



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE

Konferenzbericht April 2010

24th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition

Hamburg 21. - 25.09.2009

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Photovoltaik
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer:

Nowak Energie und Technologie AG
Waldweg 8
CH-1717 St. Ursen
www.netenergy.ch

BFE-Bereichsleiter: Dr. Stefan Oberholzer

BFE-Programmleiter: Dr. Stefan Nowak

BFE-Vertrags- und Projektnummer: 153119 / 2726

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Die “24th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition” aus Schweizer Sicht

Inhaltsverzeichnis

S. Nowak

Übersicht 4

C. Denizot, A. Feltrin, S. Nicolay, S. Pelisset,
Y. Siquin, V. Terrazzoni-Daudrix, N. Wyrsh, C. Ballif

Thin-Film and Bulk Silicon Solar Cells 8

A.N.Tiwari, S. Seyrling, R. Verma, A. Chirila, J.Perrenoud

CIS and CdTe Thin Film Solar Cells 13

G. Panzera

PV Module Market 19

L. Borgna und H. Häberlin

Neues aus dem Gebiet der Wechselrichter und Systemtechnik..... 21

P. Hüsler

Global Aspects 29

S. Gnos

Ausstellung 33

Anhang A - Liste der Beiträge mit Schweizer Beteiligung..... 43

Anhang B - Cell and/or PV module manufacturers 49

Anhang C - Übersichtstabelle für Netzwechselrichter (NWR): 58

Anhang D - Übersichtstabelle für Inselwechselrichter (IWR)..... 73



Die 24. Europäische Photovoltaikkonferenz in Hamburg – Sinkende Modul- und Systempreise, fortschreitende Industrialisierung, Netzintegration von Photovoltaik-Strom und Marktveränderungen

Übersicht

S. Nowak, S. Gnos Programmleitung Photovoltaik BFE

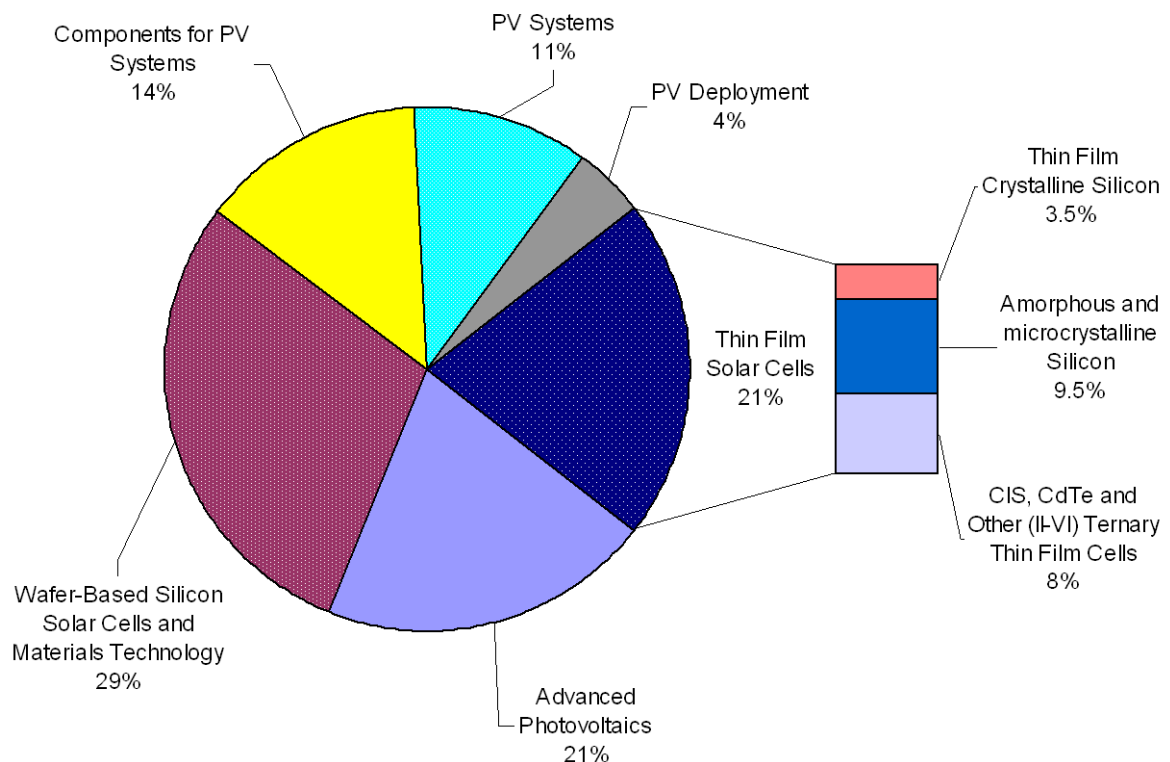
c/o NET Nowak Energie & Technologie AG,
Waldweg 8, CH-1717 St. Ursen

Tel.: +41(0) 26 494 00 30, Fax: +41 (0) 26 494 00 34

Email: stefan.nowak@netenergy.ch

Allgemeines

Die 24. Europäische Photovoltaikkonferenz (EU PVSEC) erreichte mit rund 4300 eingeschriebenen Teilnehmern und 44'000 Ausstellungsbesuchern aus über 100 Ländern erneut neue Rekordwerte (<http://www.photovoltaic-conference.com>). Die Stadt Hamburg war dem Ansturm gut gewachsen, und auch die Messe Hamburg war für diese Veranstaltung mit ihrem grosszügigen Platzangebot gut gerüstet. Insgesamt wurden über 1400 Konferenzbeiträge, davon 290 mündliche präsentiert. Anhand Programm präsentiert sich die thematische Gliederung wie folgt:



Figur 1: Thematische Gliederung der Beiträge an der 24. Europäischen Photovoltaikkonferenz

Die begleitende Industrieausstellung zeigte einmal mehr die Dynamik auf, in der sich der Photovoltaik-Markt trotz Finanzkrise bewegt. Die Zahl der Aussteller wuchs im Vergleich zur letzten EU PVSEC in Valencia von 715 auf 943, die Ausstellungsfläche von 50'000 auf 65'000 m². Die Stimmung war nüchterner und weniger euphorisch als noch vor einem Jahr, und kann insgesamt als verhalten optimistisch eingeschätzt werden.

Abgerundet wurde die wissenschaftlich-technologische Konferenz durch eine Vielfalt an Begleitveranstaltungen, wobei das Europäische Industrie Forum der Europäischen Photovoltaik Industrie Vereinigung EPIA mit dem Titel 'Solar Photovoltaic Electricity: A Mainstream Power Source in Europe by 2020' traditionell eines der Highlights war.

Der Besuch der EU PVSEC hat sich seit Jahren als idealer Ort etabliert, um sich über die neuesten Trends in Technologie und Markt zu informieren, Kontakte zu knüpfen, Geschäfte einzufädeln oder an den zahlreichen projektbezogenen Treffen teilzunehmen.

Wissenschaftlich-technische Entwicklungen

Wie schon im letzten Jahr, wurde mit rund 70% der Beiträge ein klarer Schwerpunkt auf die verschiedenen Typen von Solarzellen gelegt. Gegenüber früheren Veranstaltungen werden damit Themen rund um die Rahmenbedingungen und Industrieaspekte reduziert, hauptsächlich zugunsten von Beiträgen zu Dünnschichtsolarzellen und teilweise zugunsten von grundlagenorientierten Beiträgen. Um 40% der Beiträge befassten sich mit Silizium als Grundmaterial, wobei das kristalline waferbasierte Silizium den Grossteil der Beiträge ausmachte. Neben den Themen rund ums Silizium waren grundlagenorientierte Konferenzbeiträge (Advanced Photovoltaics) ein weiterer klarer Schwerpunkt der Konferenz.

Beim kristallinen Silizium sind viele Beiträge eng mit der praktischen Umsetzung und der Industrialisierung gekoppelt. Behandelt wurden Themen wie das Silizium-Ausgangsmaterial, die Herstellung von Wafern, Analyse- und Messkonzepte oder die Massenfertigung von möglichst effizienten Zellkonzepten. Durch die dominierende Marktstellung der kristallinen Technologie mit einem Anteil von rund 85% sind industrierelevante Themen von grosser Wichtigkeit. Weil kristalline waferbasierte Zellen noch erhebliches Potenzial zur Effizienz- und Wirkungsgradsteigerung besitzen, ist mit dieser Technologie im nächsten Jahrzehnt trotz steigenden Anteilen von Dünnschichtsolarzellen weiterhin zu rechnen.

Silizium-Dünnschichtsolarzellen (vgl. Zusammenfassung von C. Denizot et al.) erhöhen ihre Marktanteile weiter. Zu den zwei etablierten Herstellern von schlüsselfertigen Produktionsanlagen für amorphe und mikromorphe Silizium-Dünnschicht Solarzellen, dem Schweizer Unternehmen oerlikon solar, und der amerikanischen Applied Materials, kommen immer neue Anbieter von Produktionsequipment dazu. Gleichzeitig steigt die Vielfalt an Produkten. Bei den technologischen Entwicklungen sind verschiedene Schwerpunkte auszumachen, die im Endeffekt alle mithelfen, die Kosten pro Watt zu senken. Auf der einen Seite ist das die Erhöhung des Wirkungsgrads z.B. durch die Verbesserung des Lichteinfangs mit Antireflex-Zwischenschichten oder texturierten TCOs (transparente leitende Oxide). Auf der andern Seite sind das Effizienzsteigerungen bei der Produktion z.B. durch die Erhöhung von Abscheideraten oder die Reduktion von Schichtdicken. In der industriellen Umsetzung ist bei den unterschiedlichen Silizium-Dünnschichtsolarzellen insgesamt ein Trend zu höheren Wirkungsgraden auszumachen, was für die Verbesserung der Konkurrenzfähigkeit zwingend notwendig ist. Flexible Solarmodule auf der Basis von Dünnschichtsilizium, wie von der Schweizer Flexcell hergestellt, könnten in Zukunft bei gebäudeintegrierten Photovoltaik-Anwendungen eine zunehmende Rolle spielen.

Bei den Solarzellen auf der Basis von Verbindungshalbleitern (insbesondere CIGS und CdTe) entsprachen Art und Inhalt der Beiträge (vgl. Zusammenfassung von A.N. Tiwari et al.) der unterschiedlichen industriellen Umsetzung von Modulen mit CIGS und CdTe Zellen sowie der stark unterschiedlichen Anzahl an Akteuren auf den beiden Gebieten. Bei den CIGS Zellen, die sich momentan im Übergang von der Pilot- zur industriellen Produktion befinden, sind Themen rund um die Umsetzung von ganzen Produktionslinien oder Prozessschritten im grösseren Massstab ein Thema. Diskutiert wird auch der Ersatz von CdS Pufferschichten durch Cd-freie Materialien, die Abscheidung auf unterschiedliche Substrate oder die Herstellung von Kupfer Zink Zinn Schwefel (CZTS) Zellen ohne die Verwendung von Indium. Bei Produktionslinien ist der Einsatz von Photo- oder Elektrolumineszenz-Analysemethoden zur Verbesserung von Qualität und Wirkungsgrad ein Thema. Die im Markt inzwischen etablierte CdTe Technologie mit einem Marktanteil von um die 9%, hauptsächlich von First Solar produziert, war nur mit wenigen Beiträgen vertreten. Entsprechend dem Industrialisierungsgrad sind Themen rund um das Recycling von CdTe Modulen oder zur Wirkungsgradsteigerung durch Rückkontaktzellen von Interesse.

Zu organischen Solarzellen, die sich noch in einer vorindustriellen Phase befinden, befassten sich erst einige wenige Beiträge mit Fragen zur zukünftigen Kommerzialisierung. Hauptsächlich wurden Beiträge zu Zellkonzepten, dem Einsatz unterschiedlicher Materialien, zu Depositionsmethoden oder zur Stabilität dieser Technologie präsentiert. Wie schnell organische Solarzellen zukünftig industriell umgesetzt werden, wird von Experten kontrovers diskutiert und unterschiedlich beurteilt.

Die hohe Präsenz der asiatischen Länder ist bei den Solarmodulen frappant. In der Ausstellung kam jeder zweite der 240 Zellen- und/oder Modulhersteller aus dem asiatischen Raum (vgl. Bericht von Giorgio Panzera). Immer mehr zertifizierte preiswerte Produkte z.B. aus China oder Taiwan überzeugen die Käufer weltweit und konkurrenzieren europäische Produzenten erheblich. Die Beiträge behandelten u.a. Themen rund um die Performanz in der Praxis, den vorhergesagten und den realen Energieertrag der Module im täglichen Einsatz, oder behandelten verbesserte Analysemethoden in der Produktion sowie Sicherheitsaspekte. Bei den Modulen selbst steht die Multiplikation zum Teil mit neuen Akteuren sowie die Verbesserung bestehender Prozesse und Produkte im Zentrum, weniger die Entwicklung von neuen Herstellungsverfahren und neuen Produkten. Betrachtet man die Neuheiten bei den Modulen, betreffen viele den Bereich der Photovoltaik-Gebäudeintegration, wo noch ein erheblicher Nachholbedarf besteht, und sich in verschiedenen Ländern mit interessanten Einspeisetarifen interessante Märkte abzeichnen.

Im Bereich der Systemtechnik (vgl. Zusammenfassung von L. Borgna et al.) werden für grössere Freiflächenanlagen vermehrt Grosswechselrichter angeboten, die direkt ins Mittel- oder Hochspannungsnetz einspeisen. Verschiedene Hersteller haben solche Stationen inzwischen als fertige Einheiten in Containern im Angebot. Neu werden von einigen Firmen DC-Leistungsoptimierer auf Modulebene angeboten. Zur Zeit kann nicht definitiv eingeschätzt werden, ob es zukunftsfruchtbar ist, mehr Elektronik dezentral auf die Modulebene zu verteilen, und ob bei positiver Einschätzung dieses Konzepts Leistungsoptimierer auf DC-Ebene oder gleich Modulwechselrichter konkurrenzfähiger sein werden. Neben Beiträgen zur Effizienz von Wechselrichter und zur neuen provisorischen europäischen Wechselrichter-Testnorm, bleiben Sicherheitsaspekte bezüglich der Verhinderung von Lichtbögen auf der Gleichspannungsseite von PV-Anlagen aktuelle Themen.

Weiterhin bleibt die Photovoltaik-Gebäudeintegration an der EU PVSEC weniger präsent als früher. Vor dem Hintergrund von interessanten Einspeisetarifen für gebäudeintegrierte PV-Anlagen wie z.B. in Frankreich, zeigten mehrere Firmen in der Ausstellung neue Lösungen für PV-Gebäudeintegrationen, zum Teil erst im Prototypstadium. Viele dieser Produkte haben noch weiteren Entwicklungsbedarf, um verschiedenen Normen im Sicherheitsbereich wie z.B. dem Brandschutz entsprechen zu können.

Die Beiträge zu den Global Aspects (vgl. Zusammenfassung von P. Hüsler) zeigen weltweit gültige Trends wie die Reduktion der Modulpreise auf. Die aktuelle Marktsituation mit einem höheren Angebot an Modulen als nachgefragt, liess die überhöhten Preise wieder stark in Richtung des erwarteten Kostenabsenkungspfad sinken. Auf nationaler Ebene sind stark unterschiedliche Bewegungen der PV-Märkte, abhängig von Ausgestaltung und Umsetzung von nationalen und regionalen Fördermassnahmen festzustellen. Abgesehen vom boomenden Markt in Deutschland wird die Umsetzung von laufenden Förderprogrammen oft durch komplizierte und langwierige bürokratische Hürden verlangsamt. Erfreulich ist dagegen die starke Belebung des Japanischen Marktes mit der Wiedereinführung von Förderbeiträgen für private PV-Anlagen. Inzwischen sind in gewissen Regionen wie Bayern oder Andalusien an schönen Wochenenden relevante Solarstromanteile von über 10% im Stromnetz vorhanden. Intelligentes Strommanagement wird damit schon heute ein reales und zentrales Thema. Die Lösung der Fragen rund um die Integration von grösseren Mengen an unregelmässig anfallendem Strom aus erneuerbaren Energien wird in den nächsten Jahren eine der wichtigen Aufgaben der Energieversorgung sein.

Ausstellung

Die begleitende Industrieausstellung umfasste wie bereits erwähnt 943 Aussteller aus 34 Nationen auf 65'000 m² (vgl. Zusammenfassung von S. Gnos). Absolut am stärksten vertreten war wiederum die Produktionstechnik, -material und die Automatisierung, gefolgt von Silizium, Wafer, Zellen und Modulen. Zusammen waren in diesen Hauptgebieten fast 70% der Aussteller vertreten. Die Industrialisierung der Photovoltaik schreitet in hohem Tempo vorwärts. Grundsätzlich werden alle Prozesse immer effizienter, und zwar bezüglich Materialeinsatz, Geschwindigkeit und Automatisierung. Dies bedeutet eine immer grössere Herausforderung für die Prozessüberwachung, die Inline-Messung/-Inspektion und die Detektion von Normabweichungen auf allen Produktionsstufen. Der 2008 in Valencia teilweise entstandene Eindruck, dass die Qualitätssicherung der Expansion der Produktion etwas hinterherhinkt, wurde mit einer grossen Anzahl an Angeboten für Inspektion und Prozessüberwachung wieder korrigiert. Durch die starken Preissenkungen im Modulbereich ab Ende 2008, scheint das Interesse an Modulen mit kristalliner Technologie im Vergleich zur Konferenz in Valencia wieder zuzunehmen.

Schweizer Beiträge und Aussteller

Die Schweiz war in Hamburg wiederum gut vertreten, wobei im Vergleich zu Valencia 2008 nur noch gut halb so viele Beiträge zu verzeichnen waren. Die insgesamt 31 Konferenzbeiträge umfassten 3 Plenarvorträge, 13 mündliche Beiträge sowie 15 Poster (siehe Anhang A), was den weiterhin hohen Stand der Schweizer Photovoltaik im internationalen Vergleich belegt, sowohl in der Forschung wie auch in der Anwendung. Im Vergleich zur Valencia-Konferenz zugenommen haben die Schweizer Aussteller, die mit 28 Teilnehmern immerhin 3% der Aussteller ausmachten und damit von der Anzahl her mit Ländern wie Italien, Spanien oder Frankreich mithalten können.

EU Initiativen

Die gesamteuropäische Diskussion ist geprägt von der im Rahmen des SET-Plan vorbereiteten Solar Europe Industry Initiative. Diese Initiative soll hinsichtlich der EU 2020 Ziele eine Beschleunigung der Photovoltaik Technologie- und Anwendungsentwicklung in Europa bewirken und soll von der Industrie massgeblich getragen und geführt werden. Ein konkreter Massnahmenplan wird von EPIA zusammen mit der Europäischen Photovoltaik Technologie Plattform vorbereitet. Ausschlaggebend für den Erfolg der Initiative wird sein, ob und in welchem Umfang zusätzliche finanzielle Mittel von Seiten der EU, der Mitgliedstaaten und der Industrie bereitgestellt werden können. Die Solar Europe Industry Initiative soll im Juni 2010 in Madrid lanciert werden.

Schlussbemerkungen

Die 24. Europäische Photovoltaikkonferenz war ein weiterer Meilenstein in der internationalen Konferenzwelt. Sie erlaubte einen einzigartigen Überblick über die aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse und Entwicklungen, die Anwendungserfahrungen bezüglich Technik und Markt sowie die industrielle Dimension der Photovoltaik. Die Photovoltaik wird damit immer mehr zu einer Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts. Der intensive Austausch zwischen Wissenschaft, Industrie und Förderpolitik ist das Erfolgsrezept dieser Konferenz, welches immer mehr Teilnehmer in seinen Bann zieht.

Nächste Konferenzen

Einige der nächsten Konferenz- und Messetermine für die Photovoltaik sind:

9. - 11. Juni 2010: Intersolar Europe München, Deutschland, www.intersolar.de

20. - 25. Juni 2010: 34th IEEE Photovoltaic Specialists Conference Honolulu, Hawaii, USA
www.ieee-pvsc.org/PVSC35

30. Juni - 2. Juli 2010: PVJapan 2010 Yokohama, Japan, www.pvjapan.org

6. 10. September: 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition
Valencia, Spanien, www.photovoltaic-conference.com

Nützliche links:

<http://www.eupvplatform.org>

<http://www.pv-era.net>

<http://www.iea-pvps.org>

<http://www.epia.org>

<http://www.photovoltaic.ch>

<http://www.swissolar.ch>

<http://www.energie-schweiz.ch>

Thin-Film and Bulk Silicon Solar Cells

**C. Denizot, A. Feltrin, S. Nicolay, S. Pelisset, Y. Siquin,
V. Terrazzoni-Daudrix, N. Wyrsh, C. Ballif**

**Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Institute of Microengineering (IMT),
Photovoltaics and Thin film Electronics Laboratory,
Rue Bréguet 2, CH-2000 Neuchâtel, Switzerland
Tel.: +41 (0) 32 718 33 30, Fax: +41 (0) 32 718 32 01
Email: christophe.ballif@epfl.ch**

Introduction

Despite the slowdown of the PV market and the financial crises, the size of this edition of the European Photovoltaic conference and exhibition grew again with respect to the one of last years. The exhibition size (both in terms of surfaces and number of exhibitors increased by roughly 25% and the conference registered 10% more attendees.

Most of the increase in thin film silicon PV production capacities are now coming on line and a large variety of products were on display in the exhibition. However it is not completely clear how rapidly the share of those products will grow in the world market. Prices are dropping much faster than expected, rendering the market introduction more difficult than expected.

After the introduction of Gen 5 and Gen 8.5 a-Si:H modules last year, first micromorph modules are coming from the lines of AMAT and Oerlikon Solar customers. Other equipment manufacturers (such as Leybold Optics or Ulvac) are offering turn key factories with similar performances. Efficiencies of micromorph modules are slowly progressing with initial power in excess of 150 W initial and 125 W stabilized for a Gen 5 (1.4 m²) module. However, progresses on a-Si:H technologies are still registered with a-Si:H/a-Si:H Gen 5 modules with stabilized power close to 105 W (Schott) and a certified record efficiency over 10% at the cell level for a single-junction device (Oerlikon).

The IMT presented seven contributions (2 orals including 1 plenary, 5 posters). The preprints are available on <http://pvlab.epfl.ch>. The results are not reported here. Finally, the IMT results about micromorph tandem solar cells on plastic substrates (with 9 % stabilized efficiency) were highlighted in the closing session.

Substrates

E. Rudigier-Voigt (Schott Solar)

A sol-gel based structuring method for PV devices was presented. The lacquer used here is made from Alkoxysilane. A stamp of PDMS is used for the UV-NIL process for texturing. The UV exposure is done through the stamp.

Isabella (Delft)

A multilayer aSi/aSiNx stack was deposited on periodic and random surfaces in order to combine the light scattering properties of the textured surface and the reflective properties of the photonic crystal. 5% of Jsc gain were reported with the photonic crystal (textured ZnO:Al/photonic crystal) compared to textured ZnO:Al/Ag.

Transparent conductive oxides (TCO)

Kambe (Asahi, Jap) presented results on their new double structured TCO, the SnO₂:F Asahi W, which allows keeping the efficiency of a micromorph cell constant while decreasing the thickness of the bottom microcrystalline cell to 1 µm (instead of 1.5 µm in traditional tandem devices). It should be noted that under the denomination of Asahi W, several surface morphologies are regrouped so that when comparing TCOs, it should be good to clarify to what morphologies we are referring.

Asahi also showed that when using Ga doped ZnO as back contact results in lower resistivity than when using traditional Al doped ZnO.

Falcao (CETEC, Br) showed that deposition of Ar plasma assisted e-beam ZnO was possible. This resulted in a lower ion damage of the layers which exhibited high optical transmission in the UV-Vis. Still the electrical characteristics of these films are poor as shown by the electron mobility as low as $2 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

Navarro (CENER, Spain) has shown that sputtered Al doped ZnO deposited at Room Temperature with RF plasma gave a resistivity of $\rho \sim 10^{-3} \Omega \text{cm}$, while for RT DC plasma, the resistivity was $\rho \sim 10^3 \Omega \text{cm}$ so that with DC plasma a substrate heating above 200°C was needed to decrease ρ to $10^{-3} \Omega \text{cm}$.

Vanecek (Academy of Science of the Czech Republic, Cz) has presented a concept for development of 3D solar cells based on 3D patterning of TCO. This is typically based on ZnO nanocolumns with $0.5 \mu\text{m}$ of height and a diameter of 150 nm . It was demonstrated by simulation that J_{sc} up to 17.5-19.5% were achievable as well as stable efficiency up to 9.7-12.3%.

Zindel (Oerlikon, CH), following a proposition of IMT, presented the deposition of LPCVD ZnO with a reduced deposition time and with a cycle time reduced down to 180 s at a deposition rate of 2.66 nm/s at higher temperature. The deposition rate was increased by a factor 2 compared to standard growth parameter, resulting in a cost reduction by 40%.

Julich (DE) presented the possibility to achieve texturation of glass by HCl etching of sputtered ZnO followed by ion beam etching. This led to higher haze values at large wavelengths compared to sputtered-etched. However, the results on cells were not conclusive. It was also shown that in damp heat treatment, the etched samples degrade 4 times faster than unetched ZnO. This faster degradation was attributed to more Zn hydroxyde formation at grain boundaries.

SNOM has also been used for light scattering investigation and ray tracing simulations evidenced microlens effects between light diffused by two adjacent craters of the sputtered-etched ZnO.

It was demonstrated that magnetron sputtering under stronger magnetic field leads to better Al doped ZnO in terms of electrical mobility which increases from 22 to $30 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

Eventually they evidenced that the annealing of sputtered ZnO with a protective a-Si layer strongly increases the mobility of the ZnO layer: it goes from 40 to $60 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

Various Fraunhofer Institutes (DE) presented results on p-type doped TCO: CuAlO_2 , CuCrO_2 deposited by sol-gel method below 700°C . However the films still need electrical and optical improvements: $\rho=1 \Omega \cdot \text{cm}$ and total transmittance $\text{TT}=40\%$. They also performed target comparison and parameters investigation for sputtering: it was shown that higher Al content in the target and lower deposition pressure led to a decrease of ρ while higher deposition temperature increases TT. It was also presented an investigation of light scattering by commercially available FTO: the higher the RMS and surface correlation length, the higher the haze.

Thin film silicon cells and modules (laboratories)

St. Benagli (Oerlikon, Neuchâtel, CH)

A-Si:H single cells with 10.09% stabilized efficiency were achieved using anti-reflection coating. The cells results were confirmed by NREL. The EQE at 400 nm shows very good performances up to 80%.

J. Meier (Oerlikon, Neuchâtel, CH)

10.61% stabilized efficiency micromorph cells were presented. J. Meier showed that this efficiency can also be achieved with thin $\mu\text{c-Si:H}$ bottom cells only $0.8 \mu\text{m}$ thick. With anti-reflecting layers stabilized efficiency up to 11.01% (on 1 cm^2) could be demonstrated. 151 W initial output power micromorph modules were realized.

P. Obermeyer (Applied Materials)

The latest results on micromorph cells and modules on textured ZnO:Al front contact were presented: 11.7% initial efficiency could be achieved on 1 cm^2 cells and initial output power of 146 W was announced on 1.4 m^2 micromorph modules.

T. Chen (Forschungszentrum Jülich)

Microcrystalline silicon carbide layers were developed. N-doped $\mu\text{c-Si:C}$ layers were presented, leading to 24mA/cm^2 instead of 20mA/cm^2 for n-doped $\mu\text{c-Si:H}$ layers without carbide, when illuminated from the n side. The same development is ongoing for p-doped $\mu\text{c-Si:C}$ window layers but still with more difficulties for doping.

T. Kilper (Forschungszentrum Jülich)

This work here focused on high rate deposited micromorph modules. The positive effects of the plasma frequency on the material quality and deposition rate were shown. In this work the deposition time could be reduced from 80 to 35min, yielding 10.7% initial efficiency micromorph cells and 10% initial efficiency micromorph $10 \times 10\text{cm}^2$ modules.

W. Frammelsberger (Schott solar thin film)

The latest results at Schott Solar on the development of micromorph cells and modules were presented. 11.2% initial efficiency was shown on laboratory scale solar cells. On modules (dimensions $600 \times 1000\text{mm}^2$), 8.8% stabilized efficiency could be reached so far.

T. Merdzhanova ((Forschungszentrum Jülich)

This project in collaboration with Malibu addressed the effect of the base pressure/contaminant concentration (up to 10^{-4} Torr) during the amorphous silicon growth on the a-Si:H cell performances. The data show critical oxygen and nitrogen contamination levels around 2×10^{19} atoms/ cm^3 and 4×10^{18} atoms/ cm^3 , respectively. This critical concentration is found to depend little on the applied deposition regime.

C. Strobel (Dresden University)

a-Si:H and $\mu\text{c-Si:H}$ pin solar cells were deposited on *Polyethylene terephthalat* (PET) substrates in inline VHF-PECVD system with ZnSiOx barrier layer deposited at the Fraunhofer FEP used as barrier layer between the plastic substrate and the cell itself. Efficiencies around 6% were achieved.

M Brinza (University of Utrecht)

Thin film silicon solar cells with high Voc were developed on low cost plastic substrates at low temperature (100°C). It was shown that the wide band gap obtained at such low temperature avoid the back diffusion of the carriers at the interface i-p. In this case the wide band gap buffer layer usually used at the i-p interface is not necessary. The first solar cells deposited on PEN with a textured back reflector reached 5.3% initial efficiency, with a Voc of 0.84 V.

R. E. I. Schropp (University of Utrecht)

Here the first results of inline continuous HWCVD of proto and nanocrystalline pin cells were presented. 7.8% efficiency cells were reported with an air break during the deposition between p and i layers which probably affect the Voc. $\mu\text{c-Si:H}$ solar cells deposited at 2nm/s were also shown with 8.4% efficiency. 3nm/s seems achievable with this process.

Thin film silicon cells and modules (industries)

Latest research in the lab and industries mainly concern tandem modules, either amorphous/microcrystalline (a-Si:H/ $\mu\text{c-Si:H}$) micromorph or a-Si:H/a-Si:H tandems. Several equipment manufacturers have presented micromorph modules with initial aperture area around 8.5 %. Sunfilms also presented the most powerful module with a Gen 8.5 micromorph module with a power of 472 W.

K. Neubeck (Inventux Technologies)

Inventux was the first European micromorph solar module factory using Oerlikon's technology. 11% stable efficiency is the goal. Here, Inventux presented mass-produced micromorph thin-film modules with 120 Watt power output, the best module having a power output of 125W. The production line capacity is currently of 600modules/day.

P. Lechner (Schott solar thin film)

The progress in a-Si:H/a-Si:H tandem cell technology was reported. For thicknesses of 0.1 μ m for the top cell and 0.3 μ m for the bottom cell, 103W modules were introduced on the market. The champion module so far has a power of 105W with this technology, corresponding to an aperture efficiency of 9.4% (stabilized value).

W. Stein (Sunfilm)

Sunfilm merged with Sontor in April 2009. A total production capacity of 145MW in 2010 is announced. Module efficiencies of 8.25% are already obtained in the GEN 8.5 production line. 472.5Wp nominal output power modules (ultra large size module 2.2*2.6m²) were presented. For the silicon deposition, the company uses a plasma frequency of 13.56MHz, and plans to move to 40MHz in 2010 for the model SN2 (1.1*1.7m²).

H. Takatsuka (Mitsubishi Heavy Industries)

The new 50MW capacity plant is ready for operation (micromorph modules). The a-Si:H modules output is 100W and 130W is achieved for micromorph.

A high pressure depletion regime is used with a narrow gap of less than 10mm between the electrodes. The plasma frequency is 60MHz, the deposition rate is 2.6nm/s for μ c-Si:H and the module size is 1.5m². In these conditions, 9% efficiency was achieved for μ c-Si:H pin single cells and 12.8% initial efficiency for tandem a-Si:H/ μ c-Si:H cells.

A. Terakawa (Sanyo's R&D on thin film Si Photovoltaic Technologies)

Sanyo uses the localized plasma confinement CVD method. The efficiencies announced at research level are the following:

- 23% for HIT cells,
- 10% stabilized efficiency for tandem aSi/aSiGe modules,
- 13.5% initial efficiency for μ c-Si:H/a-Si:H modules. For higher deposition rates @ 1nm/s and 2nm/s, respectively 12% and 11.3% initial efficiencies were presented.

On larger substrates (1.4*1.1 m²), 10.4% initial efficiency is achieved @ 2.2 nm/s. Sanyo targets an annual capacity of 4 GW (HIT + thin films) in 2020.

M. Vetter (T-Solar Global)

At present, T-Solar production capacity is of 1429 panels/day, with output powers of 86W on 1.3*1.1m². The best module produced so far has a power of 92.6W.

A. Stavrides (EPV Solar Germany)

The results achieved on the "generation VI" design equipment (capable of processing 0.94 m² substrates instead of 0.76 m² previously) were presented. The production capacity is 4 to 5MW/year and 53 W modules are produced. The last developments on tandem a-Si:H / nc-Si:H cells were mentioned

T. Fujinaga (ULVAC)

Systems especially designed for μ c-Si:H (13.6MHz) were presented as well as 135W modules on 1.1*1.4m², corresponding to a stabilized aperture area efficiency of 9.28%. The best module has an initial efficiency of 155W on the same size.

M. Geisler (Leybold Optics)

The Phoebus PECVD reactors were presented and the vertical carrier free linear cluster approach was discussed. The system presented here was composed of 14 chambers. SnO:F was used as TCO. The continuity of the production was demonstrated, with the possibility to isolate one chamber from the others without stopping the process.

Lasering and interconnections

C.M. Yeh (ITRI, TW) structured the front PVD-deposited TCO (material not indicated) with direct IR1064nm laser to improve light scattering. Diffuse transmittance increases compared to the case without laser treatment: Haze400nm=33%, Haze800nm=21% and current density rises by 14.5% on 1cm² a-Si cell.

J. Löffler (ECN, NL) presented flexible a-Si modules on stainless steel foil substrate exclusively interconnected with lasers instead of mechanical scribing. P1/P2/P3 are processed after deposition of all layers and printing. IR 1064/Green 532/UV 355nm ns lasers and scanners are used. They achieved depth selectivity; the next step is to achieve electrical validation with cells and modules.

R. Merz (IPE, DE) presented wire shading masking interconnection approach during silicon thin-film deposition instead of laser scribing. Substrate is PEN or glass. They showed different wire shift schemes depending on a-Si or a-Si/ μ c-Si tandem module to obtain low shunt losses. They showed good P1 ZnO:Al isolation. This technique will be applied to flexible roll-to-roll process.

S. Correia (Bosch, DE) compared the difference between picosecond and nanosecond lasers on P2-induced serial contact resistance for a-Si and a-Si/ μ -Si on SnO₂ and ZnO. They mainly concluded that the effect is not material-dependant, ps allows a wider process window and ns a lower resistance.

c-Si and heterojunction (HIT) c-Si cells

Taguchi (Sanyo) obtained a best visual presentation award for the remarkable 22.8% HIT cell (a-Si/c-Si) for an only 98 μ m thick wafer. In particular an impressive world record Voc of 743 mV is reached.

Z. Shi, Suntech's CEO presented the new Pluto cells, with selective emitter (by laser processing) in mass production, with mc-Si at 17.2% avg. in production, and modules with 16.5% efficiency.

M. Stocks (Origin energy, AU) presented the latest results of the sliver technology in which slices of 50 microns thick, 1-2 mm-large, 120 mm-long are processed out of thick wafers. The modules are better than c-Si because they operate at lower temperature (4 °C less). The modules were TÜV certified in November 2008 and a manufacturing pilot line is soon finished (end 2009).

Other highlights included: increased Al₂O₃ use for surface passivation of c-Si wafers, advanced contacting techniques (including aerosol, inkjet, plating,...).

CIS and CdTe Thin Film Solar Cells

A.N.Tiwari, S. Seyrling, R. Verma, A. Chirila, J.Perrenoud

**Laboratory for Thin Films and Photovoltaics, EMPA,
Überlandstr. 129 CH-8600 Dübendorf**

Tel: +41 (0) 44 823 41 30, Fax: +41 (0) 44 821 62 44

Email: ayodhya.tiwari@empa.ch

14 Talks (2 in the thin-film PV plenary session) and a wide range of poster presentations showed the growing importance of Cu(In,Ga)(S,Se)_2 (CIGS) in the field of thin-film photovoltaics. Despite its importance in the global market, the participation of researchers from the field of CdTe cells was limited. First solar presented their PV module recycling program in detail. Two contributions were on back contacts for CdTe solar cells. CdTe grown on flexible polyimide was also presented. Further a successful use of ZnO as TCO for CdTe solar cells grown by thermal high vacuum evaporation was demonstrated.

In the talks about CIGS solar cells, the focus clearly lay on the production of modules, scale-up of production capacities and processes, alternative buffer layers and its industrial adoption. The talks on the industrial production clearly showed CIGS to be an emerging technology with an annual production capacity exceeding 1 GW announced in short term (one to three years from now).

Companies presenting their thin-film products at the exhibition included Würth Solar, Solibro/Q.Cells, and First Solar. The company Solyndra presented their newly developed cylindrical CIGS modules. Equipment or turn-key production plant suppliers, such as Centrotherm, Veeco, FHR, CTF, Roth and Rau were there. The number of exhibitors from each field of photovoltaic technologies corresponded more or less to the market share (still 90% wafer based) while the scientific contributions focused on thin film technologies.

CIGS solar cells and modules

Plenary Talks

L. Stolt (Solibro now 100% owned by Q.Cells) presented a Snapshot of the CIGS Industry. Typical CIGS module efficiencies are today between 10 and 12% and have an area of about 1 m^2 . The efficiency of Solibro modules is, as of Sept 2009, around 11% total area or 12% aperture area. The necessary factory capacity to achieve a positive cashflow with monolithically interconnected module was presented as being about 30 MW/a. Next to the modules on glass, other module types are consisting of cells connected by wiring (Global Solar, 75 MW/a; Nanosolar, 640 MW/a planned), monolithically interconnected modules on polyimide (Ascent, 20 MW/a planned), and cylindrical modules (Solyndra, 100 MW/a planned). The pilot line of Solibro needed approximately one year from groundbreaking to shipping of the first module and is designed for an annual output of 30 MW, which is currently expanded to 45 MW/a. Additionally, a second production line is under construction, rated at 90 MW/a giving a total annual output of 135 MW end of 2010.

State-of-the-art modules at Solibro have an efficiency between 11 and 12% total area, the best module produced so far had 12.3% total area/13.5% aperture area efficiency (ISE certified, 0.75 m^2 total area, 0.684 m^2 aperture area). By the end of 2010, an average total area efficiency of 12% is anticipated, which would correspond to a production cost of 0.75 €/W. The key points in the Solibro module manufacturing are the absorber, the buffer, and the interconnections. According to Mr Stolt, the yield of their CIGS modules is higher than the standard yield in mc-/pc-Si modules. The most important point to achieve low production cost is high module efficiency as an increase of 1%-abs in efficiency gives the same cost savings per watt as a reduction in the equipment cost of 50%. The most expensive part of the modules are the front glass and the contacts, followed by the CIGS material cost and the substrate. Thus, the glass (front and substrate) has still by far the highest contribution to the production cost of CIGS modules.

D. Lincot (from IRDEP, France) presented in his invited talk the current status in state-of-the-art buffer layers for CIGS solar cells. Today, the standard buffer is CBD-deposited CdS, while research efforts are ongoing to replace this by Cd-free materials, better photon conversion in the UV spectrum, and/or vacuum compatible processes. Most promising candidate materials are Zn(S,O,OH), In_2S_3 , and (Zn,Mg)O.

As i-ZnO sputtered directly on top of the CIGS absorber results in significant sputter damage and a high recombination rate due to the lattice mismatch, depositing a buffer layer is essential. ZnO or (Zn,Mg)O initially showed bad conversion efficiency, but after curing the surface by light soaking efficiencies up to 18% have been achieved using ALD deposited layers. For indium sulfide deposited by PVD, a substrate temperature of about 200 °C has been found to be the best for a good absorber-buffer interface. At temperatures $\gg 200$ °C, a vacancy compound is formed at the interface, leading to high recombination rates. Finally, ZnS buffer layers have achieved efficiencies of 18% as well, deposited by CBD. Also ALD and ILGAR grown layers have shown good results, PVD-deposited layers only show $\eta < 12\%$.

In an outlook, combined ZnS/ZnMgO buffer layers were presented as the most promising materials as in experiments the efficiency of CBD-CdS buffer could be exceeded and a CIGS manufacturer announced a 900 MW/a plant using this technology.

Other contributions

R. Verma (Empa Switzerland) presented results of alternative evaporated buffer layers for CIGS. Properties of In_2S_3 buffer layers, deposited by two modifications of physical vapor deposition method, slow rate (thermal evaporation) and fast rate (flash evaporation) were compared for Cu(In,Ga)Se₂ solar cells. The optical band gap of In_2S_3 layers was 2.53 eV and 2.7 eV for layers grown with thermal and flash evaporation methods, respectively. Post-deposition annealing caused an increase in the band gap. The as-grown amorphous layer crystallized in $\beta\text{-In}_2\text{S}_3$ phase after annealed in air at 200°C. A continuous and uniform morphology of In_2S_3 layer on rough CIGS was observed. In case of thermally grown In_2S_3 buffer on CIGS layer deposited on Mo coated polyimide substrate, the presence of an intermediate layer between In_2S_3 and CIGS was observed. This intermediate residual layer plays a critical role in achieving high efficiency solar cells. 14.4% and 10.1% efficient solar cells on glass and polyimide, respectively, have been developed with vacuum evaporated In_2S_3 buffer layers.

T. Eisenbarth (HZB) presented his work on Optimization of CIGS Growth on Stainless Steel with the Resulting Impact on Defect Concentrations and Device Performance. The flexible SS foils used in his work consist of an alloy of 83% Fe and 16% Cr, a NaF precursor was used to ensure the sodium supply for the CIGS absorber. Regarding the lower efficiency on SS foils compared to e.g. Ti, surface roughness, CTE problems, Fe impurities, or Na supply were presented as possible sources. The concentration of Fe in the CIGS absorber is strongly correlated to the substrate temperature during deposition. All device parameters deteriorate with increasing Fe content in the absorber, but one has to distinguish between effects caused by the Fe and effects caused by the lower deposition temperature. Thus, a Ti reference was made in each run. It was then shown, that the maximum tolerable Fe concentration in the absorber for good solar cells is 20 ppm. A 100 nm Cr layer was shown to be necessary as diffusion barrier layer to avoid Fe in the absorber. Admittance spectroscopy measurements showed that with increasing Fe content the defect concentration rises while the shallow doping/effective carrier concentration decreases. For device performance, it was shown that V_{oc} is approximately proportional to $-\log(N_{\text{defect}})$.

T. Nakada (Aoyama Gakuin University Japan) talked about CIGS Thin Film Solar Cells on Flexible Foils. Cd-free CIGS solar cells on flexible Ti foils with a Zn(S,O,OH) buffer layer deposited by chemical bath deposition were reported. Best efficiency was achieved at a maximum substrate temperature of 500 °C during the multi-stage CIGS evaporation process to ensure a good Ga grading shape and improved crystalline quality. The efficiencies ranged up to 17.9%, comparable with CdS-buffered cells, the current density was about 37.4 mAcm⁻² with antireflection coating. On polyimide foils, 15.7% efficient cells were reported. Due to the low substrate temperature in the range of 460-500 °C maximum needed by the PI foil, the crystalline quality of the CIGS layer is rather low. With increasing substrate temperature, the gallium grading changes from a bad (sharp decrease of CBM, 1/3 of thickness – sharp increase of CBM, 1/3 of thickness – shallow increase of CBM, 1/3 of thickness) shape at 460 °C over a good (moderate decrease of CBM, 1/3 of thickness – moderate increase of CBM, 2/3 of thickness) shape at 480 °C to an insufficient grading (very shallow de- and increase of CBM) at 500 °C. Thus, also the minimum bandgap increases with increasing temperature. V_{oc} improves due to the better crystalline quality while J_{sc} decreases due to the increasing bandgap. An optimum T_{sub} was found at 480 °C.

A. Ennaoui (HZB) gave an overview on CBD-Zn(S,O) buffer layers for Cu-chalcopryrite solar modules during "Athlet" project: present status and recent developments. The Zn(O,S) was deposited by CBD, process control to ensure reproducibility was done by laser light transmission measurements through the deposition bath. An additive was used to increase the deposition rate (5-7 min instead of 15 min) while maintaining good cell efficiency. SEM images showed conformal coverage of the Zn(S,O) layer over the whole CIGS surface, including the CIGS grain boundaries. With this high-rate CBD process, a homogeneous Zn(S,O) layer instead of a ZnS/Zn(S,O) bilayer could be deposited. With low-bandgap $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x(\text{S}_{1-y}\text{Se}_y)_2$ absorbers, cell efficiencies of up to 15.9% (0.5 cm^2) and module efficiencies of up to 13.2% (900 cm^2) could be achieved.

D. Hariskos (ZSW Stuttgart) talked about The ZnS/ZnMgO buffer combination in CIGS based solar cells: up-scaling to $30 \times 30 \text{ cm}^2$ modules. In this combination, the i-ZnO is replaced by ZnMgO and the CdS by ZnS(O,OH), the same deposition methods as in the classic devices is used (rf-sputtering and CBD). As the new materials have a higher bandgap, the QE in the blue region of the solar spectrum is improved, in the red part of the spectrum it is comparable. Efficiencies of up to 18.0% (with A/R coating) could be achieved, the reference cell had 16.2% without A/R coating. 2.5 years normal storage showed a stable V_{oc} , slight decreases of good fill factors and slight increases of bad fill factors (about 1% each). A damp heat test showed also stable V_{oc} , but a FF degradation, which was reported recoverable by light soaking. Module efficiencies of up to 10% were reported. The large loss in efficiency was attributed to shunt problems. An improvement of efficiency when the ZnS coverage was good and uniform suggested problems with sputter damage during the ZnMgO sputter process.

N.A. Allsop (HZB) reported in his talk entitled advances in ILGAR In_2S_3 buffer layers for chalcopyrite solar cells a new ILGAR 2-step process resulting in better film quality and surface coverage. Results were comparable to CdS buffered cells, with efficiencies up to 14.7% on AVANCIS absorbers and 14.4% on Würth absorbers.

M. Nerat (University of Ljubliana) presented one- and two- dimensional analysis of CIGS solar cells using an advanced solar cell simulator ASPIN. The groups investigated the influence of the grain boundaries on the solar cell performance using one and two dimensional simulations. In the one dimensional model they introduced one grain boundary parallel to the interfaces. Without this grain boundary the FF was 82% in the simulation. The grain boundary reduced FF and efficiency, as it was introduced more far away from CdS CIGS interface the influence became smaller and the efficiency rose again. The two dimensional simulation was done assuming circular grains, straight grain boundaries and diamond like grains. The results were:

Shape of the grain boundaries is not important but the volume fraction. In case of Cu poor CIGS grain boundaries do not have a negative influence until they reach incredibly unrealistically high volume fraction.

Ulm University, ZSW and Würth Presented: Endurance testing and accelerated ageing of CIGS thin film solar cells. They did an accelerated stability test of their module under light and damp heat in the dark. The factor between testing time and corresponding time in the field was estimated by determining the activation energy of the responsible process. After 5h at 165°C under illumination and in dark the result was decreasing V_{oc} and FF for the dark case and increasing parameters for the illuminated cell. Further illumination in open circuit conditions showed a negative effect on the module performance.

Helmholtz Centre Berlin (HZB) Presented: CuGaSe_2 thin- film solar cell absorbers: chemical and electronical surface and interface structure revealed by photoelectron spectroscopy. The Helmholtz Centre Berlin presented results from an XPS study on CGS surface grown on Mo as usually used also for device manufacturing. The surface composition of the absorber layer strongly depended on the Cu/Ga ratio. They found a cliff like conduction band offset for the CGS CdS device.

IBM Germany, University of Mainz, HZB, SCHOTT et al. presented their project: comCIGS – integrative framework of experimental and virtual lab. The consortium from Germany is lead by IBM and they want to push forward thin film photovoltaic's by the use of super computers. They plan to make several calculations from band diagrams to monte carlo simulations. The simulations are expected to help in finding other compound semiconductors which do for example not involve rare elements like indium. To get a better understanding of the already known compounds is also an aim of the project. The calculation of the band diagrams of chalcopyrite's is not trivial and needs a lot of calculation power. They already identified interesting candidates such as LiCuS and NaMgPh . How such compounds could be synthesized in the lab is another story and they want to try to do it. They just started and are optimistic to discover interesting facts during the 4 jeers of project duration.

University of Stuttgart, Forschungszentrum Jülich and Würth presented: electroluminescence analysis of Cu(In,Ga)Se₂ thin film solar modules. Electro luminescence images from CIGS mini-modules were investigated. The modules had several shunts in the order of 10-20 on an area of 400cm². Shunts could be seen as spots on the module in the luminescence picture. Further the image allows determining the Voc of the individual module cells. An interesting tool for people who want to analyze their module performance spatially resolved.

Helmholtz Centre Berlin (HZB) Presented: preparation of Cu₂ZnSnS₄ (CZTS) solar cells by sequential and simultaneous co-evaporation. To avoid the use of the rare element indium is one motivation for this work. The deposition process was inspired by the CIGS multistage processes. They used a process where they deposited Sn+S/ZnS/Cu+S one after another and a one stage process where they deposited all elements together. The one stage process was twice as fast (20 min) than the multistage process. The multistage process resulted in a layer structure which did not disappear even after annealing. The one stage process formed big grains. The band gap of the material was found to be 1.5 eV and they could produce a cell with 4.1% conversion efficiency. Encouraging results towards a new absorber material without the use of rare elements were shown.

In the industrial approach session, **Centrotherm Photovoltaics** presented their new annealing system for high-throughput CIGS manufacturing. An average efficiency of 9.3% for modules as of Sept 2009 was claimed and a target module efficiency of 12% for March 2010. The quality of the scribes for monolithic interconnection is investigated in-situ by lock-in thermography and defect-free patterning is confirmed. The offering of a turnkey factory with an annual output of 100 MWp on less than 8000 m² was announced.

Johanna Solar gave an overview of the status of development and production in their company. Commercial production started in 2008, and by 2009 the modules got on the market. Their currently best product has an efficiency of 9.5%, an increase to over 10% is expected in the short-term. Also the manufacturing of colored modules (blue, red, green) was announced.

Sulfurcell gave a presentation on the upscaling process from laboratory-sized 5 cm² modules to 0.5 m² based on sulfides. The up-scaling work started in 2004, and by 2006, commercial marketing started. Current modules yield an efficiency of 7 to 7.5%, a further increase of efficiency is planned (to 9% or above). Sulfurcell uses a sulphurization process of a CIG precursor for absorber deposition.

A presentation by **Showa Shell** presented how photo- and electroluminescence measurements can be included in the CIGS production and development. Results should lead to an increase in efficiency due to better absorber quality and circuit uniformity in the strings.

Veeco presented their new coating equipment for flexible as well as glass substrates for CIGS deposition. For the glass substrate based integrated production line, a throughput of up to 30 1.1 x 1.4 m² glass panels was reported. The production line for flexible substrates allows use of both metal and polymer foils, with widths greater than 35 cm. As absorber deposition sources, linear evaporation sources are included to achieve a homogeneous distribution of the CIGS layer. Also, sputtering equipment can be built in, achieving an integrated production line for the module.

The thin film equipment supplier **Heraeus** presented their newest efforts in improving the quality of thin film solar cells. The improvement in the properties of the absorber should result from enhancing the quality and geometry of sputtering targets (sputtering and selenization/sulphurization approach).

Poster Presentations

S. Bücheler (Empa Switzerland) presented results on alternative buffer layers for CIGS. In_2S_3 buffer layers deposited by ultrasonic spray pyrolysis (USP) yielded efficiencies of 13%. The photovoltaic properties of solar cells with USP- In_2S_3 buffer layers depends on the absorber properties, especially on the ratio $[\text{Ga}]/[\text{In}+\text{Ga}]$. He presented the influence of CIGS bulk and surface modifications on the device performance and on the dominant recombination path. $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$ absorbers were grown in a 3-stage process with x varying from 0 to 0.32. Quantum efficiency measurements were used to determine the absorber's band gap. The bulk composition of the absorber was measured by energy dispersive x-ray spectroscopy and correlated to the J-V characteristics. Temperature dependent J-V measurements were used to analyze the dominant recombination path in CIGS cells with USP- In_2S_3 buffer layers. The optimum $[\text{Ga}]/[\text{In}+\text{Ga}]$ ratio in the absorber for USP- In_2S_3 buffer layers was found to be around 0.24 which is lower than for standard CdS buffers.

S. Seyrling (Empa Switzerland) presented a poster on the Development of High Efficiency Thin Film Multijunction Solar Cells. A double junction DSC/CIGS cell with an efficiency of 14.8% was presented, compared to single cell efficiencies of 8.4 and 12.6%, respectively, corresponding to an efficiency increase of 17% with respect to the better one of the two cells. Preliminary studies on triple junction DSC/CdTe/CIGS solar cells were also presented. However, transparent contacts with much higher transmittivity than today's standard TCOs like $\text{ZnO}:\text{Al}$ or ITO are needed to make this approach feasible. Promising candidates are high mobility TCOs such as $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Ti}$ or $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Mo}$.

Solarion presented their ion beam assisted low temperature growth for CIGS which delivers additional energy during the low temperature growth and increases the Yield for selenium. Further Solarion presented a poster on Post - monolithic interconnection to avoid interruption of production flow. They have achieved 10-13% efficiency CIGS solar cells on polyimide films.

National Institute of advanced Industrial Science and Technology (AIST) presented results on CIGS with thinner absorbers. 15% efficiency with 0.75 micron CIGS could be achieved. They also presented an investigation on the search of alternative electrical back contacts for CIGS solar cells.

Uppsala University Presented a poster on laser scribing of CIGS using a picoseconds laser. They successfully scribed all the layers including the ZnO on CIGS and CIGS on Mo.

Institut des Matériaux (IMN) presented a study on CIGS absorber growth using the CUPRO process investigating the structural aspects CIGS absorber and efficiency of solar cells.

Helmholtz Centre Berlin (HZB) Presented several papers/posters on growth and characterization of layers, interfaces and solar cells, also a poster on reactive magnetron sputtering of CIGS absorbers. 10% efficient cells could be produced and SIMS profiles were analyzed. Several posters on ZnO deposition were also of interest for the CIGS (and CdTe) community.

Isovolta and Evonik presented approaches towards a flexible encapsulation with high moisture protection.

CdTe solar cells and modules

The fact that CdTe is the leading thin film technology regarding production volume did not result in large presence neither in the exhibition nor at the conference. This might originate from the fact that there is only one dominating manufacturer (First Solar) which has no research activity in Europe while other European industries, such as Calyxo, Arendi, CTF are rather busy in the installation of manufacturing plants. Further the funding for CdTe research in the European Union is lower than that for CIGS. Nevertheless CdTe issues were the topic of 2 talks and several posters.

First Solar explained their **recycling program** in the poster session. They mechanically crash the glass and then recover the CdTe by solving it in etchants such as hydrogen peroxide. In the exhibition hall First Solar presented their modules and answered the questions of the attendees. There was also a talk about CdTe recycling from **University of Stuttgart** about live cycle assessment of CdTe PV module recycling. But this study didn't include the CdTe absorber material.

National University of Malaysia presented a poster about effects of **structural variations** in CdTe thin film solar cells from **numerical analysis**. They calculated the efficiency of cells with different back contacts. Best efficiency showed an $\text{As}_2\text{Te}_3/\text{Al}$ back contact (17.6%). They calculated that it should be possible to gain 2 mA/cm^2 in current density with this back contact compared to Cu/Au. A voltage of 940 mV should also be achievable.

Empa showed their results on **flexible CdTe**. On polyimide foil they could reach to a new record efficiency of 12.4% (V_{oc} 823mV J_{sc} 19.6 mA/cm^2 FF 76.5%). The cells were grown in superstrate configuration using aluminum doped zinc oxide as TCO material. With the same process on glass they reach higher efficiency. The difference occurs from parasitic light absorption in the polyimide foil. The flexible substrate offers several advantages for production and use of the final product.

The **Mugla University from Turkey** and **Tecksolar** from UK presented their work on **back contact behavior for electrodeposited CdTe** Cells. They carried out temperature depended current voltage and J_{sc}/V_{oc} measurements. The back contact was produced by etching in diaminoethane (DEA) and using graphite paste or gold as conductive material. They found an increasing influence of the back "contact diode" with decreasing temperature. At temperatures below 200K the V_{oc} of the devices was more than 1V but the current density decreased due to the current blocking nature of the back contact.

Also of some interest for CdTe community was a talk from **NREL** on the **doping of tin oxide** TCOs. They showed good results achieved with (sulfur hexafluoride) SF_6 as fluorine source. More than 80% transmission in the region of interest for CdTe but rather high resistivity of $67 \Omega/\text{sq}$ were achieved. Other fluorine sources resulted in better conducting layers but with less transmission. After taking several aspects into account they determine Hydrofluoroether (HFE) to be the best choice for tin oxide doping.

Overall it can be concluded that impressive advancements in Industrial as well as scientific domains have occurred in the field of PV based on compound semiconductor thin films.

PV Module Market

Giorgia Panzera

ISAAC – DACD – SUPSI, Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana,
Via Trevano, CH-6952 Canobbio
Tel. : +41 (0)58 666 63 51
Email: giorgia.panzera@supsi.ch

General information

More than **943** exhibitors (3% from Switzerland). Their number increased by **32 %** compared to the 23rd EU PVSEC in Valencia, in September 2008.

Germany had the most exhibitors (48%). Last year, the German presence was of 38%.

China was the second most represented country (10%). In 2008 this range was for Spain (12% in 2008) that this year had only 3%.

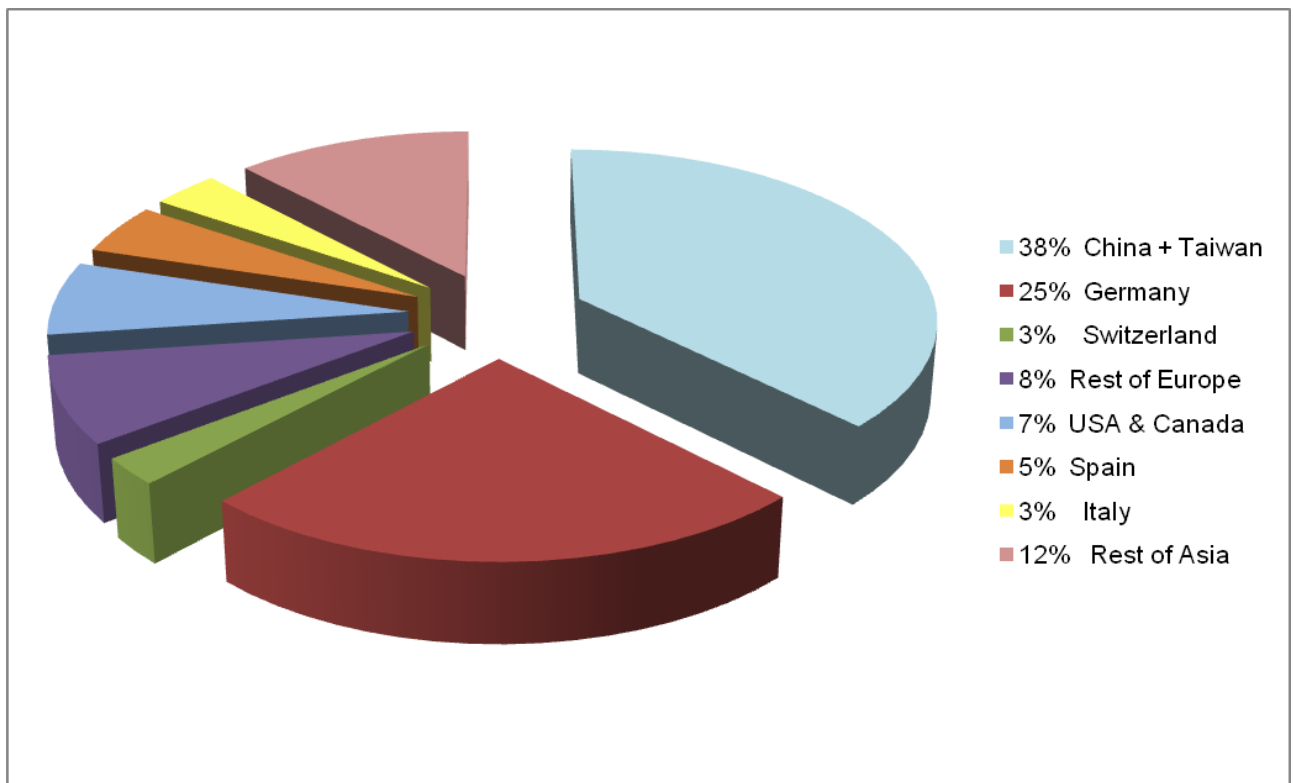
Cell and/or PV module manufacturers

240 cell and/or PV module manufacturers exhibitors of which 6 representatives from Switzerland:

(3S Swiss Solar Systems, VHF-Technologies, Sunpower, Swiss Wafers, Gemotec, Suntech Power International).

There has been an increase of 50% since 23rd EU PVSEC in Valencia in September 2008.

50% of PV cells and modules manufacturers at the exhibition came from Asia.



A list of all the Cell and/or PV module manufacturers can be found in Appendix B of this report.

News from module manufacturers

- **AT&S Photovoltaik Neuartiges flexible Design** presented interesting coloured and „free“ shapes modules.
- **Auria micromorph** See-Through Micromorph modules with wide ranges of colors for building integration.
- **Canadian Solar** introduced see-through BIPV modules.
- **VHF-Technologies:** BiPV systems: metal plate FLX-MO135 (a light weighted galvanized steel plate with PV laminate on top), Elycop solar (PV on a *Brianza Plastica* support material for curved roofing systems).
- **Ghertec Top** flexible modular construction system for BiPV.
- **IMEC and BP Solar's** 18% Mono2 silicon cell efficiency, IMEC has demonstrated a fully solution-processed organic solar cell with a spray-coated active layer and a metal top contact spray coated on top.
- **Konarka Technologies** has teamed with Arch Aluminium & Glass to develop building integrated photovoltaics (BIPV) products using its polymer-based, organic photovoltaic (OPV) technology on glass.
- **Masdar PV** module size of up to 5.7 m².
- **Oerlikon Solar** has repeatedly reproduced amorphous silicon (a-Si) single junction PV cells with stabilized conversion efficiencies of over 10%.
- **System Photonics S.p.A** and **new lines ROOF TILES FOR CASCADE TILING** available with back-sheets in a variety of colors, they can be combined with plain tiles of the same color, size and material.
- **SCHOTT Solar product portfolio : InDaX 225**, an aesthetic new series of modules for roof integration.
- **Signet Solar** is currently shipping large solar modules, with nominal power ratings of 80 watts, 170 watts and 340 watts. The product for façades gives unique measures of 2.70x1.20m opaque or punctured semitransparent. See-Through BiPV solar panels with particular cells design.
- **Solland** Small scale commercial production of new Back-contact solar cell (BSC) technology (developed in cooperation with ECN). The technology is based on so called “metal wrap through”.
- **Sharp** to produce tandem a-Si thin film cells with 10% conversion efficiencies; rising to 12%.
- **Sunfilm** flexibility in size, frameless and uniform black color.
- **Solarwall** Solar Air Heating & Electricity BiPV system combined in one element.
- **Sulfurcell** new solar facade cassettes System Data Sheet Model SCG-HV-F.
- **Schweizer-Metallbau** proposes Solrif® with an elegant solution in black aluminum frame.
- **Tegulasolar - photovoltaic** tiles with modules from VHF-Technologies.
- **Würth Solar** presented innovative facade-mounted retaining system for rear-ventilated facades, with the option of coloured CIS solar modules – (CIGS PANEL WATERFALL).
- **Yingli Green Energy Europe GmbH** : enhancement of module effectiveness that now reaches 14.4%, of cells for more than 16%, and the obtainment of a new certification that affirms the charge resistance for snow up to 5.4 KPa for modules.

Neues aus dem Gebiet der Wechselrichter und Systemtechnik

L. Borgna und H. Häberlin

Berner Fachhochschule - Hochschule für Technik und Informatik HTI

Jlcoweg 1, CH-3400 Burgdorf

Tel.: +41 (0) 34 426 68 53, Fax: +41 (0) 34 426 68 13

Email: heinrich.haeberlin@bfh.ch, <http://www.pvtest.ch>

Generelle Bemerkungen

Wegen der zunehmenden Zahl von grossen Freifeldanlagen mit vielen MW werden inzwischen von verschiedenen Herstellern hocheffiziente trafolose Grosswechselrichter im Bereich 100 kW bis 630 kW angeboten, die auf einer niedrigeren AC-Ausgangsspannung im Bereich von etwa 280 V – 320 V arbeiten, damit die DC-Eingangsspannung nicht zu hoch gewählt werden muss (z.B. < 900 V). Da solche Grossanlagen direkt ins Mittel- oder sogar Hochspannungsnetz einspeisen, können so die Verluste eines separaten NF-Trafos in jedem Wechselrichter vermieden werden. Damit diese Geräte auch im Störfall einwandfrei funktionieren, ist es zweckmässig, für jedes derartige Gerät eine separate Unterspannungswicklung in einem speziellen Mittelspannungstrafo vorzusehen. Einheiten mit 2 oder 3 solchen traflosen Spezialwechselrichtern und einem dazu passenden Mittelspannungstrafo mit 2 oder 3 galvanisch getrennten Unterspannungswicklungen werden als sogenannte Mittelspannungsstationen (fixfertig in einen Container eingebaut) von verschiedenen Herstellern angeboten.

Einige Firmen bieten neu sogenannte Leistungsoptimierer an, welche bei den einzelnen Modulen angebracht werden und die Leistung dieser Module auf einen speziellen DC-Bus einspeisen, dessen Leistung wiederum mit einem speziellen Wechselrichter ins Netz eingespeist wird. Damit wird erreicht, dass der Leistungsabfall bei Beschattung einzelner Module weniger gravierend ist. Allerdings hat man dann weiterhin einen DC-Bus mit hoher Spannung mit der latenten (höheren) Lichtbogeengefahr auf der DC-Seite. Es fragt sich deshalb, ob man nicht besser wieder das alte Konzept des Modulwechselrichters (mit direktem AC-Ausgang) verwenden soll, das diese Gefahren vermeiden würde. Tatsächlich interessiert sich nun mit SMA auch ein grosser Hersteller für Modulwechselrichter und hat die Rechte von OKE erworben.

Bei den Wechselrichtern mit galvanischer Trennung kleiner und mittlerer Leistung fällt auf, dass bei Neuentwicklungen sowohl bei Inselwechselrichtern als auch bei Netzwechselrichtern von verschiedenen Herstellern HF-Transformatoren zur Gewichts- und Materialreduktion eingesetzt werden.

In verschiedenen Beiträgen wurde auch die neue Provisorische Europäische Wechselrichter-Testnorm prEN50530 vorgestellt, die sowohl statische Messungen des Umwandlungswirkungsgrades, des MPP-Tracking-Wirkungsgrades und des Gesamtwirkungsgrades als auch Messungen des dynamischen Verhaltens umfasst. Verschiedene Testlabors (u.a. Arsenal, ISET und BFH-TI) verfügen über dazu geeignete Solargenerator-Simulatoren. Das weltweit vermutlich grösste Gerät mit einer MPP-Leistung bis 100 kW ist beim Photovoltaiklabor der BFHTI im Einsatz.

Nach verschiedenen im Jahre 2009 aufgetretenen Brandfällen in den USA und Deutschland ist auch das Thema Sicherheit von PV Anlagen wieder aktueller geworden. In den USA wird ab 2011 der Einbau entsprechender Detektoren verlangt, sobald solche serienmässig in genügender Qualität verfügbar sind. Das Gleiche fordert auch die Internationale PV-Normenkommission TC82.

Einführung in den detaillierten Bericht

Jedes Jahr kommen unzählige neue Wechselrichter (WR) für die Netzeinspeisung (NWR) und für den Inselbetrieb (IWR) auf den Markt. Einige davon dienen lediglich als Erweiterung bzw. Ergänzung einer schon vorhandenen Serie und andere sind einer neuen Serie angehörende Geräte, welche meistens bessere Eigenschaften aufweisen. In diesem Bericht werden zunächst die wichtigsten WR-Eigenschaften kurz erklärt, danach wird über die aktuelle Situation berichtet. Abschliessend wird mit Hilfe einer Tabelle eine kurze Übersicht über alle Neuheiten bei den WR gegeben.

Die zwei Grundwechselrichtertypen NWR und IWR werden aufgrund ihrer unterschiedlichen Anwendung und Eigenschaften separat betrachtet.

Bemerkung:

Aufgrund der sehr hohen Anzahl an Wechselrichterherstellern mit entsprechend hoher Anzahl an Wechselrichtern, wird in diesem Bericht nur über neue WR und alte WR mit verbesserten Eigenschaften berichtet.

Netzverbund-Wechselrichter (NWR)

Angegebene Eigenschaften

Hauptdaten

Nennleistung (P_{nenn})

Mit diesem Wert wird die Leistung angegeben, welche der NWR unter Beibehaltung einiger Parameter, wie maximaler Umgebungstemperatur und DC-Spannung, dauernd liefern kann.

Trafoles (TL)

Trafolelose Wechselrichter sind mittels einer oder zwei Spulen am Netz gekoppelt. Solche WR weisen gegenüber den 50 Hz Trafowechselrichtern einen höheren Umwandlungswirkungsgrad auf, sind viel leichter und billiger. Der einzige Nachteil ist das Fehlen einer galvanischen Trennung zwischen Netz und Solarfeld.

50 Hz Transformator (NF)

Der Wechselrichter ist mittels eines niederfrequenten Transformators mit dem Netz verbunden. Solche WR weisen, gegenüber den trafofreien Wechselrichtern, einen niedrigeren Umwandlungswirkungsgrad auf, sind viel schwerer und teurer. Als Vorteile sind die galvanische Trennung zwischen Netz und Solarfeld und eine gewisse Robustheit (Dämpfung von Transienten durch Trafo-Steinduktivitäten) zu vermerken.

Hochfrequenz-Transformator (HF)

Diese Wechselrichter sind mittels einer oder zwei Spulen ans Netz gekoppelt. Auf der DC-Seite befindet sich ein hochfrequenter Transformator, welcher die Solaranlage galvanisch vom Netz trennt und die DC-Spannung an die angewendete Endstufe anpasst. Diese Topologie spart den Einsatz eines schwereren und teureren NF-Transformators und weist (seit diesem Jahr) bessere Wirkungsgradwerte als die NF- Netzwechselrichter auf.

Modulwechselrichter (MW)

Es handelt sich um sehr kleine Wechselrichter, welche direkt am Solarmodul angebracht werden.

Stringwechselrichter (SW)

Es handelt sich um Wechselrichter mit einer Leistung von 1kW bis 10kW, welche meistens für die externe Anwendung gebaut sind, über mehrere Stringanschlüsse verfügen und bis zu einem MPP-Tracker pro Stringanschluss zur Minderung von String-Mismatch haben.

Zentralwechselrichter (ZW)

Ein Zentralwechselrichter ist für grosse Anlagen, weist eine Leistung von 10kW aufwärts auf, ist meist für eine gebäudeinnere Anwendung gebaut und hat nur einen Solaranlagenanschluss.

Zentralwechselrichter für den direkten Anschluss an einer Unterspannungswicklung eines Mittelspannungstransformator (ZWTL-M):

Es handelt sich um eine trafofreie Variante des ZW, welcher für Leistungen grösser als 100kW gebaut wird. Mittels eigener Unterspannungswicklung an Mittelspannungstransformatoren kann die zum Wechselrichter am besten passende Netzspannung (z.B. für DC-Eingangsspannungen bis 900 V eine verkettete Spannung um 300 V) gewählt werden. ZWTL-M werden vorwiegend dort eingesetzt, wo kein direkter Bezüger vorhanden ist und die erzeugte Energie mit einem Mittelspannungstransformator direkt ins Mittelspannungsnetz eingespeist wird. Mit dieser Lösung spart man die Verluste des wechselrichterinternen Transformators, welche beim Einsatz eines gewöhnlichen Zentralwechselrichters auftreten würden.

Achtung! Der bei diesem WR angegebene Wirkungsgrad berücksichtigt die Verluste des Mittelspannungstransformators nicht.

Elektrische Eigenschaften

Umwandlungswirkungsgrad (Eta oder η)

Der Umwandlungswirkungsgrad gehört zu den wichtigsten Eigenschaften eines WR. Dieser kann als Spitzenwirkungsgrad ($\eta_{\max}$) oder als gewichteter Mittelwert (Europäischer Wirkungsgrad „ η_{EU} “ oder als Californischer Wirkungsgrad „ η_{CEC} “ für den amerikanischen Raum) angegeben werden.

MPPT-Spannungsfenster (U_{mpp})

Das MPPT-Spannungsfenster gibt den Spannungsbereich an, in welchem der NWR einwandfrei arbeitet. Dieser Wert gilt grundsätzlich als Freiheitsgrad für die Wahl der MPP-Spannung der Solaranlage. Eigentlich ist ein grosses U_{mpp} -Spannungsfenster erwünscht. Es ist jedoch zu bemerken, dass der Wirkungsgrad bei verschiedenen Spannungen innerhalb des Spannungsfensters variiert. Die Hersteller geben jeweils den höchstauftretenden Wirkungsgrad an, wobei dieser direkt von der Arbeitsspannung (U_{DC}) abhängig ist.

Maximaler DC-Strom (I_{DCmax})

Mit Hilfe des maximalen DC-Stroms kann überprüft werden, ob der NWR die angegebene Nennleistung auch im unteren Bereich des MPPT-Spannungsfensters liefern kann.

U_{DCmax}

Obwohl viele Anlagebauer über einem U_{DCmax} von bis zu 1500V zur Reduzierung der Kosten und Kupferverluste sprechen, ist im Moment noch kein NWR auf dem Markt zu finden, der eine U_{DCmax} von mehr als 1000V ausweist.

U_{mpp} Spannungsbereich

Viele Hersteller geben einen zu hohen Wert des oberen U_{mpp} -Spannungsbereichs an. Wegen dem mittleren Füllfaktor der heutigen kristallinen Silizium-Zellen und dem Temperatureinfluss auf die Leerlaufspannung sollte die angegebene obere Grenze des MPP-Spannungsbereichs 80% der maximalen DC-Spannung nicht überschreiten. In der Übersichtstabelle wurden sämtliche unrealistischen U_{mpp} mit dem 80%-Wert der maximalen DC-Spannung ersetzt.

Aktuelle Situation

Wirkungsgrad

Bemerkung: Da zur Bewertung eines NWRs nur der gewichtete Wirkungsgrad massgebend ist, wird hier bewusst der Spitzenwirkungsgrad vernachlässigt. (nicht berücksichtigt.)

Dieses Jahr konnte der europäische Wirkungsgrad noch weiter erhöht werden und die Firma SMA konnte einen NWR Typ Sunny Central SC 630HE mit einem η_{EU} von 98.4% vorstellen. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass zu einer fairen Beurteilung eines NWRs neben dem η_{EU} auch die Topologie und die Grösse des NWRs berücksichtigt werden müssen.

Z.B. ein η_{EU} von 95.5% für einen traflosen (TL) NWR mit einer Nennleistung von 100kW zeigt, dass der NWR, in Bezug auf dem Wirkungsgrad, zu den schlechtesten Geräten gehört. Würde man diesen Wirkungsgrad aber im Bereich der niederfrequenten Transformatoren mit Nennleistungen um 2kW betrachten, so gehörte dieser WR zu Geräten der Spitzenklasse.

Die Spitzenreiter der verschiedenen Technologien und Grössen sind nach Herstellerangaben:

NF-String-WR bis 5kW

3.3 kW WR Typ EI 3300 der Firma TENESOL (F) $\eta_{EU} = 94.8\%$

HF-String-WR bis 5kW

3.0 kW WR Typ Pawador 3002 der Firma Kako (D) $\eta_{EU} = 95.4\%$

TL-String-WR bis 5kW

3.7 kW WR Typ NT 3700 der Firma Sunways (D) $\eta_{EU} = 97.4\%$

TL-String-WR bis 20kW

17 kW WR Typ REFU SOL 17K der Firma REFU Elektronik GmbH (D) $\eta_{EU} = 97.8\%$

NF-ZW-WR bis 100kW

100 kW WR Typ CP 100TR der Firma Mastervolt (NL) $\eta_{EU} = 96.5\%$

TL-ZW-WR bis 100kW

100 kW WR Typ PVM 450-100 der Firma LTi REEnergy GmbH (D) $\eta_{EU} = 97.0\%$

NF-ZW-WR ab 100kW:

1 MW WR Typ SG1000KHV der Firma SUNGROW (China) $\eta_{EU} = 97.4\%$

TL-ZW-WR ab 100kW

630 kW WR Typ SC 630HE der Firma SMA (D) $\eta_{EU} = 98.4\%$

Die WR-Hersteller geben (wie letztes Jahr schon) nur den bestmöglichen gewichteten Wirkungsgrad an. Dabei lässt sich dieser von der Arbeitsspannung (U_{DC}) sehr stark beeinflussen und sollte bei mindestens 3 verschiedenen U_{DC} angegeben werden.

Die Gewichtungswerte zur Bestimmung von η_{EU} und η_{CEC} sind der EN 50530 Norm zu entnehmen.

Verwendete Abkürzungen

Hauptdaten

- x kW: AC-seitige Nennleistung.
- TL: Trafolos.
- NF: 50Hz Transformator.
- HF: Hochfrequenztransformator.
- 3ph: 3 Phasen.
- MW: Modulwechselrichter.
- SW: Stringwechselrichter.
- n SW: Stringwechselrichter für n Stränge (Multi String).
- n MPPT: Anzahl unabhängige MPPT-Einheiten.
- ZW: Zentralwechselrichter.
- ZWTL-M: Trafoloser Zentralwechselrichter für Direktanschluss an eigene
Unterspannungswicklung eines Mittelspannungstrafo (galvanische Trennung
durch Mittelspannungstrafo).

Elektrische Eigenschaften

- η_{max} XX.X %: Maximaler Wirkungsgrad.
- η_{max} XX.X/yy.y%: Maximaler Wirkungsgrad (x-Werte für die NF-Version u. y-Werte für die TL-Version)
- η_{EU} XX.X %: Maximaler europäischer Wirkungsgrad.
- η_{EU} XX.X/yy.y%: Maximaler EU-Wirkungsgrad (x-Werte für die NF-Version u. y-Werte für die TL-Version)
- U_{DCmax} : Maximale DC-Spannung [V].
- U_{mpp} : MPPT-Spannungsfenster [V].
- I_{DCmax} : Maximaler DC-Strom [A].

Besondere Eigenschaften: (Merkmale)

- IP xx: Schutzart.
- ESS: Electronic Solar Switch (Elektronischer DC-Lasttrennschalter).
- DCS: Integrierter DC-Trennschalter.
- ACS: Integrierter AC-Trennschalter.
- VP: DC- seitiger Verpolungsschutz.
- T_{amb} : Bereich der Umgebungstemperatur.
- Gar.: Garantie.
- Int: Softwaremässige Ländereinstellung.

Allgemein:

- k.A. oder -: Keine Angaben

Präsenz von Schweizer Herstellern von Netzwechselrichtern:

ASP war für das dritte Mal abwesend.

Sputnik war wie üblich anwesend und hat ein neues Gerät Typ SM 330C-SV vorgestellt. Es handelt sich um einen traflosen Zentralwechselrichter für den direkten Anschluss an einer eigenen Wicklung eines Mittelspannungstransformators (ZWTL-M). Das Gerät weist eine U_{DCmax} von 900V, eine Leistung von 330kW, ein U_{mpp} -Spannungsbereich von 450V bis 720V, einen η_{EU} von 97% auf und kann die volle Leistung auch bei der niedrigsten MPP-Spannung liefern.

ABB ist neu auf den Markt gekommen und konnte 3 ZWTL-M mit einer Leistung von 100, 250 und 500 kW vorstellen. Die übrigen Parameter sind bei allen Geräten ähnlich (U_{DCmax} von 900V; U_{mpp} -Spannungsbereich von 450V bis 720V; $\eta_{EU} = 96.7\%$; volle Leistung auch bei der niedrigste MPP-Spannung). Obwohl die Geräte von ABB nicht zu den Besten gehören, ist zu vermerken, dass ein η_{EU} von 96.7% für einen „New Comer“ ein guter Wert ist.

Eine Übersichtstabelle der Netzwechselrichter (NWR) befindet sich im Anhang C dieses Berichtes.

Insel-Wechselrichter (IWR)

Angegebene Parameter

Hauptdaten

Qualität der Ausgangsspannung

Ein IWR sollte, in Bezug auf Oberwelleninhalte, die Qualität der Netzspannung aufweisen. Diese Anforderung wird meistens von allen Sinuswechselrichter (Sin) eingehalten. Als preisgünstige Varianten werden teilweise auch Produkte mit rechteckiger Ausgangsspannung (Rech) und modifizierter rechteckiger Ausgangsspannung (Mod) angeboten. Diese haben aber den Nachteil, dass nicht alle sensiblen Verbraucher wie Computer, kleine Ladegeräte und FL-Lampen gespeist werden können und dass einige Verbraucher wie Wasserpumpen und Kühlschränke wenig effizient arbeiten.

Technologie

IWR werden in zwei Technologien hergestellt. Die meisten IWR werden mit einem 50 Hz Transformator (NF) gebaut und weisen hervorragende Eigenschaften wie 96% Spitzenwirkungsgrad und 300% kurzzeitige Überlastbarkeit auf. Die anderen werden mit einem hochfrequenten Transformator (HF) gebaut und haben damit ein sehr geringes Gewicht.

IWR

IWR können nur ein Inselnetz aus einem Akkumulator speisen und haben höchstens einen eingebauten Solarladeregler.

USV

USV dienen grundsätzlich zur Netzsicherung. Sie schalten sich nur bei Netzausfall ein und bewirken für die angeschlossenen Verbraucher höchstens einen sehr kurzen Netzausfall ($T < 20\text{ms}$). Diese Geräte enthalten einen sehr starken Laderegler, mit welchem die Akkumulatoren bei vorhandenem Netz innerhalb kürzester Zeit geladen werden können.

Backup

Es handelt sich um Vierquadranten-Wechselrichter mit integriertem Batterieladeregler und Umschaltrelais für die weitere Nutzung einer alternativen Energiequelle, z.B. eine PV-Anlage, beim Netzausfall. Bei vollgeladenen Akkumulatoren wird die alternative Energiequelle mittels eines Schützes von Netz getrennt.

Boost

Booster werden parallel zu einem schwachen Netz angeschlossen und unterstützen dieses bei hohen Lasten. Die Akkumulatoren werden während lastarmen Perioden mit Hilfe eines integrierten Ladereglers nachgeladen.

Island

Es handelt sich um Vierquadranten-Wechselrichter, welche die maximale Einspeiseleistung von NWRn und / oder Windgeneratoren mit Verschiebung der Netzfrequenz, die vom Akkuladezustand bestimmt wird, steuern können. Die Geräte eignen sich sehr gut zur Aufbau von kleinen Inselnetzen (2 bis 30kW) mit mehreren verteilten alternativen Energiequellen. Falls die Akkumulatoren unter einen vorprogrammierten Ladezustand entladen werden, kann der WR einen Hilfsgenerator anlassen.

Elektrische Eigenschaften

Systemspannung (U_{DC}) und Leistung (P)

Leistung und Systemspannung gehören zu den wichtigsten Parametern eines IWRs. Bei der Leistung sind nicht nur die Dauerleistung wichtig, sondern auch die 30 min. Leistung, welche für Lasten mit kurzem Betrieb massgebend ist, und die 5 s Spitzenleistung, welche für den Startvorgang besonderer Verbraucher wie Kühlschränke und Staubsauger massgebend ist. Zur Auswahl des kleinsten für eine bestimmte Anwendung geeigneten IWR sind die erwähnten Leistungswerte unentbehrlich. Durch Vermeiden einer Überdimensionierung können der Eigenverbrauch des WR gesenkt und die Kosten der PV-Anlage so gering als möglich gehalten werden.

Maximaler Wirkungsgrad (η_{max})

Da bei einem IWR, im Gegensatz zu einem NWR, keine Aussage über die jährliche Teillastbelastung gemacht werden kann, steht auch kein gewichteter Wirkungsgrad zur Verfügung und wir müssen uns für eine grobe Effizienzbetrachtung mit η_{max} begnügen.

Maximaler Ladestrom (I_{DCmax})

Dieser Wert wird bei Backup-, Boost- und Island-IWR angegeben und dient zur Ermittlung der Ladezeit. Zur Vermeidung einer Überlastung des Leistungsgenerators oder Netzes ist meistens eine softwaremässige Begrenzung von I_{DCmax} vorhanden.

Eigenverbrauch (EV)

Der Eigenverbrauch eines IWRs ist ein meist unterschätzter Parameter. Einige IWR weisen sogar einen EV ausgeschaltetem Zustand auf. Wegen der grossen Anzahl an Verbrauchern, welche auf ein dauernd vorhandenes Netz angewiesen sind, hat der Stand-by-EV an Bedeutung verloren. Hingegen hat der EV in eingeschaltetem Zustand massiv an Wichtigkeit gewonnen.

Merke: Zur Speisung eines Radioweckers, welcher 24 Stunden pro Tag mit einem Verbrauch von ca. 1Watt funktioniert, muss der IWR eine zusätzliche Leistung von ca. 1% der Nennleistung wegen des EVs beziehen.

Aktuelle Situation

Wirkungsgrad

Auch dieses Jahr hat sich der Wirkungsgrad von den IWR nicht verbessert. Im Moment scheint es, dass der höchst mögliche Wirkungsgrad (bei der heutigen Komponenten und Technologien) erreicht worden ist.

Die IWR mit dem höchsten Wirkungsgrad sind von der Firma STUDER INNOTECH und weisen einen Wert von 96% bei den 24V- und 48V-Geräten. Allerdings ist, wie auch schon bei den NWR, der höchste Wirkungsgradwert stark von der Batteriespannung und der WR-Nennleistung abhängig. Ein 12V IWR mit weniger als 500W Leistung und einem Spitzenwirkungsgrad von 93% kann als sehr gut beurteilt werden. Ein 24V- oder 48V-IWR mit mehr als 2kW muss mindestens einen Wirkungsgrad von 95% aufweisen, um eine gute Note zu erhalten.

Eigenverbrauch

Der Eigenverbrauch ist immer als %-Anteil der Nennleistung zu betrachten. Die Firma OutBack hat zwei neue Geräte mit einer Nennleistung von 3 kW vorgestellt, welche einen Eigenverbrauch von lediglich 0.266 % der Nennleistung ausweisen.

Allgemein

Seit ein paar Jahren ist eigentlich keine Entwicklung im Bezug auf die technischen Daten von IWR zu vermerken.

Abkürzungen

Hauptdaten

- Sin: sinusförmige Ausgangsspannung.
- Mod: Modifizierte rechteckige Ausgangsspannung.
- Rech: Rechteckige Ausgangsspannung.
- NF: 50Hz Transformator.
- HF: Hochfrequenztransformator.
- 3ph: Möglicher Aufbau von 3ph-Netzen mittels 3 Geräten
- USV: Unterbrechungsfreie Stromversorgung.
- Backup: USV mit Batterieladeregler und Umschaltrelais für die weitere Nutzung der PV-Anlage.
- Boost: Unterstützung von Wechselspannungsquellen.
- Island: WR mit Batterieladeregler, welcher mittels Frequenzshift der Netzspannung die Ausgangsleistung eines kompatiblen NWRs in Funktion des Akkuladezustandes steuert.

Elektrische Eigenschaften

- U_{dc} Systemspannung (Batteriespannung) [V].
- $P_{x/y/z}$ kVA: Scheinleistung [VA]. DAUER/30min/5s.
- η_{max} xx.x %: Maximaler Wirkungsgrad.
- I_{DCmax} : Maximaler Ladestrom [A].
- $EV_{x/y/zW}$: Eigenverbrauch OFF / Stand-by / ON [W].

Besondere Eigenschaften

(Merkmale)

- IP xx: Schutzart.
- AS: Akku-Schutz.
- VP: Verpolungsschutz.
- T-Umg.: Bereich der Umgebungstemperatur.
- Gar.: Garantie.
- PVLR: Integrierter PV-Laderegler.
- PVLR-MPPT: Integrierter PV-Laderegler mit MPPT.
- Wind_LR: Integrierter Laderegler für Windturbinen.
- Gen.: Bei leerem Akku kann einem Back-up Generator starten

Allgemein

- k.A. oder - : Keine Angaben.

Präsenz von Schweizer Herstellern von Inselwechselrichtern:

ASP war für das dritte Mal abwesend.

Sputnik und ABB bauen keine IWRs.

STUDER INNOTECH hat vier neue Multifunktions-IWR von der Xtender-Serie mit hervorragenden elektrischen Daten vorgestellt. Die Geräte können als gewöhnlicher IWR, USV, Backup oder Booster eingesetzt werden und die Elektrische Eigenschaften lauten:

- Spitzenwirkungsgrad: 96%
- 5 s Überlastbarkeit: 300%
- Eigenverbrauch: 0.4% der Nennleistung

Eine Übersichtstabelle der Inselwechselrichter (IWR) befindet sich im Anhang D dieses Berichtes.

Burgdorf, 18. November 2009

L. Borgna und H. Häberlin

Global Aspects

Pius Hüsser

**Nova Energie GmbH,
Schachenallee 29, CH-5000 Aarau,
Tel.: +41 (0) 62 834 03 00, Fax: +41 (0) 62 834 03 23
Email: Pius.huesser@novaenergie.ch**

Es ist eingetroffen, was im Herbst 2008 erwartet wurde: Der globale Photovoltaik-Markt ist eingebrochen. Wobei eingebrochen sehr missverständlich interpretiert werden kann.

Von den 2008 installierten ca. 6 GW PV-Modulen wurden etwa 2.5 GW in Spanien installiert. Dieser, und nur dieser Markt, ist massiv zusammen gebrochen auf etwa 200 bis 300 MW in 2009. Für 2009 wird eine neu installierte Leistung von etwa 6 GW erwartet, ähnlich hoch wie 2008. D.h. der globale Markt ausser Spanien wächst weiterhin massiv (ca. 60%).

Was ist passiert?

Der von der Spanischen Regierung verordnete Stopp des alten Einspeiseregimes per Ende Sept. 2008 sowie die erhöhte Absenkung des Deutschen Einspeisetarifes hatten in 2008 folgende Effekte:

- In Spanien wurde sehr stark investiert, da aufgrund der (zu) hohen Einspeisevergütung hohe Renditen erwartet werden konnten.
- Der Lieferengpass beim solaren Silizium war noch nicht behoben
- Deutschland revidierte das EEG mit einer Absenkung der Tarife um etwa 10%

Dies führte zu folgenden Effekten:

- Bis im Sommer 2008 konnten sehr hohe Modulpreise in Spanien verlangt werden (wegen Lieferengpass S-grade Si).
- Ab etwa September 2008 sind die Modulpreise auf „deutsches Niveau“ zurückgefallen und haben die Nachfrage in Deutschland im letzten Quartal unterstützt
- Der Spanische Markt ist im letzten Quartal praktisch auf Null zurückgefahren worden

In Erwartung eines schwachen 2009 wurden im letzten Quartal die Modulpreise bereits relativ stark nach unten gesenkt.

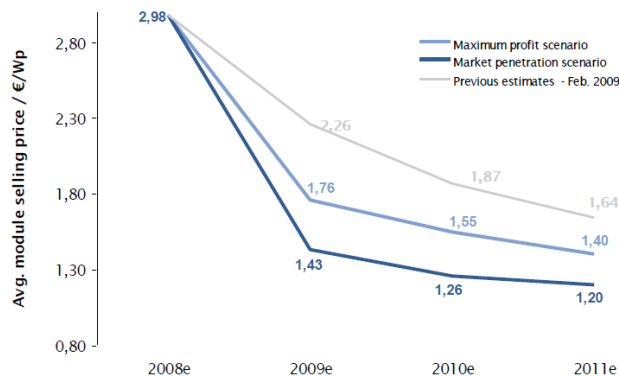
Marktentwicklung 2009

Es war absehbar, dass Deutschland wieder zum grössten Markt wird. Da die Witterungsverhältnisse im 1. Quartal 2009 schlecht waren, konnte weniger Leistung als erwartet installiert werden. Dadurch erhöhte sich der Druck auf die ganze Wertschöpfungskette, insbesondere auf die Modulhersteller. Die Absenkung der Modulpreise ging plötzlich sehr schnell. Dazu kam die Konkurrenz aus China, wo in den letzten Jahren grosse Produktionskapazitäten aufgebaut worden sind. Insbesondere deutsche Hersteller kamen unter massiven Preisdruck. Was früher ein Vorteil war - langfristige Verträge mit den Vorlieferanten zu fixierten Preisen – wurde jetzt für einzelne Hersteller zum Damokles-Schwert.

Die Konjunkturstützungsprogramme, insbesondere in den USA, wirkten nur langsam und konnten nicht verhindern, dass das Marktwachstum gestoppt wurde.

Positiv dabei ist, dass die Modulpreise und damit auch die Systempreise langsam wieder auf die langjährige Kostensenkungskurve zurückkehren (wir sind aber noch nicht ganz dort wo wir sein sollten).

Continuing price and margin decline



- Steeper-than-expected price decline, followed by massive margin decline
- We expect relentless competition on gaining market share; no profit maximisation
- Even First Solar feels the heat
- Hardest hit: cell manufacturers, despite renegotiation of wafer contracts

September 2009, EPIA industry forum, LBBW Energy and Power Technology
© Landesbank Baden-Württemberg

3

LB BW

Abbildung 1: Modulpreisentwicklung Quelle LBBW, präsentiert am EPIA Industry Forum in Hamburg, Sept. 09

Per Ende 2009 wird der Grosshandelspreis für kristalline Solarmodule aus Europäischer Fertigung klar unter 2 €/w sein, Chinesische Module tendieren gegen 1.50 €/W und tiefer.

Die Systemkosten folgen jedoch weiterhin den zum Teil beträchtlichen Unterschieden bei der Einspeisevergütung.

Die Märkte im Einzelnen

Deutschland

Nach einem unter anderem wetterbedingten harzigen Start im 1. Quartal ist Deutschland kräftig am Aufholen. Die Marktschätzungen variieren von etwa 2.3 GW bis 2.9GW (UBS). Damit werden in Deutschland wiederum etwa 35% bis 45% der globalen Leistung installiert.

Spanien

Aus distanzierter Sicht muss Spanien 2009 als guter Markt betrachtet werden. Die administrativen Hürden mit der Registrierung der Projekte hat funktioniert. Es werden Anlagen gebaut, und zwar auf Dächern. Das vorgesehene Volumen von 500 MW wird zwar nicht erreicht werden, aber 200 bis 300 MW werden bis Ende Jahr sicher erreicht.

Frankreich

Frankreich ist weiterhin der attraktivste Markt für gebäudeintegrierte Anlagen. Das Prozedere ist definiert und auch für 2010 wird sich nicht viel



daran ändern. Hauptproblem für das schnelle Wachstum sind die langen Wartezeiten für die diversen, aber notwendigen, Bewilligungen. Mit den stark sinkenden Modulpreisen werden auch Freiflächenanlagen im Süden interessant.

Italien

Boom mit angezogener Handbremse. Trotz (oder Dank?) hohem administrativen Aufwand werden 2009 etwa 500 MW installiert. Die Einspeisevergütungen sind mindestens so attraktiv wie sie in Spanien bis Sept. 2008 waren. Mit dem administrativen Aufwand und schwierigerer Fremdkapitalbeschaffung wächst der Markt aber nicht so schnell wie dies in Spanien geschah. Dies ist im Prinzip gut für die Industrie, da die Produktionsausweitungen besser planbar sind.

Belgien, Tschechien, Griechenland

Insbesondere Belgien boomt recht stark und wird 2009 etwa 50 MW installieren. In Tschechien werden erste grosse Freiflächen-Anlagen in Betrieb genommen. Die Einspeisebedingungen sind sehr gut.

Griechenland fängt sich langsam an zu bewegen. Erste grössere Anlagen werden in Betrieb genommen.

USA

Das Wachstum 2008 war recht gross (ca. 65%, total etwa 340 MW), verglichen mit dem Potential aber doch eher bescheiden. Mit deutschen Installationskosten im letzten Quartal 2008 müsste in Teilen von Kalifornien Grid-Parity erreicht sein.

Hemmnisse sind unter Andern

- Der Mangel an qualifizierten Installateuren
- Relativ kurze Haltezeit des eigenen Hauses (Ein Haus wird nicht für den Rest seines/ihrer Lebens gekauft und darum stellt sich die Frage, ob die Investition genügend schnell amortisiert werden kann)
- Relativ hohe Systemkosten im Vergleich zu Europa

Die von Präs. Obama freigegebenen Konjunkturstützungsgelder haben bis Mitte 2009 noch wenig Wirkung gezeigt. Es wird ein Markt von etwa 500 MW erwartet (in 2009). Nachher könnte es aber sehr schnell bergauf gehen. Bereits 2010 kann die USA zu einem GW-Markt werden.

Japan

Mit der Wiedereinführung von Förderbeiträgen an private PV-Anlagen (Residential Systems) hat sich der Markt ab Frühjahr 2009 massiv belebt. Nach neusten Zahlen kann fast mit einer Verdoppelung der installierten Leistung gegenüber 2008 gerechnet werden.

Mit dem Regierungswechsel im September 2009 zur demokratischen Partei wird zusätzliche Marktstützung erwartet. Die PV-Ziele für 2020 wurden in ersten Ankündigungen von 14 GW auf 25 GW fast verdoppelt.

2010 wird bereits mit einem Markt von gegen 700 MW gerechnet, 2011 bereits mehr als 1 GW.

China

China ist zum Marktführer bei der Zell/Modulproduktion aufgestiegen. Um sich Marktanteile zu sichern haben die chinesischen Produzenten die Verkaufspreise massiv nach unten angepasst. Die Nachhaltigkeit dieses Vorgehens wird sich zeigen. Der Heimmarkt ist 2009 noch bescheiden, etwas weniger als 200 MW. Aber bereits 2010 wird dieser Markt auf etwa 700 GW wachsen dank der neuen Einspeise- und Förderregelung der Regierung. D.h. ein Teil der grossen Produktion wird ab nächstem Jahr in China selbst installiert.

Südkorea

Die Einspeisetarife wurden insbesondere für grosse Anlagen gesenkt. Das Marktwachstum für die nächsten Jahre ist begrenzt. Auf der anderen Seite ist die einheimische Industrie massiv am Kapazität aufbauen. Mit dem momentan günstigen Wechselkurs haben die Koreaner durchaus Chancen, zu valablen Konkurrenten der Japaner in Europa zu werden.

Taiwan

2008 wurden etwa 900 MW Zellen produziert (für Export). Ein Heimmarkt existiert praktisch nicht und ist auch nicht in Sicht. Im Vergleich zur vorgesehenen Kapazitätsausweitung der Zellen und Modulproduktion sind die Ziele für eigene Anlagen eher bescheiden (60 MW in 2012, 1 GW in 2020).

Emerging Countries

Nebst Indien sind im Moment keine weiteren, attraktiven Märkte in Sicht.

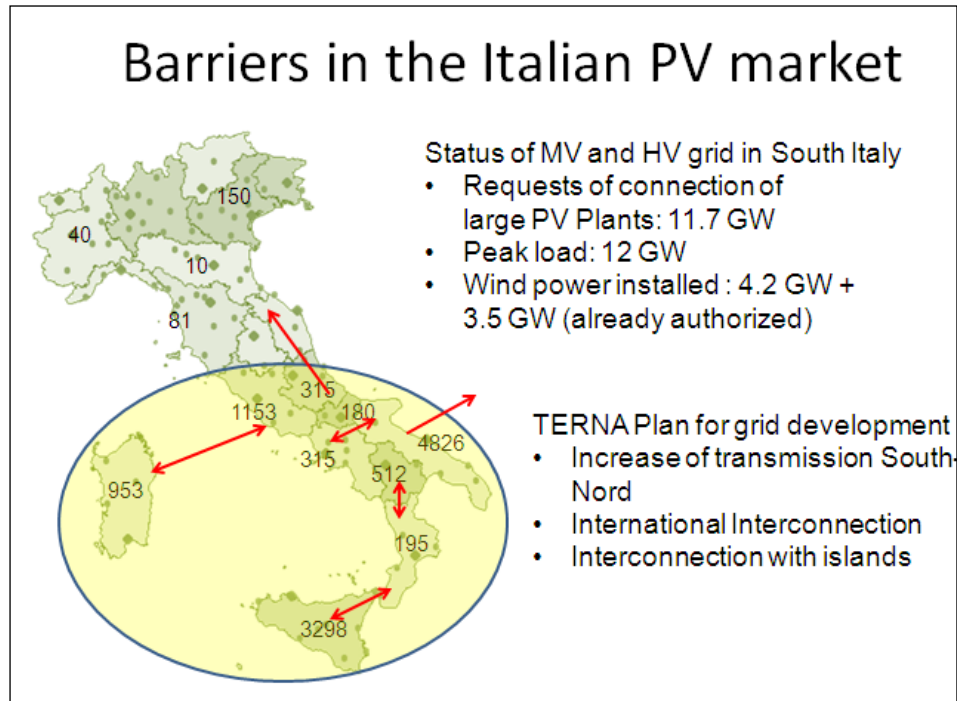


Abbildung 2: Quelle S. Castello, PVPS@PVSEC19, Jeju, S.Korea

Industrie

Aufgrund der 2008 aufgebauten Produktions-Kapazitäten gegenüber einer stagnierenden Nachfrage 2009 ist der Bestellungseingang bei den „Equipment Manufacturer“ zum Teil massiv eingebrochen resp. bereits platzierte Bestellungen wurden storniert oder aufgeschoben.

Dies wird sich erst ab 2010 wieder beleben.

High Penetration of PV into the grid

In Bayern (D) wie auch in Andalusien (E) kann der Solarstromanteil an schönen Wochenendtagen im Sommerhalbjahr zur Mittagszeit bereits über 10% ansteigen. Damit stellt sich auch für die Photovoltaik die Frage der Netzregulierung. Der bis jetzt verfügbare „unendliche“ Speicher ist plötzlich nicht mehr unendlich gross. In Deutschland wurden die Bestimmungen für Wechselrichter grosser Anlagen angepasst, damit diese vom EVU gesteuert werden können. Dies ist auch für Italien vorgesehen. Beispielhaft für die kommenden Probleme ist eine Uebersicht von Salvatore Castello, ENEA, Italien zur Netzsituation in Süditalien (PVPS-Workshop Jeju, Korea, Nov. 2009).

Ohne intelligente Netzwerke (smart grids) wird der maximale Anteil von neuen erneuerbaren Energien (Wind, Sonne) begrenzt.

Ausstellung

S. Gnos

NET Nowak Energie und Technologie AG,
Waldweg 8, CH-1717 St. Ursen
Tel.: +41 (0) 26 494 00 30, Fax: +41 (0) 26 494 00 34
Email: stephan.gnos@netenergy.ch

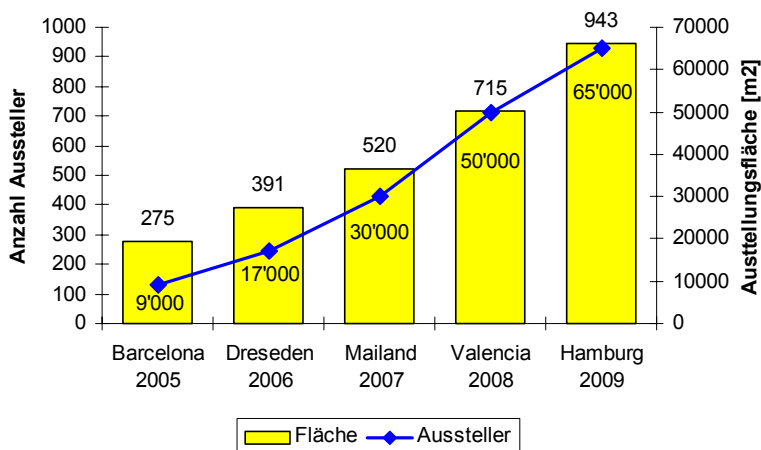
Vorbemerkung

Die Ausstellung zur EU Photovoltaik-Konferenz ist weiterhin auf Wachstumskurs. Die Anzahl der Aussteller stieg innerhalb eines Jahres nochmals um gut 30% auf 943. Im Vergleich zu Barcelona 2005 hat sich die Ausstellerzahl fast um das dreieinhalb-fache vergrössert. Die Ausstellungsfläche ist inzwischen auf 65'000 m² angewachsen. Will man sich einigermaßen einen Überblick verschaffen, braucht es inzwischen Schuhe für lange Distanzen sowie den Spürsinn und die Kondition eines Orientierungsläufers. Vermehrt waren Besucher auf der Suche nach bestimmten Ausstellern mit Hallen- und Standplänen in der Hand unterwegs. Automatisch stellt man sich die Frage, wo die maximal sinnvolle Grösse einer Ausstellung dieser Art ist, die aus Besucher- und Ausstellersicht noch gemanagt werden kann. Der grosse Besucherstrom orientierte sich eher entlang der Hauptachsen. Bis in Seitengänge zu den zumeist kleineren Ständen fanden im Vergleich deutlich weniger Besucher den Weg.

Die Stimmung war vor dem Hintergrund der Auswirkungen der Finanzkrise auf den Auf- und Ausbau der Photovoltaik-Versorgungskette und z.B. dem reduzierten spanischen Photovoltaikmarkt um einiges nüchterner als noch vor einem Jahr in Valencia



EU PVSEC Ausstellung 2005 bis 2009



Weiterhin rasantes Wachstum der Ausstellung mit vielen Besuchern

Einleitung

- Neben der grossen Zunahme der Aussteller hat sich die Anzahl der Ausstellungsbesucher von 30'000 in Valencia auf gut 44'000 in Hamburg um fast 50% erhöht.
- Die Ausstellung selbst bot wiederum nahezu alles an, was in irgend einer Form mit Photovoltaik zu tun hat. Die Zunahme der Aussteller, die Anzahl an verbesserten und neuen Produkten aller Art sowie die mehrheitlich professionelle Präsentation der Firmen und Produkte zeigt, dass die Dynamik in der Photovoltaik trotz Finanzkrise weiterhin hoch ist.
- Absolut am stärksten vertreten war wiederum der Sektor Produktionstechnik, -material und Automatisierung, gefolgt vom Bereich Silizium, Wafer, Zellen und Module. Zusammen waren in diesen beiden Hauptgebieten fast 70% der Aussteller vertreten. Die Produktionstechnik belegt auf eindrückliche Art und Weise, wie die Industrialisierung der Photovoltaik in hohem Tempo vorwärts schreitet. Grundsätzlich werden alle Prozesse immer effizienter, und zwar bezüglich Materialeinsatz, Geschwindigkeit und Automatisierung. Dies bedeutet eine immer grössere Herausforderung für die Prozessüberwachung, die Inline-Messung/-Inspektion und die Detektion von Normabweichungen auf allen Produktionsstufen. Der 2008 in Valencia teilweise entstandene Eindruck, dass die Qualitätssicherung der Expansion der Produktion etwas hinterherhinkt, wurde mit einer grossen Anzahl Stände für Inspektion und Prozessüberwachung wieder korrigiert. Weiterhin sind diverse Schweizer Firmen mit innovativen Produkten und attraktiven Ständen gut in der Ausstellung vertreten.
- Im Modulbereich kann aufgrund der Preissenkungen der letzten Zeit wieder ein erhöhtes Interesse an der kristallinen Technologie festgestellt werden. Um sich von der Masse abheben zu können, wurde vermehrt 'Made in Germany' betont oder Module mit positiven Leistungstoleranzen und längeren Garantiezeiten angeboten.
- Wie schon in den letzten Jahren beobachtet, geht der Trend weniger in Richtung Neuheiten, dafür mehr hin zu Multiplikation und Verbesserung von bestehenden Produktionsanlagen und Produkten, entsprechend der fortlaufenden Industrialisierung der gesamten Photovoltaik.
- Die Messe in Hamburg war für den grossen Besucherandrang gut gewappnet.

Zu diesem Bericht

Dieser Bericht befasst sich thematisch mit den folgenden Schwerpunkten:

- Produktionsanlagen, -material und Automatisierung
- Messausrüstung für die Produktion
- Silizium, Wafer, Zellen und Module
- Wechselrichter
- Kabel, Stecker und Anschlussdosen
- Forschungszentren, Organisationen und Fachmedien
- Diverse

Diese Sektoren werden jeweils kurz im Allgemeinen, hauptsächlich aber aus Schweizer Sicht mit Bezug auf Schweizer Firmen betrachtet.

Produktionsanlagen, -material und Automatisierung

Produktionsanlagen, Produktionsmaterial und die Automatisierung waren mit gut 40% der Aussteller klar am stärksten präsent. Die Industrialisierung schreitet weiter voran. Immer mehr Firmen bieten komplette Produktionslinien mit immer höherem Automationsgrad an. Neben etablierten europäischen Firmen wie Schmid oder Roth und Rau beschreiten auch verschiedene Schweizer Firmen wie 3S, Oerlikon oder Komax vermehrt diesen Weg. Der Trend der letzten Jahre, weniger Neuheiten anzubieten, sondern die bestehenden Prozesse zu verbessern, zu vergrössern, zu beschleunigen und zu multiplizieren, hält weiter an. Grob unterschieden werden kann bei den Produktionsanlagen in Anbieter mit Produktionslinien für die kristalline Technologie, Produktionslinien für Dünnschichttechnologie und Anbieter spezialisiert auf gewisse Teile von Fertigungsanlagen, dies vor allem in den Bereichen Drahtsägemaschinen, Stringer, Lasersysteme, teilweise bei den Laminatoren oder dem Zellen- und Modulhandling. Dazu kommen diverse Anbieter von Produktionsmaterialien wie Gasen, Pasten,

Folien, Klebebänder und vielem mehr. Weiterhin kommen zu den etablierten Firmen neue Betriebe aus mehr oder weniger verwandten Branchen dazu. Bei den Herstellern von Klebebändern wie 3M, Henkel oder Scapa wurde in kurzer Zeit eine ganze Palette von Produkten u.a. für das Kleben von Dosen oder Modulrahmen ins Angebot aufgenommen. Vermehrt werden für die Sicherstellung der in Zukunft benötigten Glasmengen ganze Produktionslinien für die Herstellung von Glas angeboten. Neben den etablierten Einbettungsmaterialien wie EVA oder PVB werden inzwischen auch Produkte auf Silikonbasis sichtbar.

Im Bereich Produktion waren die Schweizer Firmen in laufend steigender Anzahl wie immer gut vertreten:

Die Firmen **Meyer Burger** (www.meyerburger.ch) und **Applied Materials Switzerland** (ehemals HCT Shaping Systems) (www.appliedmaterials.com) bieten u.a. eine breite Anzahl von Sägen für die Herstellung von Wafern für die Halbleiter- und Solarindustrie an.

oerlikon solar (www.oerlikon.com/solar) bietet Produktionslösungen für amorphe und mikromorphe Dünnschichtzellenmodule an.

3S Swiss Solar Systems (www.3-s.ch), nach der Akquisition von Somont und Pasan bietet 3S vollautomatische Produktionslinien für Photovoltaik-Module an.

Komax (www.komax.ch) baut ihre Produktpalette laufend aus hin zu ganzen Produktionslinien für kristalline- und Dünnschichtmodule.

mta automation (www.mta.ch) ist in der Photovoltaik auf dem Gebiet der Tabber und Stringer tätig.

Bystronic Maschinen (www.bystronic.ch) arbeitet im Bereich des Glashandlings und der Glasbearbeitung (Laser).

Die auf wasserstrahlgeführte Laser spezialisierte Firma **Synova** (www.synova.ch) mit Geräten für die Kantenisolation oder für das Schneiden von Solarzellen ist auch an einem Projekt mit dem Fraunhofer Institut für das Schneiden von Wafern involviert.

Die **Time-Bandwidth Products** (www.timebandwidth.com), ein Spin Off der ETH Zürich bietet ultraschnelle Laser für diverse Anwendungen in der Photovoltaik an.

Essemsolar (www.essemsolar.com) bietet für den kristallinen - wie den Dünnschichtbereich Siebdrucker, Handler für Wafermagazine, Dosiersysteme oder Trocknungsöfen an.

Die Firma **Montech** (www.montech.com) hat für verschiedene inline Prozesse Transportsysteme für Wafer und Zellen im Programm.

Die Firma **Sefar** (www.sefar.com) spezialisiert im Bereich Siebdruck, bietet für die Solarzellenherstellung Printsablonen auf Gewebebasis an.

Die Firma **N.Bucher** (www.nbucherag.com) führt u.a. eine breite Palette von Verbrauchsmaterialien für die Herstellung von Wafern vom Sägen bis zum Polieren und Reinigen im Angebot und hat sich in den letzten Jahren in der Photovoltaik etabliert. Neue Haltevorrichtungen beschleunigen die Erstreinigung der frisch gesägten Wafer.

Die Firma **Borer Chemie** (www.borer.ch) bietet im Bereich Reinigung z.B. von Gläsern oder Wafern für den kristallinen - wie den Dünnschichtbereich diverse Produkte an.



Meyer Burger



oerlikon Solar



3S Swiss Solar Systems



Komax



Essemsolar



Borer Chemie

Aus der riesigen Anzahl der in diesem Segment tätigen internationalen Firmen sind hier exemplarisch die Firma **Roth & Rau** (www.roth-rau.de), die neben einer breiten Palette von Maschinen für Antireflexbeschichtungen, Diffusionsöfen etc. auch vollautomatische Produktionslinien für kristalline Solarzellen oder CdTe-Module im Programm hat, und **Bridgestone** mit Einkapselungsmaterialien auf EVA Basis (www.evasafe.eu) für die Herstellung von Solarmodulen erwähnt.



Roth & Rau



Bridgestone

Messausrüstung für die Produktion

Inline- und Offline-Messequipment ist bei immer höher automatisierten Produktionslinien für die Qualitätssicherung von zentraler Bedeutung. Dabei kommen entsprechend den zu messenden Materialien und den Messaufgaben verschiedenste Messmethoden zum Einsatz wie z.B. rein optische im sichtbaren Bereich, optisch-elektrische, rein elektrische, thermografische oder elektromagnetisch-optische im Röntgenbereich. Je nach Art der Anwendung sind Produkte für die Integration in automatisierte Produktionslinien oder mit manueller Bedienung gefragt. Neben dem Produktionsbereich kommen diese Geräte auch bei Prüf- und Testlabors zum Einsatz. Die Mitte 2007 von 3S übernommene Schweizer Firma **Pasan** (www.pasan.ch) ist seit den 1980-er Jahren mit den Pasan Geräten gut etabliert. Im Programm sind die bekannten Sonnensimulatoren für die Messung von Zellen und Modulen sowie vollautomatisierte Zellsorter.

Der an der letzten EU PV-Konferenz in Valencia entstandene Eindruck, dass die Qualitätssicherung mit dem Expansionstempo der Produktionskapazitäten nicht ganz mithalten konnte, wurde mit einer grossen Anzahl an Ständen in diesem Jahr wieder korrigiert. Rund 150 Anbieter boten ihre Produkte für das Messen und die Qualitätssicherung von der Siliziumherstellung bis hin zur Modulproduktion an. Interessant ist die innovative Schweizer Entwicklung einer mobile Modulfestmessstation von **EKZ** (www.ekz.ch) und **ZHAW** (www.ekz.ch) für die präzise Ausmessung von Modulen vor Ort, die vom Konferenzveranstalter als eines der Highlights hervorgehoben wird. Optische Qualitätskontrolle von Wafern, kristallinen sowie Dünnschichtmodulen bietet beispielsweise die deutsche **Vitronic** (<http://www.vitronic.de>) an.



EKZ / ZHAW



Vitronic

Silizium, Wafer, Zellen und Module

Mit rund einem Viertel der Aussteller war das Gebiet Silizium, Wafer, Zellen und Module nach dem Sektor Produktionsanlagen, -material und Automatisierung wiederum klar am zweitstärksten vertreten. Nachdem in den letzten Jahren die Produkte im Dünnschichtbereich sehr stark zugenommen hatten, war dieses Jahr ein klar erhöhtes Besucherinteresse für die kristalline Technologie zu beobachten. Die Gründe dafür liegen bei den erheblichen Preissenkungen für kristalline Module seit der letzten EU PV-Konferenz im September 2008 sowie der unbestrittenen Robustheit und bewiesenen Langlebigkeit der kristallinen Technologie. Um sich vom riesigen Angebot im Bereich der Standardmodule abzuheben, wurde von den Anbietern z.B. 'Made in Germany' ganz gross geschrieben. Zusätzlich bieten immer mehr Hersteller bei der Leistung anstelle plus/minus Toleranzen nur positive Toleranzen an. Weiter sind vermehrt Angebote zu finden, die statt der heute häufigen 2 bis 5 Jahre Produktgarantie bzw. 20 bis 25 Jahre Leistungsgarantie, 10 Jahre Produktgarantie und 30 Jahre Leistungsgarantie offerieren. Häufiger sind auch Module mit rückseitig kontaktierten Zellen oder mit sehr feinen Ableitgittern zu sehen. Optimierte Kontaktierung, bessere Texturierung und verbesserte Antireflexschichten sind wichtige Faktoren auf dem Weg hin zu höheren Wirkungsgraden.

Bei den Dünnschichtmodulen hat sich inzwischen eine grosse Anzahl von Produkten etabliert. Die verschiedenen Dünnschichttechnologien (amorphes Silizium in verschiedenen Konfigurationen, mikromorphes Silizium, CIS oder CdTe) kämpfen um die Gunst der Kunden. Zentrale Fragen sind neben dem Preis immer wieder die langfristige zuverlässige und stabile Funktion dieser Module.

Vermeehrt wurde auch auf die gute Eignung der Dünnschichttechnologie für die Photovoltaik-Gebäudeintegration (BIPV) hingewiesen, wobei auch verschiedene Integrationssysteme mit kristallinen Zellen zu finden waren. Bei genauerer Betrachtung blieb bei verschiedenen BIPV-Systemen die Frage offen, ob die einschlägigen Baunormen gerade bezüglich Brandschutz oder Statik erfüllt sind. Optisch präsentieren sich viele Dünnschichtmodule in einheitlich dunklen Farbtönen, was architektonisch anspruchsvolle Photovoltaik-Gebäudeintegrationen begünstigen dürfte.

Die Firma **Ernst Schweizer Metallbau AG** ist weiterhin erfolgreich mit dem Solrif-Dachintegrationsrahmen (www.solrif.ch) auf dem Markt, was auch verschiedene Lizenznehmer wie Photowatt belegen.

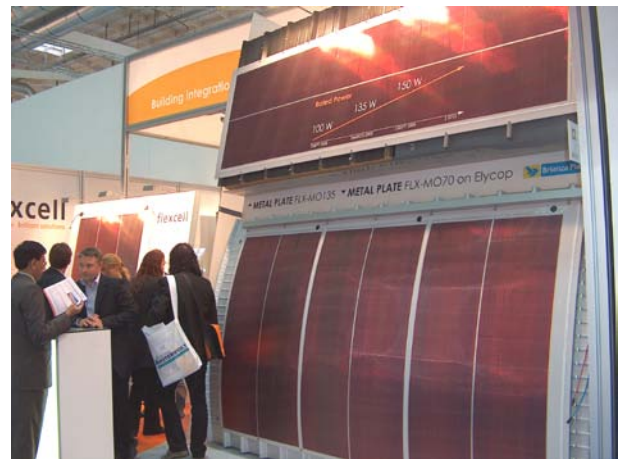
Die Schweizer Firma **VHF-Technologies** (<http://www.flexcell.com>) positioniert sich inzwischen ganz klar auf dem Gebiet der BIPV-Anwendungen und hat unterschiedliche Produkte für verschiedenste Anwendungen im Angebot. In den nächsten Jahren wird auch die Leistung pro Fläche stetig weiter steigen.

Auf dem Gebiet Wafer bietet die Schweizer Firma **Swiss Wafers** (www.swisswafers.ch) als unabhängiger Hersteller weiterhin erfolgreich multi- und monokristalline Wafer an.

Eine Übersicht der vertretenen Zellen- und Modulhersteller ist im Bericht von Giorgia Panzera, ISAAC, in dieser Ausgabe zur Konferenz aus Schweizer Sicht zu finden.



Ernst Schweizer Metallbau mit Solrif



VHF mit verschiedenen BIPV Produkten



Swiss Wafers AG



Wattea auf der Basis von Solrif



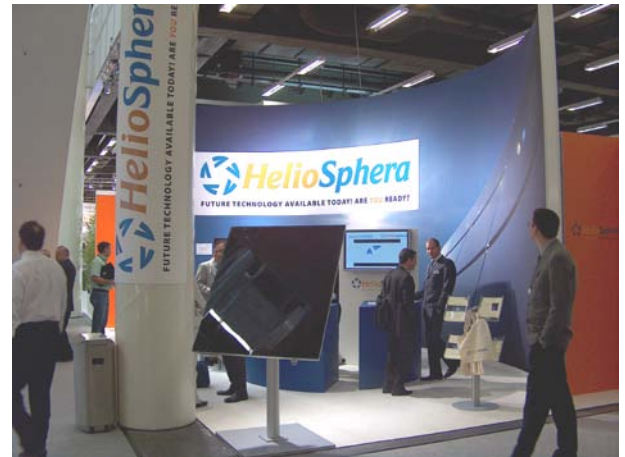
Bosch mit Rückkontakt- und mikromorpher Technologie



Kyocera mit Rückkontaktzellen



Mikromorphe Technologie von Sharp -



und HelioSphera (Produktionsanlage oerlikon solar)



Dachintegration bei System Photonics -



und bei Sunways

Wechselrichter

Bei den Netzwechselrichtern findet bei den grossen Leistungen von über 100 bis 1000 kW ein starker Ausbau des Angebots statt. Dabei sind inzwischen trafolose Geräte mit über 500 kW Leistung zu finden. Weiterhin treten noch neue Anbieter wie die ABB im Markt auf. Während sich einige Hersteller auf ein bestimmtes Segment (nur kleinere oder nur grosse Wechselrichter) beschränken, bieten viele etablierten Firmen mit grösseren Marktanteilen die ganze Palette von Wechselrichtern ab wenigen Kilowatt bis hin zu einigen Hundert Kilowatt Leistung an. Im Vergleich zur Ausstellung in Valencia entsteht der Eindruck, dass die Dynamik im gesamten Wechselrichtersektor ganz leicht abgenommen hat. Aus Schweizer Sicht ist die weiterhin starke Präsenz der **Sputnik Engineering** auf dem Weltmarkt erfreulich (www.solarmax.com), die neu einen traflosen 330 kW Wechselrichter für die direkte

Einspeisung ins Mittelspannungsnetz im Angebot hat. Die **ABB** mit einer langen industriellen Geschichte in der Schweiz bieten neu Solarwechselrichter von 100 bis 500 kW an (<http://www.abb.ch/cawp/seitp202/0a07ebe197773405c12576330038afcb.aspx>).

Ein Teil der Inselwechselrichter ist heute in der Lage, mehrere Funktionen wie USV oder Backup wahrzunehmen. Die etablierte Schweizer Firma **Studer Innotec** (www.studer-innotec.com) hat in Hamburg vier neue Multifunktions-Inselwechselrichter vorgestellt. Eine umfassende und detaillierte Übersicht zu den Wechselrichtern bietet der Bericht von L. Borgna und H. Häberlin, HTI Burgdorf, in dieser Ausgabe zur Konferenz aus Schweizer Sicht.



Sputnik Engineering



ABB



Studer Innotec



Marktführer SMA

Kabel, Stecker und Anschlussdosen

Einige Firmen wie **Solar Edge** (www.solaredge.de) bieten inzwischen Systeme mit Dosen mit integriertem Maximum Power Tracking an, um z.B. auch bei Beschattungssituationen den optimalen Ertrag aus einer Anlage holen zu können. Wenn man die zu erwarteten Betriebstemperaturen der Module, bzw. der mit den Modulen verbundenen 'intelligenten' Dose (power box) betrachtet, stellt sich zumindest die Frage der Lebensdauer der Elektronik. Solange genügend beschattungsfreie Flächen zur Verfügung stehen, könnte diese Anwendung wie auch die Idee von Modulwechselrichtern nur eine Nischenanwendung bleiben. Neben unterschiedlichen mehr oder weniger umfassenden Verbesserungen im Steckerbereich bei verschiedenen Herstellern hat **Phoenix Contact** (www.phoenixcontact.de) ein System mit einer einrastenden Klemmfeder vorgestellt, die Kabel in Dosen oder Steckern werkzeuglos kontaktiert bzw. klemmt. Wie alle Innovationen in diesem Bereich müssen auch neue Kontaktierungen ihre langfristigen Zuverlässigkeit über 25 und mehr Jahre erst unter Beweis stellen. Traditionell ist die Schweiz auf diesem Gebiet stark vertreten mit **Multi-Contact** (www.multi-contact.com) und **Huber+Suhner** (www.hubersuhner.com). Zu etablieren beginnt sich die erstmals 2007 an der PV EU-Konferenz in Mailand in der Photovoltaik aufgetretene Schweizer Firma **Leoni Studer** (www.studercables.ch).



Multi-Contact



Huber+Suhrner



Leoni Studer



Phoenix Contact

Forschungszentren, Organisationen, Fachmedien und Wirtschaftsförderung

Forschungsinstitute wie das Fraunhofer Institut, nationale, internationale Organisationen und Verbände wie z.B. die EPIA sowie Fachmedien waren auch dieses Jahr gut vertreten. Die breiten Aktivitäten garantieren die Erarbeitung, Vertiefung und Verbreitung von PV-Fachwissen, von Hintergrundinformationen oder von Informationen zur aktuellen Politik und unterstützen die Vertretung von Brancheninteressen in Politik und Wirtschaft. Laufend besser vertreten sind auch verschiedene Organisationen zur Wirtschaftsförderung.

Aus Schweizer Sicht zu erwähnen ist der allzeit gut besuchte Stand des IEA PVPS Programms (www.iea-pvps.org) bei welchem die Schweiz derzeit den Vorsitz hat (NET Nowak Energie & Technologie AG). Räumlich war der IEA PVPS Stand wie schon letztes Jahr integriert im EPIA Stand, was interessante Synergien ergibt.



IEA PVPS / EPIA



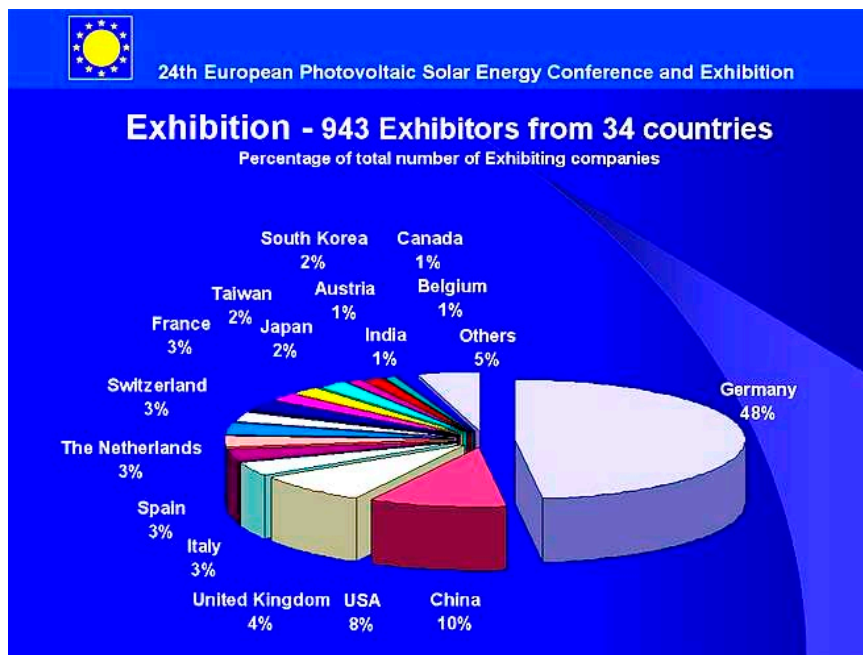
Wirtschaftsförderung Thüringen

Diverse

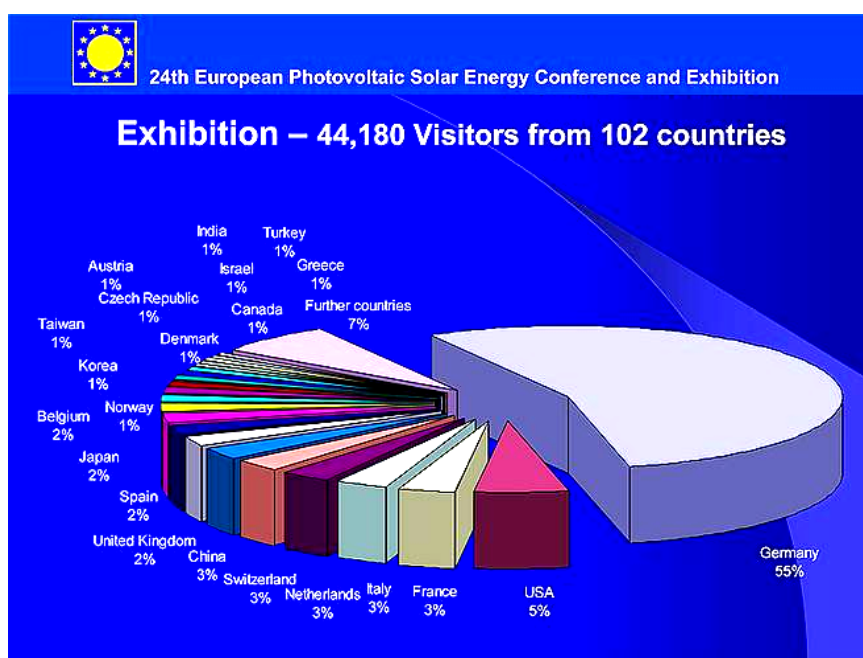
Neben den Ausstellern in den oben erwähnten Bereichen waren wie gewohnt auch Anbieter in den für Engineering, Software, Montagesysteme, Blitzschutz, Batterien, Pumpen, Gartenlampen etc. bis hin zum Solarschmuck und Solarspielzeug vertreten. Aus Schweizer Sicht waren die Firma **Vela Solaris** (www.velasolaris.com), spezialisiert auf Simulations- und Auslegeprogramme für verschiedene erneuerbare Energieformen (solarthermisch, Photovoltaik, Wärmepumpe, Kühlung) sowie die Firma **noviens** (www.noviens.com), im Sektor Industrieconsulting tätig, vertreten.

Ausstellernationen

Deutschland mit der weltweit grössten kumulierten installierten Photovoltaikleistung (5430 MW Ende 2008) und einer bedeutenden Photovoltaikindustrie, gleichzeitig Veranstalter der diesjährigen Konferenz, war bezüglich den Anteilen von Ausstellern und Tagungsteilnehmern mit 45, bzw. 55% ganz klar die dominierende Nation, dann folgten in der Summe die asiatische Länder und die USA.



Aussteller 24. EU PV SEC Hamburg



Teilnehmer 24. EU PV SEC Hamburg

Anhang A - Liste der Beiträge mit Schweizer Beteiligung

P Plenary Session
O Oral Presentation
V Visual Presentation

Titel	Autoren	P	O	V
High-Efficiency Amorphous Silicon Devices on LPCVD-ZnO TCO Prepared in Industrial KAI TM R&D Reactor	S. Benagli, D. Borrello, J. Meier, E. Vallat-Sauvain, U. Kroll & J. Steinhauser Oerlikon Solar-Lab, Neuchâtel, Switzerland		x	
Fluid Mechanics of Wire Sawing	F. Noca Geneva Institute of Technology, Switzerland P. Monkewitz EPFL, Lausanne, Switzerland - B.H. Alhosseini ETH, Zurich, Switzerland - P.M. Nasch Applied Materials, Lausanne, Switzerland		x	
Potential of Electrical Vehicles Powered by Photovoltaics and Dynamic Grid Management in the Greater Zuerich Area	F. P. Baumgartner & N. Allet ZHAW University of Applied Sciences, Winterthur, Switzerland B. Aeschbach & M. Pezzotti EKZ Utility of the Canton Zurich, Switzerland		x	
Intercomparison of Different Energy Prediction Methods within the European Project "Performance" - Results on the 2nd Round Robin	G. Friesen SUPSI, Canobbio, Switzerland S. Williams & R. Gottschalg University of Loughborough, United Kingdom - N.J.C.M. Van Der Borg & T. Burgers ECN, Petten, The Netherlands A. Guérin de Montgareuil INES, Cadarache, France H. G. Beyer University of Applied Sciences Magdeburg, Germany R. P. Kenny & T. Huld JRC, Ispra, Italy B. Müller & C. Reise Fraunhofer ISE, Freiburg, Germany J. Kurnik & M. Topic University of Ljubljana, Slovenia		x	
Outdoor Characterisation and Modelling of Thin-Film Modules and Technology Benchmarking	J. Sutterlueti, I. Sinicco & A. Hügli Oerlikon Solar, Trübbach, Switzerland S. Ransome Steve Ransome Consulting, Kingston upon Thames, United Kingdom		x	

The European Project HIGH-EF: Multicrystalline Silicon Thin Film Solar Cells on Glass	● F. Falk, E. Ose, G. Sarau & S.H. Christiansen IPHT, Jena, Germany ● J. Schneider CSG Solar, Bitterfeld-Wolfen, Germany ● N. Lichtenstein & B. Valk Bookham, Zurich, Switzerland ● M. Leclercq Horiba Jobin Yvon, Villeneuve d'Asq, France ● F. Antoni, N. Holtzer, A. Slaoui & E. Fogarassy INESS, Strasbourg, France ● J. Michler & X. Maeder EMPA, Thun, Switzerland ● A.S. Dehlinger ALMA, Lyon, France ● J.L. Lábár & G. Sáfrán Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary		x	
Experiences with Cable-Based Tracking System and Progress Towards Two-Axis Large Scale Solar Wings System	● F. P. Baumgartner ZHAW University of Applied Sciences, Winterthur, Switzerland ● A. Büchel Solar Wings, Ruggell, Liechtenstein ● R. Bartholet BMF Maschinenbau, Flums, Switzerland		x	
Ramp-Up of the First European Micromorph® Solar Module Factory by Inventux Technologies AG	● K. Neubeck, N. Papathanasiou & R. Sillmann Inventux Technologies, Berlin, Germany ● H. Goldbach, J. Henz & M. Norrington Oerlikon Solar, Trübbach, Switzerland		x	
High Efficiency Micromorph Tandem Developments in KAI PECVD Reactors	● J. Meier, S. Benagli, J. Bailat, D. Borrello, J. Hötzel, J. Spitznagel, J. Steinhäuser, E. Vallat-Sauvain, L. Castens, Y. Djeridane & U. Kroll Oerlikon Solar-Lab, Neuchâtel, Switzerland		x	
Asymmetric Intermediate Reflector for N-I-P Micromorph Tandem Solar Cells	● T. Söderström, F.J. Haug, V. Terrazoni-Daudrix, S. Sweetnam, X. Niquille, O. Cubero & C. Ballif EPFL, Neuchâtel, Switzerland		x	
Light Trapping and Microcrystalline Si Growth Management for High Efficiency Micromorph Cells	● C. Ballif, D. Domine, P. Buehlmann, A. Feltrin, M. Python, M. Despeisse, M. Boccard, F. Sculati-Meillaud, G. Bugnon, N. Wyrsh, S. Fay & A. Billet EPFL, Neuchâtel, Switzerland	x		
Flexible Cu(In,Ga)Se ₂ Solar Cells with In ₂ S ₃ Buffer Layer	● R. Verma, A. Chirila, J. Perrenoud, D. Guettler, S. Bücheler, S. Seyrling & A.N. Tiwari EMPA - Swiss Federal Laboratories, Dübendorf, Switzerland		x	

All-Screen-Printed 120-µm-Thin Large-Area Silicon Solar Cells Applying Dielectric Rear Passivation and Laser-Fired Contacts Reaching 18% Efficiency	● L. Gautero, M. Hofmann, J. Rentsch, A. Lemke, S. Mack, J. Seiffe, J. F. Nekarda, D. Erath, D. Biro & R. Preu Fraunhofer ISE, Freiburg, Germany ● B. Bitnar SolarWorld Innovations, Freiberg, Germany ● J.-M. Sallese EPFL, Lausanne, Switzerland		x	
PV-ERA-NET – Towards more Joint Activities in Transnational European PV RTD Programming	● M. Krupp & H. Bastek Forschungszentrum Jülich, Germany ● O. Bernsen SenterNovem, The Hague, The Netherlands ● A. Claverie ADEME, Sophia Antipolis, France ● A. Dahlen MWME, Düsseldorf, Germany ● K. D'Hondt EWI, Brussels, Belgium ● H. Fechner Arsenal Research, Vienna, Austria ● M. Gutschner & S. Nowak NET Nowak Energy&Technology, St. Ursen, Switzerland ● M. Hübner Forschungsförderungsgesellschaft, Vienna, Austria ● A. Lancha MICINN, Madrid, Spain ● S. Oberholzer Swiss Federal Office of Energy, Bern, Switzerland ● A. Ostapczuk National Centre for Research and Development, Warsaw, Poland ● L. Palmblad Swedish Energy Agency, Eskilstuna, Sweden ● S.M. Pietruszko University of Technology Warsaw, Poland		x	

EN 50530 - The New European Standard for Performance Characterisation of PV Inverters	● R. Bründlinger Arsenal Research, Vienna, Austria ● N. Henze ISET, Kassel, Germany ● H. Häberlin Berne University of Applied Sciences, Burgdorf, Switzerland ● B. Burger Fraunhofer ISE, Freiburg, Germany ● A. Bergmann DKE, Frankfurt/Main, Germany ● F. P. Baumgartner ZHAW, Winterthur, Switzerland	x		
Electrifying the Poor: Highly Economic Off-Grid PV Systems in Ethiopia - A Basis for Sustainable Rural Development	● C. Breyer, A. Gerlach, M. Hlusiak & C. Peters Q-Cells, Bitterfeld-Wolfen, Germany ● P. Adelmann Hochschule Ulm, Germany ● R. Huber-Buermann Good Energies, Zug, Switzerland ● S. Tsegaye & W. Gashie Solar Energy Foundation, Addis Ababa, Ethiopia	x		
Intrinsic and Extrinsic Residual Stresses in Polycrystalline Silicon Thin Film Solar Cells on Glass	● G. Sarau Institute of Photonic Technology, Jena, Germany ● M. Becker & S. Christiansen Max-Planck-Institute for Microstructure Physics, Halle, Germany ● J. Schneider CSG Solar, Bitterfeld-Wolfen, Germany ● J. Michler EMPA - Swiss Federal Laboratories, Thun, Switzerland			x
Investigation of Annealing and Degradation Effects on a-Si PV Modules in Real Operating Conditions	● I. Pola, L. Fanni, D. Chianese, D. Dominé & T. Friesen SUPSI, Canobbio, Switzerland			x
Efficiency and Cost Reduction Potential of Oerlikon Solar LPCVD ZnO TCO in Thin Film Si Module Technology	● A. Zindel, M. Poppeller & M. Stecher OC Oerlikon Solar, Trübbach, Switzerland			x
Mapping Quantum Efficiency Measurements: a Tool for Large Area Module Optimization	● P.A. Losio, O. Caglar, H. Knauss, J. Suterlueti & O. Kluth OC Oerlikon Solar, Trübbach, Switzerland			x
Growth Model of LPCVD ZnO for Solar Cell Applications	● S. Nicolay, S. Fay & C. Ballif EPFL, Neuchâtel, Switzerland			x

Up-Scaling of High Throughput a-Si Solar Cell Design on ZnO to 1.4m ² Modules	• O. Kluth, L. Schmid, H. Goldbach, M. Keller, M. Gossila, W. Burkhardt, J. Cashmore, S. Bakehe, B. Mereu, T. Mates, T. Roschek & J. Henz OC Oerlikon Solar, Trübbach, Switzerland • S. Benagli, D. Borrello, U. Kroll & J. Meier Oerlikon Solar-Lab, Neuchâtel, Switzerland			x
An All-LED Based Photovoltaic Testing System with Tunable Spectrum and User-Defined Illumination Modes	• Y. Luo, C. Droz, N. Peguiron & P. R. Beljean Pasan, Neuchâtel, Switzerland			x
Cost Reduction in the Assembly of Thin Film Modules by New Back End Processes	• S. Kaufmann & P. Suter Komax, Rotkreuz, Switzerland • C. Meisser Komax, Dierikon, Switzerland			x
European Network of PV Outdoor Testing – Steps towards Harmonized Procedures	• A. Jagomägi Tallinn University of Technology, Estonia • D. Stellbogen & H.D. Moring ZSW, Stuttgart, Germany • T. Betts & R. Gottschalg University of Loughborough, United Kingdom • T. Zdanowicz, W. Kolodenny & M. Prorok Wroclaw University of Technology, Poland • G. Friesen & I. Pola SUPSI, Canobbio, Switzerland • A. Guérin de Montgareuil CEA/INES, Cadarache, France • F. Fabero CIEMAT, Madrid, Spain • D. Faïman Ben Gurion University of the Negev, Beer Sheva, Israel • W. Herrmann TÜV Rheinland Group, Cologne, Germany			x
Positive Effective Temperature Coefficient of Power of +0.75%/°C in Flexible a-Si Modules In Building Integrated Installations	• D. Fischer, F. Bichsel, S. de Bruijn, P. Goulpie, L. Sansonnens, Y. Ziegler & A. Closset Flexcell, Yverdon, Switzerland • M. Jankovec, J. Kurnik & M. Topic University of Ljubljana, Slovenia • I. Pola & K. Nagel SUPSI, Canobbio, Switzerland			x
Mechanical Stability of Glass / Glass Laminates	• I. Sinicco & F. Rakusa Oerlikon Solar, Trübbach, Switzerland			x
Impact of Thickness and Kind of Interlayer Foil Used for Glass-Glass Laminates on Moisture Penetration	• I. Sinicco, S. Krull, F. Rakusa & F. Roth Oerlikon Solar, Trübbach, Switzerland • S. Pélisset IMT, Neuchatel, Switzerland			x

Monitoring Water Vapor Penetration Rate as a Function of Edge Exclusion and White Paste Protective Layer Using a New Contactless Measurement Technique	S. Pélisset, R. Théron, M. Barnéoud-Raeis, R. Neukomm, L.E. Perret & C. Ballif EPFL, Neuchâtel, Switzerland			x
Climate Impacts on the Efficiency of a p-Si PV Module and Annual Output under Real Working Conditions	W. Durisch & J.-C. Mayor Paul Scherrer Institute, Villigen, Switzerland - K.-H. Lam & J. Close University of Hong Kong, China			x
Data Validation and Uncertainty Evaluation of the ESTER Outdoor Facility for Testing of Photovoltaic Modules	A. Spena, C. Cornaro & G. Intreccialagli University of Rome Tor Vergata, Italy D. Chianese ISAAC-SUPSI, Lugano, Switzerland			x
Total		3	13	15

- P Plenary Session
O Oral Presentation
V Visual Presentation

Anhang B - Cell and/or PV module manufacturers

Company	Country	Link	Ingots Wafers	Cells	Modules	Thin Film	BiPV	Comments
3e Solar	Taiwan	www.3esolar.com			X			
3M Deutschland GmbH	Germany	www.mmm.com/solar			X	X		
3S Swiss Solar Systems AG	Switzerland	www.3-s.ch			X			
ADV SOLAR POWER CO., Ltd.	China	www.advsolarpower.cn		X	X	X		
Aide Solar	China	www.aidesolar.com		X	X			c-Si; new screen-printing process
Ajit Solar Pvt. Ltd.	India	www.ajitsolar.com			X			
aleo solar España S.L.	Spain	www.aleo-solar.com			X			
ALFASOLAR Vertriebsgesellschaft GmbH	Germany	www.alfasolar.de			X	X		
ALGATEC Solar AG	Germany	www.algatec.com			X			
Amex Ltd.	Russia	www.amex.narod.ru	X	X				sc-Si
AmpleSun	China	www.amplesun.com			X			c-Si; solar technology for road vehicles
Anji DaSol Solar Energy Science & Technology Co., Ltd.	China	www.dasol.cn			X			system and equipments for semiconductor
ARISE Technologies Corporation	Canada	www.arisetech.com	X	X	X			CIS
asola Advanced and Automotive Solar Systems GmbH	Germany	www.asola-power.com			X			
AT&S	Austria	www.ats.net			X			a-Si
Auria Solar Co., Ltd.	Taiwan	www.auriasolar.com			X	X	BiPV	
Axitec GmbH	Germany	www.axitecsolar.com			X			
Baoding TianWei SolarFilms Co., Ltd.	China	www.btw-solarfilms.com				X		
Beijing Hope Solar New Energy Co., Ltd.	China	www.hopeed.com	X	X	X			
Best Solar Co. Ltd.	China	www.bestsolarco.com			X	X		c-Si; thin film
Bosch	Germany	www.bosch-solarenergy.de	X	X	X			
Bosch Solar Energy AG	Germany	www.ersol.de		X	X	X	BiPV	a-Si
BP Solar	Spain	www.bpsolar.com			X			
Canadian Solar Inc. (CSI)	Canada	www.csisolar.com		X	X			a-Si
CBC Co., Ltd.	Japan	www.cbc.co.jp	X	X				
CEEG (Shangai) Solar Science & Technology Co. Ltd.	China	www.ceeg.cn	X	X	X		BiPV	Large solar module
CENTROSOLAR AG	Germany	www.centrosolar.com			X	X	BiPV	
Changzhou City Tianshun Energy Technology Co., Ltd.	China	www.tesunenergy.com			X			UMG silicon
Changzhou EGing Photovoltaic Technology Co. Ltd.	China	www.eging.ch	X	X	X			Main distributor for Ningbo

Company	Country	Link	Ingots Wafers	Cells	Modules	Thin Film	BiPV	Comments
CHI MEI ENERGY CORPORATION	Taiwan	www.cmo.com.tw			X	X	BiPV	Thin Film "see Thru" BiPV
China Solar	Germany	www.jinglong-solar.de		X	X			
China Sunergy Co. Ltd.	China	www.chinasunergy.com		X				Manufacturer of Concentrator Modules
Chinaland Solar Energy Co., Ltd.	China	www.chnland.com		X				
Chinalight solar Co., Ltd	China	www.chinalightsolar.com		X	X			
Chint Solar Co. Ltd.	China	www.astronergy.com			X	X		Manufacturer of Concentrator Modules
Clean Venture 21 Corporation	Japan	www.csqpvtech.com		X				
CNPV Dongying Photovoltaic Power Co., Ltd.	China	www.cnpv-power.com			X			
Concentrix Solar GmbH	Germany	www.concentrix-solar.de					CPV systems	
CSG PVTech Co., Ltd.	China	www.cv21.co.jp/en/index.php	X	X	X			
DAI HWA Industrial Co., Ltd.	Taiwan	www.hanfungsolar.com				X		
Day4 Energy Inc.	Canada	www.day4energy.com			X			CIS
DCH Solar GmbH	Germany	www.dchsolar.com	X	X	X			
Delta Energy Systems (Germany) GmbH	Germany	www.solar-inverter.com		X	X			
DJK Europe GmbH	Germany	www.djkeurope.com			X			
Docter Optics	Germany	www.docteroptics.com						
DS Technology - Europe	Spain	www.dstech.com.tw		X	X			
DuPont Apollo Ltd.	China	www.dupont.com				X		
EniPower S.p.A.	Italy	www.enipower.it			X			
Erquan Technologie & Handels GmbH	Germany	www.erquan.de		X				
ET Solar Group	China	www.etsolar.com			X			
E-TON SOLAR TECH Co. Ltd.	Taiwan	www.e-tonsolar.com		X				c-Si
EURENER	Spain	www.eurener.com			X			
Euro Multivision Ltd. (Euro Photovoltaic)	India	www.euromultivision.com		X				
EXEL GROUP S.A.	Greece	www.exelgoup.gr			X			
FHR Anlagenbau GmbH	Germany	www.fhr.de		X	X	X		
First Solar GmbH	Germany	www.firstsolar.com			X	X		
Flexcell	Switzerland	www.flexcell.com			X	X	BiPV	Thin film
Fuji Electric Systems Co. Ltd.	Japan	www.fesys.co.jp		X	X	X		a-Si flexible
FVG Energy S.r.l.	Italy	www.fvgenergy.com			X			

Company	Country	Link	Ingots Wafers	Cells	Modules	Thin Film	BiPV	Comments
Gadir Solar S.A.	Spain	www.cadmos.es				X		
Galaxy Energy GmbH	Germany	www.galaxy-energy.com			X			
GeckoVoltaik	Germany	www.galaxy-energy.com			X			
GEMOTEC Ltd. Head Office	Switzerland	www.gemo-tec.com	X	X	X			
Getwatt	Korea	www.getwatt.co.kr				X	BiPV	S88/S92 module systems
Gintech Energy Corporation	Taiwan	www.gintechenergy.com		X				
Global Solar Energy	USA	www.globalsolar.com			X		BiPV	CIGS thin film
Gloria Solar Co. Ltd.	Taiwan	www.gloriasolar.com	X	X	X		BiPV	sc-Si
GOROSABEL Solar Energy	Spain	www.solardam.com		X				
GrafTech International	USA	www.graftech.com	X	X				
Green Energy Solar Corporation, Sainty Group	China	www.gesolarcorp.com			X			
Greenway Solar-Tech (Shanghai) Co. Ltd.	China	NO		X				
GRUPOSOLAR S.L.	Spain	www.gruposolar.es			X			
GSI Creos Corporation	Japan	www.gsi.co.jp		X				
GSI Europe-Import+Export GmbH	Germany	www.gsi.co.jp		X				
GS-Solar (Fujian) Co. Ltd.	China	www.gs-solar.com			X	X		Manufacturer of Concentrator Modules
Guangdong Five Star Solar Energy Co., Ltd.	China	www.fivestarpower.com			X			
Hangzhou Amplesun Solar Tec. Co., Ltd.	China	www.ample-sun.com				X		
Hareon Solar Technology Co. Ltd.	China	www.hareonsolar.com		X	X	X		Manufacturer of Concentrator Modules
Heckert Solar Heckert-B.X.T. Solar GmbH	Germany	www.heckert-solar.com			X			
HELIOS TECHNOLOGY S.r.l.	Italy	www.heliostechnology.info		X	X			c-Si
Heliosphera	Greece	www.heliosphera.com			X	X		Thin film micromorph-tandem technology
Henkel AG + Co. KGaA	Germany	www.industrial-adhesives.com				X		
HR Photovoltaic Industries GmbH	Germany	www.hr-pv.com	X	X				
IndoSolar Ltd.	India	www.indosolar.co.in		X				
Institut fXr Kunststoff-technologie und -recycling	Germany	www.iktr-online.de				X		
Intech Solar Ltd.	China	www.ydgsolar.com			X			
Isotofón S.A.	Spain	www.isofoton.com		X	X		BiPV	Manufacturer of Concentrator Modules

Company	Country	Link	Ingots Wafers	Cells	Modules	Thin Film	BiPV	Comments
Isuzu Glass Deutschland GmbH	Germany	www.isuzuglass.co.jp/de/					BiPV	
J.v.G. Thoma GmbH	Germany	www.jvg-thoma.de				X		
JA SOLAR HOLDINGS Co., Ltd.	China	www.jasolar.com		X	X			
Jiangsu Jiasheng Photovoltaic Technology Co., Ltd.	China	www.jssolar.com	X	X	X			
Jiangsu Shunda PV-Tech Co., Ltd.	China	www.shundasolar.com	X	X	X			Manufacturer of Concentrator Modules
Jiangsu Zhongde New Energy Co., Ltd.	China	www.ydgsolar.com			X			
Jiangxi Risun Solar Energy Co., Ltd.	China	www.risunsolar.com		X	X	X		
Jiangyin Borun New Energy Science & Technology Co., Ltd.	China	www.borunchina.com			X			
Jinko Solar Co., Ltd.	China	www.jinkosolar.com		X	X			
Johanna Solar Technology GmbH	Germany	www.johanna-solar.com				X		
JULI NEW ENERGY Co., Ltd.	China	www.julisolar.com			X			
Jupiter Solar Power Ltd.	India	www.jil-jupiter.com		X				
KD Solar Co. Ltd.	Korea	www.kdsolar.com			X			
KENOSISTEC srl	Italy	www.kenosistec.it				X		
KIOTO Photovoltaics GmbH	Austria	www.kioto.com			X			a-Si
Konarka Technologies	USA	www.konarka.com				X	BiPV	Polymer PV material (Power Plastic®)
KPE Co., Ltd.	Korea	www.kpesolar.com		X				
Krannich Solar GmbH & Co. KG	Germany	www.krannich-solar.com		X				
KYOCERA Fineceramics GmbH	Germany	www.kyocerasolar.de		X	X		BiPV	
Latitude Solar AB	Sweden	www.latitudesolar.com			X			
LDK SOLAR HI-TECH Co. Ltd.	China	www.ldksolar.com	X					Manufacturer of Concentrator Modules
LONG ENERGY (Suzhou Shenglong PV-Tech Co., Ltd.)	China	www.shenglong-solar.com	X	X	X			
LUXOR Solar GmbH	Germany	www.luxor-solar.com			X	X		
MAGE SOLAR GMBH	Germany	www.magesolar.com			X	X		
Masdar PV GmbH	Germany	www.masdarpv.com			X	X	BiPV	
MICROSOL INTERNATIONAL LL FZE	United Arab	www.microsolinternational.com		X				c-Si

Company	Country	Link	Ingots Wafers	Cells	Modules	Thin Film	BiPV	Comments
Millenium Communication Co. Ltd.	Taiwan	www.m-comm.com.tw			X			Semiconductor photoelectric components
MITSUBISHI ELECTRIC Europe B.V. Germany	Germany	www.mitsubishi-pv.de		X	X			
MOSER BAER PHOTO VOLTAIC Ltd.	India	www.moserbaer.in		X	X	X		c-Si (cells and modules); a-Si (modules)
Motech Industries Inc.	Taiwan	www.motech.com.tw		X				
NaREC	Taiwan	www.narec.co.uk		X	X		BiPV	
Neo Solar Power Corporation	United Kingdom	www.neosolarpower.com		X				
Nexolon	Korea	www.nexolon.com		X				
Ningbo Bestsolar Energy Tec. Co.,Ltd.	China	www.cnbestsolar.com			X			
NINGBO MAXSOLAR Co., Ltd.	China	www.maxsolar.cn			X			
Ningbo Qixin Solar Electrical Appliance Co., Ltd.	China	www.nbqxsolar.com			X			
Ningbo Ulica Solar Science & Technology Co., Ltd.	China	www.ulsolar.com.cn			X			
Nuon Helianthos B.V.	The Netherlands	www.helianthos.nl				X		
Perfect Source Tech. Corporation	Taiwan	www.pstsolar.com			X			mc-Si
Perfectenergy GmbH	Germany	www.perfectenergy-gmbh.de			X	X		
Perlight	China	www.perlightsolar.com.cn		X	X			Manufacturer of Concentrator Modules
Photovoltech	Belgium	www.photovoltech.be		X				a-Si
PHOTOWATT TECHNOLOGIES	France	www.photowatt.com		X	X			
PILLAR GROUP B.V.	The Netherlands	www.pillargroup.es	X	X				
PLG Power	India	www.plgpower.com			X			
Podolsky Chemical and Metallurgical plant, J.S.Co.	Russian Federation	www.pcmp.ru	X	X				
Poulek Solar s.r.o.	Czech Republic	www.solar-trackers.com						
PV Crystalox Solar PLC	United Kingdom	www.pvcystalox.com	X	X				
Q-Cells AG	Germany	www.q-cells.com		X			BiPV	BiPV CX & SL module systems

Company	Country	Link	Ingot Wafers	Cells	Modules	Thin Film	BiPV	Comments
QS SOLAR	China	www.qspv.net		X	X	X	BiPV	Semitransparent modules
Qualiflow Nara tech Co. Ltd.	Korea	www.qntech.co.kr/index.html	X	X				System and equipments for semiconductor
Ramgraber GmbH Semiconductor Equipment	Germany	www.ramgraber.de/de/index_frame.htm						
REC ASA	Norway	www.recgroup.com	X	X	X			c-Si
Reliance Industries Limited - Solar Group	India	www.relsolar.com			X			
Risen Energy Co., Ltd.	China	www.risen-solar.com	X	X	X			
Scheuten Solar	The Netherlands	www.scheuten.com			X		BiPV	
SCHOTT Solar GmbH	Germany	www.schottsolar.com		X	X	X	BiPV	
SchXco International KG	Germany	www.schueco.com			X	X		
Semi-Materials Co. Ltd.	Korea	www.semimaterials.com	X					sc-Si
S-ENERGY Co., Ltd.	Korea, Republic of	www.s-energy.co.kr				X		
Shandong Linuo Solar Power Holdings Co., Ltd.	China	www.linuopv.com		X	X			
Shanghai Biaodi Industry Co., Ltd.	China	www.biaodi.cn						
Shanghai Chaori Solar Energy Science & Technology Co., Ltd.	China	www.chaorisolar.com			X			
SHANGHAI ST-SOLAR Co., Ltd.	China	www.st-solar.com	X	X	X	X	BiPV	
Shanghai Sunsys Solar Co., Ltd	China	www.uptchina.com			X	X		
Sharp Electronics (Europe) GmbH	Germany	www.sharp.eu	X	X	X		BiPV	CPV systems
Shinsung Holdings	Korea	www.shinsung.co.kr/english/index.asp		X				c-Si
SiG Solar GmbH	Germany	www.sigsolar.de		X	X			
Signet Solar GmbH	India	www.signetsolar.com			X	X	BiPV	
SILCIO S.A.	Greece	www.silcio.gr		X	X			
Skyline Solar Inc.	USA	www.skyline-solar.com			X			Manufacturer of Concentrator Modules
SOLAR CELLS HELLAS S.A.	Greece	www.shellas.gr	X	X	X			mc-Si
Solar Power Inc.	USA	www.solarpowerinc.net			X			mc-Si
Solar Wind Ltd.	Russia	www.solwind.ru		X	X			sc-Si
Solarfun Power Holdings Co. Ltd.	China	www.solarfun-power.com	X	X	X		BiPV	Manufacturer of Concentrator Modules

Company	Country	Link	Ingots Wafers	Cells	Modules	Thin Film	BiPV	Comments
SOLARIA ENERGIA Y Medio AMBIENTE S.A.	Spain	www.solariaenergia.com		X	X		BiPV	
Solarion AG – Photovoltaik	Germany	www.solarion.de		X		X		
Solarregion Ostbrandenburg	Germany	www.solarregion-ostbrandenburg.de		X	X	X		
Solartech Energy Corporation	Taiwan	www.solartech-energy.com		X				
Solarwatt AG	Germany	www.solarwatt.de			X		BiPV	
SolarWorld AG	Germany	www.solarworld-global.com	X	X	X			
Soleos Solar GmbH	Germany	www.soleos-solar.com			X			
Solland Solar Cell B.V.	Netherlands	www.sollandsolar.com		X			BiPV	sunweb
OLON AG	Germany	www.solon.com			X		BiPV	
SOLSONICA S.p.A. A Socio Unico	Italy	www.solsonica.com		X	X			
Sono-Tek Corporation	USA	www.sono-tek.com				X		
Sopray Solar Germany GmbH	Germany	www.sopraysolar.com		X	X			
Sovello AG	Germany	www.sovello.com			X			
Sulfurcell Solartechnik GmbH	Germany	www.sulfurcell.de			X	X	BiPV	
Sun Well Solar Corporation	Taiwan	www.sunwellsolar.com			X	X	BiPV	a-Si
SUNCONNEX B.V.	Germany	www.sunconnex.com			X			
Sunfilm AG	Germany	www.sunfilm.com			X	X	BiPV	
Sunflower Light Energy Science & Technology Co., Ltd.	China	www.sunowe.com		X	X			
Sunowe Photovoltaic	China	www.sunowe.com		X	X			module size of up to 5.7 m ²
SUNPOWER	Switzerland	www.sunpowercorp.com		X	X			
SUNSET Energietechnik GmbH	Germany	www.sunset-solar.com		X	X			
Sunshine PV Corp.	Taiwan	www.sunshine-pv.com				X		
Suntech Power International Ltd.	Switzerland	www.suntech-power.com	X	X	X			
SUNTENSION GmbH	Germany	www.suntension.de			X			
Sunways AG Photovoltaic Technology	Germany	www.sunways.com		X	X		BiPV	
Swiss Wafers AG	Switzerland	www.swisswafers.ch	X					c-Si
SYMPHONY ENERGY	Korea, Republic of	www.symphonyenergy.com			X			

Company	Country	Link	Ingot Wafers	Cells	Modules	Thin Film	BiPV	Comments
System Photonic	Italy	www.system.photonic.s.com		X	X		BiPV	
T Solar Global S.A.	Spain	www.tsolar.eu			X		BiPV	a-Si
Taicis Solar Energy Co.,Ltd.	Taiwan	www.taicis.com			X	X		
Tainergy Tech Co. Ltd.	Taiwan	www.tainergy.com.tw		X	X			mc-Si
Targray Solar	Canada	www.targray.com	X					c-Si
Technische Universität Ilmenau,	Germany	www.tu-ilmenau.de						
Tianjin Jinneng Solar Cell Co., Ltd.	China	www.jnsolar.com.cn				X		
TITAN Energy Systems Ltd.	India	www.titan-energy.com			X			c-Si, a-Si; CIGS
Trina Solar Ltd.	China	www.trinasolar.com	X	X	X			
Umicore AG & Co. KG	Germany	www.thinfilmpproducts. umicore.com		X	X			
Unitech Printed Circuit Board Corp. Yilan Branch	Taiwan	www.pcbut.com.tw		X				
UNIVERSAL ENERGY	China	www.universalenergy.com.cn			X		BiPV	screen printing for solar cells
UPSOLAR	France	www.upsolar.com			X			
Vector Japan Co., Ltd.	Japan	www.vectorjapan.com	X	X				
Vikram Solar Private Ltd.	India	www.vikram.in			X			
Vincent Industrie	France	www.vincent-industrie.com			X			
WAAREE ENERGIES PVT Ltd.	India	www.waareeenergies.com			X			
Webel Solar	India	www.webelsolar.com		X	X			
WOOIL HIGHTECH Co., Ltd.	Korea	www.wooilht.co.kr		X	X			
Wuhan Intepower Co., Ltd.	China	www.intepower.com			X			
WXrth Solar GmbH & Co. KG	Germany	www.wuerth-solar.de				X	BiPV	BiPV systems: Genecis Pv module – Starfix III
Wuxi Jiacheng Solar Energy Technology Co., Ltd.	China	www.jcsolar.com		X	X			
Wuxi Saijing Solar Co., Ltd.	China	www.wxecs.com		X	X			
XGROUP S.p.A.	Italy	www.xgroupspa.it		X	X			c-Si
Xi'an Longji Silicon Technologies Co.,Ltd.	China	www.longji-silicon.com	X	X				
Yangzhou Tianhua PV-Tech Co., Ltd.	China	www.tianhuasolar.com	X	X	X			
Yingli Green Energy Holding Co. Ltd.	China	www.yinglisolar.com	X	X	X	X		Silicon recycling
Yuming International Ltd.	China	www.yuming-sz.com				X		

Company	Country	Link	Ingots Wafers	Cells	Modules	Thin Film	BIPV	Comments
Yunnan Tianda Photo-voltaic Co., Ltd.	China	www.tianhuasolar.com	X	X	X	X		
Zhejiang Aurora PV Solar Co., Ltd.	China	www.aurorapv.com			X	X		
Zhejiang BLD Solar Technology Co.,Ltd.	China	www.bldsolar.com			X			
Zhejiang Guangyi Optical Energy Technologies Co., Ltd.	China	www.gynetech.cn			X			
Zhejiang Hongchen Photovoltaic Energy Co., Ltd.	China	www.hongchensolar.com	X	X	X			
Zhejiang Jinggong Sci. & Tec. Co.,Ltd.	China	www.jgtec.com.cn	X	X	X			
Zhejiang Lingben Machinery and Electronics Co., Ltd.	China	www.chinalingben.com		X	X			
Zhejiang Shangcheng Solar Technology Co., Ltd.	China	www.zjscsolar.com		X	X			
ZHEJIANG ZG-CELLS Co., Ltd.	China	www.zg-cells.com		X	X			Solar Module a-Si e mc-Si
ZYTECH SOLAR	Spain	www.zytechsolar.com			X			Manufacturer of Concentrator Modules

Anhang C - Übersichtstabelle für Netzwechselrichter (NWR):

Hersteller (Land) Modell	Hauptdaten	Elektrische Eigenschaften	Besondere Eigenschaften
ABB (CH)			
PVS800- 57-0100kW-A	100kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=97.7\%$; $\eta_{EU}=96.7\%$ $U_{DC\max}=900V$; $U_{mpp}450V - 750V$ $I_{DC\max}=260A$	IP 22; DCS; ACS Gar. k.A. $T_{amb} -20^{\circ}C..+40^{\circ}C$; VP
PVS800- 57-0250kW-A	250kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=97.5\%$; $\eta_{EU}=96.5\%$ $U_{DC\max}=900V$; $U_{mpp}450V - 750V$ $I_{DC\max}=700A$	IP 22; DCS; ACS Gar. k.A. $T_{amb} -20^{\circ}C..+40^{\circ}C$; VP
PVS800- 57-0500kW-A	500kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=97.5\%$; $\eta_{EU}=96.5\%$; $U_{DC\max}=900V$; $U_{mpp}450V - 750V$ $I_{DC\max}=1400A$	IP 22; DCS; ACS Gar. k.A. $T_{amb} -20^{\circ}C..+40^{\circ}C$; VP
AEG Power Solution (D)			
Protect PV 2000	2kW TL SW	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=94\%$ $U_{DC\max}=450V$; $U_{mpp}150V - 360V$ $I_{DC\max}=10A$	IP 43 Gar. k.A. $T_{amb} -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$
Protect PV 2800	2.8kW TL SW	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=94\%$ $U_{DC\max}=500V$; $U_{mpp}150V - 400V$ $I_{DC\max}=13A$	IP 43 Gar. k.A. $T_{amb} -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$
Protect PV 4600	4.6kW TL; 3 SW 3 MPPT	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=94.5\%$ $U_{DC\max}=750V$; $U_{mpp}125V - 600V$ $I_{DC\max}=3*8.5A$	IP 65; Gar. k.A.; $T_{amb} -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$
Protect PV 10000	10kW TL; 3 SW 3 MPPT	$\eta_{\max}=97\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=800V$; $U_{mpp}300V - 640V$ $I_{DC\max}=3*13A$	IP 65 Gar. k.A. $T_{amb} -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$
Protect PV 25	25kW TL; ZW 6 MPPT	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$; $U_{DC\max}=800V$; $U_{mpp}300V - 640V$ $I_{DC\max}=6*13A$	IP 20 Gar. k.A. $T_{amb} -10^{\circ}C..+40^{\circ}C$
Protect PV 33	33kW TL; ZW 9 MPPT	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=800V$; $U_{mpp}300V - 640V$ $I_{DC\max}=9*13A$	IP 20 Gar. k.A. $T_{amb} -10^{\circ}C..+40^{\circ}C$
Protect PV.250	255kW TL; ZW; 3 Strings; 1 MPPT	$\eta_{\max}=97\%$; $\eta_{EU}=k.A$ $U_{DC\max}=1000V$; $U_{mpp}k.A.$ $I_{DC\max}=600A$	IP 21 Gar. k.A. $T_{amb} -10^{\circ}C..+45^{\circ}C$
Protect PV.500	510kW TL; ZW; 3 Strings; 1 MPPT	$\eta_{\max}=97\%$; $\eta_{EU}=k.A.$; $U_{DC\max}=1000V$; $U_{mpp}k.A.$ $I_{DC\max}=1200A$	IP 21 Gar. k.A. $T_{amb} -10^{\circ}C..+45^{\circ}C$
Danfoss (DK) hat keine neue Geräte			
SOLIVIA 2.0	2kW NF SW	$\eta_{\max}=95.3\%$; $\eta_{EU}=93.8\%$ $U_{DC\max}=540V$; $U_{mpp}150V - 430V$ $I_{DC\max}=15A$	IP 65 Gar. 5J (bis 10). $T_{amb} -25^{\circ}C..+60^{\circ}C$; Int.
SOLIVIA 2.5	2.5kW NF SW	$\eta_{\max}=95.6\%$; $\eta_{EU}=94.6\%$ $U_{DC\max}=540V$; $U_{mpp}150V - 430V$; $I_{DC\max}=18.3A$	IP 65 Gar. 5J (bis 10) $T_{amb} -25^{\circ}C..+60^{\circ}C$; Int.
SOLIVIA 3.3	3.3kW NF SW	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=94.8\%$ $U_{DC\max}=540V$; $U_{mpp}150V - 430V$ $I_{DC\max}=24A$	IP 65 Gar. 5J (bis 10) $T_{amb} -25^{\circ}C..+70^{\circ}C$; Int.

Hersteller (Land) Modell	Hauptdaten	Elektrische Eigenschaften	Besondere Eigenschaften
SOLIVIA 5.0	5kW NF SW	$\eta_{\max}=95.6\%$; $\eta_{EU}=94.6\%$ $U_{DC\max}=540V$; U_{mpp} 150V - 430V $I_{DC\max}=36.6A$	IP 65 Gar. 5J (bis 10) T_{amb} -25°C..+60°C; Int.
DIEHLControls (D)			
2800 S	2.4kW NF SW	$\eta_{\max}=95.3\%$; $\eta_{EU}=94.4\%$ $U_{DC\max}=780V$; U_{mpp} 313V - 630V $I_{DC\max}=9A$	IP 54 Gar. 5J (bis 20); DCS T_{amb} -20°C..+60°C
4301 S	3.7kW NF; 2 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=95.3\%$; $\eta_{EU}=94.4\%$ $U_{DC\max}=580V$; U_{mpp} 277V - 470V $I_{DC\max}=15A$	IP 54 Gar. 5J (bis 20); DCS T_{amb} -20°C..+60°C
13000 TL	11.3kW TL; 6 SW; 3 MPPT	$\eta_{\max}=97.3\%$; $\eta_{EU}=96.8\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 351V - 700V $I_{DC\max}=3*13A$	IP 66; Gar. 5J (bis 20) DCS; VP T_{amb} -20°C..+60°C
16000 TL	13.8kW TL; 6 SW; 3 MPPT	$\eta_{\max}=97.4\%$; $\eta_{EU}=96.9\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 349V - 700V $I_{DC\max}=3*16A$	IP 66; Gar. 5J (bis 20) DCS; VP T_{amb} -20°C..+60°C
19000 TL	16.5kW TL; 6 SW; 3 MPPT	$\eta_{\max}=97.7\%$; $\eta_{EU}=97.3\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 350V - 700V $I_{DC\max}=3*18.5A$	IP 66; Gar. 5J (bis 20) DCS; VP T_{amb} -20°C..+60°C
22000 TL	18.9kW TL; 6 SW; 3 MPPT	$\eta_{\max}=97.7\%$; $\eta_{EU}=97.3\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 351V - 700V $I_{DC\max}=3*21A$	IP 66; Gar. 5J (bis 20) DCS; VP T_{amb} -20°C..+60°C
12000 TL3	10kW TL; 4 SW; 1 MPPT; 3ph	$\eta_{\max}=97.8\%$; $\eta_{EU}=97.4\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 380V - 720V $I_{DC\max}=29A$	IP 65; Gar. 5J (bis 20) DCS; VP T_{amb} -25°C..+55°C
13000 TL3	12kW TL; 4 SW; 1 MPPT; 3ph	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97.5\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 410V - 720V $I_{DC\max}=30A$	IP 65; Gar. 5J (bis 20) DCS; VP T_{amb} -25°C..+55°C
15000 TL3	15kW TL; 4 SW; 1 MPPT; 3ph	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97.7\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 460V - 720V $I_{DC\max}=36A$	IP 65; Gar. 5J (bis 20) DCS; VP T_{amb} -25°C..+55°C
ELETTRONICA SANTERNO (I)			
M XS 2200 TL	2.2kW TL; 2 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=97.2\%$; $\eta_{EU}=96.4\%$ $U_{DC\max}=580V$; U_{mpp} 125V - 460V $I_{DC\max}=15A$	IP 65 Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+45°C
M XS 3000 TL	3kW TL; 4 SW; 2 MPPT	$\eta_{\max}=97.5\%$; $\eta_{EU}=96.5\%$ $U_{DC\max}=580V$; U_{mpp} 125V - 460V $I_{DC\max}=2 * 10A$	IP 65 Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+45°C
M XS 3800 TL	3.8kW TL; 4 SW; 2 MPPT	$\eta_{\max}=97.5\%$; $\eta_{EU}=96.5\%$ $U_{DC\max}=580V$; U_{mpp} 125V - 460V $I_{DC\max}=2 * 15A$	IP 65 Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+45°C
M XS 5000 TL	5kW TL; 4 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=97.3\%$; $\eta_{EU}=96.6\%$ $U_{DC\max}=845V$; U_{mpp} 370V - 675V $I_{DC\max}=18A$	IP 65 Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+45°C
M XS 6000 TL	6kW TL; 4 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=97.3\%$; $\eta_{EU}=96.6\%$ $U_{DC\max}=845V$; U_{mpp} 370V - 675V $I_{DC\max}=22A$	IP 65 Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+45°C

Hersteller (Land) Modell	Hauptdaten	Elektrische Eigenschaften	Besondere Eigenschaften
M XS 7500 TL	7.5kW TL; 4 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=97.5\%$; $\eta_{EU}=96.7\%$ $U_{DC\max}=845V$; U_{mpp} 370V - 675V $I_{DC\max}=26A$	IP 65 Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+45°C
TG 180 600V TE	137kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98.4\%$; $\eta_{EU}=97.6\%$ $U_{DC\max}=740V$; U_{mpp} 315V - 590V $I_{DC\max}=k.A.$	IP 44; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+40°C
TG 230 600V TE	180kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98.3\%$; $\eta_{EU}=97.5\%$ $U_{DC\max}=740V$; U_{mpp} 315V - 590V $I_{DC\max}=k.A.$	IP 44; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+40°C
TG 290 600V TE	220kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98.4\%$; $\eta_{EU}=97.6\%$ $U_{DC\max}=740V$; U_{mpp} 315V - 590V $I_{DC\max}=k.A.$	IP 44; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+40°C
TG 365 600V TE	280kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98.2\%$; $\eta_{EU}=97.5\%$ $U_{DC\max}=740V$; U_{mpp} 315V - 590V $I_{DC\max}=k.A.$	IP 44; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+40°C
TG 455 600V TE	350kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98.2\%$; $\eta_{EU}=97.5\%$ $U_{DC\max}=740V$; U_{mpp} 315V - 590V $I_{DC\max}=k.A.$	IP 44; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+40°C
TG 500 600V TE	420kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98.2\%$; $\eta_{EU}=97.5\%$ $U_{DC\max}=740V$; U_{mpp} 315V - 590V $I_{DC\max}=k.A.$	IP 44; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+40°C
TG 35 800V	27kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=96.1\%$; $\eta_{EU}=94.6\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 415V - 700V $I_{DC\max}=k.A.$	IP 44; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+40°C
TG 57 800V	44kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=96.1\%$; $\eta_{EU}=94.6\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 415V - 700V $I_{DC\max}=k.A.$	IP 44; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+40°C
TG 82 800V	63kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=96.6\%$; $\eta_{EU}=95.3\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 415V - 700V $I_{DC\max}=k.A.$	IP 44; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+40°C
TG 120 800V	92kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=96.2\%$; $\eta_{EU}=94.8\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 415V - 700V $I_{DC\max}=k.A.$	IP 44; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+40°C
TG 145 800V	102kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=96.2\%$; $\eta_{EU}=94.8\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 415V - 700V $I_{DC\max}=k.A.$	IP 44; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+40°C
TG 175 800V TE	136kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98.4\%$; $\eta_{EU}=97.6\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 415V - 700V $I_{DC\max}=k.A.$	IP 44; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+40°C
TG 240 800V TE	183kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98.4\%$; $\eta_{EU}=97.6\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 415V - 700V $I_{DC\max}=k.A.$	IP 44; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+40°C
TG 300 800V TE	200kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98.4\%$; $\eta_{EU}=97.6\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 415V - 700V $I_{DC\max}=k.A.$	IP 44; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+40°C
TG 310 800V TE	238kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98.4\%$; $\eta_{EU}=97.6\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 415V - 700V $I_{DC\max}=k.A.$	IP 44; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+40°C

Hersteller (Land) Modell	Hauptdaten	Elektrische Eigenschaften	Besondere Eigenschaften
TG 385 800V TE	295kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98.4\%$; $\eta_{EU}=97.7\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 415V - 700V $I_{DC\max}=k.A.$	IP 44; DCS; ACS Gar. k.A. $T_{amb} -25^{\circ}C..+40^{\circ}C$
TG 485 800V TE	375kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98.5\%$; $\eta_{EU}=97.6\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 415V - 700V $I_{DC\max}=k.A.$	IP 44; DCS; ACS Gar. k.A. $T_{amb} -25^{\circ}C..+40^{\circ}C$
TG 610 800V TE	468kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98.4\%$; $\eta_{EU}=97.6\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 415V - 700V $I_{DC\max}=k.A.$	IP 44; DCS; ACS Gar. k.A. $T_{amb} -25^{\circ}C..+40^{\circ}C$
TG 730 800V TE	560kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98.4\%$; $\eta_{EU}=97.6\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 415V - 700V $I_{DC\max}=k.A.$	IP 44; DCS; ACS Gar. k.A. $T_{amb} -25^{\circ}C..+40^{\circ}C$
EMERSON (Internatipnal)			
SVP145	145kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{EU}=96.6\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 500V - 800V $I_{DC\max}= 248A$	IP 00 (2X) Gar. k.A. T_{amb} k.A.
SVP175	175kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{EU}=97.3\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 500V - 800V $I_{DC\max}= 300A$	IP 00 (2X) Gar. k.A. T_{amb} k.A.
EURENER (E)			
Ni 1.5	1.5kW; TL; SW	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=450V$; U_{mpp} 200V - 360V $I_{DC\max}= 8.9A$	IP 43 Gar. 5J (bis 10) $T_{amb} -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$
Ni 2.0	2kW; TL; SW	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=500V$; U_{mpp} 250V - 400V $I_{DC\max}= 10A$	IP 43 Gar. 5J (bis 10) $T_{amb} -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$
Ni 2.8	2.8kW TL SW	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=500V$; U_{mpp} 250V - 400V $I_{DC\max}= 13A$	IP 43 Gar. 5J (bis 10) $T_{amb} -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$
Ni 4.0	4kW TL SW	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=500V$; U_{mpp} 250V - 400V $I_{DC\max}= 20A$	IP 43 Gar. 5J (bis 10) $T_{amb} -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$
Ni +4.0	4kW TL SW	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=500V$; U_{mpp} 250V - 400V $I_{DC\max}= 20A$	IP 65 Gar. 5J (bis 10) $T_{amb} -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$
Ni 6.0	4.6kW TL; 3 SW; 3 MPPT	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=750V$; U_{mpp} 250V - 600V $I_{DC\max}= 26A$	IP 65 Gar. 5J (bis 10) $T_{amb} -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$
Ni +6.0	6kW TL SW	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=550V$; U_{mpp} 180V - 440V $I_{DC\max}= 28.6A$	IP 65 Gar. 5J (bis 10) $T_{amb} -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$
Ni 10	10kW TL; 3 SW; 3 MPPT; 3ph	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=800V$; U_{mpp} 300V - 640V $I_{DC\max}= 3 * 13A$	IP 65 Gar. 2J (bis 10) $T_{amb} -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$
Ni 20	20kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=95\%$; $\eta_{EU}=94\%$ $U_{DC\max}=800V$; U_{mpp} 300V - 640V $I_{DC\max}= 3 * 13A$	IP 20 Gar. 2J (bis 10) $T_{amb} -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$

Hersteller (Land) Modell	Hauptdaten	Elektrische Eigenschaften	Besondere Eigenschaften
Ni 250	250kW ZW; NF; 3ph; 3 MPPT	$\eta_{\max}=95\%$; $\eta_{EU}=94\%$ $U_{DC\max}=800V$; U_{mpp} 300V - 640V $I_{DC\max}=3 \cdot 820A$	IP 20 Gar. 2J (bis 10) $T_{amb} -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$
Fronius (A)			
IG TL 4.0	4kW TL SW	$\eta_{\max}=97.7\%$; $\eta_{EU}=97.1\%$ $U_{DC\max}=850V$; U_{mpp} 350V - 700V $I_{DC\max}=11.75A$	IP 55 Gar. 5J (bis 10); DCS $T_{amb} -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$
IG TL 5.0	4.6kW TL SW	$\eta_{\max}=97.7\%$; $\eta_{EU}=97.2\%$ $U_{DC\max}=850V$; U_{mpp} 350V - 700V $I_{DC\max}=11.75A$	IP 55 Gar. 5J (bis 10); DCS $T_{amb} -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$
Ingeteam (E)			
Sun 3TL	3kW TL; 3 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=96.6\%$; $\eta_{EU}=95.1\%$ $U_{DC\max}=550V$; U_{mpp} 150V - 440V $I_{DC\max}=16A$	IP 65 Gar. 5J (bis 25); DCS $T_{amb} -20^{\circ}C..+40^{\circ}C$
Sun 3.68TL	3.68kW TL; 4 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=96.8\%$; $\eta_{EU}=95.2\%$ $U_{DC\max}=550V$; U_{mpp} 150V - 440V $I_{DC\max}=22A$	IP 65 Gar. 5J (bis 25); DCS $T_{amb} -20^{\circ}C..+40^{\circ}C$
Sun 3.8TL	3.9kW TL; 4 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=97\%$; $\eta_{EU}=95.6\%$ $U_{DC\max}=550V$; U_{mpp} 150V - 440V $I_{DC\max}=33A$	IP 65 Gar. 5J (bis 25); DCS $T_{amb} -20^{\circ}C..+40^{\circ}C$
Sun 6TL	6kW TL; 4 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=97\%$; $\eta_{EU}=96.1\%$ $U_{DC\max}=550V$; U_{mpp} 150V - 440V $I_{DC\max}=33A$	IP 65 Gar. 5J (bis 25); DCS $T_{amb} -20^{\circ}C..+40^{\circ}C$
Sun 30	33kW NF; 10 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=95.6\%$; $\eta_{EU}=94.7\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 405V - 720V $I_{DC\max}=86A$	IP 54 Gar. 5J (bis 25); DCS $T_{amb} -20^{\circ}C..+40^{\circ}C$
Sun 50	55kW NF; 4 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=96.3\%$; $\eta_{EU}=94.3\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 405V - 720V $I_{DC\max}=143A$	IP 20 Gar. 5J (bis 25); DCS ACS; $T_{amb} -20^{\circ}C..+40^{\circ}C$
Sun 125TL	137kW TL; ZW; 4 Strings; 1 MPPT	$\eta_{\max}=98.1\%$; $\eta_{EU}=97.7\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 405V - 720V $I_{DC\max}=357A$	IP 20 Gar. 5J (bis 25); DCS ACS; $T_{amb} -20^{\circ}C..+40^{\circ}C$
Sun 250TL	275kW TL; ZW; 8 Strings; 2 MPPT	$\eta_{\max}=98.1\%$; $\eta_{EU}=97.7\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 405V - 720V $I_{DC\max}=715A$	IP 20 Gar. 5J (bis 25); DCS ACS; $T_{amb} -20^{\circ}C..+40^{\circ}C$
Sun 375TL	412kW; TL; ZW; 12 Strings 3 MPPT	$\eta_{\max}=98.1\%$; $\eta_{EU}=97.7\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 405V - 720V $I_{DC\max}=1072A$	IP 20 Gar. 5J (bis 25); DCS ACS; $T_{amb} -20^{\circ}C..+40^{\circ}C$
KACO (D)			
Pawador 3600xi	3.6kW TL; 3 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=96.4\%$; $\eta_{EU}=95.8\%$ $U_{DC\max}=800V$; U_{mpp} 350V - 600V $I_{DC\max}=12A$	IP 54 Gar. 7J; VP; DCS $T_{amb} -20^{\circ}C..+60^{\circ}C$
Pawador 4000 supreme	4.4kW TL; 3 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=97.2\%$; $\eta_{EU}=96.8\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 350V - 480V $I_{DC\max}=14.5A$	IP 54 Gar. 7J; VP; DCS $T_{amb} -20^{\circ}C..+60^{\circ}C$

Hersteller (Land) Modell	Hauptdaten	Elektrische Eigenschaften	Besondere Eigenschaften
Pawador 6400xi	3.6kW TL; 4 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=96.5\%$; $\eta_{EU}=95.8\%$ $U_{DC\max}=800V$; U_{mpp} 350V - 600V $I_{DC\max}=19A$	IP 54 Gar. 7J; VP; DCS T_{amb} -20°C..+60°C
Pawador 6650xi	6.65kW TL; 4 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=96.5\%$; $\eta_{EU}=95.8\%$ $U_{DC\max}=800V$; U_{mpp} 350V - 600V $I_{DC\max}=19.7A$	IP 54 Gar. 7J; VP; DCS T_{amb} -20°C..+60°C
Pawador 7200xi	7.2kW TL; 4 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=96.5\%$; $\eta_{EU}=95.8\%$ $U_{DC\max}=800V$; U_{mpp} 350V - 600V $I_{DC\max}=21.4A$	IP 54 Gar. 7J; VP; DCS T_{amb} -20°C..+60°C
Pawador 2002	1.65kW HF; 3 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=95.9\%$; $\eta_{EU}=95.3\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 125V - 480V $I_{DC\max}=14.3A$	IP 54 Gar. k.A.; VP; DCS T_{amb} -20°C..+60°C
Pawador 3002	2.5kW HF; 3 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95.4\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 200V - 480V $I_{DC\max}=13.5A$	IP 54 Gar. k.A.; VP; DCS T_{amb} -20°C..+60°C
Pawador 4002	3.5kW HF; 3 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=95.5\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 200V - 480V $I_{DC\max}=18.5A$	IP 54 Gar. k.A.; VP; DCS T_{amb} -20°C..+60°C
Pawador 5002	4.2kW HF; 3 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=95.5\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 200V - 480V $I_{DC\max}=22.4A$	IP 54 Gar. k.A.; VP; DCS T_{amb} -20°C..+60°C
Pawador 6002	5kW HF; 3 SW; 1 MPPT	$\eta_{\max}=95.5\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 200V - 480V $I_{DC\max}=26.5A$	IP 54 Gar. k.A.; VP; DCS T_{amb} -20°C..+60°C
Pawador TS19-LV	18.7kW NF; 3 SW; 3 MPPT; 3ph	$\eta_{\max}=94.9\%$; $\eta_{EU}=94.4\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 280V - 480V $I_{DC\max}=3*26.3A$	IP 54 Gar. k.A.; VP; DCS T_{amb} -20°C..+50°C
Pawador TS19-HV	18.7kW NF; 3 SW; 3 MPPT; 3ph	$\eta_{\max}=94.5\%$; $\eta_{EU}=93.8\%$ $U_{DC\max}=800V$; U_{mpp} 350V - 600V $I_{DC\max}=3*18.6A$	IP 54 Gar. k.A.; VP; DCS T_{amb} -20°C..+50°C
Pawador TS20-LV	19.5kW NF; 3 SW; 3 MPPT; 3ph	$\eta_{\max}=94.9\%$; $\eta_{EU}=94.4\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 280V - 480V $I_{DC\max}=3*18.6A$	IP 54 Gar. k.A.; VP; DCS T_{amb} -20°C..+50°C
Pawador TS20-HV	19.4kW NF; 3 SW; 3 MPPT; 3ph	$\eta_{\max}=94.5\%$; $\eta_{EU}=93.8\%$ $U_{DC\max}=800V$; U_{mpp} 350V - 600V $I_{DC\max}=3*19.7A$	IP 54 Gar. k.A.; VP; DCS T_{amb} -20°C..+50°C
Pawador TS21-HV	21.1kW NF; 3 SW; 3 MPPT; 3ph	$\eta_{\max}=94.5\%$; $\eta_{EU}=93.8\%$ $U_{DC\max}=800V$; U_{mpp} 350V - 600V $I_{DC\max}=3*21.4A$	IP 54 Gar. k.A.; VP; DCS T_{amb} -20°C..+50°C
Pawador TS22-LV	21.7kW NF; 3 SW; 3 MPPT; 3ph	$\eta_{\max}=94.9\%$; $\eta_{EU}=94.4\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 280V - 480V $I_{DC\max}=3*27.3A$	IP 54 Gar. k.A.; VP; DCS T_{amb} -20°C..+50°C
Pawador TS24-HV	23.6kW NF; 3 SW; 3 MPPT; 3ph	$\eta_{\max}=94.5\%$; $\eta_{EU}=93.8\%$ $U_{DC\max}=800V$; U_{mpp} 350V - 600V $I_{DC\max}=3*24A$	IP 54 Gar. k.A.; VP; DCS T_{amb} -20°C..+50°C
Pawador XP350-HV TL	350kW TL; ZW 3ph	$\eta_{\max}=97.8\%$; $\eta_{EU}=97\%$ $U_{DC\max}=950V$; U_{mpp} 450V - 760V $I_{DC\max}=235A$	IP 21 Gar. k.A. T_{amb} -20°C..+50°C
KLNE (China)			

Hersteller (Land) Modell	Hauptdaten	Elektrische Eigenschaften	Besondere Eigenschaften
Sunteam 1500	1.5kW TL SW	$\eta_{\max}=95.5\%$; $\eta_{EU}=94.5\%$ $U_{DC\max}=450V$; U_{mpp} 100V - 360V $I_{DC\max}=8.9A$	IP 43
Sunteam 2000	2kW TL SW	$\eta_{\max}=96.5\%$; $\eta_{EU}=95.5\%$ $U_{DC\max}=500V$; U_{mpp} 180V - 400V $I_{DC\max}=10A$	IP 43
Sunteam 2800	2.8kW TL SW	$\eta_{\max}=96.5\%$; $\eta_{EU}=95.5\%$ $U_{DC\max}=500V$; U_{mpp} 180V - 400V $I_{DC\max}=13A$	IP 43
Sunteam 4000	4kW TL SW	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97.4\%$ $U_{DC\max}=550V$; U_{mpp} 180V - 440V $I_{DC\max}=20A$	IP 43
Sunteam 5000	5kW TL SW	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97.5\%$ $U_{DC\max}=550V$; U_{mpp} 180V - 440V $I_{DC\max}=22A$	IP 43
KOSTAL Industrie Elektrik GmbH (D)			
PIKO 8.3	7.6kW TL; 2 SW 2MPPT; 3ph	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95.1\%$ $U_{DC\max}=950V$; U_{mpp} 180V - 760V $I_{DC\max}= 2 * 12.5A$	IP 55; EES Gar. k.A. T_{amb} -20°C..+60°C; VP
LTi REEnergy GmbH (D)			
PVmaster PVM 450-033	33kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 450V - 720V $I_{DC\max}= 80A$	IP 43; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -20°C..+40°C; VP
PVmaster PVM 450-047	47kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 450V - 720V $I_{DC\max}= 120A$	IP 43; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -20°C..+40°C; VP
PVmaster PVM 450-068	68kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 450V - 720V $I_{DC\max}= 160A$	IP 43; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -20°C..+40°C; VP
PVmaster PVM 450-100	100kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 450V - 720V $I_{DC\max}= 250A$	IP 43; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -20°C..+40°C; VP
PVmaster PVM 450-200	200kW ZWTL-M 3ph; 2 MPPT	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 450V - 720V $I_{DC\max}= 2 * 250A$	IP 43; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -20°C..+40°C; VP
Mastervolt (NL)			
Mastersol CS20TL	20kW ZWTL; 3ph 6 String; 2 MPPT	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 350V - 800V $I_{DC\max}= 2 * 30A$	IP 65 Gar. k.A. T_{amb} -20°C..+50°C
CP 100TR	100kW ZW; NF 3ph;	$\eta_{\max}=97.1\%$; $\eta_{EU}=96.5\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 450V - 720V $I_{DC\max}= 250A$	IP 20 Gar. 2J (bis 20). T_{amb} k.A.
CP 200TR	200kW ZW; NF 3ph;	$\eta_{\max}=97\%$; $\eta_{EU}=96.4\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 450V - 720V $I_{DC\max}= 500A$	IP 20 Gar. 2J (bis 20). T_{amb} k.A.

Hersteller (Land) Modell	Hauptdaten	Elektrische Eigenschaften	Besondere Eigenschaften
CP 200TL	200kW ZWTL 3ph;	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97.5\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 450V - 720V $I_{DC\max}=500A$	IP 20 Gar. 2J (bis 20). T_{amb} k.A.
CP 200TR-LV	140kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=95.5\%$; $\eta_{EU}=95.3\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 300V - 480V $I_{DC\max}=500A$	IP 20 Gar. 2J (bis 20). T_{amb} k.A.
Mitsubishi (J)			
PV-S4200	4.2kW TL; 2 SW 2 MPPT	$\eta_{\max}=96.9\%$; $\eta_{EU}=96.3\%$ $U_{DC\max}=700V$; U_{mpp} 250V - 550V $I_{DC\max}=2 * 9 A$	IP 54 T_{amb} -25°C..+50°C Gar. 5J (bis 10)
PV-S4600	4.6kW TL; 2 SW 2 MPPT	$\eta_{\max}=97\%$; $\eta_{EU}=96.4\%$ $U_{DC\max}=700V$; U_{mpp} 300V - 550V $I_{DC\max}=2 * 9 A$	IP 54 T_{amb} -25°C..+50°C Gar. 5J (bis 10)
PV-S6000	6kW TL 2 SW	$\eta_{\max}=97.8\%$; $\eta_{EU}=97\%$ $U_{DC\max}=700V$; U_{mpp} 350V - 550V $I_{DC\max}=2 * 9 A$	IP 54 T_{amb} -25°C..+50°C Gar. 5J (bis 10)
Power one (USA)			
PVI-2000	2kW TL SW	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 210V - 500V $I_{DC\max}=12A$	IP 21 T_{amb} -25°C..+40°C; VP Gar. k:A
PVI-3600	3.6kW TL SW	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 190V - 500V $I_{DC\max}=12A$	IP 21 T_{amb} -25°C..+40°C; VP Gar. k:A
PVI-2000-OUTD-DE	2kW TL SW	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 210V - 500V $I_{DC\max}=12A$	IP 65 T_{amb} -20°C..+50°C; VP Gar. k:A
PVI-5000-OUTD-DE	4.6kW TL 4 SW; 2 MPPT	$\eta_{\max}=97\%$; $\eta_{EU}=96.4\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 140V - 500V $I_{DC\max}=2 * 22A$	IP 65 T_{amb} -25°C..+50°C; VP Gar. k:A; Option DCS
PVI-6000-OUTD-DE	6kW TL; 4 SW 2 MPPT	$\eta_{\max}=97\%$; $\eta_{EU}=96.4\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 220V - 500V $I_{DC\max}=2 * 22A$	IP 65 T_{amb} -25°C..+50°C; VP Gar. k:A; Option DCS
PVI-3.0-OUTD-DE	3kW TL; 2 SW 2 MPPT	$\eta_{\max}=96.8\%$; $\eta_{EU}=96\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 156V - 500V $I_{DC\max}=2 * 12.5A$	IP 65 T_{amb} -25°C..+50°C Gar. k:A; Option DCS
PVI-3.6-OUTD-DE	3.6kW TL; 2 SW 2 MPPT	$\eta_{\max}=96.8\%$; $\eta_{EU}=96\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 120V - 500V $I_{DC\max}=2 * 20A$	IP 65 T_{amb} -25°C..+50°C Gar. k:A; Option DCS
PVI-4.2-OUTD-DE	4.2kW TL; 3 SW; 2 MPPT	$\eta_{\max}=96.8\%$; $\eta_{EU}=96\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 140V - 500V $I_{DC\max}=2 * 20A$	IP 65 T_{amb} -25°C..+50°C Gar. k:A; Option DCS
PVI-10.0-OUTD-DE	10kW TL; 6 SW; 2 MPPT; 3ph	$\eta_{\max}=97.7\%$; $\eta_{EU}=97.13\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 300V - 750V $I_{DC\max}=2 * 22A$	IP 65 T_{amb} -20°C..+50°C Gar. k:A; Option DCS; VP
PVI-12.5-OUTD-DE	12.5kW TL; 6 SW; 2 MPPT; 3ph	$\eta_{\max}=97.7\%$; $\eta_{EU}=97.25\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 360V - 750V $I_{DC\max}=2 * 22A$	IP 65 T_{amb} -20°C..+50°C Gar. k:A; Option DCS; VP

Hersteller (Land) Modell	Hauptdaten	Elektrische Eigenschaften	Besondere Eigenschaften
PVI-CENTRAL-50	55kW NF; ZW 3ph	$\eta_{\max}=95.5\%$; $\eta_{EU}=94.5\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 465V - 720V $I_{DC\max}=123A$	IP 20 T_{amb} -20°C..+50°C Gar. k:A; DCS; ACS; VP
PVI-CENTRAL-100	110kW NF; ZW 3ph	$\eta_{\max}=95.5\%$; $\eta_{EU}=94.5\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 465V - 720V $I_{DC\max}=246A$	IP 20 T_{amb} -20°C..+50°C Gar. k:A; DCS; ACS; VP
PVI-CENTRAL-100-TL	110kW ZWTL 3ph	$\eta_{\max}=97.5\%$; $\eta_{EU}=96.9\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 465V - 720V $I_{DC\max}=246A$	IP 20 T_{amb} -20°C..+50°C Gar. k:A; DCS; ACS; VP
PVI-CENTRAL-150	165kW NF; ZW 3ph	$\eta_{\max}=95.5\%$; $\eta_{EU}=94.5\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 465V - 720V $I_{DC\max}=369A$	IP 20 T_{amb} -20°C..+50°C Gar. k:A; DCS; ACS; VP
PVI-CENTRAL-150-TL	165kW ZWTL 3ph	$\eta_{\max}=97.5\%$; $\eta_{EU}=96.9\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 465V - 720V $I_{DC\max}=369A$	IP 20 T_{amb} -20°C..+50°C Gar. k:A; DCS; ACS; VP
PVI-CENTRAL-200	220kW NF; ZW 3ph	$\eta_{\max}=95.5\%$; $\eta_{EU}=94.5\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 465V - 720V $I_{DC\max}=492A$	IP 20 T_{amb} -20°C..+50°C Gar. k:A; DCS; ACS; VP
PVI-CENTRAL-200-TL	220kW ZWTL 3ph	$\eta_{\max}=97.5\%$; $\eta_{EU}=96.9\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 465V - 720V $I_{DC\max}=492A$	IP 20 T_{amb} -20°C..+50°C Gar. k:A; DCS; ACS; VP
PVI-CENTRAL-250	275kW NF; ZW 3ph	$\eta_{\max}=95.5\%$; $\eta_{EU}=94.5\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 465V - 720V $I_{DC\max}=615A$	IP 20 T_{amb} -20°C..+50°C Gar. k:A; DCS; ACS; VP
PVI-CENTRAL-250-TL	275kW ZWTL 3ph	$\eta_{\max}=97.5\%$; $\eta_{EU}=96.9\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 465V - 720V $I_{DC\max}=615A$	IP 20 T_{amb} -20°C..+50°C Gar. k:A; DCS; ACS; VP
PVI-CENTRAL-300	330kW NF; ZW 3ph	$\eta_{\max}=95.5\%$; $\eta_{EU}=94.5\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 465V - 720V $I_{DC\max}=738A$	IP 20 T_{amb} -20°C..+50°C Gar. k:A; DCS; ACS; VP
PVI-CENTRAL-300-TL	330kW ZWTL 3ph	$\eta_{\max}=97.5\%$; $\eta_{EU}=96.9\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 465V - 720V $I_{DC\max}=738A$	IP 20 T_{amb} -20°C..+50°C Gar. k:A; DCS; ACS; VP
REFU Elektronik GmbH (D)			
REFU SOL 04K	3.75kW TL SW	$\eta_{\max}=97.3\%$; $\eta_{EU}=96.8\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 351V - 710V $I_{DC\max}=13A$	IP 66 T_{amb} -25°C..+60°C Gar. k:A
REFU SOL 05K	4.2kW TL SW	$\eta_{\max}=97.4\%$; $\eta_{EU}=96.9\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 348V - 710V $I_{DC\max}=14.5A$	IP 66 T_{amb} -25°C..+60°C Gar. k:A
REFU SOL 06K	4.6kW TL SW	$\eta_{\max}=97.4\%$; $\eta_{EU}=96.9\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 349V - 710V $I_{DC\max}=16A$	IP 66 T_{amb} -25°C..+60°C Gar. k:A
REFU SOL 10K	10kW TL; SW 3ph	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97.4\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 380V - 850V $I_{DC\max}=29A$	IP 65 T_{amb} -25°C..+55°C Gar. k:A

Hersteller (Land) Modell	Hauptdaten	Elektrische Eigenschaften	Besondere Eigenschaften
REFU SOL 13K	12.4kW TL; SW 3ph	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97.5\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 420V - 850V $I_{DC\max}=30A$	IP 65 T_{amb} -25°C..+55°C Gar. k:A
REFU SOL 17K	16.5kW TL; SW 3ph	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97.8\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 460V - 850V $I_{DC\max}=37A$	IP 65 T_{amb} -25°C..+55°C Gar. k:A
REFU SOL 20K	19.2kW TL; SW 3ph	$\eta_{\max}=98.2\%$; $\eta_{EU}=97.8\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 480V - 850V $I_{DC\max}=41A$	IP 65 T_{amb} -25°C..+55°C Gar. k:A
REFU SOL 100	100kW NF; ZW 3ph	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=850V$; U_{mpp} 460V - 680V $I_{DC\max}=240A$	IP 21 (optional 54) T_{amb} -10°C..+45°C Gar. k:A
REFU SOL 160	160kW NF; ZW 3ph	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=850V$; U_{mpp} 460V - 680V $I_{DC\max}=375A$	IP 21 (optional 54) T_{amb} -10°C..+40°C Gar. k:A
REFU SOL 500	500kW TL; ZW 3ph	$\eta_{\max}=98.14\%$; $\eta_{EU}=97.6\%$ $U_{DC\max}=950V$; U_{mpp} 460V - 836V $I_{DC\max}=1000A$	IP 21 (optional 54) T_{amb} -10°C..+45°C Gar. k:A
REFU SOL 630	630kW TL; ZW 3ph	$\eta_{\max}=98.14\%$; $\eta_{EU}=97.6\%$ $U_{DC\max}=950V$; U_{mpp} 460V - 836V $I_{DC\max}=1300A$	IP 21 (optional 54) T_{amb} -10°C..+45°C Gar. k:A
Satcon (International)			
PowerGate® Plus 100kw	100kW NF; ZW 3ph	$\eta_{\max}=96.7\%$; $\eta_{EU}=k.A.$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 420V - 720V $I_{DC\max}=248A$	IP 44 T_{amb} -20°C..+50°C Gar. 5J (bis 20J)
PowerGate® Plus 250kw	250kW NF; ZW 3ph	$\eta_{\max}=96.7\%$; $\eta_{EU}=k.A.$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 420V - 720V $I_{DC\max}=620A$	IP 44 T_{amb} -20°C..+50°C Gar. 5J (bis 20J)
PowerGate® Plus 500kw	500kW NF; ZW 3ph	$\eta_{\max}=96.5/97.6\%$; $\eta_{EU}=k.A.$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 420V - 720V $I_{DC\max}=1228A$	IP 44 T_{amb} -20°C..+50°C Gar. 5J (bis 20J)
PowerGate® Plus 1000kw	1000kW TL; ZW 3ph	$\eta_{\max}=97.8\%$; $\eta_{EU}=k.A.$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 420V - 720V $I_{DC\max}=2442A$	IP 44 T_{amb} -20°C..+50°C Gar. 5J (bis 20J)
SIAC S.r.l. (I)			
SOLEI 1,5	1.65kW TL SW	$\eta_{\max}=94\%$; $\eta_{EU}=93\%$ $U_{DC\max}=500V$; U_{mpp} 150V - 400V $I_{DC\max}=7.5A$	IP 65, DCS T_{amb} -5°C..+40°C Gar. k:A
SOLEI 2	2.2kW TL SW	$\eta_{\max}=95\%$; $\eta_{EU}=94\%$ $U_{DC\max}=500V$; U_{mpp} 150V - 400V $I_{DC\max}=10A$	IP 65; DCS; T_{amb} -5°C..+40°C Gar. k:A
SOLEI 3	3.3kW TL SW	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=500V$; U_{mpp} 150V - 400V $I_{DC\max}=15A$	IP 65; DCS T_{amb} -5°C..+40°C Gar. k:A
SOLEI 4	4.4kW TL SW	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=500V$; U_{mpp} 180V - 400V $I_{DC\max}=20A$	IP 65; DCS T_{amb} -5°C..+40°C Gar. k:A

Hersteller (Land) Modell	Hauptdaten	Elektrische Eigenschaften	Besondere Eigenschaften
SOLEI 6	6.6kW TL SW	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 180V - 480V $I_{DC\max}=21A$	IP 65; DCS T_{amb} -5°C..+40°C Gar. k:A
SOLEI 10	9kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=93\%$; $\eta_{EU}=92\%$ $U_{DC\max}=780V$; U_{mpp} 330V - 625V $I_{DC\max}=35A$	IP 21; DCS T_{amb} -5°C..+40°C Gar. k:A
SOLEI 15	13.5kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=93.8\%$; $\eta_{EU}=92.2\%$ $U_{DC\max}=780V$; U_{mpp} 330V - 625V $I_{DC\max}=50A$	IP 21; DCS T_{amb} -5°C..+40°C Gar. k:A
SOLEI 20	18kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=94.2\%$; $\eta_{EU}=92.7\%$ $U_{DC\max}=780V$; U_{mpp} 330V - 625V $I_{DC\max}=70A$	IP 21; DCS T_{amb} -5°C..+40°C Gar. k:A
SOLEI 25	22.5kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=94.4\%$; $\eta_{EU}=93\%$ $U_{DC\max}=780V$; U_{mpp} 330V - 625V $I_{DC\max}=85A$	IP 21; DCS T_{amb} -5°C..+40°C Gar. k:A
SOLEI 30	27kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=94.5\%$; $\eta_{EU}=93.1\%$ $U_{DC\max}=780V$; U_{mpp} 330V - 625V $I_{DC\max}=100A$	IP 21; DCS T_{amb} -5°C..+40°C Gar. k:A
SOLEI 40	36kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=95.1\%$; $\eta_{EU}=93.7\%$ $U_{DC\max}=780V$; U_{mpp} 330V - 625V $I_{DC\max}=125A$	IP 21; DCS T_{amb} -5°C..+40°C Gar. k:A
SOLEI 50	45kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=95.1\%$; $\eta_{EU}=93.7\%$ $U_{DC\max}=780V$; U_{mpp} 330V - 625V $I_{DC\max}=150A$	IP 21; DCS T_{amb} -5°C..+40°C Gar. k:A
SOLEI 80	72kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=95.5/96.3\%$; $\eta_{EU}=94.1/94.9\%$ $U_{DC\max}=780V$; U_{mpp} 330V - 625V $I_{DC\max}=245A$	IP 21; DCS T_{amb} -5°C..+40°C Gar. k:A
SOLEI 100	90kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=96.7/96.7\%$; $\eta_{EU}=95.4/95.5\%$ $U_{DC\max}=780V$; U_{mpp} 330V - 625V $I_{DC\max}=305A$	IP 21; DCS T_{amb} -5°C..+40°C Gar. k:A
SOLEI 125	112.5kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=96.7/97\%$; $\eta_{EU}=95.4/95.8\%$ $U_{DC\max}=780V$; U_{mpp} 330V - 625V $I_{DC\max}=380A$	IP 21; DCS T_{amb} -5°C..+40°C Gar. k:A
SOLEI 200	157.5kW; ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=96.5/97.3\%$; $\eta_{EU}=95.2/96\%$ $U_{DC\max}=780V$; U_{mpp} 330V - 625V $I_{DC\max}=500A$	IP 21; DCS T_{amb} -5°C..+40°C Gar. k:A
SOLEI 250	225kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=96.5/97.3\%$; $\eta_{EU}=95.4/96.1\%$ $U_{DC\max}=780V$; U_{mpp} 330V - 625V $I_{DC\max}=750A$	IP 21; DCS T_{amb} -5°C..+40°C Gar. k:A
SOLEI 400	360kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=96.5/97.5\%$; $\eta_{EU}=95.4/96.3\%$ $U_{DC\max}=780V$; U_{mpp} 330V - 625V $I_{DC\max}=1200A$	IP 21; DCS T_{amb} -5°C..+40°C Gar. k:A
SOLEI 500	450kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=96.5/97.5\%$; $\eta_{EU}=95.4/96.3\%$ $U_{DC\max}=780V$; U_{mpp} 330V - 625V $I_{DC\max}=1600A$	IP 21; DCS T_{amb} -5°C..+40°C Gar. k:A
SIEMENS (D)			
PVM10	10kW TL; SW 3ph	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97.4\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 380V - 850V $I_{DC\max}=29A$	IP 65 T_{amb} -25°C..+55°C Gar. 5J

Hersteller (Land) Modell	Hauptdaten	Elektrische Eigenschaften	Besondere Eigenschaften
PVM13	12.4kW TL; SW 3ph	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97.5\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 420V - 850V $I_{DC\max}=30A$	IP 65 T_{amb} -25°C..+55°C Gar. 5J
PVM17	16.5kW TL; SW 3ph	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97.7\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 525V - 850V $I_{DC\max}=32A$	IP 65 T_{amb} -25°C..+55°C Gar. 5J
SINVERT PV 80 LV M	77kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=96.2\%$; $\eta_{EU}=92.4\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 350V - 720V $I_{DC\max}=3 * 80A$	IP k.A.; T_{amb} 0°C..+50°C Gar. k:A
SINVERT PV 80 LV M	77kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=96.2\%$; $\eta_{EU}=92.4\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 350V - 720V $I_{DC\max}=3 * 80A$	IP k.A. T_{amb} 0°C..+50°C Gar. k:A
SMA (D)			
Sunny Boy SB 2000HF-30	2kW HF 2 SW	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=700V$; U_{mpp} 175V - 560V $I_{DC\max}=12A$	ESS; VP T_{amb} -25°C..+60°C Gar. 5J (bis 25J); Int
Sunny Boy SB 2500HF-30	2.5kW HF 2 SW	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=700V$; U_{mpp} 175V - 560V $I_{DC\max}=15A$	ESS; VP T_{amb} -25°C..+60°C Gar. 5J (bis 25J); Int
Sunny Boy SB 3000HF-30	3kW HF 2 SW	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=700V$; U_{mpp} 175V - 560V $I_{DC\max}=15A$	ESS; VP T_{amb} -25°C..+60°C Gar. 5J (bis 25J); Int
Sunny Tripower 10000TL	10.4kW TL; 3ph 4 SW; 2 MPPT	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97.5\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 150V - 800V $I_{DC\max}=22A / 11A$	ESS; VP T_{amb} -25°C..+60°C Gar. 5J (bis 10J)
Sunny Tripower 12000TL	12.5kW; TL 3ph; 4 SW; 2 MPPT	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97.5\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 150V - 800V $I_{DC\max}=22A / 11A$	ESS; VP T_{amb} -25°C..+60°C Gar. 5J (bis 10J)
Sunny Tripower 15000TL	15.6kW TL; 3ph; 4 SW; 2 MPPT	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97.5\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 150V - 800V $I_{DC\max}=33A / 11A$	ESS; VP T_{amb} -25°C..+60°C Gar. 5J (bis 10J)
Sunny Tripower 17000TL	17.6kW TL; 3ph; 4 SW; 2 MPPT	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97.5\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 150V - 800V $I_{DC\max}=33A / 11A$	ESS; VP T_{amb} -25°C..+60°C Gar. 5J (bis 10J)
Sunny Central SC 400LV	400kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98.2\%$; $\eta_{EU}=98\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 300V - 500V $I_{DC\max}=1400A$	IP 20; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+50°C
Sunny Central SC 400HE	400kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98.6\%$; $\eta_{EU}=98.4\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 450V - 800V $I_{DC\max}=1000A$	IP 20; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+50°C;
Sunny Central SC 630HE	630kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98.6\%$; $\eta_{EU}=98.4\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 500V - 820V $I_{DC\max}=1350A$	IP 20; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+50°C;
SOLUTRONIC (D)			
SOLPLUS 25	2.5kW TL 2 SW	$\eta_{\max}=97.2\%$; $\eta_{EU}=96.6\%$ $U_{DC\max}=850V$; U_{mpp} 345V - 750V $I_{DC\max}=8.7A$	IP 54; DCS Gar. 6J (bis 12) T_{amb} -20°C..+60°C

Hersteller (Land) Modell	Hauptdaten	Elektrische Eigenschaften	Besondere Eigenschaften
SOLPLUS 35	3.8kW TL 2 SW	$\eta_{\max}=97.3\%$; $\eta_{EU}=96.8\%$ $U_{DC\max}=850V$; U_{mpp} 345V - 750V $I_{DC\max}=12.5A$	IP 54; DCS Gar. 6J (bis 12) T_{amb} -20°C..+60°C;
SOLPLUS 50	4.6kW TL 2 SW	$\eta_{\max}=97.4\%$; $\eta_{EU}=97\%$ $U_{DC\max}=850V$; U_{mpp} 345V - 750V $I_{DC\max}=16.2A$	IP 54; DCS Gar. 6J (bis 12) T_{amb} -20°C..+60°C;
SOLPLUS 55	5.5kW TL 2 SW	$\eta_{\max}=97.4\%$; $\eta_{EU}=97\%$ $U_{DC\max}=850V$; U_{mpp} 345V - 750V $I_{DC\max}=17.4A$	IP 54; DCS Gar. 6J (bis 12) T_{amb} -20°C..+60°C
SOLPLUS 100	10kW TL; 3 SW 3 MPPT; 3ph	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97.2\%$ $U_{DC\max}=850V$; U_{mpp} 345V - 750V $I_{DC\max}=13.2A$	IP 65; DCS Gar. 6J (bis 12) T_{amb} -20°C..+60°C
Sputnik (CH)			
SM 330C-SV	330kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 450V - 720V $I_{DC\max}=720A$	IP 20 Gar. 2J (bis 20) T_{amb} -20°C..+40°C
SUNSET Energietechnik GmbH			
SUN3Grid 4000	3.45kW TL 2 SW	$\eta_{\max}=95.7\%$; $\eta_{EU}=94.8\%$ $U_{DC\max}=800V$; U_{mpp} 340V - 600V $I_{DC\max}=11.5A$	IP 21 Gar. 6J (bis 10) T_{amb} k.A.;
SUN3Grid 5000	4.4kW TL 2 SW	$\eta_{\max}=96.3\%$; $\eta_{EU}=94.4\%$ $U_{DC\max}=800V$; U_{mpp} 340V - 600V $I_{DC\max}=14.5A$	IP 21 Gar. 6J (bis 10) T_{amb} k.A.;
SUN3Grid 6000	5.2kW TL 2 SW	$\eta_{\max}=96.3\%$; $\eta_{EU}=94.5\%$ $U_{DC\max}=800V$; U_{mpp} 340V - 600V $I_{DC\max}=18A$	IP 21 Gar. 6J (bis 10) T_{amb} k.A.;
SUNstring® 4000	3.45kW HF 2 SW	$\eta_{\max}=94.5\%$; $\eta_{EU}=93.3\%$ $U_{DC\max}=500V$; U_{mpp} 125V - 400V $I_{DC\max}=30A$	IP 21 Gar. 6J (bis 10) T_{amb} k.A.;
SUNstring® 5000	4.6kW HF 2 SW	$\eta_{\max}=94.5\%$; $\eta_{EU}=93.3\%$ $U_{DC\max}=500V$; U_{mpp} 125V - 400V $I_{DC\max}=43A$	IP 21 Gar. 6J (bis 10) T_{amb} k.A.
SUNGROW (China)			
SG3KTL	3kW TL 3 SW	$\eta_{\max}=97.3\%$; $\eta_{EU}=96.2\%$ $U_{DC\max}=520V$; U_{mpp} 150V - 416V $I_{DC\max}=18A$	IP 65 Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+55°C;
SG4KTL	4kW TL 3 SW	$\eta_{\max}=97.3\%$; $\eta_{EU}=96.5\%$ $U_{DC\max}=520V$; U_{mpp} 150V - 416V $I_{DC\max}=25A$	IP 65 Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+55°C;
SG100K3	100kW ZW; NF 3ph; 4 Strings	$\eta_{\max}=97\%$; $\eta_{EU}=96.4\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 450V - 700V $I_{DC\max}=250A$	IP 20 Gar. k.A.; DCS; ACS T_{amb} -25°C..+55°C

Hersteller (Land) Modell	Hauptdaten	Elektrische Eigenschaften	Besondere Eigenschaften
SG1000KHV	1000kW ZW; NF 3ph; 64 Strings	$\eta_{\max}=97.8\%$; $\eta_{EU}=97.4\%$ $U_{DC\max}=880V$; U_{mpp} 450V - 700V $I_{DC\max}=2400A$	IP 54 Gar. k.A.; DCS; ACS T_{amb} -25°C..+55°C
Sunville (china)			
Sunville ® 4000i	4kW TL SW	$\eta_{\max}=97.5\%$; $\eta_{EU}=97\%$ $U_{DC\max}=550V$; U_{mpp} 125V - 440V $I_{DC\max}=20A$	IP 65 ESS; Gar. k.A. T_{amb} -20°C..+60°C
Sunville ® 5000i	4.6kW TL; 2 SW 2 MPPT	$\eta_{\max}=96.5\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=550V$; U_{mpp} 200V - 440V $I_{DC\max}=15A * 5$	IP 65; ESS Gar. k.A. T_{amb} -20°C..+60°C
Sunville ® 10000	10kW TL; 3 SW 3 MPPT; 3ph	$\eta_{\max}=96.5\%$; $\eta_{EU}=95\%$ $U_{DC\max}=800V$; U_{mpp} 200V - 640V $I_{DC\max}=13A * 3$	IP 65 Gar. k.A. T_{amb} -20°C..+55°C
Sunways (D)			
PT 33 k	33.3kW ZWTL 3ph	$\eta_{\max}=97.8\%$; $\eta_{EU}=97.4\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 420V - 800V $I_{DC\max}$ = k.A.	IP 42 (54) Gar. 5J (bis 20). T_{amb} -25°C..+40°C
NT 2600	2.5kW TL SW	$\eta_{\max}=97.8\%$; $\eta_{EU}=97.4\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 340V - 750V $I_{DC\max}=7.5$	IP 54; DCS Gar. 5J (bis 10). T_{amb} -25°C..+45°C
NT 3700	3.7kW TL SW	$\eta_{\max}=97.8\%$; $\eta_{EU}=97.4\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 340V - 750V $I_{DC\max}=11$	IP 54; DCS Gar. 5J (bis 10). T_{amb} -25°C..+45°C
NT 4200	4.2kW TL SW	$\eta_{\max}=97.8\%$; $\eta_{EU}=97.3\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 340V - 750V $I_{DC\max}=13$	IP 54; DCS Gar. 5J (bis 10). T_{amb} -25°C..+45°C
NT 5000	4.6kW TL SW	$\eta_{\max}=97.8\%$; $\eta_{EU}=97.2\%$ $U_{DC\max}=900V$; U_{mpp} 340V - 750V $I_{DC\max}=18$	IP 54; DCS Gar. 5J (bis 10). T_{amb} -25°C..+45°C
Sustainable Energy Technologies LTD (CAN)			
Sunnergy ELV 230	5kW NF SW	$\eta_{\max}=95\%$; $\eta_{EU}=94\%$ $U_{DC\max}=135V$; U_{mpp} 50V - 95V $I_{DC\max}=108A$	IP k.A. Gar. 7J (bis 20) T_{amb} -25°C..+50°C;
Sunnergy LV 230	5kW NF SW	$\eta_{\max}=95\%$; $\eta_{EU}=94\%$ $U_{DC\max}=150V$; U_{mpp} 70V - 130V $I_{DC\max}=77A$	IP k.A. Gar. 7J (bis 20) T_{amb} -25°C..+50°C
TENESOL (F)			
EI2000	2kW NF SW	$\eta_{\max}=95.5\%$; $\eta_{EU}=93.8\%$ $U_{DC\max}=540V$; U_{mpp} 150V - 430V $I_{DC\max}=15A$	IP 65 Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+60°C; Int.
EI2500	2.5kW NF SW	$\eta_{\max}=95.6\%$; $\eta_{EU}=94.6\%$ $U_{DC\max}=540V$; U_{mpp} 150V - 430V $I_{DC\max}=18.3A$	IP 65 Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+60°C; Int.

Hersteller (Land) Modell	Hauptdaten	Elektrische Eigenschaften	Besondere Eigenschaften
EI3300	3.3kW NF SW	$\eta_{\max}=96\%$; $\eta_{EU}=94.8\%$ $U_{DC\max}=540V$; U_{mpp} 150V - 430V $I_{DC\max}=24A$	IP 65 Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+70°C; Int.
EI5000	5kW NF SW	$\eta_{\max}=95.6\%$; $\eta_{EU}=94.6\%$ $U_{DC\max}=540V$; U_{mpp} 150V - 430V $I_{DC\max}=36.6A$	IP 65 Gar. k.A. T_{amb} -25°C..+60°C; Int.
TMEIC (JP)			
PVF-T250	250kW ZW; NF 3ph	$\eta_{\max}=96.5\%$; $\eta_{EU}=k.A.\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 320V - 480V $I_{DC\max}=k.A.$	IP k.A. Gar. k.A. T_{amb} -5°C..+40°C
PVF-L0250	250kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=97.5\%$; $\eta_{EU}=k.A.\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 320V - 480V $I_{DC\max}=k.A.$	IP k.A. Gar. k.A. T_{amb} -5°C..+40°C
PVF-L0500	500kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=97.5\%$; $\eta_{EU}=k.A.\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 320V - 480V $I_{DC\max}=k.A.$	IP k.A. Gar. k.A. T_{amb} -5°C..+40°C
PVF-L0750	750kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=97.5\%$; $\eta_{EU}=k.A.\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 320V - 480V $I_{DC\max}=k.A.$	IP k.A. Gar. k.A. T_{amb} -5°C..+40°C
PVF-L1000	1000kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=97.5\%$; $\eta_{EU}=k.A.\%$ $U_{DC\max}=600V$; U_{mpp} 320V - 480V $I_{DC\max}=k.A.$	IP k.A. Gar. k.A. T_{amb} -5°C..+40°C
Voltwerk (D)			
VS 8	8kW TL 3 SW	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=96.2\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 350V - 800V $I_{DC\max}=25A$	IP 65 Gar. k.A. T_{amb} -20°C..+60°C
VS 11	11kW TL 3 SW	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=96.8\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 400V - 800V $I_{DC\max}=30A$	IP 65 Gar. k.A. T_{amb} -20°C..+60°C
VS 15	15kW TL 3 SW	$\eta_{\max}=98\%$; $\eta_{EU}=97.2\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 450V - 800V $I_{DC\max}=35A$	IP 65 Gar. k.A. T_{amb} -20°C..+60°C
VC WL 110	100kW TL ZW;	$\eta_{\max}=97.6\%$; $\eta_{EU}=97\%$ $U_{DC\max}=965V$; U_{mpp} 493V - 780V $I_{DC\max}=223A$	IP 20; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -20°C..+40°C
VC WL 280	250kW TI ZW;	$\eta_{\max}=97.5\%$; $\eta_{EU}=96.8\%$ $U_{DC\max}=965V$; U_{mpp} 493V - 780V $I_{DC\max}=568A$	IP 20; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -20°C..+40°C
VC WL 300	270kW TL ZW;	$\eta_{\max}=98.8\%$; $\eta_{EU}=98.2\%$ $U_{DC\max}=965V$; U_{mpp} 530V - 780V $I_{DC\max}=566A$	IP 20; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -20°C..+40°C
Xantrex (CAN)			
GT630E	630kW ZWTL-M 3ph	$\eta_{\max}=98.6\%$; $\eta_{EU}=98.1\%$ $U_{DC\max}=1000V$; U_{mpp} 575V - 752V $I_{DC\max}=1120A$	IP 20; DCS; ACS Gar. k.A. T_{amb} -10°C..+45°C

Anhang D - Übersichtstabelle für Inselwechselrichter (IWR)

Hersteller (Land) Modell	Hauptdaten	Elektrische Eigenschaften	Besondere Eigenschaften
Ingeteam (E)			
Hybrid	Sin NF IWR USV	$U_{DC}=120V$ $P\ 10/-/-\ kVA$ $\eta_{max}93\ \%$ $I_{DCmax}=100A$; EV k.A	IP 20; $T_{amb}\ -10^{\circ}C..45^{\circ}C$ Gar. 3J (bis 25) PVLR-MPPT; Gen; WindLR
Hybrid MS	Sin; NF; IWR USV; 3ph Master Slave mit bis zu 4 Module	$U_{DC}=240V\ bis\ 500V$ $P\ 30/-/-\ kVA$; $\eta_{max}96\ \%$ $I_{DCmax}=100A$; EV k.A	IP 20; $T_{amb}\ -10^{\circ}C..45^{\circ}C$ Gar. 3J (bis 25) PVLR-MPPT; Gen; WindLR
JINGEN (China)			
PISC-30-48	Sin NF IWR USV	$U_{DC}=48V$ $P\ 3/-/-\ kVA$ $\eta_{max}91\ \%$ $I_{DCmax}=k.A.$; EV k.A	IP k.A. $T_{amb}\ k.A.$; Gar. k.A. PVLR
PISC-30-96	Sin NF IWR	$U_{DC}=96V$ $P\ 3/-/-\ kVA$; $\eta_{max}91\ \%$; $I_{DCmax}=k.A.$ EV k.A	IP k.A. $T_{amb}\ k.A.$; Gar. k.A. PVLR
KACO (D)			
KI 250	Sin NF IWR	$U_{DC}=12V\ oder\ 24V$ $I_{DCmax}=k.A$ $P\ 0.2/0.25/0.46kVA$ $\eta_{max}91\%$; EV 0/0.5/2W	IP 20. $T_{amb}\ -15^{\circ}C..+60^{\circ}C$; Gar. k.A. PVLR
KI 1000	Sin NF IWR	$U_{DC}=12V\ oder\ 24V$ $I_{DCmax}=k.A$ $P\ 0.8/1/2.2kVA$ $\eta_{max}93\%$; EV 0/1/10W	IP 20. $T_{amb}\ -15^{\circ}C..+60^{\circ}C$; Gar. k.A. PVLR
KI 2000	Sin NF IWR	$U_{DC}=24V\ oder\ 48V$ $I_{DCmax}=k.A$ $P\ 1.6/2/4.8kVA$ $\eta_{max}94\%$; EV 0/1/10W	IP 20. $T_{amb}\ -15^{\circ}C..+60^{\circ}C$ Gar. k.A. PVLR
KLNE (China)			
STI 200	Sin	$U_{DC}=12V$ $P\ 120/132/-\ kVA$ $\eta_{max}92\ \%$ EV -/-/2W	IP20 AS; VP $T_{amb}\ -0^{\circ}C..+45^{\circ}C$ PVLR
STI 500	Sin	$U_{DC}=24V$ $P\ 300/330/-\ kVA$ $\eta_{max}92\ \%$ EV -/-/2W	IP20 AS; VP $T_{amb}\ -0^{\circ}C..+45^{\circ}C$ PVLR

Hersteller (Land) Modell	Hauptdaten	Elektrische Eigenschaften	Besondere Eigenschaften
STI 800	Sin	U _{DC} =24V P 480/528/- kVA $\eta_{\max}$ 92 % EV -/-/2W	IP20 AS; VP T _{amb} -0°C...+45°C PVLR
STI 1000	Sin	U _{DC} =48V P 600/660/- kVA $\eta_{\max}$ 92 % EV -/-/2W	IP20 AS; VP T _{amb} -0°C...+45°C PVLR
Ligao Electrical Appliance Co.,Ltd. (China)			
PI-75	Mod. HF	U _{DC} =12V oder 24V P 75/-/150 VA; $\eta_{\max}$ 85~90 % EV -/-/-W	IP k.A. AS VP T _{amb} k.A.
PI-100	Mod. HF	U _{DC} =12V oder 24V P 100/-/200 VA; $\eta_{\max}$ 85~90 % EV -/-/-W	IP k.A. AS VP T _{amb} k.A.
PI-150	Mod. HF	U _{DC} =12V oder 24V P 150/-/300 VA $\eta_{\max}$ 85~90 % EV -/-/-W	IP k.A. AS VP T _{amb} k.A.
PI-200	Mod. HF	U _{DC} =12V oder 24V P 200/-/400 VA $\eta_{\max}$ 85~90 % EV -/-/-W	IP k.A. AS VP T _{amb} k.A.
PI-250	Mod. HF	U _{DC} =12V oder 24V P 250/-/500 VA $\eta_{\max}$ 85~90 % EV -/-/-W	IP k.A. AS VP T _{amb} k.A.
PI-300	Mod. HF	U _{DC} =12V oder 24V P 300/-/600 VA $\eta_{\max}$ 85~90 % EV -/-/-W	IP k.A. AS VP T _{amb} k.A.
PI-350	Mod. HF	U _{DC} =12V oder 24V P 350/-/700 VA $\eta_{\max}$ 85~90 % EV -/-/-W	IP k.A. AS VP T _{amb} k.A.
PI-400	Mod. HF	U _{DC} =12V oder 24V P 400/-/800 VA $\eta_{\max}$ 85~90 % EV -/-/-W	IP k.A. AS VP T _{amb} k.A.
PI (C) -500	Mod. HF	U _{DC} =12V oder 24V P 0.5/-/1 kVA $\eta_{\max}$ 85~90 % EV -/-/-W	IP k.A. AS; VP T _{amb} k.A. Option mit PVLR
PI (C) -600	Mod. HF	U _{DC} =12V oder 24V P 0.6/-/1.2 kVA $\eta_{\max}$ 85~90 % EV -/-/-W	IP k.A. AS; VP T _{amb} k.A. Option mit PVLR

Hersteller (Land) Modell	Hauptdaten	Elektrische Eigenschaften	Besondere Eigenschaften
PI (C) -800	Mod. HF	$U_{DC}=12V$ oder $24V$ $P\ 0.8/-/1.6\ kVA$ $\eta_{max}85\sim90\ \%$ EV -/-/-W	IP k.A. AS; VP T_{amb} k.A. Option mit PVLR
PI (C) -1000	Mod. HF	$U_{DC}=12V$ oder $24V$ $P\ 1/-/2\ kVA$ $\eta_{max}85\sim90\ \%$ EV -/-/-W	IP k.A. AS; VP T_{amb} k.A. Option mit PVLR
PI (C) -1200	Mod. HF	$U_{DC}=12V$ oder $24V$ $P\ 1.2/-/2.4\ kVA$ $\eta_{max}85\sim90\ \%$ EV -/-/-W	IP k.A. AS; VP T_{amb} k.A. Option mit PVLR
PI (C) -1500	Mod. HF	$U_{DC}=12V$ oder $24V$ $P\ 1.5/-/3\ kVA$ $\eta_{max}85\sim90\ \%$ EV -/-/-W	IP k.A. AS; VP T_{amb} k.A. Option mit PVLR
PI (C) -2000	Mod. HF	$U_{DC}=12V$ oder $24V$ $P\ 2/-/4\ kVA$ $\eta_{max}85\sim90\ \%$ EV -/-/-W	IP k.A. AS; VP T_{amb} k.A. Option mit PVLR
PI (C) -3000	Mod. HF	$U_{DC}=12V$ oder $24V$ $P\ 3/-/6\ kVA$ $\eta_{max}85\sim90\ \%$ EV -/-/-W	IP k.A. AS; VP T_{amb} k.A. Option mit PVLR
PI (C) -4000	Mod. HF	$U_{DC}=12V$ oder $24V$ $P\ 4/-/8\ kVA$ $\eta_{max}85\sim90\ \%$ EV -/-/-W	IP k.A. AS; VP T_{amb} k.A. Option mit PVLR
PI (C) -5000	Mod. HF	$U_{DC}=12V$ oder $24V$ $P\ 5/-/10\ kVA$ $\eta_{max}85\sim90\ \%$ EV -/-/-W	IP k.A. AS; VP T_{amb} k.A. Option mit PVLR
EG-6B10 (C)	Mod. HF	$U_{DC}=12V$ $P\ 0.6/-/1.2\ kVA$ $\eta_{max}85\sim90\ \%$ EV -/-/-W	IP k.A. AS; VP T_{amb} k.A. Option mit PVLR
EG-10B10 (C)	Mod. HF	$U_{DC}=12V$ $P\ 1/-/2\ kVA$ $\eta_{max}85\sim90\ \%$ EV -/-/-W	IP k.A. AS; VP T_{amb} k.A. Option mit PVLR
EG-12B10 (C)	Mod. HF	$U_{DC}=12V$ $P\ 1.2/-/2.4\ kVA$ $\eta_{max}85\sim90\ \%$ EV -/-/-W	IP k.A. AS; VP T_{amb} k.A. Option mit PVLR
OutBack (USA)			

Hersteller (Land) Modell	Hauptdaten	Elektrische Eigenschaften	Besondere Eigenschaften
SMARTRE 2500- 120-240-NA	Sin; NF IWR; USV Backup Netzeinspeisung	$U_{DC}=48V$ $P\ 2.5/3.2/4.8kVA$ $\eta_{max}93\%$ $I_{DCmax}=80A$ EV 1.2/1.4/8W	IP k.A. T_{amb} k.A. Gar. 5J (bis 10) PVLR-MPPT
SMARTRE 3000- 120-240-NA	Sin; NF IWR; USV Backup Netzeinspeisung	$U_{DC}=48V$ $P\ 3/4/5kVA$ $\eta_{max}93\%$ $I_{DCmax}=80A$ EV 1.2/1.4/8W	IP k.A. T_{amb} k.A. Gar. 5J (bis 10) PVLR-MPPT
STUDER INNOTECH (CH)			
Xtender XTM 2500-12	Sin; NF 3ph; IWR USV Backup; Boost	$U_{DC}=12V$ $P\ 1.5/1.5/3.4kVA$ $\eta_{max}93\%$ $I_{DCmax}=70A$ EV 1.2/1.4/8W	IP23 AS $T_{amb}\ -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$; Gar. 2J
Xtender XTM 2400-24	Sin; NF 3ph; IWR USV Backup; Boost	$U_{DC}=24V$ $P\ 2/2.4/6kVA$ $\eta_{max}94\%$; $I_{DCmax}=55A$ EV 1.4/1.6/9W	IP23 AS $T_{amb}\ -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$; Gar. 2J
Xtender XTM 2600-48	Sin; NF 3ph; IWR USV Backup Boost	$U_{DC}=48$ $P\ 2/2.6/6.5kVA$ $\eta_{max}96\%$ $I_{DCmax}=55A$ EV1.8/2/10W	IP23 AS $T_{amb}\ -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$; Gar. 2J
Xtender XTM 3500-24	Sin; NF 3ph; IWR USV Backup Boost	$U_{DC}=24V$ $P\ 3/3.5/9kVA$ $\eta_{max}96\%$ $I_{DCmax}=55A$ EV1.8/2/12W	IP23 AS $T_{amb}\ -20^{\circ}C..+55^{\circ}C$; Gar. 2J
Xantrex (CAN)			
XW Hybrid 6048-230-50	Sin NF 3ph Backup	$U_{DC}=48V$ $P\ 6/-/12kVA$ $\eta_{max}95.4\%$ $I_{DCmax}=131A$ EV k.A.	IP20 AS $T_{amb}\ -25^{\circ}C..+70^{\circ}C$; Gar. 5J
XW Hybrid 4548-230-50	Sin NF 3ph Backup	$U_{DC}=48V$ $P\ 4.5/-/9kVA$ $\eta_{max}95.6\%$ $I_{DCmax}=96A$; EV k.A.	IP20 AS $T_{amb}\ -25^{\circ}C..+70^{\circ}C$; Gar. 5J
XW Hybrid 4024-230-50	Sin NF 3ph Backup	$U_{DC}=24V$ $P\ 4/-/8kVA$ $\eta_{max}94\%$ $I_{DCmax}=178A$ EV k.A.	IP20 AS $T_{amb}\ -25^{\circ}C..+70^{\circ}C$; Gar. 5J