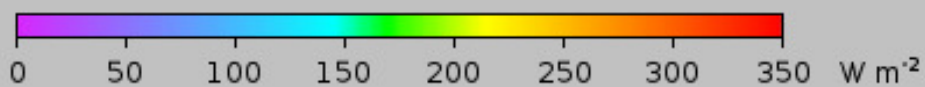
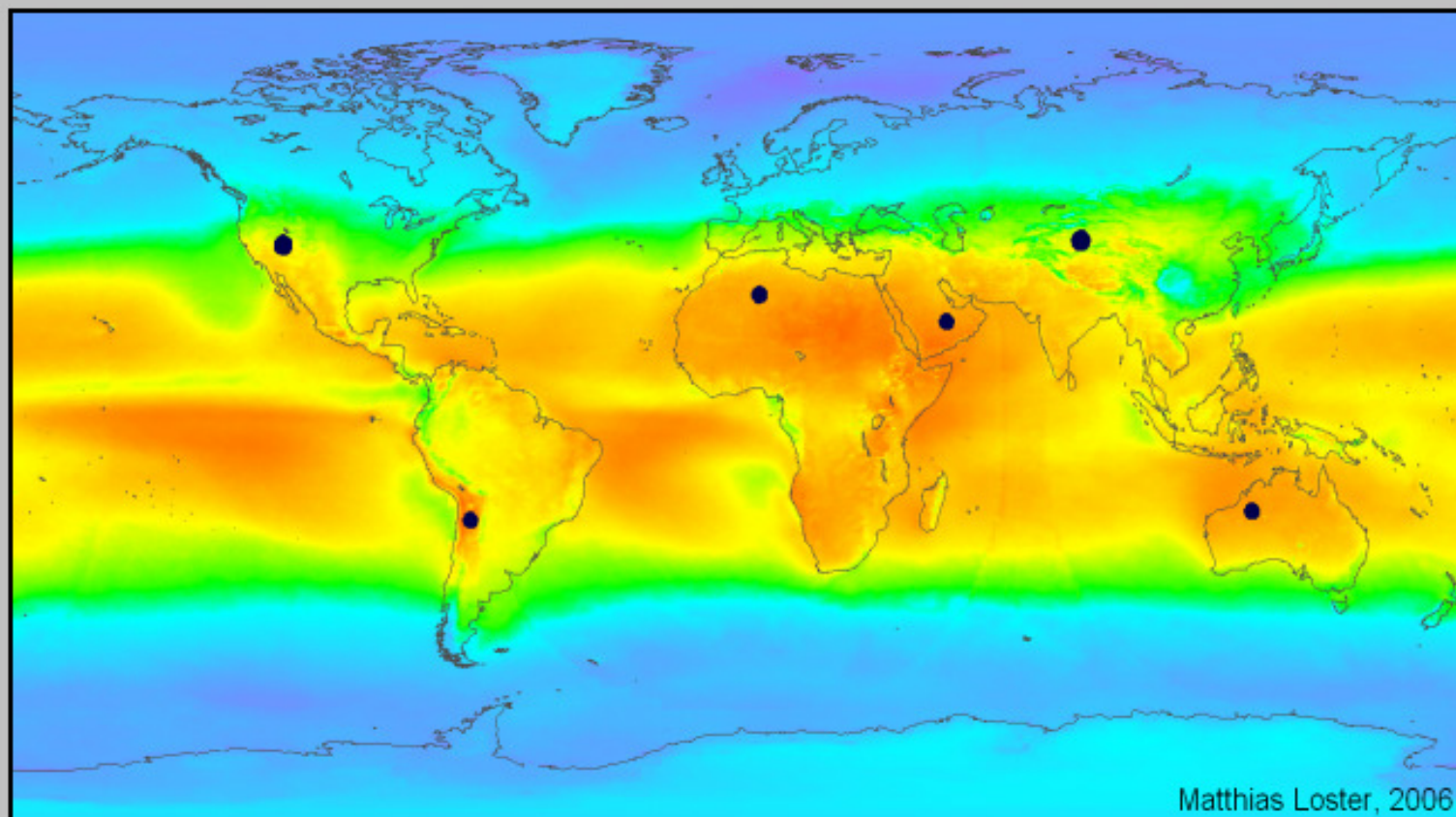
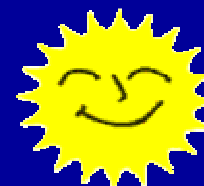


—
—
— **Grundlagen zu Photovoltaik Inselsystemen**
—
—
—

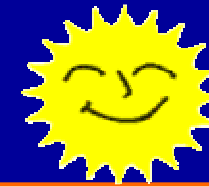
■ 13. September 2007

Globale Einstrahlung

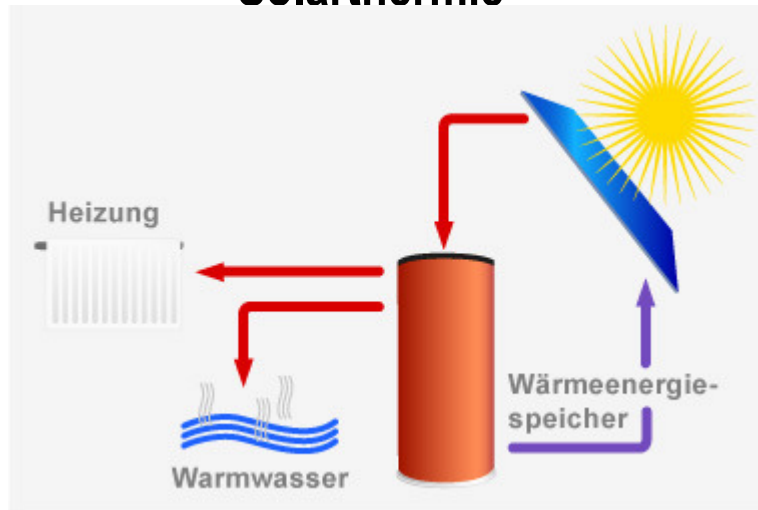


$\Sigma \bullet = 18 \text{ TWe}$

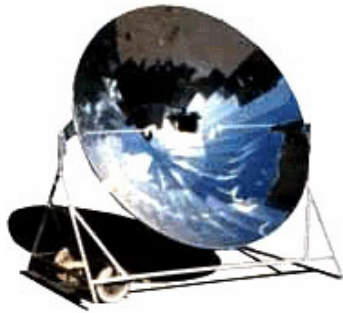
Unterschied Wärme – Strom



Solarthermie

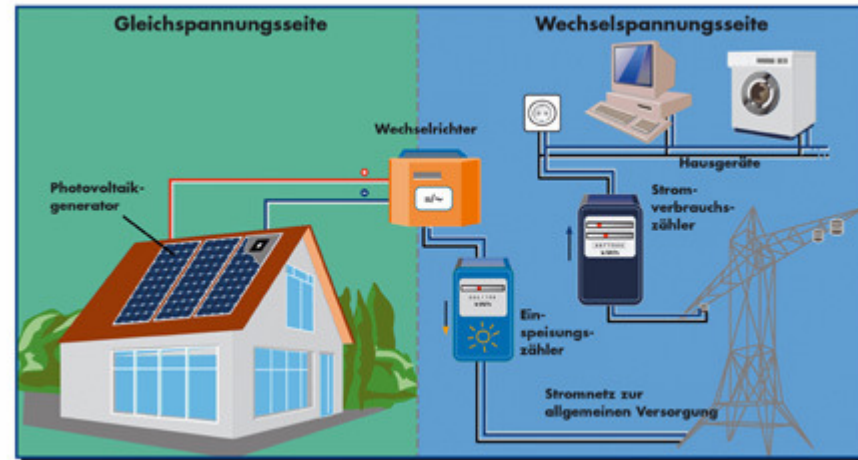


Erzeugt Wärme (oder Kälte)
Wirkungsgrad: 25 - 40 %



Beispiel: Solarkocher und Zeolith Kühlschranks

Photovoltaik

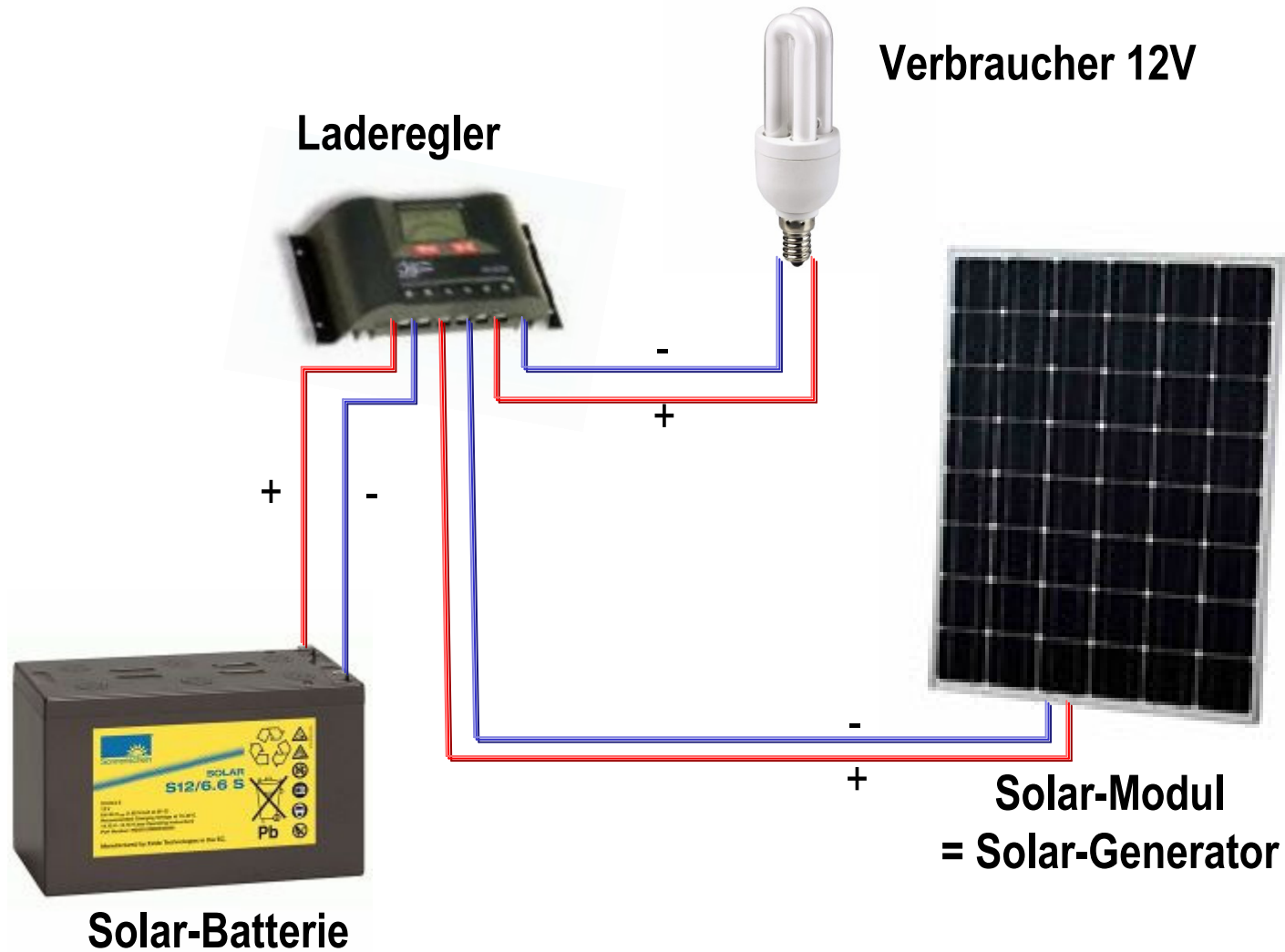
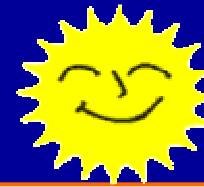


Erzeugt Strom
Wirkungsgrad: 8 – 17%

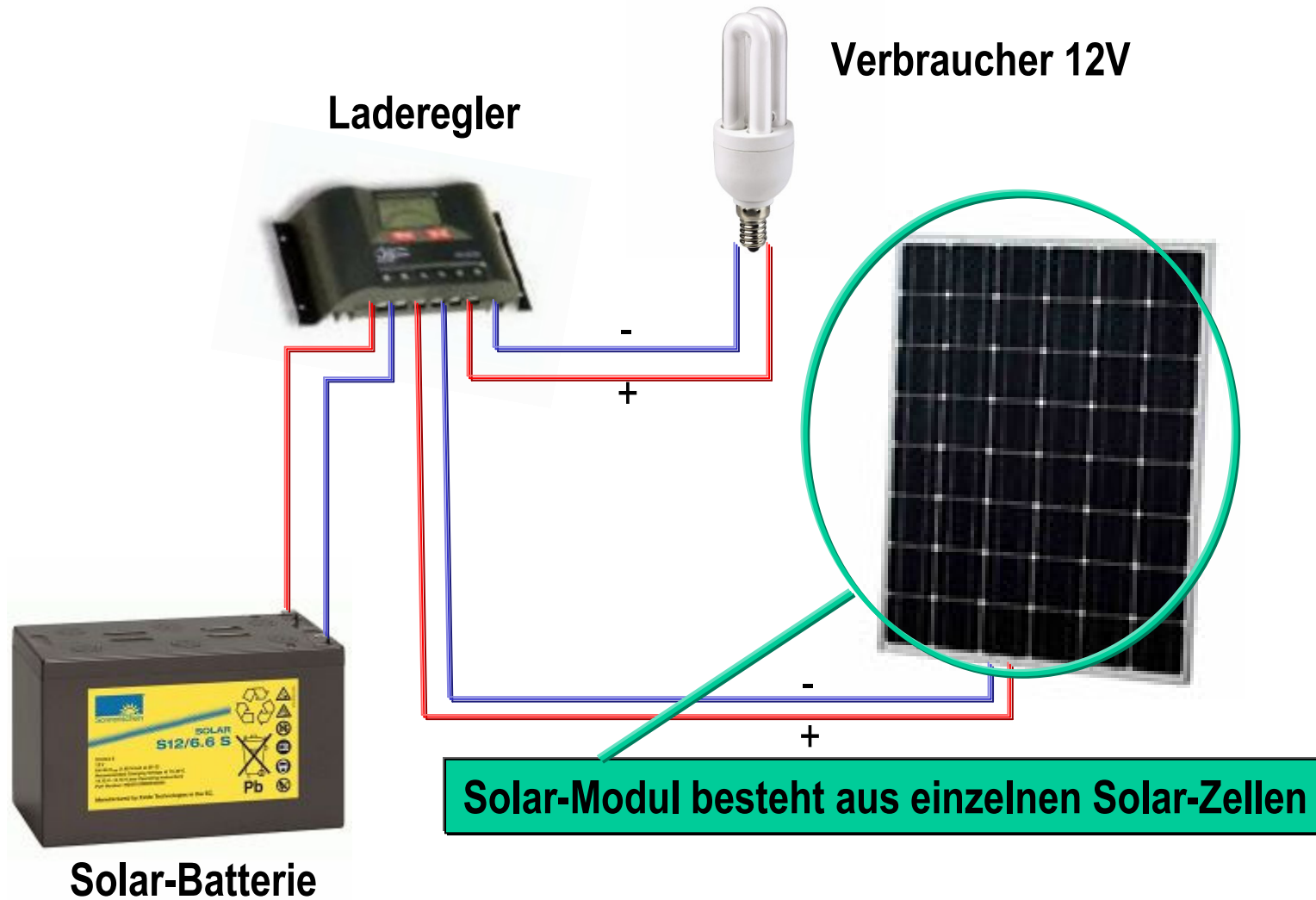
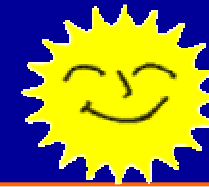


Beispiel: Solar Handyladegerät, Solarlampe

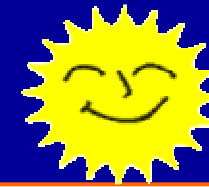
Komponenten eines Inselfsystems



Komponente PV Modul



Vor- und Nachteile

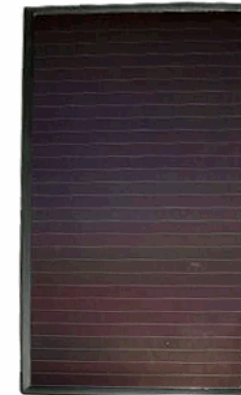


Typ:

Monokristallin

Polykristallin

Dünnschicht



Kennzeichen:

*dunkle Oberfläche,
abgerundete Zellen*

*bläuliche Oberfläche,
quadratische Zellen,
Kristallstruktur erkennbar*

*homogene Oberfläche,
keine Zellen erkennbar, je nach Typ
rötlich, blau oder schwarz schimmernd*

Preis* pro Wp:

ca. 3,20 – 3,60 €

ca. 3,10 – 3,50 €

ca. 2,20 – 3,10 €

Vorteile:

*höchster Wirkungsgrad, am
längsten bewährte Technik*

*sehr hoher Wirkungsgrad,
lang bewährte Technik*

*kostengünstig, gutes
Wärmeverhalten, guter Ertrag bei
diffuser Strahlung*

Nachteile:

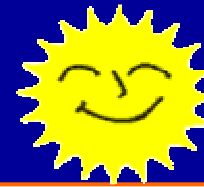
*teuer, schlechtes
Wärmeverhalten*

*teuer, schlechtes
Wärmeverhalten*

*geringerer Wirkungsgrad, altert in
der Regel schneller speziell im 1.
Jahr, z. Teil noch recht junge
Technik*

* Preise beziehen sich auf Standardmodule für Netzeinspeisung (120 Wp -240 Wp), andere Typen kosten bis zu 5 € / Wp !

Faustformeln zum Solarmodul



100 Wp brauchen ca. 1 m² Fläche

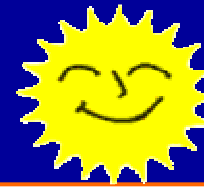
Dieser Leistungswert liegt bei kristallinen Modulen etwas höher und bei Dünnschicht Modulen etwas niedriger



Mit einem Modul von 100 Wp erntet man ca. 100 kWh pro Jahr! Das sind 0,28 kWh jeden Tag!

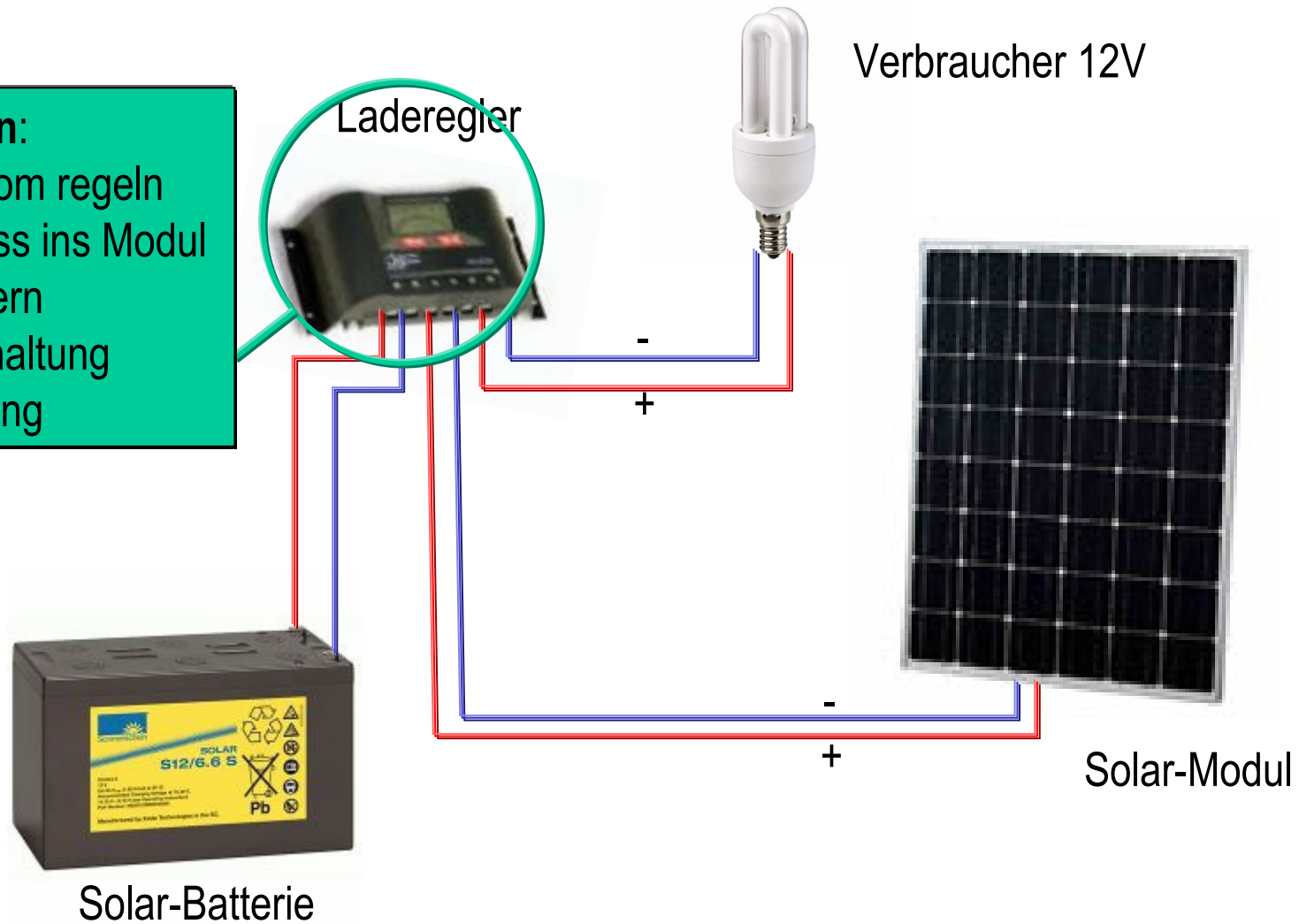
d.h. ein Modul mit **175Wp** Leistung liefert im Jahr **175 kWh** Strom, also ca. **0,5 kWh / Tag**
(Gerechnet bei einer jährlichen Einstrahlung von 1.000 kWh/kWp, entspricht etwa den Verhältnissen in Bayern)

Komponente Laderegler

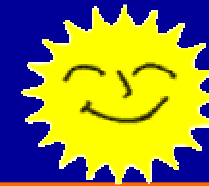


Aufgaben:

- Ladestrom regeln
- Rückfluss ins Modul verhindern
- Ladeerhaltung
- Monitoring



Vor- und Nachteile Laderegler



Typ:

Phocos CML



Phocos CX



MT-MPP



Kennzeichen:

Standardregler mit Lastabschaltung, Modulabschaltung bei Überspannung, LEDs

Regler mit Unterspannungs- und Modulabschaltung, Temperatur gesteuerte Laderegelung, speichert Daten der PV Anlage, Display

regelt auf den optimalen Arbeitspunkt des Moduls

Preis:

ca. 50 € - 100 €

ca. 90 € - 150 €

ca. 230 € – 400 €

Vorteile:

billig, einfachste Technik

preiswert, einfache Technik, Datenlogger, Display, Temperaturanpassung

durch mpp Tracking bis zu 30% mehr Leistung (realistisch in sonnenreichen Ländern 10%)*

Nachteile:

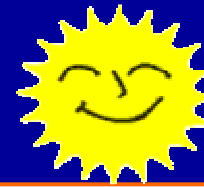
kein mpp, kein Datenlogger, kein Display*

*kein mpp**

teuer, aufwändige Technik

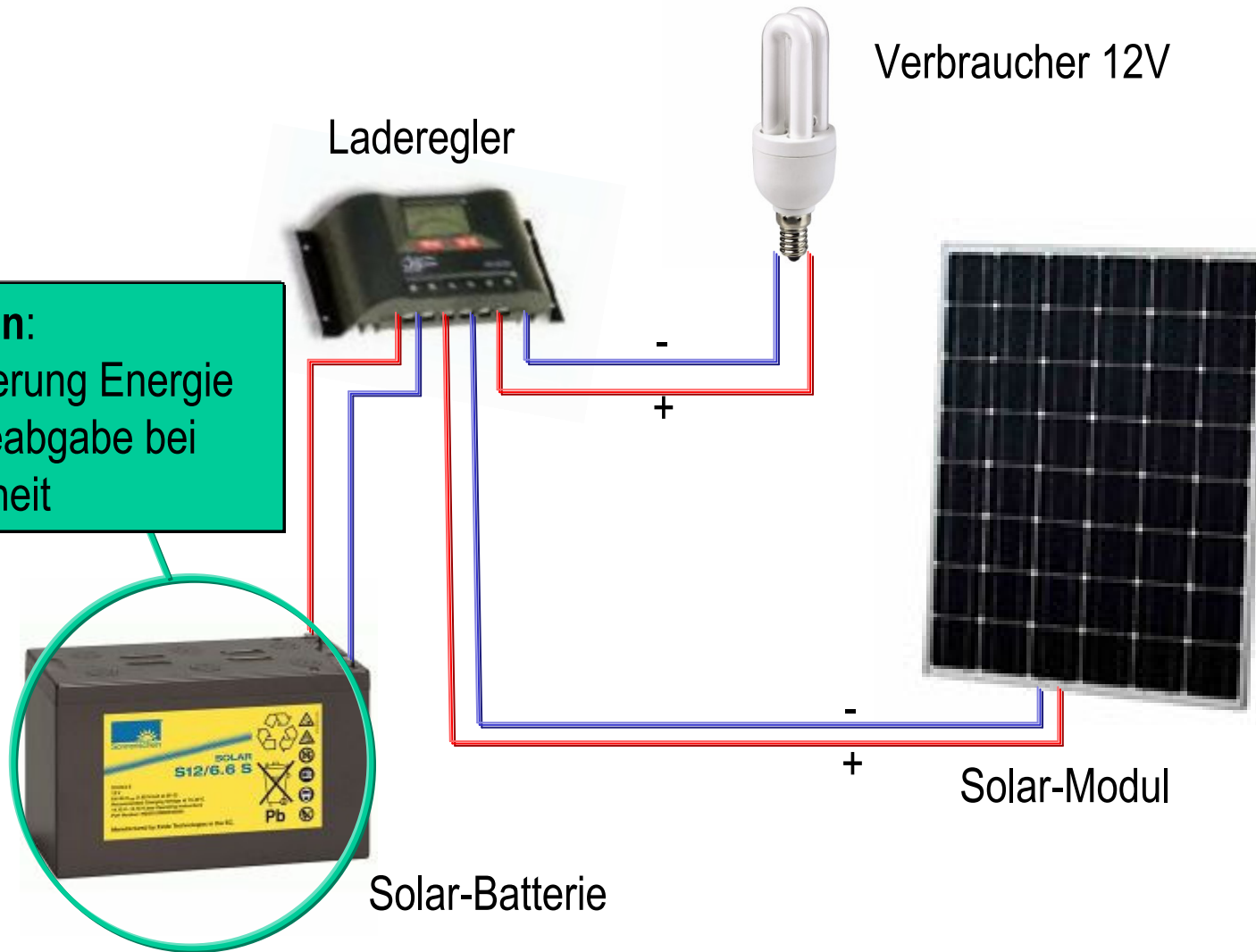
* mpp – maximum power point (Betriebspunkt mit maximaler Leistung)

Komponente Batterie

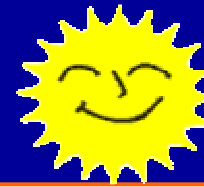


Aufgaben:

- Speicherung Energie
- Energieabgabe bei Dunkelheit



Batterie oder Akku



Typen:

- offene **Blei Säure** Batterie
- geschlossene **Blei Vlies** Batterie
- geschlossene **Blei Gel** Batterie

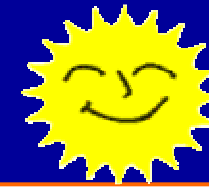
Ausführungen:

- Einzelzelle mit 2V
(höchste Lebensdauer)
- Block mit 12V (= 6 Zellen)



Die Kapazität von Batterien ist temperaturabhängig und sinkt mit steigender Temperatur

Vor- und Nachteile Batterietypen



Typ:

offen

Vlies

Gel



Kennzeichen:

Säure, Verschluss zum Wassernachfüllen

Säure in Vlies gebunden, verschlossenen, Ventil

Säure in Gel gebunden, verschlossen

Lebensdauer:

3 – 5 Jahre

4 – 8 Jahre

4 – 8 Jahre (bis zu 25 Jahre)

Preis pro Ah:

ca. 1,50 – 2,50 €

ca. 1,80 – 3,00 €

ca. 2,00 – 3,00 €

Vorteile:

billig, hohe Stromabgabe, Entladung bis zu 80% möglich

wartungsfrei, mittlere Stromabgabe, hohe Zyklenfestigkeit

wartungsfrei, sehr gut bei geringem Verbrauch über lange Zeit, hohe Zyklenfestigkeit

Nachteile:

Wartung notwendig, niedrige Zyklenfestigkeit

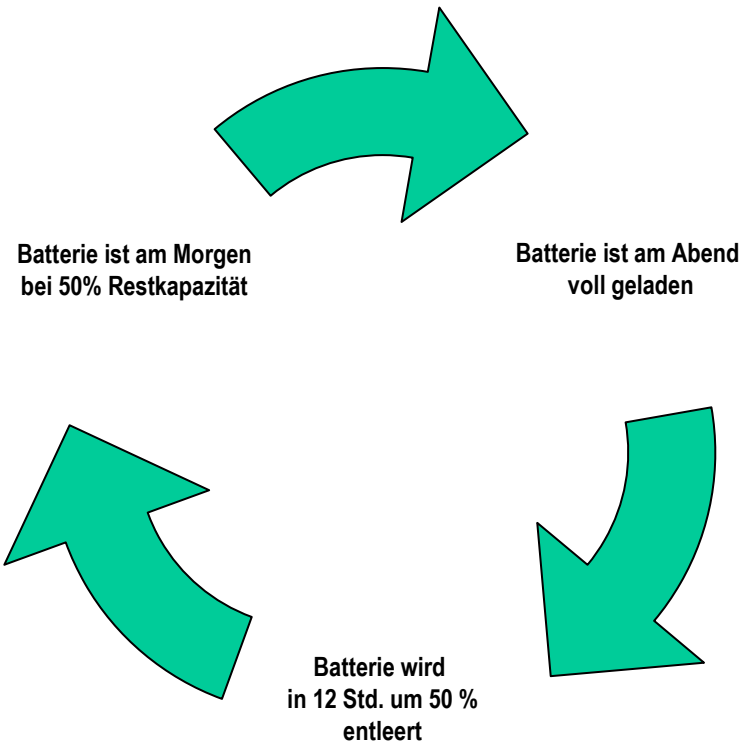
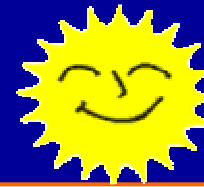
teuer, sollte nur bis 60% entladen werden

teuer, geringe Stromabgabe, sollte nur bis 60% entladen werden

Hinweis:

Eine Mitnahme von Gel Batterien im Flugzeug ist derzeit möglich, aber durch das hohe Gewicht (Pb) teuer

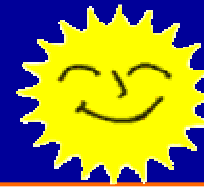
Optimaler Batterie Lade- und Entladezyklus



Unter diesen Bedingungen kann man mit einer hoher Lebensdauer der Solar-Batterie rechnen!

Tiefentladungen wirken sich negativ auf die Lebensdauer aus – daher vermeiden!
Unbedingt Laderegler mit Unterspannungsabschaltung verwenden!

Faustformeln zur Batterie



Ladestrom ca. 1 / 10 der Batteriekapazität.

d.h. eine Batterie mit 100 Ah sollte mit max. 10 A geladen werden



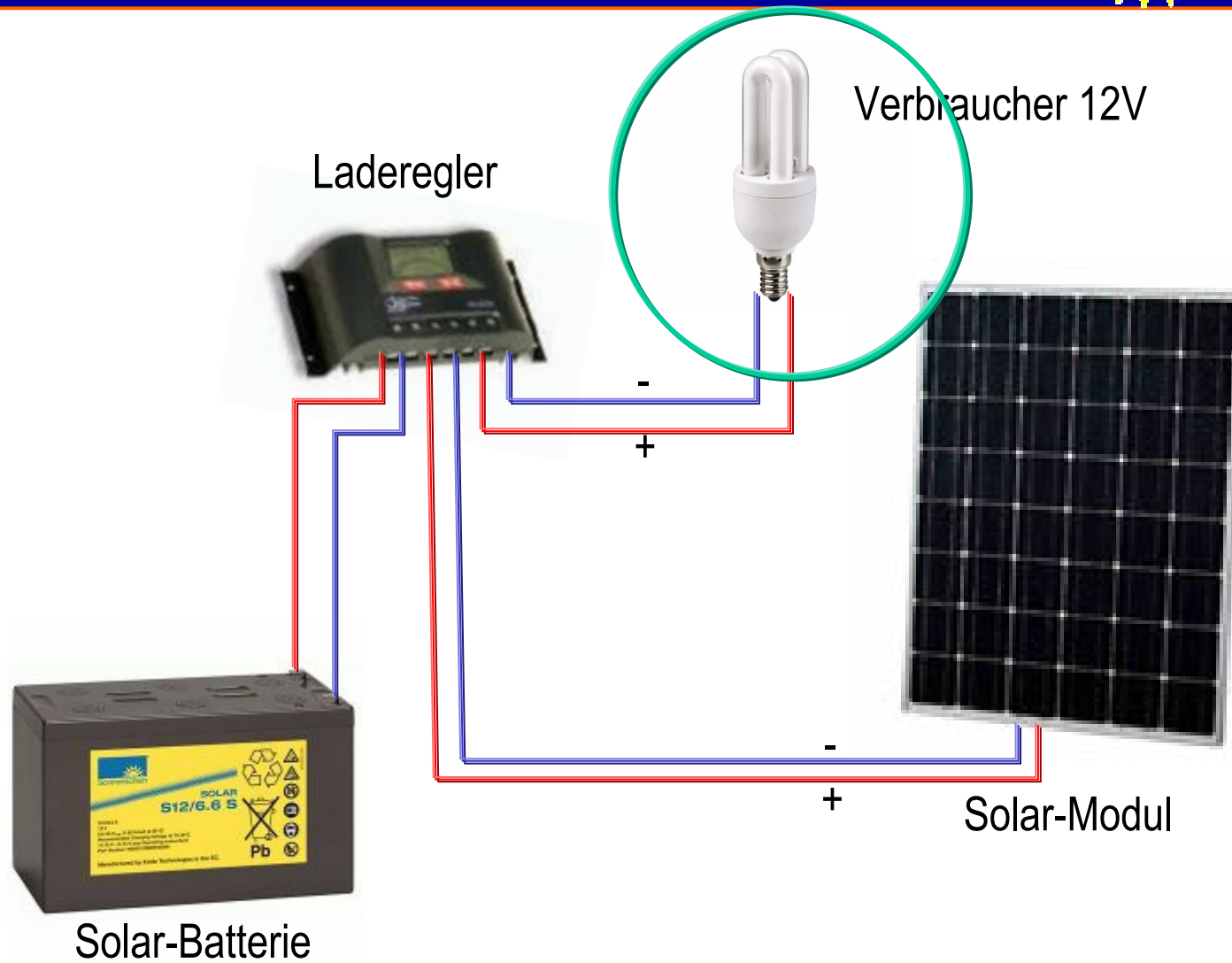
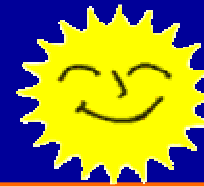
Die Batteriekapazität für ein Modul von 100 Wp sollte mind. 50 Ah bei 12 V betragen.

z.B. Batteriekapazität für ein 175 Wp Modul:

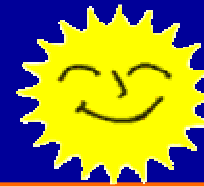
$1,75 * 50 \text{ Ah} = 87 \text{ Ah}$, gewählt wird Batterie 12 V / 100 Ah

d.h. eine halbleere Batterie wird tagsüber wieder vollgeladen

Komponente Verbraucher



Werte von Verbrauchern

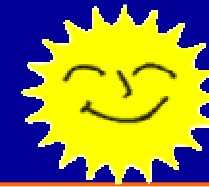


<i>Energiesparlampe</i>	<i>6 - 20 W</i>
<i>Leuchtstoffröhre 1,2m</i>	<i>40 W</i>
<i>Weltempfänger</i>	<i>30 W</i>
<i>TV (36cm) mit Satelliten Receiver</i>	<i>130 W</i>
<i>Kühlschrank Effizienzklasse A (A+)</i>	<i>90 W (70W)</i>
<i>Kühlschrank älteres Modell</i>	<i>150 W und mehr!</i>
<i>Notebook</i>	<i>120 W</i>
<i>Handy-Ladegerät</i>	<i>50 W</i>
<i>Wasserkocher</i>	<i>1500 W</i>
<i>Kopierer ältere Modell</i>	<i>1000 W</i>
<i>Klimagerät</i>	<i>2400 W</i>

Leistung kann dem Typenschild entnommen werden, z.T. Angabe in VA (= W).

Was nicht geht sind elektrische Kochplatten, Wasserkocher, Klimageräte, Fön, etc.

Beispiel: Anlage für Auslands-Mitarbeiter



<i>Bezeichnung</i>	<i>Leistung [W]</i>	<i>Dauer [h]</i>	<i>Verbrauch [Wh]</i>
Lampe 1	12	5	60
Lampe 2	20	2	40
Radio	30	3	90
Notebook	120	2,5	300
Summe	182 W		0,49 kWh

Verbrauch findet am Tag und in der Nacht statt. Daher kann der Batteriespeicher etwas kleiner dimensioniert werden. Gewählt wird: **Modul: 1x 175 W, Batterie: 12 V / 70 Ah, Laderegler 20 A**

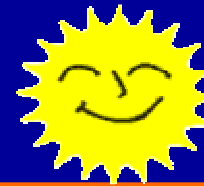
Kosten:

175 * 3,5 € (PV-Modul) + 100 € (Halterung) + 200 € (Batterie) + 150 € (Laderegler) + 70 € (Kabel + Sicherung) + 50 € (Lampen, Schalter) = **1.182,50 € (6,75 € / Wp)**

Gewicht:

17 kg (PV-Modul) + 8 kg (Wanne + Halterung) + 22 kg (Batterie) + 0,5 kg (Laderegler) + 3 kg (Kabel + Sicherung) + 1 kg (Lampen, Schalter) = **51,5 kg**

Beispiel kleine Kranken-Station



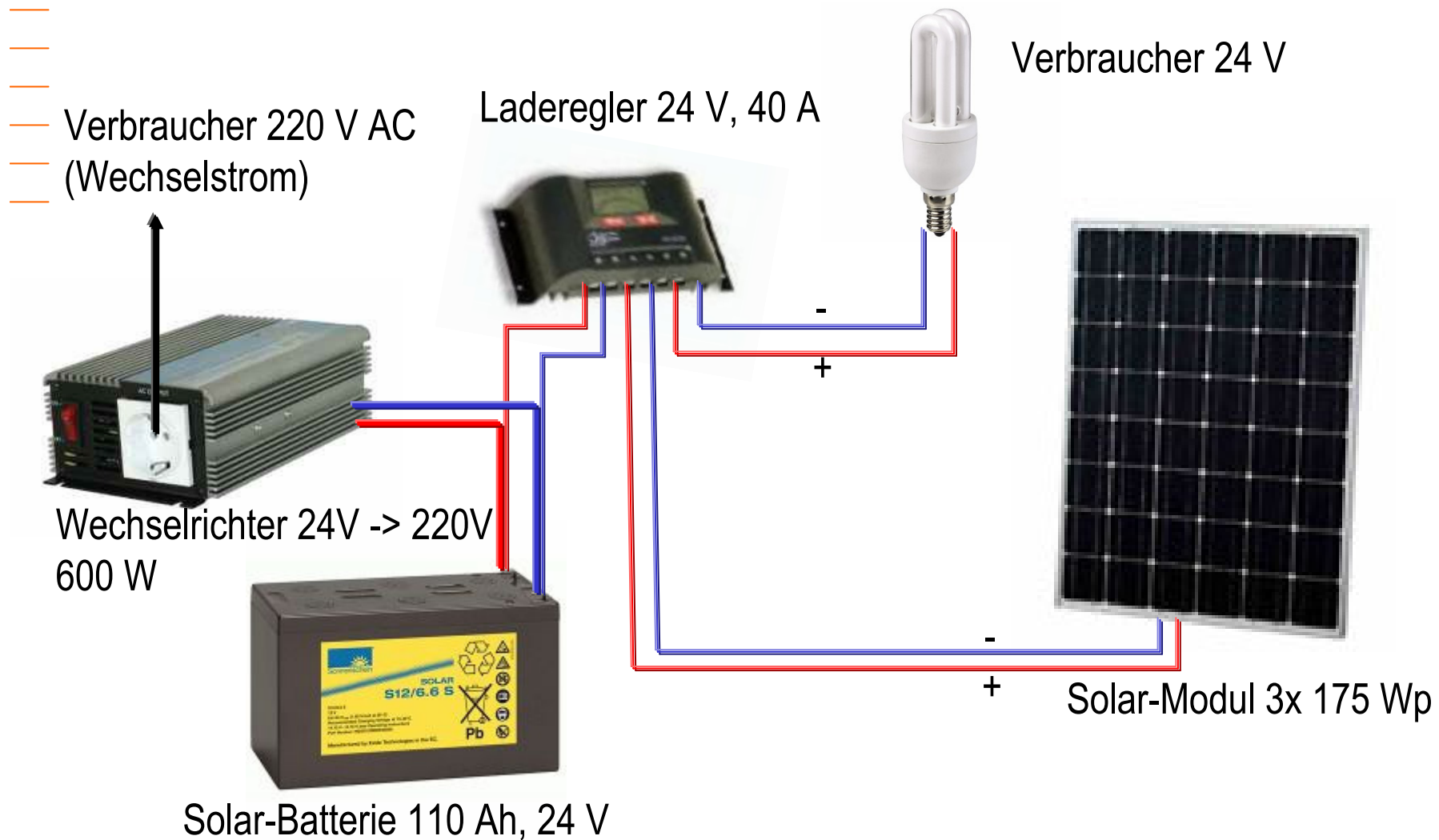
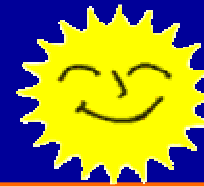
<i>Bezeichnung</i>	<i>Leistung [W]</i>	<i>Dauer [h]</i>	<i>Verbrauch [Wh]</i>
Lampe 1	12	5	60
Lampe 2	20	2	40
Lampe 3	30	3	90
Kühlschrank A+	90	5	450
Medizinisches Gerät	120	3	360
Summe	272 W		1,00 kWh

Verbrauch findet am Tag und in der Nacht statt. Batteriespeicher sollte wegen Kühlschrank auch einen Tag mit wenig Sonne überstehen: **Modul: 3x 175 W, Batterie: 2x 12 V / 110 Ah, Laderegler 40 A, Wechselrichter 600 W (Kosten für 12 V Kühlschrank liegen um ein Vielfaches (!) über 220V Geräten).**

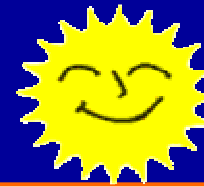
Kosten: 525*3,5 € (Module) + 200 € (Halterung) + 150 € (Laderegler) + 600 € (Batterie) + 300 € (Wechselrichter) + 100 € (Kabel, Sicherung) = **3.288 € (ca. 6,26 € / Wp)**

Gewicht: 51 kg (Module) + 24 kg (Halterung) + 0,5 kg (Laderegler) + 66 kg (Batterie) + 3 kg (Wechselrichter) + 3 kg (Kabel, Sicherung) + 1 kg (Lampen, Schalter) = **148,5 kg**

Aufbau eines Inselsystems für Station



Beispiel Beleuchtung für Schule

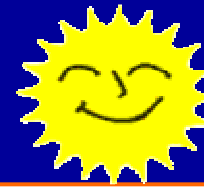


<i>Bezeichnung</i>	<i>Leistung [W]</i>	<i>Dauer [h]</i>	<i>Verbrauch [Wh]</i>
Innenbeleuchtung mit 4 Leuchtstofflampen á 40 W	160	4	640
Außenbeleuchtung mit 2 Leuchtstofflampen á 40W	80	6	480
Summe	270 W		1,12 kWh

Wenn der Verbrauch hauptsächlich in der Dunkelphase stattfindet, muss der Batterie Speicher höher dimensioniert werden. Kosten für 12 V Leuchten liegen wesentlich höher als für 220 V Leuchten, daher ist auch hier die Verwendung eines Wechselrichters sinnvoll.

Anlage mit 3 Modulen á 175Wp, 2x Batterie Gel á 150Ah, Wechselrichter 600W.

Kosten: 525*3,5 € (Module) + 200 € (Halterung) + 150 € (Laderegler) + 800 € (Batterie) + 300 € (Wechselrichter) + 100 € (Kabel, Sicherung) = **3.390 € (ca. 6,46 € / Wp)**



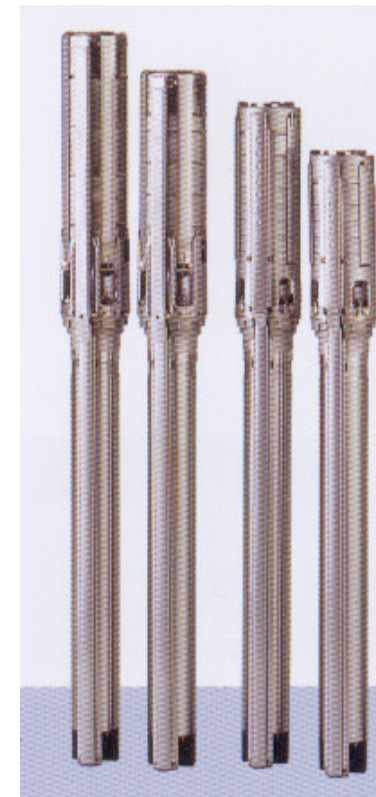
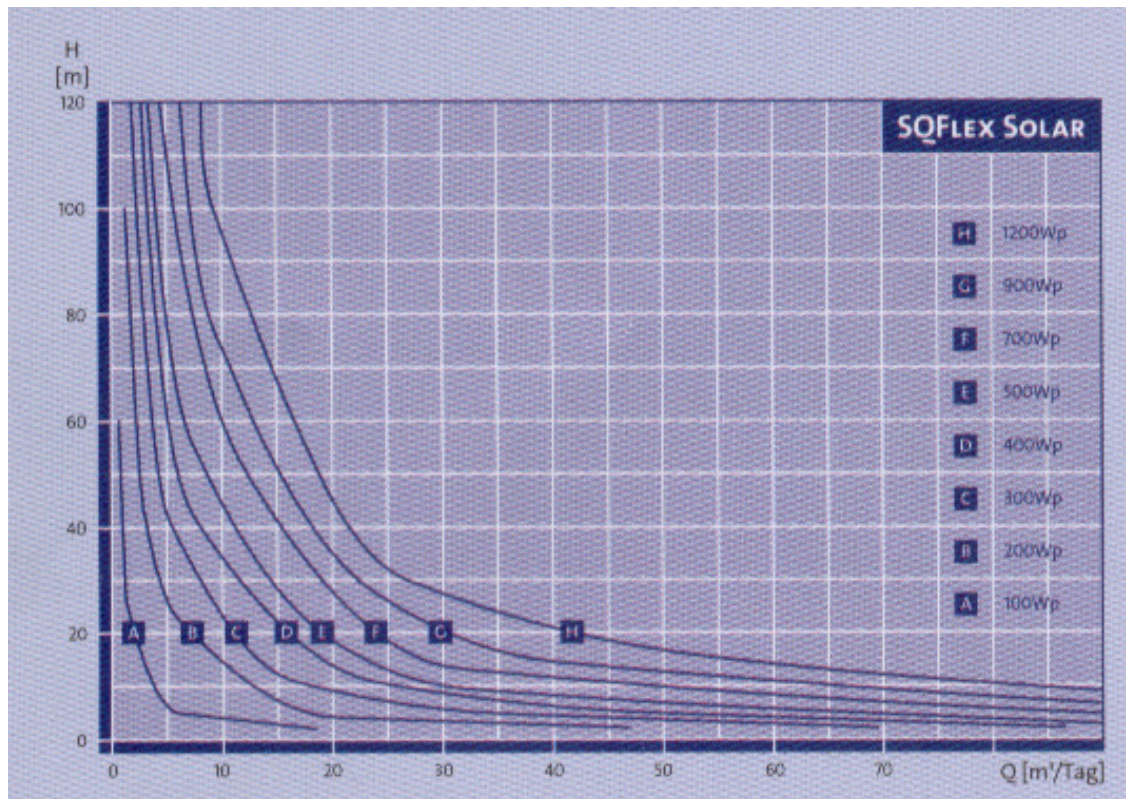
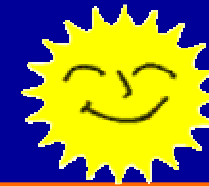
Eine für Wasserförderung optimale Pumpe ist das **SQFlex System** von der Fa. **Grundfos**.

Diese Pumpe beinhaltet eine Elektronik, welche einen direkten Anschluss von PV-Modulen erlaubt. Dadurch sind **keine** weiteren Komponenten mehr notwendig und die Pumpe arbeitet immer im optimalen Arbeitspunkt (mpp tracking).

Die Funktion der Batterie übernimmt der Wasserspeicher.

Für die Auslegung stellt Grundfos eine Software zur Verfügung, mit der Pumpentyp und Anzahl der PV-Module schnell ermittelt werden können.

Beispiel Wasserförderung

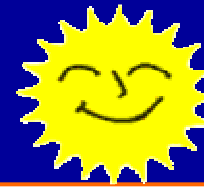


Um z.B. aus 20 m Tiefe 23 m³ Wasser zu fördern

Anlage mit 4 Modulen á 175 Wp = 700 Wp , Pumpe Grundfos SQFlex

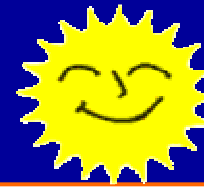
Kosten: 700*3,5 € (Module) + 1.200 € (Pumpe) + 200 € (Kabel) = 3.850 €

Einflussfaktoren auf die Gesamtperformance



- Modul**
- Verschmutzung**
- Temperatur**
- Batterie**
 - Leistung, Temperaturkoeffizient
 - Verschmutzung am Modul mindert die Leistung
 - Leistung des Moduls sinkt mit steigender Temperatur
 - max. Lade- / Entladestrom nicht überschreiten, Tiefentladungen vermeiden, ausreichende Kapazität
 - zulässige Betriebstemperatur von -10° bis 50°C
 - max. Leistung nicht überschreiten
- Laderegler**
- Verbraucher**
 - kontinuierlicher niedriger Verbrauch besser als kurzer starker Verbrauch
- Kabel**
 - zu dünne Querschnitte mindern den Ertrag, sehr wichtig ist UV-Beständigkeit der Kabel!
- Kabelverbindung**
- Vandalismus**
- Auslegung**
 - Solar-Modul kann durch Steinschlag zerstört werden
 - Erfassung des Verbrauchs ist für eine vernünftige Auslegung wichtig!
- Staubschutz**
 - Laderegler, Wechselrichter, Kabelverbindungen in staubdichten Gehäuse

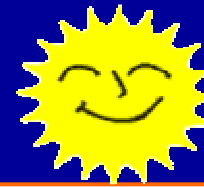
Wichtige Internetadressen



www.photon.de	<i>Fachzeitschrift für Photovoltaik</i>
www.solarserver.de	<i>Solarserver, Internetportal rund um die PV</i>
http://re.jrc.ec.europa.eu/solarrec/index.htm	<i>Sehr detaillierte Strahlenwerte für Europa und Afrika</i>
www.grundfos.com/web/home.de.nsf	<i>Infos zu den Grundfos SQFlex Wasserpumpen, Auslegungssoftware für Pumpen</i>
www.sma.de	<i>Komponenten für große Inselsysteme</i>
www.sonne-und-wind.de	<i>Solarkocher und Kühlschrank</i>
www.n-pv.de	<i>Erklärung wichtiger Begriffe im Glossar</i>

Schlagwörter:

Photovoltaik, Solarzelle, Solarmodul, Standard Test Condition, Batterie, Akkumulator, Gel, Vlies, Laderegler, Solarkabel, Grundfos SQFlex, Strahlungskarte, Inselsystem



—
—
—
—
—
—

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Noch Fragen?

Aufbau des Prototyps mit 24V / 220V

