



Bildrechte: Bild oben links: Ezume Images – stock.adobe.com; Bild unten links: Kampan – stock.adobe.com; Bild oben rechts: Parilov – stock.adobe.com; Bild unten rechts: Rattanachat – stock.adobe.com.

Trendstudie Photovoltaik-Recycling

Anlagen – Projekte – Marktfaktoren – Player

Leseprobe

Juni 2023

ecoprogram GmbH

Trendstudie Photovoltaik-Recycling

Das Recycling von Solarmodulen ist einer der zukunftsträchtigsten Recyclingmärkte.

Dieses Wachstum wird in den kommenden Jahren durch die weltweit boomende Nutzung der Photovoltaik noch verstärkt. Als Folge des globalen PV-Booms gehen alle derzeit verfügbaren Prognosen von einem starken Anstieg der Abfallmengen ab 2030 und einem exponentiellen Wachstum in den Folgejahren aus.

Um die Chancen und die Marktentwicklung des PV-Recyclings näher zu untersuchen, hat ecoprogram den weltweiten Markt für Anlagen zum Recycling von PV-Modulen detailliert betrachtet. Dabei wurden weltweit mehr als 120 Anlagen und Projekte identifiziert.

Die Trendstudie Photovoltaik-Recycling beleuchtet die technischen Grundlagen des PV-Recyclings und bietet darüber hinaus aktuelle Einschätzungen zu Marktfaktoren, Entwicklungsstand und Wettbewerb im PV-Recycling. In einem umfangreichen Datenanhang liefert die Studie aktuelle Informationen zum globalen Anlagenbestand sowie zu laufenden Projekten in sechs Weltregionen.

Im Einzelnen umfasst die Trendstudie Photovoltaik-Recycling:

- Eine Beschreibung der wesentlichen Technologien und Funktionsweisen des PV-Recyclings.
- Die Darstellung von über 120 Solarrecyclinganlagen und -projekten weltweit, einschließlich Daten zu Kapazitäten, Inputmaterial und Inbetriebnahme (soweit bekannt).
- Eine Analyse der wichtigsten Marktfaktoren für das Recycling von Solarmodulen.
- Einen Ausblick auf das weltweite Potenzial dieses Wachstumsmarktes
- Eine Darstellung der wichtigsten Wettbewerber in diesem Markt weltweit und in den untersuchten regionalen Märkten.
- Alle Anlagen und Projekte sind in der Studie enthalten. Der vollständige Datensatz kann optional als MS-Excel-Datei erworben werden (siehe Datenprobe).

Die Studie ist in **deutscher und englischer Sprache zu einem Preis ab 1.200,- €** zzgl. MwSt. erhältlich. Mit einem Abonnement unseres w&b Monitors erhalten Sie einen Rabatt ab 600,- €.

Ihr Ansprechpartner:

Jonas Havel

ecoprogram GmbH

+49 221 788 03 88-16

j.havel@ecoprogram.com

Inhalt


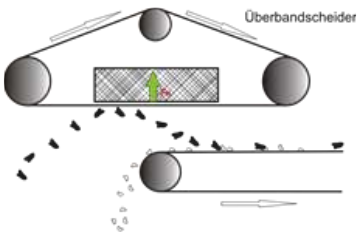
Vorwort	7
Management Summary	9
1 Abgrenzung, Definitionen	13
2 Technik	15
2.1 Aufbau und Funktionsweise eines Solarmoduls	15
2.2 Sammlung und Transport.....	19
2.3 Recycling.....	19
2.4 Entsorgung	24
3 Marktfaktoren	27
3.1 Ausbau der Photovoltaik	27
3.2 Recycling-Gesetzgebung	29
3.3 Recyclingkosten	30
3.4 Rohstoffe	31
3.5 Revamping & Repowering	34
3.6 Gebrauchtmart.....	35
4 Aktueller Bestand	37
5 Bekannte Projekte	41
6 Wettbewerb	43
7 Ausblick	47
8 Marktregionen	51
8.1 Afrika & Mittlerer Osten	52
8.2 Asien	55
8.3 Australien & Pazifik	67
8.4 Europa.....	72
8.5 Nordamerika.....	86
8.6 Süd- & Mittelamerika.....	95
Methodik	97
Glossar, Abkürzungen	99

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einordnung in die Abfallwirtschaft	13
Abbildung 2: Marktregionen	14
Abbildung 3: Exemplarische Übersicht der Komponenten einer PV-Anlage	15
Abbildung 4: Wirkungsgrad verschiedener PV-Module nach Quaschnig (2018)	17
Abbildung 5: Vor- und Nachteile verschiedener Modultypen	19
Abbildung 6: Ausgewählte mechanische Sortierverfahren	20
Abbildung 7: Shreddern von Elektroschrott	21
Abbildung 8: PV-Recyclingverfahren	22
Abbildung 9: Entwicklung der weltweiten PV-Installation	27
Abbildung 10: Wachstum der PV-Installation nach Marktregion	28
Abbildung 11: Kumulative Stromerzeugungskapazität, Gigawatt (GW), nach Technologie, 2010–2027	29
Abbildung 12: Materialien in einem typischen Solarmodul, Verteilung nach Masse	31
Abbildung 13: Materialien in einem typischen Solarmodul, Verteilung nach Wert	32
Abbildung 14: Potenzieller Beitrag des Modulrecyclings zum PV-Materialbedarf unter dem Netto-Null-Szenario der IEA für ausgewählte Materialien, 2022–2050	32
Abbildung 15: Preisentwicklung Silber und Kupfer [USD/Unze]	33
Abbildung 16: Weltmarkt, aktive Anlagen und Kapazitäten nach Regionen	37
Abbildung 17: Bestandsanlagen nach Weltregion, durchschnittliche Kapazität	38
Abbildung 18: Weltmarkt, geplante Projekte und Kapazitäten nach Regionen	41
Abbildung 19: Projekte nach Weltregion, durchschnittliche Kapazität	42
Abbildung 20: Betreiber nach Branchenhintergrund weltweit	43
Abbildung 21: Asien, Übersicht Anlagen und Projekte	57
Abbildung 22: Asien, aktive Anlagen und Kapazitäten nach Ländern	58
Abbildung 23: Asien, Betreiber nach Branchenhintergrund	60
Abbildung 24: Übersicht bekannte Projekte in der Region Asien	60
Abbildung 25: Übersicht bekannte Projekte in der Region Australien & Pazifik	68
Abbildung 26: Australien & Pazifik, Betreiber nach Branchenhintergrund	69
Abbildung 27: Europa, Übersicht Anlagen und Projekte	74
Abbildung 28: Europa, aktive Anlagen und Kapazitäten nach Ländern	76
Abbildung 29: Europa, Projekte und Kapazitäten nach Ländern	77
Abbildung 30: Übersicht bekannte Projekte in der Region Europa	77
Abbildung 31: Europa, Betreiber nach Branchenhintergrund	78
Abbildung 32: Nordamerika, Übersicht Anlagen und Projekte	87
Abbildung 33: Übersicht bekannte Projekte in der Region Nordamerika	89
Abbildung 34: Nordamerika, Betreiber nach Branchenhintergrund	90

[...]

Abbildung 6: Ausgewählte mechanische Sortierverfahren

Anlagentechnik	Schaubild	Beschreibung	Output
Siebklassierung	Zum Beispiel: Trommelsieb 	Mithilfe von Sieben wird der Stoffstrom anhand vorher festgelegter Größen getrennt. Hierbei gibt es unterschiedliche Siebformen: Trommelsieb, Rüttelsieb, etc.	Grob- und Feinfraktion
Magnetabscheidung	 Überbandscheider	Massenstromsortierung, bei der mit Magneten Metall aus dem Abfallstrom getrennt wird.	Eisen und Stahl
[...]	[...]	[...]	[...]

Im Folgenden wird das Recycling eines kristallinen PV-Moduls exemplarisch beschrieben:

Mechanisches Recycling

- Die Module werden zunächst in ihre Einzelteile zerlegt. [...]
- [...]

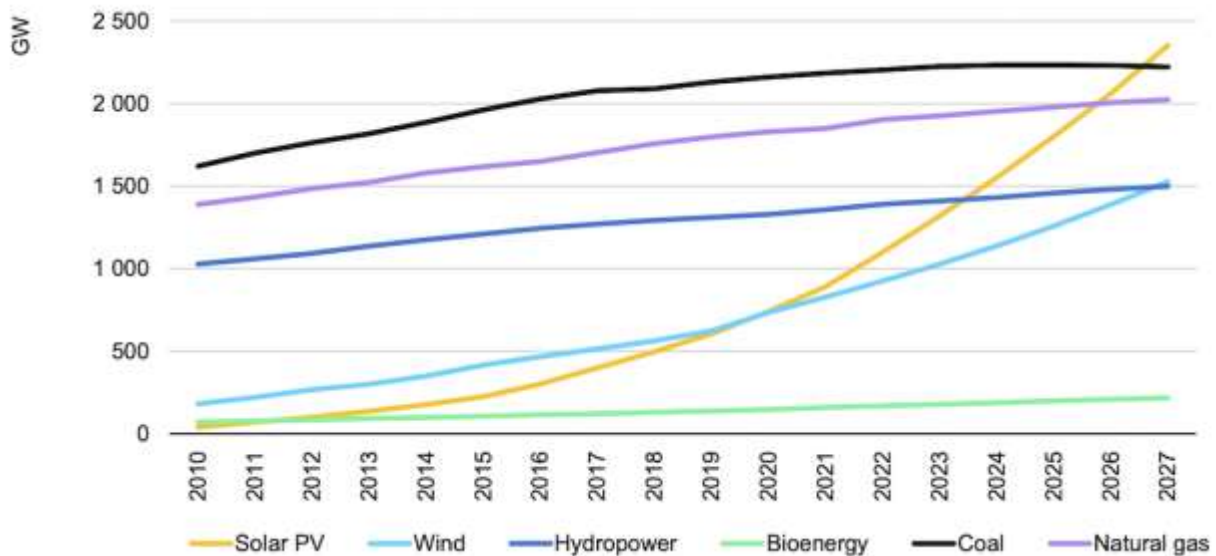
Im Anschluss an das mechanische Verfahren können thermische und chemische Methoden angewandt werden.

Abbildung 7: Schreddern von Elektorschrott



Quelle: hroepphoto – stock.adobe.com.

Abbildung 11: Kumulative Stromerzeugungskapazität, Gigawatt (GW), nach Technologie, 2010-2027



Quelle: IEA Renewables 2022.

3.2 Recycling-Gesetzgebung

Weltweit gibt es, mit Ausnahme weniger Länder und Regionen, keine verbindlichen Gesetze und Vorschriften für die Sammlung und den Transport von ausgedienten Solarmodulen. [...]

Dies liegt auch daran, dass viele Länder erst später mit der kommerziellen Nutzung der Solarenergie im größeren Maßstab begonnen haben, als dies etwa in bestimmten europäischen Ländern der Fall war. Somit [...]

Der gesetzliche Rahmen gilt als ein starker Marktfaktor für das Recycling.

Folgende Rechtsvorschriften würden sich positiv auf die PV-Recyclingbranche auswirken:

- Die Einführung von Deponierungsverboten für Solarmodule
- Eine Recyclingpflicht [...]
- Mindestrecyclingquoten für bestimmte Inhaltsstoffe
- Vorschriften zu [...]
- Strengere Bestimmungen [...].

Daneben würde sich auch eine stärkere Förderung und Finanzierung von Forschung & Entwicklung positiv auf den PV-Recyclingmarkt auswirken, etwa zu effizienteren Recyclingverfahren oder verbesserten Daten [...].

Mit diesen Daten [...]

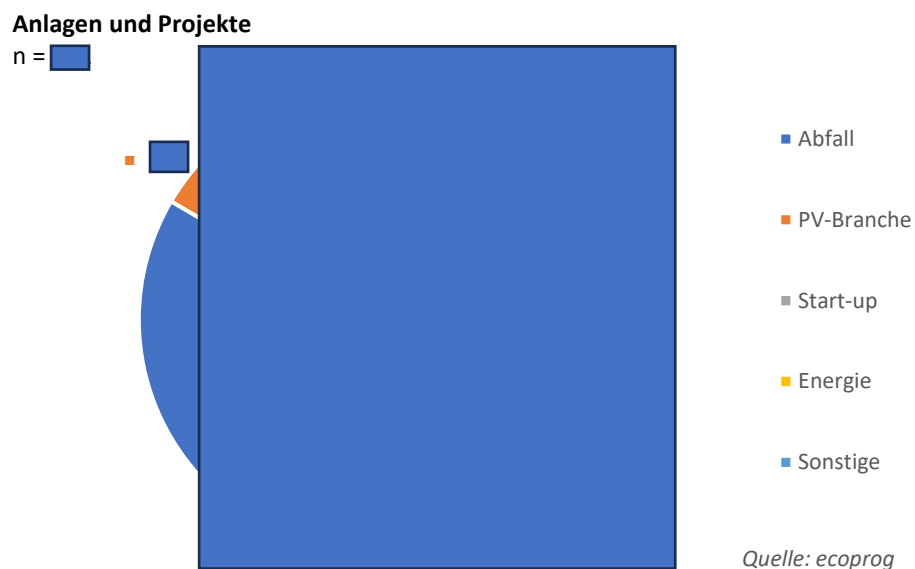
[...]

6 Wettbewerb

Für alle XX Anlagen und Projekte zum Recycling von Solarmodulen wurde der jeweilige Betreiber bzw. Projektteur erhoben. Dieser wurde, maßgeblich über identifizierte Gesellschafter, einer Branche zugeordnet:

- Abfall
- PV-Branche
- Start-ups
- Energiesektor
- Sonstige

Abbildung 20: Betreiber nach Branchenhintergrund weltweit



Abfall

Die mit Abstand größte Gruppe ist der Abfall- und Recyclingsektor mit XX Anlagen und Projekten. Hierfür existieren mehrere Gründe. [...]

Dem entspricht auch das von der Branche überwiegende eingesetzte Recyclingverfahren [...]

[...]

8.2 Asien

Einwohner [Mio.]	4.304	Anlagen PV-Recycling in Betrieb	XX
BIP pro Kopf [USD]	7.089	Projekte	XX
Installierte PV-Kapazität (2022) [MW]	XX	Anteil an kumulierten PV-Installationen weltweit [%]	XX

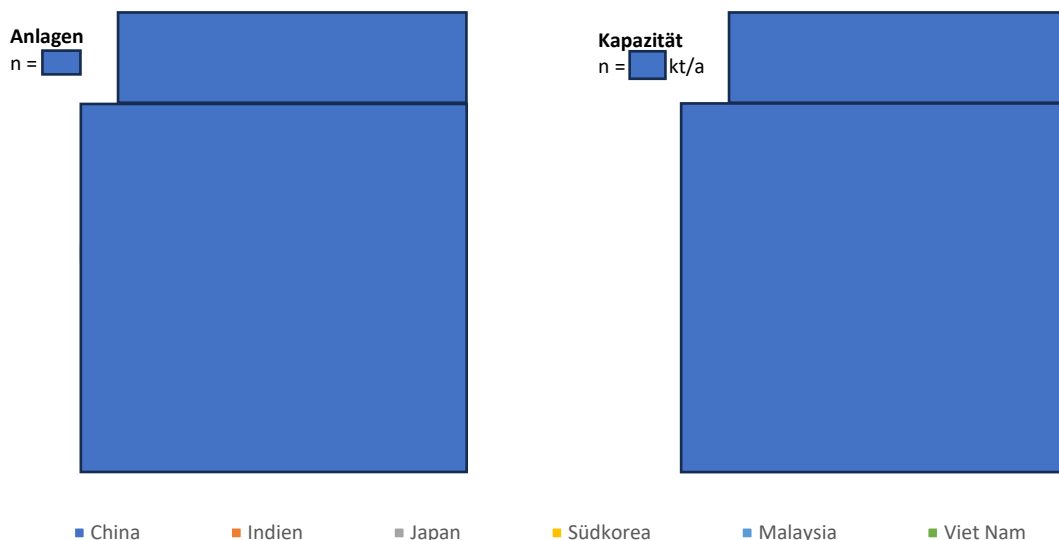
Hintergrund

Der asiatische Markt zum PV-Recycling kann als ein Abbild der weltweit unterschiedlich verlaufenden Entwicklung der Branche angesehen werden.

In Japan ist bereits eine kommerziell genutzte Recyclingtechnologie vorhanden. Zudem fand in Japan in den vergangenen Jahren viel Forschung zu unterschiedlichen Recyclingansätzen statt. Das Land hat frühzeitig auf die Nutzung der Photovoltaik gesetzt. Dementsprechend werden auch in Japan in absehbarer Zeit größere Mengen an Altmodulen anfallen.

[...]

Abbildung 22: Asien, aktive Anlagen und Kapazitäten nach Ländern

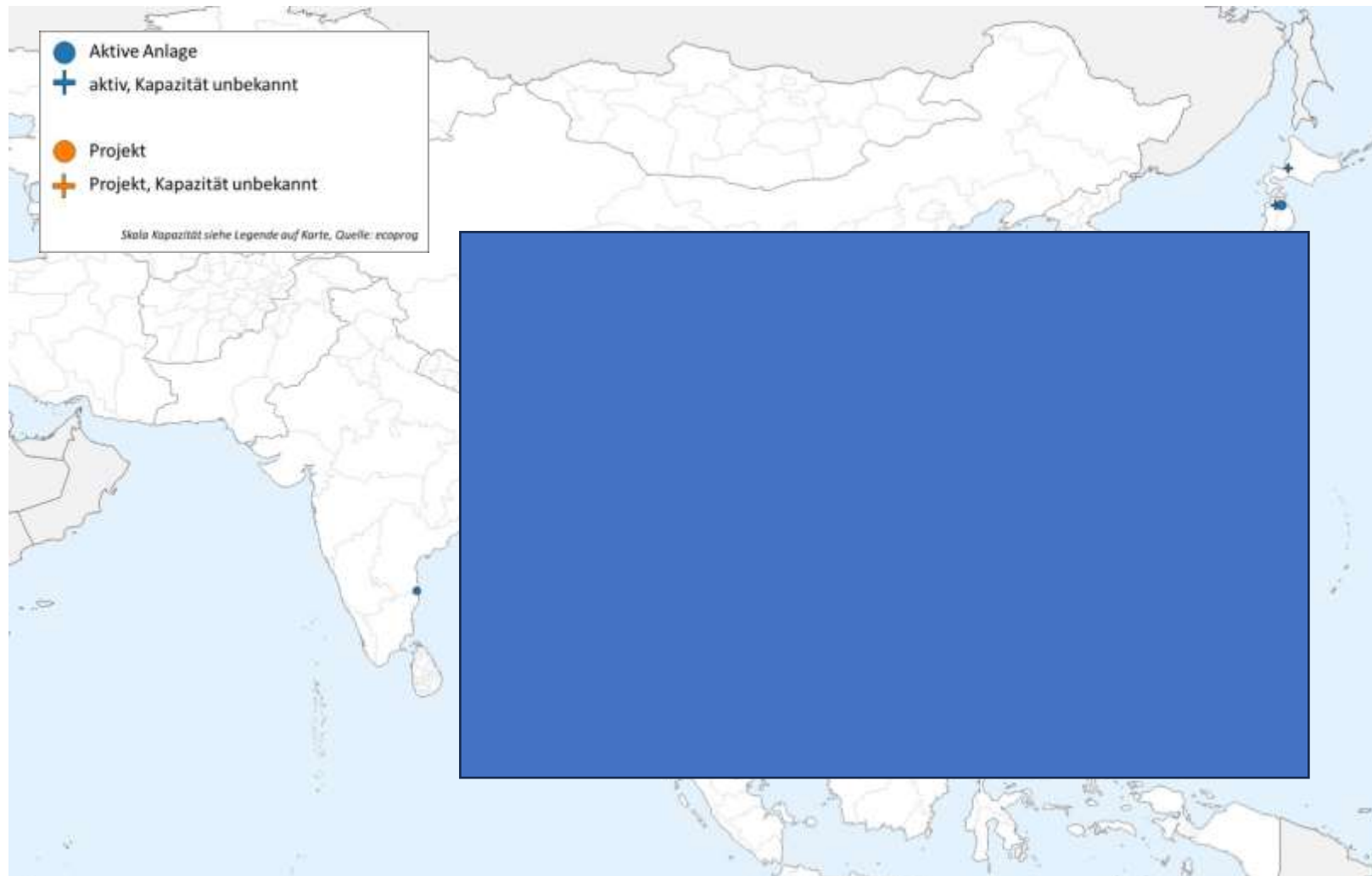


Quelle: ecoprolog

Singapur verfolgt aktuell die Strategie, neue, kostengünstige Recyclingtechnologien in größerem Maßstab zu entwickeln. Nach Angaben der International Trade Administration des US-Handelsministeriums vom November 2022 [...]

[...]

Abbildung 21: Asien, Übersicht Anlagen und Projekte



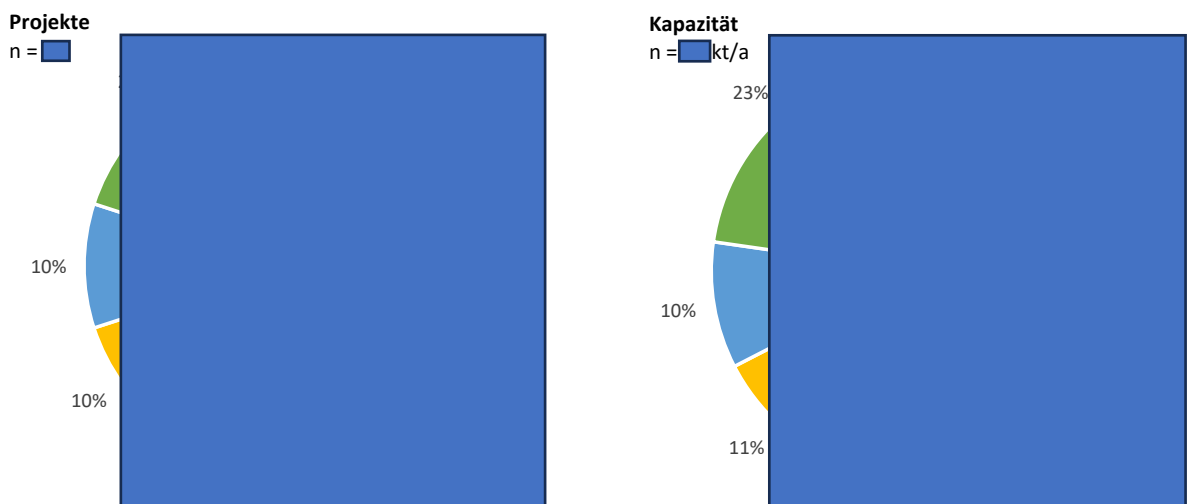
Projekte

Für diese Studie konnten XX Neubauvorhaben zum PV-Recycling in Europa identifiziert werden.

[...]

Mit XX Projekten befinden sich die meisten geplanten Anlagen in XX. Daneben gibt es XX aktuelle Projekte [...]. Die Kapazität dieser Anlagen beläuft sich auf insgesamt geschätzt XX Jahrestonnen.

Abbildung 29: Europa, Projekte und Kapazitäten nach Ländern



Quelle: ecoprolog

[...]

Abbildung 30: Übersicht bekannte Projekte in der Region Europa

#	Projekt	Land	Betreiber	Kapazität (t/a)	Start	Status
1	Grenoble	Frankreich	ROSI Solar	3.000	2023	im Bau
[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]
6	Selmsdorf	Deutschland	IAG - Ihlenberger Abfallentsorgungsgesellschaft mbH	k. A.	k. A.	geplant
[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]

[...]

Wettbewerb

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden jene Akteure, die PV-Recyclinganlagen in Europa betreiben oder derzeit errichten, im Hinblick auf ihre Herkunft kategorisiert.

Auch in dieser Region kommen die Betreiber zumeist aus der Abfallbranche. Insgesamt wurden von uns XX Anlagen oder Projekte Akteuren aus dieser Branche zugeordnet.

[...]

Abbildung 31: Europa, Betreiber nach Branchen hintergrund

Anlagen und Projekte

n =



Anlagen PV-Recycling

Seraing, Belgium

Status: active
Main input: solar panels
Start of operation: 2012

Operator:
Solarcycle
Rue du Teris, 45
4100 Seraing
info@solarcycle.be
www.solarcycle.be

Remarks: The first phase started in 2012. As of late 2020, the plant has recycled a total of 50,000 PV modules at a current recycling rate of 86%. According to the company's website, however, the process already achieves a "minimum" recycling rate of 95 %. Most of the panels for recycling come from France. The metal is supplied to foundries, the glass is crushed and reused in the form of fine sand in road bitumen. With its "Phenix" research project, Solarcycle intends to increase the recycling rate to up to 98%. Solarcycle is a partnership of industrial partners Recma and Comet as well as research partners Liège University, GreenMat, Bruxelles University and Service 4Mat.

[...]

Halluin, France

Status: active
Main input: solar panels
Start of operation: 2021

Remarks: Soren launched a tender process for three new PV recycling plants in France in February 2021 (in Halluin, Portet-sur-Garonne and Saint-Loubès).

Operator:
Galoo
Première, Av. Port Fluvial
59250 Halluin
halluin@galoo.com
www.galoo.com

[...]

Bad Lobenstein, Germany

Status: active
Main input: solar panels (Si-based only)

Remarks: De-pollution and separation of recyclable materials, silicon-based PV modules only. Subcontracting to own primary treatment plant for de-pollution and separation of recyclable materials, for PV modules not suitable for preparation for reuse.

Operator:
MWH Mittermeier e.K.
Poststraße 32a
07356 Bad Lobenstein
mm-rohstoff@t-online.de

[...]

Regensdorf, Switzerland

Status: active
Main input: solar panels, electric and electronic devices

Remarks: No dedicated plant for solar recycling. The company treats electrical and electronic devices including solar panels.

Operator:
Immark AG
Bahnstrasse 142
8105 Regensdorf
info@immark.ch
www.immark.ch

[...]

Scunthorpe, United Kingdom

Status: active
Main input: solar panels, cable, frame

Remarks: The company dismantles the solar equipment at the clients' premises and supplies the equipment for recycling at the company's site. The company was founded in December 2016.

Operator:
Recycle Solar Technologies
Woodhouse Road
DN16 1BD Scunthorpe
info@recyclesolar.org.uk
www.recyclesolar.co.uk

[...]

Projekte PV-Recycling

Grenoble, France

Status: under construction
Capacity (t/a): 3.000
Main input: solar panels
Start of operation: 2023

Remarks: ROSI Solar's (a start-up founded in 2017) technology is based on a pyrolysis process, followed by a mild chemical process. With this technology, the various metals from the cells can be isolated. The initial capacity (3,000 t/year) is planned to be gradually increased to 10,000 tpy. The technology is ready for industrial use and should start operations later in 2023. In May 2023, Rosi Solar received backing for its solar panel recycling technology from Japanese trading firm Itochu Corporation. Rosi has raised a total of EUR 10.5 million from investors Itochu and BPI France, amongst others.

Operator:
Rosi Solar
Rue Gustave Eiffel
38000 Grenoble
info@rosi-solar.com
www.rosi-solar.com

[...]

Tangermünde, Germany

Status: planned
Main input: solar panels
Start of operation: 2024

Remarks: According to information from February 2023, the Tangermünde plant should be able to recycle all types of solar modules produced up to 2022.

Operator:
Lux Chemtech GmbH
Alfred-Lange-Straße 18
09599 Freiberg
info@lc-freiberg.de
lc-freiberg.de

[...]

Orosháza, Hungary

Status: approved
Main input: solar panels

Remarks: According to the operator, all necessary permits and recycling equipment is ready at the site. However, there is no updated time schedule available as of April 2023. As of 2020, there was reportedly no solar recycling capacity installed in Hungary.

Operator:
Re-Glass
Hrsz 0460/10
5900 Orosháza
info@reglass.hu
reglass.hu

[...]

Preis- und Produktinformation

Sie können die Studie hier [bestellen](#).

Preismodelle:

- Single-User-Exemplar, 1.200,- € zzgl. MwSt.
- Company Version, 2.400,- € zzgl. MwSt.
- Corporate Version, Preis auf Anfrage

Erläuterung:

<u>Single-User-Exemplar:</u>	Persönliches Exemplar (personalisierte, passwortgeschützte PDF-Datei per E-Mail)
<u>Company Version:</u>	Unternehmensweites Exemplar (juristische Einheit), PDF-Datei per E-Mail
<u>Corporate Version:</u>	Exemplare für unterschiedliche, aber juristisch miteinander verbundene Unternehmen (z. B. Schwesterfirmen, Beteiligungen im Ausland). Der Preis richtet sich nach der Anzahl der Unternehmen und Personen.

Mit einem Abonnement des waste & bio Infrastructure Monitors ([Info](#) | [Bestellung](#)) erhalten Sie einen Rabatt von 600,- € (1.200,- € Rabatt bei Bestellung einer Company Version).

Optionen:

Optional können Sie den vollständigen Datenbestand in MS Excel erwerben (nur in Verbindung mit einer Company oder Corporate Version der Studie), 1.200 € zzgl. MwSt.

Eine Übersicht zu unseren Produkten und Preisen mit allen Rabatten finden Sie in unserem [Shop](#).