

# energytech.at

[ energy technology austria ]

---

*Die Internet-Plattform für  
innovative Energietechnologien  
in den Bereichen  
Erneuerbare Energieträger  
und Energieeffizienz*

<http://energytech.at>

## *Zellenarten für gebäudeintegrierte Photovoltaik*

  
**arsenal research**  
Ein Unternehmen der Austrian Research Centers.

**bmvit**  
Bundesministerium für  
Verkehr, Innovation und  
Technologie

energytech.at

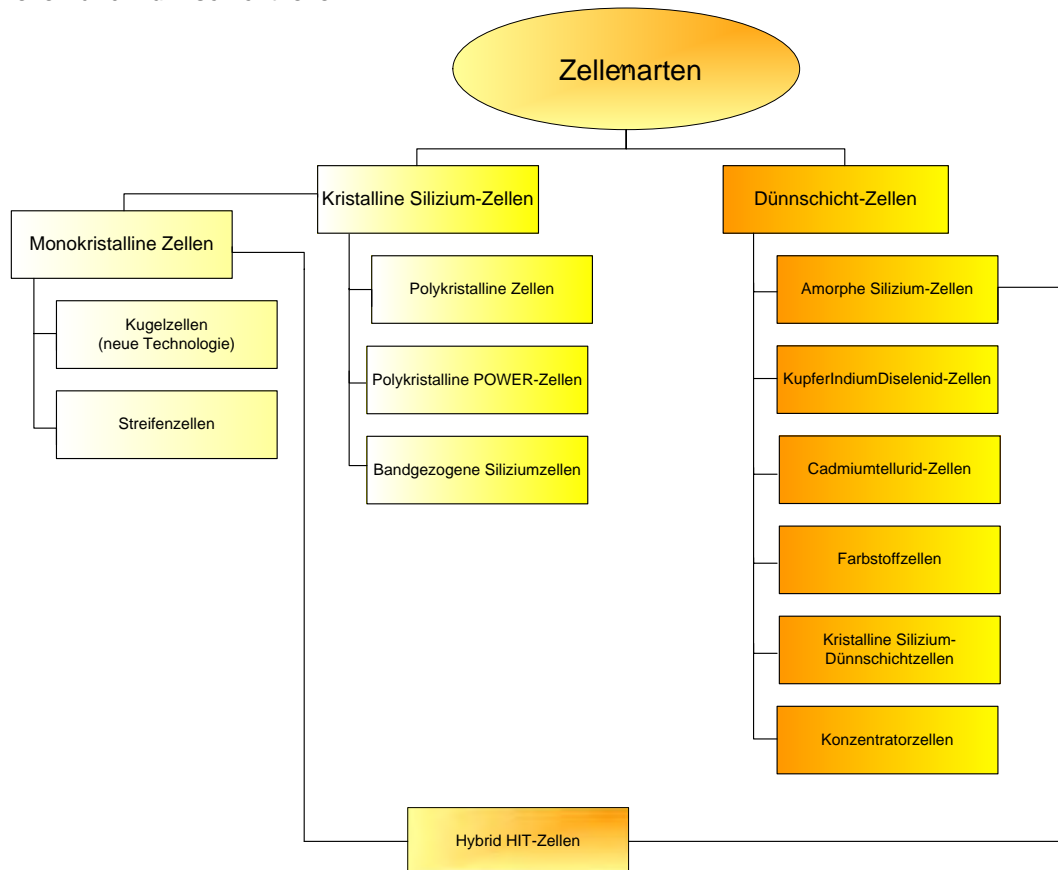


# Zellenarten für Gebäudeintegrierte Photovoltaik

Der Einsatz von GIPV bietet verschiedenste Gestaltungsmöglichkeiten für den Planer und Architekten. Es beginnt bei den vielfältigen Zellformen, -größen und – farben und wird über die unterschiedlichen Modulgrößen, -formen und Zellbelegungsichten abgerundet.

Die verschiedenen Zellenarten bestehen aus Halbleitermaterialien wie Silizium, jedoch befinden sich einige andere Materialien, oder Kombinationen aus verschiedenen Materialien in Verwendung oder im Forschungsstadium, mit denen in Zukunft neue Zellen hergestellt werden sollen.

Grundsätzlich unterteilt man Zellen nach ihrem Aussehen und den Herstellungsprozesse in kristalline Siliziumzellen und Dünnschichtzellen.



Bereits am österreichischen Markt etabliert sind folgende Zellenarten (2004, Marktstudie Faninger):

- Monokristalline Zellen (ca. 30%)
- Polykristalline Zellen (ca. 60%)
- Amorphe Silizium Dünnschicht Zellen, Kupfer Indium Diselenid Zellen, Cadmiumtellurid Zellen (ca. 10%)

Nachfolgenden werden die einzelnen Zellenarten kurz mit einigen ihrer Eigenschaften (Farbe, Wirkungsgrad, speziellen Einsatzgebiet,...) erklärt.

## Kristalline Siliziumzellen:

Monokristalline Siliziumzellen:

Monokristalline Siliziumzellen (schwarz bis dunkelbläuliche Färbung) besitzen im Vergleich zu anderen Siliziumzellentechnologien den höchsten Wirkungsgrad (aktuell ca. 17%). Der Wirkungsgrad gibt an, wie viel Prozent der auf eine Solarzelle eingestrahlten Lichtleistung in elektrisch erzeugte Leistung umgewandelt werden kann. Die Mono-kristallinen Siliziumzellen sind aber teurer als andere Zellen und müssen aufgrund ihrer Empfindlichkeit gegen äußere



Abbildung 1 Monokristalline Zelle;  
Quelle: [www.hupra.com](http://www.hupra.com)

Witterungseinflüsse und mechanische Belastung durch eine stabile, starre, durchsichtige und feuchtigkeitsdichte Abdeckung (z.B. Glas) geschützt werden. Sie werden deshalb bevorzugt dort eingesetzt, wo nur eine begrenzte Fläche zur Stromerzeugung zur Verfügung steht.

#### Spherical Solar Zelle:

Kugelsolarzellen bestehen aus vielen kleinen Siliziumkugelchen (kostengünstigeres metallurgisches Silizium). Eine Einbettung in Glas als auch in hochflexibles Polymer (geringes Gewicht!), sowie eine leichte Anpassung an gebogene Flächen, auch an solche mit geringem Biegeradius ist möglich. Diese Art der Solarzellen befindet sich noch im Entwicklungsstadium und deshalb wird ein Wirkungsgrad von nur 10% angegeben.<sup>1</sup>

#### Streifenzellen:

Bei diesen Zellen wird die Dicke der monokristallinen Solarzellen beschränkt. Die Siliziumstreifen werden zwischen zwei Glassplatten geschichtet, entweder ganz nah neben einander, oder mit einem Abstand zwischen den Streifen. So können Hochleistungszellen oder semi-transparente Module produziert werden. Der Wirkungsgrad dieser Streifenzellen beträgt 18,2 % bei vollbeschichteten und 12,3 % bei semi-transparenten Modulen. Die ersten Module wurden mit Januar 2005 auf den Markt gebracht.<sup>2</sup>

#### Polykristalline Siliziumzellen:



Polykristalline Siliziumzellen (kristallin schimmernde bläuliche Oberfläche) gleichen von ihren mechanischen und elektrotechnischen Eigenschaften den Monokristallinen Siliziumzellen, sind kostengünstiger und weisen allerdings bisher nur einen Wirkungsgrad von ca. 13% auf.

**Abbildung 2 Polykristalline Solarzelle**

Quelle: [www.qsl.net](http://www.qsl.net)

#### Power Solarzellen:

Power Solarzellen sind eine semitransparente Variante kristalliner PV Zellen, deshalb entsprechen die elektrischen Eigenschaften auch denen von kristallinen Zellen. In das Siliziummaterial werden zusätzlich Löcher von ca. 0,1 mm eingearbeitet. Die so erzeugte Lichtdurchlässigkeit bietet neue Gestaltungsmöglichkeit. In transparente Glasfassaden, Sonnenschutzsysteme oder Oberlichten eingebaute Power Solarzellen vermeiden scharfe Licht-/Schattenkontraste zugunsten einer homogenen Beschattung. Der Transparenzgrad (zwischen 0 und 30%) geht allerdings zulasten des Wirkungsgrades und die Zellen sind teurer als andere Kristalline Siliziumzellen.



**Abbildung 3 Power Zelle**

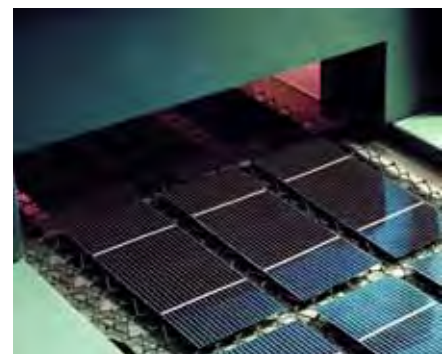
Quelle: [www.solarserver.de](http://www.solarserver.de)

#### Polykristalline Band-Zellen:

Neues Produktionsverfahren für die Verringerung der Verluste bei der Produktion (alle polykristalline Zellen sind möglich). Die Wirkungsgrade dieser Zellen gehen von ca. 10- ca.14% und die Farben reichen von blau, mit Antireflexschicht bis silbergrau.

**Abbildung 4 Polykristalline Band-Zellen**

Quelle: Krannich



<sup>1</sup> [Gebäudeintegrierte Photovoltaik](#), Ingo B. Hagemann, Aachen, 2002

<sup>2</sup> BUNDESVERBAND PHOTOVOLTAIK Österreich Newsletter März 2004

## Dünnschicht-Zellen:

Amorphe Silizium (a-Si) Dünnschichtzellen:



**Abbildung 5 Amorphe Silizium Dünnschichtzellen**

Quelle: [www.solarintegration.de](http://www.solarintegration.de)

Die Vorteile von (a-Si) im speziellen und Dünnschicht-solarzellen im Allgemeinen liegen im wesentlich verringerten Materialbedarf, welche die Herstellungskosten deutlich senken können. Bei Verwendung flexibler Trägermaterialien sind sie auch fast beliebig biegsam, betretbar und schlagfest. Die Festlegung von Form, Größe und Anzahl erfolgt schon bei der Herstellung und erlaubt eine hohe Flexibilität für die Verwendung. Allerdings weisen Sie bisher nur einen Wirkungsgrad von ca. 7-8% auf. A-Si Dünnschichtzellen sind dunkelrot bis dunkelbraun. Sie können auch semitransparent ausgeführt werden.

Kupfer – Indium (Gallium) Diselenid (CIS, bzw. CIGS) Dünnschichtzellen:

Diese Zellen besitzen auch die Vorteile der a-Si Zellen, weisen aber einen Wirkungsgrad bis zu 12% auf. Die Markteinführung dieser Zellen ist allerdings erst in Gang.

Cadmium-Tellurid (CdTe) Dünnschichtzellen:

Diese Zellen werden hauptsächlich für Kleinanwendungen eingesetzt (Taschenrechner). Für den Gebäudeeinsatz gibt es bisher noch wenig bekannte und geeignete Module. Vorteile sind ein vereinfachtes Fertigungsverfahren und höhere Wirkungsgrade (9%), Nachteil ist dass für die Herstellung der toxische Stoff Cadmium verwendet werden muss.

Farbstoffzellen:

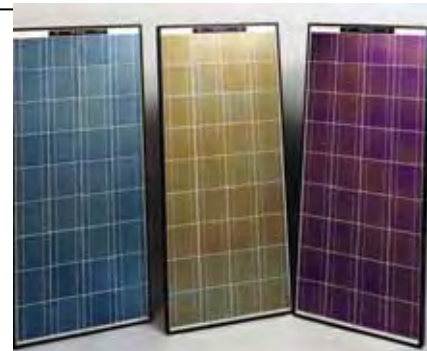
Neben den oben genannten Festkörpersolarzellen, die Sonnenlicht durch eine geeignete Halbleiterstruktur in elektrische Energie umwandeln, wird an elektrochemischen Farbstoff-Solarzellen geforscht. Hier werden organische Farbstoffe zur Lichtabsorption verwendet.

Die sparsame Verwendung teurer Materialien (Farbstoff, Platin) sowie gute Wirkungsgrade unter diffusem Lichteinfall und bei steigenden Temperaturen machen diesen Zelltyp interessant. Bislang wurde mit diesen Zellen jedoch nur ein geringer und noch nicht sehr stabiler Wirkungsgrad erreicht.



**Abbildung 6 Kupfer-Indium Diselenid**

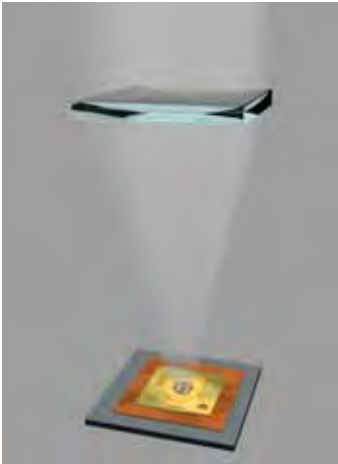
Quelle: [www.solarintegration.de](http://www.solarintegration.de)



**Abbildung 7 zeigt verschieden farbige Farbstoffzellen**

Quelle: [www.solarintegration.de](http://www.solarintegration.de)

#### Kristalline Siliziumdünnschicht-Zellen:



Diese Zellen werden aus Hoch- oder Niedrigtemperaturverfahren hergestellt. Bei beiden Verfahren kann man mit billigen Materialien arbeiten. Kristalline Dünnschichtzellen haben nahezu die gleichen Eigenschaften wie Kristalline Zellen. Die Zellen die aus dem Hochtemperaturverfahren hervorgehen haben Wirkungsgrade bis zu 16% jedoch ist die industrielle Marktreife noch nicht erreicht. Zellen aus dem Niedertemperaturverfahren können Wirkungsgrade mit ca. 9% erreichen.

Konzentratorzelle: Bei dieser Art werden mehrere Zellen aus verschiedenen Materialien übereinander gestapelt, die unterschiedliche Teile des Sonnenspektrums optimieren. Leider sind diese Zellen noch sehr teuer und deshalb greift man auf kostengünstigere Linsen zurück, die das Licht in nur wenigen Quadratmillimetern großen Zellen bündeln. Durch das konzentrierte Licht können Wirkungsgrade über 30% erreicht werden jedoch ergeben sich durch das gebündelte, konzentrierte Licht Probleme mit Temperaturen, die

durch Kühlung behoben werden müssen.

**Abbildung 8 Konzentratorzelle**

**Quelle:** [www.ipp.mpg.de/](http://www.ipp.mpg.de/)



#### Hybrid HIT-Zellen:

Die HIT-Zelle ist eine Kombination aus einer kristallinen und einer Dünnschicht-Solarzelle. Gegenüber kristallinen Solarzellen zeichnet sich die HIT-Zelle durch eine höhere Energieausbeute bei hohen Temperaturen aus. Bei der Herstellung spart die HIT-Zelle Energie und Material durch geringere Abscheidetemperaturen und eine geringere Dicke. Der Wirkungsgrad beträgt 17,3 %, die Form ist quadratisch und die Farbe reicht von dunkelblau bis schwarz.

**Abbildung 9 HIT-Zelle**

**Quelle:** [www.ibc-solar.de/](http://www.ibc-solar.de/)

Weitere für die Nutzung im Bausektor viel versprechende Neuentwicklungen sind:

#### MIS-I-Bifacial Zelle:



Diese „Metall-Insulator-Silicon Inversion“ Zellen haben neben der photovoltaisch aktiven Frontseite auch gleichzeitig eine photovoltaisch aktive Rückseite. Sie sind eine Weiterentwicklung der mono- und polykristallinen Zellen, da sie einen weniger intensiven Energieverbrauch und Materialverbrauch bei der Herstellung aufweisen. Die mechanischen und elektrischen Eigenschaften ähneln den kristallinen Zellen. Sie eignen sich für offene Einbausituationen (Überdachungen, Balkonbrüstungs-elementen, Lärmschutzwände, etc.), bei denen die Solar- beziehungsweise Reflexstrahlung die Vorder- und Rückseite der Zellen erreichen kann.

**Abbildung 10 Abbildung einer transparenten Bifacial Zelle**

**Quelle:** [www.sunways.de](http://www.sunways.de)

#### Nano Solarzelle:

Diese transparente Solarzelle arbeitet auf elektrochemischem Prinzip, sie besteht aus zwei Glasplatten, zwischen denen eine Strom leitende Flüssigkeit eingeschlossen ist. Erwartete Vorteile sind kostengünstige Produktion und die mögliche Farbgestaltung, sowie der Einsatz umweltfreundlicher Materialien. Nachteile sind allerdings das hohe Gewicht (zwei Gläser) und die Unflexibilität.

Die Solarzellen werden in Gruppen miteinander verschaltet und in PV-Modulen zusammengefasst. Die PV-Module sind die Grundbausteine eines PV-Generators. Ziel ist es, die Module technisch und gestalterisch in ansprechender Weise in die Gebäudehülle bzw. Komponenten zu integrieren und gleichzeitig auch für andere Aufgaben nutzbar zu machen.

Kundenspezifisch angefertigte PV- Module (innerhalb der technischen Grenzen) bieten dem Architekten ein großes Maß an Gestaltungsfreiheit. Für kostengünstige Anlagen und einer breiten Anwendung ist allerdings eine Integration der PV-Module in Standardbaukomponenten (wie Sonnenschutzsystemen, Dachelementen oder Fassadenelement) notwendig.

Literaturquellen:

[PV Marktstudie 2004](#), Faninger, BMVIT, 2005