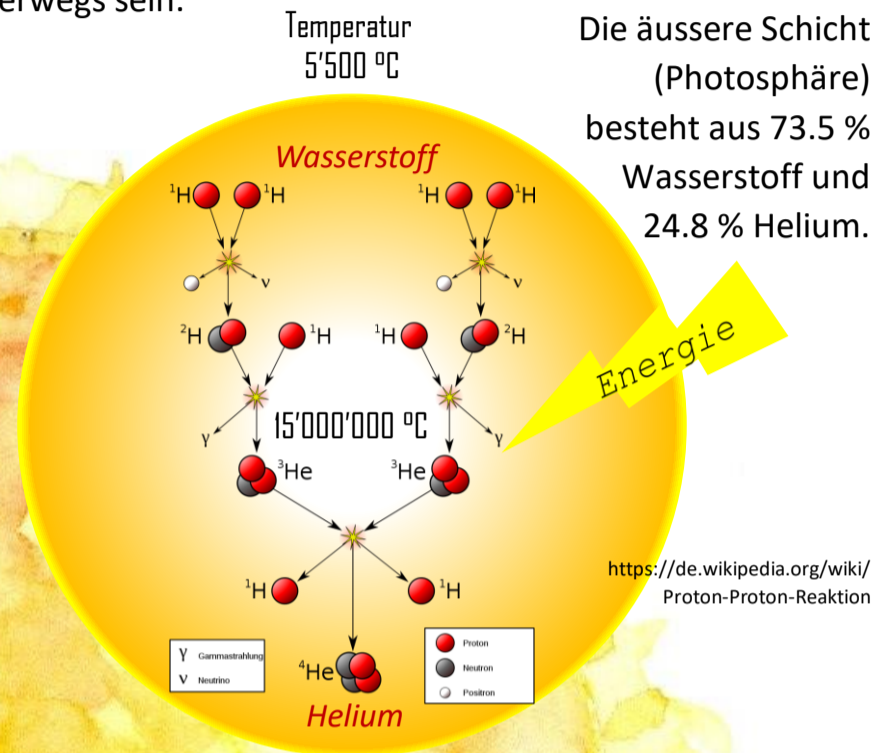
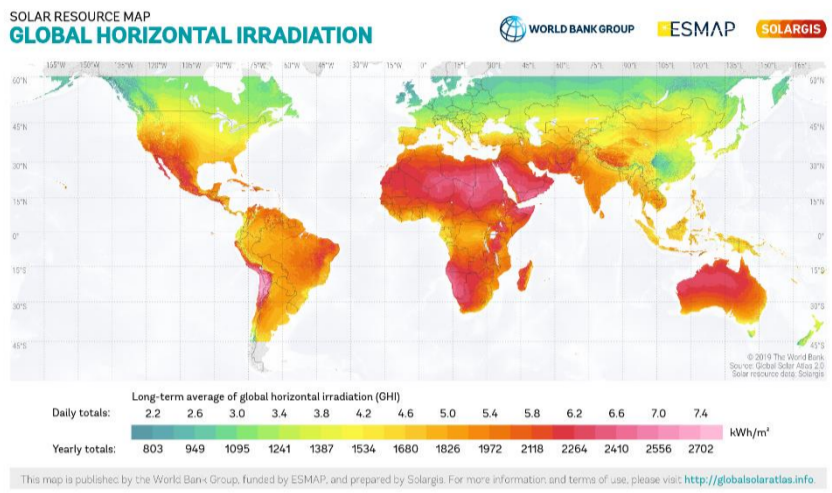


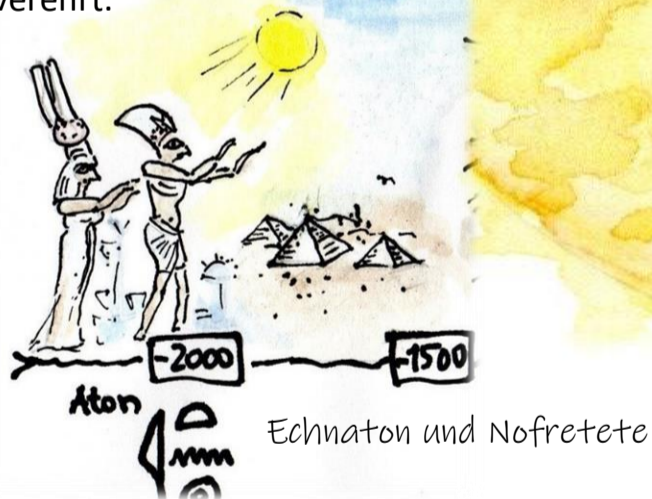
Die Sonne – unsere Energiequelle

Die Sonne ist der Zentralstern unseres Sonnensystems und besitzt 99.86 % von dessen Masse. Ihr Durchmesser ist mit 1.4 Millionen Kilometern etwa 110-mal so gross wie der der Erde. Wäre die Sonne ein Hohlkörper, würde die Erde 960'000-mal hineinpassen. Die Entfernung zur Erde beträgt im Mittel 149.6 Millionen Kilometer. Das ist so weit entfernt, dass das *Licht 8 Minuten und 19 Sekunden bis zur Erde* benötigt. Mit dem Auto würden wir bei einer Geschwindigkeit von 120 km/h gut 142 Jahre bis zur Sonne unterwegs sein.



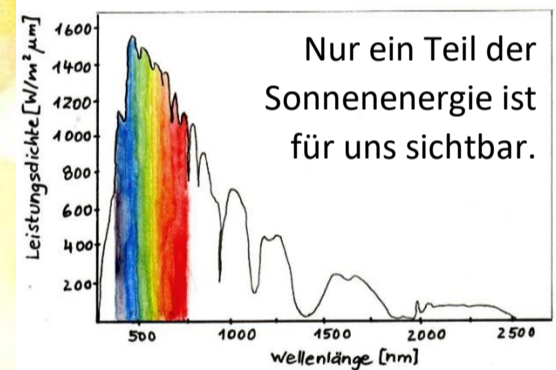
Die Sonne liefert uns an einem einzigen Tag so viel Energie, wie wir in rund 8 Jahren verbrauchen.

Die überragende Bedeutung der Sonne war den Menschen schon früh bewusst, sie wurde als **Gottheit** verehrt.

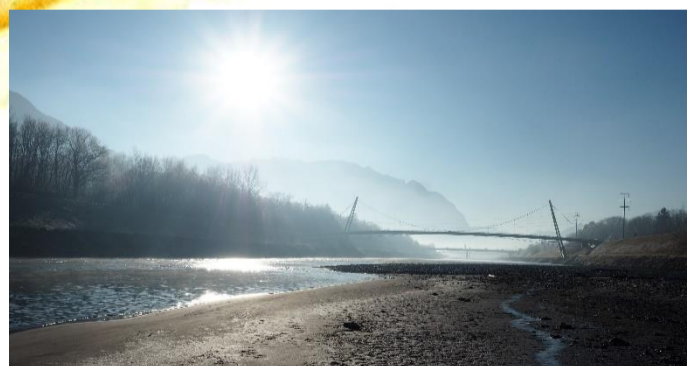
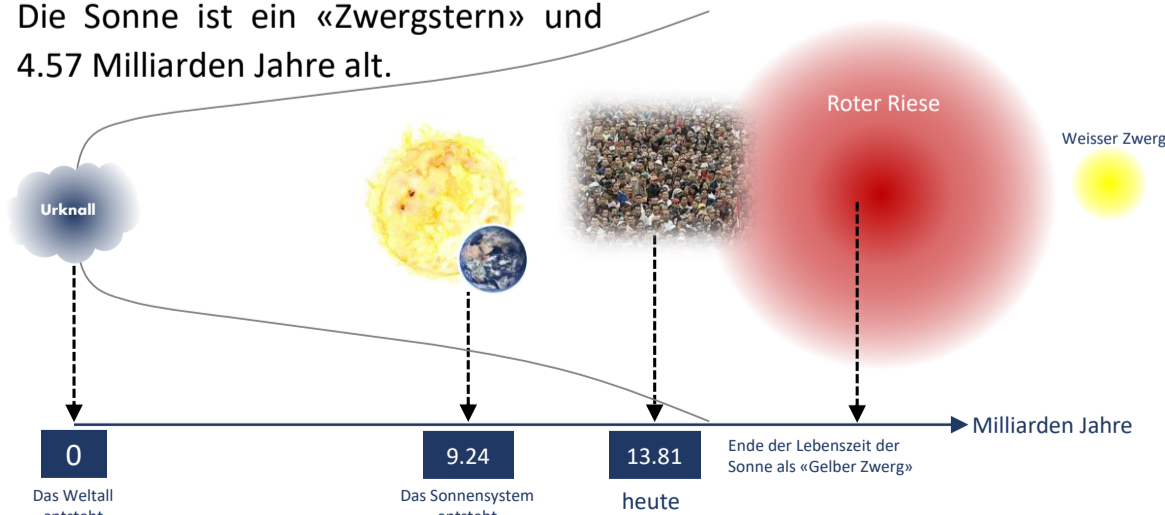


Ohne die Sonne gäbe es **KEIN LEBEN** auf der Erde.

Das ist die Erde im Grössenvergleich

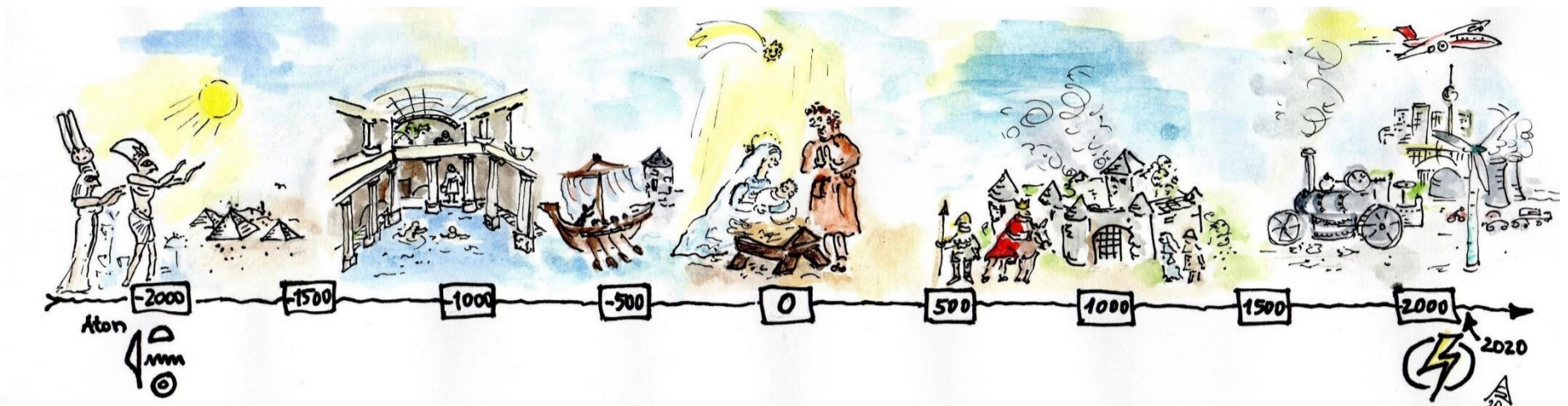


Die Sonne ist ein «Zwergstern» und 4.57 Milliarden Jahre alt.



Betrachtet man die Sonne aus dem Weltraum, erscheint sie weiss. In der Erdatmosphäre wird kurzwelligeres (blaues) Licht an den Luftmolekülen wesentlich stärker gestreut als langwelligeres (rotes) Licht. Somit strahlt der Himmel diffus blau und Sonnenstrahlen, die direkt auf die Erdoberfläche auftreffen, erscheinen gelb. Je länger der Weg ist, den die Sonnenstrahlen auf ihrem Weg durch die Atmosphäre zurücklegen, desto mehr blaues Licht wird herausgestreut. Die tiefstehende Sonne erscheint deswegen stark rötlich.

Kleine Geschichte der Sonnenenergienutzung



Alles Leben auf unserem Planeten hängt von der Sonne ab. Sie ist unsere zentrale Energieversorgung. Diese Bedeutung haben Menschen aller Kulturen schon sehr früh erkannt. Heute finden wir auf dem ganzen Globus Zeugnisse vergangener Sonnenkulte, wo Menschen die Sonne als Gottheit verehren. Die regelmässige tägliche und jährliche Wiederkehr der Sonne wurde mittels kultischer oder magischer Rituale beschworen und gefeiert. Sonnenfinsternisse lösten grosse Bestürzung und Furcht aus. Es ist davon auszugehen, dass Menschen auch schon früh die Energie der Sonne bewusst zu nutzen wussten. Einige Beispiele sind hier dargestellt.

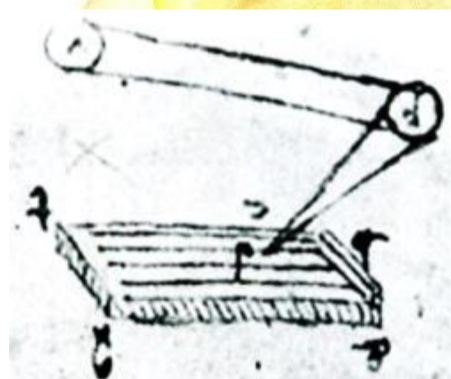
Um 673 v. Chr. wurden erste Brennspiegel aus Bronze zur Entfachung von Feuer erwähnt.



Jiàn 鑪 Bronze-Spiegel aus der Zeit der Streitenden Reiche, China (475-221 v. Chr.)
https://en.wikipedia.org/wiki/Chinese_sun_and_moon_mirrors

Bereits vor rund 3000 Jahren bediente man sich in Assyrien geschliffener Bergkristall-Linsen als Brennglas zum Feueranzünden (Nimrud-Linse). Auch bei den Wikingern wurden solche gefunden (Visby-Linsen), die sie möglicherweise von ihren Beutezügen mitbrachten. Das olympische Feuer der antiken Olympiade wurde mit einem Brennglas entzündet.

Bernhard S. Müller: Das Solarkocher-Handbuch, epubli GmbH Berlin, 2013
www.peraperis.com/blog/historischer-schmuck/bergkristall-gotland-visby-linsen.html



Um 300 v. Chr. berichtete der Grieche Euklid über die Theorie der spärischen Spiegel in seiner «Katoptrik» (Lehre von der Reflexion des Lichtes an spiegelnden Oberflächen). Archimedes von Syrakus soll der Legende nach Schiffe der Römer mit riesigen Brennsiegeln in Brand gesetzt haben.

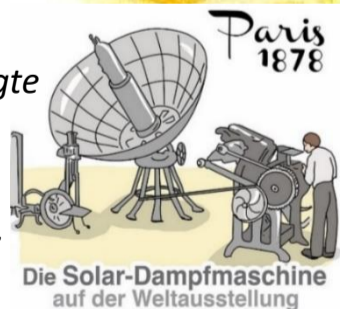
Solare Brenngeräte, Universität Heidelberg.



Unter den vielen Zeichnungen von Leonardo da Vinci (1452-1519) findet sich eine, bei der ein entfernter Reflektor seine Strahlen auf eine Anordnung von Röhren richtet, möglicherweise eine frühe Form von Solarabsorber.

www.buch-der-synergie.de

Augustin Mouchot zeigte 1868 in Paris auf der Weltausstellung seine Solar-Dampfmaschine.



Die Solar-Dampfmaschine auf der Weltausstellung

www.solaranlage-ratgeber.de

Die Freisetzung von Ladungsträgern durch Licht aus einer blanken Metalloberfläche wurde erstmals 1839 von Alexandre Edmond Becquerel beobachtet.



2015-2016 umrundeten Bertrand Piccard und André Borschberg mit der Solar Impulse die Welt.

Solarimpulse.com



1954 stellte die Bell Company ihre zum Patent angemeldete Silizium-Solarzelle vor. Am 17. März 1958 startete der erste mit Photovoltaik-Zellen ausgerüstete Satellit Vanguard I ins Weltall.

www.buch-der-synergie.de

Photovoltaik

Wenn Licht auf Materie trifft, kann unter bestimmten Voraussetzungen elektrischer Strom erzeugt werden. Unter Photovoltaik versteht man die technische Nutzung dieses Effekts. Der Begriff wurde aus dem griechischen Wort für Licht «Phos, Genitiv: **Photos**» und der Einheit für die elektrische Spannung «**Volt**» (nach Alessandro Volta) gebildet.

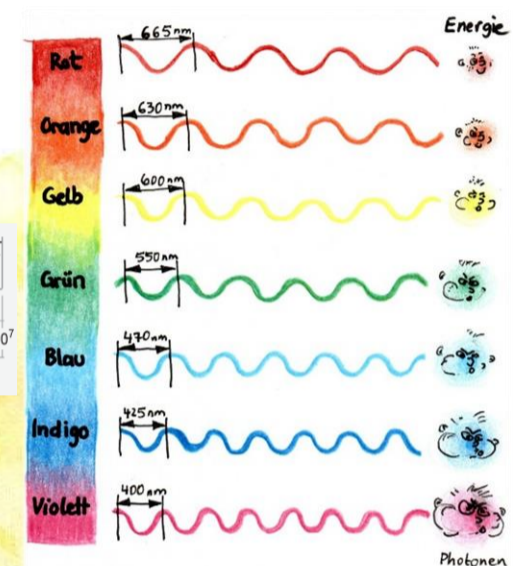


Sonnenlicht erscheint uns weiss. Regentropfen in der Luft können es durch Brechung und Reflexion in seine Farbbestandteile zerlegen.



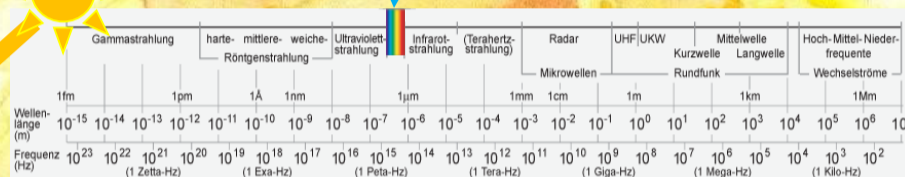
Die Sonne sendet Energie als elektromagnetische Wellen auf die Erde. Den für das menschliche Auge sichtbaren Teil nennt man «sichtbares Licht».

Licht kann man sich als «Energieklümpchen» vorstellen. Man nennt sie auch «**Photonen**». Ein Photon hat keine Masse und bewegt sich im Vakuum mit Lichtgeschwindigkeit (rund 300'000 Kilometer pro Sekunde).

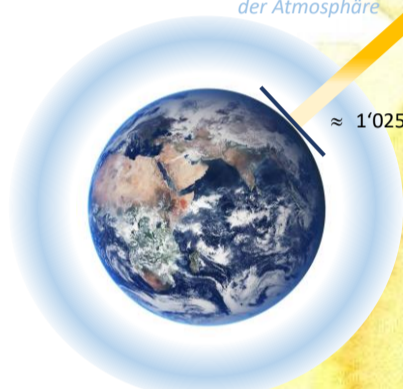


-25 % Reflektion und Absorption in der Atmosphäre

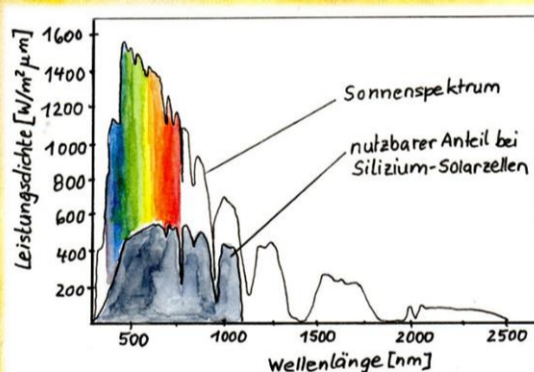
≈ 1'025 W/m² (klares Wetter)



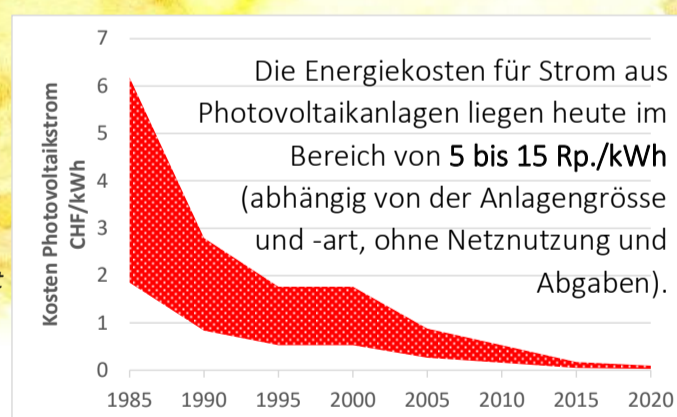
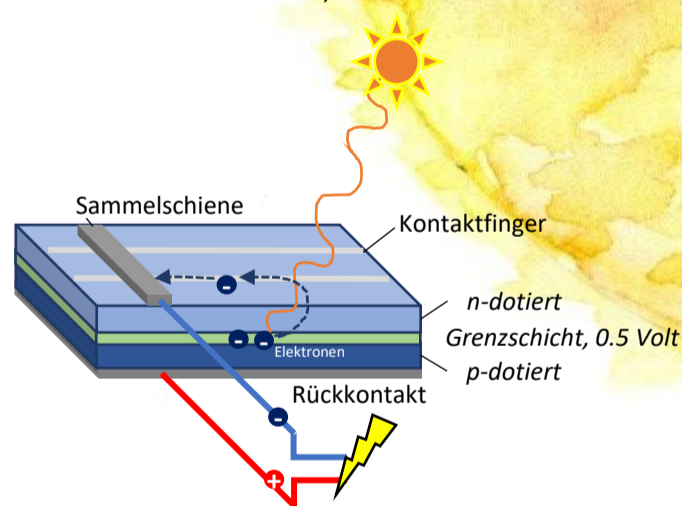
Photovoltaikzellen aus Silizium können heute 14 % bis 20 % der auftreffenden Sonnenenergie in elektrische Energie umwandeln.



Eine **Siliziumsolarzelle** besteht aus mehreren Schichten. Auftreffendes Licht bewirkt an der Grenze der unterschiedlichen Siliziumschichten, dass ähnlich wie bei einer Batterie Minus- und Pluspol entstehen. Werden Metallkontakte an Ober- und Unterseite angebracht und miteinander verbunden, fliesst elektrischer Strom.

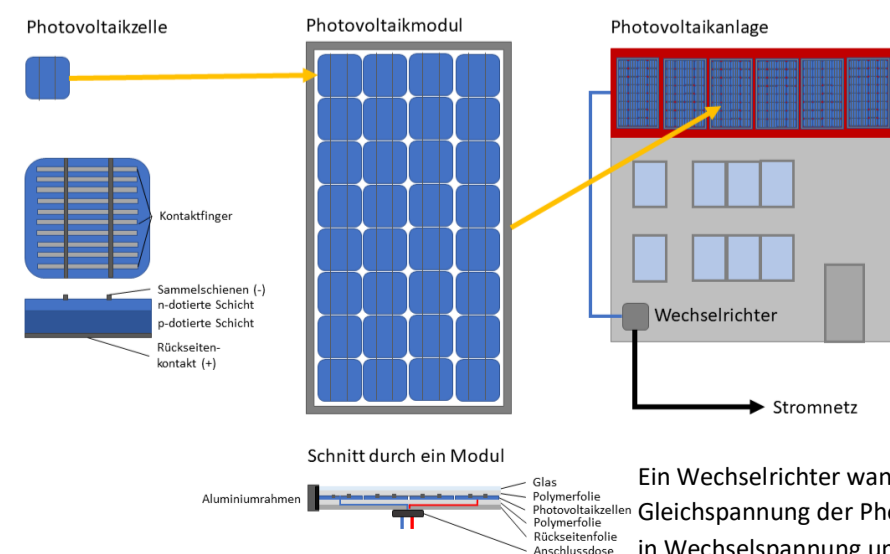


Es gibt Materialien, die Photonen aufnehmen, wobei sich Elektronen aus ihrer Bindung im Atom lösen. Das nennt man **photoelektrischen Effekt**. Ein solches Material ist z.B. Silizium.



Die Energiekosten für Strom aus Photovoltaikanlagen liegen heute im Bereich von 5 bis 15 Rp./kWh (abhängig von der Anlagengrösse und -art, ohne Netznutzung und Abgaben).

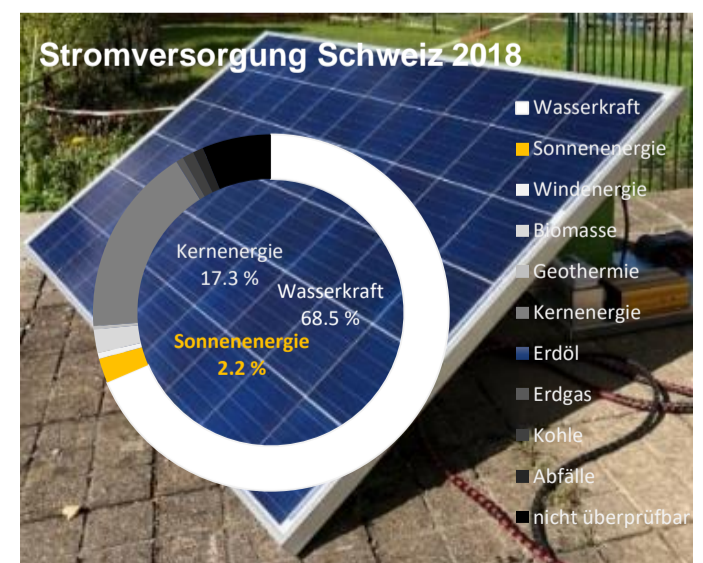
Über 90 % aller weltweit produzierten Photovoltaikzellen (=Solarzellen) bestehen aus **Silizium (Si)**. Silizium wird aus Quarzsand (SiO₂) extrahiert.



Photovoltaikmodule altern sehr langsam. Nach 30 Jahren liefern sie noch mindestens 80 % ihrer ursprünglichen Leistung.

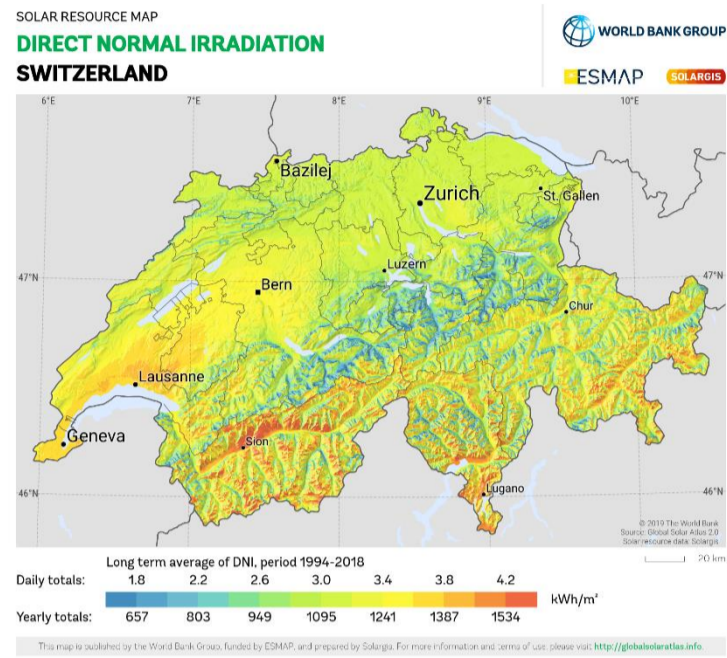
Fraunhofer ISE: Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland, 2020.

Ein Wechselrichter wandelt die Gleichspannung der Photovoltaikanlage in Wechselspannung um (~230 Volt).



Solarthermie

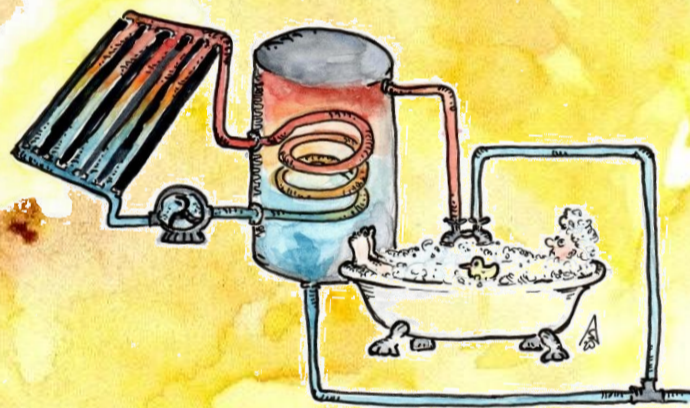
Unter Solarthermie versteht man die Umwandlung der auf die Erde auftreffende Sonnenenergie in für uns nutzbare Wärme, auch «thermische Energie» genannt. Diese kann man direkt als Wärme nutzen, oder in andere Energieformen umwandeln, zum Beispiel in mechanische Energie (Bewegung) und elektrische Energie (Strom).



Menschen nutzen die Wärme der Sonne schon seit vielen tausend Jahren. Es gibt ganz unterschiedliche technische Anwendungen:

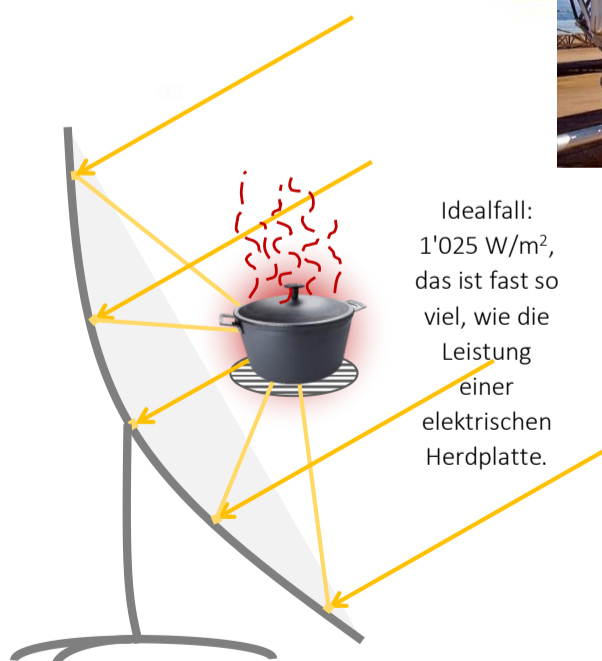
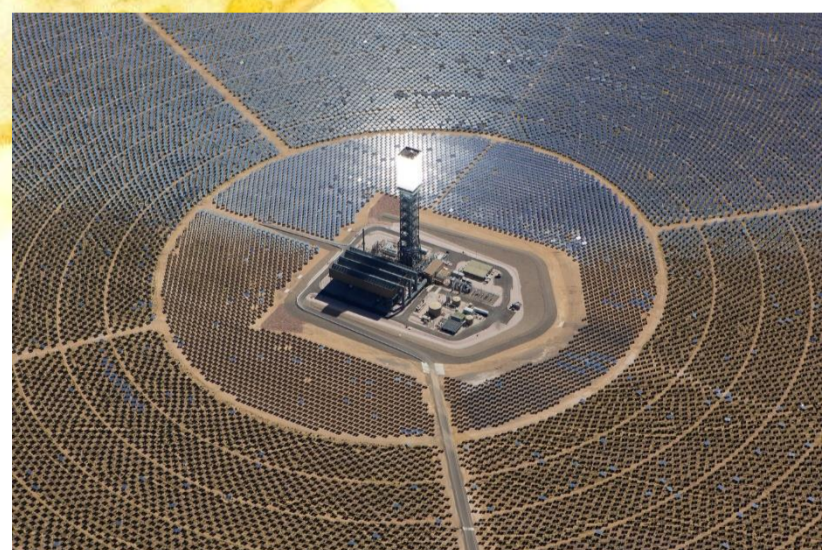
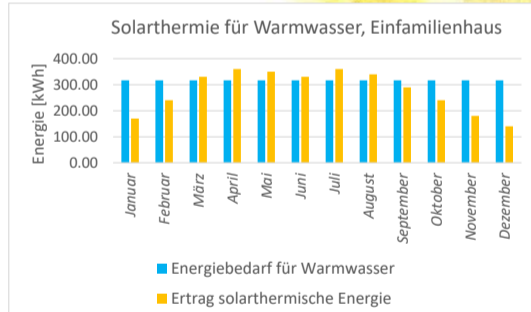


energieheld.ch



4 Personen brauchen für Warmwasser rund 6 m² Kollektorfläche und einen 600 bis 1'000 Liter fassenden Wasserspeicher. Rund 70 % des Warmwasserbedarfs pro Jahr können damit gedeckt werden. Die Energiekosten für das Warmwasser liegen zwischen 20 und 25 Rp/kWh.

Bereits über 500 dieser parabelförmigen Solartrocknersysteme werden in Thailand für Produkte wie Bananen, Tomaten, Chilis und Kräuter eingesetzt- eine Entwicklung der Silpakorn University in Thailand.



Idealfall: 1'025 W/m², das ist fast so viel, wie die Leistung einer elektrischen Herdplatte.

Parabolrinnen erhitzen Rohre mit Wärmeträgerflüssigkeit. Mit dieser wird im Dampferzeuger Wasser verdampft. Der Dampf wird über eine Turbine geleitet und so elektrischer Strom erzeugt. Ein Beispiel sind die Kraftwerke Andasol in Spanien.

Mit Parabolspiegeln oder Parabolrinnen kann man durch Reflexion Sonnenenergie an einem Ort konzentrieren. So kann man auch im Winter kochen (wenn die Sonne scheint)!



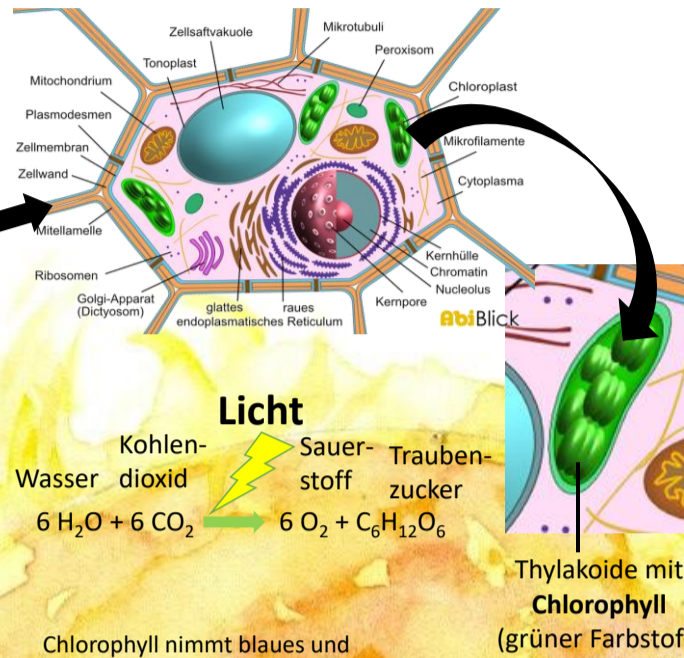
Das Ivanpah **Solkraftwerk** produziert in Kalifornien in der Mojave Wüste Strom für ungefähr 140'000 Haushalte. 173'500 Spiegel reflektieren Sonnenlicht auf Kraftwerkstürme, wo Wasserdampf erzeugt wird, der Turbinen antreibt. Elektrische Leistung: 392 MW



Sonnenenergiespeicher

Die Sonne schickt uns an einem einzigen Tag so viel Energie auf die Erde, wie wir Menschen in 8 Jahren verbrauchen. Allerdings steht nicht an jedem Ort rund um die Uhr Sonnenenergie zur Verfügung. Was machen wir z.B. in der Nacht?

Photosynthese



Pflanzen können Lichtenergie in **chemische Energie** umwandeln und speichern.

Sie nutzen CO_2 (Kohlendioxid in der Luft) und H_2O (Wasser) und stellen daraus Kohlenhydrate (Zucker, Stärke) her. Licht ist die Energiequelle für diese Umwandlungen.

Eine Pflanze kann ungefähr 1 % bis max. 4 % des Sonnenlichtes zum Wachstum nutzen. www.scinexx.de

Erdöl, Erdgas und Kohle sind vor Millionen von Jahren aus abgestorbenen Kleinstlebewesen (vor allem Algen) und Pflanzen in Meeren, Seen, Sümpfen und Mooren entstanden. Diese sogenannten **fossilen Energieträger** sind vor langer Zeit gespeicherte Sonnenenergie.



Erdölfeld. dpa



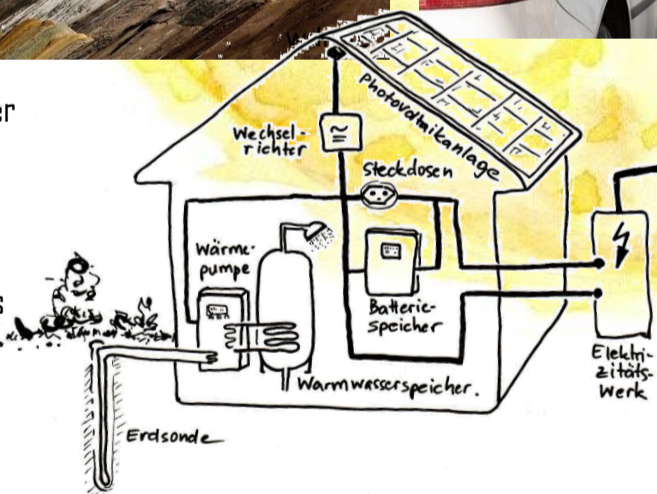
Braunkohletagebau

Benzin und Diesel werden in Raffinerien aus Erdöl hergestellt.

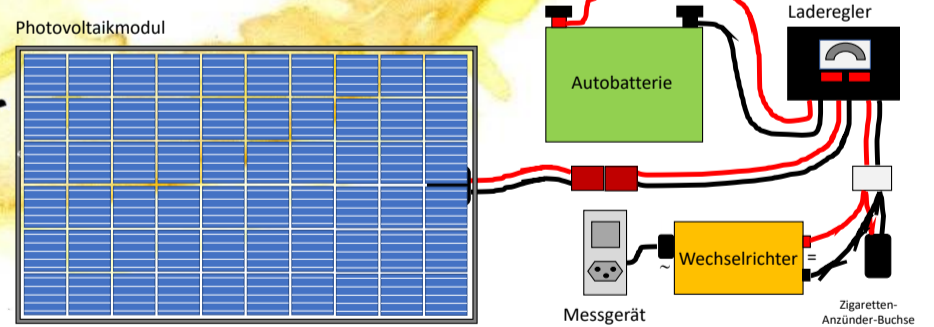


Wenn mit **Photovoltaik** erzeugte elektrische Energie nicht gleich verbraucht wird, kann sie heute in **«Batteriespeichern»** für kurze Zeiträume zwischengelagert werden.

Sonnenenergie kann über mittlere Zeiträume als **thermische Energie (Wärme)** gespeichert werden, zum Beispiel als warmes Wasser, heiße Salzschmelze, oder im Erdboden.



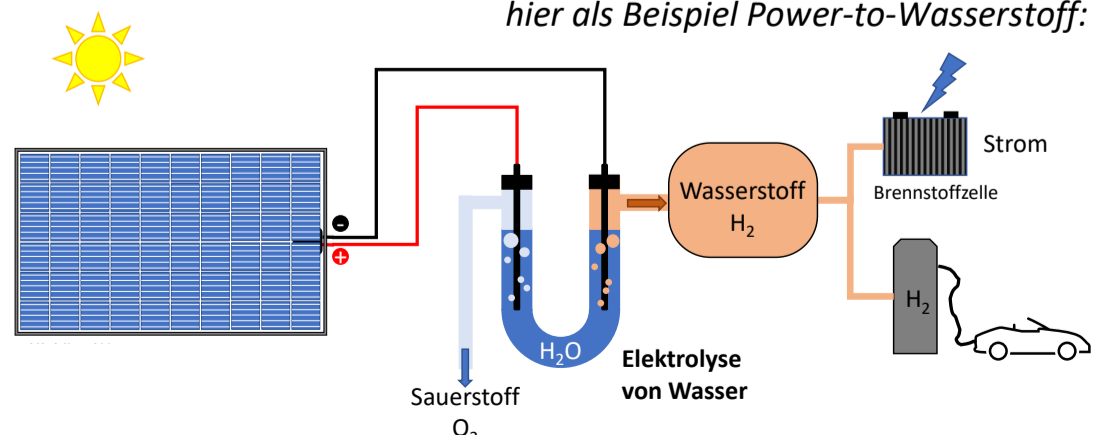
Modell der Energiewerkstatt



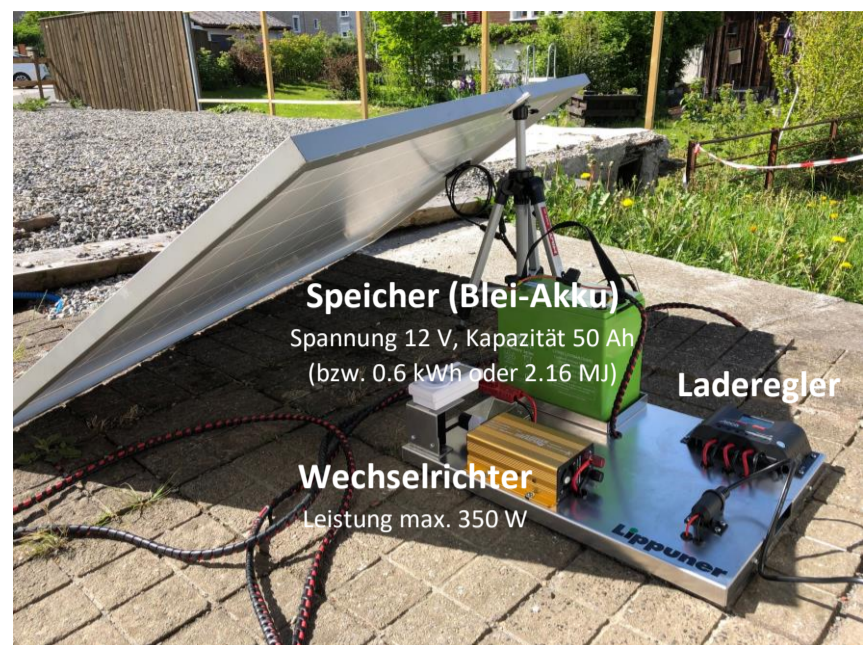
In Entwicklung sind verschiedene technische Verfahren, um elektrische Energie in chemische Energie umzuwandeln und zu speichern, so genannte **«Power-to-X»** Technologien, hier als Beispiel **Power-to-Wasserstoff**:



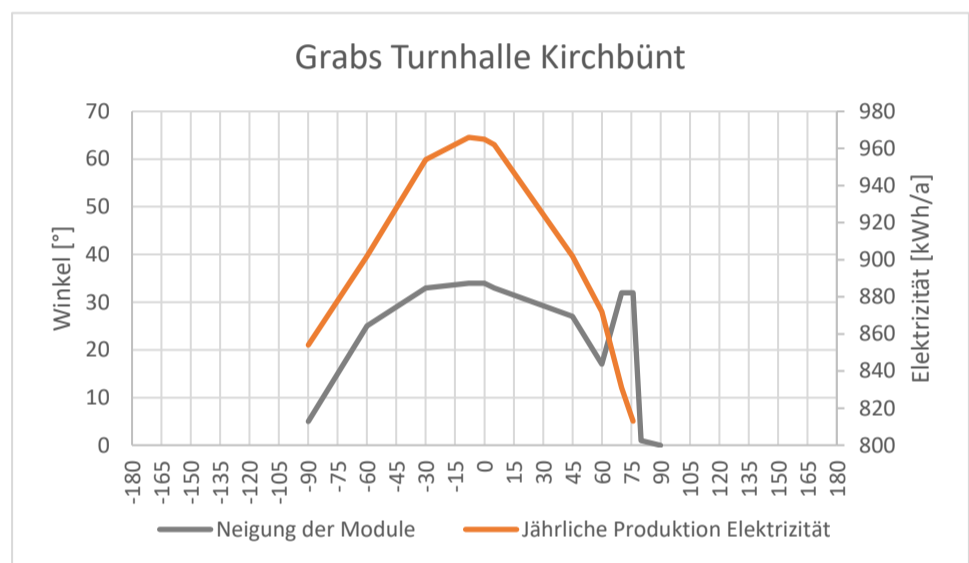
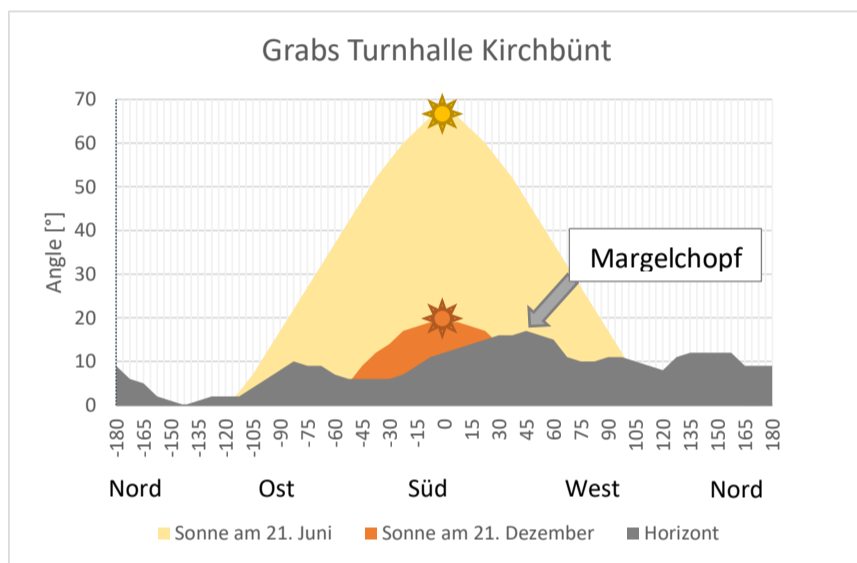
In Pumpspeicherkraftwerken wird elektrische Energie in **potenzielle Energie** umgewandelt und umgekehrt.
Infografik: RAOnline



Aufbau einer Photovoltaik-Anlage (PV-Anlage) ohne Netzanbindung, mit Speicher

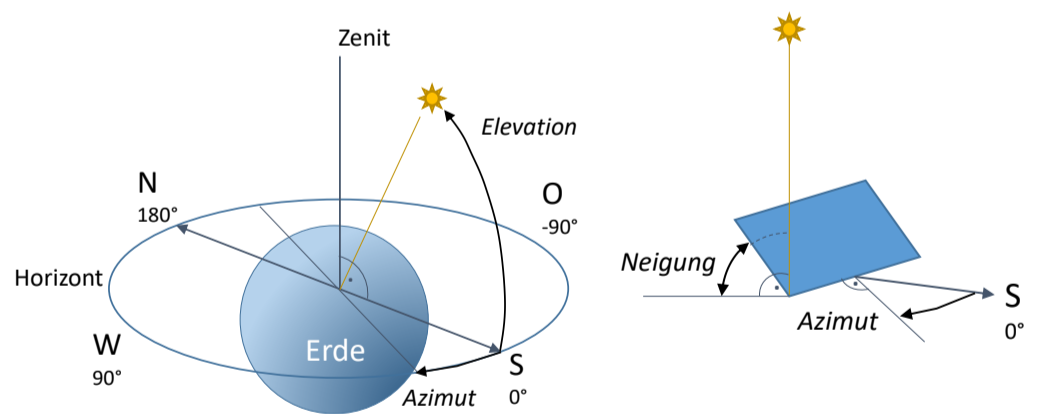
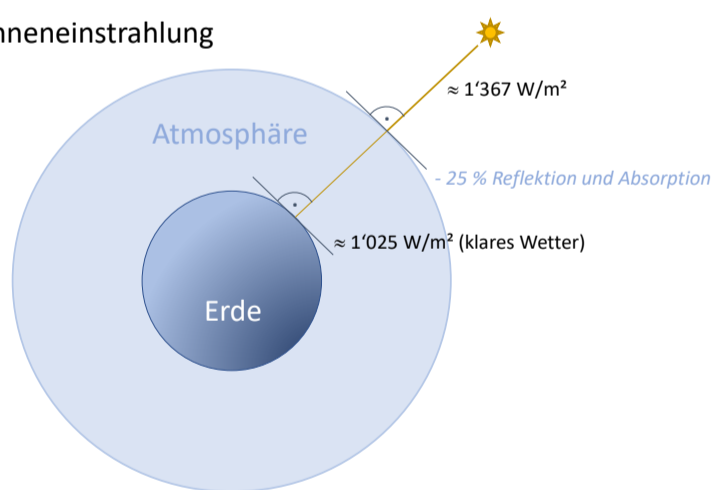


Sonnenverlauf in Grabs und jährliche Produktion Elektrizität mit optimal ausgerichteten fixen PV-Modulen



x-Achse: Himmelsrichtung (Azimut), 0 = Süden, PV-Module aus kristallinem Silizium, elektrische Leistung max. 1 kW (ca. 6 m²)

Sonneneinstrahlung



Monatliche Produktion Elektrizität, PV-Module kristallines Silizium, elektrische Leistung max. 1 kW (ca. 6 m²)

