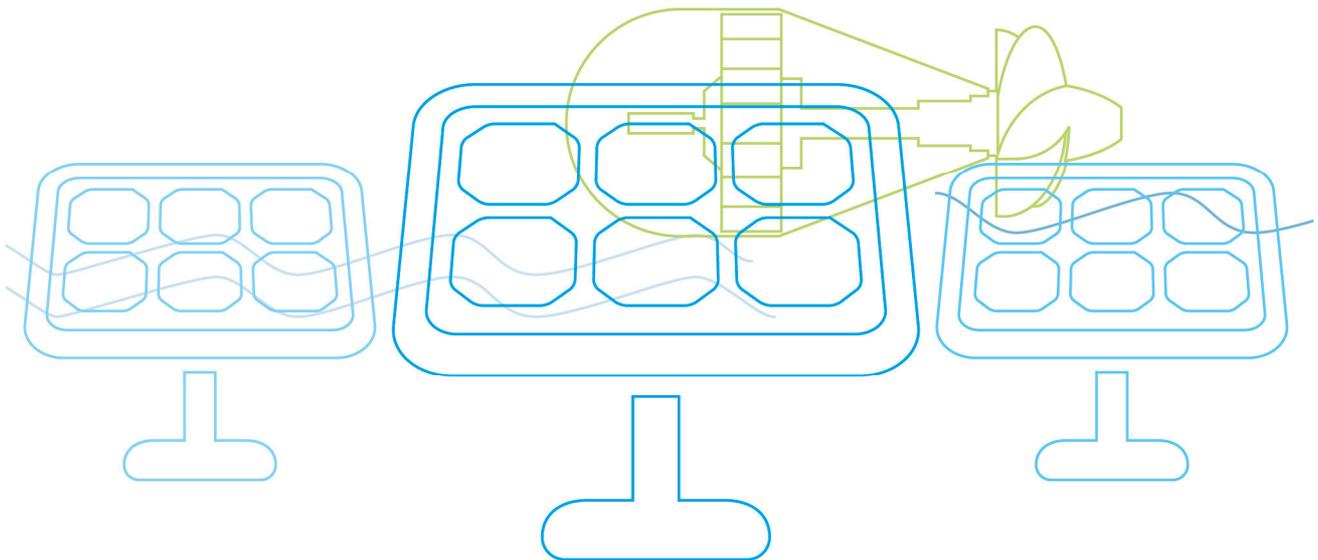




CSP-RetrofitDürnrrohr

CSP - Retrofit kalorischer
Dampfkraftwerke mit HELIOtubes



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

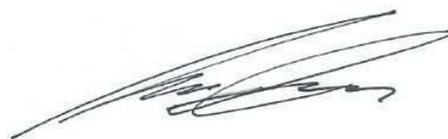
Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!



Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds



Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

Inhalt

Kurzfassung	3
Abstract	4
1 Projektabriss.....	5
1.1 Ausgangssituation/Motivation des Projektes.....	5
1.2 Zielsetzungen des Projektes	6
1.3 Aufbau und Methodik des Projektes	6
1.4 Ergebnisse und Schlussfolgerungen des Projekts	7
1.5 Ausblick und Resümée	8
2 Inhalte und Ergebnisse des Projektes (max. 10 Seiten)	9
2.1 Zielsetzungen des Projektes	9
2.2 Ergebnisse und Meilensteine des Projektes	9
2.3 Beschreibung der Schwierigkeiten bei Erreichung der geplanten Ziele	14
2.4 Beschreibung der „Highlights“ des Projektes	15
3 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen.....	17
3.1 Erkenntnisse für das Projektteam	17
3.2 Weiterverwendung der erarbeiteten Ergebnissen	17
3.3 Relevante Zielgruppen	17
4 Arbeits- und Zeitplan	18
5 Verwertung.....	19
6 Ausblick	20

Kurzfassung

Trotz intensiver weltweiter Anstrengungen zum Ausbau regenerativer Energieformen ist keine der aktuell verfügbaren nachhaltigen Technologien zur Stromerzeugung in der Lage, die nötigen Installationen (Ersatz von Altanlagen plus Deckung von Wachstumsraten im Stromverbrauch) zu wirtschaftlich wettbewerbsfähigen Kosten zu decken. Auch in den nächsten Jahren und Jahrzehnten müssen daher weiterhin weltweit Kraftwerke auf Basis fossiler Brennstoffe errichtet werden.

Dieses Projekt untersucht einen sehr aussichtsreichen Ansatz, mit dem in der Übergangsphase von fossiler zu mehrheitlich regenerativer Energieversorgung (2010 – 2080), die CO₂ Emissionen fossiler Kraftwerke reduziert werden können. Als Ergänzung zu den bekannten Ansätzen wie biogenes Zufeuern (Co-firing) und CCS (Carbon Capture and Storage) stellt das solare Zufeuern (**Solar Co-firing**, bzw. **Solar Boosting**) einen ökonomisch sehr attraktiven Ansatz dar.

Das dieses Projekt beantragende Konsortium, bestehend aus 3 Unternehmen (HELIOVIS AG, EVN AG, Einsiedler Solar) und der TU Wien (Institut für Energietechnik und Thermodynamik), hat ein Konzept entwickelt, wie sowohl bestehende als auch künftige fossile Kraftwerke (Retrofit + Greenfield) durch Sonnenkonzentratoren so ergänzt werden können, dass es zu einer Reduktion sowohl der spezifischen CO₂-Emissionen als auch der Stromgestehungskosten kommt.

Das Konzept basiert einerseits auf einer hoch-innovativen Bauweise der Sonnenkonzentratoren (aufblasbare, nur aus Polymerfolien bestehende HELIOtubes) und andererseits auf einem neuartigen, speziell auf den Hybrid-Betrieb (fossil-solar) zugeschnittenen Hydraulikkreislauf, der die für wechselnde Sonneneinstrahlungsbedingungen nötige Robustheit aufweist.

Neben Kohlekraftwerken ist dieses Konzept besonders attraktiv für Gas-und-Dampf-Kombikraftwerke in den Ländern des Südens. Dies erklärt sich dadurch, dass eine Gasturbine bei hoher Umgebungstemperatur (welche meist mit hoher Solarstrahlung korreliert) zufolge verringerter Dichte der Umgebungsluft an Leistung verliert und einen verringerten Luftmassenstrom umsetzt. Dadurch wird die nachgeschaltete Dampfturbine nicht voll ausgelastet.

Diese freie Kapazität kann nun durch den von den Sonnenkonzentratoren produzierten Dampf genutzt werden. Die solar produzierte Dampfmenge ist genau dann groß, wenn auch die Leistungsreduktion der Gasturbine ein Maximum erreicht, nämlich wenn die Sonnenstrahlung intensiv ist und zu einer Lufterwärmung führt. Dadurch fallen Produktion von solarem Dampf und die freien Kapazitäten der Dampfturbine zeitlich zusammen, was die solare Dampfeinspeisung besonders wirtschaftlich macht.

Das Ziel dieses Forschungsprojektes ist es, dieses innovative Konzept hinsichtlich des Engineerings und anhand eines Demonstrators zu untersuchen. Dieser Demonstrator wurde zwischen Januar und Juli 2011 vom Konsortium aufgebaut und in Betrieb genommen. Er besteht aus einem Sonnenkonzentrator (HELIOtube) mit 35 m Länge und 2 m Durchmesser und einem Direktverdampfungssystem. Im Sommer und Herbst 2011 wurden an diesem Demonstratorsystem Messungen durchgeführt, um eine Evaluierung des Gesamtkonzeptes zu erreichen. Die erzielten Resultate zeigen, dass das System wie erwartet funktioniert und dass in Zukunft auf diese Weise bestehende fossile Kraftwerke durch Sonnenkonzentratoren kosteneffektiv ergänzt werden können.

Abstract

Despite intensive worldwide efforts to develop renewable energies, none of the currently available technologies for sustainable electricity production is fit to meet the yearly demand of new power plant installations. This demand is created by the growth of electricity consumption and the need to replace old power plants that are being shut down. Without new solutions, conventional power plants based on fossil fuels will continue to be built in the coming years and decades to cope with increasing energy consumption.

The proposed project investigates a very promising approach called solar co-firing or solar boosting. It enables a reduction of the CO₂ emissions for fossil fuel power plants during the transition period from fossil based to mostly renewable energy production (2010-2050). In Southern countries, solar co-firing is an attractive and economical alternative to approaches such as biogas co-firing and Carbon Capture and Storage (CCS).

Our consortium, consisting of three companies (HELIOVIS AG, EVN AG, Einsiedler Solar-technik) and the Vienna University of Technology, has developed a concept to retrofit existing fossil fuel power plants with solar concentrators to save fossil fuels. The concept is also suitable for new (greenfield) installations. These savings of fuels lead to lower CO₂ emissions and to lower cost of electricity production.

Our concept is based on highly innovative solar concentrators consisting of inflatable plastic foils and on a new hydraulic cycle scheme specifically designed for hybrid operation of a power plant under changing solar irradiation conditions.

This approach is particularly attractive for combined cycle gas turbine power plants in Southern countries. In locations with high solar irradiation, the gas turbine's performance is reduced by lower air mass flow caused by high air temperatures during the day. As a consequence of this reduction, the downstream steam turbine does not run at maximum capacity. Hence, the free capacity can be used by steam produced by solar concentrators whose performance increases with solar irradiation. The maximum reduction of the gas turbine's performance precisely coincides with the maximum output of the solar concentrators. This coincidence of free capacities of the steam turbine and the production of solar steam boosts the profitability of such a hybrid power plant (CCGT-solar). The technology is applicable for all existing and newly built caloric power plants in locations with sufficient irradiation and enough space around the power plant. Therefore, the market potential is enormous.

The goal of this research project is to experimentally investigate this innovative approach with a proof-of-concept demonstrator system. This proof-of-concept demonstrator system was built and commissioned by the consortium between January and July 2011. It consists of a solar concentrator (HELIOtube) of 35m length and 2m diameter and a direct steam generation cycle. In summer and autumn 2011, measurements were performed to experimentally evaluate the overall system. The results show that the concept works as planned. Therefore, in the future it will be possible to retrofit existing fossil fuel power plants with solar concentrators. Such a retrofit will be very cost efficient.

1 Projektabriss

1.1 Ausgangssituation/Motivation des Projektes

Trotz intensiver weltweiter Anstrengungen zum Ausbau regenerativer Energieformen ist keine der aktuell verfügbaren nachhaltigen Technologien zur Stromerzeugung in der Lage, die nötigen Installationen (Ersatz von Altanlagen plus Deckung von Wachstumsraten im Stromverbrauch) zu wirtschaftlich wettbewerbsfähigen Kosten zu decken. Auch in den nächsten Jahren und Jahrzehnten müssen daher weiterhin weltweit Kraftwerke auf Basis fossiler Brennstoffe errichtet werden.

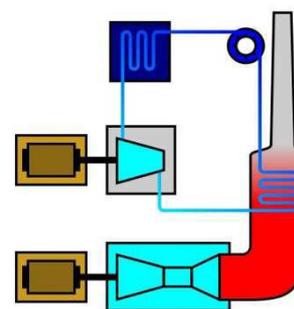
Dieses Projekt untersucht einen sehr aussichtsreichen Ansatz, mit dem in der Übergangsphase von fossiler zu mehrheitlich regenerativer Energieversorgung (2010 – 2080), die CO₂-Emissionen fossiler Kraftwerke reduziert werden können. Als Ergänzung zu den bekannten Ansätzen wie biogenes Zufeuern (Co-firing) und CCS (Carbon Capture and Storage) stellt das solare Zufeuern (Solar Co-firing, bzw. Solar Boosting) einen ökonomisch sehr attraktiven Ansatz dar.

Das dieses Projekt beantragende Konsortium, bestehend aus 3 Unternehmen (HELIOVIS AG, EVN AG, Einsiedler Solar) und der TU Wien (Institut für Thermodynamik und Energieumwandlung) hat ein Konzept entwickelt, wie sowohl bestehende als auch künftige fossile Kraftwerke (Retrofit + Greenfield) durch Sonnenkonzentratoren so ergänzt werden können, dass es zu einer Reduktion sowohl der spezifischen CO₂-Emissionen als auch der Stromgestehungskosten kommt.



Das Konzept basiert einerseits auf einer hoch innovativen Bauweise der Sonnenkonzentratoren (aufblasbare, nur aus Polymerfolien bestehende HELIOtubes) und andererseits auf einem neuartigen, speziell auf den Hybrid Betrieb (fossil-solar) zugeschnittenen Hydraulikkreislauf, der die für wechselnde Sonneneinstrahlungsbedingungen nötige Robustheit aufweist.

Neben Kohlekraftwerken ist dieses Konzept besonders attraktiv für Gas-Dampf Kraftwerke in den Ländern des Südens. Dies erklärt sich dadurch, dass eine Gasturbine bei hoher Umgebungstemperatur (welche meist mit hoher Solarstrahlung korreliert) zufolge verringerter Dichte der Umgebungsluft an Leistung verliert und einen verringerten Luftmassenstrom umsetzt. Dadurch wird die nachgeschaltete Dampfturbine nicht voll ausgelastet. Diese freie Kapazität kann nun durch den von den Sonnenkonzentratoren produzierten Dampf genutzt werden.



Kreislauf eines Gas-Dampf-Kraftwerkes (Quelle: Wikipedia)

Die solar produzierte Dampfmenge ist genau dann groß, wenn auch die Leistungsreduktion der Gasturbine ein Maximum erreicht, nämlich wenn die Sonnenstrahlung intensiv ist und zu einer Luffterwärmung führt. Dadurch fallen Produktion von solarem Dampf und die freien Kapazitäten der Dampfturbine zeitlich zusammen, was die solare Dampfeinspeisung besonders wirtschaftlich macht.

Das Marktpotential für das in diesem Projekt zu untersuchende Konzept ist signifikant, da die Technologie für alle bestehenden und neu zu errichtenden kalorischen Kraftwerke an Stan-

dorten mit ausreichenden Strahlungsbedingungen und verfügbarem Platz eingesetzt werden kann.

1.2 Zielsetzungen des Projektes

Das Ziel dieses Forschungsprojektes ist es, dieses innovative Konzept hinsichtlich des Engineering und anhand eines Demonstrators zu untersuchen. Später wird dann eine Erweiterung des Kraftwerkes Dürnrrohr mit ca. 10 HELIOtube-Sonnenkonzentratoren mit Direktverdampfung und Zwangsumlauf angestrebt. Zusammen mit den beteiligten Unternehmen, der technischen Leitung des KW Dürnrrohr und der TU Wien werden verschiedene Experimente und Tests am Demonstrator durchgeführt, wobei sowohl die einzelnen Komponenten also auch die Grundlagen für den Hybridbetrieb untersucht werden.

1.3 Aufbau und Methodik des Projektes

[A] Direktverdampfung/ Retrofit,

- Im ersten Schritt wird auf Basis von aus der Kraftwerkstechnik bekannten und zum Teil auch schon für CSP- Kraftwerke anderen Typs angewandten Methoden ein vollständiges Basic design Konzept für die Anlagenschaltung ausgearbeitet.
- Kritische Komponenten werden vorab getestet und z. T. numerisch simuliert.
- Die gesamte Anlage wird für verschiedene kritische Betriebszustände simuliert.

[B] Thermischer Receiver

- Berechnungen bzgl. optischer Maßnahmen mit OptiCAD an der TU Wien
- Recherchen bzgl. geeigneter SolGel- Routen in Kooperation mit chemischen Instituten der TU Wien.
- Bau/ Herstellung von Teststücken um kritische Eigenschaften schnell und unkompliziert am Konzentrador- Teststand (TU Dach) zu testen.
- Produktion von Einzelstücken die vermessen werden. So werden die Beschichtungen für Glasrohr und Absorberrohr optimiert.
- Test der optischen Maßnahmen anhand verkleinerter Modelle und am TU Teststand.

[C] CSP- tauglicher HELIOtube inkl. Materialfragen

- Suche nach Firmen die geeignete Technologien im Technikums- Maßstab auch für Produktentwicklungen anbieten.
- Musterherstellung und Vermessung direkt in der Firma oder an der TU Wien.
- Herstellung größerer Mengen für Modelle (div. Funktionstests)
- Dauereinsatztauglichkeit wird (i) vorab mit Testkörpern und (ii) mit einem 1:1 Demonstrators in Dürnrrohr überprüft (spezifische Belastungen treten erst bei konzentriertem Licht auf)

Das Projekt ist in vier Arbeitspakete unterteilt:

- 1 Hybridbetrieb Grundlagen
- 2 Thermischer Receiver
- 3 CSP- HELIOTube
- 4 Projektmanagement des gesamten Projektes

1.4 Ergebnisse und Schlussfolgerungen des Projekts

Das Projekt hat gute Fortschritte gemacht, und die Pilotanlage in Dürnrohr konnte errichtet und vermessen werden. Im Sommer konnte die Anlage in Betrieb genommen werden und die Effizienzmessungen durchgeführt werden.

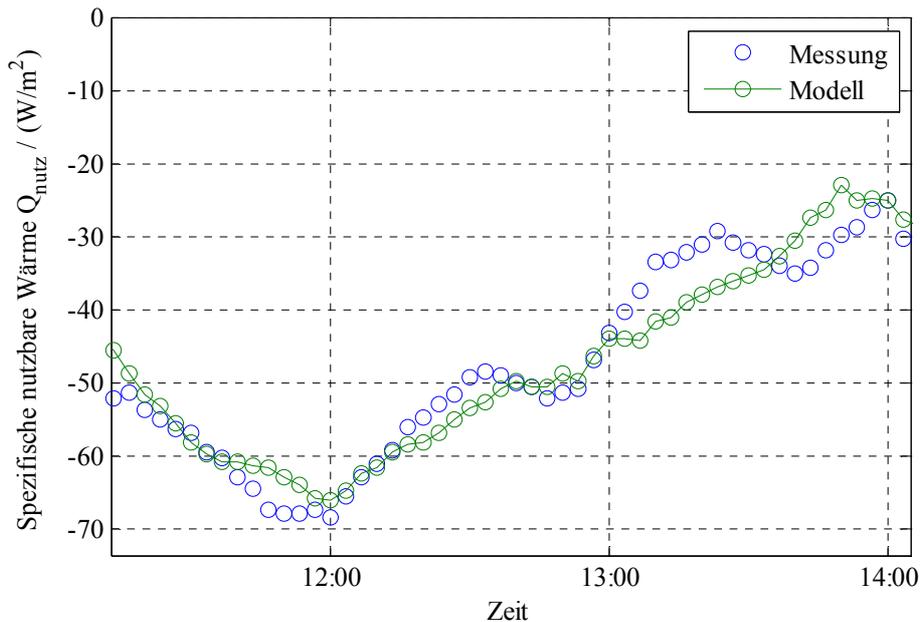
Die Anlage wurde bei maximal ca. 90 bar Betriebsdruck bzw. 300 °C Betriebstemperatur betrieben. Die eingebauten Messeinrichtungen ermöglichen die Ermittlung der thermischen Leistung des HELIOTubes um schließlich mit den vorherrschenden Einstrahlungsbedingungen den optischen Wirkungsgrad des HELIOTubes bestimmen zu können.

Die Bestimmung des optischen Wirkungsgrades wurde mit Hilfe einer quasi-dynamischen Analyse und der Multi-Linearen Regression MLR durchgeführt. Dabei werden die zu identifizierenden Parameter einer dynamischen Modellgleichung durch Minimierung der Fehlerquadrate an die Messergebnisse angepasst.

$$\frac{Q_{\text{nutz}}}{A_{\text{Ap}}} = \eta_{\text{opt}} \cdot IAM \cdot I_{\text{dir}} - c_1 \cdot (T_m - T_U)^2 - c_2 \cdot \frac{dT_m}{dt}$$

Im Gegensatz zur statischen Analyse erlaubt die quasi-dynamische Analyse größere Schwankungen der Einflussgrößen wie z.B. Einstrahlung oder Betriebstemperatur.

Bei der Auswertung werden dann die Parameter η_{opt} , c_1 und c_2 identifiziert. Der ausschlaggebende Parameter für den HELIOTube ist der optische Wirkungsgrad η_{opt} . Er setzt sich aus den optischen Eigenschaften der Folien und des Absorbers sowie den Interceptfactor γ zusammen. Der Interceptfactor ist ein Maß für die Formgüte der Spiegelfolie und der Receiverposition und beschreibt die Trefferquote der Strahlen die vom Spiegel aus auf das Absorberrohr auftreffen. Ein Vergleich zwischen Messdaten und dem Modell ist in der nachfolgenden Abbildung zu sehen. Der qualitative Verlauf der Messdaten ergibt sich durch die Nord-Süd Ausrichtung des HELIOTubes. Die teilweise negativen Werte von Q_{nutz} erklären sich durch die hohen thermischen Verluste der eingebauten Receiver im Vergleich zu handelsüblichen Receivern. Da in der Systemgleichung der optische Wirkungsgrad von den thermischen Verlusten getrennt voneinander angeschrieben wird, haben sie keinen Einfluss auf dessen Identifizierung. Während der Messung wurde mithilfe der fünf eingebauten Fokussensoren ein manuelles Feintuning der Sonnennachführung durchgeführt. Deshalb ist der optische Wirkungsgrad bei der Messung nicht konstant und der Verlauf beider Kurven nicht deckungsgleich, da das Ergebnis der MLR einen gemittelten optischen Wirkungsgrad über den Gültigkeitsbereich darstellt.



Vergleich zwischen Messdaten und Modell am 02.10.2011

Die gesamte Messkampagne im Sommer 2011 ergab, inkl. Berücksichtigung der optischen Folieneigenschaften, einen Maximalwert des identifizierten Interceptfaktors von ca. 78 %. Beobachtungen der Fokussensoren haben gezeigt, dass die Receiverposition im Verhältnis zum Spiegel an diesen diskreten Stellen unterschiedlich war und vor allem eine Abhängigkeit des Nachführwinkels aufweisen. Daher mussten, wie oben beschrieben, die Nachführwinkel der einzelnen Ringe kontinuierlich und manuell nachjustiert werden. Eine Erhöhung der Nachführgenauigkeit und evtl. eine Automatisierung der Feinjustierung zusätzlich zu einer stabileren Receivertragkonstruktion würden die Receiverposition verbessern und damit den Interceptfaktor anheben.

1.5 Ausblick und Resümée

Mit Hilfe der Messergebnisse konnte der gegenwärtige technische Entwicklungsstand ermittelt werden. Es wurde gezeigt, dass Receivertemperaturen bis 300°C für den Folienkörper des HELIOtube keine Probleme darstellen. Als nächsten Entwicklungsschritt wird der bestimmende Faktor eines Konzentrators, nämlich der optische Wirkungsgrad, durch verbesserte optische Folieneigenschaften und durch eine steifere Receivertragkonstruktion, erhöht.

Die Erkenntnisse aus dem Pilot-Projekt erlauben den Projektpartnern, den HELIOtube weiter zu entwickeln hinsichtlich Produktion, Installation und Betrieb.

Aufgrund der Ergebnisse des Projektes konnte die HELIOIVS AG mittlerweile konkrete Vertragsverhandlungen mit einem namhaften Industriepartner führen, die es voraussichtlich der Firma erlauben, in den nächsten die nötige Finanzierung der Produktentwicklung sicherzustellen.

2 Inhalte und Ergebnisse des Projektes (max. 10 Seiten)

2.1 Zielsetzungen des Projektes

Arbeitspaket 1 Hybridbetrieb Grundlagen:

- Grundlegende Fragestellungen für CSP-Fossil Hybridkraftwerk klären um eine Ausgangsbasis für alle folgenden aufbauenden Arbeitspakete zu schaffen

Arbeitspaket 2 Thermischer Receiver:

- Den Thermischen Receiver für die speziellen Anforderungen an den HELIOtube anpassen und den Wirkungsgrad über den derzeitigen Entwicklungsstand hinaus steigern.

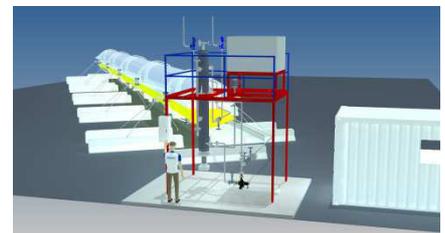
Arbeitspaket 3 CSP-HELIOtube

- HELIOtube weiterentwickeln um ihn zur Dampfeispeisung in bestehende thermische Kraftwerke einsetzen zu können. Im Vergleich zum bisherigen Einsatz mit photovoltaischen Receivern müssen dazu höherer Konzentrationsfaktor und Durchmesser/ Spannweite erreicht werden. Zusätzlich sind Lösungen an den Schnittstellen HELIOtube – Wärmeträger- Kreislauf nötig.
- Bereitstellung von Folien, die für den Einsatz im CSP- HELIOtube maßgeschneidert wurden. Verbesserungen werden insbesondere in den Bereichen Witterungsbeständigkeit, Reparierbarkeit, optische Eigenschaften (Transmission/ Reflexion) im langjährigen Betrieb sowie beim Preis erwartet.

2.2 Ergebnisse und Meilensteine des Projektes

Arbeitspaket 1 Hybridbetrieb Grundlagen

- Direktverdampfung im Zwangsumlauf
 - Planung, Berechnung und Auslegung der Direktverdampfungsanlage durch das IET
 - Detailplanung und Bau durch Sub-Auftragnehmer der EVN AG
- Betriebsfragen
 - Simulation der Betriebszustände
 - Planung und Umsetzung von Notversorgungssystemen (z. B. bei Stromausfall oder Ausfall der Druckversorgung)
 - Bestimmung der Regelparameter bei Inbetriebnahme
- Smart Wireless Sensor Network
 - Planung und Produktion der notwendigen Sensoren: Temperaturfühler, Druckmesser, Fokussensoren, Neigungsmesser
- Wirtschaftlichkeitsberechnung
 - Vergleich von konventioneller Technologie (Parabolrinnenkraftwerk) und HELIOtube-Kraftwerk unter Berücksichtigung der Investitionskosten und Betriebskosten; Gegenüberstellung der Stromgestehungskosten



Planung der Dührrohr-Anlage



Zustand nach Errichtung

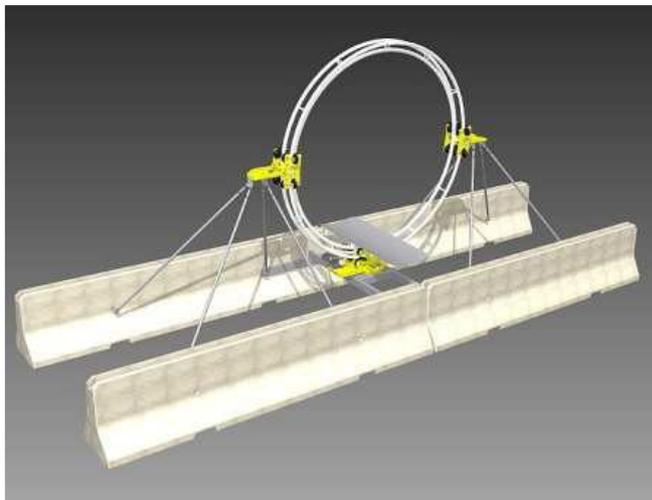
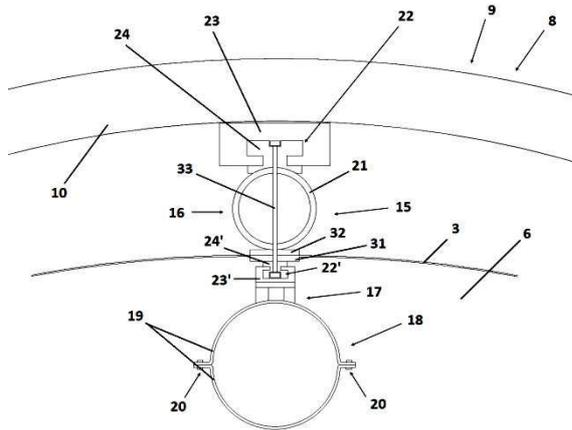


Fokussensor am Receiverrohr vor Einbau des HELIOtubes

- Simulation des Ertrags eines HELIOtube-Kraftwerkes im Jahresverlauf mit realen Strahlungsdaten

Arbeitspaket 2 Thermischer Receiver

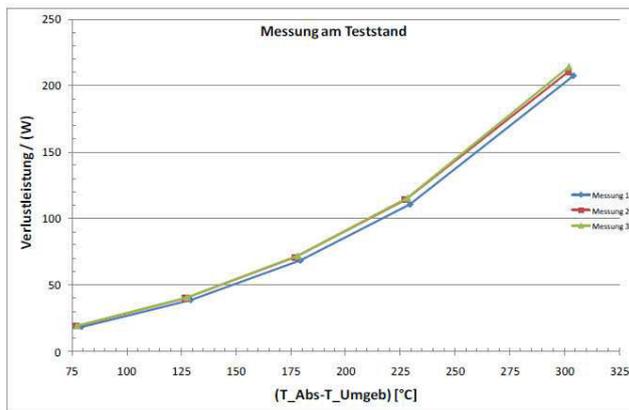
- Mechanische Maßnahmen
 - Konstruktion der Halterung des Tracking-Mechanismus und der Receiverleiste
 - Bau der Konsolen, Ringe und der Receiverleiste



Receiverhalterung
(Schnittzeichnung aus Patentantrag)

Konsolenkonstruktion

- Optische Maßnahmen
- Teststand zur Vermessung der Verlustleistung der Receiver (siehe Abb. unten)
 - Recherche Stand der Technik und Beratung durch Betreiber von ähnlichen Testständen (DLR, NREL)
 - Planung und Bau des Teststandes
 - Vermessung der Receiver-Tubes, die in Dürnrohr zum Einsatz kommen



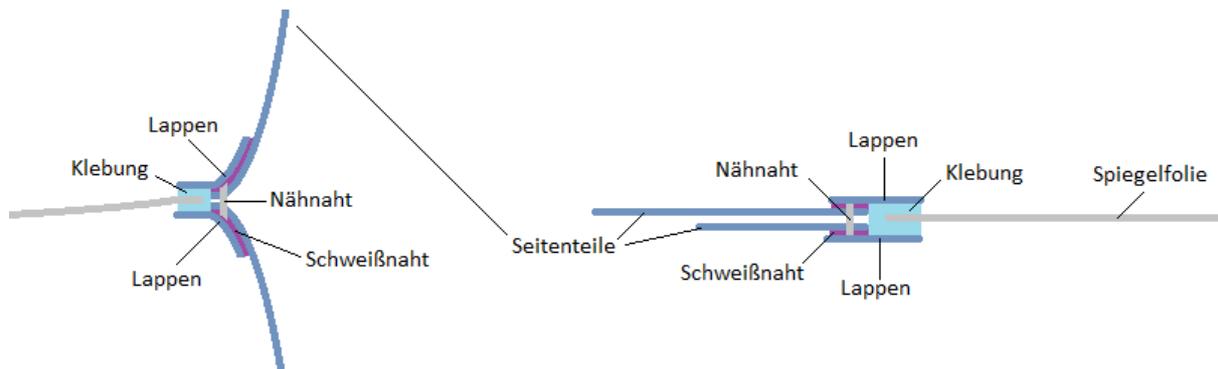
Teststand zur Messung der Verlustleistung und entsprechende Messung

- Dürnrrohr- Versuchsanlage

Arbeitspaket 3 CSP-HELIOtube

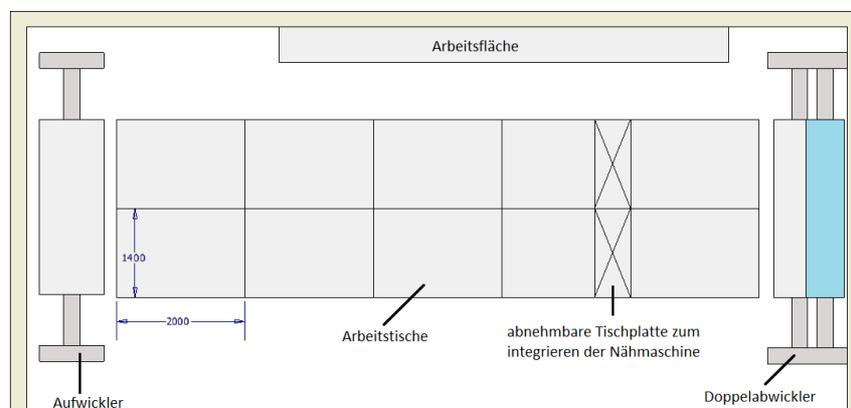
- Steuerung
 - Planung und Bau des Steuerungstechnik für Überwachung und Steuerung von pneumatischem (HELIOtube) und thermischen Prozessen (Thermo-Kreislauf, Wasser-Dampf-Kreislauf)
 - Planung
 - Bau des Schaltschranks zur Steuerung der Finalisierung des Design und Anfertigung einer Kleinserie (5 Sensoren)
 - Integration in das Mess- und Steuerungssystem des HELIOtubes
 - Möglichkeit der Fernsteuerung durch Remote-Software
- Verankerung & Nachführung:
 - Neues Design der Fundamente aufgrund Standort-spezifischen Vorgaben
 - Berechnung der Belastungen durch Windkräfte
 - Entwicklung von Fokussensoren zur präzisen Vermessung der Fokusbereiche (Intensitätsprofile der Fokusbereiche an mehreren Positionen der Pilotanlage)
 - Herausforderung: Starke Lichtintensität (über 50-fache Sonnenkonzentration) und großen dynamischen Bereich
 - Lösung: Mikroelektronischer Fotodioden-Array (ca. 900 Pixel) mit dynamischer Anpassung des Sensitivität durch Veränderung der Integrationszeit (Auslesezeit)
 - Design und Prototypen-Bau durch HELIOVIS AG zusammen mit externem Dienstleister
 - Testen und Vermessen des Prototypen am Parabolrinnen-Teststand zur Simulation der Sonnenkonzentration
 - Finalisierung des Design und Anfertigung einer Kleinserie (5 Sensoren)
 - Integration in Mess- und Steuerungssystem des HELIOtubes durch HELIOVIS
- Virtueller Prototyp
 - Planung und Konstruktion in 3-D am Computer
 - Simulation von Belastungen der einzelnen Komponenten, z. B. Verformung durch Eigengewicht und Windlast
 - Berechnung der Verformung des HELIOtubes mit Auswirkungen auf die optische Effizienz
- Schnittstelle Receiver/HELIOtube
 - Entwicklung und Bau einer Klemmleiste, die einen getrennten Aufbau von Receiver und HELIOtube ermöglicht bzw. auch einen allenfalls notwendigen nachträglichen Ersatz des HELIOtubes ermöglicht
 - Entwicklung und Bau eines Durchtritts zur luftdichten Durchführung des (heißen) Receivers durch die Kunststoffhülle; Anbindung des Durchtritts an die Klemmleiste
- Materialfragen: Recherche von Materialien und Herstellern, Wahl eines geeigneten Lieferanten
 - Spiegelfolie
 - Entwicklung einer Spiegelfolie zusammen mit Fa. Hueck, Baumgartenberg
 - Schichtaufbau: Schutzlackschicht – Zinn-Bedampfung – PET-Folie – PU-Kaschierung

- Mechanische und optische Charakterisierung durch externen Dienstleister
- Transparente Folie
 - Wahl einer ETFE-Folie aufgrund von mechanischer Stabilität, hoher Transparenz, Selbstreinigungseffekt und guter Verfügbarkeit
 - Recherche von Materialien und Herstellern, Wahl eines geeigneten Lieferanten
 - Materialwahl: Schichtaufbau PU-Gewebefolie-PU
- Gewebefolie
 - Recherche von Materialien und Herstellern, Wahl eines geeigneten Lieferanten
 - Materialwahl: Schichtaufbau PU-Gewebefolie-PU
 - PU garantiert einfache Verarbeitung durch Schweißen; Gewebefolie garantiert mechanische Stabilität
- Verbindung der drei Folien:
 - Verschiedene Verfahren und Klebstoffe getestet: Schweißen, Kleben
 - Messung im eigenen Versuchsschrank unter erhöhter Temperatur
 - Charakterisierung von weiteren mechanischen Eigenschaften durch externen Dienstleister



Konfiguration im Einsatz (I) im fertigen HELIOtube und Konfiguration bei der flachen Fertigung (r)

- Produktion
 - Effizienter Rolle-zu-Rolle-Prozess entwickelt und in Produktionshalle mit zwei Wickler realisiert



Aufstellung der Produktion



Produktionsschritte: Nähen und Schweißen von Folien, Arbeitstisch mit Rolle-zu-Rolle Prozess

- Installation
 - Planung und Erprobung der Installation an kleinem Prototypen am Firmensitz
 - Effiziente Installation des HELIOtubes in einem Tag verifiziert



Installation der HELIOtubes durch Einziehen des Schlauches in die vorbereiteten Halterungen

- Inbetriebnahme und thermische Tests bis 110 bar
 - Tracking und Vermessung
- Schrittweise Inbetriebnahme im August
 - Druckregelung
 - Thermische Regelung und Notfall-Prozeduren
 - Vermessung und Wirkungsgradverifikation

2.3 Beschreibung der Schwierigkeiten bei Erreichung der geplanten Ziele

- Der Ansatz eines Smart Wireless Sensor Networks wie im Antrag beschrieben wurde nicht weiterverfolgt, da HELIOVIS einerseits den Entwicklungsaufwand als groß einschätzt und andererseits den Nutzen für den Erfolg des Projektes für nicht entscheidend hält.
- Nach der erfolgreichen Produktion und Installation des HELIOtubes haben sich Schwächen in Konstruktion gezeigt.
 - Eine Naht an der Stirnseite unterhalb des Durchtritts ist unter hohe mechanische Zugspannung geraten und hat sich womöglich auch aufgrund von unsauberer Verarbeitung (mangelnde Entfettung beim Verkleben?) gelöst. Dadurch ist ein Loch entstanden, und der Druck konnte nicht

aufrechterhalten werden. Die Lösung bestand darin, vor Ort am installierten Tube eine Verstärkung anzubringen.

- Die Verbindung der Spiegelfolie mit der Gewebefolie hat die Laminierung der Spiegelfolie auf die PU-Trägerfolie gelöst. Dadurch wurde die Verbindung zwischen Spiegelfolie und Außenhülle des Tubes auf mehreren Metern Länge gelöst, was zu einer Verformung des Konzentrators führt und auch einen Abfall des Differenzdruckes

Beide Vorfälle machten eine Neubau des HELIOtube nötig. Dieser wurde im Juli 2011 innerhalb von zwei Wochen gefertigt und ersetzt im August 2011 den schon eingebauten HELIOtube. Dank der Konstruktion der Klemmleiste ist ein Ersatz des HELIOtube problemlos möglich.

2.4 Beschreibung der „Highlights“ des Projektes

- Einreichung zweier Patentschriften
 - Schnittmuster und Produktionsablauf des HELIOtube, AT509638
 - Verankerung, Tracking und Durchtritt des HELIOtube, AT509639
 Österreichische Patentprüfung abgeschlossen, Veröffentlichung zum Oktober 2011 erteilt; PCT-Verfahren läuft
- Erfolgreiche und schnelle Produktion des HELIOtube entsprechend den Planungen: HELIOtube von 40 m Länge in 12 m langen Halle gebaut, und damit den Nachweis einer platzsparenden Rolle-zu-Rolle-Produktion erbracht.



Effiziente Produktion des HELIOtube und platzsparender Transport

- Erfolgreicher und schneller Installationsablauf des HELIOtube am Standort Dürnrohr innerhalb eines Tages inkl. Aufblasen
 Siehe auch <http://www.youtube.com/watch?v=Nw7LNdN8t-Y>
 (YouTube; Suchbegriff „HELIOVIS“ oder „HELIOtube“)



HELIOtube wird mit Einzugsystem montiert

HELIOtube wird zur Installation gebracht



v. l. n. r.: HELIOtube Süd-Ende; Pumpen und Zyklonabscheideflasche



Errichteter HELIOtube der Pilotanlage Dürnrohr; Maschinen- und Pumpenhaus an der rechten Seite nicht sichtbar.

3 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

3.1 Erkenntnisse für das Projektteam

Die Projektpartner konnten mit dem Pilotprojekt erstmals nachweisen, dass die Produktion, Installation und der Betrieb eines HELIOtube-Systems machbar ist. Zudem zeigten die Messungen, dass die vorausgesagte Effizienz erreicht werden konnte. Die im Testbetrieb gewonnenen Erkenntnisse wurden erkannt, und in den Entwürfen und Berechnungen für die neuen Prototypen umgesetzt. Besonders hilfreich waren die Erkenntnisse für die Auslegung der neuen HELIOtubes mit 3 Meter Aperturweite. Zusätzlich dazu werden im Bereich der „Fokussmessung“ neue Methoden bei den neuen Prototypen getestet.

3.2 Weiterverwendung der erarbeiteten Ergebnissen

Die HELIOVIS AG wird sich in den nächsten Monaten und Jahren intensiv mit der Weiterentwicklung des HELIOtube-Systems befassen. Dazu gehört insbesondere die Skalierung um einen Faktor 2 auf eine 3 m-Apertur. Dieser Schritt soll in einem Testmodell und ggf. mit einer weiteren Pilotanlage verifiziert werden.

3.3 Relevante Zielgruppen

Die HELIOVIS AG entwickelt den HELIOtube für die großindustrielle Anwendung der Solarthermie, insbesondere für den Einsatz in Sonnenkraftwerken in südlichen Ländern, die heutzutage Parabolrinnen als Konzentratoren verwenden. Abgeleitet von diesem Ziel wird die HELIOVIS AG der Zulieferer des Sonnenkonzentrators an die Generalunternehmer bzw. den Investoren von Sonnenkraftwerken sein.

4 Arbeits- und Zeitplan

2010				2011			
Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
AP 1: CSP/Fossil Hybrid Grundlagen							
AP 2: Thermischer Receiver							
AP 3: CSP - HELIOtube							
AP 4: Projektmanagment							
Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
2010				2011			

5 Verwertung

HELIOVIS hat das Projekt und die Projektergebnisse bei zahlreichen Gelegenheiten für die weitere Entwicklung der Firma nutzen können. Unter anderem sind folgende Teilnahmen und Erfolge zu verzeichnen:

- Einreichung zweier Patentschriften
 - Schnittmuster und Produktionsablauf des HELIOtube, AT509638
 - Verankerung, Tracking und Durchtritt des HELIOtubes, AT509639
- Workshop des Kunststoff-Clusters (www.kunststoff-cluster.at) zum Thema der Solarthermie, 10. März 2011
- Teilnahme und 2. Preis am Produktdesign-Wettbewerb im Rahmen des Kunststoff- und Polymerkongresses des Kunststoff-Clusters, 13.4.11 (<http://www.polymerkongress.at>)
- Lead-Investor bei HELIOVIS, Dr. Manfred Reichl, gewinnt den Venture Capital & Private Equity Award 2011
- Die Ergebnisse des Projektes wurden im neuen Businessplan verarbeitet, der für die Finanzierung der nächsten Phase der Firma benötigt wird.

6 Ausblick

Die Resultate des Projektes werden von der HELIOVIS AG für die zukünftige Entwicklungsarbeit verwendet. Dazu gehört die Skalierung von einer 1,5 m Apertur neu auf eine Apertur von 3 und den Bau und Inbetriebnahme einer entsprechend vergrößerten Pilotanlage.

Aktualisierte Kurzzusammenfassung

Trotz intensiver weltweiter Anstrengungen zum Ausbau regenerativer Energieformen ist keine der aktuell verfügbaren nachhaltigen Technologien zur Stromerzeugung in der Lage, die nötigen Installationen (Ersatz von Altanlagen plus Deckung von Wachstumsraten im Stromverbrauch) zu wirtschaftlich wettbewerbsfähigen Kosten zu decken. Auch in den nächsten Jahren und Jahrzehnten müssen daher weiterhin weltweit Kraftwerke auf Basis fossiler Brennstoffe errichtet werden.

Dieses Projekt untersucht einen sehr aussichtsreichen Ansatz, mit dem in der Übergangsphase von fossiler zu mehrheitlich regenerativer Energieversorgung (2010 – 2080), die CO₂ Emissionen fossiler Kraftwerke reduziert werden können. Als Ergänzung zu den bekannten Ansätzen wie biogenes Zufeuern (Co-firing) und CCS (Carbon Capture and Storage) stellt das solare Zufeuern (**Solar Co-firing**, bzw. **Solar Boosting**) einen ökonomisch sehr attraktiven Ansatz dar.

Das dieses Projekt beantragende Konsortium, bestehend aus 3 Unternehmen (HELIOVIS AG, EVN AG, Einsiedler Solar) und der TU Wien (Institut für Energietechnik und Thermodynamik), hat ein Konzept entwickelt, wie sowohl bestehende als auch künftige fossile Kraftwerke (Retrofit + Greenfield) durch Sonnenkonzentratoren so ergänzt werden können, dass es zu einer Reduktion sowohl der spezifischen CO₂-Emissionen als auch der Stromgestehungskosten kommt.

Das Konzept basiert einerseits auf einer hoch-innovativen Bauweise der Sonnenkonzentratoren (aufblasbare, nur aus Polymerfolien bestehende HELIOtubes) und andererseits auf einem neuartigen, speziell auf den Hybrid-Betrieb (fossil-solar) zugeschnittenen Hydraulikkreislauf, der die für wechselnde Sonneneinstrahlungsbedingungen nötige Robustheit aufweist.

Neben Kohlekraftwerken ist dieses Konzept besonders attraktiv für Gas-und-Dampf-Kombikraftwerke in den Ländern des Südens. Dies erklärt sich dadurch, dass eine Gasturbine bei hoher Umgebungstemperatur (welche meist mit hoher Solarstrahlung korreliert) zufolge verringerter Dichte der Umgebungsluft an Leistung verliert und einen verringerten Luftmassenstrom umsetzt. Dadurch wird die nachgeschaltete Dampfturbine nicht voll ausgelastet. Diese freie Kapazität kann nun durch den von den Sonnenkonzentratoren produzierten Dampf genutzt werden. Die solar produzierte Dampfmenge ist genau dann groß, wenn auch die Leistungsreduktion der Gasturbine ein Maximum erreicht, nämlich wenn die Sonnenstrahlung intensiv ist und zu einer Lufterwärmung führt. Dadurch fallen Produktion von solarem Dampf und die freien Kapazitäten der Dampfturbine zeitlich zusammen, was die solare Dampfeinspeisung besonders wirtschaftlich macht.

Das Ziel dieses Forschungsprojektes ist es, dieses innovative Konzept hinsichtlich des Engineering und anhand eines Demonstrators zu untersuchen. Dieser Demonstrator wurde zwischen Januar und Juli 2011 vom Konsortium aufgebaut und in Betrieb genommen. Er besteht aus einem Sonnenkonzentrator (HELIOtube) mit 35 m Länge und 2 m Durchmesser

und einem Direktverdampfungssystem. Im Sommer und Herbst 2011 wurden an diesem Demonstratorsystem Messungen durchgeführt, um eine Evaluierung des Gesamtkonzeptes zu erreichen. Die erzielten Resultate zeigen, dass das System wie erwartet funktioniert und dass in Zukunft auf diese Weise bestehende fossile Kraftwerke durch Sonnenkonzentratoren kosteneffektiv ergänzt werden können.

IMPRESSUM

Verfasser

HELIOVIS AG

Felix Tiefenbacher
Lindengasse 56, 1070 Wien
Tel: +43 2236 320198
Fax: +43 2236 320198-15
Web: www.heliovis.com

Projektpartner

EVN AG

EVN Platz, 2344 Maria Enzersdorf
Tel: +43 2236 200-0
Fax: +43 2236 200-2030
E-Mail: info@evn.at

Technische Universität Wien

Karlsplatz 13, 1040 Wien, Österreich
Tel. +43-1-58801-0
Fax +43-1-58801-41088
E-Mail: webmaster@tuwien.ac.at

Einsiedler Solartechnik GmbH

Katzbacher Straße 10, 4631 Krenglbach
E-Mail: office@einsiedlersolar.at
Tel: +43(0)7242 / 43284
Fax: +43(0)7242 / 66741

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
office@klimafonds.gv.at
www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH