

Rapport de synthèse 2012

Programme de recherche Solaire industriel à haute température



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN

Page de couverture :

Projet de la Fromagerie de Saignelégier : Tête de Moine à l'appui solaire

L'installation de la Fromagerie de Saignelégier a été mise en service et inaugurée le 19 octobre 2012. Les concentrateurs paraboliques linéaires devraient pouvoir produire l'équivalent de 300'000 kWh de chaleur pour une surface de 630 m² (source : Institut für Solartechnik (SPF), Rapperswil).

Programme de recherche OFEN Solaire industriel à haute température

Rapport de synthèse 2012

Mandant :

Office fédéral de l'énergie OFEN
CH-3003 Berne

Chef de programme (auteur) :

Pierre Renaud, Planair SA (pierre.renaud@planair.ch)

Chef de domaine de l'OFEN :

Dr. Stefan Oberholzer (stefan.oberholzer@bfe.admin.ch)

<http://www.bfe.admin.ch/forschungindustriesolar>

L'auteur de ce rapport porte seul la responsabilité de son contenu et de ses conclusions.

Introduction

Le soleil fournit 220 fois plus d'énergie que nous n'en utilisons. Une surface terrestre de 1 mio. km² suffirait pour subvenir aux besoins mondiaux en énergie par du solaire thermique à concentration. Cela représente 0,2 % de la surface terrestre totale.

Le solaire industriel à haute température présente différentes technologies qui ont toutes un rôle important à jouer, que ce soit dans la production d'énergie thermique, d'électricité ou de carburants. Les trois principales filières représentées dans le programme de recherche sont la thermochimie solaire, le solaire thermique dans les processus industriels et les centrales solaires thermiques pour la production d'électricité (concentrating solar power, CSP). Les avantages de ces technologies reposent avant tout sur la possibilité de stocker et de transporter l'énergie solaire. C'est un atout majeur permettant de répondre aux pics de consommation d'énergie et d'assurer une production continue, de jour comme de nuit. De plus, il ne faut pas négliger d'autres avantages, comme la possibilité de combinaison avec d'autres agents énergétiques et la possibilité de réaliser des centrales multi-usages. Cependant, des progrès restent à faire, tant sur le plan scientifique que sur le plan économique. Les coûts restent trop élevés et la rentabilité à améliorer.

Pour la thermochimie solaire, les perspectives sont prometteuses pour la fourniture de services énergétiques propres, efficaces et durables. Cette filière représente une part importante dans le développement du solaire industriel à haute température. La recherche mise en priorité sur la production de carburants (hydrogène, gaz de synthèse).

La chaleur solaire pour les processus industriels n'est quant à elle pas encore très développée, contrairement au solaire thermique pour le chauffage des bâtiments et de l'eau chaude sanitaire (ECS). En effet, moins de 100 systèmes (env. 24 MW_{th}) sont en service dans le monde, qui sont pour la plupart de nature expérimentale et de relativement petite taille [1]. Le potentiel de développement est cependant important, puisqu'une grande partie de la demande d'énergie provient du secteur industriel pour des températures souvent inférieures à 250 °C.

Dans le domaine des CSP, l'AIE prévoyait en 2010 (CSP Technology Roadmap [2]) que la capacité installée atteindrait plus de 1'000 GW en 2050 pour 4'050 TWh/an d'électricité produite (env. 11 % de la production d'électricité mondiale). Des études publiées entre 2009 et 2010 par l'AIE, Greenpeace International et The European Solar Thermal Electric Asso-

ciation (ESTELA) prédisaient également qu'entre 84 et 147 GW pourraient être réalisées à l'horizon 2020. Cependant, comme le cite un article récemment publié dans la revue Photon International [3], ces estimations se sont révélées trop optimistes, le développement plus rapide du photovoltaïque ayant entraîné une augmentation de l'écart de prix par rapport à la technologie du solaire à concentration. Les experts ont dû revoir leurs scénarios. L'AIE dans son rapport "Medium-term renewable energy market" [4] prévoit ainsi 3 GW installés à fin 2012, puis une augmentation de 1,5 GW par an, pour atteindre 11 GW en 2017. Fin 2012, la capacité mondiale opérationnelle atteint 2,8 GW, 2,9 GW sont en construction et 7,3 GW sont en développement. L'Espagne est en tête avec 38 installations en service (2,0 GW), suivi par les USA avec 18 installations en service (0,5 GW).

Classification de l'AIE : 3.1.3 Solar thermal power and high-temp. applications

Classification Suisse: 2.1.3 Ind. Solarenergienutzung

Centres de gravité du programme

Le programme de recherche Solaire industriel à haute température est structuré en trois axes principaux : la thermo-chimie solaire, le solaire thermique dans les processus industriels et les centrales solaires thermiques pour la production d'électricité (concentrating solar power, CSP).

Ces applications permettent d'atteindre des températures comprises entre 90 °C pour certains processus industriels et 2'000 °C pour la thermo-chimie solaire. La recherche dans la thermo-chimie solaire s'oriente principalement vers la production de zinc par cycle thermo-chimique ZnO/Zn, qui est menée par le Paul Scherrer Institut (PSI) à Villigen.

Au niveau de la chaleur solaire dans les processus industriels, les points clés de la recherche sont l'engineering et l'implémentation. Le centre de compétence CST (Concentrating Solar Thermal Energy) du SPF à la HES de Rapperswil est un pilier dans ce domaine. Il permet la mise en valeur et la diffusion des compétences, mais fait également le lien entre les différents projets pilote&démonstration (P&D) en cours.

Dans le domaine des CSP, la recherche est principalement axée sur la modélisation, la simulation, les mesures et l'analyse de différents prototypes d'absorbeurs à air. L'objectif est avant tout d'optimiser l'échange de chaleur et de réduire les pertes en pression. Les projets en cours visent également le développement d'un système de stockage de l'énergie thermique.

Revue et évaluation 2012

Dans le domaine de la thermo-chimie solaire, les activités du PSI pour la production de zinc et d'hydrogène se sont poursuivies en 2012. Le réacteur solaire pilote de 100 kW pour la dissociation thermique du ZnO a été modifié et optimisé en vue de la seconde campagne de mesures menée en juin-juillet 2012 au Four Solaire de 1 MW (MWSF) de PROMES-CNRS à Odeillo en France. Cette expérience opérationnelle souligne les besoins R&D et oriente le développement d'une installation thermo-chimique solaire pour la production d'hydrogène, de gaz de synthèse et de carburants liquides.

Les projets P&D pour la chaleur solaire dans les processus industriels ont apporté une contribution importante pour l'acquisition d'expérience et la collecte de données. Dans l'ensemble, les résultats sont satisfaisants et prometteurs. La première installation mise en service a débouché sur une extension à d'autres sites. Des adaptations nécessaires ont pu être mises en évidence, tant du point de vue de la planification que sur les aspects techniques. Le centre de compétence CST du SPF a pu mettre en valeur les mesures par une analyse standardisée des données.

Au niveau des CSP, les activités de la société Airlight (cf. www.airlightenergy.com) se sont poursuivies, tant pour le développement d'un absorbeur à air, que pour la réalisation d'un nouveau prototype pour le système de stockage de la chaleur sur lit de galets. La première installation industrielle pilote est en construction à Ait Baha au Maroc. Elle fournira de l'électricité à une cimenterie, tout en intégrant le système de récupération de chaleur déjà existant.

Perspectives

Le PSI va poursuivre ses activités dans la thermo-chimie solaire. Alors que le projet P&D avait déjà été prolongé jusqu'en avril 2013, une extension de deux ans est prévue jusqu'en 2015. De nouvelles modifications et optimisations du réacteur solaire de 100 kW sont nécessaires. Une troisième campagne de mesures, prévue en 2014, devrait permettre de démontrer la fiabilité sans interruption de son fonctionnement et d'optimiser les performances. Les objectifs sont d'obtenir plus de 50 % de zinc suite à la dissociation du ZnO et de parvenir à un rendement en produit chimique proche dépassant 10 %.

Dans le domaine de la chaleur solaire dans les processus industriels, la dernière installation devrait être mise en service en début d'année chez Cremo à Villars-sur-Glâne (Fribourg). L'accent sera mis sur le monitoring des nouvelles installations, ainsi que sur l'analyse des données, afin d'avoir des résultats pertinents pour chacune des technologies utilisées. Le centre de compétences CST du SPF a un grand rôle à jouer dans cette partie.

Les activités d'Airlight dans les CSP vont se poursuivre dans le but d'améliorer les produits existants, tout en diminuant leur coût, et d'augmenter les performances du système. De plus, des tests pourront être réalisés à une échelle industrielle grâce à l'installation au Maroc.

Highlights Recherche et Développement

Solar production of Zinc and Hydrogen

La thermochimie solaire, en particulier le cycle ZnO/Zn est l'un des processus thermochimiques les plus prometteurs pour le stockage de l'énergie solaire. Dans ce domaine, l'OFEN cofinance les projets du laboratoire de technologie solaire du PSI « Solar Production of Zinc and Hydrogen – Reactor Optimisation for Scale-Up » (R&D) et « Towards Industrial Solar Production of Zinc and Hydrogen - 100 kW Solar Pilot Reactor for ZnO Dissociation » (P&D).

L'objectif principal de ces projets de recherche est d'optimiser la technologie du réacteur solaire permettant la dissociation endothermique de l'oxyde de Zinc (ZnO) en zinc et oxygène (Zn/O₂) et de démontrer son intégration et son application au niveau d'une installation pilote. Les résultats de ces recherches vont permettre de développer les possibilités de stockage de l'énergie solaire en tant que produits chimiques (zinc) ou de carburants (hydrogène ou gaz de synthèse). Cela offre de nouvelles solutions durables au problème mondial actuel de dépendance aux combustibles fossiles.

En 2011, la principale concrétisation du PSI a été la fabrication et les premiers tests du réacteur solaire pilote de 100 kW pour la dissociation du ZnO. La faisabilité technique avait préalablement été démontrée à l'aide d'un prototype de 10 kW. L'installation pré-assemblée et tous ses composants ont été envoyés à deux reprises à Odeillo en France au four solaire de 1 MW (MWSF) de PROMES-CNRS pour des campagnes de mesures.

Pour les deux campagnes, les différents éléments ont été assemblés sur la plateforme expérimentale dans la tour solaire. Des tests de fonctionnalité de chaque composant du système ont été réalisés (eau de refroidissement, conduites d'approvisionnement et d'évacuation du gaz, connexions électriques/électroniques, contrôle de processus et systèmes d'acquisition des données). Dans les deux cas, la durée des mesures a été de 6–7 semaines pour onze expérimentations, avec plus de 60 heures d'ensoleillement enregistrées, chaque expérimentation durant entre trois et neuf heures. Les températures atteintes lors

de ces mesures étaient comprises entre 530 et 1'670 °C.

La première campagne de mesures a eu lieu en juin–juillet 2011. Elle a permis de réaliser des premières expériences opérationnelles de valeur avec le réacteur. Tous les systèmes de l'installation ont pu être testés et qualifiés. Cette première campagne a surtout permis de déterminer les modifications et améliorations à apporter pour la seconde campagne. Sur cette base, le réacteur a été rénové, modifié et optimisé, en particulier par :

- la conception, la fabrication et l'installation d'un nouveau fond de cavité avec une structure composée de briques réfractaires résistant aux chocs thermiques et d'une isolation haute température;

- la réparation de parties endommagées et l'amélioration de la distribution d'eau de refroidissement;
- l'application d'un nouveau revêtement céramique multi-couches sur le cône avant;
- l'amélioration du contrôle de processus et des systèmes d'acquisition des données.

La seconde campagne de mesures a eu lieu en juin–juillet 2012. Une maintenance et l'analyse des résultats étaient prévus entre les expérimentations. L'objectif était d'atteindre un rendement de conversion « énergie solaire-produit chimique » proche de 10 %. La cavité du nouveau réacteur a montré une très bonne stabilité opérationnelle et aucune dégradation n'était visible à la fin de la

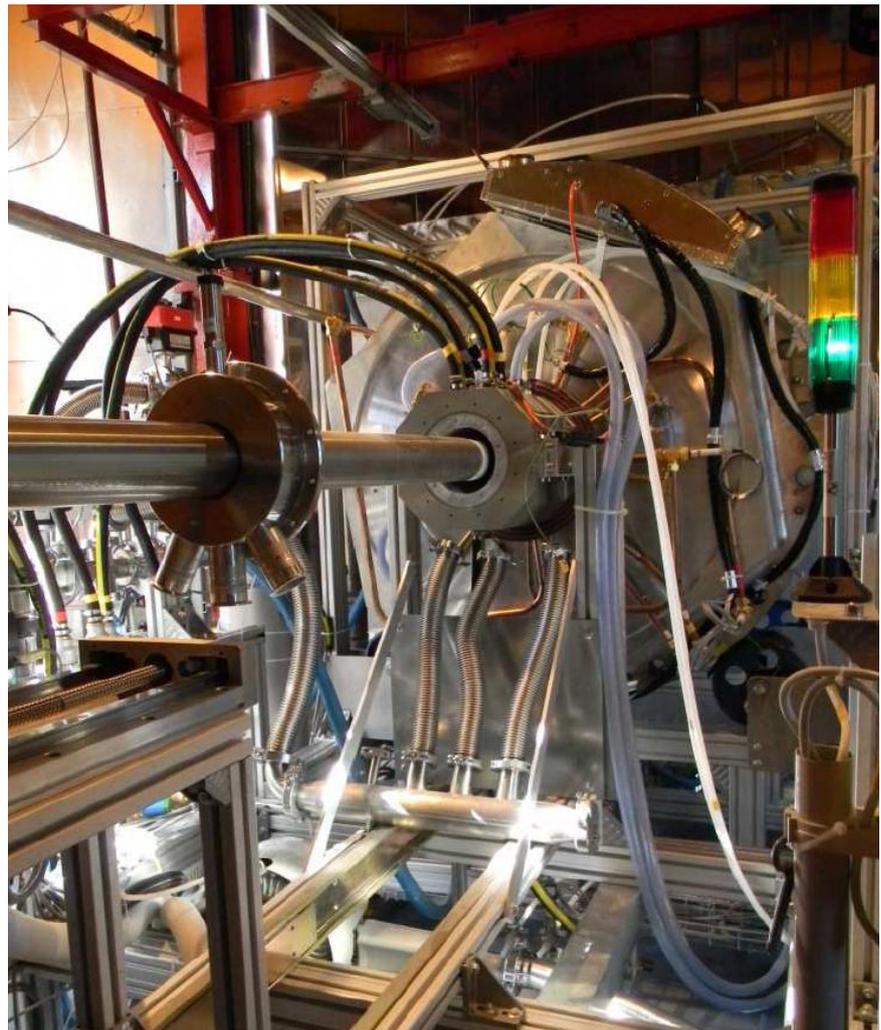


Figure 1 : Partie arrière du 100 kW-réacteur développé par le PSI pour la dissociation solaire thermique du ZnO (Source : PSI).

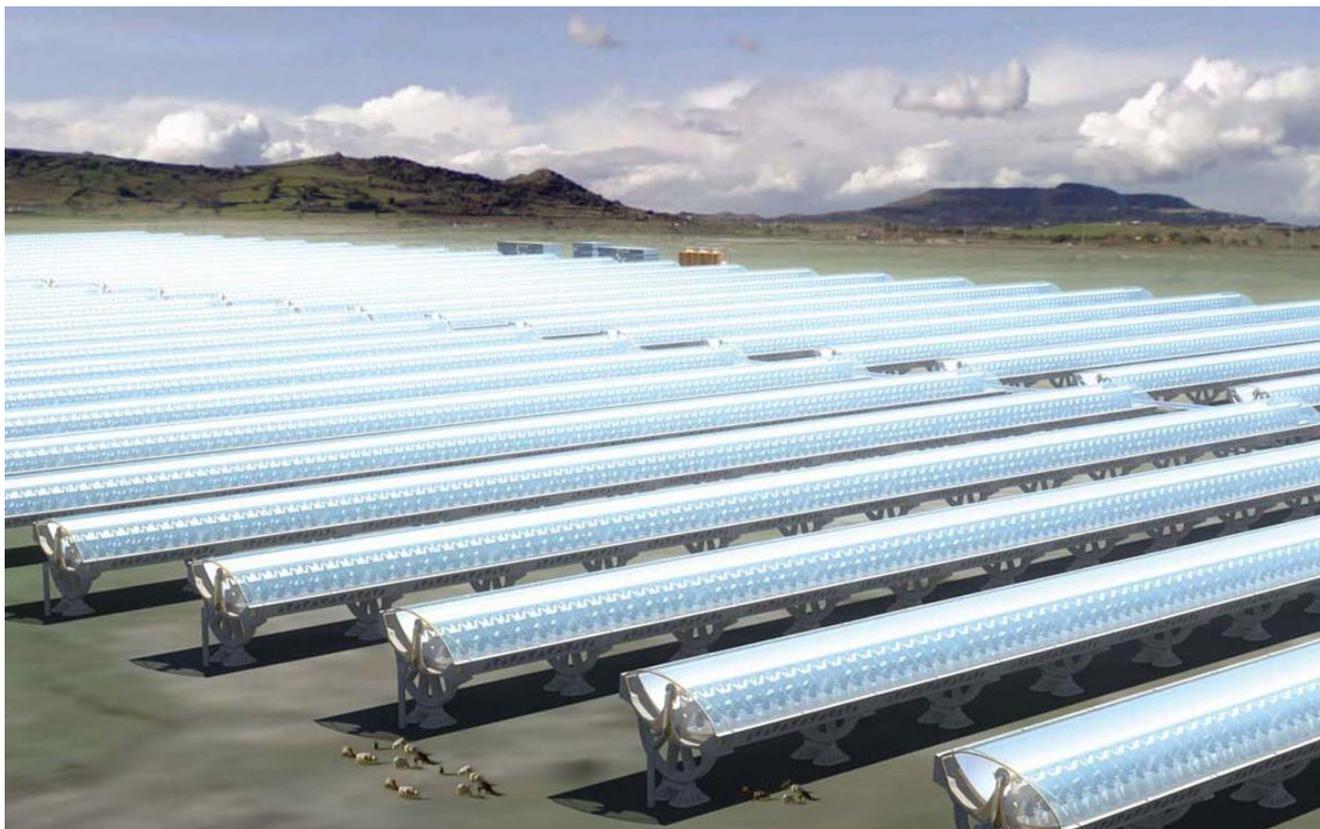


Figure 2 : Photo montage d'un parc CSP d'Airlight Energy (source : Airlight Energy).

campagne. Cependant, le poids supplémentaire des matériaux réfractaires a entraîné une contrainte mécanique sur les parties de la coque aluminium. Cela a causé une fuite d'air dans la chambre de réaction, produisant un impact négatif sur la réaction chimique. Une modification importante de la coque du réacteur s'impose pour assurer un fonctionnement fiable du réacteur. Malgré tout, il a été démontré qu'une teneur en zinc supérieure à 60 % peut être atteinte. Bien que les objectifs principaux n'aient pas tous été atteints, cette seconde campagne s'est avérée un succès et une grande avancée vers la mise en évidence d'un processus industriel viable pour la production solaire de zinc et d'hydrogène.

Déjà prolongées jusqu'en avril 2013, les activités de ce projet vont se poursuivre jusqu'en 2015, avec un cofinancement de l'OFEN pour la partie P&D uniquement. De nouvelles modifications et optimisations du réacteur solaire sont nécessaires, ainsi que du système d'analyse du gaz. Une troisième campagne de

mesures à Odeillo est prévue en 2014. Elle devrait permettre de démontrer la fiabilité sans interruption de son fonctionnement et d'optimiser les performances. Les objectifs sont d'obtenir plus de 50 % de zinc suite à la dissociation du ZnO et de parvenir à un rendement de conversion de l'énergie solaire en produit chimique dépassant 10 %.

Les résultats des campagnes ont été communiqués lors des conférences SolarPACES de Granada (Espagne) et de Marrakech (Maroc). De plus, la publication de trois documents dans des revues spécialisées est prévue :

- Validation du modèle de transfert de chaleur transitoire avec les données expérimentales du réacteur prototype de 10 kW testé au PSI;
- Conception et expérimentation de l'installation solaire pilote de 100 kW;
- Validation du modèle par l'utilisation des données expérimentales qui ont été acquises lors des tests du réacteur solaire de 100 kW.

Innovative for solar thermal power generation

Depuis 2007, l'OFEN cofinance les projets d'Airlight Energy, qui ont été présentés à plusieurs reprises dans les rapports précédents. Ces projets visent le développement d'un collecteur solaire thermique parabolique linéaire novateur pour la production d'électricité (CSP), ainsi que d'un système de stockage de chaleur.

Des résultats intéressants ont déjà été présentés : concept de collecteur avec structure béton renforcée, concept novateur et breveté pour un miroir multi-arcs quasi parabolique pneumatique, utilisation de l'air comme fluide caloporteur, système de stockage de la chaleur par lit de galets. Des prototypes à l'échelle 1:1 ont permis d'analyser, de simuler et d'évaluer de manière critique les performances des installations.

Les activités vont se poursuivre en 2013. L'objectif premier est d'optimiser la conception actuelle, afin d'en améliorer la performance, la robustesse et la fia-

bilité. Des investigations vont être menées pour de nouveaux concepts, tant au niveau du récepteur, qu'au niveau des fluides caloporteurs, de l'isolation thermique et du système de stockage de la chaleur. Dans le même temps, des recherches avancées devraient permettre

de simplifier le système et d'en réduire les coûts, tout en augmentant le rendement global de l'installation.

La première installation industrielle d'Air-light est en cours de construction à Ait Baha au Maroc. Un accord a été signé

en 2011 avec le producteur de ciment Italgem (Italcementi Group). La mise en service est prévue en mars 2013. D'une puissance de 3 MW, l'installation pilote fournira de l'énergie à Italgem, tout en intégrant le système de récupération de chaleur déjà existant.

Projets Pilotes et de Démonstration

Chaleur solaire pour les processus industriels

L'installation de Fischer Kerzen AG [5] a été mise en service en mars 2010. Des collecteurs à tubes sous vide (SRB Energy) ont été posés sur la toiture de la fabrique de bougies à Root (Lucerne), pour une surface de 81 m². Le niveau de température permettant de chauffer la paraffine se situe entre 65 et 110 °C. Dès le début de l'exploitation, il s'est avéré que les collecteurs fournissaient des températures trop élevées. Des mesures ont dû être prises pour pallier à ce

problème de surchauffe [6]. La planification hydraulique a été modifiée, permettant l'évacuation du surplus de chaleur au travers de consommateurs de chaleur supplémentaires. Après maintenant plus d'une année d'exploitation normale, des mesures pertinentes ont pu être relevées. Entre mars 2011 et mars 2012, ce sont 34'600 kWh qui ont pu être fournis. En optimisant encore le système, l'installation devrait pouvoir produire 40'000 kWh/an, alors que le potentiel initial avait été évalué à 47'000 kWh/an. Des discussions avec des spécialistes de la branche (dont le SPF) ont permis de

conclure que le fonctionnement de l'installation est bon et que les estimations avaient été trop optimistes.

La Lalaria Engiadinaisa SA (LESA), située à Bever (Grisons) est la laiterie se trouvant à la plus haute altitude en Europe (1'706 m). L'installation solaire réalisée par ewz [7] compte 115 m² de concentrateurs paraboliques linéaires (NEP Solar Poly Trough 1200), pour des températures d'exploitation comprises entre 150 et 180 °C. Le but est de produire une partie de la vapeur nécessaire au traitement du lait. L'installation a été



Figure 3 : Installation de Fischer Kerzen à Root dans le canton de Lucerne (Source : Fischer Kerzen AG).

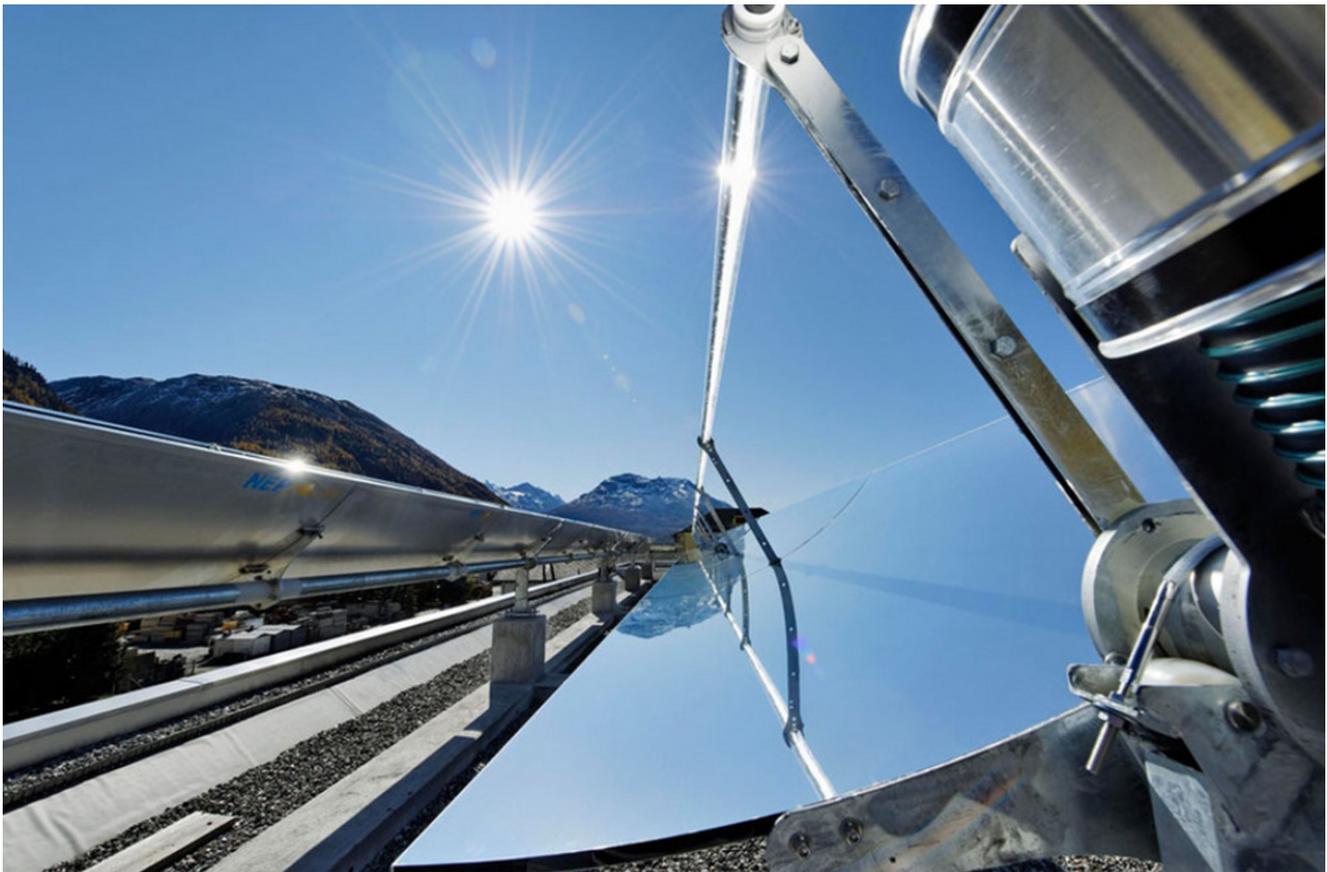


Figure 4 : Installation de Lataria Engiadinaisa SA (LESA) à Bever dans le canton des Grisons (Source : ewz).

mise en service en octobre 2011 pour une première phase de test, alors que le mode automatique a démarré en février 2012, après résolution de problèmes mineurs dans le système (capteurs et circuit hydraulique). Les mesures n'ont pu être exploitées qu'à partir de juin 2012, d'autres problèmes étant apparus au niveau d'un capteur et du compteur de chaleur. Alors que la production attendue était de 60'000 kWh/an, les différents événements perturbateurs n'ont permis de produire que 32'000 kWh durant la première année d'exploitation. Les mesures sont donc encore en cours, afin d'obtenir des données pertinentes sur un an. De plus, une optimisation du système permettant de faire glisser la neige des collecteurs reste à faire. Ce projet permet d'étudier et d'optimiser une installation solaire thermique haute température dans une région alpine soumise à de basses températures et à une quantité non négligeable de neige. Cela lui a valu le prix solaire suisse 2012 dans la catégorie "installations".

La société Zehnder à Gränichen (AG) a lancé un projet visant à réduire de manière significative la consommation de gaz de pétrole liquéfié (GLP) dans ses processus industriels de laquage, nécessitant une grande quantité de chaleur [8]. Elle a donc mis en service en juillet 2012 une installation de 400 m² de collecteurs à tubes sous vide (Ritter) sur le toit de sa nouvelle halle de production et logistique. Dès sa mise en service, l'installation a pu fournir de l'eau chaude à 110 °C au nouveau système de chauffage, permettant de soutenir deux chaudières. Le potentiel énergétique a été estimé à 158'000 kWh/an. Les mesures permettant d'analyser la production réelle sur un an doivent encore être réalisées.

La Fromagerie de Saignelégier (Jura) a mis son installation en service le 19 octobre 2012, en même temps que l'inauguration de l'extension du site, avec un retard d'environ six mois [9]. Ce sont 460 m² de concentrateurs paraboliques linéaires (NEP Solar Poly Trough 1800)

qui ont été posés en toiture. Ce type de collecteur a reçu le certificat selon EN 12975-2:2006. L'installation étant encore en phase de test et de rodage à fin 2012, le monitoring des données n'a pas encore abouti à des résultats exploitables. La température d'exploitation attendue est de 130 °C pour un potentiel énergétique estimé à 300'000 kWh/an.

Le projet de l'entreprise Crema SA vise à installer 581 m² de concentrateurs paraboliques linéaires (NEP Solar Poly Trough 1800) sur le toit du frigo de l'usine à Villars-sur-Glâne (Fribourg) [10]. L'objectif est de produire de l'eau à 150 °C pour le processus de stérilisation de la crème à café. Le potentiel énergétique est estimée à 197'000 kWh/an. A l'origine, la mise en service était prévue en mai 2012, mais des événements et des travaux imprévus, ainsi que des conditions météorologiques non favorables n'ont pas permis de tenir ce délai qui a été repoussé à mars 2013.



Figure 5 : Installation de Zehnder (Source : Zehnder)

Collaboration Nationale

Le 1^{er} novembre 2012 a eu lieu le symposium national du programme de recherche Solaire industriel à haute température. Il avait pour titre "Training and education activities on concentrating solar technologies in Europe and Switzerland". L'objectif premier était de créer des interactions entre des différents acteurs. Au programme, un tour d'horizon de la formation et de l'apprentissage dans le domaine de l'énergie solaire industrielle à haute température, en Europe et en Suisse. Une discussion a également eu lieu sur la valeur ajoutée d'un centre de formation avec une installation tour solaire en Suisse.

Dans le domaine de la thermochimie solaire, le Laboratoire de technologie solaire du PSI travaille conjointement avec le Département pour les énergies renouvelables de l'ETH Zürich. Dans le cadre de plusieurs projets, le PSI collabore également avec les sociétés suivantes: Bühler AG (Uzwil), ALE Airlight Energy SA (Biasca), Alstom Power Service (Baden-Dättwil), Alstom Power Systems (Birr) et Holcim (Holderbank). Des collaborations et synergies sont aussi en

place avec les laboratoires de recherche suisses suivants: EMPA Dübendorf – Laboratory for Solid State Chemistry and Catalysis, EPF Lausanne - Industrial Energy System Laboratory et ETH Zürich – Particle Technology Laboratory.

Dans le domaine de la chaleur solaire pour les processus industriels, le SPF collabore avec Energie Solaire SA (Sierre) pour la partie "composants", avec NEP Solar AG (Zürich) pour la partie "collecteurs", ainsi qu'avec les industries porteuses des projets P&D pour la partie "systèmes" (cf. chapitre "Production de chaleur solaire pour les processus industriels"). Dans le cadre des projets P&D, des collaborations avec les sociétés suivantes ont été mises en place: BE Netz (Lucerne), SRB Energy (CERN Genève) et NEP Solar AG (Zürich).

Dans le domaine des CSP, Airlight Energy collabore avec l'Université professionnelle de la Suisse italienne (SUPSI-DTI-ICIMSI), ainsi qu'avec l'Institut des technologies énergétiques de l'ETH Zürich.

Collaboration Internationale

Dans le domaine de la thermochimie solaire, une coopération internationale du PSI est en cours dans le cadre de :

- AIE SolarPACES Implementing Agreement (Task II – Solar Chemistry Research);
- EERA – European Energy Research Alliance;
- IPHE – International Partnership for the Hydrogen Economy (Projet: Solar driven high temperature thermochemical production of hydrogen);
- SFERA – Solar Facilities for the European Research Area (Projet UE);
- SOLLAB – Alliance of European Laboratories on solar thermal concentrating systems;

- STAGE-STE (projet UE, 2013) – Scientific and Technological Alliance for Guaranteeing the European Excellence in Concentrating Solar Thermal Energy;
- Strategic Alliance between PSI and CIEMAT (Spain) – Roadmap to Solar Hydrogen Production;
- SynPet (Industrial Project with PDVSA) – Solar steam-gasification of petroleum coke (petcoke);
- TCSPower (Projet UE) – Thermo-chemical energy storage for concentrated solar power plants.

Dans le domaine des CSP, un accord pour la construction en 2012–2013 d'une première installation industrielle pilote à Ait Baha (Maroc) a été signé en septembre 2011 entre Airlight Energy et le producteur de ciment Italgem (Italcementi Group).

References

[1] <http://task49.iea-shc.org>

[2] International Energy Agency (IEA): *Technology Roadmap - Concentrating Solar Power*, OECD/IEA (2010)

[3] Photon International: *CSP losing steam? (12–2012)*

[4] International Energy Agency (IEA): *Medium-term renewable energy market (2012)*

[5] M. C. Barbato et al.: *SolAir-2, SFOE Final report (2012)*

[6] M. Lütolf: *Kerzenfabrik Fischer AG, Root - Prozesswärme mit Vakuumröhrenkollektoren, BFE Schlussbericht (2012)*

[7] M. Feuerstein: *V0538 Bever, Lesa / Solare Prozesswärmeerzeugung - ewz Pilotanlage, BFE Zwischenbericht (2012)*

[8] H. Schürch et J. Lee: *Integration solarer Prozesswärme in eine Lackieranlage, BFE Schlussbericht (2012)*

[9] T. Pesenti et J.P. Brahier: *Tête de Moine à l'appui solaire - Rapport annuel OFEN (2012)*

[10] P. Achermann: *Projet CST pilot plant at Cremo - Installation solaire industrielle haute température, Rapport annuel OFEN (2012)*

Projets en cours et terminés dans l'année de référence

(* Classification de l'AIE)

- SOLAIR - INNOVATIVE SOLAR COLLECTORS FOR EFFICIENT AND COST-EFFECTIVE SOLAR THERMAL POWER GENERATION** R&D 3.1.3*

Lead:	ALE Airlight Energy SA	Funding:	BFE
Contact:	andrea.pedretti@airlightenergy.com	Period:	2007–2012

Abstract: The project aims at the engineering investigation and design of a breakthrough concept of a solar collector system for efficient and cost-effective solar thermal power generation. The novel collector technology exploits a revolutionary air-inflated reflective structure for concentrating solar radiation. Reducing drastically the investment costs of the collector field, the solar thermal plant promises to be highly economic competitive.
- TOWARDS INDUSTRIAL SOLAR PRODUCTION OF ZINC AND HYDROGEN – REACTOR OPTIMIZATION AND SCALE-UP** R&D 3.1.3

Lead:	PSI	Funding:	BFE
Contact:	anton.meier@psi.ch	Period:	2007–2013

Abstract: Die endotherme solarthermische Dissoziation von Zinkoxid in Zink und Sauerstoff wird untersucht. In diesem Projekt wird der Hochtemperatur-Solarreaktor für den zuverlässigen und effizienten Betrieb bei Temperaturen über 2000 K (100 kW Prototypreaktor) optimiert.
- SOLAR CO2-SPLITTING USING REDOX REACTIONS** R&D 3.1.3

Lead:	ETHZ	Funding:	SNF
Contact:	aldo.steinfeld@ethz.ch	Period:	2009–2011

Abstract: Solar production of syngas from H₂O and CO₂ is examined via two-step thermochemical cycles based on redox reactions such as Zn/ZnO and FeO/Fe₃O₄: Endothermic step (thermal dissociation of the metal oxide using concentrated solar radiation) and exothermic step (reaction of the metal or reduced metal oxide with a mixture of H₂O and CO₂ yielding syngas, together with the initial form of the metal oxide that is recycled to the first step)
- TCSPOWER – THERMO-CHEMICAL ENERGY STORAGE FOR CONCENTRATED SOLAR POWER PLANTS** R&D 3.1.3

Lead:	PSI	Funding:	EU FP7
Contact:	christian.wieckert@psi.ch	Period:	2011–2014

Abstract: The overall objective of the project is to realize a new, efficient, reliable, and economic thermo-chemical energy storage (TCS) system for concentrated solar power plants, which has the capability to contribute significantly to further cost reduction of regenerative electricity production. This will be achieved by applying reversible gas-solid reactions: dissociation of calcium hydroxide and application of manganese oxide redox reactions.
- ENEXAL – SOLAR PRODUCTION OF ALUMINUM BY CARBOTHERMAL REDUCTION OF ALUMINA** R&D 3.1.3

Lead:	ETHZ	Funding:	EU FP7
Contact:	aldo.steinfeld@ethz.ch	Period:	2010–2014

Abstract: The main goal of this project is to provide primary aluminium industry with "green" innovative technological and economical solutions, focusing on the significant improvement of energy and exergy efficiencies of the production process, the substantial reduction of GHG emissions and the complete elimination of the solid wastes.
- HITECO – HIGH-TEMPERATURE EFFICIENT COLLECTOR FOR CONCENTRATING SOLAR POWER APPLICATIONS** R&D 3.1.3

Lead:	ETHZ	Funding:	EU FP7
Contact:	aldo.steinfeld@ethz.ch	Period:	2010–2013

Abstract: This project aims to increase the operating temperature of the heat transfer fluid to 600 °C and thereby raise the thermal efficiency of the power cycle driven from it. The current state-of-the-art designs are limited to 400 °C and experience a dramatic efficiency drop at higher temperature. Increasing the efficiency of CSP plants this will contribute to reduce the produced electricity cost and to accelerate the implementation of this technology.
- SOLAR-JET – SOLAR CHEMICAL REACTOR DEMONSTRATION AND OPTIMIZATION FOR LONG-TERM AVAILABILITY OF RENEWABLE JET FUEL** R&D 3.1.3

Lead:	ETHZ	Funding:	EU FP7
Contact:	aldo.steinfeld@ethz.ch	Period:	2011–2014

Abstract: The aim of the SOLAR-JET project is to demonstrate a carbon-neutral path for producing aviation fuel, compatible with current infrastructure, in an economically viable way.

● **SFERA – SOLAR FACILITIES FOR THE EUROPEAN RESEARCH AREA** R&D 3.1.3

Lead: PSI	Funding: EU FP7
Contact: Aldo Steinfeld aldo.steinfeld@ethz.ch	Period: 2009–2013

Abstract: This EU-funded research project aims to boost scientific collaboration among the leading European research institutions in solar concentrating systems, offering European research and industry access to the best research and test infrastructures and creating a virtual European laboratory.

● **SYNPET - SOLAR THERMOCHEMICAL APPLICATION FOR PRODUCTION OF SYNGAS FROM HEAVY CRUDE OIL** R&D 3.1.3

Lead: PSI	Funding: others
Contact: Aldo Steinfeld aldo.steinfeld@ethz.ch	Period: 2003–2012

Abstract: The solar steam-gasification of petroleum coke (petcoke) is a hybrid thermochemical process that converts intermittent solar energy into a storable and transportable chemical fuel. At the same time, petcoke is solar-upgraded to a cleaner fluid fuel for electricity generation in highly efficient combined cycles or fuel cells.

● **SOLSYN - SOLAR FUELS FOR CEMENT MANUFACTURING** R&D 3.1.3

Lead: PSI	Funding: KTI
Contact: Christian Wieckert christian.wieckert@psi.ch	Period: 2007–2012

Abstract: Holcim, PSI and ETHZ brought competent resources to perform long-term oriented research to explore the use of concentrated solar energy for cement manufacturing. Solar steam-gasification of carbonaceous materials makes use of concentrated solar energy to convert solid feedstocks such as coal, biomass or carbon-containing wastes into high-quality synthesis gas (mainly H₂ and CO), that could be used for substituting fossil fuels in the cement kiln.

● **ALSTOM - SOLAR-DRIVEN COMBINED CYCLES** R&D 3.1.3

Lead: PSI	Funding: others
Contact: Aldo Steinfeld aldo.steinfeld@ethz.ch	Period: 2008–2011

Abstract: Project aimed at the engineering development of a novel solar receiver for heating compressed air to the entrance conditions of a gas turbine, as part of a combined cycle for power generation. A solar tower concentrating system will be used for electricity generation based on a Brayton-Rankine combined cycle.

● **AIRLIGHT – SOLAR RECEIVER DEVELOPMENT FOR CONCENTRATED SOLAR POWER (CSP) SYSTEMS** R&D 3.1.3

Lead: ETHZ	Funding: BFE
Contact: Aldo Steinfeld aldo.steinfeld@ethz.ch	Period: 2008–2011

Abstract: Project aimed at the design, fabrication, testing, modeling & validation, and optimization of a solar receiver coupled with ALE's trough concentrator, for a Rankine-based electricity generation system.

● **AIRLIGHT – HIGH-TEMPERATURE THERMAL STORAGE SYSTEM FOR CONCENTRATING SOLAR POWER** R&D 3.1.3

Lead: ETHZ	Funding: BFE
Contact: Aldo Steinfeld aldo.steinfeld@ethz.ch	Period: 2010–2013

Abstract: The project is aimed at the design, fabrication, testing, modeling & validation, and optimization of a thermal storage system.

● **INPHOCUS – INFLATED PHOTOVOLTAIC ULTRA-LIGHT MIRROR CONCENTRATORS** R&D 3.1.3

Lead: ETHZ	Funding: KTI
Contact: Aldo Steinfeld aldo.steinfeld@ethz.ch	Period: 2010–2013

Abstract: The goal of the InPhoCUS project is to realize a commercial, cost-competitive, innovative concentrating photovoltaic (CPV) system. The project will cover the design, construction and performance testing of the innovative system. The concentrator will be equipped with unconventional pneumatic multilayer Mylar mirrors; it will have an innovative fiber-reinforced concrete structure and an original tilting mechanism to track the sun.

- **TOMOGRAPHY-BASED DETERMINATION OF EFFECTIVE HEAT/MASS TRANSPORT PROPERTIES FOR COMPLEX MULTI-PHASE MEDIA** R&D 3.1.3
- Lead: ETHZ Funding: SNF
 Contact: Aldo Steinfeld aldo.steinfeld@ethz.ch Period: 2010–2012
 Abstract: Development of a computer tomography based methodology for the determination of the effective heat/mass transport properties of complex porous materials. The focus is on porous materials applied in high-temperature solar thermal and thermochemical processes for producing power and fuels.
- **BIOMASS (ALGAE) GASIFICATION USING CONCENTRATED SOLAR ENERGY** R&D 3.1.3
- Lead: ETHZ Funding: SER
 Contact: Aldo Steinfeld aldo.steinfeld@ethz.ch Period: 2010–2013
 Abstract: The goal of this project is to transform microalgae into clean, CO₂-neutral chemical fuels. Concentrated solar radiation is used as the energy source of high-temperature process heat for the gasification of microalgae into a high-quality syngas (CO + H₂). Syngas can be further processed to liquid fuels for the power and transportation sector.
- **CONCENTRATED SOLAR THERMOELECTRIC CONVERSION** R&D 3.1.3
- Lead: ETHZ Funding: others
 Contact: Aldo Steinfeld aldo.steinfeld@ethz.ch Period: 2010–2013
 Abstract: The goal of this project is to transform microalgae into clean, CO₂-neutral chemical fuels. Concentrated solar radiation is used as the energy source of high-temperature process heat for the gasification of microalgae into a high-quality syngas (CO + H₂). Syngas can be further processed to liquid fuels for the power and transportation sector.
- **CO₂ CAPTURE FROM ATMOSPHERIC AIR BY TEMPERATURE-VACUUM SWING ADSORPTION** R&D 3.1.3
- Lead: ETHZ Funding: others
 Contact: Aldo Steinfeld aldo.steinfeld@ethz.ch Period: 2011–2013
 Abstract: The CO₂ capture technology is based on a cyclic adsorption-desorption process that occurs on a novel filter material ("sorbent"). During adsorption, atmospheric CO₂ is chemically bound to the sorbent surface. Once the sorbent is saturated with CO₂, the CO₂ is driven off the sorbent through heating the sorbent to around 60-100 °C, thereby delivering high-purity gaseous CO₂. The CO₂-free sorbent can be re-used for many adsorption-desorption cycles.
- **TOWARDS INDUSTRIAL SOLAR PRODUCTION OF ZINC AND HYDROGEN - 100 KW SOLAR PILOT REACTOR FOR ZNO DISSOCIATION** P&D 3.1.3
- Lead: PSI Funding: BFE
 Contact: Anton Meier anton.meier@psi.ch Period: 2010–2015
 Abstract: In diesem Projekt wird der 100 kW Pilotreaktor am PSI konstruiert und gebaut. Der Solarreaktor sowie die Zusatzsysteme (Partikelförderer und Produktgasbehandlung) werden anschliessend gemäss Arbeitsplan im 1 MW Solarofen in Odeillo, Frankreich, getestet.
- **SOLAIR PILOT PLANT** P&D 3.1.3
- Lead: ALE Airlight Energy SA Funding: BFE
 Contact: Andrea Pedretti andrea.pedretti@airlightenergy.com Period: 2010–2012
 Abstract: Solar irradiation in Biasca is insufficient for a meaningful practical demonstrator. To be able to effectively test and validate the different components of the Airlight Energy CSP system, two new simulation prototypes are being developed: a full two-axis tracking collector for the validation of the novel receiver design and a new packed bed thermal energy storage with improved thermal insulation and enhanced performance measurement capability.
- **PROZESSWÄRME MIT VAKUUMRÖHRENKOLLEKTOREN FÜR DIE BEHEIZUNG DES PARAFFINS FÜR FISCHER KERZEN AG** P&D 3.1.3
- Lead: Theo Fischer AG Funding: BFE
 Contact: Daniel Kretz d.kretz@kerzen.ch Period: 2009–2012
 Abstract: Für die Kerzenfabrik Fischer Root (Kt. Luzern) wurde eine thermische Vakuumröhrenkollektoren Solaranlage für die Beheizung des Paraffins realisiert. Das Material muss dauernd auf einer Temperatur zwischen mindestens 65 und ca 110 °C gelagert werden. Die 81m² (Absorberfläche) Kollektoren Typ Augusta DF6 (SPF Nr. C938) werden eine Wärmeproduktion von ca. 47'000 kWh generieren.

- CHAUFFAGE À 160 °C DE 80'000 LITRES DE BITUME PAR PANNEAUX SOLAIRES THERMIQUES À ULTRA VIDE** P&D 3.1.3

Lead:	Colas Suisse	Funding:	BFE
Contact:	Marc Maranzana maranzana@colas.ch	Period:	2009–2011

Abstract: Ce projet de chauffage à 160 °C de 80'000 litres de bitume par panneaux solaires thermiques à ultra vide de nouvelle conception est un projet unique. Le domaine de la production de produits bitumineux est un gros consommateur d'énergie, nos panneaux solaires sont une alternative prometteuse aux énergies fossiles. Les 78 m² de l'installation permettront une économie d'énergie fossile de 35'000 kWh/an.
- BEVER, LESA / SOLARE PROZESSWÄRMEERZEUGUNG** P&D 3.1.3

Lead:	EWZ	Funding:	BFE
Contact:	Mevina Feuerstein mevina.feuerstein@ewz.ch	Period:	2010–2013

Abstract: Das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich realisiert im Molkereibetrieb Lesa Lataria Engiadinaisa SA in Bever eine Hochtemperatur-Solaranlage. Mit dieser Anlage wird ein Teil der Dampfproduktion mit Heizöl durch eine Energieproduktion mit erneuerbarer Energie ersetzt. Es werden konzentrierende Rinnenkollektoren eingesetzt, welche gegenüber Vakuumröhrenkollektoren effizienter Hochtemperatur-Wärme erzeugen.
- INSTALLATION SOLAIRE INDUSTRIELLE HAUTE TEMPÉRATURE CHEZ CREMO SA** P&D 3.1.3

Lead:	Crema SA	Funding:	BFE
Contact:	Paul- Albert Nobs Panobs@crema.ch	Period:	2011–2015

Abstract: La technologie de concentrateur utilisée est connue mais sa taille et l'application dans une industrie agroalimentaire leader en Suisse en fait un projet de démonstration avec un potentiel de réplication et de dissémination importants. Ce projet vise à démontrer que, même dans une région relativement peu ensoleillée, le retour sur l'investissement est raisonnable compte tenu notamment des économies de gaz obtenues d'env. 175'000 kWh/an.
- INSTALLATION SOLAIRE INDUSTRIELLE HAUTE TEMPÉRATURE CHEZ FROMAGERIE DE SAINGNÉLÉGIER SA: TÊTE DE MOÏNES À L'APPUI SOLAIRE** P&D 3.1.3

Lead:	Fromagerie de Saingnégier SA	Funding:	BFE
Contact:	Jean-Philippe Brahier jeanphilippe.brahier@emmi.ch	Period:	2011–2013

Abstract: Projet industriel de surface importante (env. 600 m²). La technologie de concentrateur utilisée (nouveau type de parabole linéaire de NEP Solar) est nouvelle et n'avait jamais été utilisée dans un projet solaire industriel en Suisse. Le projet permet de comparer le rendement de différents installations de type similaires situées dans le Jura, les Alpes et sur le Plateau.
- IEA-SHC TASK SHIP SUBTASK A LEADERSHIP** R&D 3.1.3

Lead:	Institut für Solartechnik SPF	Funding:	BFE
Contact:	Elimar Frank elimar.frank@solarenergy.ch	Period:	2011–2014

Abstract: In the Subtask A « Process heat collector development and process heat collector testing », the further development, improvement and optimisation of collectors, components and the collector loop is investigated. All types of solar thermal collectors for an operating temperature level up to 400 °C are addressed. It should also prepare the bases to identify and select the most suitable collector technology for a given application.
- CST KOMPETENZZENTRUM AM SPF** R&D 3.1.3

Lead:	Institut für Solartechnik SPF	Funding:	BFE
Contact:	Stefan Brunold stefan.brunold@solarenergy.ch	Period:	2011–2015

Abstract: Ziel dieses Projektes ist es, die Kompetenzen des SPF auf den Bereich der konzentrierenden Kollektoren und der solar-thermischen Prozesswärmenutzung sowie anderer Anwendungen zu übertragen bzw. zu erweitern, um insbesondere auf dem Gebiet der „Concentrating Solar Thermal Energy“ (CST) international eine zentrale Rolle einzunehmen. Aktivitäten: Ausbau der Spektroskopie, Alterungsuntersuchungen, Leistungsmessungen, Messtechnische Erfassung, Analyse.
- SOLAR LIQUID FUEL FROM H₂O AND CO₂** R&D 3.1.3

Lead:	ETHZ	Funding:	BFE
Contact:	Aldo Steinfeld aldo.steinfeld@ethz.ch	Period:	2011–2014

Abstract: A two-step solar thermochemical cycle to produce syngas from H₂O and CO₂ via Zn/ZnO redox reactions is considered. The exothermic step (non-solar) is the reaction of Zn with mixtures of H₂O and CO₂ yielding high-quality syngas (mainly H₂ and CO) and ZnO. Syngas is further processed to liquid fuels via Fischer-Tropsch or other catalytic reforming processes. This research project aims at optimizing and scaling-up the chemical reactor technology.

- **SOLAR ZN-CYCLE - REACTOR TECHNOLOGY FOR ZN+H₂O+CO₂ TO PRODUCE SYNGAS** R&D 3.1.3
- | | | | |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead: | PSI | Funding: | others |
| Contact: | Aldo Steinfeld
aldo.steinfeld@ethz.ch | Period: | 2012–2015 |
- Abstract: Solar production of syngas from H₂O and CO₂ is examined via two-step thermochemical cycles based on redox reactions such as Zn/ZnO and FeO/Fe₃O₄: Endothermic step (thermal dissociation of the metal oxide using concentrated solar radiation) and exothermic step (reaction of the metal or reduced metal oxide with a mixture of H₂O and CO₂ yielding syngas, together with the initial form of the metal oxide that is recycled to the first step)
- **HYTECH – SUSTAINABLE HYDROGEN UTILIZATION** R&D 3.1.3
- | | | | |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead: | PSI | Funding: | others |
| Contact: | Aldo Steinfeld
aldo.steinfeld@ethz.ch | Period: | 2012–2015 |
- Abstract: The HyTech project is focused on the realization of breakthroughs and advancing innovative technologies in the field of sustainable hydrogen utilization. Both the disciplines of solar hydrogen production and hydrogen storage will be engaged by employing the top experts in each field from Switzerland, and by pursuing pioneering approaches.
- **SOLAR CERIA-BASED REDOX CYCLE FOR SPLITTING H₂O AND CO₂** R&D 3.1.3
- | | | | |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead: | PSI | Funding: | others |
| Contact: | Aldo Steinfeld
aldo.steinfeld@ethz.ch | Period: | 2012–2015 |
- Abstract: Solar syngas production from H₂O and CO₂ is experimentally investigated using a two-step thermochemical cycle based on cerium oxide redox reactions. A solar cavity-receiver containing porous ceria felt is directly exposed to concentrated thermal radiation at a mean solar concentration ratio of 2865 suns.
- **SOLARHTG – HYDROTHERMAL GASIFICATION COMBINED WITH SOLAR AIR-RECEIVER AND THERMAL STORAGE** R&D 3.1.3
- | | | | |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead: | PSI | Funding: | others |
| Contact: | Aldo Steinfeld
aldo.steinfeld@ethz.ch | Period: | 2012–2015 |
- Abstract: Hydrothermal gasification, a relatively new technology, is able to convert wet biomass or wastewater in supercritical water into gas, clean water and salts. HTG requires relatively large amount of heat at temperature above 500 °C. This project proposes to study the coupling of a solar thermal plant with a HTG plant in order to increase the HTG conversion efficiency and store the solar energy in the fuel produced.
- **CSP2 – CONCENTRATED SOLAR POWER IN PARTICLES** R&D 3.1.3
- | | | | |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead: | PSI | Funding: | EU FP7 |
| Contact: | Aldo Steinfeld
aldo.steinfeld@ethz.ch | Period: | 2011–2015 |
- Abstract: The aim of the CSP2 Project is to use a dense gas-particle suspension as an alternative heat transfer fluid (HTF) that allows working temperatures higher than 550 °C. The solid phase consists of any particulate mineral, like quartz sand, that withstands high temperatures. The solid particles can also be used as a thermal energy storage medium due to their high heat capacity.
- **ALSTOM – SOLAR-DRIVEN GAS TURBINES** R&D 3.1.3
- | | | | |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead: | PSI | Funding: | others |
| Contact: | Aldo Steinfeld
aldo.steinfeld@ethz.ch | Period: | 2012–2014 |
- Abstract: Scale-up demonstration of solar pressurized air-receiver in a solar tower. Project aimed at the engineering development of a novel solar receiver for heating compressed air to the entrance conditions of a gas turbine, as part of a combined cycle for power generation.
- **IEA-SOLARPACES-PROGRAMM** R&D 3.1.3
- | | | | |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead: | DLR | Funding: | BFE |
| Contact: | Christophe Richter
exsec@solarpaces.org | Period: | 1989–2016 |
- Abstract: SolarPACES is an international cooperative network bringing together teams of national experts from around the world to focus on the development and marketing of concentrating solar power systems (also known as solar thermal power systems). It is one of a number of collaborative programs, called Implementing Agreements, managed under the umbrella of the International Energy Agency to help find solutions to worldwide energy problems.

