

Entwicklungen und Technologien

Solar Technology – Schunk Is On Board!

Everyone is speaking about solar energy, whether as a regenerative source of energy or as a booming market. The demand for solar cells has exploded in the last few years. The reasons for this are large-scale government programs and steadily rising prices for fossil fuels. This demand has taken many key manufacturers largely by surprise, and they are now encountering bottlenecks in capacity, while the growth in their share prices has ranged between 15 and 87 percent, leading some analysts to use the term "solar-bull-market" and reminding many of the surging "New Market" of the late 1990s. With one important difference: practically all of the companies here are operating at a profit and Schunk is involved in many projects.

Electricity from Light with Photovoltaics

And then there is photovoltaics. Here, sunlight is converted directly into electrical current through the use of solar cells. There are various kinds of solar cells, which differ not only in their physical properties (output, lifespan, ...), but also in the quite different ways in which they are manufactured. Graphite is used in the manufacture of nearly all prevalent solar cells.

Monocrystalline or single-crystalline cells are made from electronic grade silicon, the same raw material which is used for ordinary semiconductors. They are very expensive and used for applications with extremely high demands, for example in the aerospace industry. Electronic grade silicon is usually produced using the CZ-method (Czochralski-Method), at approximately 1,520 degrees celsius. For this purpose, we supply heaters and crucibles, insulations, fastening devices,

Solartechnik – Schunk ist mit dabei!

Solarenergie ist in aller Munde, sei es als regenerative Energiequelle, sei es als boomender Markt. So hat sich die Nachfrage nach Solarzellen innerhalb weniger Jahre explosionsartig entwickelt. Ursache sind große Regierungsprogramme in aller Welt und steigende Preise für fossile Brennstoffe. Die großen Hersteller wurden davon weitgehend überrascht und haben Kapazitätsengpässe. Die Wertentwicklung ihrer Aktien bewegt sich zwischen 15 und 87 Prozent (FAZ 7. Februar 2006), so dass einige Analysten von einer „Solar-Hausse“ sprechen und sich an Zustände wie am „Neuen Markt“ erinnern. Mit einem wichtigen Unterschied: Praktisch alle Firmen arbeiten mit Gewinn und Schunk ist bei vielen Projekten mit dabei.

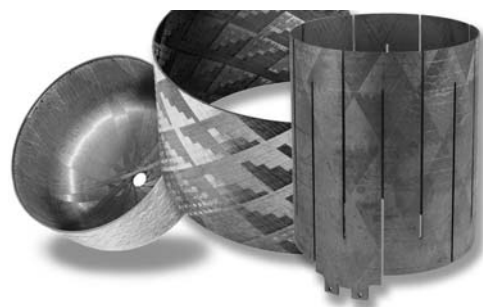
Strom aus Licht mit Fotovoltaik

Da wäre einmal die Fotovoltaik. Hier wird mit Solarzellen das Sonnenlicht direkt in elektrischen Strom umgewandelt. Es gibt unterschiedliche Typen von Solarzellen, die sich nicht nur in ihren physikalischen Eigenschaften (Ausbeute, Lebensdauer, ...) unterscheiden, sondern auch recht unterschiedlich hergestellt werden. Für die Herstellung praktisch aller gängigen Solarzellen wird Graphit verwendet.

Monokristalline oder einkristalline Zellen werden aus Reinstsilizium, demselben Rohstoff wie für konventionelle Halbleiter, hergestellt. Sie sind sehr teuer und finden zum Beispiel in der Raumfahrt und bei sehr anspruchsvollen Problemstellungen Verwendung. Das Reinstsilizium wird meistens nach dem CZ-Verfahren (Czochralski-V.) bei circa 1.520 Grad Celsius hergestellt. Hierfür liefern wir

Heizer und Tiegel, Isolierungen, Befestigungselemente, Halter und Platten aus Graphit und CFC.

Polykristalline Zellen bestehen aus Scheiben, die nicht überall die gleiche Kristallorientierung aufweisen. Sie sind preiswerter und in Fotovoltaikanlagen am meisten verbreitet. Graphit und CFC wird bei der Herstellung vor allem für Schmelzbehälter und Gießformen eingesetzt. CFC-Befestigungselemente und CFC-Platten kommen ebenfalls zum Einsatz. Bei der Weiterverarbeitung werden teilweise CFC-Chargenträger verwendet.



CFC-Tiegelmantel, Isolationsaufbau und Graphit-Heizer,
CFC Crucible casing, insulation assembly and graphite heater

Amorphe Solarzellen bestehen aus einer dünnen, nicht kristallinen (amorphen) Halbleiterschicht auf einem Substrat. Sie werden auch als Dünnschichtzellen bezeichnet. Sie sind sehr preiswert und haben Ausbeutevorteile bei wenig Licht.

Diese Dünnschichtzellen werden im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Zellen meist durch Abscheiden aus der Gasphase direkt auf einem Trägermaterial aufgebracht. Dies kann Glas, Metallblech, Kunststoff oder auch ein anderes Material sein. Hochreiner Graphit wird hier vor allem für Verdampferquellen für großflächige Beschichtungen ver-

Developments and Technologies

wendet, die mit CFC-Heizstäben beheizt werden.



Verdampferschiff aus Graphit
Graphite evaporator boat

Keramische Receiver für thermische Solarkraftwerke

Eine völlig andere Technologie stellen thermische Solarkraftwerke dar. Hier wird aus Sonnenlicht Wärme erzeugt. Am Anfang standen gewiss die Kokelei mit dem Brennglas oder die Hohlspiegel, mit denen Archimedes der Legende nach feindliche Schiffe in

im Bereich hoher Kraftwerksleistungen in Gegenden mit vielen Sonnenstunden Vorteile, auch weil sich Wärme im Gegensatz zur elektrischen Energie gut speichern (5) lässt. So können ungleichmäßige Sonneneinstrahlung ausgeglichen und Schwankungen im Stromnetz vermieden werden.

Eine Schlüsselkomponente ist der thermisch hoch belastete Wärmetauscher im Receiver. Er ist modular aus kelchförmigen Absorbermodulen aufgebaut. Sie wandeln die eingestrahelte Energie in Wärme um und erhitzen die hindurch gesaugte Umgebungsluft auf bis zu 700 Grad Celsius.

Die Wabenstruktur der keramischen Wärmetauscher sorgt für eine wirkungsvolle Absorption.

holders and plates, made of graphite and CFC.

Polycrystalline cells are made up of discs which do not have the same crystal orientation everywhere. They are more economical and are the most commonly used cells in photovoltaic plants. Graphite and CFC are used for their manufacture, particularly for melting containers and casting molds. CFC fastening devices and CFC plates are also used. CFC batch containers are often used for subsequent processing stages.

Amorphous solar cells consist of a thin, noncrystalline (amorphous) semiconductor layer on a substrate. They are also referred to as thin-film solar cells. They are economical and have output advantages at lower levels of insolation.

These thin-film solar cells, in contrast to the previously described cells, are usually deposited directly onto a base material through precipitation from a gaseous phase. This base material can be glass, sheet metal, plastic or some other material. High-purity graphite is used in particular for vaporization sources for large-surface coatings that are heated with CFC immersion heaters.

Ceramic Receiver for Thermal Solar Power Stations

A completely different technology is presented by thermal solar power stations. Here, heat is produced from sunlight. It surely all started with somebody playing with fire, with a burning glass or a concave mirror, which, according to legend, was used by Archimedes to set enemy ships on fire. While photovoltaic plants also work with diffuse radiation, helio-thermal processes only use direct rays (see Figure 1). These rays are concentrated by mirrors (1), and they then heat gas or liquid heat-transfer media (2), which

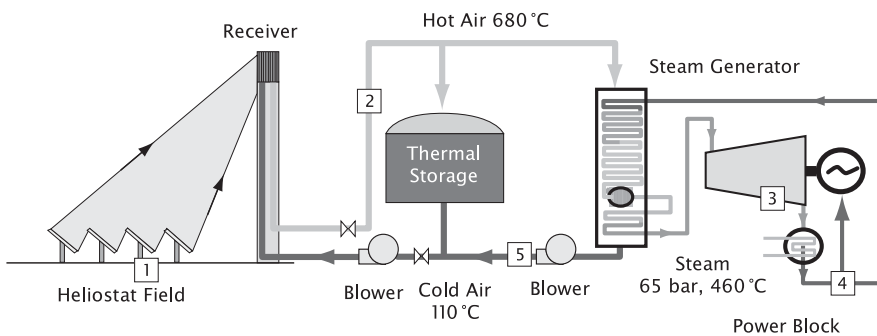


Bild 1: Aufbau eines solarthermischen Kraftwerkes
Figure 1: Design of a helio-thermal power plant

Brand setzte: Während die Fotovoltaik auch mit der diffusen Strahlung arbeitet, wird in der Solarthermie lediglich die direkte Strahlung genutzt. Diese wird durch Spiegel gebündelt (1) und erhitzt gasförmige oder flüssige Wärmeträger (2), die durch Anwendung gängiger thermischer Kraftwerkstechnik (3) Strom (4) erzeugen. Die Solarthermie hat insbesondere

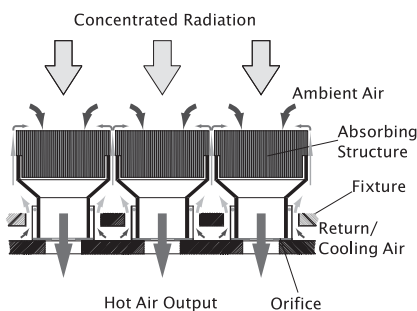


Bild 2: Aufbau des Receivers
Figure 2: Design of the receiver

then produce electricity through the use of conventional thermally-driven power plant technology (3) and (4). Helio-thermal processes are particularly advantageous in areas of high power-plant output in regions with a high number of sunlight hours because heat energy, as opposed to electric energy, can be readily stored (5). In this way irregular insolation can be evened out and fluctuations in the power network can be avoided.

A key component is the thermally heavy burdened heat exchanger in the receiver. It is modularly designed and made up of bell-shaped absorber modules. They convert the insolated energy into heat and then heat the drawn-in ambient air up to 700 degrees celsius.

The honeycomb structure of the ceramic heat exchanger provides effective absorption. Within the framework of a project which is being carried out by the Juelich Solar Institute, first prototypes are being developed at Schunk Ingenieurkeramik GmbH, which are composed of slip cast and extruded silicon carbide. The individual absorber modules are thermally tested in the solar institute using simulated solar radiation produced by high power radiators. If the tests turn out positive, the use of the absorbers in an existing experimental power plant in Almeria as well as in a planned demonstration power plant in Juelich follows.

Zinc Solar Technology – an Alternative to Fossil Fuels

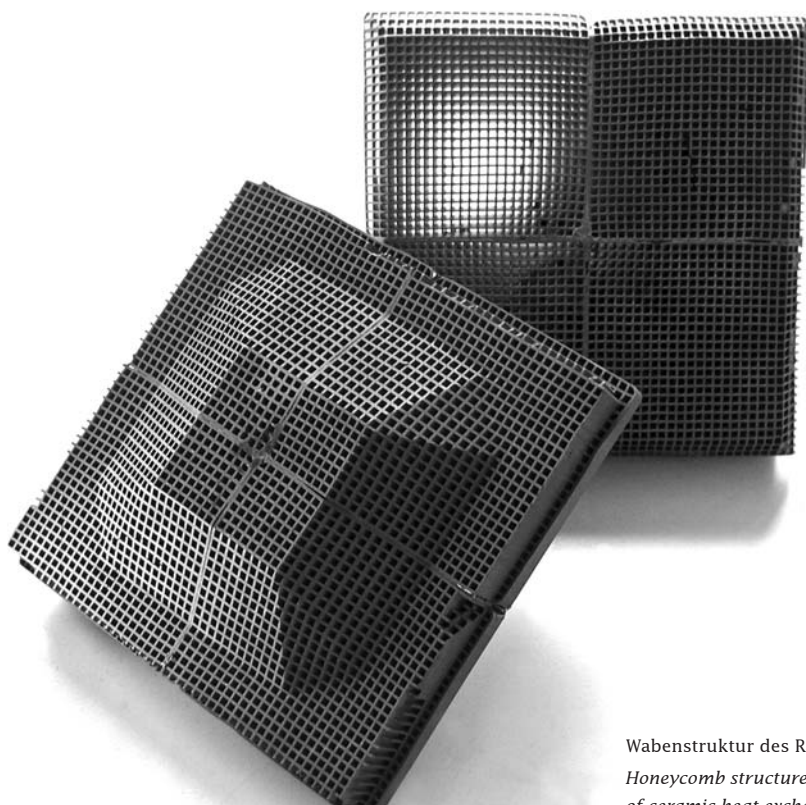
However, the use of technologies described up to now is only possible during hours of sunlight and in regions with a high annual level of insolation. These are often the most thinly populated areas of the earth that have the highest insolation density while countries with high levels of energy consumption are often characterized by low insolation. The question is then, how can solar ener-

Im Rahmen eines Projektes, das vom Solarinstitut Jülich zurzeit bearbeitet wird, entstehen bei SIK erste Prototypen, die aus schlickergegossenem und extrudiertem Siliziumcarbid zusammengesetzt werden. Die einzelnen Absorbermodule werden im Solarinstitut mit simulierter Sonnenein-

strahlung, erzeugt durch Hochleistungsstrahler, thermisch getestet. Wenn die Tests positiv ausfallen, folgt der Einsatz im bestehenden Versuchskraftwerk in Almeria ebenso wie in einem geplanten Demonstrationkraftwerk in Jülich.



Heliostaten und Turm mit Receiver
Heliostats with tower and receiver



Wabenstruktur des Receivers
Honeycomb structure
of ceramic heat exchanger

Zinksolartechnik – Eine Alternative zu fossilen Energieträgern?

Der Einsatz der bisher beschriebenen Technologien ist jedoch nur während der Sonnenstunden und in Regionen mit hoher jährlicher Einstrahlungszeit möglich. Gerade die dünn besiedelten Gebiete der Erde verfügen oft über eine hohe solare Einstrahlungsdichte, während die Hochverbrauchs-länder häufig wenig Sonneneinstrahlung verzeichnen. Wie also Sonnenenergie transportieren? Der Schlüssel liegt in der Umwandlung des Sonnenlichtes in einen speicher- und transportierbaren Brennstoff.

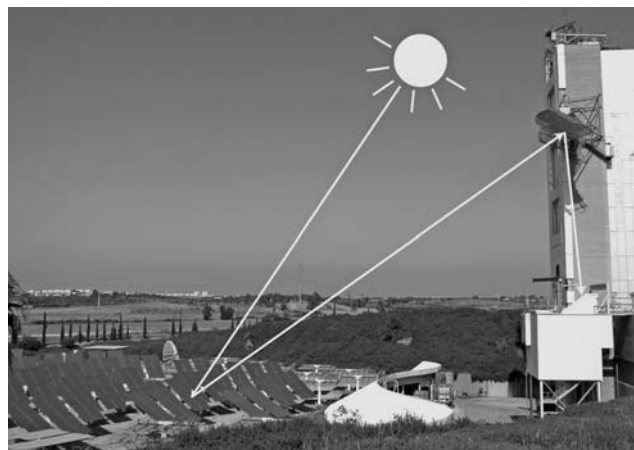
Das ist möglich mit Zink. Zink eignet sich aufgrund seines Energieinhaltes besonders zur elektrischen Stromerzeugung sowie zur Produktion von Wasserstoff durch seine Reaktion mit Wasserdampf. In beiden Fällen entsteht wieder Zinkoxid, das im Solarreaktor erneut zu Zink reduziert werden kann. Bei einer derartigen Verwendung des Zinks oder des Wasserstoffs als „solarer Brennstoff“ lässt sich die Sonnenenergie nach Wunsch zu beliebigen Zeiten und an beliebigen Orten nutzen.

Allerdings benötigt man dazu reines Zink. Bisherige Versuche scheiterten meist daran, dass Zink stets zu unrein war. Zur Herstellung von reinem Zink sind eine Reihe von chemischen Prozeduren erforderlich, die den Einsatz von Säuren und großen Mengen Strom erfordern. Das war bisher aufwändig und teuer und somit ökonomisch sowie ökologisch fragwürdig.

In einem von der EU geförderten Forschungsprojekt haben das Schweizer Paul-Scherrer-Institut (PSI) unter Beteiligung weiterer Forschungsinstitute und der Industrie die Herstellung von

reinem Zink revolutioniert. In einer 300-Kilowatt-Pilotanlage, die Mitte 2005 in Israel in Betrieb genommen wurde, wird Zink mit Solarenergie hergestellt. Mit 64 bis zu sieben Meter hohen Spiegeln wird dort Sonnenlicht auf einen Turm mit Zinkoxid und Holzkohle fokussiert. Der Strahl wird mit einer Leistung von 300 Kilowatt in einem Reaktor auf über 1.200 Grad Celsius aufgeheizt und schafft die Herstellung von bis zu 50 Kilogramm Zink pro Stunde.

Derzeit benötigt die Anlage circa 30 Prozent der einfallenden Sonnenenergie für die chemische Umsetzung. Angestrebt und in weiteren Projekten getestet, wird eine Effizienz von 50 bis 60 Prozent. Damit eröffnet der solarchemische Prozess einen effizienten thermochemischen Weg für die Speicherung und den Transport von Sonnenenergie in Form eines solaren Brennstoffes.



Solaranlage am Weizmann Institute of Science (WIS) in Israel mit Strahlengang für den SOLZINC-Prozess. Die Pilotanlage befindet sich im weißen Gebäude unterhalb des 56 m hohen Solarturms.

Herzstück der Anlage ist die solare Reaktortechnologie. Mittels eines Spiegelsystems wird die einfallende Sonnenenergie konzentriert und auf die Öffnung des Solarreaktors gelenkt, in dem die thermochemische Umsetzung abläuft. Das Hauptprodukt Zink verlässt den Reaktionsraum gasförmig und wird in einem

gy be transported? The answer lies in the conversion of sunlight into a storable and transportable fuel.

This is possible with zinc. Due to its energy content, zinc is particularly well suited for the generation of electrical power as well as for the production of hydrogen through its reaction with water vapor. In either case, zinc oxide is reformed, which can then be reduced to zinc again in a solar reactor. Such a use of zinc as a “solar fuel” makes the use of solar energy possible at any time and anyplace.

However, pure zinc is needed for this purpose. Previous experiments that have failed have mostly been unsuccessful due to the fact that the zinc was too impure. For the production of pure zinc, a series of chemical procedures is necessary which require the use of acids and large amounts of electricity. Up to now, this has been costly and expensive and

hence questionable from both economical and ecological perspectives.

In a research project sponsored by the EU, the Paul Scherrer Institute (PSI) of Switzerland, together with other research institutes and industrial participants, has revolutionized the manufacture of pure zinc.

In a 300 kilowatt pilot plant, which was commissioned in Israel in mid 2005, zinc is being manufactured with solar energy. Using 64 mirrors, with a size of up to seven meters in height, sunlight is focused on a tower with zinc oxide and charcoal. The ray is heated in a reactor to over 1,200 degrees celsius using a power of 300 kilowatts, which allows the

production of up to 50 kilograms of zinc per hour.

The plant currently needs about 30 percent of the solar energy shining in for chemical transformation. The goal which has been established and is being tested in further projects, is an efficiency of 50 to 60 percent. If achieved, the solar-chemical process would thus provide an efficient thermal-chemical way to store and transport solar energy in the form of a solar fuel.

Solar energy plant at the Weizman Institute of Science in Israel showing the beam path of solar rays for the SOLZINC process. The pilot plant is located in the white building below the 56 meter high solar tower.

The heart of the plant is the solar reactor technology. Through the use of a mirror system, incident sunlight is concentrated and guided into the opening of the solar reactor in which the thermal-chemical transformation takes place. The main product, zinc, leaves the reactor room in a gaseous state and is condensed into zinc dust to form deposits in a specially designed exhaust-gas system.

The central element of the reactor is a graphite collimator system with a special coating, located underneath the mirror and developed by Schunk Kohlenstofftechnik (SKT).

After a short development phase, SKT, which was contacted by PSI for this task, delivered a prototype that was built into the experimental plant. Test runs which commenced in 2003 were completed without any problems, and the pilot plant was able to be officially commissioned in mid 2005.

Set-up of the „Two-Cavity-Reactor“

Concentrated sunlight enters into the upper reactor chamber through a small opening with a quartz window and heats

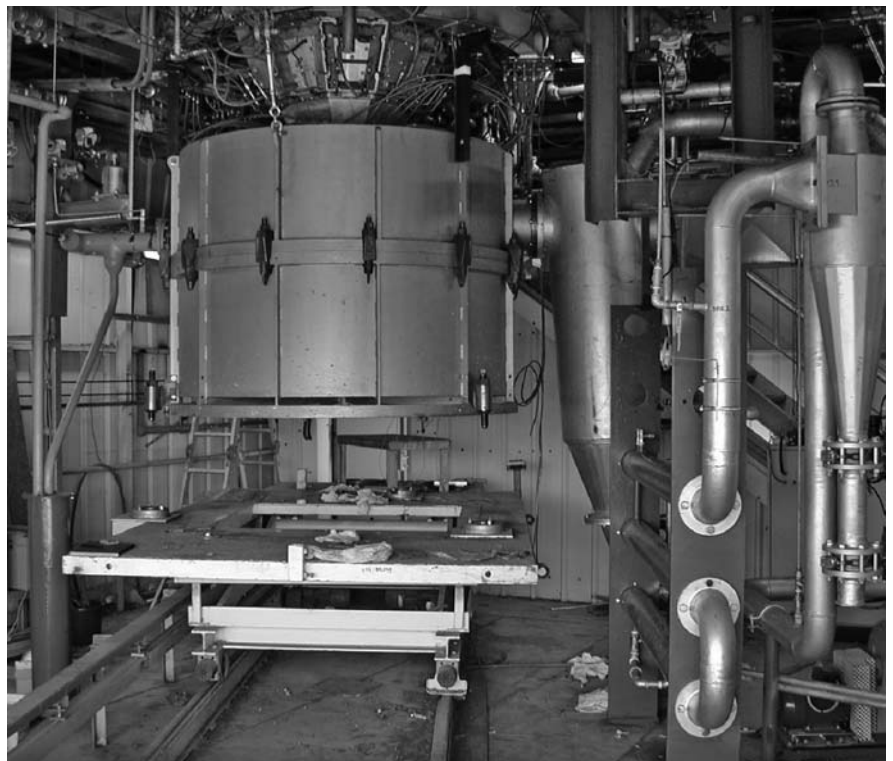
speziell für diesen Zweck entwickelten Abgassystem zu Zinkstaub kondensiert und abgeschieden.

Zentrales Element des Reaktors ist ein von der Schunk Kohlenstofftechnik (SKT) entwickeltes Graphit-Blendsystem mit einer Spezialbeschichtung, das sich unterhalb des Spiegels befindet.

Nach einer kurzen Entwicklungsphase lieferte die SKT, die für diese Aufgabe vom PSI angesprochen wurde, einen Prototyp, der in die Versuchsanlage eingebaut wurde. Die seit 2003 gefahrenen Probeläufe verliefen ohne Probleme, so dass die Pilotanlage Mitte 2005 offiziell in Betrieb genommen werden konnte.

Schema des „Two-Cavity-Reaktors“:

Das konzentrierte Sonnenlicht fällt von oben durch eine kleine Öffnung mit Quarzfenster in die obere Reaktionskammer und heizt diese auf 1.300 bis 1.500 Grad Celsius auf. Die dünne Zwischenwand (Material Graphit) strahlt in die untere Kammer und insbesondere auf das „Bett“ aus Zinkoxid und Kohlenstoff, dessen Oberfläche etwa 1.100 bis 1.300 Grad Celsius heiß wird. Das entstehende Produktgas verlässt die untere Kammer durch das horizontale Abgasrohr. Da die beiden Hauptprodukte Zn und CO bei den Temperaturen gasförmig vorliegen wird das Bett von oben nach



SOLZINC-Pilotanlage. Links oben sieht man den Solarreaktor, rechts das Abgassystem zur Gewinnung von Zinkstaub.

SOLZINC pilot plant. In the upper left, the solar reactor can be seen, on the right, the exhaust gas system for producing zinc dust

unters langsam abgebaut und der Reaktor ist nach dem Versuch praktisch leer. Das gasförmige Zink kondensiert anschließend im an den Reaktor anschließenden Kühler, zu Zinkstaub aus. Dieser Staub wird zu einem großen Teil im nachfolgenden Filter, zum Teil aber auch bereits im Kühler abgetrennt. Nach dem Experiment werden Reaktor, Kühler und Filter geöffnet und die Produkte entfernt.

Schematische Darstellung der Energiegewinnung mittels elementarem Zink:

Sonnenstrahlen werden gebündelt und heizen den solarchemischen Reaktor. Durch eine spezielle Strahlführung kommt die konzentrierte Strahlung von oben (beam-down optics). Im Reaktor wird eine Mischung

von Zinkoxid und Kohlenstoff umgesetzt und das Zink aus dem Abgas auskondensiert. Die darin gespeicherte Energie kann entweder mit Wasserdampf zur Herstellung von Wasserstoff nutzbar gemacht oder in Zink-Luft-Brennstoffzellen zur Stromerzeugung verwendet werden. In beiden Fällen entsteht wieder ZnO, das in den Solarreaktor zurückgeführt werden kann.

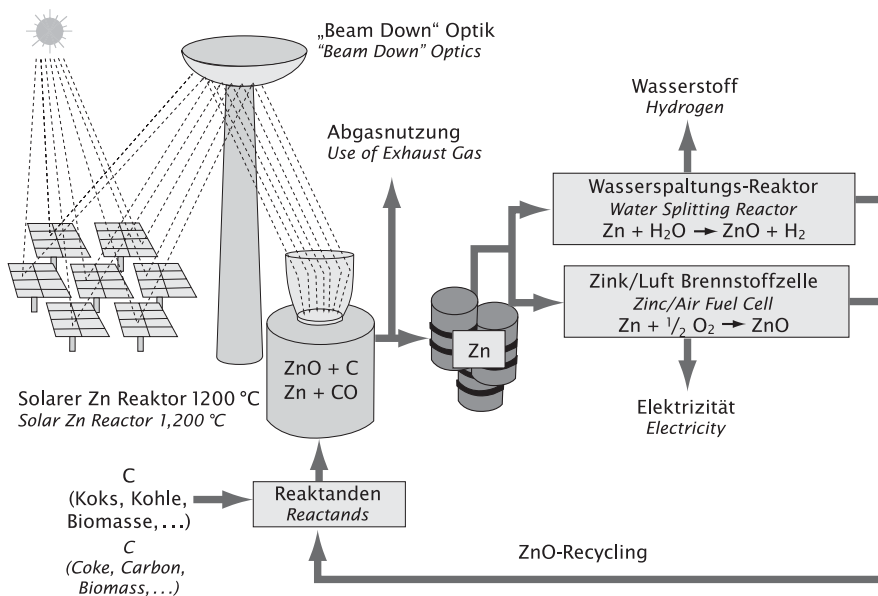
Das Projekt am Paul-Scherrer-Institut verbindet grundlegende physikalische und chemische Studien mit der verfahrenstechnischen Entwicklung von solarchemischen Reaktionen. Langfristiges Ziel ist die Entwicklung von Brennstoffen, die mit einer sauberen, universellen und nachhaltigen Energiequelle hergestellt werden können.

it up to 1,300 to 1,500 degrees celsius. The thin partition wall (material graphite) radiates into the lower chamber and in particular onto the "bed" made of zinc oxide and carbon, the surface of which reaches temperatures of some 1,100 to 1,300 degrees celsius. The resulting product gas exits the lower chamber through the horizontal exhaust gas pipe. Since both of the main products, Zn and CO, are present as gases at these temperatures, the bed slowly decomposes from top to bottom and the reactor is practically empty after the experiment. The gaseous zinc subsequently condenses as zinc dust in the reactor's condenser. The dust then for the most part forms deposits after this stage, however, some of the deposits are already formed in the condenser. After the experiment, the reactor, condenser and filter are opened and the products are removed.

Schematic Outline of the Production of Energy Using Elemental Zinc

Solar rays are concentrated and heat up the solar-chemical reactor. The concentrated rays come from above through a special beam positioner (beam-down optics). In the reactor, a mixture of zinc oxide and carbon are transformed into a gaseous state and the zinc condenses from the exhaust gas. The energy stored in the zinc can either be made useful for the production of hydrogen by water vapor or used in zinc-air fuel cells for producing electricity. In either case ZnO results, which can be referred into the solar reactor.

The project at the Paul-Scherer-Institute combines fundamental physical and chemical studies with the process engineering development of solar-chemical reactors. The long-term goal is the development of fuels which can be manufactured with a clean, universal and lasting source of energy.



Zinksolartechnik - Eine Alternative zu fossilen Energieträgern
Zinc Solar Energy - an Alternative to Fossil Fuels