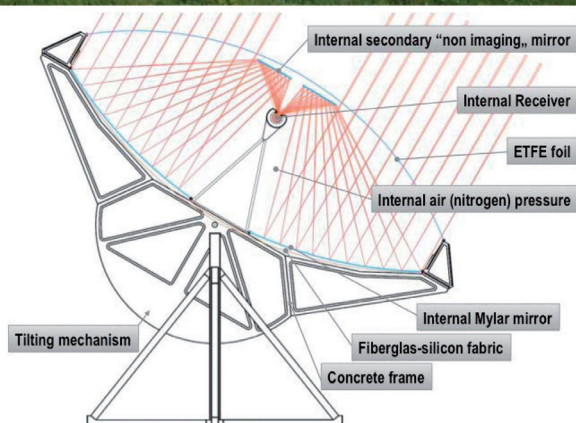


Rapport de synthèse 2008 du chef de programme OFEN Synthesebericht 2008 des BFE-Programmleiters

Programme de recherche Utilisation industrielle de l'énergie solaire

Pierre Renaud

pierre.renaud@planair.ch



Prototypes de concentrateur solaire développés au Tessin par ALE Airlight Energy

La photo montre le deuxième prototype mis en fonction à Biasca (TI). Le schéma représente la coupe transversale du troisième et dernier concept de concentrateur ALE Airlight Energy.

(Source : www.airlightenergy.com)

Centres de gravité du programme et buts fixés

Les systèmes solaires thermiques à concentration transforment la radiation solaire en énergie thermique à haute température pour produire de l'électricité, des matériaux ou pour induire des réactions chimiques. Cette énergie thermique peut aussi être utilisée directement dans des processus industriels.

Les trois axes principaux du programme sont chacun concernés par un projet :

- Thermochimie solaire : travail de recherche du Paul Scherrer Institut (PSI) ;
- Processus industriels : étude de faisabilité sur le site de Novartis à Nyon ;
- Centrales solaires thermiques à concentration (CSP) : développement d'un prototype par la société ALE Airlight Energy à Biasca.

Dans le domaine de la **thermochimie solaire**, le but pour 2008 était de faire fonctionner le prototype de réacteur de 10 kW de manière fiable et sans interruptions.

Concernant le domaine de la **chaleur solaire à haute température dans les processus indus-**

triels, l'objectif pour 2008 était d'évaluer, sur les plans techniques et économiques, une installation visant l'augmentation du niveau de température de la chaleur résiduelle d'un procédé grâce à une installation solaire thermique à concentration afin d'en permettre la valorisation et ceci dans l'optique d'un possible transfert dans d'autres sites.

A la suite d'un séminaire entre spécialistes (octobre 2007) et d'une conférence nationale (octobre 2008) sur les CSP, il est apparu que la recherche et l'industrie suisses devaient se concentrer sur des marchés de niche tels que le développement de prototypes et de composantes spécifiques de centrales (héliostat, concentrateurs, échangeurs de chaleur, turbines, régulation, technologie de concentration, ingénierie, logiciels, etc.). Dans le domaine des **CSP**, l'objectif 2008 était de finaliser, au niveau de l'ingénierie, l'investigation et le design d'un concept novateur de système de concentrateur pour la production d'électricité solaire thermique efficace et rentable (y c. la construction d'un prototype et une campagne de mesures).

Travaux effectués et résultats acquis en 2008

Thermochimie solaire

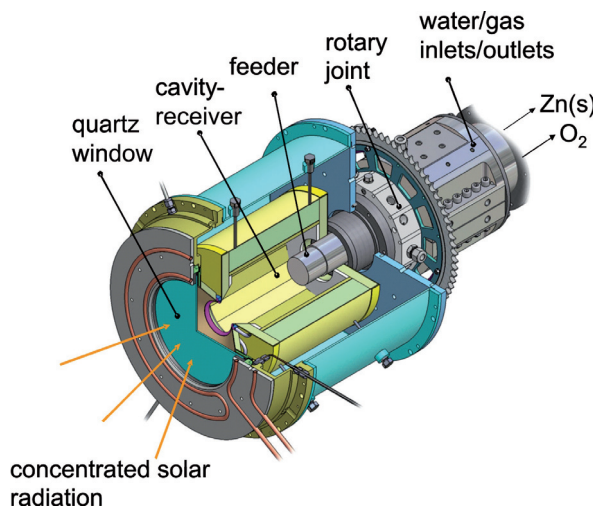
Langfristiges Forschungsziel des Labors für Solartechnik (LST) am Paul Scherrer Institut PSI und der Professur für Erneuerbare Energieträger (PRE) an der ETH Zürich sind solare thermochemische Kreisprozesse, die konzentrierte Sonnenenergie effizient in chemische Energieträger wie Wasserstoff umwandeln. Besonders verheissungsvoll ist der zweistufige Zinkoxid/Zink-Zyklus: (1) der erste Schritt ist die endotherme solarthermische Dissoziation von Zinkoxid (ZnO) zu Zink (Zn) und Sauerstoff (O₂); (2) der zweite Schritt ist die nicht-solare exotherme Aufspaltung von Wasser (H₂O) mit Zn zu Wasserstoff (H₂) und ZnO, welches anschliessend wieder dem solaren Prozess zugeführt wird.

Solarchemische Herstellung von Wasserstoff mittels Zinkoxid/Zink-Kreisprozess

Der erste Schritt des Zinkoxid/Zink-Kreisprozesses wird gegenwärtig im Projekt *Towards Industrial Solar Production of Zinc – Reactor Optimization for Scale-Up* am PSI im 10-kW-Massstab optimiert und soll anschliessend in einer 100-kW-Pilotanlage demonstriert werden [1]. Figur 1 zeigt den rotierenden 10-kW-Hochtemperatur-Solarreaktor, der im Hochfluss-Solarsimulator des PSI (HFSS) bei

Temperaturen bis 2000 K getestet wurde. Mit einer modifizierten Quench-Einheit am Ausgang der Kavität wurde eine verbesserte Trennung der Produktgase Zn(g) und O₂ sowie eine höhere Zinkausbeute angestrebt. In einer ersten Messkampagne wurden insgesamt 15 Experimente mit einem bis drei ZnO-Förderzyklen durchgeführt. Eine maximale Strahlungsleistung zwischen 9,1 kW und 11,6 kW wurde benötigt, um Temperaturen im Bereich von 1757–2001 K in der Kavität zu erreichen. Ein typisches Experiment dauerte 50–90 Minuten (ohne Aufheizphase). Der experimentelle Befund, dass die Zinkausbeute mit zunehmender Verdünnung bzw. abnehmendem Zink-Partialdruck steigt, ist im Einklang mit einem kinetischen Modell zur Evaluation der Trennung von Gemischen aus Zinkdampf und Sauerstoff.

In einer zweiten Messkampagne wurden die Inertgasströme zum Schutz des Fensters vor Verschmutzung durch Partikelablagerung weiter optimiert. In einem ersten Schritt wurden Visualisierungsexperimente durchgeführt, um die optimale Strömungskonfiguration im kalten Reaktor zu finden. In einem zweiten Schritt wurden die verheissungsvollsten Strömungskonfigurationen mit dem *Zirrus*-Reaktor im HFSS getestet. Bei dieser Messkampagne wurde ein neues Verfahren zum



Figur 1: Schema des 10-kW-Prototypreaktors für die solarthermische Dissoziation von ZnO in Zn und O₂. (Bildquelle: PSI)

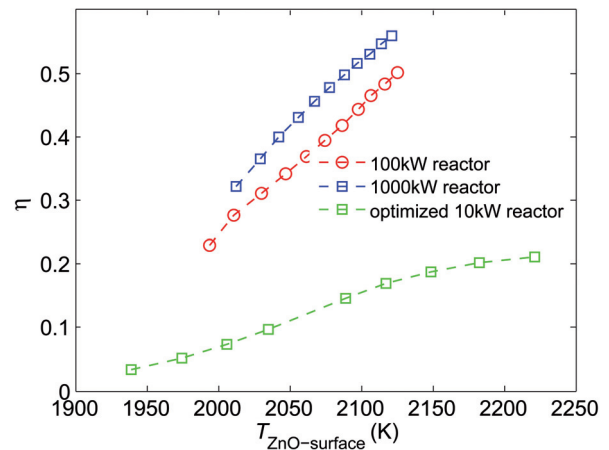
Einbringen von ZnO in die Reaktorkavität getestet. Statt die einfallende Strahlung während des Förderns komplett abzublocken, wurde die Strahlungsleistung lediglich auf ein akzeptables Niveau reduziert, um das Abschmelzen der wassergekühlten Spitze des Förderers zu verhindern.

Im Rahmen einer Dissertation wurde ein instationäres Wärmeübertragungsmodell entwickelt, um die thermische Leistung des Solarreaktorprototyps für die solare Dissoziation von ZnO im Temperaturbereich von 1600–2130 K zu analysieren [2].

Wärmeleitungsverluste zur wassergekühlten Quench-Einheit und Strahlungswärmeverluste durch den ringförmigen Kavitätsausgang wurden als Hauptgründe für die tiefen Wirkungsgradzahlen von maximal etwa 3 % für den 10-kW-Reaktorprototyp identifiziert. Wie Modellrechnungen zeigen, kann der Energieumwandlungswirkungsgrad η des Prototypreaktors auf bis zu 17 % erhöht werden, wenn die Geometrie am Ausgang der Kavität so optimiert wird, dass die Wärmeleitungsverluste durch Verkleinerung oder komplette Entfernung von wassergekühlten Teilen verringert werden.

Figur 2 zeigt η als Funktion von $T_{\text{ZnO-surface}}$ für den optimierten 10-kW-Reaktorprototyp sowie für zwei aufskalierte 100-kW- und 1000-kW-Pilotreaktoren. Durch Aufskalieren der solaren Reaktortechnologie besteht das Potenzial, Energieumwandlungswirkungsgrade von über 50 % zu erreichen, hauptsächlich dank höherer Reaktionsraten bei höheren Betriebstemperaturen, die durch Verminderung der Wärmeleitungsverluste im optimierten Reaktor erzielt werden können.

Der zweite Schritt des Zinkoxid/Zink-Kreisprozesses wurde im ETH-Projekt *Zinc Hydrolysis*



Figur 2: Energieumwandlungswirkungsgrad η als Funktion der maximalen Oberflächentemperatur $T_{\text{ZnO-surface}}$. (Bildquelle: PSI)

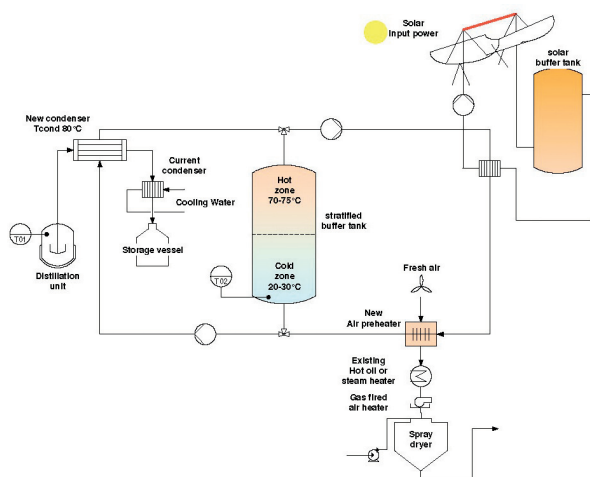
for Hydrogen Production weiter erforscht. In einem Röhrenreaktor mit geheizten Wänden wurde ein Strom von Zinkdampf mit Wasserdampf gequench, wobei Wasserstoff zusammen mit Zink/Zinkoxid-Nanopartikeln produziert wurde [5].

Solarthermische Herstellung von Wasserstoff und Synthesegas aus fossilen Rohstoffen

Im Rahmen des EU-Projekts *SOLHYCARB* (2006–2010) ist im Sommer 2009 ein Scale-up der solarchemischen Reaktortechnologie auf 50 kW geplant. Dabei soll Methan (CH₄) thermisch zu Wasserstoff und hochwertigem Kohlenstoff («carbon black») zersetzt werden. Die Hochtemperaturprozesswärme wird durch konzentrierte Strahlung bereitgestellt. Vorbereitungsarbeiten wurden mit einem 5-kW-Reaktorprototyp im Solarofen des PSI und im Solarsimulator an der ETH Zürich geleistet. Im Berichtsjahr wurden insgesamt 52 Experimente mit einem Leistungseintrag von 3–6 kW durchgeführt, wobei eine maximale Methankonversion X_{CH_4} von 90 % bei einer Reaktionstemperatur von über 1600 K erreicht wurde. Mit ausgewählten experimentellen Daten wurde ein instationäres Strahlungswärmeübertragungsmodell validiert.

Beim EU-Projekt *SOLREF* (2005–2009) ist im Jahr 2009 die experimentelle Demonstration der solaren Dampfreformierung von Methan für verschiedene Anwendungen wie Wasserstoffproduktion oder Stromerzeugung in einer 400-kW-Pilotanlage vorgesehen. Die Projektpartner an der ETH Zürich sind für thermodynamische Analysen und die dynamische Modellierung von Reaktoren und Prozessen zuständig.

Die solare Dampfvergasung von Schwerölderivaten («Petrocokes» oder «Petroleum Coke») und



Figur 3: Szenario A: Wärmerückgewinnung an der Destillation, Speicherung im Tank, Erhitzung in Solaranlage mit eigenem (kleinen) Pufferspeicher und Beheizung des Sprühtrockners (Lufterhitzer, 215 °C). (Bildquelle: Novartis Consumer Health)

die Produktion von hochwertigem Synthesegas wird in einem von der ETH Zürich initiierten Industrieprojekt *SynPet* (2002–2009) erforscht. Ähnliche Prozesse wurden am PSI modelliert und im *HFSS* experimentell untersucht, und zwar in einem modifizierten Festbettreaktor, der im Rahmen des EU-Projekts *SOLZINC* (2001–2005) für den karbothermischen ZnO/Zn-Prozess entwickelt und in einer Pilotanlage mit 300 kW solarer Leistung erfolgreich getestet worden war.

Explorative Studien neuer solarchemischer Prozesse

An der ETH Zürich und am PSI werden im Rahmen von Studienarbeiten laufend neue Prozesse untersucht, um abzuklären, ob die benötigte Prozesswärme mit konzentrierter Sonnenenergie bereitgestellt werden kann. Als erstes Beispiel sei hier die Produktion von Wasserstoff mit einem zweistufigen thermochemischen Prozess erwähnt, der auf einer Redoxreaktion mit Magnesiumoxid (MgO) und Magnesium (Mg) basiert. Ein zweites Beispiel ist die Herstellung von Ammoniak (NH₃) mit einem zweistufigen thermochemischen Kreisprozess als Alternative zum konventionellen Haber-Bosch-Prozess. Als Alternative zur CO₂-Sequestrierung werden zweistufige solarchemische Kreisprozesse mit ZnO/Zn- und Fe₃O₄/FeO-Redoxreaktionen für die Zersetzung von CO₂ in die Grundelemente C, CO und O₂ vorgeschlagen. Thermochemische Kreisprozesse werden auch untersucht, um CO₂ aus der Umgebungsluft abzutrennen. Beispielsweise wird in einem Fließbett in zwei Schritten CaO karbonisiert und CaCO₃ kalziniert, wobei konzentrierte Sonnenenergie die Hochtemperatur-Prozesswärme liefert. Ein weiterer solarer Prozess betrifft die Produktion von

Magnesium (Mg), wozu erste thermodynamische Untersuchungen und Umweltanalysen durchgeführt wurden.

Chaleur solaire à haute température dans les processus industriels

Die Konzeptstudie umfasste die Ist-Analyse der bestehenden Anlagen, die konzeptionelle verfahrenstechnische Dimensionierung der Anlagenteile (solarthermisch und konventionell) sowie eine Kostenschätzung [3].

Drei grundsätzlich unterschiedliche Szenarien von Verfahrensschemata ergeben sich, wie eine Solaranlage in den Betrieb integriert werden kann (siehe Figur 3):

- Szenario A: Solare Prozesswärme und Abwärmenutzung begrenzt auf Produktionsbetrieb;
- Szenario B: Solare Prozesswärme und Abwärmenutzung in Kombination mit Einspeisung ins Wärmeträgersystem;
- Szenario C: Solare Prozesswärme ohne Abwärmenutzung nur zur Einspeisung ins Wärmeträgersystem.

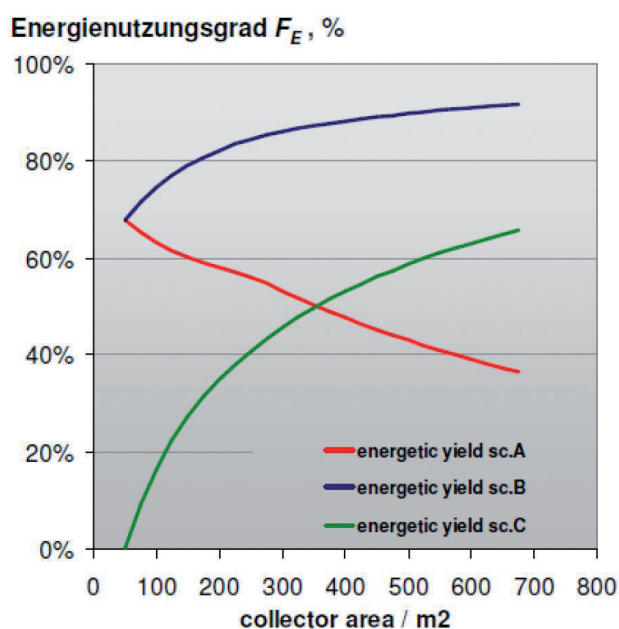
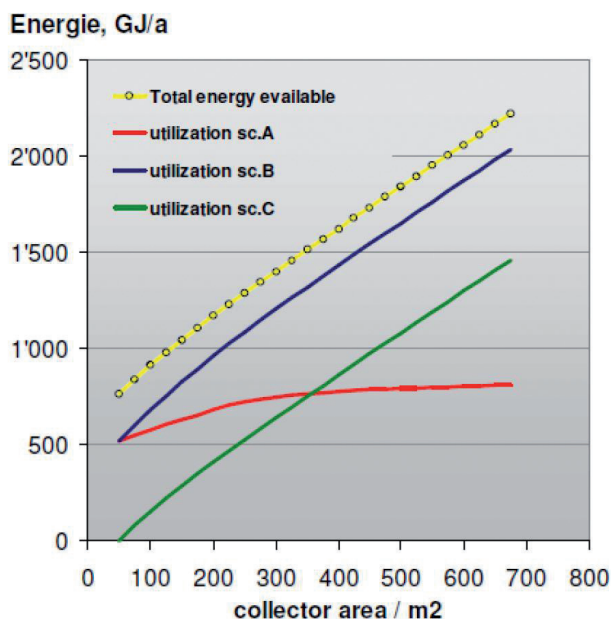
Für die Wärmeerzeugung auf Prozesswärmeneiveau werden konzentrierende Solarkollektoren benötigt. In dieser Studie wurden einachsige nachgeführte Parabolrinnenkollektoren untersucht. Die Errichtung der Solaranlage ist an drei möglichen Positionen am Standort Nyon untersucht worden:

- Option 1: Auf dem Dach des Produktionsgebäudes;
- Option 2: Auf einer Wiese unmittelbar neben dem Produktionsgebäude;
- Option 3: Auf dem PW-Parkplatz des Standortes in ca. 300 m Entfernung vom Produktionsgebäude.

Eine qualitative Beurteilung der verschiedenen Szenarien und Aufstellungsoptionen ist im Abschnitt 3.5 des Schlussberichtes gegeben [3].

Zur Berechnung der Wärmerückgewinnung, der solaren Aufwertung und der Anwendung im Prozess wurde ein Modell entworfen, welches die verschiedenen Wärmeströme in und um die chemische Produktion und die Solaranlage berücksichtigt. Zur Erstellung des Solarmodells wurde Polysun4¹ erweitert, damit ein Prozesswärmesystem mit Solarintegration, wie jenes der Novartis in Nyon, simuliert werden kann. Um zu simulieren, wie gross der solare Ertrag ist, bedurfte es einiger Neuentwicklungen und Erweiterungen von Poly-

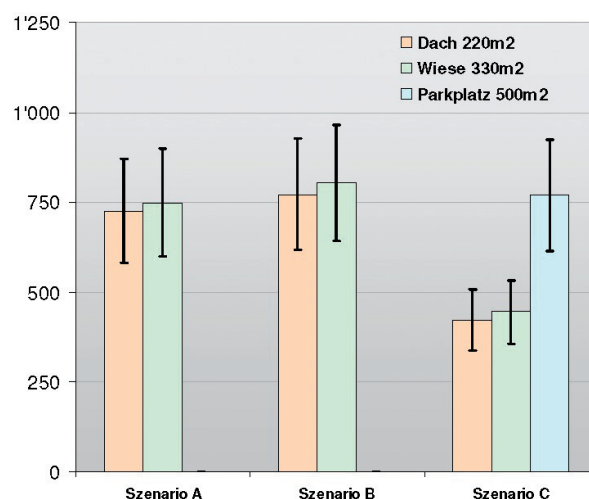
¹ Polysun4 wird gemeinsam mit der Spin-Off Firma Vela Solaris weiterentwickelt (www.velasolaris.com).



Figur 4: Modellierter jährlicher Energien (oben) und energetischer Nutzungsgrad (unten). (Bildquelle: Novartis Consumer Health)

sun4-Komponenten. Wichtige Einflussgrößen für die Modellierung sind naturgemäss die verfügbare Fläche der Solarkollektoren sowie die Grösse des Speichertanks. Für die jeweiligen Szenarien wurden für diese Parameter die resultierenden jährlichen Energieströme wie auch die jährlichen energetischen Nutzungsgrade berechnet (siehe Figur 4).

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit wurden die folgenden Betriebskosten der Anlage und die Kapitalkosten (mit 9 % verzinst) sowie die Abschreibung der Anlage über deren Lebensdauer von 25 Jahren berücksichtigt. Für die drei Szenarien wurden für unterschiedliche Optionen die je-



Figur 5: Investitionskosten der verschiedenen Szenarien in kCHF. (Bildquelle: Novartis Consumer Health)

weiligen Investitionskosten berechnet (siehe Figur 5). Die wirtschaftliche Bewertung der verschiedenen Optionen erfolgte mittels statischer (Pay-Back) und dynamischer (Netto Barwert NPV und interne Rentabilität IRR) Methoden.

In dieser Machbarkeitsstudie wurde gezeigt, dass eine solarthermische Aufwertung von Niedertemperatur-Prozessabwärme mittels konzentrierender Solarkollektoren technisch gut möglich ist. Der Aufwand für die Gewinnung, Speicherung und erneute Integration der Wärme in den Prozess ist mit konventionellen verfahrenstechnischen Einheiten realisierbar. Die Einbindung der Solarkollektoren stellt regeltechnisch moderate Anforderungen. Es existieren marktreife Parabolrinnenkollektoren in Modulbauweise, die von Anbietern schlüsselfertig geliefert und installiert werden. Grundsätzlich ist dieses Konzept zur Abwärmenutzung überall dort anwendbar, wo folgende Kriterien erfüllt sind:

- Verfügbarkeit von Prozessabwärme, möglichst kontinuierlich (reduziert den Pufferbedarf);
- Solare Einstrahlung von direktem (nicht diffus) Sonnenlicht in der Grössenordnung von Nyon (1300 kWh/m²/a) oder besser. Denkbare Standorte in der Schweiz sind insbesondere das Wallis, das Tessin und das Engadin. Die Region Basel wäre allenfalls denkbar.

Ein entsprechendes Projekt hat Chancen auf eine Realisierung, wenn folgende Punkte gegeben sind:

- Die erwartete Lebensdauer der Abwärmequelle (Prozess) ist noch für über ca. 10 Jahre gesichert;
- Ein Unternehmen ist bereit, für erneuerbare Energien einen Mehrpreis zu bezahlen.

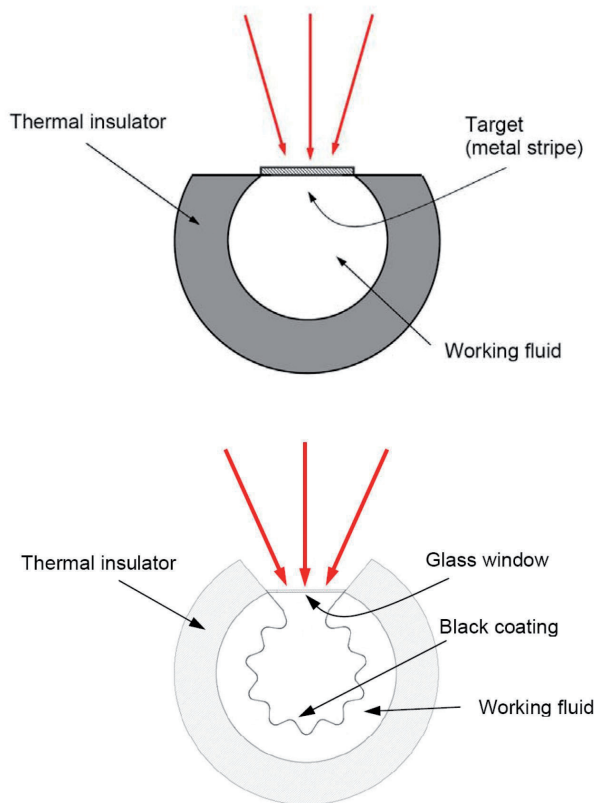


Figure 6: Coupe transversale des récepteurs tubulaire (en haut) et à cavité cylindrique (en bas). (Source : Airlight Energy SA)

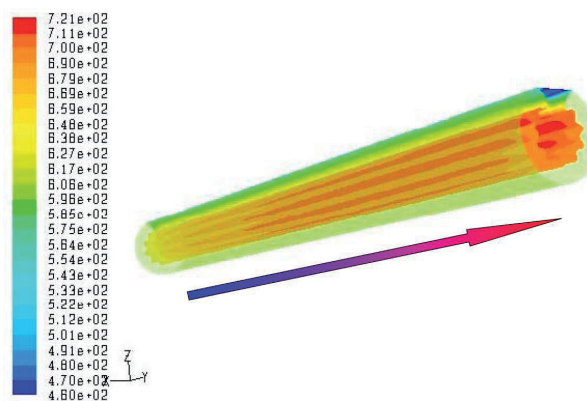


Figure 7: Simulations CFD (Computational Fluid Dynamics) du contour statique de température (échelle en K) du modèle 5 de récepteur à cavité cylindrique. (Source : Airlight Energy SA)

avec des fluides caloporteurs gazeux (air et azote) et sur la prévision de sa performance. Les solutions explorées concernent des absorbeurs tubulaires et des absorbeurs à cavité cylindrique (voir Fig. 6).

Pour chaque modèle d'absorbeur appartenant aux deux familles susmentionnées, une série de simulations fluide-thermodynamiques ont été effectuées pour vérifier l'efficacité de l'absorbeur

Centrales solaires thermiques à concentration (CSP)

Le projet *Solair – Innovative solar collectors for efficient and cost-effective solar thermal power generation* a démarré à la fin de 2007 et s'est terminé avec succès en décembre 2008 [4]. Le présent projet de la société ALE Airlight Energy a comme objectif l'ingénierie et la conception d'un nouveau concept de système de concentrateur efficace et rentable pour la production d'énergie solaire thermique. La technologie exploite une structure gonflable pour concentrer le rayonnement solaire. Cette nouvelle disposition permet de réduire les coûts d'investissement du champ de concentrateurs et promet d'être économiquement compétitive. Un premier prototype, construit en 2007, a été remanié et fortement modifié. Dans la nouvelle configuration, en utilisant des miroirs secondaires, le foyer est situé à proximité de la structure principale et permet l'intégration de l'absorbeur dans la structure gonflée.

Les travaux effectués et les résultats acquis en 2008 sont présentés en détail dans le rapport final

Développement de l'absorbeur

La Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana (Supsi) a mené une étude détaillée sur la conception d'un absorbeur fonctionnant

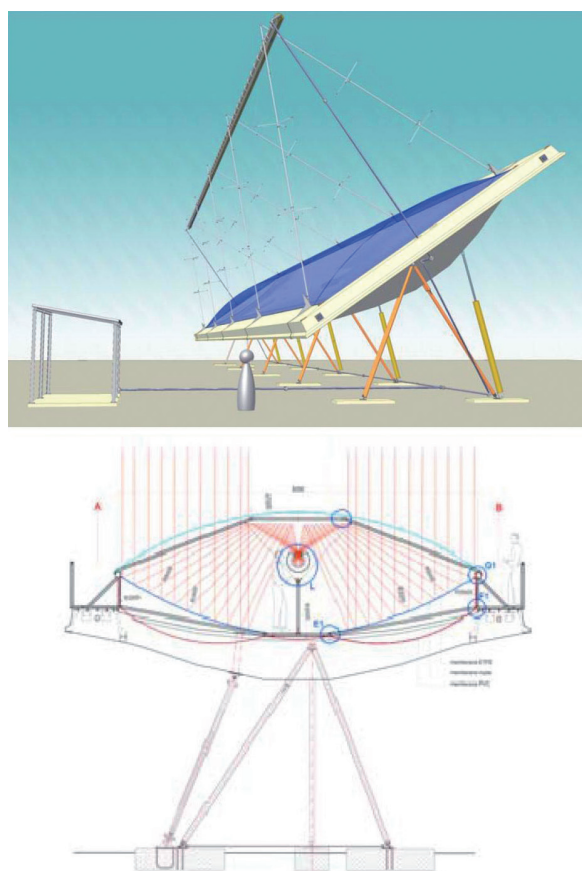


Figure 8: En haut : image CAD du 1^{er} prototype ; en bas : coupe transversale du 2^{ème} prototype de collecteur Airlight du projet [4]. (Source : Airlight Energy SA)

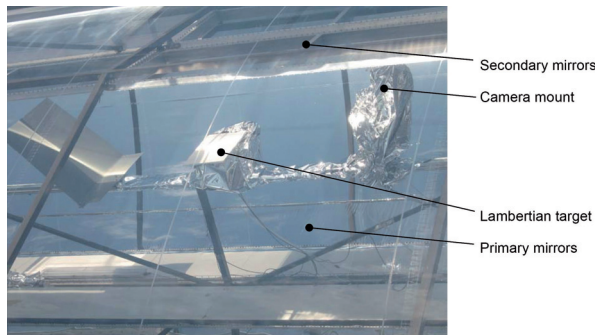


Figure 9: Cible lambertienne et caméra montée. (Source : Airlight Energy SA)

et pour évaluer, en première approximation, les performances en termes de transmission d'énergie vers le fluide caloporteur et les pertes de pression du flux. Un gros avantage du nouveau concept de concentrateur Airlight est le fait que l'absorbeur est positionné à l'intérieur du coussin d'air délimité par l'Effe en le protégeant du vent, ce qui permet une réduction des pertes de chaleur par convection. Les résultats des simulations ont montré que les performances obtenues avec les absorbeurs tubulaires sont très mauvaises pour les conditions de flux d'air requises par le concentrateur Solair. Par contre, le concept d'absorbeur à cavité cylindrique a montré des meilleures performances dans le transfert de l'énergie électromagnétique concentrée en énergie thermique dans le fluide caloporteur (voir Fig. 7). La question la plus critique qui se pose actuellement est celle des pertes de pression du flux.

Simulations

De son côté, l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich (ETHZ) a effectué des simulations du flux solaire par la méthode Monte Carlo. Le modèle prend en compte l'extension spatiale du soleil, les erreurs statistiques de trajectoire, les erreurs

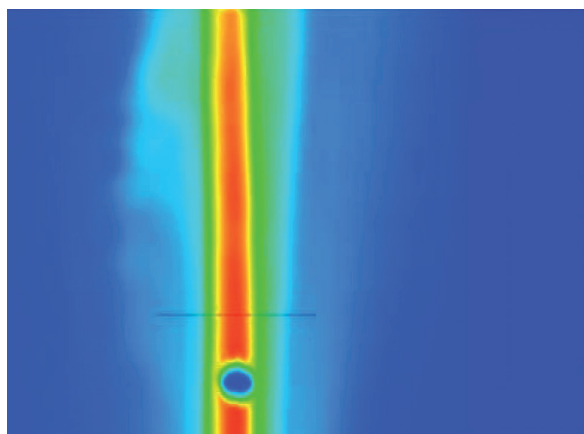


Figure 10: Exemple de donnée calibrée de la caméra. (Source : Airlight Energy SA)

aléatoire d'orientation de la surface des miroirs, les erreurs systématiques de la forme des miroirs, en raison d'une déformation du système par son propre poids, les réflectances non-idéales, les pertes de rayonnement dues à l'ombrage et aux effets de bord. Les flux de distribution et la distribution de la concentration sur la surface focale en 2-D, les flux de distribution sur la paroi de la cavité de l'absorbeur, et les performances générales du système ont été calculés. Les résultats obtenus ont montré que le système est plus sensible à de petites déformations de sa structure causées par son propre poids, ainsi qu'aux erreurs de courbure de la surface des miroirs, en particulier des miroirs primaires (MP). En excluant toutes les imperfections liées au système, le maximum théorique de la performance du système a été déterminé et le pic de concentration dans le plan focal a été trouvé à 150. Ce résultat est en cohérence avec le résultat d'un concentrateur parabolique comparable.

Prototype

Depuis le début du projet, le concept de concentrateur Solair a évolué avec comme objectif une optimisation des performances. Les deux premiers prototypes ont également été construits (voir Fig. 8) tandis que le nouveau a pour l'instant juste été dessiné (voir schéma en page de garde). La principale différence entre le troisième concept et le deuxième est le changement de la structure en béton incluant un nouveau mécanisme de basculement qui profite de la grande rigidité du cadre en béton.

Caractérisation optique

Le prototype de concentrateur solaire d'Airlight a été caractérisé optiquement. Les intensités du flux solaire radiatif ont été mesurées avec une caméra CCD calibrée en capturant l'image du soleil sur une plaque lambertienne (à réflexion diffusée) placée dans le plan focal (voir Fig. 9).

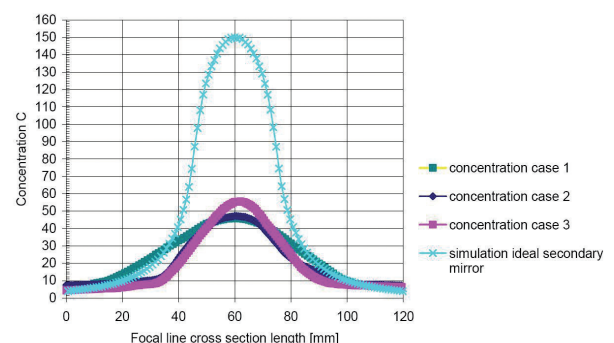


Figure 11: Comparaison avec la simulation du miroir secondaire idéal. (Source : Airlight Energy SA)

Les mesures effectuées le 25 septembre 2008 ont donné une insolation normale directe entre 800 et 870 W/m² sans nuage. Un exemple de mesure représentative avec la dernière configuration du miroir secondaire est présenté dans la figure 10, où sont présentées les données optiques. La ligne rouge indique la position de la coupe transversale perpendiculaire à l'axe optique du concentrateur, où est mesurée la distribution de la concentration sur l'ouverture. Comme les miroirs secondaires de

forme incurvée, nécessaires pour corriger la géométrie du système, n'étaient pas disponibles, pour cette raison, un jeu de miroirs secondaires plats a été utilisé pendant les mesures. Avec ces miroirs secondaires non idéaux, des pics de concentrations de l'ordre de 45–65 ont été atteints. Une comparaison entre la concentration mesurée et une simulation de Monte Carlo de la concentration en utilisant des miroirs secondaires idéaux est illustré à la figure 11.

Collaboration nationale

Thermochimie solaire

Das Labor für Solartechnik (LST) am PSI und die Professur für Erneuerbare Energieträger (PRE) an der ETH Zürich erforschen gemeinsam solarchemischen Hochtemperaturprozesse. Die beiden Labors sind aktiv im Rahmen des neu gegründeten Competence Center Energy and Mobility (CECM) und von Hydropole – Swiss Hydrogen Association. Mit folgenden Forschungslabors besteht eine enge Zusammenarbeit:

- Zn Hydrolyse: ETH Zürich – Particle Technology Laboratory (Prof. S. Pratsinis);
- Hochtemperatur-Materialien: EMPA – High Performance Ceramics Laboratory (Dr. U. Vogt).

Chaleur solaire à haute température dans les processus industriels

Dieses Projekt erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Institut für Solartechnik SPF der Hochschule für Technik Rapperswil HSR. Das SPF ist zuständig für die solartechnischen Aspekte der Anlage.

Centrales solaires thermiques à concentration (CSP)

Le projet Solair représente une collaboration scientifique entre Airlight, Supsi (Institute for Computer Integrated Manufacturing for Sustainable Development of the Innovative Technologies Department) et l'ETHZ (Institute of Energy Technology of the Mechanical and Process Engineering Department).

Collaboration internationale

Thermochimie solaire

Die Forschung auf dem Gebiet der Hochtemperatur-Solarchemie ist international eingebettet in verschiedene Implementing Agreements der International Energy Agency (IEA):

- Solarpaces: Operating Agent des Task II (Solar Chemistry Research) ist Dr. A. Meier;
- IPHE – International Partnership for the Hydrogen Economy (Projekt Solar Driven High Temperature Thermochemical Production of Hydrogen);
- Sollab – Alliance of European Laboratories on solar thermal concentrating systems (Zusammenschluss von fünf führenden europäischen Forschungslabors).

Aktuell wird mit folgenden Forschungsinstitutionen zusammengearbeitet:

- Australien: ANU – Australian National University, Canberra; CSIRO – Commonwealth

Scientific and Industrial Research Organisation, Energy Center, Newcastle, NSW;

- Deutschland: DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Köln und Stuttgart;
- Frankreich: CNRS – Centre National de la Recherche Scientifique, Odeillo;
- Israel: WIS – Weizmann Institute of Science, Rehovot;
- Japan: TIT – Tokyo Institute of Technology, Tokyo;
- Spanien: Ciemat – Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Madrid und Almería;
- USA: NREL – National Renewable Energy Laboratories, Golden, CO; SNL – Sandia National Laboratory, Albuquerque, NM; UC – University of Colorado, Denver, CO.

Évaluation de l'année 2008 et perspectives 2009

Le PSI et l'ETH Zurich sont les acteurs centraux et donnent une importante impulsion à la recherche dans le domaine de la thermochimie solaire en Suisse. L'année 2008 a permis une accélération significative dans le processus de développement d'un des cycles thermodynamiques solaire les plus prometteurs (ZnO/Zn). Les campagnes de mesures ont permis l'optimisation du prototype de réacteur de 10 kW et l'évaluation de différents paramètres dans l'objectif de faire fonctionner en 2009 le prototype de manière fiable et sans interruptions. Un objectif ultérieur pour 2009 est le démarrage du projet pour l'installation solaire pilote de 100 kW (prévu dans le four solaire de l'Odeillo).

Concernant le domaine de la chaleur solaire à haute température dans les processus industriels, l'étude menée en 2008 sur le site de Novartis à Nyon a été finalisée avec succès. Cette étude représente une première en Suisse et son transfert

dans d'autres procédés et sites industriels est tout à fait possible. La perspective pour 2009 est de passer à la phase de réalisation d'un projet, chez Novartis Nyon ou d'autres industries.

En 2008, la première conférence suisse sur les CSP a attiré plusieurs acteurs du domaine (instituts de recherche et industrie) et a montré leur engagement dans des projets concrets. Le projet d'Airlight au Tessin a été finalisé avec succès. Le travail fourni par les partenaires a permis la conception, la réalisation et la caractérisation optique du deuxième prototype de concentrateur. La perspective pour 2009 est de poursuivre l'optimisation du concentrateur Airlight avec la construction du troisième prototype afin de pouvoir réaliser la première installation pilote. Le suivi de projets en cours et la contribution au lancement de nouveaux projets prometteurs est une priorité du programme.

Liste des projets R+D

- [1] A. Meier (anton.meier@psi.ch), A. Steinfeld, PSI-ETHZ: Towards Industrial Solar Production of Zinc and Hydrogen – Reactor Optimization for Scale-Up (BFE-Projekt Nr. 102420/153045, Project Proposal, 2008-2011).
- [2] L.O. Schunk: Solar thermal dissociation of zinc oxide – reaction kinetics, reactor design, experimentation and modeling (Ph.D. Thesis No. 18041, ETH Zürich, October 2008).
- [3] A. Luzzi, H. Marti, R. Müller (reto.mueller@bmgeg.ch), BMG Engineering AG: Solarthermische Abwärmee-
- nutzung – Aufwertung von Abwärme mittels Solarthermie zur Erzeugung hochwertiger Prozessenergie (Schlussbericht BFE-Projekt Nr. 102351).
- [4] M.C. Barbato, Ph. Haueter, R. Bader, A. Steinfeld, A. Pedretti (andrea.pedretti@airlightenergy.com), ALE Airlight Energy SA, Biasca: Solair – Innovative solar collectors for efficient and cost-effective solar thermal power generation (Rapport final Projet 102327).

Références

- [5] A. Steinfeld, PSI-ETHZ: **Zinc Hydrolysis for Hydrogen Production**, Forschung zur Hydrolyse von Zn wird durch Finanzmittel der ETH Zürich, Professur für Erneuerbare Energieträger (PRE) ermöglicht; www.pre.eth.ch.

Impressum

Juni 2009
Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern
Druck: Ackermann Druck AG, Bern-Liebelfeld
Bezug der Publikation: www.energieforschung.ch

Programmleiter

Pierre Renaud
Planair SA
Crêt 108a
CH-2314 La Sagne
pierre.renaud@planair.ch

Bereichsleiter

Dr. Stefan Oberholzer
Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern
stefan.oberholzer@bfe.admin.ch