



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

PECNet

AUFBAU EINES SCHWEIZER KOMPETENZNETZWERKS FÜR DIE SOLARE WASSERSPALTUNG MIT TELS HYBRIDER PV-PEC ZELLEN

Jahresbericht 2006

Autor und Koautoren	M. Spirig, A. Luzzi
beauftragte Institution	Institut für Solartechnik SPF
Adresse	Hochschule für Technik HSR, Oberseestr. 10, 8640 Rapperswil
Telefon, E-mail, Internetadresse	+41 55 222 48 21, info@solarenergy.ch , www.solarenergy.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	101883 / 152316
BFE-Projektleiter	Andreas Gut
Dauer des Projekts (von – bis)	1. Okt. 2006 – 30. Juni 2008
Datum	15. Dezember 2006

ZUSAMMENFASSUNG

In der Schweiz bestehen international führende Kompetenzen im Bereich der Photovoltaik (PV) und insbesondere der **photoelektrochemischen (PEC) Wasserspaltung**. Das Projektziel ist es, diese zu bündeln, interdisziplinär und umsetzungsorientiert mit der Industrie zu vernetzen, und erfolgreich auf eine von EU-FP7 getragene Weiterarbeit zu fokussieren.



Der Lösungsweg umfasst: Transfer und dadurch Sichern des Wissens der bald zurücktretenden PEC Kompetenzträger (NaPECK-Bibliothek), qualitätsvalidiertes Zusammenführen der relevanten Stakeholder in PEC sowie Dünnnschicht-PV zu einem Schweizer Netzwerk (PECNet), Erstellung eines 4-7 Jahres Forschungsplans sowie internationale Integration und Einreichung eines 4+3 Jahres EU-FP7 Forschungsprojektes.

Das Projekt befindet sich in der Startphase, in der es die Stakeholder zu informieren und zu involvieren gilt, sowie ein effektives Projektteam aufgebaut werden soll. Dem entsprechend wurden verschiedene Gespräche geführt und an einem Kick-off Meeting im engeren Kreis an der Uni Basel die Idee und das Vorgehen präsentiert.

Zur Erstellung des Forschungsplans, der die Entwicklung einer neuen 10cm x 10cm grossen, hybriden PV-PEC Demonstrator Zelle zum Ziel hat, wurden ein erstes Proposal zusammengestellt [1]. Darin werden Technologiekombinationen, deren Vor- und Nachteile sowie Möglichkeiten und Potentiale verschiedener Materialien angebracht. Geplant ist, dass auf dieser Basis ein konkreterer Forschungsplanentwurf als weitere Diskussionsbasis erarbeitet wird. Parallel sind drei prinzipielle Vorgehensvarianten - Straight Forward, Innovativ, Vision orientiert – vertieft zu beurteilen und zu priorisieren.

Da PECNet ein eigentliches Wissens- und Technologie-Transfer (WTT) Projekt ist, steht unter anderem auch die Pflege und Vernetzung der nationalen und internationalen Kontakte im Vordergrund.

PECNet ist national wie international auf sehr positives Echo gestossen. Wesentliche Durchbrüche sind im 2007 zu erwarten.

Projektziele

In der Schweiz bestehen international führende Kompetenzen im Bereich der Photovoltaik (PV) und insbesondere der photoelektrochemischen Wasserspaltung (PEC). Das Projektziel ist es, diese zu bündeln, interdisziplinär und umsetzungsorientiert mit der Industrie zu vernetzen (PECNet), und erfolgreich auf eine von EU-FP7 getragene Weiterarbeit zu fokussieren.

Als wichtige technische Grundlage ist ein nationaler Forschungsplan mit quantifizierten Zielen zu erarbeiten. Als messbares Ziel des Planes gilt ferner die Entwicklung einer neuen 10cm x 10cm grossen, hybriden PV-PEC Demonstrator Zelle.

Das Projekt gliedert sich in 3 Hauptarbeitspakete (AP)

AP	Zielsetzung	Ergebnis
1	Sichern und Transfer des Schweizer Know-hows im Bereich PEC Wasserspaltung durch eine BFE Anschubfinanzierung von ausgewiesenen Nachfolgeforschern	Die material-, prozess- und betriebsrelevante PEC-Wissensbasis der zurücktretenden Kompetenzträger ist zentral erfasst (mittels nationaler PEC Know-how – „NaPECK“ – Bibliothek) und steht den Nachfolgeforschern für die nationale und internationale Weiterarbeit und damit zum Ausbau zur Verfügung.
2	a. Aufbau eines interdisziplinären, nationalen Netzwerks für hybride PV-PEC Wasserspaltung b. Ausarbeitung eines nationalen Forschungsplans zur Entwicklung einer neuen 10cm x 10cm grossen, hybriden PV-PEC Demonstrator Zelle	Ein vorerst nationales Netzwerk (PECNet-CH) für hybride PV-PEC Wasserspaltung mit F+E Fokus in den Bereichen Photoelektrodenmaterialien, Dünnschicht-PV, Elektrokatalyse, und funktionale Oberflächen ist etabliert. Erste Umsetzungspartner sind von Beginn weg miteinbezogen. 10cm x 10cm grossen, hybriden PV-PEC Demonstrator Zelle ist aufgebaut
3	Eingabe eines europäischen 4- bis 7-Jahres Forschungsprojekts für die hybride PV-PEC Wasserspaltung im Rahmen des neuen EU-FP7 Forschungsprogramms	Weiterforschung und internationale Etablierung durch eine breit verankerte, lösungsorientierte Zusammenarbeit im Rahmen des EU-FP7 mit, nach Möglichkeit, Schweizer Programm-Lead.

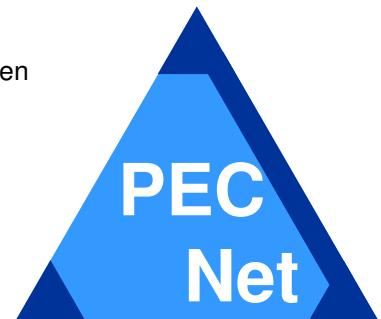
Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

In der Startphase dieses Projektes sind verschiedenste **Gespräche** mit wichtigen PEC-Stakeholder durchgeführt worden. Bei diesen Gesprächen ging es darum die Idee von PECNet und das Vorgehen zum Aufbau vorerst innerhalb der Schweiz zu kommunizieren. Hierfür wurde eine entsprechende **Präsentation** vorbereitet mit dem Ziel von Beginn an ein gemeinsames Verständnis und damit ein **Projekt-Team** aufzubauen, das sehr effektiv ist.

Als verbindender Aufhänger wurde aus der Dreiecksbeziehung zwischen

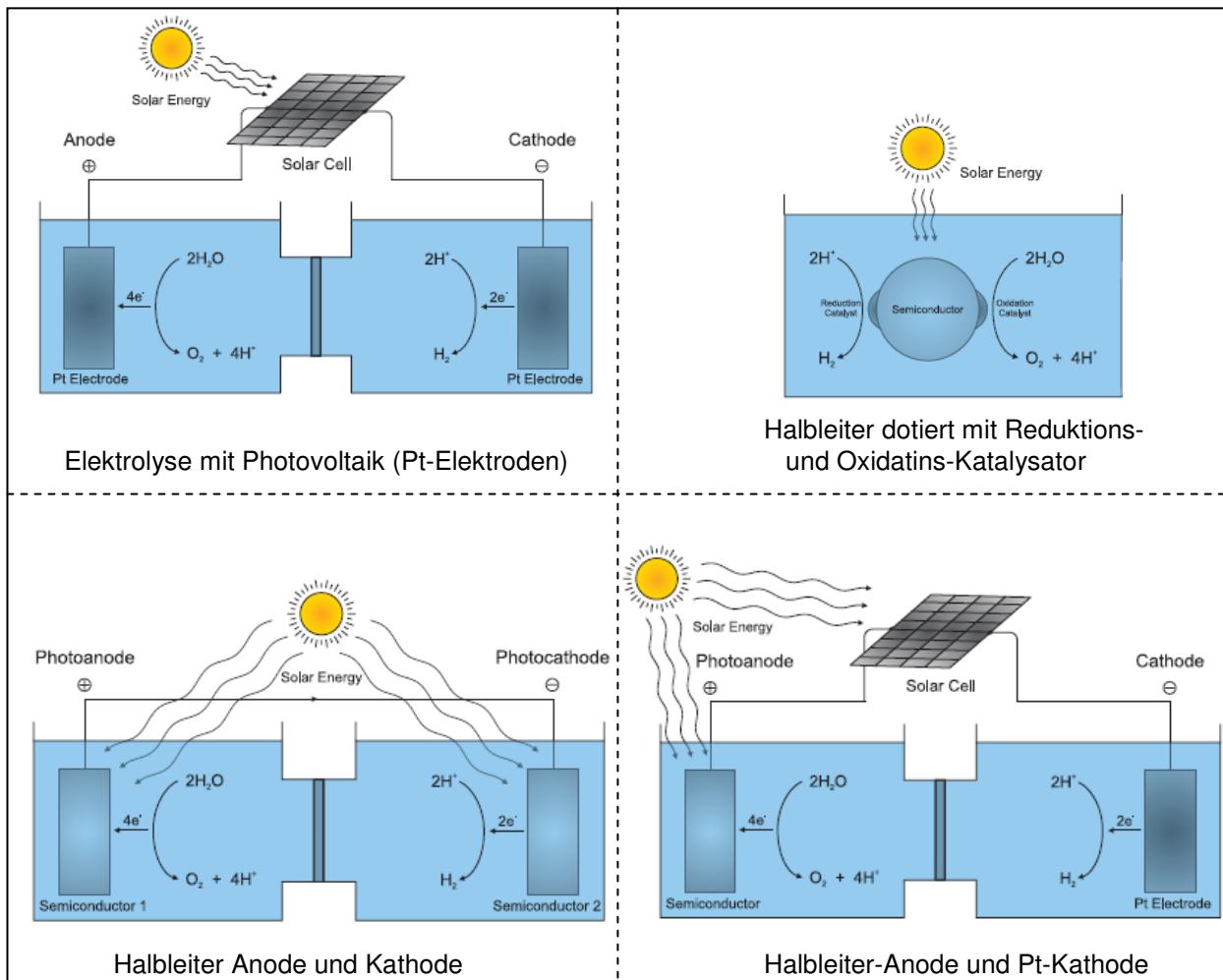
- Energiequelle – Sonne
- Energieträger – Elektrizität
- Energiespeicher – Wasserstoff

das **künftige Logo für das PECNet** abgeleitet.



Weiter wurden auch **Abklärungen der Möglichkeiten und Interessen** geeigneter, junger Know-how-Träger zur Weiterführung der Forschungsarbeiten durchgeführt. Die diesbezüglichen Kommunikationsaufgaben, welche für die Arbeitspakete 1+2 ergebniswirksam werden, sind noch nicht abgeschlossen.

Zur Erstellung des **Forschungsplans**, der die Entwicklung einer neuen 10cm x 10cm grossen, hybriden PV-PEC Demonstrator Zelle zum Ziel hat, wurde von Dr. A. Currao ein erstes Proposal zusammengestellt [1]. Darin sind die möglichen Technologiekombinationen vorgestellt sowie die Vor- und Nachteile aufgelistet (siehe Figur-1). Ebenfalls vorgestellt werden darin die Möglichkeiten und Potentiale des Trägermaterials (target host material, matrix) und des aktiven Materials (target guest material). Für die F&E einer halbleiterbasierten PEC Wasserspaltung schlägt Currao beispielsweise eine Zusammenarbeit mit der Forschergruppe von Prof. C. Ballif am Photovoltaics and Thin Film Electronics Laboratory, PV-LAB, Institute of Microtechnology of the University of Neuchâtel vor.



Figur 1: Verschiedene Technologiekombinationen für die photoelektrochemische Wasserspaltung (PEC) mit und ohne Photovoltaik-Zelle (PV) sowie Pt- und halbleiterbasierten Elektroden [1]

Am 24. Oktober 2006 wurde an der Uni Basel zusammen mit Prof. E. Constable, Dr. A. Currao und Dr. E. Figgemeier das **Kick-Off Meeting** durchgeführt. Aus der Diskussion um die Spezifikationen und einzusetzenden Technologien für eine Demonstrator-Zelle wurde klar, dass zuerst der prinzipielle Fokus des Vorgehens zu bestimmen ist. Entsprechend ergeben sich für einen Forschungsplan und die Involvierung anderer Forschergruppen unterschiedliche technische und zeitliche Randbedingungen. Drei verschiedene **Vorgehensvarianten** wurden diskutiert (siehe **Figur-2:** Photo vom Flipchart der Diskussion). Diese Varianten sind nun vertieft zu beurteilen und zu priorisiert (siehe Tabelle-1: Beurteilung verschiedener Vorgehensvarianten). Zu beachten sind dabei natürlich auch die künftigen personellen Möglichkeiten.

Unabhängig von der Wahl der Varianten ist geplant, dass ausgehend vom Proposal von Dr. A. Currao und den bekannten technischen Möglichkeiten ein Forschungsplanentwurf als weitere Diskussionsbasis ausgearbeitet wird.

No	Vorgehensvarianten	Beurteilung (+/-)
1.	<p>Straight-Forward</p> <p>Weiterführung der Grätzeltechnologie mit der Hoffnung besonders aus den Materialtechnologien* Impacts für entscheidende Verbesserungen zu erhalten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demonstrator nach ca. 1.5 Jahren: Tandem-Zelle 1 (TZ1) • Weitere verbesserte Demonstratoren evt. auch mit anderer Technologie würden nach 2-3 Jahren folgen (Z2) 	<ul style="list-style-type: none"> + Pragmatisches Vorgehen aus der Basis des bisherigen Weges, d.h. Erfahrungen und physikalische Vorobjekte vorhanden (Ready to go) + Erst durch besseres Verständnis des Bestehenden kann ein brauchbares Zukunftskonzept aufgebaut werden • Aufgrund der zunehmenden Erkenntnisse und des erhofften Impacts aus anderen Technologien, allen voran Material, wäre selbst ein Fortfahren gemäss IEA-HIA-Annex-20 fortschrittlich • „Grätzel“-Technologie als Partnerapproach - Wird als wenig innovativer Weg eingestuft - Ferne Zukunft ungewiss, d.h. unklar wo die Reise hinführen könnte - In gewissem Sinne zielloses Vorgehen
2.	<p>Innovativ</p> <p>Im Vordergrund stehen neue Potentiale aufgrund bisher wenig genutzter oder noch ungenügend abgeklärter Technologien* und deren Kombination wie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biologie • Biomimetics • PEC 	<ul style="list-style-type: none"> + Sehr innovative Ideen können entstehen • Sehr offen, woher Neuerungen kommen könnten - Jedoch bisher unklar wie vorzugehen ist Weitere Abklärungen mit andern Kompetenzträgern sind erforderlich - Gefahr einer Verzettelung, d.h. undefinierte Spezifikationen, Vortests, PoC
3.	<p>Vision orientiert</p> <p>Auf einen zukünftigen Nutzen ausgerichtetes, langfristiges Vorgehen</p> <p>Aspekte zur Formulierung der Vision:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $H_2O + p \rightarrow ??$ z.B. H_2, O_2, Biomasse, ... • Positive, optimierte Ökobilanz • Verbesserung gegenüber Bestehendem, Zusatznutzen 	<ul style="list-style-type: none"> + Zielbewusst, vom unternehmerischen Standpunkt richtiges Vorgehen + Ableitung von quantifizierbaren Anforderungen und Erstellung eines fokussierten Forschungsplans (Road-map) einfacher möglich • Eine sinnvolle, d.h. technisch denkbare, strategisch überzeugende, gut kommunizierbare Vision muss noch generiert werden - Die Beurteilung der vielfältigen Aspekte zur Formulierung einer Vision ist sehr schwer. Es braucht mutige Entscheide, d.h. Mut zur Lücke - Fraglich was kurz- und mittelfristig erreichbar ist, d.h. Unglaubwürdigkeit dazu abgehoben - Eine Vision wird voraussichtlich immer sehr diskutierbar sein - Eine unglücklich gewählte Vision kann zu einer falschen Ausrichtung der Ressourcen führen - Eine unglücklich gewählte Vision kann zu einer falschen Ausrichtung der Ressourcen führen

Tabelle 1: Erste Beurteilung verschiedener Vorgehensvarianten zur Erstellung eines Forschungsplans

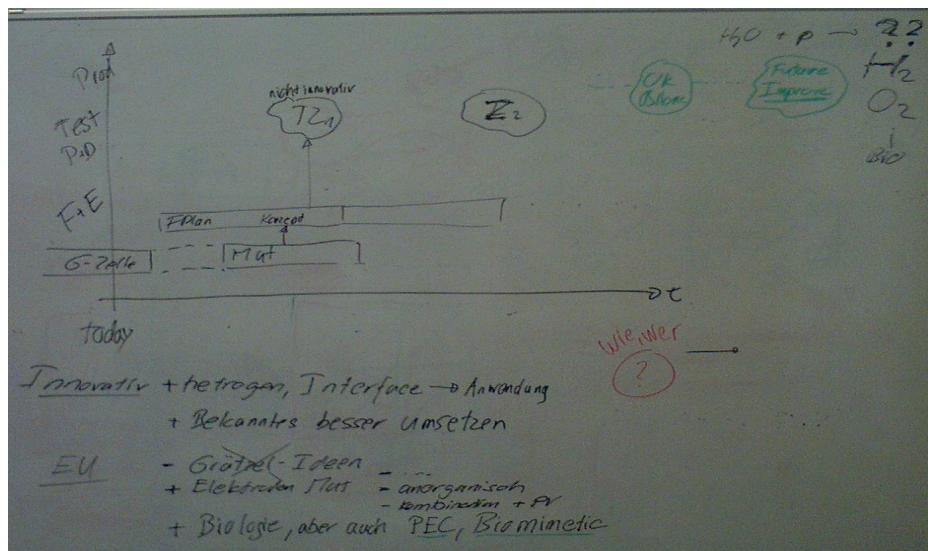
*Ergänzende Technologien, Materialtechnologien:

Im Fokus stehen vor allem Verbesserungen der Elektrode:

- anorganische Materialien

- Kombinationen mit PV

- ...



Figur 2: Photo vom Flipchart der Diskussion um verschiedene **Vorgehensvarianten** Kick-Off Meeting an der Uni Basel vom 24. Oktober 2006

Nationale Zusammenarbeit

Mit den in der nachfolgenden Tabelle-2 genannten Institutionen ist eine Zusammenarbeit im Projekt, über die aufgeführten Mitarbeiter im Gange oder künftig vorgesehen:

Organisation	Mitarbeiter
Nowak Energie & Technologie AG (NET) BFE Programmleitung Photovoltaik	Dr. Stephan Nowak
Université Neuchâtel	Prof. Dr. Christoph Ballif
Université de Genève	Prof. Dr. Jan Augustynski Dr. Renata Solarska Dr. Chantal Jorand-Sartoretti Prof. Dr. Oliver Wenger
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)	Prof. Dr. Michael Graetzel Dr. Andreas Kay Dr. Monica Barroso Dr. mdKhaja Nazeeruddin Hr. Ilkay Cesar
Universität Bern	Prof. Dr. Gion Calzaferri Dr. Antonio Currao Dr. Vanga Reddy
ETH Zürich	Dr. Ayodhya Tiwari
Universität Basel	Prof. Edwin C. Constable Dr. Egbert Figgemeier
Industrie- und Gewerbepartner	Solaronix SA GreatCell Solar SA VHF Technologies SA Unaxis → Oerlikon Gruppe
v.a.	

Tabelle-2: Institutionen und Mitarbeiter mit denen auf nationaler Ebene ein Zusammenarbeit im Gange oder künftig vorgesehen ist

Es bestehen auch gute Kontakte zu Stakeholder der Photovoltaik- und Wasserstoff- sowie Material- und Nanotechnologie-Szene der CH (und auch international). Diese sind dann je nach Fall individuell zu konsultiert und in das Netzwerk zu involvieren. Im speziellen seien folgende Institutionen genannt: EMPA, PSI, Hydropole [2], usw.

Internationale Zusammenarbeit

Auf dem internationalen Parkett besteht ein sehr guter Austausch mit wichtigen internationalen Kompetenzträgern über die Lead-Arbeit im **IEA-HIA Annex-20 Wasserstoffprogramm**: „H₂ from Waterphotolysis“ [3]. Die monolytische Hybrid-PV-PEC Zellenkonfiguration wurde auch anlässlich der IPS-16 Konferenz in Uppsala (Jul-06) international ausgiebig diskutiert und als äusserst viel versprechend betrachtet. Somit wird es als eine einzigartige Chance betrachtet für die Schweiz das PV-PEC Know-how mit dem vorliegenden Projekt nachhaltig zu reorganisieren und wesentliche Zusatzforschungsmittel über das EU-FP7 zu sichern. Weitere wichtige Informationsquellen bestehen zudem über Herrn Dr. A. Gut welcher im **Ex-Co IEA-HIA** Einsatz für die Schweiz hat.

Weitere weniger tiefe oder indirekte Kontakte zu Know-how-Trägern bestehen via BFE über die Mitarbeit in der Mirror-Group zu **European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform (HFP, www.hfpeurope.org)** sowie einer Beobachter-Status-Funktion von **Hycos-Eranet** und dessen Arbeitsgruppen: AG2-**H2production-Decentral-Renewables** und AG3-**H2storage**.

Bewertung 2006 und Ausblick 2007

Die Arbeiten sind noch in der Startphase. Die unternommenen Informations- und Aufklärungsbemühungen sind auf ein sehr positives Echo gestossen. Ein eigentliches Netzwerk der Schweizer Stakeholder ist aber noch nicht aufgebaut.

Ein wichtiger Durchbruch wird 2007 erreicht sein, wenn sich eine Institution zur aktiven Übernahme und damit zum Hosting der PEC-Kompetenzen bekennt. Voraussetzung hierzu ist auch das Gewinnen von geeigneten, jüngeren Know-how-Trägern zur Weiterführung der Forschungsaktivitäten. Kompetente und motivierte Kandidaten sind vorhanden. Neben den Gesprächen gilt als ein nächster Schritt, das material-, prozess- und betriebsrelevante Wissen der zurücktretenden Stakeholder zentral zu erfassen und in einer übersichtlichen und gut-zugänglichen Bibliothek „NaPECK“ für die nationale und internationale Weiterarbeit zu sichern und verfügbar zu machen.

Referenzen

- [1] Dr. Antonio Currao, **Research & development proposal on semiconductor-based photoelectrochemical water splitting into H₂ and O₂ using solar energy**, internal Doc, Department of Chemistry and Biochemistry, University of Bern Photoelectrochemical Water Splitting.
- [2] Hydropole, **Hydrogen Report Switzerland 2006**, www.hydropole.ch.
- [3] IEA Hydrogen Implementing Agreement, **2005 Annual Report – Task-20 Hydrogen from Waterphotolysis**, www.ieahia.org.