Aktuelle Daten zur Energy Payback Time für kristalline Silizium-Photovoltaikmodule

Prof. Dr. Thomas Wetzel, Florian Feuerstein, Karlsruher Institut für Technologie
Institut für Thermische Verfahrenstechnik
Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe

1 Einführung

Die Untersuchung widmet sich der Energierücklaufzeit (Energy Payback Time) für die aktuell im Einsatz befindliche industrielle Prozeßkette zur Herstellung mono- und multikristalliner Silizium-Photovoltaikmodule. Die Daten wurden direkt vor Ort bei führenden Europäischen Herstellern von Polysilizium, Wafern, Zellen und Modulen erhoben. Die Firmen repräsentieren signifikante Marktanteile in ihren jeweiligen Tätigkeitsfeldern. Somit dürfen die Ergebnisse als repräsentativ für die energetische Bewertung von kommerziell erhältlichen Photovoltaikmodulen auf Siliziumbasis aus Europa angesehen werden.

2 Methodik

Das Vorgehen bei der Studie erfolgte gemäß der methodischen Empfehlungen des IEA Report IEA-PVPS T12-01:2009 “Methodology Guidelines on Life Cycle Assessment of Photovoltaic Electricity“, IEA, October 2009.

Die betrachtete Kette startet mit der Herstellung von Metal Grade (MG)-Silizium. Alle Rohstoffe wie Quarz, Kohle, etc. wurden energetisch mit ihrem kumulierten Herstellungsaufwand bewertet. Die betrachtete und bewertete Kette endet mit dem Solarmodul beim Verlassen der Modulfertigung, Aufwände für Transport zum Aufstellort, Aufständerung, Wechselrichter etc. wurden nicht einbezogen, weil hierfür keine direkten Herstellerdaten vorhanden waren und weil diese Werte z.T. sehr applikationsspezifisch sind. Eine Bandbreite solcher Werte kann aber einschlägigen Veröffentlichungen entnommen werden. Die Daten repräsentieren den Produktionsstand von 2010 für monokristalline Module und den von 2009 für multikristalline Module. Alle Aufwände wurden grundsätzlich vor der Kumulierung auf Primärenergieäquivalente umgerechnet.

Eckdaten und Randbedingungen für die Analysen sind:

- 60-Zellen-PV-Module mit 222 W_{peak} für den multikristallinen Fall und 240 W_{peak} für den monokristallinen Fall

- Energieertrag 1.275 kWh/kW_{peak}.a, entsprechend einer Globalstrahlung von 1.700 kWh/m².a auf ein optimal geneigtes Modul und einer Performance-Ratio von 0,75 (Dieser Wert wurde gewählt, weil die Mehrzahl der jüngeren Studien zum Thema diesen als Vergleichsbasis enthalten. Eine Umrechnung auf spezifische Standortbedingungen ist möglich.)
- Primärenergieumwandlungsfaktoren für die Stromerzeugung: 0,895 (Norwegen) für die MG-Siliziumherstellung, 0,5 (Gas- und Dampfturbinenkraftwerk mit Kraft-Wärme-Kopplung der Wacker Chemie AG, Burghausen) für den Siemensprozess, 0,311 (Germany 2009) für alle anderen Prozeßschritte, Brennstoffumwandlungsfaktor: 0,928 (Deutschland 1996)
- Bestimmung aller Primärenergieäquivalente für Hilfsstoffe auf Basis von Ecoinvent 7.2.3
- Faktor für ersetzte Elektroenergie gem. deutschem Strommix: 0,311

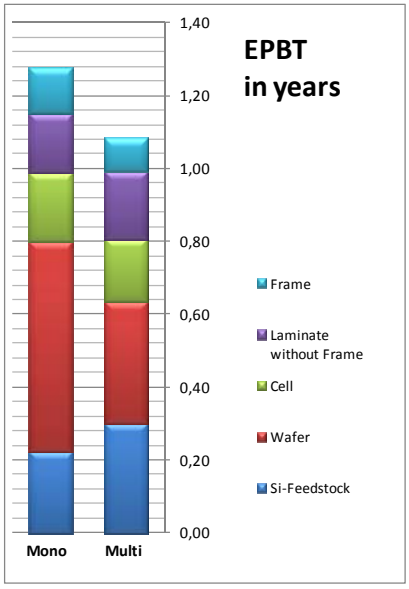
3 Ergebnisse und Diskussion

Die resultierenden Energierücklaufzeiten, untergliedert in Beiträge aus der Siliziumherstellung, Wafer- und Zellenproduktion, Laminierung sowie Rahmung sind in Bild 1 dargestellt.

Die gesamte Energierücklaufzeit für die betrachteten multikristallinen Module beträgt 1,08 Jahre, diejenige für monokristalline Module beträgt 1,27 Jahre.

4 Ausblick

Die ermittelten Energierücklaufzeiten belegen die anhaltenden Prozeßverbesserungen in der PV-Fertigung hinsichtlich Energie- und Materialeffizienz. Detailvergleiche zu früheren Studien sowie Analysen bezüglich möglicher weiterer Verbesserungen sind in Vorbereitung. Ebenso ist eine Erweiterung der Studie um Dünnschichttechnologien geplant.



Danksagung

Die Autoren möchten sich sehr herzlich bei Dr. Sylke Schlenker, Karsten Wambach, Sunicon GmbH, Freiberg, Dr. Claus Beneking, Björn Hopmann, Bosch Solar Energy AG, Erfurt, und Dr. Erich Dornberger, Wacker Chemie AG, Burghausen, für die umfassende Bereitstellung der Daten aus ihren Fertigungen bedanken.

Bild 1: Energierücklaufzeit 2009/2010 für mono- und mulikristalline Module mit Beiträgen der verschiedenen Prozeßabschnitte.