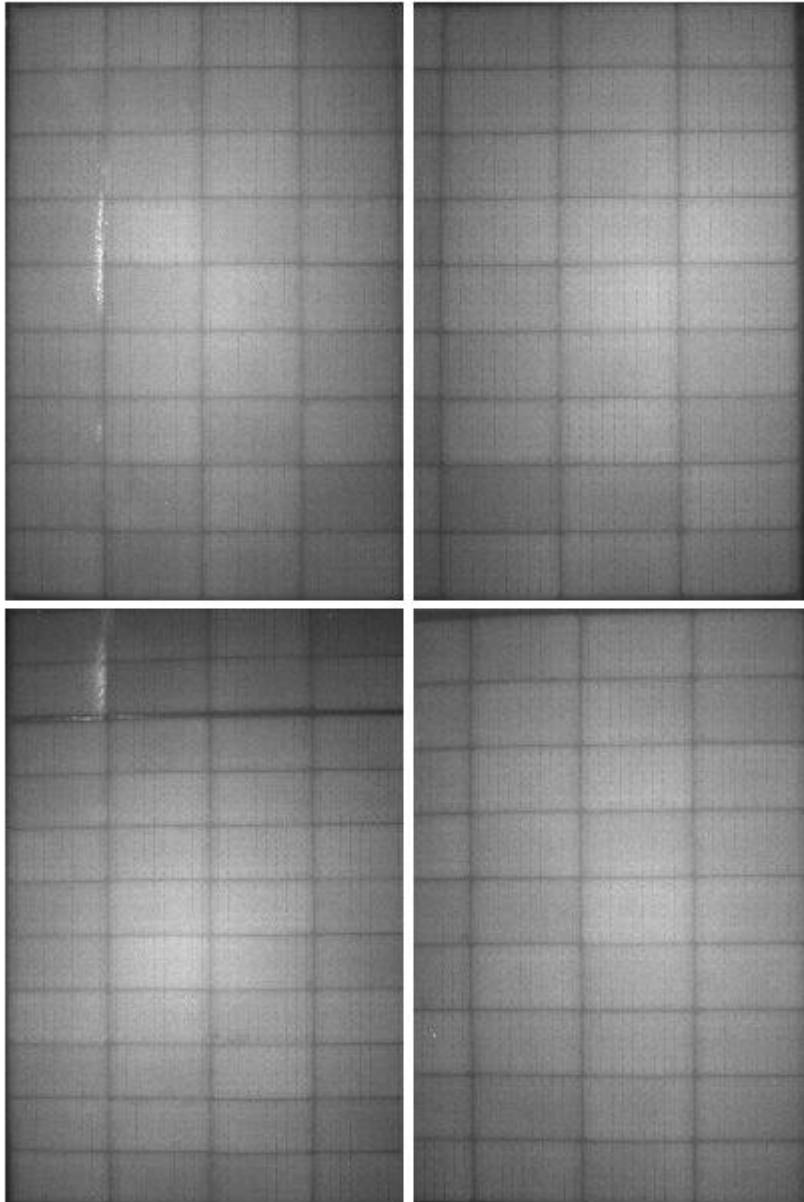
Leistung MPP [W]	396.91
Relative Restleistung [%]	96.81
Spannung MPP [V]	30.28
Strom MPP [A]	13.11
Leerlaufspannung [V]	36.36
Kurzschlussstrom [A]	13.6
Leistungsklasse	A+

##### Elektrolumineszenz-Test

Betroffene Zellen	0
Schadenspunkte	0
EL-Klasse	A+



**EL-Bilder**



Seite 2

*Better Sol GmbH; Sitz der Gesellschaft: Friedrich-Seele-Straße 26, 38122 Braunschweig; Registergericht: Braunschweig, HRB 210003;  
Geschäftsführer\*in: Luisa Schulze, Mirko Laube*



## B. Flyer Better Sol

Seite 1





Bei Better Sol erhältst Du gebrauchte und geprüfte Solarmodule.  
Von Balkonkraftwerk bis 2nd-Life Solarmodul - Schau in unserem  
Online-Shop vorbei und schenke Solarmodulen  
ein zweites Leben: [www.better-sol.com](http://www.better-sol.com)



[www.better-sol.com](http://www.better-sol.com)

---

---

---

---

Hast du Fragen, Interesse oder Ideen?  
Dann schreib uns doch gerne an [info@better-sol.com](mailto:info@better-sol.com)  
Du findest uns auch hier:



[bettersolgmbh](https://www.instagram.com/bettersolgmbh)



Better Sol GmbH

**HI!**

*Wir sind Mirko  
und Luisa und wir  
haben es uns zur  
Aufgabe gemacht  
Solarmodulen ein  
zweites Leben zu  
schenken!*



## UNSERE MOTIVATION

*Die Ressourcenverschwendung in der Solarindustrie zu beenden.*

## DER WEG

*Eine automatisierte und intelligente Prüfung aller Solarmodule,  
um so funktionierende Module vor einer Entsorgung zu retten.*

## DIE ANWENDUNG

*Von Balkonkraftwerk bis zur eigenen Solaranlage auf deinem Haus.  
Unsere 2nd-Life Module sind vielseitig einsetzbar.*

**SEI DABEI UND SCHENKE MIT UNS  
SOLARMODULEN EIN ZWEITES LEBEN!**

*Das geht ganz einfach über unseren Shop  
[www.better-sol.com](http://www.better-sol.com)*



AUCH  
ICH!

BETTER  
SOL

DU FINDEST UNS AUCH HIER:

 [bettersolgmbh](#)  [Better Sol GmbH](#)  [info@better-sol.com](mailto:info@better-sol.com)

Tipp: Auch dieser Karte kannst du als Postkarte oder Kühlschrank-Deko ein zweites Leben schenken!

## C. Anleitung Set



Anleitung Set  
820W.pdf

## D. Projektgeschäft B2B



### NACHHALTIGE ENERGIE FÜR IHR UNTERNEHMEN – 450 KWP AUS WIEDERVERWENDETEN SOLARMODULEN

#### SCHENKEN SIE SOLARMODULEN EIN ZWEITES LEBEN

Die Better Sol GmbH prüft und vertreibt gebrauchte Solarmodule an private und gewerbliche Kund\*innen. Unsere Mission ist, die Ressourcenverschwendung in der Solarindustrie zu beenden. Dafür retten wir Solarmodule vor einer frühzeitigen Entsorgung!

Bei uns erhalten Sie gebrauchte und qualitativ geprüfte Solarmodule. Schenken Sie Solarmodulen ein zweites Leben!

#### UNSER BESTSELLER – 410 WP VON JA SOLAR



##### Die Fakten

- Hersteller: Ja Solar JAM54S30-410/MR
- Lagerbestand von 1.100 Modulen
- Installierte Leistung von 450 kWp
- Preis ab 0,08 €/Wp
- Mindestabnahmemenge 3 Paletten a 30 Stück

##### Die Vorteile

- Preisvorteil gegenüber neuen Modulen
- Schonung von kritischen Ressourcen Silber und Silizium
- Geprüfte Qualität

##### Informationen rund ums Modul:

- Alter des Moduls: 2 Jahre
- 95% der ursprünglichen Leistung
- Größe 1722 x 1134 x 30 mm

Die Solarmodule werden in einem Testverfahren auf ihre Funktionsfähigkeit und Wiederverwendbarkeit geprüft. Die Messdaten werden mithilfe eines Algorithmus bewertet, sodass nur funktionsfähige und leistungsstarke Solarmodule für die Wiederverwendung in Frage kommen.

Der Testprozess besteht neben einer optischen Sichtprüfung nach äußeren Fehlern aus den im Folgenden kurz beschriebenen Prüfungen:

1. Die Leistungsprüfung der Solarmodule erfolgt mit dem Sonnensimulator. Dieser bildet das Sonnenspektrum ab. Dadurch kann unabhängig vom Wetter die aktuelle Leistung des Solarmoduls bestimmt werden.
2. Mit der sogenannten Elektrolumineszenz-Messung können kleinste Risse oder Hotspots erkannt werden, die mit dem bloßen Auge nicht erkennbar sind. Hierfür wird das Solarmodul bestromt. Das Solarmodul strahlt im Infrarotbereich, außer an den Stellen, an denen die Zelle Fehler aufweist.
3. Mit elektrischen Sicherheitstest wie dem Hochspannungs- und Isolationstest können wir gewährleisten, dass das Solarmodul elektrisch intakt ist.

#### BEI INTERESSE ERSTELLEN WIR GERNE EIN ERSTES ANGEBOT!

##### Weitere Informationen über uns:

Kontaktieren Sie uns gerne für ein erstes Angebot!

-  [www.better-sol.com](http://www.better-sol.com)
-  [info@better-sol.com](mailto:info@better-sol.com)
-  +49 176 859 709 08
-  [bettersolgmbh](https://www.instagram.com/bettersolgmbh)

## E. Solar Clean Projekt

Seite 1



Niedersachsen

NBank  
Wir fördern Niedersachsen

PROJEKTBESCHREIBUNG / ANLAGE ZUM ANTRAG (STAND: 12.11.2024)

### Titel: SolarClean - Reinigungszelle für die Überarbeitung von Solarpanelen zum Weiterverkauf als Second-Hand-Produkt

#### Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Förderung der Inanspruchnahme von Forschungsinfrastruktur - Innovationsgutschein

Erstellt am: 12.11.2024

Antragsnummer: 87040372

#### 1. Antragsteller

Firma: Better Sol GmbH  
Friedrich-Seele-Straße 28  
38122 Braunschweig

#### 2. Innovationsgehalt des Projektes

*Welches Produkt, Verfahren oder welche Dienstleistung soll durch das Forschungsvorhaben entwickelt oder verbessert werden und in welcher Hinsicht geht die Entwicklung über den unternehmensbezogenen Stand der Technik hinaus?*

##### 2.1. Stand der Technik (Ist-Zustand)

Das Fraunhofer ISE schätzt, dass ab 2029 jährlich zwischen 400 000 und einer Million Solarmodule abgebaut werden<sup>1</sup>. Die dabei entstehende Menge an Elektro-Abfall ist beachtlich, da bisher wenige großskalige Methoden zum werkstofflichen Recycling der Platten bereit stehen. Auch in Anbetracht der zur Herstellung notwendigen, endlichen Ressourcen (Wasser, seltene Erden, Energie) ist eine Entsorgung der Module nicht akzeptabel. Hingegen ist eine Wiederwertung der Anlagen durchaus möglich. Über einen Zeitraum von 20 Jahren verlieren Solarplatten im Schnitt nicht mehr als 10% ihrer Effizienz<sup>2</sup>. Mit einem entsprechenden Preisnachlass sind sie damit durchaus attraktiv für Privatanwender in Lagen, wo nicht die höchste Bepackungsdichte für die Wirtschaftlichkeit entscheidend ist. Derzeit gibt es bereits erste Ansätze, Solarmodule aus zweiter Hand zu verkaufen. Dabei macht das Reinigen der Solarzellen einen großen Teil der Arbeit aus. Eine gründliche Reinigung der Solarzellen ist erforderlich, da bereits geringe Mengen an Staub auf den Zellen deren Wirkungsgrad beeinträchtigen.

##### 2.2. Ziel der Arbeit (Zielvorstellung)

*Charakterisierung der Neuheit bzw. der Verbesserung, der qualitativen und quantitativen Vorteile sowie des innovativen Kerns bezogen auf den unternehmensbezogenen Stand der Technik*  
Ziel des Projekts ist die Konstruktion und Entwicklung einer automatischen Aufbereitungskammer für Solarzellen. Dabei soll menschlicher Eingriff auf das Einlegen und Anschließen der Solarzelle beschränkt werden, um die Kosten im Einsatz so gering wie möglich zu halten und keine Fachkräfte zu binden. Hierbei werden die folgenden Innovationen umgesetzt:

<sup>1</sup> Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Presseinformation 07.02.2022, S. 4: „PERC-Solarzellen aus 100 Prozent recyceltem Silizium; <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2022/perc-solarzellen-aus-recyceltem-silizium-hergestellt.html>

<sup>2</sup> Jordan, D.C.; Kurtz, S.R.: Photovoltaic Degradation Rates — An Analytical Review; DOI:10.1002/pip.1182

- Mechanische Beladehilfe für den Mitarbeiter, damit ergonomischen Arbeitsnormen Gewähr geleistet wird, und auch ältere oder weibliche Arbeiter\*innen die schweren Solarzellen einladen können, ohne dass Rückenprobleme entstehen können
  - Spezielle Bürsten-Geometrie des Reinigungs-Rollers, um einerseits eine Beschädigung der Solarzellen zu vermeiden, aber andererseits die Verschmutzung auch und gerade in den Fugen der Zelle zuverlässig zu entfernen, um so den maximalen Wirkungsgrad wieder herzustellen.
- Durch die Vereinigung dieser Innovationen soll gewährleistet werden, dass ein großer Teil der Solarplatten schnell und effizient einer zweiten Verwendung zugeführt werden können.

**2.3. Technisches Entwicklungsrisiko**

*Worin besteht das technische Entwicklungsrisiko in Ihrem Projekt?*

1. Reinigung der Zellen: Falls sich keine Kombination aus Bürsten-Geometrie und Reinigungsmittel finden lässt, die ohne menschliches Eingreifen die Vielzahl an möglichen Verschmutzungen reinigen kann, welche in Freiland-Anlagen auftreten, steht ebenfalls zu befürchten, dass die Anlage nicht automatisiert genug arbeiten kann.

**2.4. Realisierbarkeit**

*Wie soll das Projektziel erreicht werden?*

Für das Projektvorhaben wird das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA beauftragt. Das Fraunhofer IPA bringt seine Expertise in der Funktionsintegration und Automatisierungstechnik, sowie im Recycling. Hierbei wird zunächst eine Grundkonstruktion der Zelle vorgenommen, wobei auf eine ressourcensparende Bauweise geachtet wird. Anschließend werden die Mechanismen zur Beladung und zur automatischen Reinigung installiert. Dabei wird vor Allem auf den Schutz der Mitarbeitenden vor Kontakt mit Reinigungsmitteln und von der Solarzelle abgelöstem Schmutz geachtet. Wichtig ist auch, dass keine umweltschädlichen Stoffe aus den Reinigungsmitteln oder aus dem abgelösten Schmutz ins Abwasser gelangen.

**2.5. Marktfähigkeit**

*Beschreiben Sie den anvisierten Markt und Wettbewerber. Darüber hinaus stellen Sie bitte Ihr Vermarktungskonzept ggf. auch in Zusammenarbeit mit Dritten dar.*

Zielgruppe für die Innovation ist das Unternehmen Better Sol GmbH. Bisher sind keine komplettintegrierten Einheiten für die Reinigung von Solarzellen bekannt. Für die Reinigung von Hand werden momentan Geräte bekannter Hersteller wie Kärcher verwendet. Better Sol GmbH könnte somit eine Vorreiterrolle in der Aufbereitung von Solarmodulen einnehmen.

**3. Stärkefeld im Rahmen der RIS-3 Strategie**

*Ordnen Sie Ihr Projekt einem oder mehreren Stärkefeldern zu?  
(Mobilität, Lebenswissenschaften, Energietechnologien und -systeme, Land- und Ernährungswirtschaft, Neue Materialien, Produktionstechnik, Maritime Wirtschaft, Querschnittsfeld: Digitale Wirtschaft)*

Stärkefeld:	Energietechnologien und -systeme
Weitere:	Produktionstechnik

**4. Angaben zum Forschungspartner**

**4.1.1. Welche externe Forschungsinfrastruktur soll in Anspruch genommen werden?**

*Beachten Sie in diesem Zusammenhang, dass die Forschungs- und Entwicklungsdienstleister über eine Forschungsinfrastruktur nach 5.3. der zu Grunde liegenden Richtlinie verfügen, eine technische Kompetenz ausweisen müssen und geeignet sind, das Vorhaben erfolgreich durchzuführen. Grundsätzlich sollte ein Angebot bezüglich der Inanspruchnahme von Forschungsinfrastruktur vorgelegt werden.*

## F. Solar Clean Projekt

Digital GreenTech – ROBISOL  
 Roboterbasierte Inspektion und Second-Life Prüfung von Solarpanels



# ROBISOL

Roboterbasierte Inspektion und Second-Life Prüfung von Solarpanels

### Verbundkoordinator

Name	Dr. Lars Heim
Institution	Aeon Robotics GmbH
Adresse	Bültenweg 23a, 38106 Braunschweig
Telefon	+49 1797421866
Email	heim@aeonrobotics.com



Verbundpartner		Geplante Fördersumme (inkl. Projektpauschale)
AR	Aeon Robotics GmbH (StartUp, KMU)	431.000 €
BS	BetterSol (StartUp, KMU)	227.000 €
IST	Fraunhofer IST	332.000 €
Gesamtkosten		990.000 €
Gesamtfördersumme		792.600 €
Gesamtförderquote		80,06%

## 1 Motivation und Zielsetzungen

Der Boom der Solarindustrie in Deutschland und Europa hat zu einem massiven Anstieg von installierten Photovoltaikmodulen (PV-Module) geführt. Des Weiteren will Deutschland als eine der ersten Industrienationen bis 2045 klimaneutral wirtschaften und strebt bis 2040 eine installierte Kapazität von bis zu 400 GWp an. Alle installierten Solarmodule besitzen eine beschränkte Lebenserwartung und müssen am Ende ihres Lebenszyklus entsorgt werden. Bestehende Sammel- und Entsorgungssysteme für gebrauchte PV-Module sind heute nicht in der Lage, mit den zukünftig zu erwartenden Mengen maximal klimaschonend und ressourceneffizient umzugehen.

Das Vorhaben ROBISOL entwickelt ein KI-basiertes Robotersystem das erstmals die automatisierte Handhabung, Prüfung und Weiterverarbeitung von Solarmodulen innerhalb eines Kreislaufprozesses ermöglicht. Das Robotik-Startup Aeon Robotics entwickelt hierfür Roboter nach dem menschlichen Vorbild, die über ein patentiertes, KI-basiertes Anlernverfahren Greifkräfte und Greifbewegungen direkt vom Menschen erlernen und dadurch



speziell zur kraftsensiblen Handhabung von flexiblen Steckverbindungen von PV-Modulen ausgelegt sind. Durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit im Rahmen des ROBISOL Vorhabens kann der innovative Prüfprozess des Startups Better Sol erstmals vollständig automatisiert werden und ermöglicht so eine wirtschaftliche Weiterverwendung von PV-Modulen im Second-Life-Einsatz. Das Vorhaben wird dabei durch das Fraunhofer IST wissenschaftlich begleitet, um den Kreislaufprozess zu optimieren und gleichzeitig Kennziffern zur Performanz Analyse darzustellen.

### 1.1 Warum roboterbasierte Inspektion und Second-Life Prüfung von Solarpanels?

Ein ressourcenschonender Umgang mit fossilen Rohstoffen und der stetig steigende Bedarf an qualitativ hochwertigen, kostengünstigen Photovoltaikmaterialien bedingen eine zunehmende Diskrepanz zwischen dem wachsenden Markt und seiner sozio-ökologischen Kompatibilität. Zusätzlich hat China in den letzten Jahren eine Vormachtstellung auf dem Markt aufgebaut, während in Deutschland im letzten Jahrzehnt ein Großteil der Arbeitsplätze abgebaut wurde. Ein funktionierendes und wirtschaftlich tragfähiges Kreislaufmodell ist in Deutschland daher unerlässlich, um die nachhaltige Nutzung funktionsfähiger Produkte und die Schonung begrenzter Rohstoffe wie Silizium, Silber und seltener Erden sowie die Umweltverträglichkeit sicherzustellen. Die Wiederverwendung der Solarmodule senkt den ökologischen Fußabdruck und kann gleichzeitig die steigende Marktnachfrage trotz Ressourcenknappheit decken. Mit der Entwicklung dieser