

Vergleich der Energie-Erträge von kristallinen und Dünnschicht-Modulen, bezogen auf die jeweils gleiche Flächeneinheit von 1 m²

Autor:
Dipl. Ing. (FH) Eberhard Zentgraf
Elektroingenieur
im TEC-Institut für technische Innovationen

An Planung, Aufbau, Messungen und Auswertung beteiligtes wissenschaftliches
Team:
E. Zentgraf, J. Meidhof, A. Zentgraf, L. Lemons

Inhalt

1. Vorwort
2. Aufbau und Durchführung der Versuche
3. Messergebnisse
4. Bewertungen
5. Nachfolge-Experimente
6. Equipment

1. Vorwort

Im Rahmen verschiedener technischer Untersuchungen an Photovoltaik-Systemen (PV-Systemen), beschäftigte sich das TEC-Institut für technische Innovationen auch mit dem Vergleich der Energie-Erträge von kristallinen und Dünnschicht-Modulen. In der Öffentlichkeit und auch in verschiedenen Fachpublikationen wird besonders der Energie-Ertrag von Dünnschichtmodulen bei Schwachlicht höher eingeschätzt, als der Energie-Ertrag von kristallinen Modulen. In einer Veröffentlichung unseres Institutes vom März 2009 unter dem Titel „Untersuchungen zur Höhe des Energieertrages von Photovoltaik-Modulen unter verschiedenen Neigungswinkeln und Ausrichtungen“ (siehe: www.tec-institut.de) haben wir bereits dargelegt, dass die Angaben über die Vorteile von Dünnschichtmodulen oftmals überbewertet werden. Einige Angaben über die Vorteile von Dünnschichtmodulen treffen, zumindest für unsere mitteleuropäischen Breiten, nicht zu. Die Untersuchungen, auf welche sich unsere Veröffentlichung vom März 2009 bezieht, wurden als sog. herunterskaliertes Experiment mit Kleinstmodulen durchgeführt. Die **aktuellen** Untersuchungen wurden mit handelsüblichen Modulen im Netz-Einspeisebetrieb durchgeführt. Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich über ein ganzes Jahr.

Voraussetzungen:

Bei den Vorüberlegungen gingen wir davon aus, dass den meisten Interessenten einer PV-Anlage eine begrenzte (Dach)-Fläche zur Verfügung steht.

Daher bezogen sich unsere Untersuchungen bei allen Modulen auf die gleiche Flächeneinheit: **1 m²**.

2. Aufbau und Durchführung der Versuche:

Folgende Module wurden für die Testreihen ausgewählt:

monokristallin:	- Sharp NU-180 E1	180 Wp
	- Yunnan Tianda TD 175 M5	175 Wp
	- ANTARIS ASM 175	175 Wp
polykristallin:	- aleo S16	180 Wp
	- Kyocera KC 175 GHT-2	175 Wp
	- Tynsolar TYN-180 PC	180 Wp
Dünnschicht:	- Kaneka Z-EA075 (a-Si)	75 Wp
	- Solartech SN-GS40D (a-Si)	40 Wp
	- First Solar FS 270 (CdTe)	70 Wp

Anmerkung zu den Dünnschichtmodulen:

Es wurden als Dünnschichtmaterialien amorphes Silizium (a-Si) und Cadmium-Tellurid (CdTe) verwendet.

Es wurden jeweils 2 Module gleichen Typs in Reihe zu einem String verschaltet und über dazu passende Wechselrichter an das Stromnetz angeschlossen. Bei den Wechselrichtern wurde darauf geachtet, dass die Module die Wechselrichter „satt“ im Mpp-Bereich betreiben konnten. Einzig von den Solartechnics-Modulen mußten 3 Module in Reihe zum String verschaltet werden, um in den Mpp-Bereich zu gelangen.

Auch bei **weiteren Details** wurde auf gleiche Bedingungen geachtet:

- gleiche Ausrichtung (nach Süden)
- gleicher Neigungswinkel (25°)
- gleiche Kabellängen
- Montage auf dem gleichen Gebäude
- etc.

Messverfahren:

Von jedem Modultyp wurden am Eingang des zugehörigen Wechselrichters sowohl Gleichstrom als auch Gleichspannung messtechnisch erfasst und über einen Messrechner auf Festplatte gespeichert. Aus gemessenem Gleichstrom und gemessener Gleichspannung konnte für jeden Modultyp die elektrische Leistung und der elektrische Energieertrag berechnet werden.

Messtakt: 1 Minute.

Die Messungen liefen rund um die Uhr über den Zeitraum vom 01. Oktober 2008 bis zum 30. September 2009, also genau ein Jahr. Somit konnte das Verhalten der Modularten über alle 4 Jahreszeiten hinweg beobachtet werden.

Fotos von verwendeten Modulen:



Abb. 1: Solartechnics-Module



Abb. 2: First Solar-Module



Abb. 2a: Kaneka-Module



Abb. 3: rechte Reihe: 1. u. 2. Modul von hinten: Yunnan Tianda-Module
5. u. 6. Modul von vorne: ANTARIS-Module

3. Messergebnisse:

Vorbetrachtungen:

Vor den Auswertungen der Messreihen sind einige Vorüberlegungen nötig: Jedes Hersteller-Datenblatt eines PV-Moduls enthält u. a. die Angabe der Nennleistung und die Außenmaße des Moduls. Daraus lässt sich die Nennleistung pro m² berechnen (siehe Abb. 4):

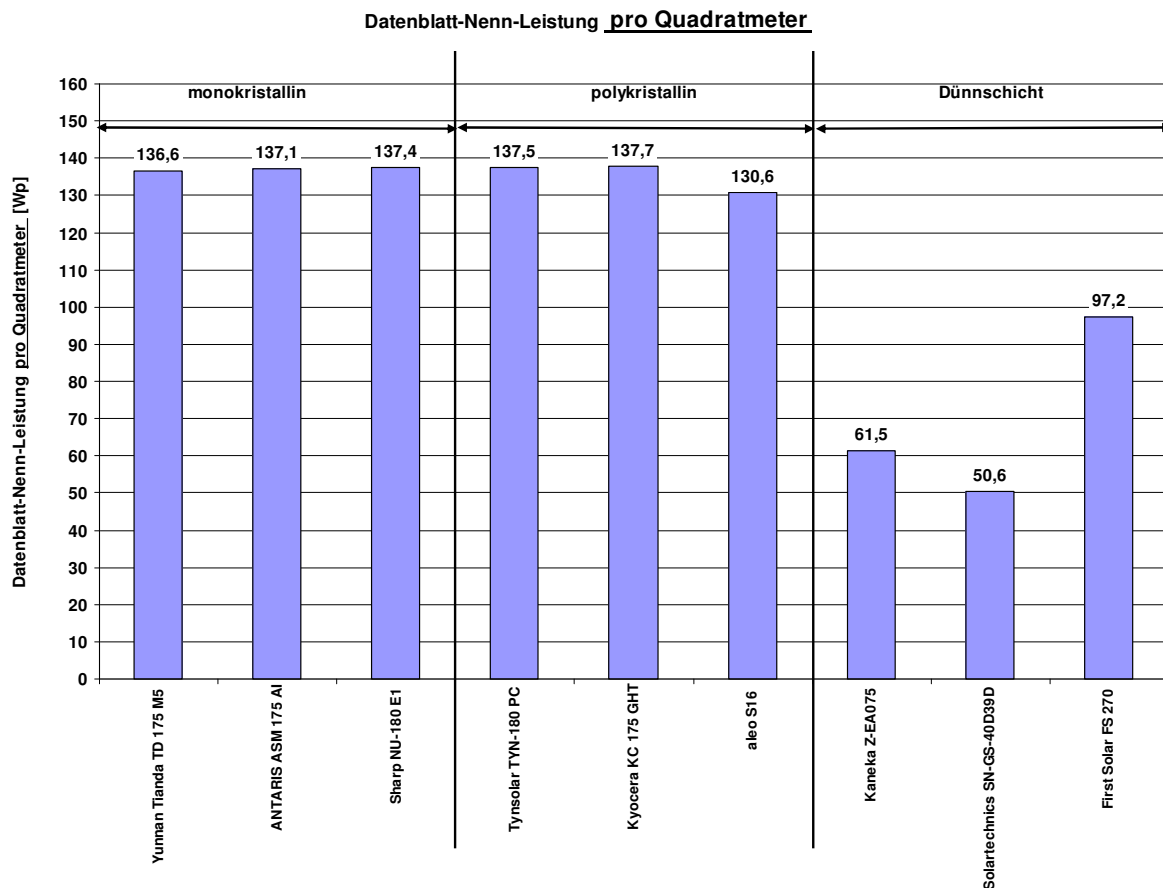


Abb. 4: Datenblatt-Nennleistung pro m²

Sowohl von den monokristallinen als auch von den polykristallinen Modulen wird in einigen der folgenden Betrachtungen der Mittelwert gebildet, da jede Gruppe untereinander einen relativ kleinen Streubereich hat.

Die Dünnschichtmodule werden aufgrund der höheren Streuung weiterhin einzeln betrachtet.

Daraus ergibt sich die nachfolgende Abb. 5, in welcher der Mittelwert der monokristallinen Module als Bezugswert (also 100%) für die anderen Module genommen wird.

Prozentuale Datenblatt-Nenn-Leistungsanteile der verschiedenen Zellenarten, pro Quadratmeter, bezogen auf monokristallin

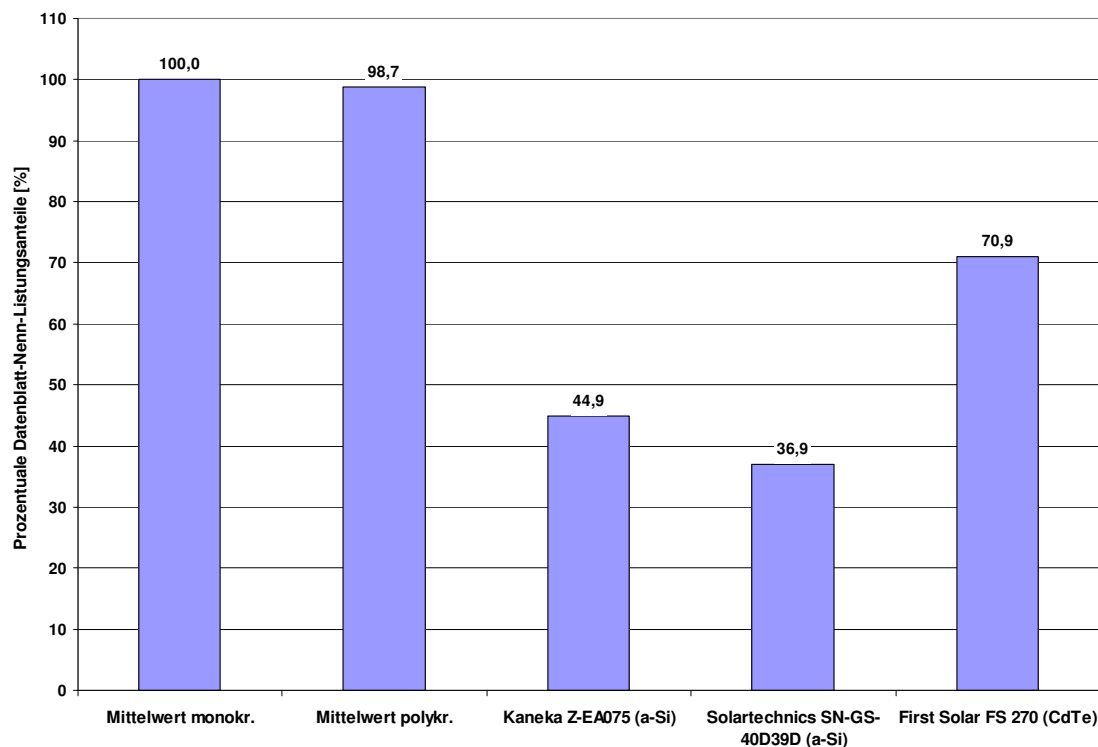


Abb. 5: Prozentuale Datenblatt-Nennleistung pro m²

Ergebnisse der Messreihen:

Abb. 6 zeigt die absoluten elektrischen Energieerträge **pro m²** aller beteiligten Modultypen im Zeitraum vom 01.10.2008 bis zum 30.09.2009.

Pro Quadratmeter gelieferte elektrische Energie, absolut [kWh] vom 01.10.08 bis 30.09.09

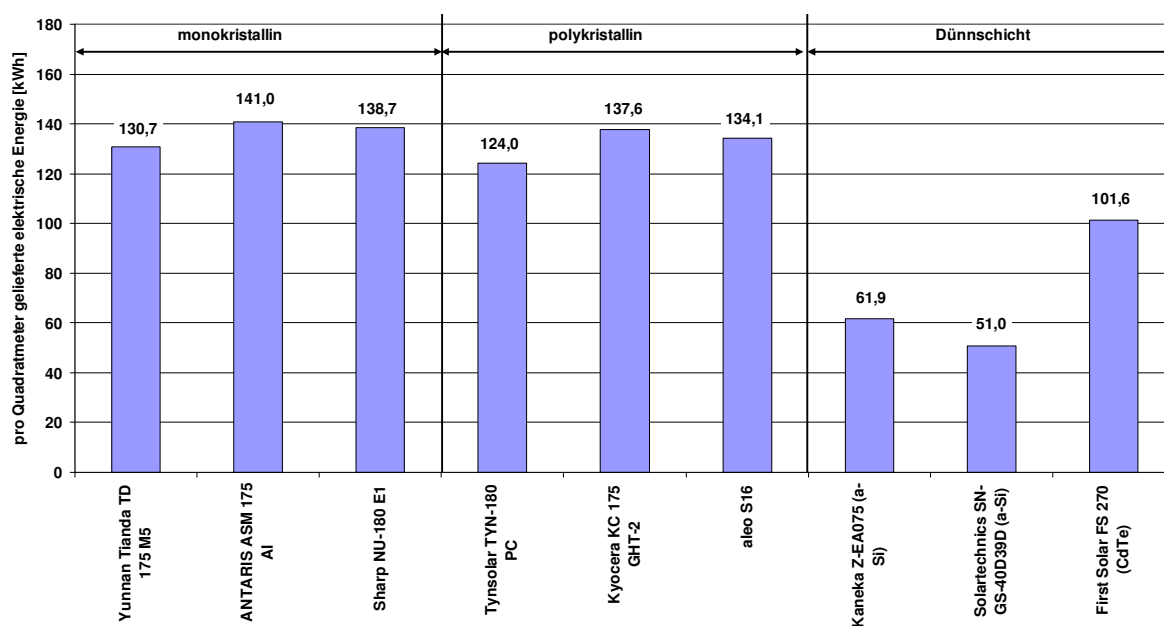


Abb. 6: pro m² gelieferte absolute Energieerträge

Fasst man die mono- und polykristallinen Modultypen jeweils wieder als Mittelwerte zusammen, so ergibt sich Abb. 7:

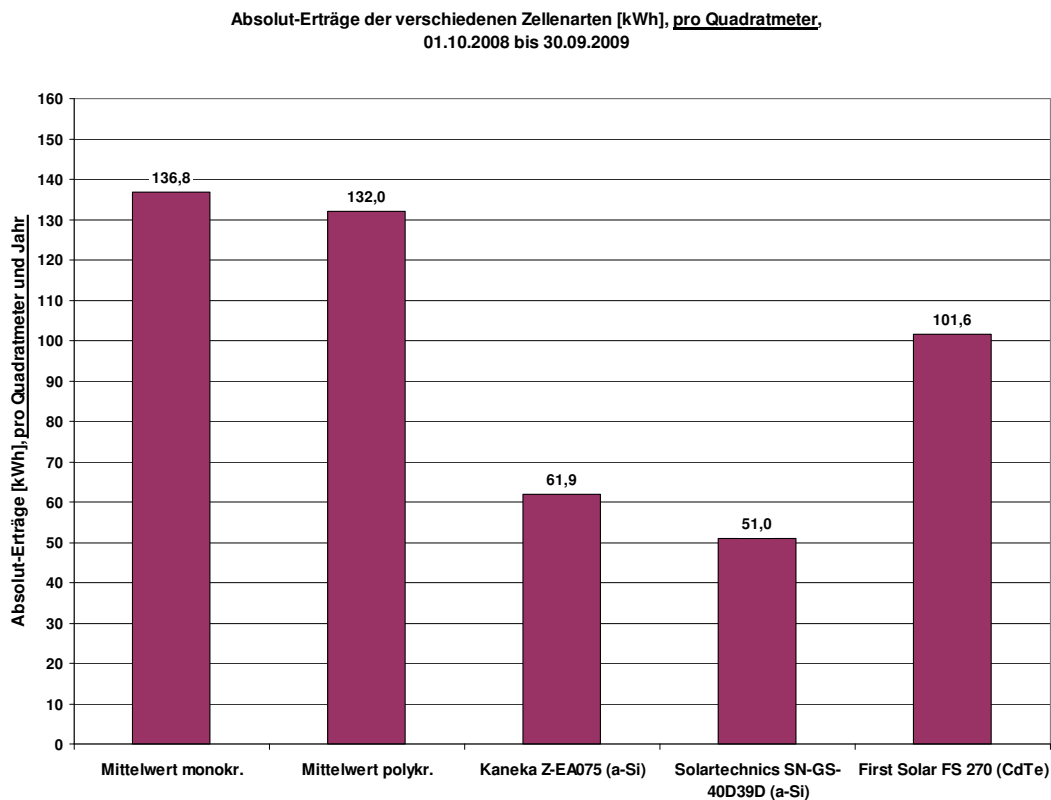


Abb. 7: pro m² gelieferte absolute Energieerträge

Die zugehörige prozentuale Betrachtung, siehe Abb. 8:

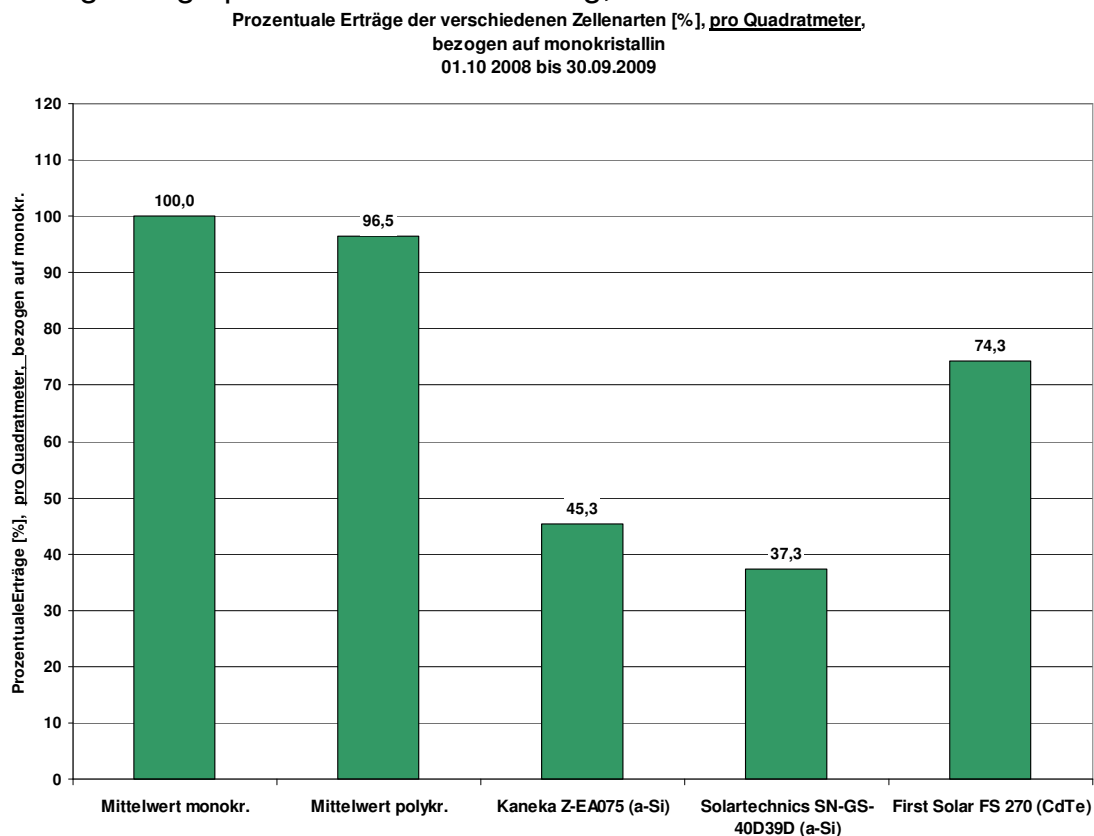


Abb. 8: pro m² gelieferte absolute Energieerträge

Verlauf der absoluten Energieerträge **pro m²** in Abb. 9:

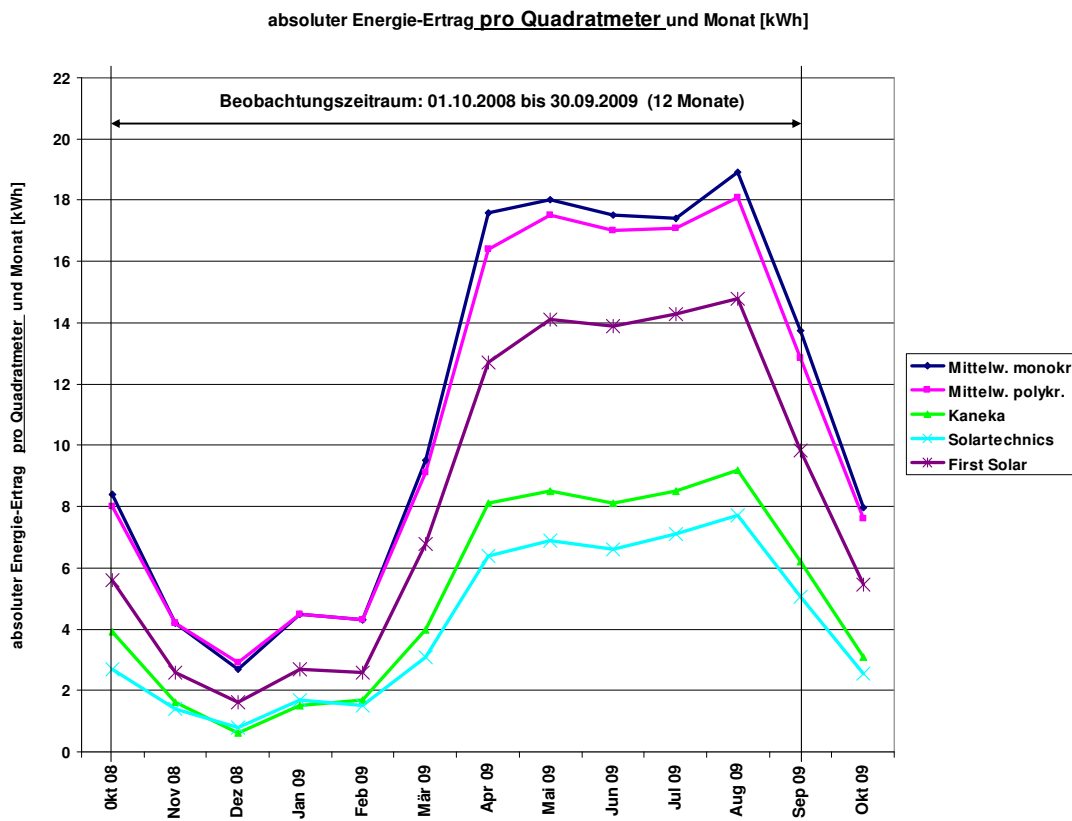


Abb. 9: pro m² gelieferte absolute Energieerträge, absolut

Wählt man nun wieder monokristallin als Bezugswert (100%) so ergibt sich Abb. 10:

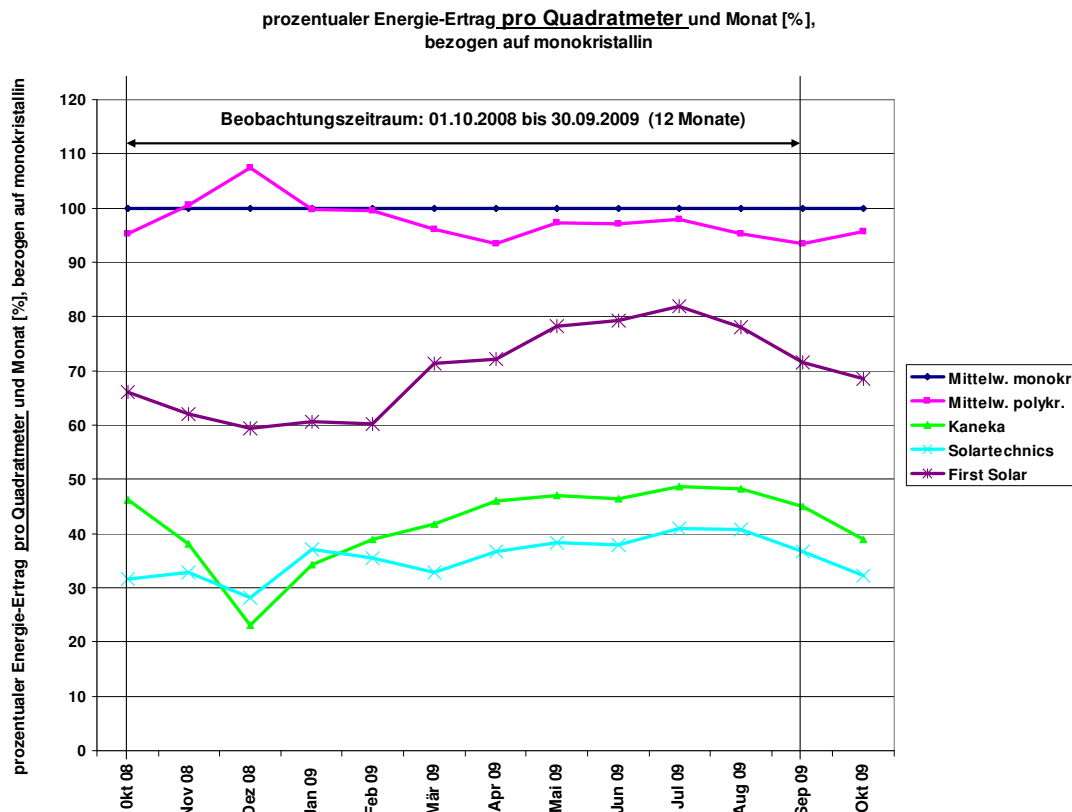


Abb. 10: pro m² gelieferte absolute Energieerträge, prozentual

4. Bewertung:

In keiner Situation konnten wir einen Vorteil, weder der amorphen, noch der CdTe – Dünnschichtmodule gegenüber den kristallinen Modulen im Energieertrag pro Flächeneinheit (m²) feststellen (Ausrichtung: Süd, Neigung: 25°).

Die Jahres-Energieerträge (Abb. 8) verhalten sich nahezu exakt so, wie es aus den prozentualen Datenblatt-Nennleistungsanteilen (Abb. 5) zu erwarten war.

In den Monaten mit Schwachlicht (Spätherbst, Winter, zeitiges Frühjahr) lagen die Dünnschichtmodule prozentual sogar noch weiter hinter den kristallinen Modulen als im Sommer (siehe Abb. 10).

5. Nachfolgeexperimente:

Derzeit finden Messreihen statt, wobei sowohl Dünnschicht- als auch kristalline Module unter einem Neigungswinkel von 25° nach Westen ausgerichtet sind. Aussagekräftige Ergebnisse werden Mitte des Jahres 2010 vorliegen.

6. Equipment

Gerät:	Typ:	Hersteller/Lieferant:
Multimeter	VC 820	Voltcraft
Wechselrichter	Soladin 600	Mastervolt
Wechselrichter	StecaGrid 500	Steca
Messrechner	GX 260	Dell
Software	MS Visual Basic 6.0	Microsoft
Software	MS Excel 2003	Microsoft

Waldaschaff, 09.12.2009

Eberhard Zentgraf
Dipl.-Ing. (FH) Elektrotechnik