

# Swissolar Webinar: Kreislaufwirtschaft und Projektabschluss von «Swiss PV Circle»

06.05.2025

## Berner Fachhochschule



Ässia Boukhatmi



Roger Nyffenegger

## SENS eRecycling




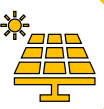




Michael Gasser

## Swissolar



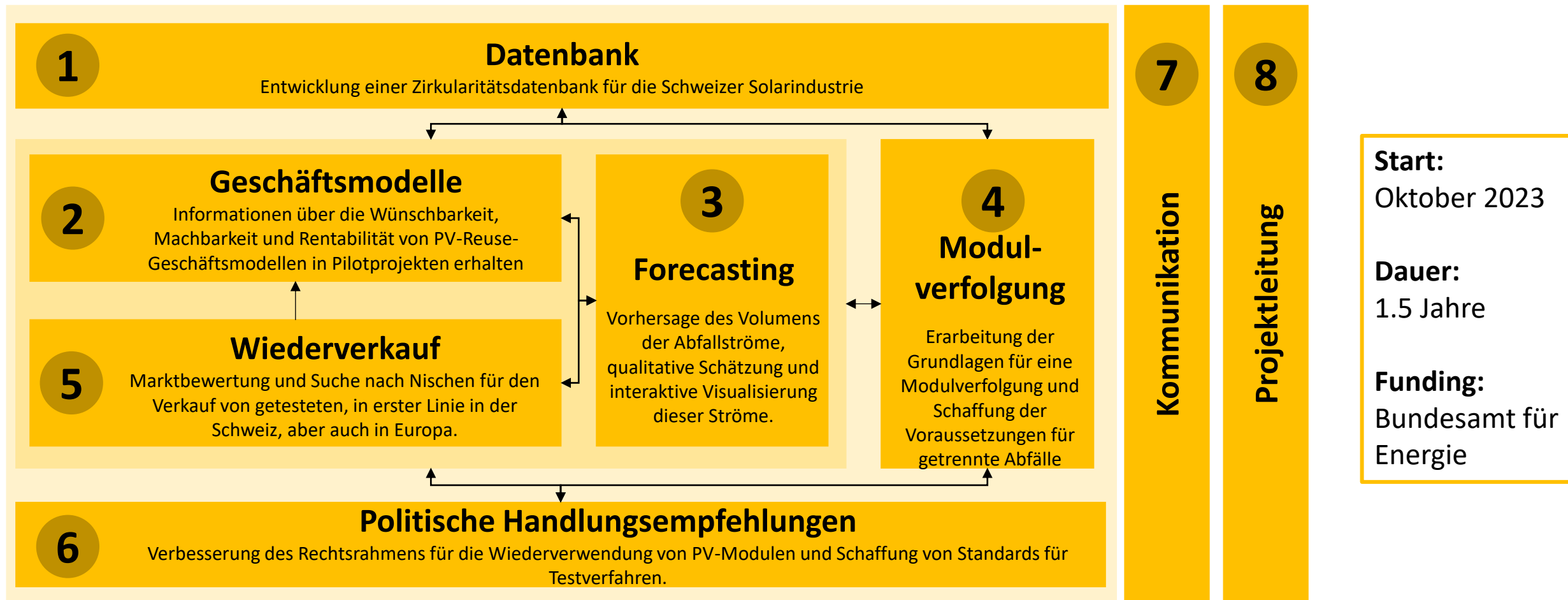
Fabio Giddey

# Ablauf

	1. Begrüssung	5min
	2. Wirtschaftlichkeit & Nachhaltigkeit der Wiederverwendung	10min
	3. Heute und Morgen: Daten als Grundlage der Wiederverwendung	10min
	4. Analyse Absatzmarkt für Secondhand-Module	10min
	5. Politische Handlungsempfehlungen und Ausblick	10min
	6. Q&A	15min



# Übersicht Swiss PV Circle



## Projektinitiatoren:

SWISSOLAR 

 SONS eRecycling



## Projektpartner:

 krannich



 Helion

 MEYER BURGER

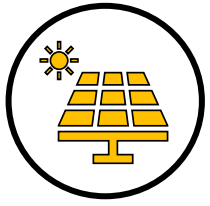
 CKW.

 Reiling  
Unternehmensgruppe



# Ein paar Zahlen





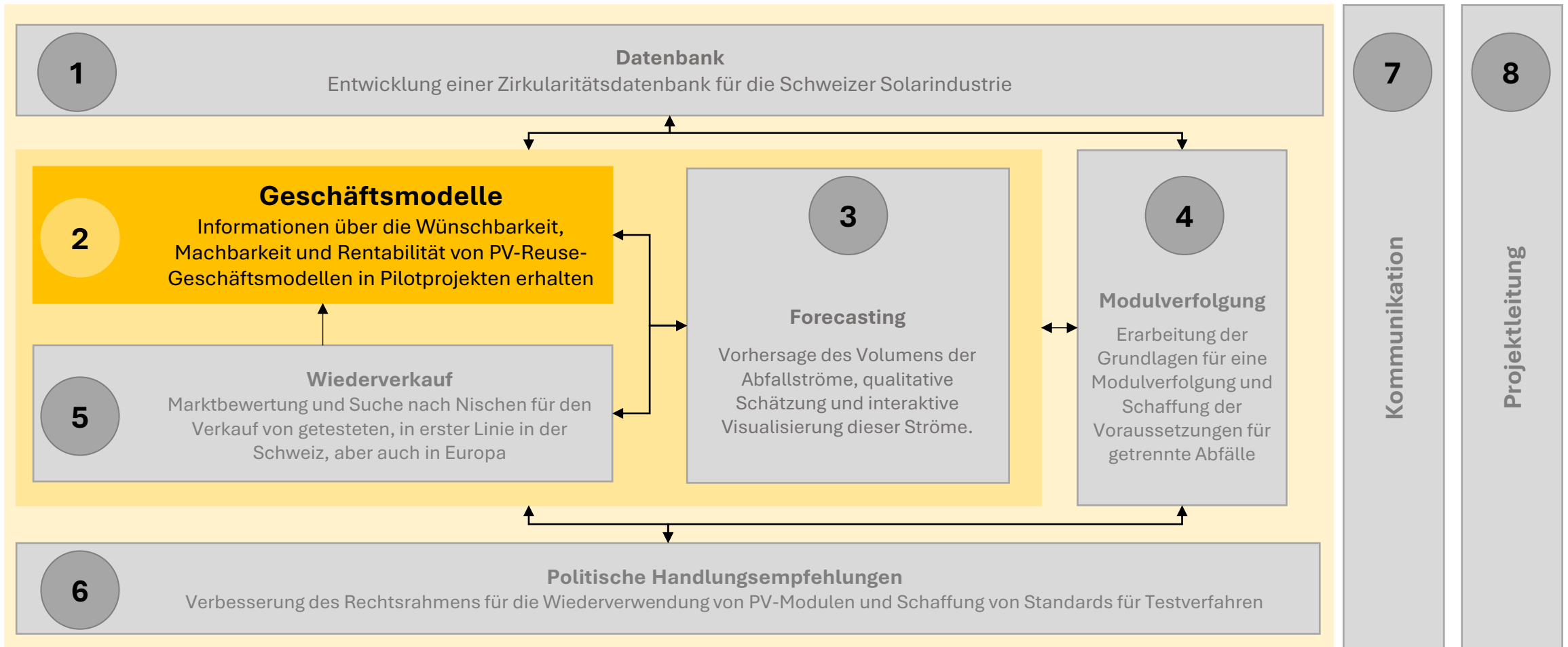
## 2. Wirtschaftlichkeit & Nachhaltigkeit der Wiederverwendung

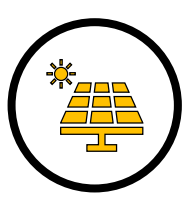




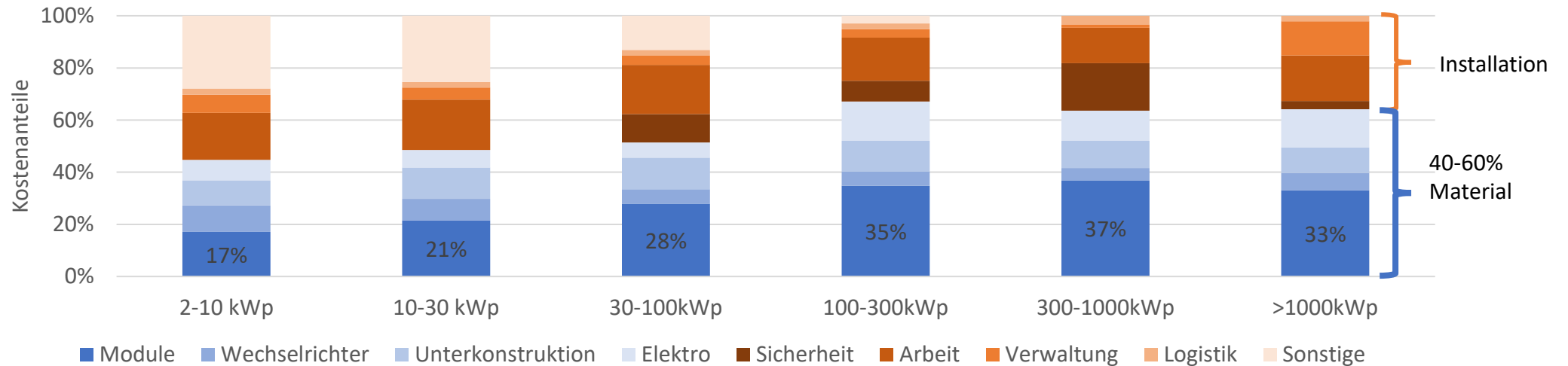
# Swiss PV Circle Arbeitspaket 2

## *Zusammenhang Arbeitspakete und Meilensteine*





# Wirtschaftlichkeit – Potential



(Kostenerhebung PV, EnergieSchweiz, 2023)

## Re-Use Gesamte Anlage

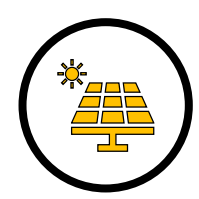
- 40-60%** der Kosten einer Neuanlage sind Materialkosten
- Maximales Potential der finanziellen Einsparung
  - Ohne Berücksichtigung von zusätzlichen Aufwänden für den Re-Use und Lebensdauer

## Re-Use Komponenten (z.B. Module)

- 17-37%** der Kosten einer Neuanlage entfallen auf die Module
- Erwartung: Module müssen Funktionieren.
  - Bei Test- & Logistikkosten von 50% der Neupreise wären Einsparungen von 8-18% möglich

Potential ist vorhanden. Dieses ist jedoch wegen der Installationskosten eingeschränkt





# Wirtschaftlichkeit – Realität

We are Here



Mengenstruktur	Art	CHF / getestetes Modul (250Wp)	Kosten Rp. / Wp	
Kleinmengen	Manuell mit Handtestgeräten	50-90	22 - 40	Projekt- kosten
	Miete mobiler Testanlage pro Einsatz	30-50 (ab 100 M/Lot)	13 - 22	
Einzelne Projekte				
Kontinuierlicher Mengenstrom	Mobile Testanlage	39-45 (3k – 1k M/j)	17 - 20	Voll- kosten
	Test-Center Festinstallation	25-43 (30k – 3k M/j)	11 - 19	
Dezidierte Testinfrastruktur				



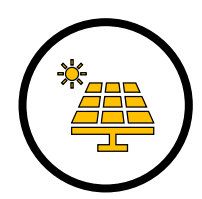
## Testen ganzer Strings

- **Sicherheit:** Anforderungen gemäss NIV einhalten pro String (Isolationswiderstand von 1 MOhm)
- **Produktion:** Historische Daten sind u.U. ausreichend
- **Langlebigkeit:** Probleme zu >90% ohne Messungen erkennbar

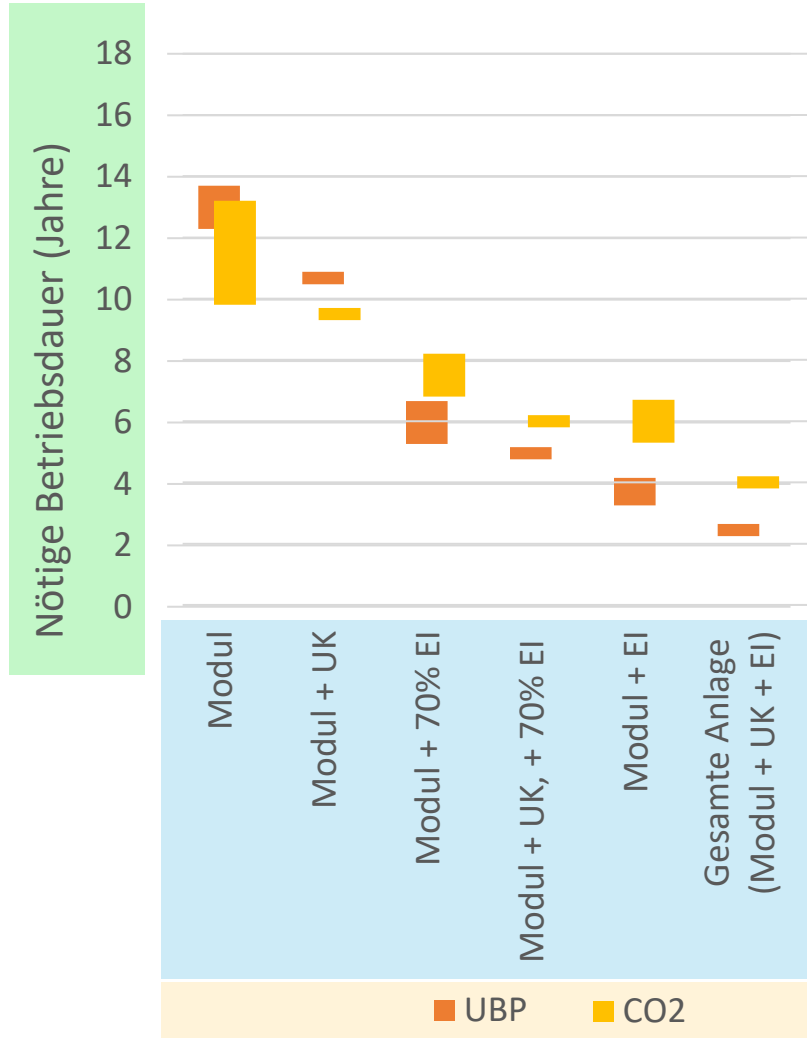
## Testen von Einzelmodulen

- Hohe Kosten
  - Trend in Europa und Kundenseitige Erwartung
- Vergleich: Momentane Modulpreise (Stand 15.04.):
- EU Produktion: **20 – 28 Rp / Wp**
  - CN Produktion: **10 – 23 Rp / Wp**

Das Testen von einzelnen Modulen ist aus finanzieller Sicht schwierig.  
Weitere Erfahrungen sind nötig, um für das Testen von ganzen Strings die richtige Balance zu finden.



# Ökologie - Einflussgrössen



- Wichtigste Annahmen:
  - Schrägdach MonoSi
  - Unterkonstruktion Aluminium.
  - Anlage mit gleicher Leistung (aber ggf. anderer Flächenbedarf)
  - Lebensdauer neue Anlage 30 Jahre
  - Wechselrichter hat nur eine Lebensdauer von 7 Jahren.
- Lesebeispiel: Mit (Y) Jahren produziert eine PV-Anlage mit wiederverwendeten Komponenten (X) ökologischeren Strom als der Strom einer Neuanlage mit 30 Jahre Lebensdauer mit der Messgrösse (Z).
- Relevanz der einzelnen Komponenten
  - Module: Hoch (16- Jahre)
  - Elektronik und Wechselrichter: Mittel (4-10 Jahre)
  - Unterkonstruktion: Tief (2 Jahre)

Nicht jede Wiederverwendung ist ökologisch sinnvoll.

Je mehr Komponenten und je länger, desto besser.

Die Transportdistanz ist kaum relevant, auch bei einem Export ins Ausland



### 3. Heute und Morgen: Daten als Grundlage der Wiederverwendung

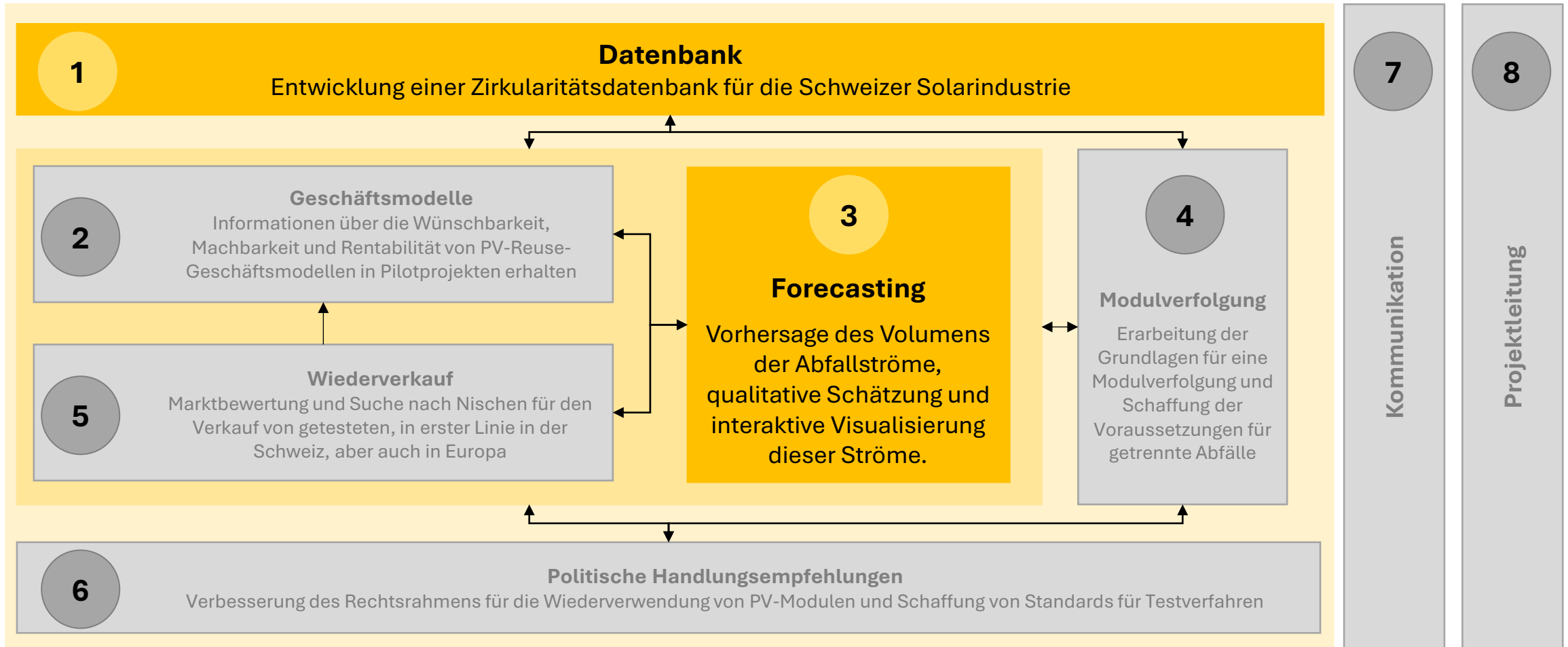
---





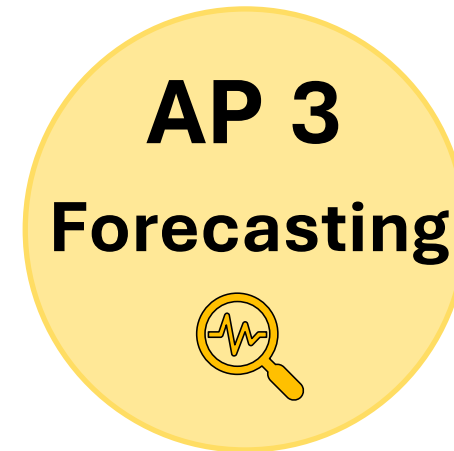
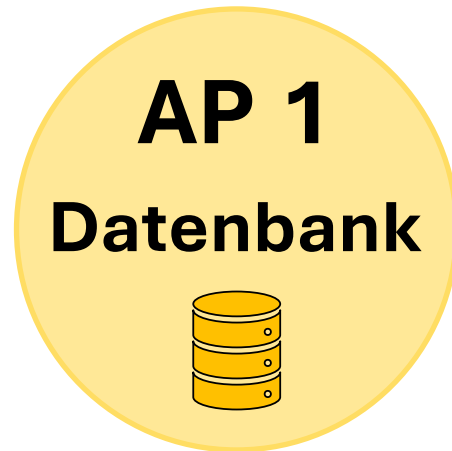
# Swiss PV Circle Arbeitspakete 1 und 3

## *Zusammenhang Arbeitspakete und Meilensteine*



# Swiss PV circle Arbeitspakete 1 und 3

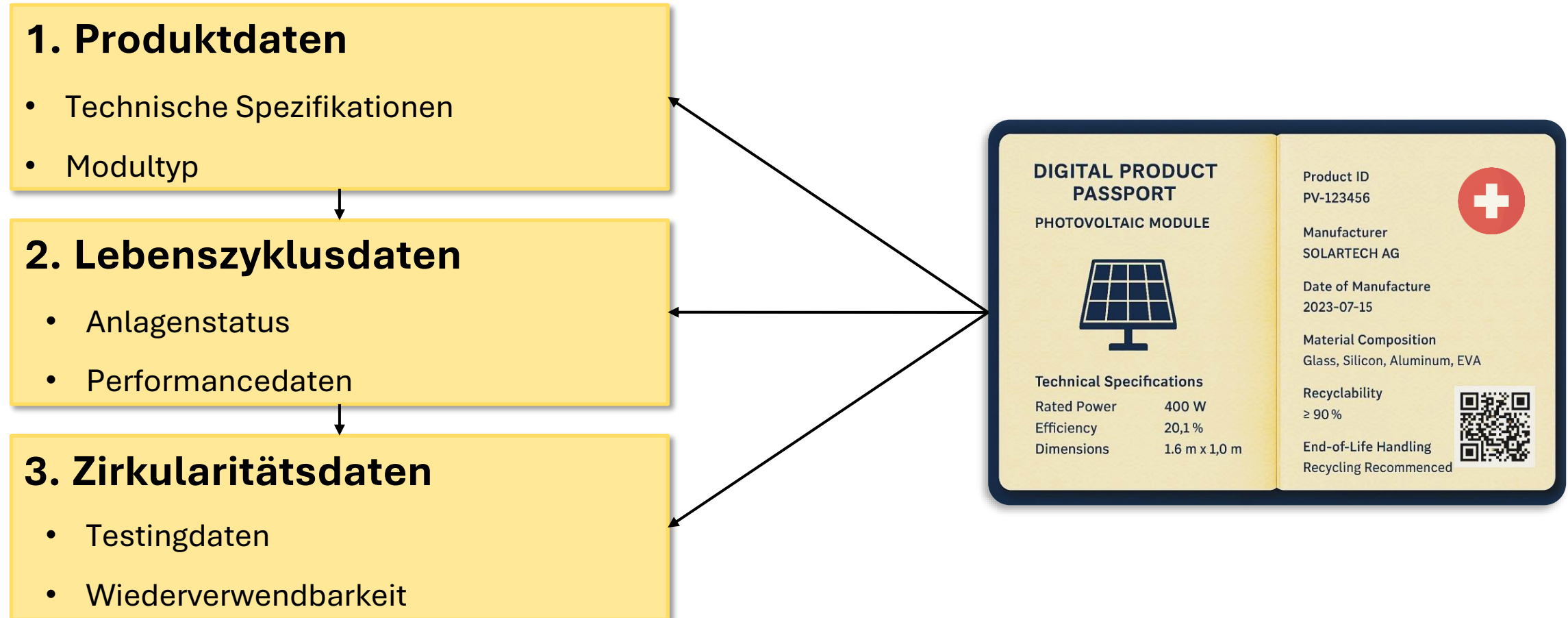
*Zusammenhang Arbeitspakete und Meilensteine*



	<b>AP 1 Datenbank</b>	<b>AP 3 Forecasting</b>
<b>6 Monate</b>	1. <b>Sammlung und Aufbereitung</b> Daten Schweiz	1. <b>Forecasting End-of-Life</b> PV-Module in der Schweiz
<b>12 Monate</b>	2. <b>Aufbau Datenbank</b> mit aufbereiteten Datensätzen	2. <b>Vergleich Forecast</b> mit bestehenden Studien
<b>18 Monate</b>	3. <b>Aufbau Plattform</b> in Absprache mit Projektpartnern	

# AP 1 – Wieso braucht es eine Zirkularitätsdatenbank?

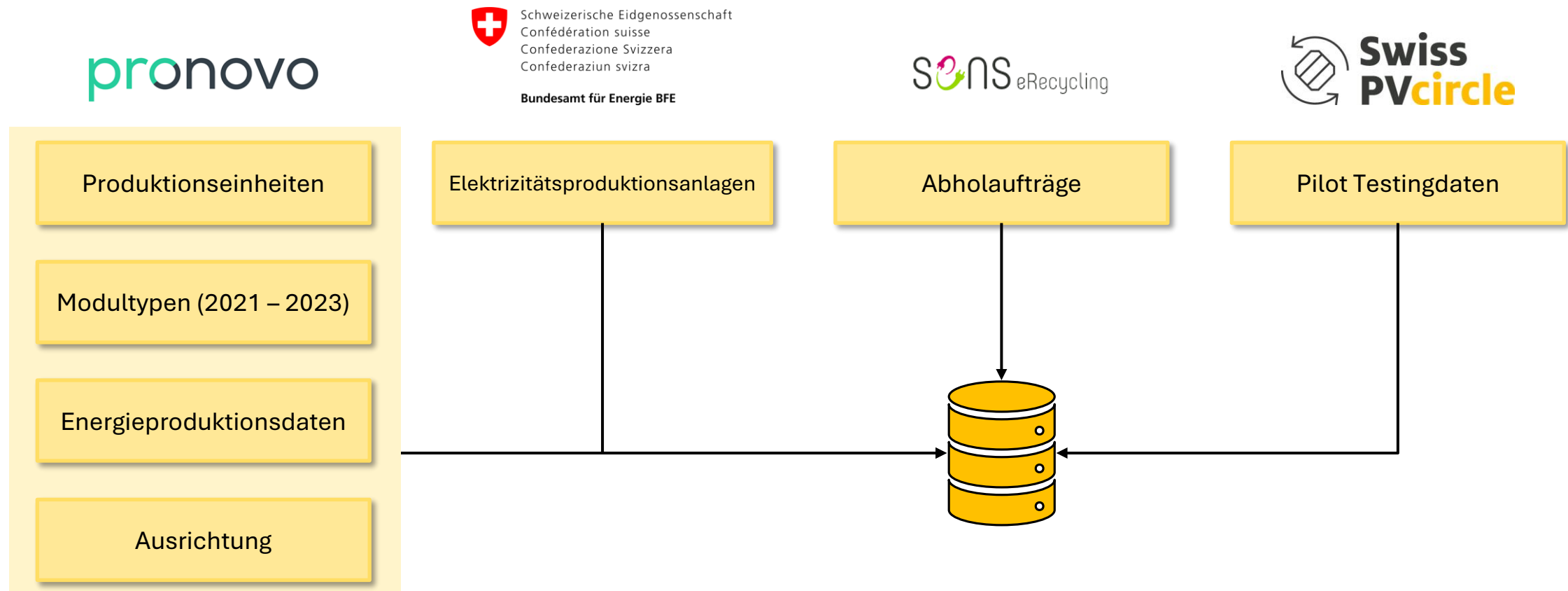
*Die Datenbank/Plattform ist das technologische Fundament des Digitalen Produktpasses.*





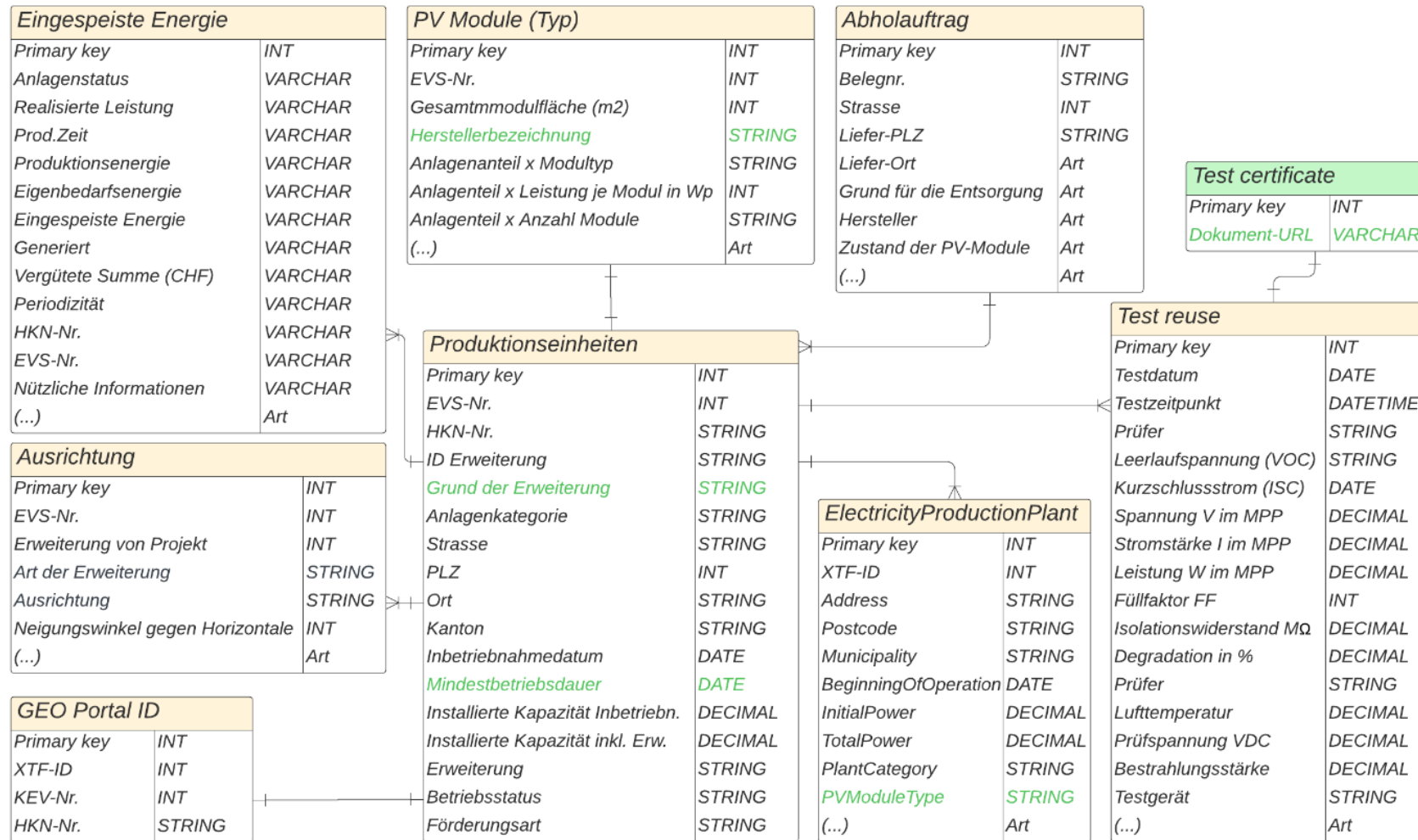
# Meilenstein 1 – Sammlung Daten Schweiz

*Verwendete Datensätze aus unterschiedlichen Quellen (ca. 285'000 PV-Anlagen)*



# Meilenstein 2 – Aufbau Zirkularitätsdatenbank

## Das finale Datenbankmodell (Umsetzung SQLite)



**Vorhandene Daten**

**Empfohlene Zusatzdaten**

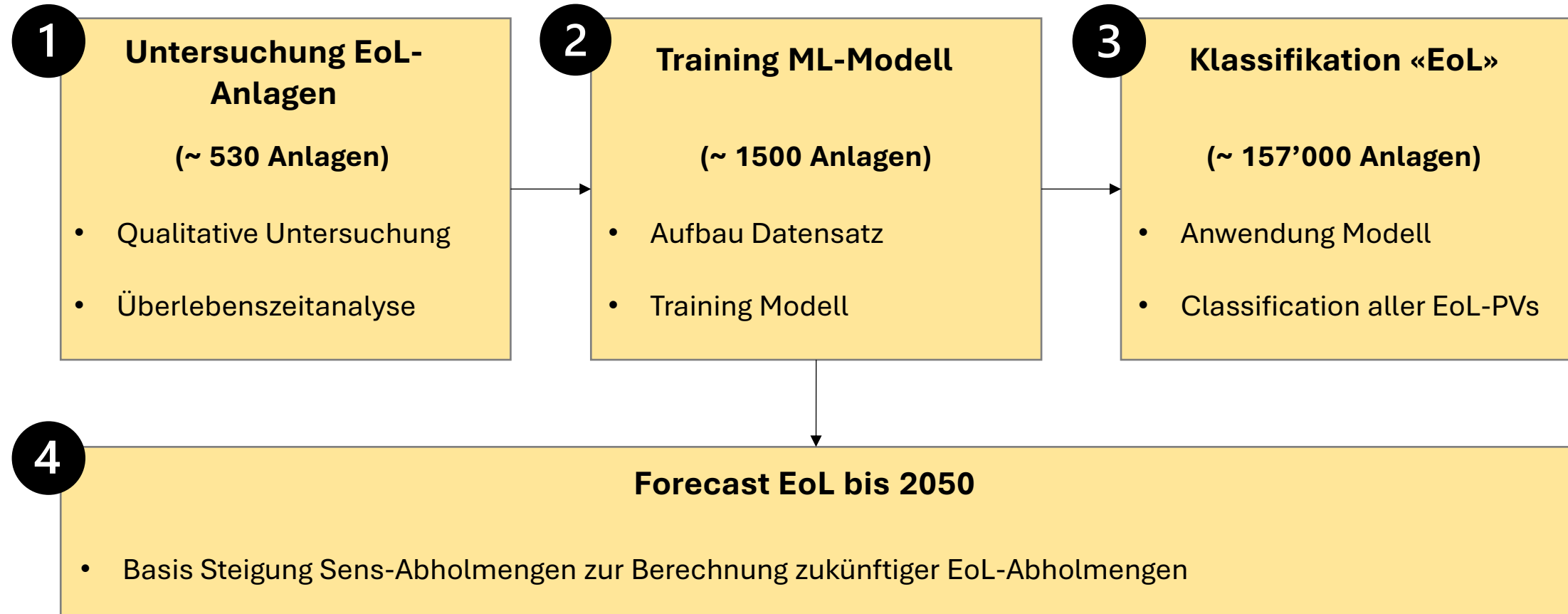
# Meilenstein 3 – Aufbau Plattform





# AP 3 – Forecasting Abfallströme Schweiz

*2023 wurden über Sens eRecycling ca. 1'000 t EoL PV registriert*



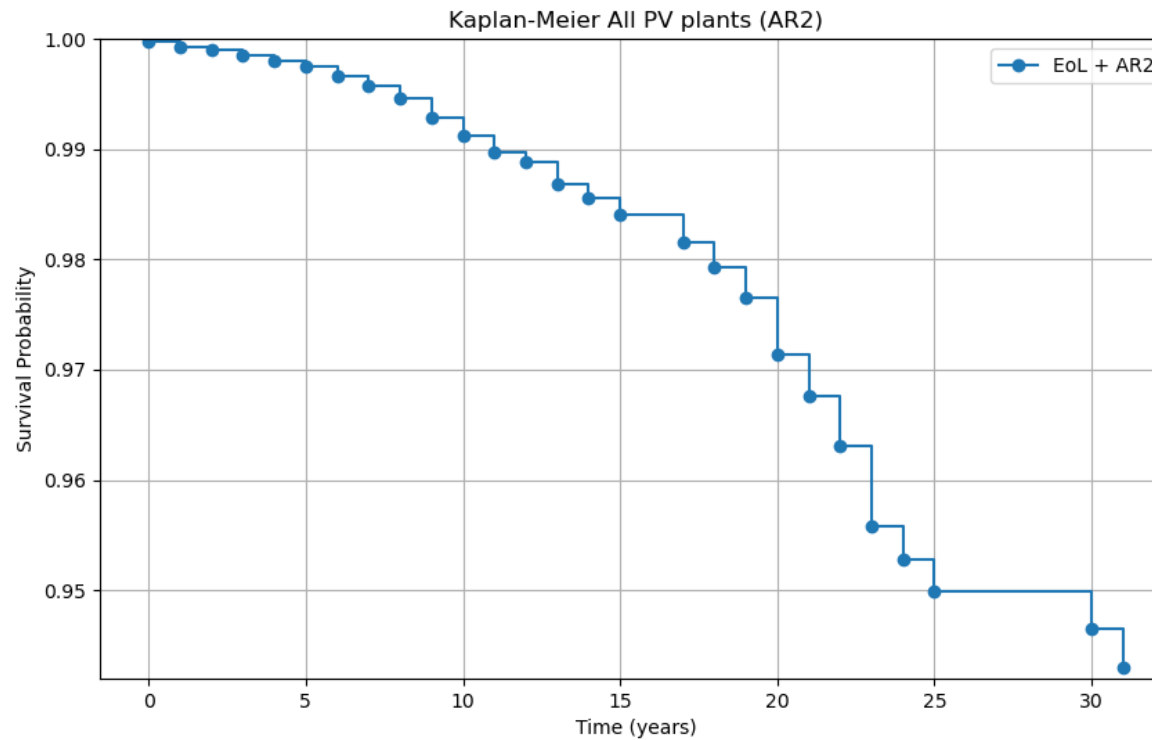
# AP 3 – ① Überlebenszeitanalyse

*Die Überlebenswahrscheinlichkeit aller PV-Anlagen liegt nach 30 Jahren noch bei < 94%.*

## Hagel



## Repowering



## Bauarbeiten

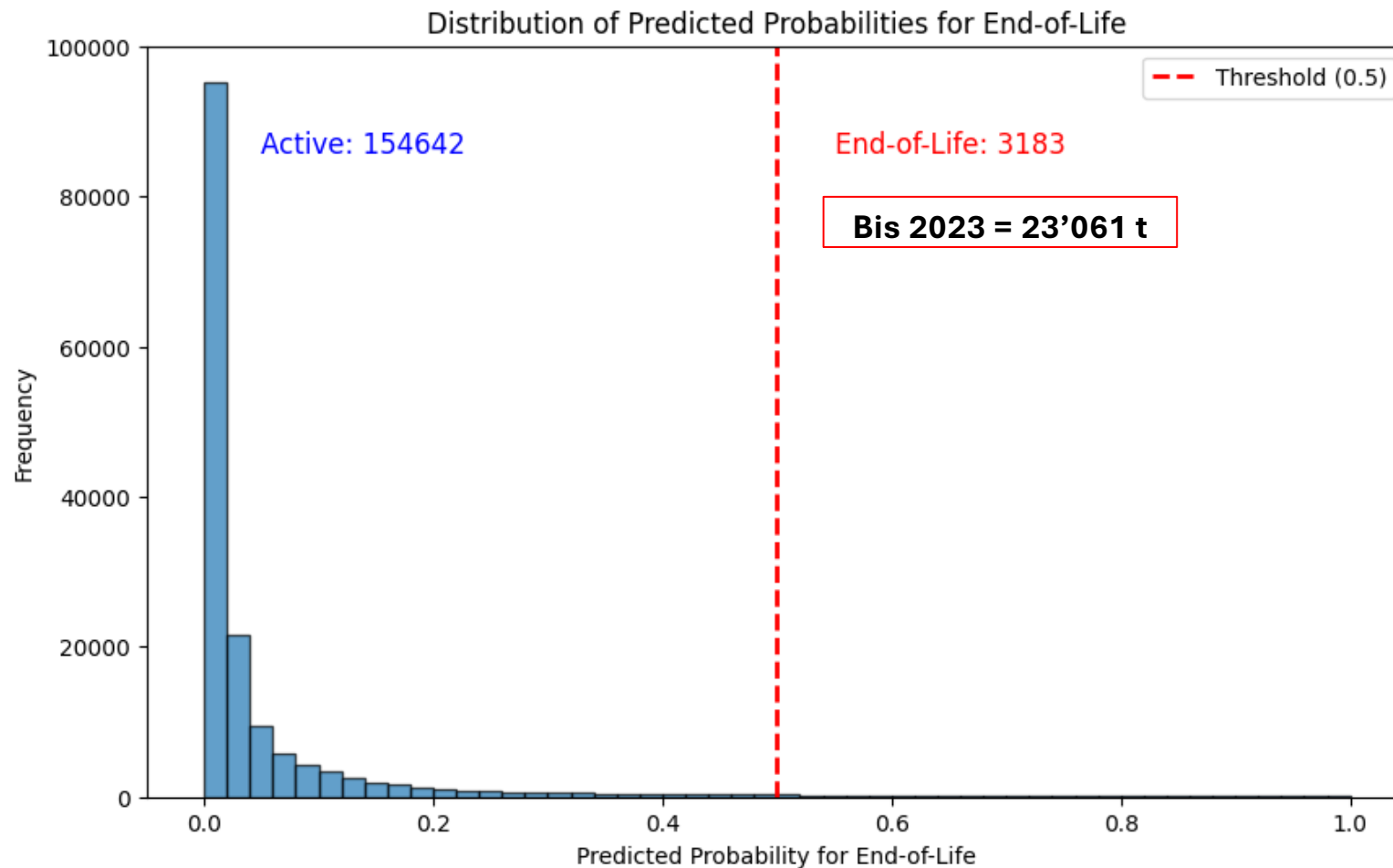


## Materialfehler



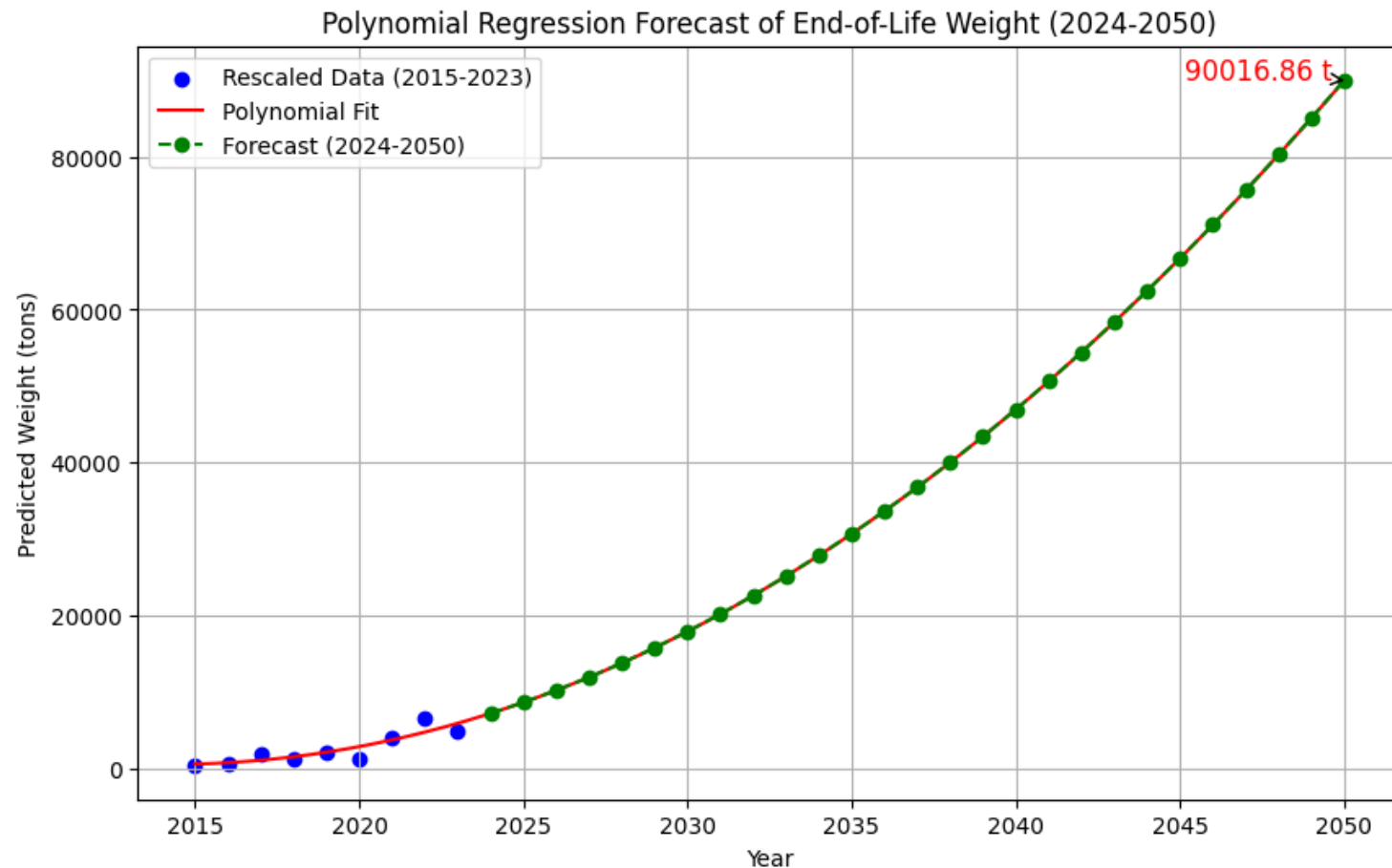
## AP 3 – 3 Klassifikation «End-of-Life»

*Laut ML-Modell haben bisher 2% aller installierten Anlagen bereits ein EoL erlebt.*



## AP 3 – 4 Forecast Abfallmengen bis 2050

Forecast mittels polynomialer Regression (Steigung Basis Sens-Abholzahlen): **90'017 t bis 2050**

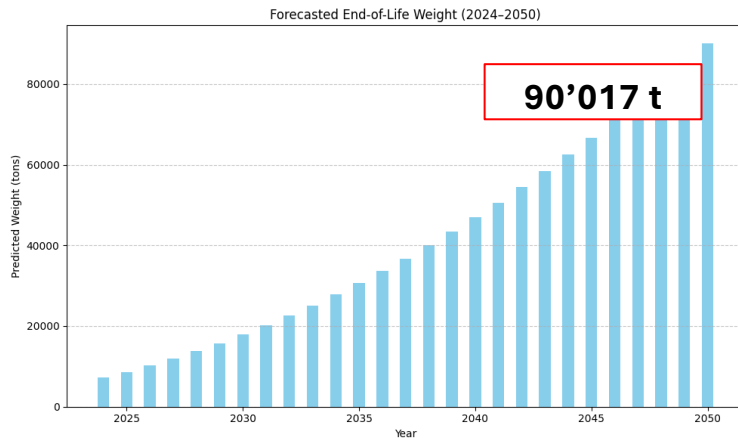




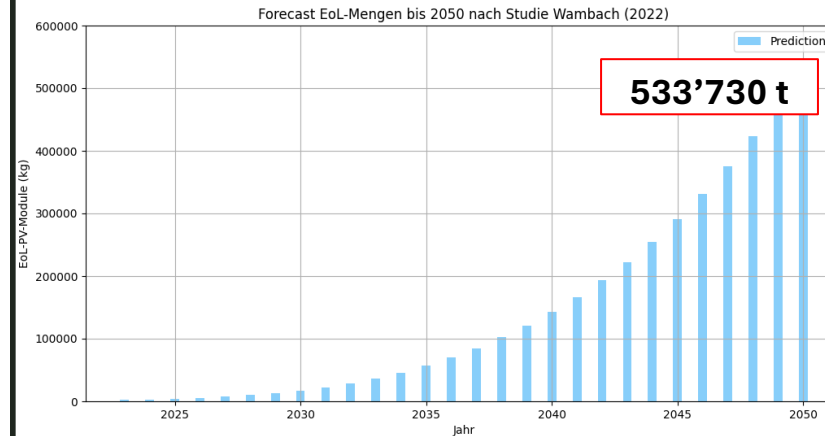
# AP 3 – Vergleich mit bestehenden Studien

*Prognostizierte Abholmengen bis 2050 weichen stark voneinander ab!*

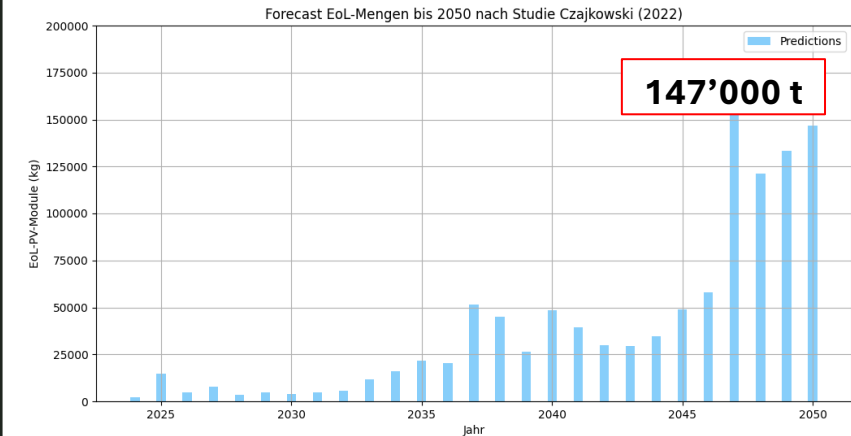
**Basis ML-Modell**  
Swiss PV circle



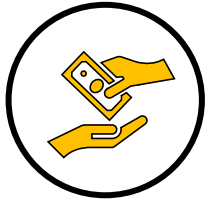
**Basis Lebenszeit**  
Wambach & IRENA (2022)



**Basis Installationsmengen**  
Czajkowski et al. (2022)



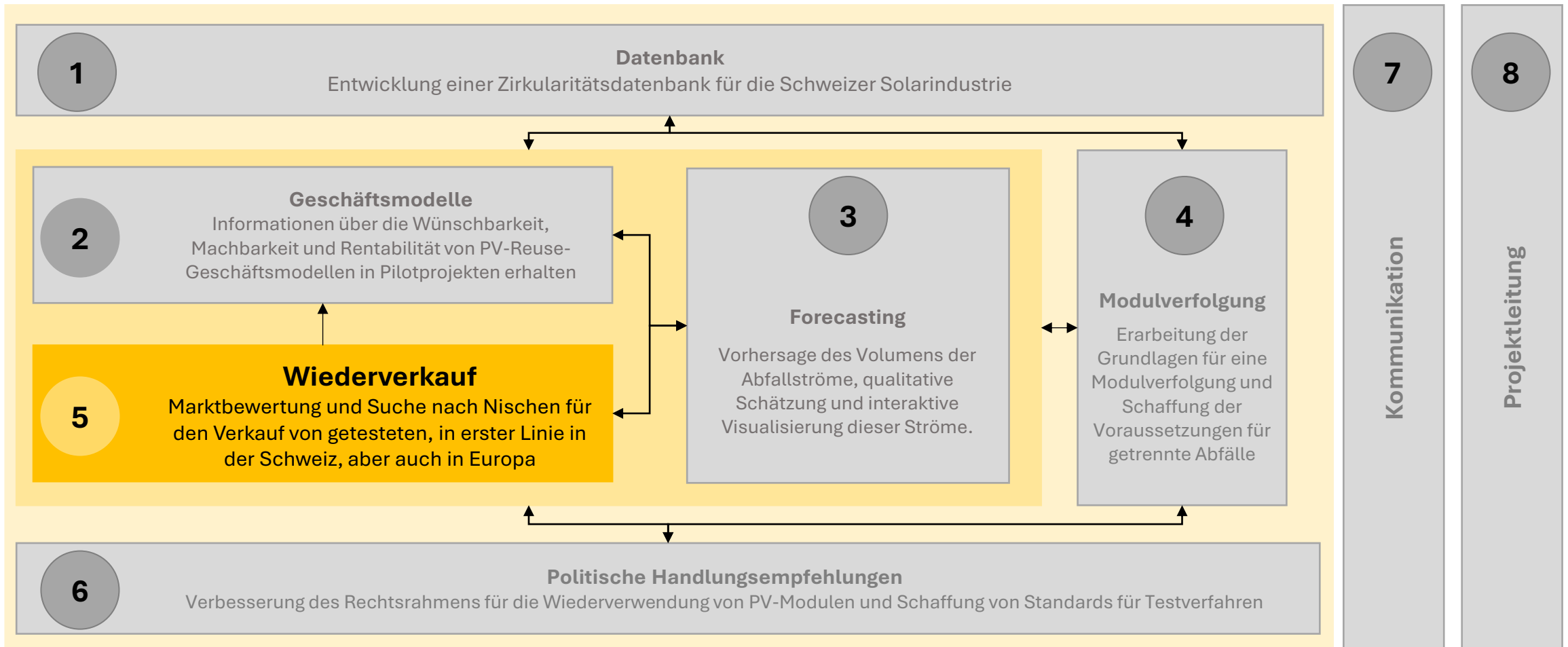
***Forecasts sind immer mit Unsicherheiten behaftet und können die Zukunft nur in Teilen abbilden!***



## 4. Analyse Absatzmarkt für Secondhand-Module

# Swiss PV Circle Arbeitspaket 5

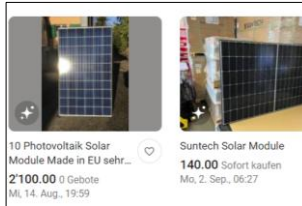
## *Zusammenhang Arbeitspakete und Meilensteine*





# Identifizierte Absatzkanäle

## Einzelne Module



## Ersatzmodule Schaden

Balkon, Rustico, ...

- Absatzpotenzial höher als erwartet, da viele Einzelverkäufe
- Plattformorientiert (Riccardo, ebay, Secondsol, ...)

## Ganze Anlagen



## Kommerzielle «First Mover»

- Nachfrage aufgrund fortschrittlicher Nachhaltigkeitsziele (KLW, Scope 3 Emissionen)
- Hohe Volumen bei neuen Immobilienprojekten



## Private Immobilienbesitzer:innen

- Nachfrage aufgrund vom individuellen Umweltbewusstsein
- Oft auch in Verbindung mit architektonischen Überlegungen



## Öffentliche Hand

- Nachfrage aufgrund gesetzlicher Bestimmungen (Solarpflicht)
- Hoher Stellenwert von Nachhaltigkeit und KLW

## Export



## Export einzelner Module und/oder ganzer Anlagen

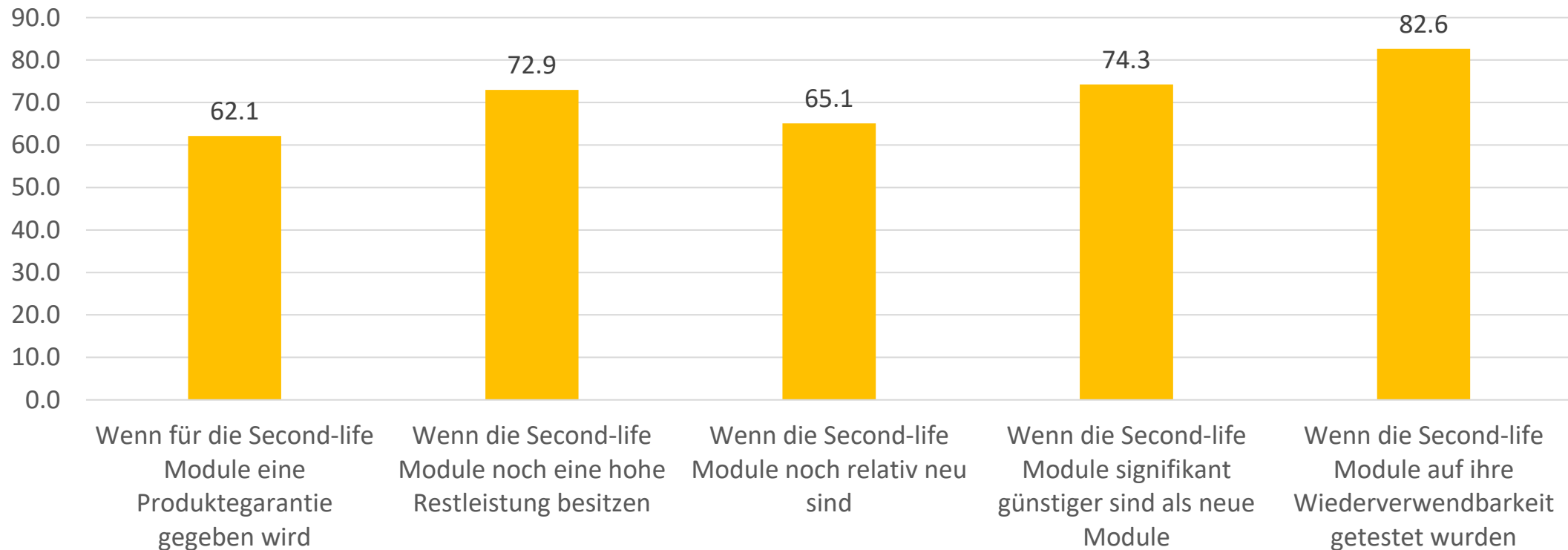
- Sehr hoher Bedarf, gerade im Osten Europas
- Tiefe Qualitätsanforderungen



# Motivation für Installation von Secondhand-Modulen

Wichtige Attribute für die Installation von Secondlife-Modulen, bewertet mit 1-100 Punkten auf einem “Regler”

Wenn Sie die Möglichkeit hätten, Second-life Photovoltaik-Module bei der Installation zu verwenden, welche Attribute wären die relevantesten bei der Entscheidung?

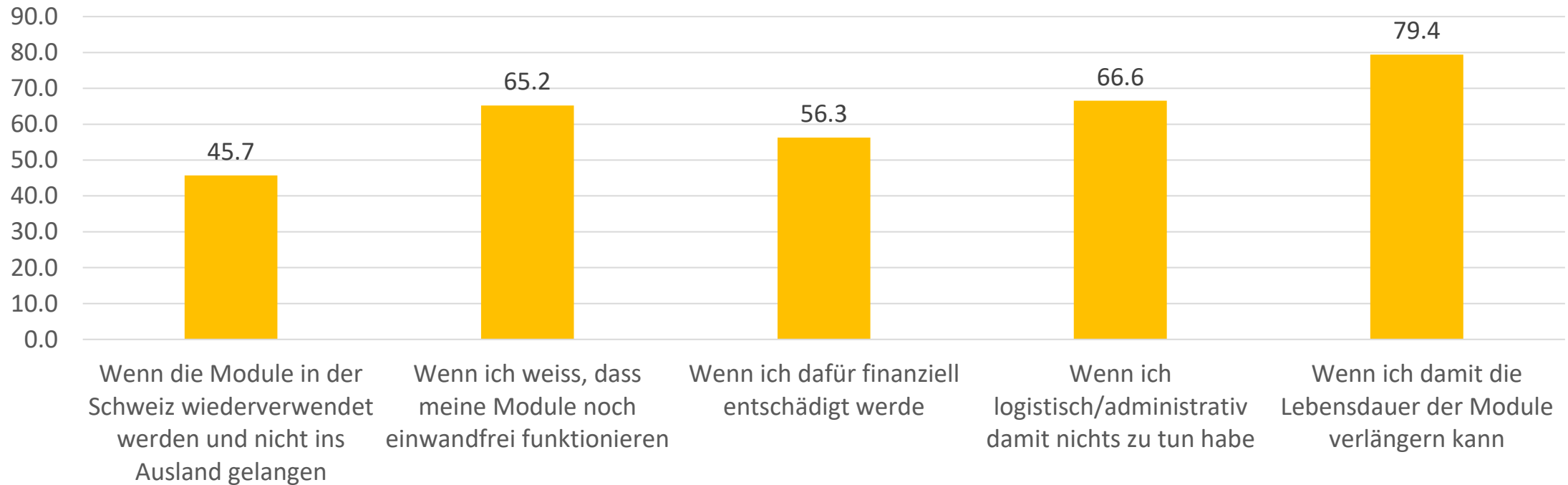












# Motivation für Abgabe von Seocondhand-Modulen

Wichtige Attribute für die Abgabe von Secondlife-Modulen, bewertet mit 1-100 Punkten auf einem “Regler”

Wenn Sie die Möglichkeit hätten, Second-life Photovoltaik-Module für die Wiederverwendung abzugeben, welche Attribute wären relevant für Ihre Entscheidung?

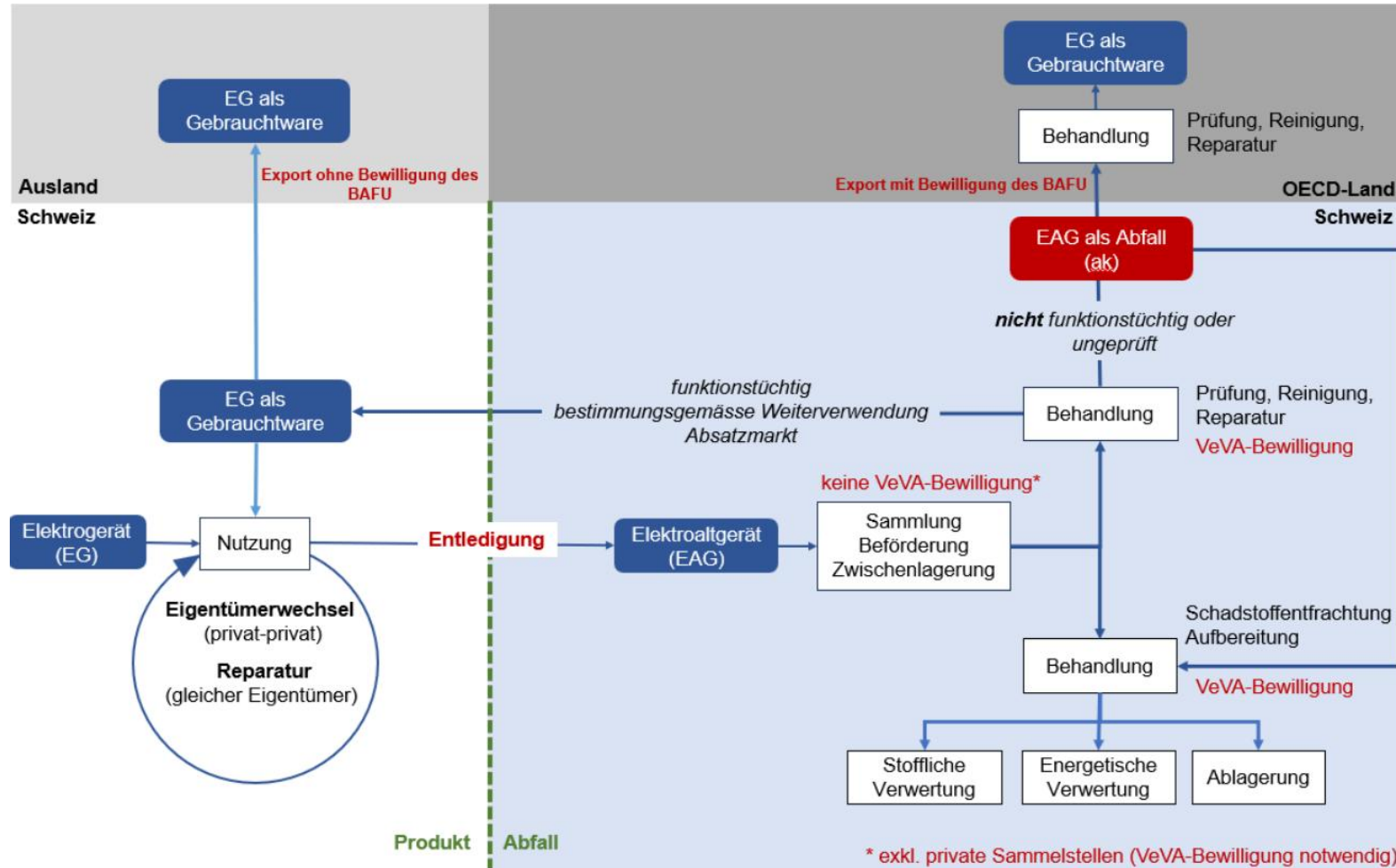


# Vergleich mit Europäischem Umfeld

	Absatzfokus / Kundengruppen	Verkaufsargumente	Marktpotenzial (basierend PV end-of-live Volumenschätzungen*)	Marktorganisation	Entwicklungsstand Reuse-Markt
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plattformen</li> <li>Private Kund:innen</li> <li>Start-ups</li> <li>Export in Nicht-Europäische Länder</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preis</li> <li>Nachhaltigkeit (vordergründig)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2021: 3'468 ton (1.)</li> <li>2030: 104'876 ton (1.)</li> <li>2040: 143'394 ton (1.)</li> <li>2050: 1'559'691 ton (1.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Freier Markt</li> <li>Regulatorische Vorschriften bezüglich Garantie</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kein Markt wegen gesetzlichen Hürden (stattdessen Export nach Deutschland)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kein Markt wegen gesetzlichen Hürden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2021: 1'992 ton (2.)</li> <li>2030: 331 ton (3.)</li> <li>2040: 33'249 ton (4.)</li> <li>2050: 207'882 ton (7.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kein Markt</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energieunternehmen mit nachhaltigem Mindset</li> <li>Organisationen mit Fokus auf tiefen CO2-Fussabdruck</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nachhaltigkeit</li> <li>Kreislaufwirtschaft</li> <li>Preis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2021: 87 ton (8.)</li> <li>2030: 110 ton (8.)</li> <li>2040: 56'210 ton (3.)</li> <li>2050: 651'510 ton (2.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Staatlich koordinierter Markt</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grosse Demonstrationsprojekte</li> <li>Green Public Procurement</li> <li>Private Kund:innen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preis</li> <li>Gute Qualität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2021: 498 ton (3.)</li> <li>2030: 221 ton (4.)</li> <li>2040: 119'470 ton (2.)</li> <li>2050: 584'599 ton (3.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Staatlich koordinierter Markt</li> <li>Finanzielle Unterstützung für Reuse-Aktivitäten (zukünftig)</li> </ul>	

# Rechtliche Rahmenbedingungen

Strenge Auslegung vom Entledigungswillen seitens BAFU in der Vollzugshilfe\*, die jedoch rechtlich nicht bindend ist.

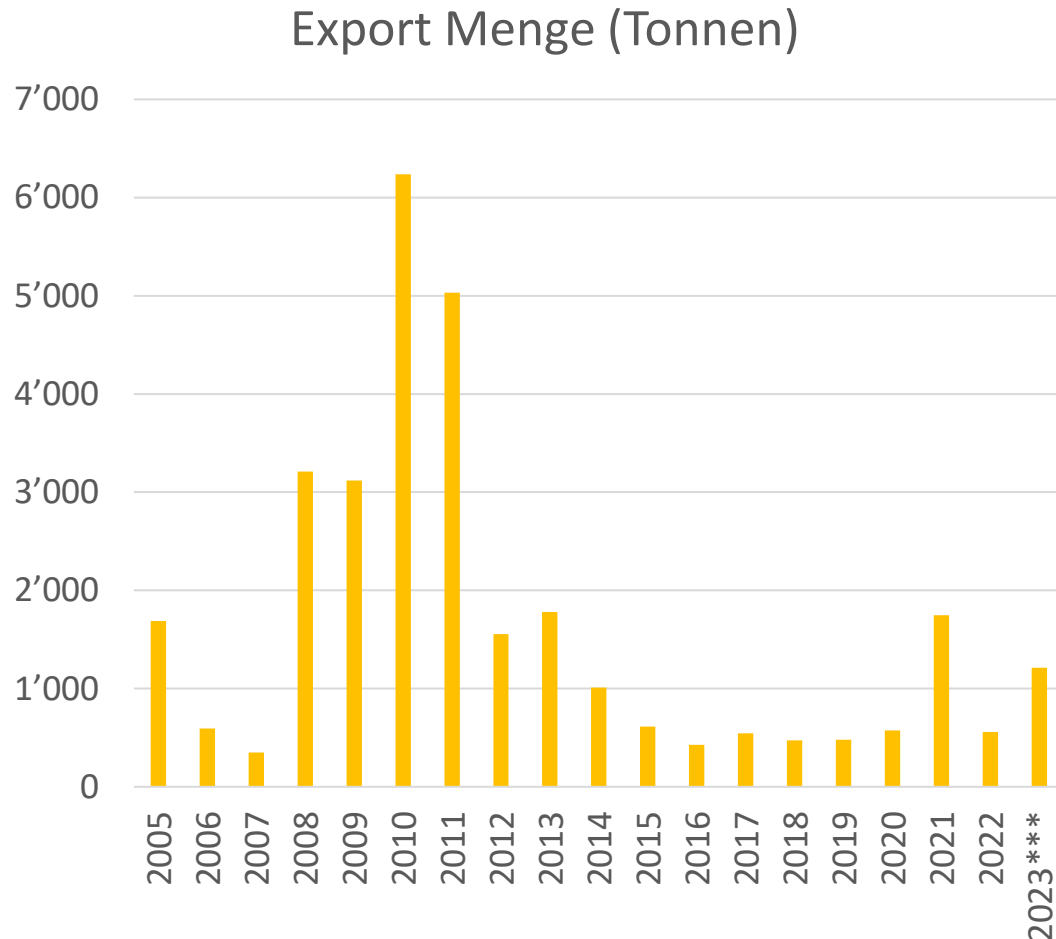


- Übergabe der PV-Module von Eigentümer:innen Solarunternehmen gilt als Entledigungswille.
- Mit dem Entledigungswille wird aus einem PV-Modul ein Elektroaltgerät.
- Solarunternehmen, welche die Module behandeln, müssen eine abfallrechtliche Bewilligung haben.
- Abfallrechtliche Bewilligung wird durch den jeweiligen Kanton ausgestellt.
- Durch die Behandlung wird aus dem Elektroaltgerät wieder ein funktionstüchtiges PV-Modul.
- Solarunternehmen können mit abfallrechtlichen Bewilligung PV-Module behandeln, wieder in Umlauf bringen und exportieren.



# Export von Secondhand-Modulen

Exportmenge steigt in den letzten Jahren wieder an, kann ein Zeichen von mehr Export von Secondhand-Modulen sein



Daten vom Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit (BAZG)

- Export unter Zollnummer «8541.4300 - Fotovoltaische Zellen, zu Modulen zusammengesetzt oder in Tafeln aufgemacht» «
- Unterscheidung von neuen und gebrauchten PV-Modulen im Export nicht gemacht
- Nachfragen bei Hersteller 3S sowie bei Importeur Krannich zeigen, dass diese in den letzten Jahren wenig PV-Module exportierten
- Daher kann davon ausgegangen werden, dass ein grosser Teil gebrauchte PV-Module sind. Dies zeigen auch einige Zielländer:
  - 2023: 51 Tonnen nach Gambia
  - 2022: 5 Tonnen nach Benin
  - 2021: 10 Tonnen nach Eritrea
  - 2020: 121 Tonnen nach Vietnam
- Offen, wie sich die BAFU-Vollzugshilfe darauf auswirkt

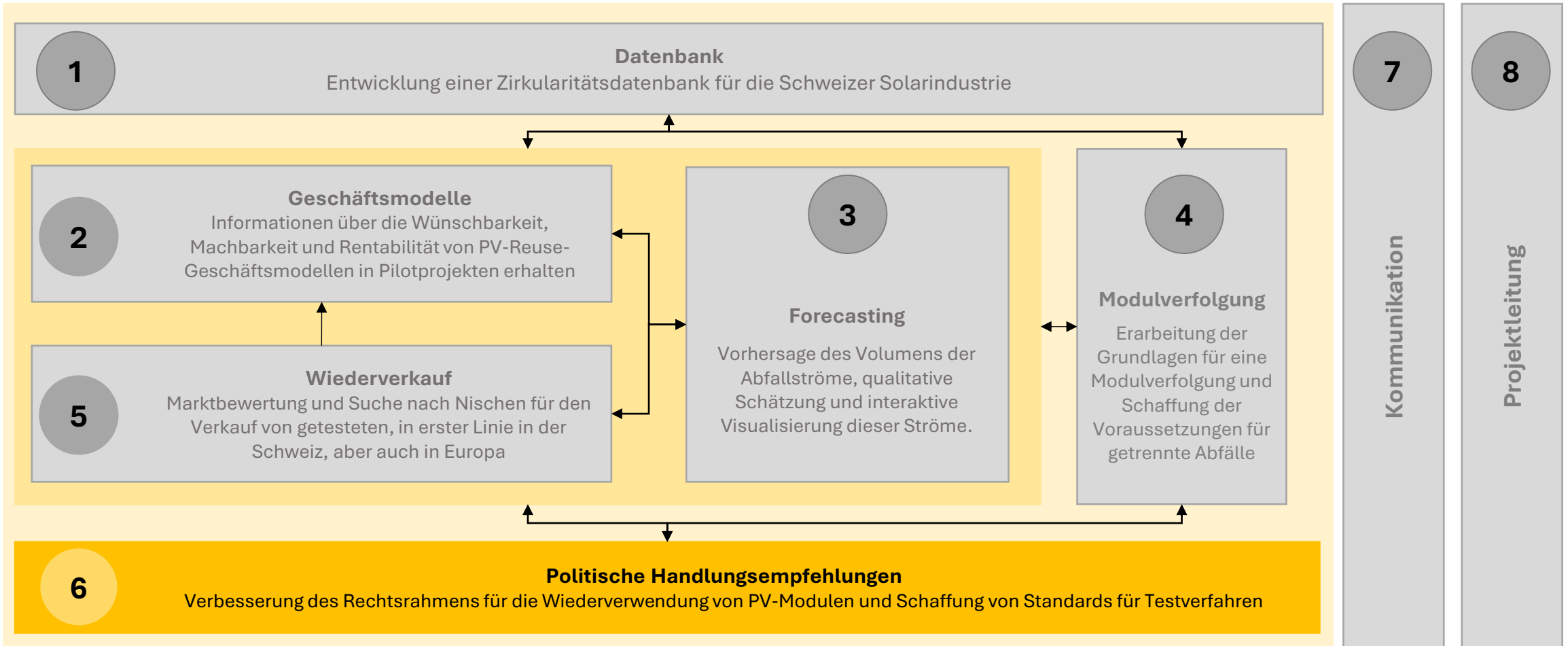


## 6. Politische Handlungsempfehlungen & Ausblick



# Swiss PV Circle Arbeitspaket 6

## *Zusammenhang Arbeitspakete und Meilensteine*



# Status Quo



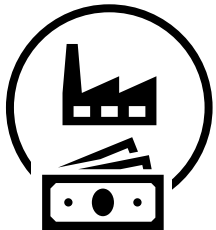
Wiederverwendung ist in der PV-Branche nicht systematisch verankert



Revision des Umweltschutzgesetzes fördert die Wiederverwendung und bietet der Solarbranche die Chance sich als innovative und langfristig nachhaltige Branche zu positionieren



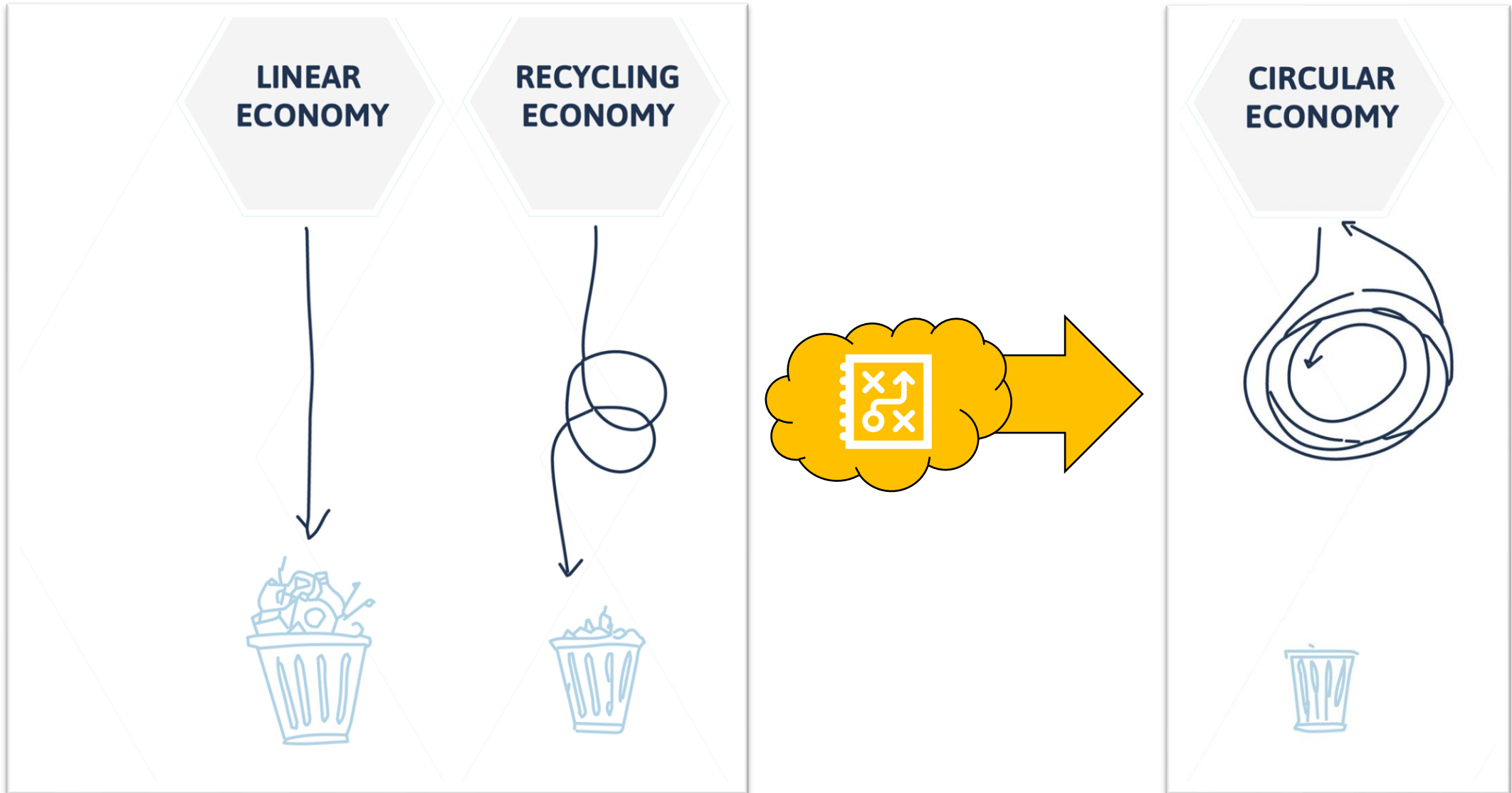
Intensiver Wettbewerbsdruck durch neue PV-Module



Vom linearen zum zirkulären System – es sind initiale Systeminvestitionen notwendig



# Status Quo







# Finanzielle Förderung

Es werden zwei Finanzierungsansätze vorgeschlagen

Vorgezogener  
Re-Use Beitrag

Re-Use  
Bonus



# Finanzielle Förderung

## Vorgezogener Re-Use Beitrag

- Einführung eines Re-Use-Beitrags und Etablierung eines Re-Use-Fonds durch Swissolar und SENS.
- Unterstützung von Organisationen im Bereich der Wiederverwendung durch den Re-Use-Fonds, SENS stellt zielgerichteten Einsatz der Mittel sicher.



# Finanzielle Förderung

## Re-Use Bonus

- Ergänzung Energieförderverordnung zur Einführung eines Re-Use-Bonus pro Wattpeak, unabhängig vom Anlagentyp.
- Förderinstrument via Einmalvergütung (EIV) über 10 Jahre beschränkt
- Vorschlag von Swiss PV Circle
  - Beitrag von 5 bis maximal 10 Rappen pro Wattpeak



# Aufbau und Etablierung eines Label- und Zertifizierungssystems

Vorgezogener  
Re-Use Beitrag

Re-Use  
Bonus

Label- und Zertifizierungssystem

- Neben direkter finanzieller Unterstützung (Beitrag oder Bonus)
- Starthilfe für Etablierung eines Wiederverwendungsökosystems
- Pilot- und Demonstrationsprojekte
- Vertrauen stärken - Qualitätsprüfung durch Label / Zertifikat





# Datengrundlage für Kreislaufwirtschaft

## Umfassende Datenerhebung bei Installation

- Entscheidendes Kriterium für die Bewertung des Wiederverwendungspotentials
- Angabe des Modultyps gemäss Produktdatenblatt im Pronovo Portal

## Komponentendatenbank

- Modultyp gemäss Datenbank eindeutig identifizierbar
- Europäischen Standard gibt es bis dato noch nicht

## Erfassung von Anlagenstilllegung

- Stilllegung von Anlagen erfolgt bei Pronovo wenig bis gar nicht
- Ergänzung in der Energieförderungsverordnung zur verpflichtenden Meldung des Anlagenbetreibers





# Bewilligungspraxis für abfallrechtliche Betriebsbewilligungen

## Veröffentlichung Vollzugshilfe, Jahr 2024

- Regelt die Entsorgung elektrischer und elektronischer Altgeräte
- Neu benötigen Unternehmen der PV-Branche eine kantonale abfallrechtliche Betriebsbewilligung

## Betriebsbewilligung

- Die Bewilligung ist für das Reinigen, das Prüfen und der Reparatur von PV-Modulen notwendig
- Kann eine zusätzliche Hürde für die Wiederverwendung mitbringen

## Harmonisierung der Bewilligungsprozesse

- Swiss PV Circle fordert schweizweit einheitliche und einfache Prozesse

## Einheitliche Dokumentationspflicht

- Swiss PV Circle fordert eine standardisierte Dokumentierung zur statistischen Erfassung der PV-Modulströme (Wiederverwendung, Recycling, Export, etc.)



# Verwendung für Reparatur bei Starkwetterereignissen



Abbildung 5 Drohnenaufnahme eines Hausdachs mit Hagelschäden, Bildrecht: Energie Netzwerk, Heinz Simmler

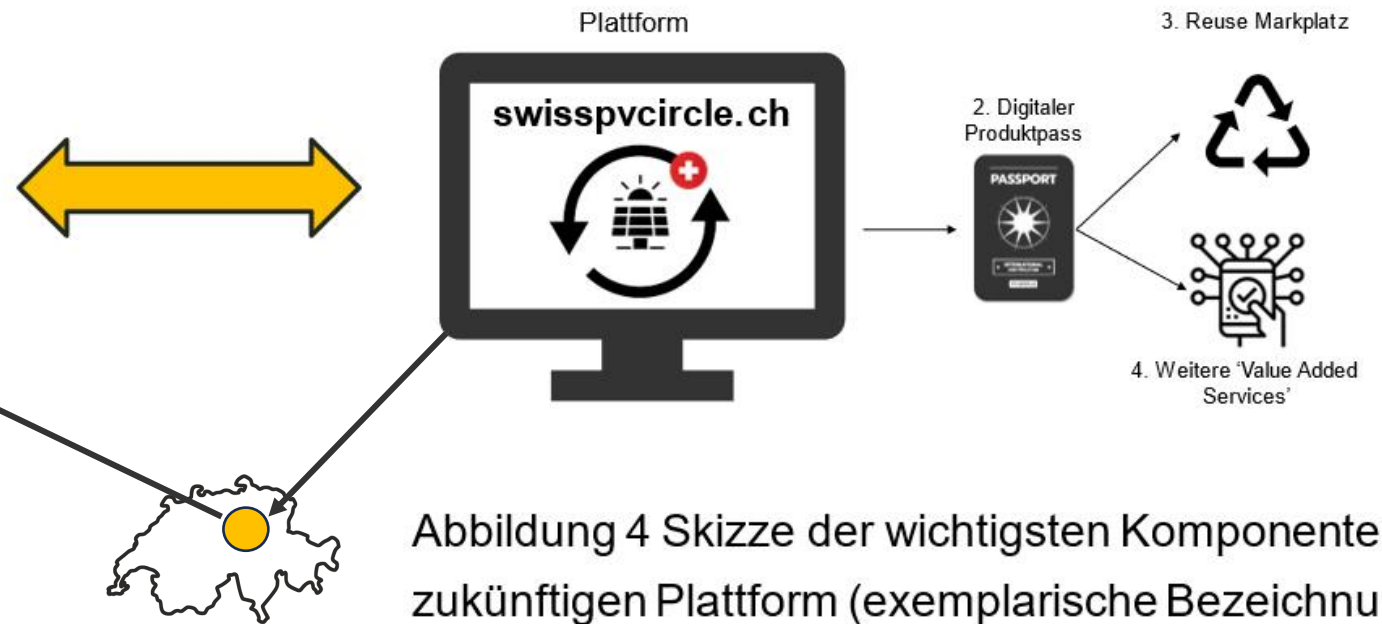


Abbildung 4 Skizze der wichtigsten Komponenten der zukünftigen Plattform (exemplarische Bezeichnung als 'swisspvcircle.ch')



# Export von demontierten PV-Modulen ins Ausland

## Nachverfolgung

- Demontierte PV-Module können nicht vollumfänglich nachverfolgt werden

## Exportanteil

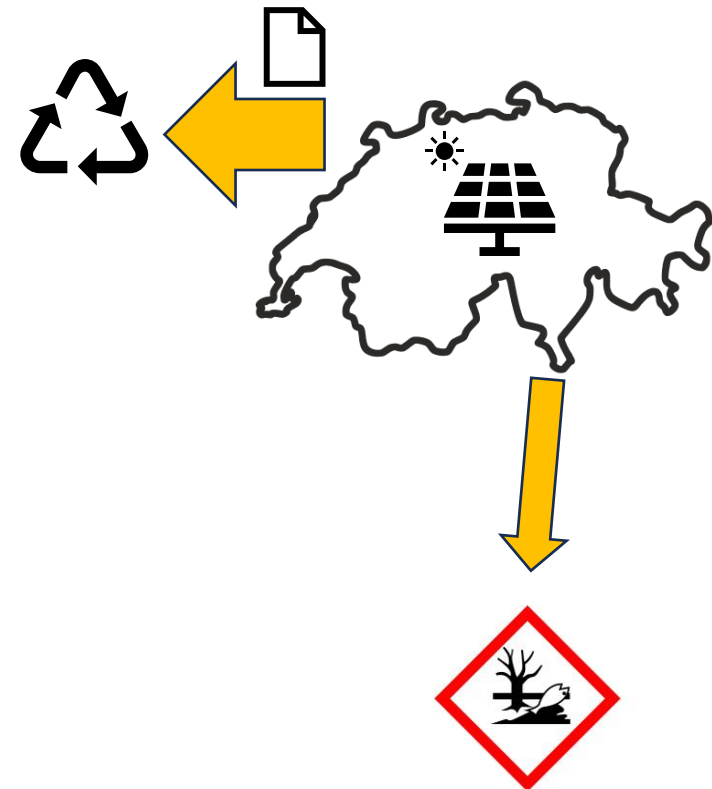
- Swiss PV Circle hat festgestellt, dass der Export von demontierten Modulen nicht zu unterschätzen ist

## Aktuelle Zollpraxis

- Keine Unterscheidung zwischen gebrauchten und neuen PV-Modulen – gemeinsame Tarifnummer
- Intransparenz: keine Aussage zu Anteilen möglich

## Problematik

- Unsere Untersuchungen zeigen, dass eine hohe Wahrscheinlichkeit besteht, dass Module exportiert werden, welche nicht mehr funktionstüchtig sind und im Ausland nicht fachgerecht entsorgt werden





# Ausblick PV Circle 2.0

Grundlagen wurden in PV Circle 1.0 erarbeitet



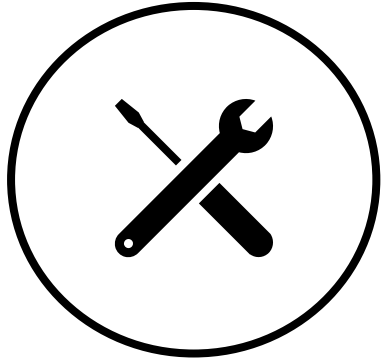
Nächster Schritt: Umfrage zur Akzeptanz in der Branche



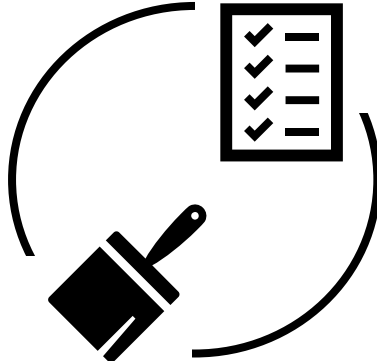
Ökosystem aufbauen und Stakeholder miteinander verbinden



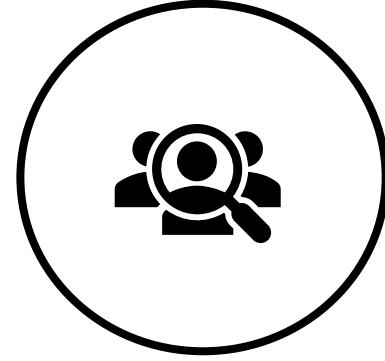
# Ausblick PV Circle 2.0



Angebot  
(Deinstallation)



Aufbereitung  
(Testen & Zertifizierung)



Nachfrage  
(Installateure & Kunden)

Ökosystem Swiss PV Circle





# Kernteam

## Berner Fachhochschule



Berner  
Fachhochschule



Ässia Boukhatmi



Roger Nyffenegger



Stefan Grösler

## SENS eRecycling



Pasqual Zopp



Michael Gasser

## Swissolar



Fabio Giddey

# Fragen und Antworten

---

A large yellow circle is positioned on the left side of the slide, partially overlapping the text.

Umfrage: Danke fürs Feedback



# Merci für eure Aufmerksamkeit!

Mehr Infos auf  
[www.pv-circle.ch](http://www.pv-circle.ch)