

Dünnschicht- oder kristalline Module?

Technischer und wirtschaftlicher Systemvergleich

Dipl.-Ing. Manfred Bächler, Vorstand Technik

Die momentane Verknappung von kristallinen Modulen (mono- oder polykristallin) sowie technologische und produktionstechnische Fortschritte bei den Dünnschicht-Modulen (z.B. amorphem Silicium, CdTe oder CIS) haben in den vergangenen Jahren dazu geführt, dass insbesondere bei PV-Anlagen im Leistungsbereich von über 10 kWp bis hin zu 1.000 kWp vermehrt Dünnschichtmodule eingesetzt wurden. Allerdings unterscheiden sich diese in einigen Punkten von den kristallinen Modulen, was auch zu Kostenunterschieden führt.

In technischer Hinsicht sind vor allem bei der Planung und Ausführung einige Besonderheiten zu beachten. Daneben haben Dünnschichtmodule in aller Regel einen deutlichen Preisvorteil, der jedoch zumindest zum Teil durch höhere Aufwendungen bei der übrigen Systemtechnik (balance-of-system, BOS) wie dem Montagegestell, der Gleichstromverkabelung (DC), dem Wechselrichter und den Montageaufwendungen zu einem Großteil kompensiert wird. Durch intelligente Lösungen lässt sich ein großes Kostensenkungspotential erschließen und damit der Systempreis deutlich reduzieren.

Auf Systemebene können die wesentlichen Unterschiede zwischen kristallinen und Dünnschichtmodulen in folgende Kategorien eingeteilt werden:

- Betriebstechnische Unterschiede - hier spiegelt sich vor allem das unterschiedliche Betriebsverhalten der Module wider

- Systemdesign-Unterschiede - die dann zu verschiedener Systemtechnik (aber nicht notwendigerweise zu unterschiedlichen Systemkosten) führen
- Kostenrelevante systemtechnische Unterschiede - die zu unterschiedlichen Kosten bei der Systemtechnik (d.h. Unterkonstruktion, Verkabelung, Wechselrichter, Montage, etc.) führen

1. Betriebstechnische Unterschiede

Generell zeigen Dünnschichtmodule einen besseren - nämlich geringeren - Temperaturkoeffizienten der Leistung. Dadurch erzeugen sie insbesondere im Sommer, d.h. bei hoher Einstrahlung und Modultemperatur, mehr Energie. Dagegen ist besonders bei amorphen Modulen vor allem im Winter ein geringerer Ertrag als bei kristallinen Modulen zu erwarten, Abb.1, S.130.

Da im Sommerhalbjahr über 2/3 des Jahresertrags erzeugt werden, führt die Mehrproduktion trotz der Min-

derleistung im Winter zu einem Mehrertrag von bis zu 5 %. Darüber hinaus sind Dünnschichtmodule durch die Bauform der Solarzellen in der Regel „verschattungstoleranter“ als kristalline Module. Gerade wenn Verschattungen nicht vollständig zu vermeiden sind (z.B. bei hintereinander stehenden Modulreihen bei einer Flachdachanlage), können bei Dünnschichtmodulen die Mindererträge durch entsprechende Modul-anordnung gegenüber kristallinen Modulen deutlich reduziert werden.

2. Systemtechnische Design-Unterschiede

2.1. Anfängliche Überleistung

Insbesondere bei amorphen Dünnschichtmodulen, bei denen in den ersten Betriebsmonaten eine Leistungsdegradation (bis zu 25 %) eintritt, bevor die Nennleistung erreicht wird, ist bei der Systemauslegung darauf zu achten, dass die Anfangsleistung und die Leerlaufspannung der Module deutlich höher sind. Um zu vermeiden, dass man über die fast komplette Betriebszeit der Anlage einen überdimensionierten Wechselrichter hat, sollte die Leistungsdimensionierung des Wechselrichters dennoch auf die Nenn- und nicht die Anfangsleistung des Moduls ausgerichtet sein, da diese im Vergleich zur Lebensdauer von über 20 Jahren schnell ab-

2 MWp Kraftwerk mit monokristallinen Modulen auf der Neuen Messe München



nimmt. Dem gegenüber sind Verluste durch temporäres Abregeln in der Anfangszeit vernachlässigbar. Dagegen sollte darauf geachtet werden, dass die Eingangsstufen des Wechselrichters durch die deutlich höheren Betriebsspannungen in den ersten Betriebsmonaten nicht beschädigt werden - hier muss unbedingt das anfängliche Betriebsverhalten berücksichtigt werden.

2.2. Geringerer Füllfaktor

Der geringere Füllfaktor äußert sich in einem deutlich höheren Verhältnis zwischen Leerlauf- und MPP-Betriebsspannung (Maximum Power Point, dem Betriebspunkt mit der

bei kristallinen Modulen. Deswegen sollte die Unterdimensionierung des Wechselrichters mit einer Ausgangsleistung, die 90-95 % der Modulnennleistung beträgt, deutlich geringer gewählt werden als bei kristallinen Modulen (80-85 %).

3. Systemtechnische Kostenunterschiede

3.1. Flächenwirkungsgrad

Einer der wohl signifikantesten Unterschiede besteht im Wirkungsgrad: Gegenüber kristallinen Modulen mit ca. 12-15 % Wirkungsgrad haben Dünnschichtmodule nur ca. 6-9 %. Es wird also in etwa die doppelte Fläche benötigt - und damit ein-

gegenüber Dünnschichtmodulen mit typischerweise 450-700 Vdc, da - insbesondere bei Großanlagen - bei höheren Systemspannungen Wechselrichter mit geringeren spezifischen Kosten wie auch einem höheren Wirkungsgrad eingesetzt werden können. Darüber hinaus steigt der DC-Verkabelungsaufwand, vor allem bei Einzelstrangüberwachung, bei Verwendung von Modulen mit geringerer Systemspannung deutlich an.

3.4. Leistungs-/Spannungsverhältnis im MPP-Punkt

Dünnschichtmodule haben mit typischen Werten von ca. 1 Vdc/Wp

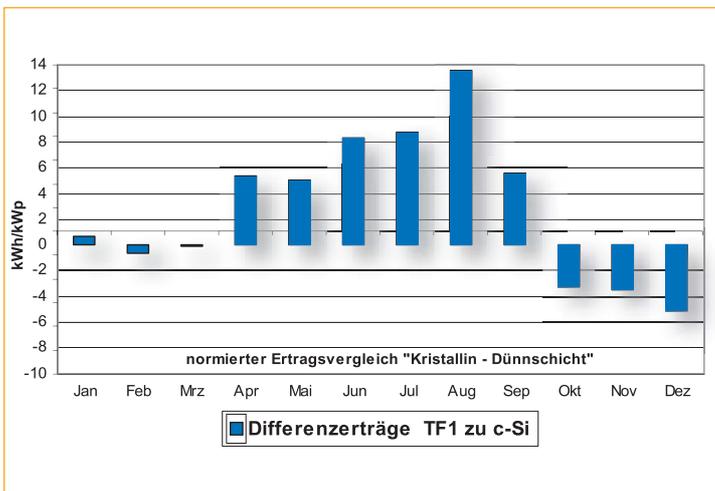


Abb.1 Energieproduktionsvergleich: kristallines (c-Si) Modul und Dünnschichtmodul (TF1) im Jahresgang

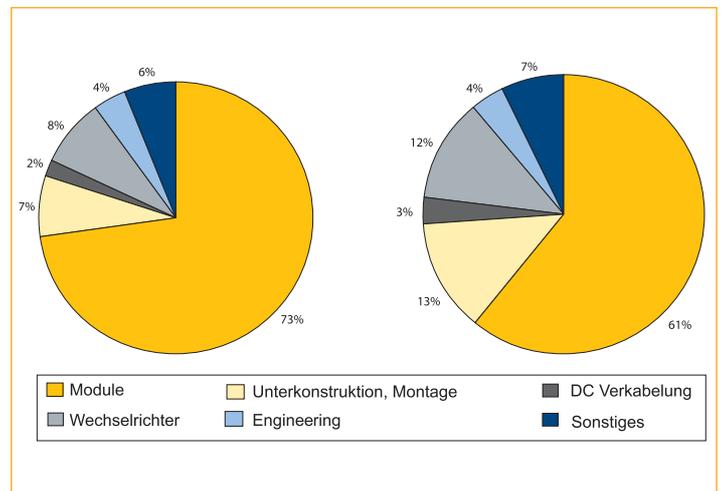


Abb.2 Kostenverteilung Kristallin-Dünnschicht

max. Leistungsabgabe der Module) im Vergleich zu kristallinen Modulen: Für diese sind die Eingangsspannungsfenster der meisten Wechselrichter ausgelegt. Hier liegt der typ. Wert bei 1,25, bei Dünnschichtmodulen dagegen bei bis zu 1,40, weshalb der Wechselrichter über einen größeren Eingangsspannungsbereich verfügen muss. Dieses Kriterium erfüllen nur wenige dieser Geräte. Dies schränkt die Auswahl an potentiellen Systemkonfigurationen deutlich ein.

2.3. Geringerer Leistungsabfall bei hohen Temperaturen bzw. Einstrahlung

Durch den geringeren Temperaturkoeffizienten ist die Leistungsreduktion im Sommer bei hoher Modultemperatur bis zu 10 % geringer als

hergehend auch die entsprechend höhere Menge an Unterkonstruktion und Montageleistung.

3.2. Modulleistung / -größe

Generell haben Dünnschichtmodule mit typischerweise ca. 60-100 Wp pro Modul eine deutlich geringere Leistung als typische kristalline Module mit ca. 150-300 Wp. Hierdurch steigen die Montagekosten an, da entsprechend mehr (einzelne) Module installiert werden müssen und auch entsprechend mehr Befestigungselemente etc. benötigt werden.

3.3. Zulässige maximale Spannung des Systems

Hier haben (bisher) kristalline Module mit Spannung bis zu 1.000 Vdc einen deutlichen Kostenvorteil ge-

gegenüber kristallinen Modulen mit Werten von ca. 0,2 Vdc/Wp eine hohe Modulspannung im Vergleich zur Leistung.

Dadurch können bei Dünnschichtmodulen nur wenige Module pro Strang in Reihe geschaltet werden, bevor die max. Systemspannung erreicht wird, was wiederum zu einer aufwändigeren DC-Verkabelung und damit zu Kostensteigerungen führt.

4. Kostenstruktur und -vergleich bei PV Großanlagen

Bei PV-Anlagen mit Dünnschichtmodulen ist der Anteil der Systemkosten (BOS-Kosten), das heißt, bei Unterkonstruktion, Wechselrichter, DC-Verkabelung, Montage, etc. mit ca. 39 % deutlich höher als bei An-

lagen mit kristallinen Modulen (27 %), Abb.2. Vergleicht man die Systemkosten bei PV-Dachanlagen zwischen zwei unterschiedlichen Dünnschichtmodulen

- (TF1 mit 100 Wp, gerahmt, Parallelverschaltung auf Strangenebene, max. Systemspannung 600 Vdc; TF2 mit 60 Wp, rahmenlos, konventionelle Verschaltung, max. Systemspannung 700 Vdc)

mit einer Referenzanlage mit kristallinen Modulen,

- (c-Si mit 160 Wp, gerahmt, 1.000 Vdc Systemspannung) ergeben sich folgende Mehrkosten, Abb.3:

	TF1	TF2
Gestelle, Modulmontage	270,-	460,-
DC-Verkabelung	0,-	60,-
Wechselrichter	220,-	180,-
Summe € / KWp	490,-	700,-

Abb.3 BOS-Mehrkostenvergleich gegenüber kristallinen Modulen

Um zu gleich hohen Systemkosten einer PV-Anlage zu gelangen, sollten die Dünnschichtmodule zwischen 490 und 700 €/kWp günstiger im Preis sein.

Aber auch bei Dünnschichtmodulen besteht, je nach spezifischen Eigenschaften der einzelnen Module, ein großer Unterschied bei den Systemkosten von über 200 €/kWp. Der reine Modulpreis sollte also nicht das alleinige Auswahlkriterium sein - entscheidend ist der Gesamtpreis auf Systemebene.

5. Ausblick

Es ist damit zu rechnen, dass das Design von Dünnschichtmodulen in vielen Bereichen sehr schnell deutlich verbessert werden kann:

Beginnend vom Wirkungsgrad über die Systemspannung bis hin zur Modulgröße. Damit einhergehend werden dann auch die BOS-Kosten deutlich sinken.

In Verbindung mit den attraktiven Preisen - die gegenüber den kristallinen Modulen nicht unter den Preissteigerungen durch die Verknappung des Rohsiliciums leiden - ist zu erwarten, dass der Kostenvorteil zu einer beschleunigten Marktdurchdringung führen wird. Deutlich steigende Herstellvolumina führen dann zu geringeren Herstellkosten - hier stehen Dünnschichtmodule erst am Anfang des Kostensenkungspotentials. Aber auch bei den BOS-Kosten ist, wenn durch eine Volumenerhöhung immer mehr dieser Komponenten für den Einsatz in Dünnschicht-Anlagen entwickelt werden, eine weitere deutliche Reduktion zu erwarten.

Aus diesen Gründen darf ein deutlich schnellerer Zugewinn an Marktanteilen von Dünnschichtmodulen erwartet werden als bisher häufig prognostiziert wurde.

Autor

Dipl.-Ing. Manfred Bächler, Vorstand Technik

Phönix SonnenStrom, Ulm

www.SonnenStromAG.de



Armaflex® DuoSolar

DIE EINZIGARTIGE „JOIN-SPLIT“ SYSTEMLÖSUNG FÜR SOLARANWENDUNGEN

ARMAFLEX DUOSOLAR – die vorisolierten Rohrleitungen mit patentierter Klebtechnik, die die Energie der Sonne mit größtmöglicher Effizienz überträgt.



Armaflex DuoSolar VA:
Flexible Edelstahlwellrohre mit HT/Armaflex vorisoliert

Armaflex DuoSolar CU:
Kupferrohre mit HT/Armaflex vorisoliert



Die Welt ist keine Scheibe - Ihre Anzeigen auch nicht [...]

Anmeldung
Service-Box



innovatools

Werkzeuge für den Erfolg

Fach.Journal

Fachzeitschrift für Erneuerbare Energien & Technische Gebäudeausrüstung

[Hier mehr erfahren](#)



innovapress

*Innovationen publik machen
schnell, gezielt und weltweit*

Filmproduktion | Film & Platzierung | Interaktive Anzeige | Flankierende PR | Microsites/Landingpages | SEO/SEM | Flashbühne