



ANKÜNDIGUNG:  
SAVT BADMINTON



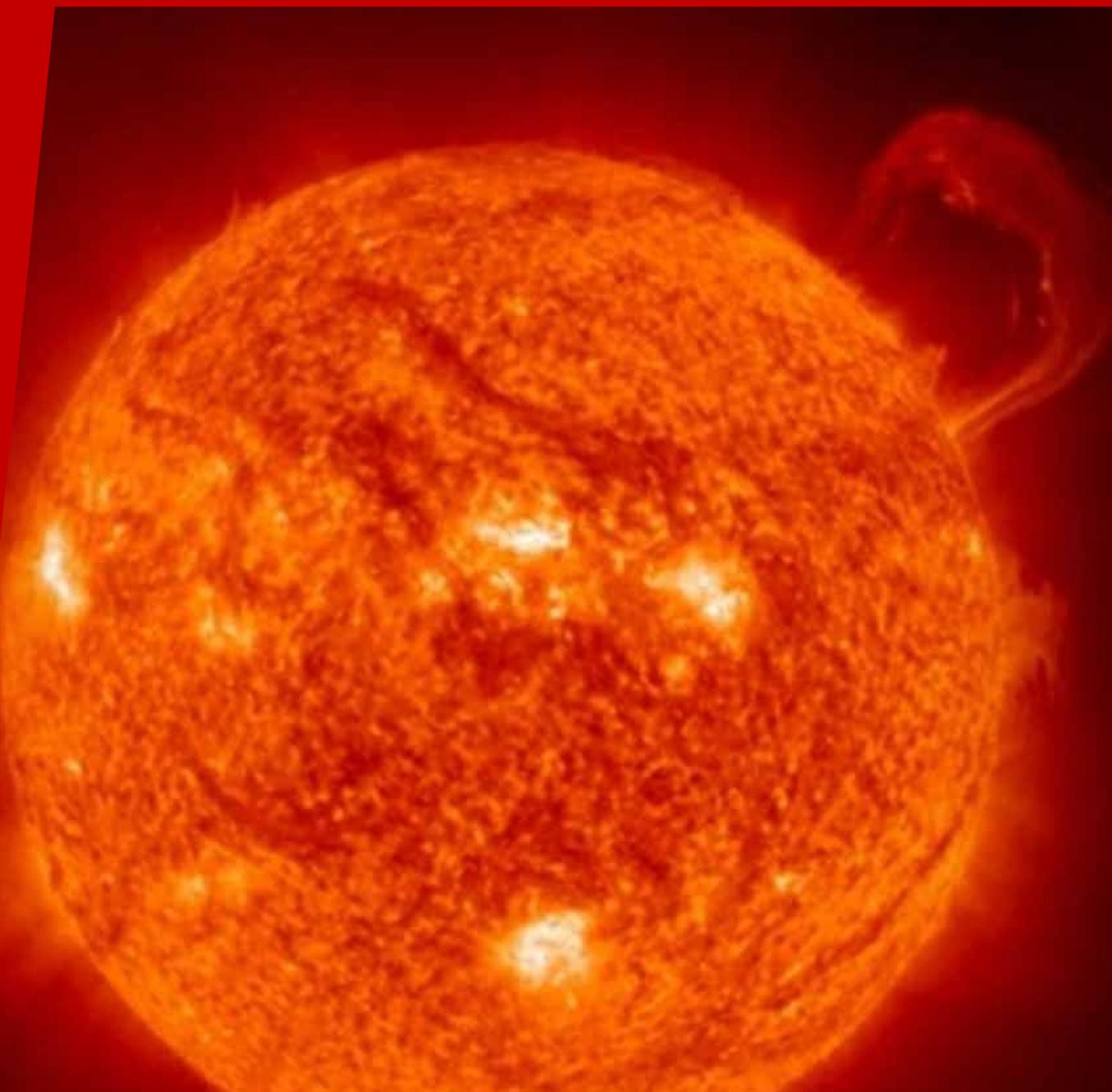
ANKÜNDIGUNG:  
FUSSBALL MIT  
SAVT



BESUCH  
AUA TECHNIK

# DER REAKTOR

Die Zeitung für Prozesssimulanten, Destillateure, Zünder, Wirbler, Rektifikanten, Permeanten und viele mehr!



## *BERICHT*

GENERALVERSAMMLUNG 2011, BESUCH IM TECHNISCHEN MUSEUM

## *AKTUELLES AUS DER FORSCHUNG*

KONZENTRIERTE ENERGIE AUS DER SONNE

<i>INHALT, IMPRESSUM</i>	2
<i>EDITORIAL</i>	3
<i>PRESSESPIEGEL</i>	4
<i>COMICS, WITZE</i>	5
<i>WISSEN-SAVT</i>	6
<i>ANKÜNDIGUNGEN</i>	7
<i>BERICHT GENERALVERSAMMLUNG 2011</i>	10
<i>BERICHT BESUCH TECHNISCHES MUSEUM</i>	11
<i>TITELSTORY</i>	12
<i>VORSTELLUNG</i>	18

## IMPRESSUM

---

Herausgeber	Verein der StudentInnen und AbsolventInnen der Verfahrenstechnik an der TU-Wien - SAVT, Getreidemarkt 9/166, 1060 Wien
ZVR-Zahl	690178492
Redaktionsleitung & Gestaltung	DI Peter Bielansky, DI Alexander Weinert
Der SAVT im Internet	<a href="http://www.savt.at">www.savt.at</a>
Kontakt	Obmann <a href="mailto:obmann@savt.at">obmann@savt.at</a> Redaktion <a href="mailto:redaktion@savt.at">redaktion@savt.at</a>
Namentlich gezeichnete Artikel stellen die persönliche Meinung des jeweiligen Verfassers dar. „DER REAKTOR“ ist eine viermal jährlich erscheinende Druckschrift des „Vereins der StudentInnen und AbsolventInnen der Verfahrenstechnik der TU Wien“. Das Copyright verbleibt beim Autor.	
Bankverbindung:	Easybank AG; Quellenstraße 51-55, A-1100 Wien Kto.-Nr.: 20010-395-071, BLZ: 14200 IBAN: AT631420020010395071, BIC: EASYATW1
Ordentliche Mitgliedschaft	€ 12.-
Außerord. Mitgliedschaft	€ 17.-
Studenten Mitgliedschaft	€ 5.-

Erscheinungsdatum: 22. 03. 2011

Titelbild: Die Sonne



## Liebe SAVT‘lerinnen und SAVT‘ler!

„Nach der Hauptversammlung ist vor der Hauptversammlung“. Diese Weisheit macht auch vor einem Verein wie dem SAVT nicht Halt. Sprich: nach einem erfolgreichen Jahr wie dem letzten kommt schon wieder ein neues und auch in diesem kommen wieder zahlreiche Events und somit einiges an Arbeit auf uns zu.

Wie jedes Jahr ist das Grillfest DAS Highlight, aber gleichzeitig auch der größte Brocken und organisatorisch eine Herausforderung. Zum Glück hat der SAVT mittlerweile einiges an Erfahrung gesammelt und das Organisationsteam kann als routiniert und motiviert bezeichnet werden. Nichtsdestotrotz sind viele helfende Hände am Tag X gefragt, deshalb lautet gleich mein Appell an alle potentiellen Gäste dieses Festes: Wir freuen uns über jeden Besucher und jede Besucherin dieses traditionellen Events, allerdings sind wir auch von eurer Bereitschaft uns zu unterstützen abhängig. Wenn wir die Aufgaben auf viele Schultern aufteilen können, hat niemand übermäßigen Aufwand und alle viel Spaß. Natürlich soll keine Mühe unbelohnt bleiben, wie letztes Jahr ist auch heuer wieder ein Dankesessen geplant, zu dem alle HelferInnen herzlich eingeladen sind!

Neben dem Grillfest gibt’s natürlich viele weitere Gründe sich zu treffen, wobei mehr nach-der-Arbeit Events geplant sind, immerhin ist für eine große Anzahl unserer Mitglieder tagsüber nur schwer Zeit zu finden. Unsere Ausflüge sollen somit für möglichst viele Mitglieder interessant und besucht werden.

Eine Sache, welche zu Jahresbeginn immer aktuell ist, soll hier auch noch erwähnt werden: der Mitgliedsbeitrag. Dieser ist in den Statuten festgelegt und somit ein Teil des SAVT. Ich kann hier auf jeden Fall versichern, dass das Geld nur – und absolut nur – für den Verein selbst verwendet wird und somit den Mitgliedern zu Gute kommt. Dinge wie der Druck und Versand des „Reaktors“ kosten schlicht und einfach Geld und werden aus eben diesem Mitgliedsbeitrag finanziert. Deshalb bitte ich alle, den Beitrag nicht als unangenehmes Übel, oder als Sponsoring für einige wenige Events zu sehen, der gesamte Betrag nützt den Mitgliedern.

In diesem Sinne wünsche ich uns allen ein gesundes und erfolgreiches Jahr 2011 und nun viel Spaß beim Lesen!

Euer Severin

# Kampf gegen Plagiate: Druck auf Professoren steigt

Die Grünen wollen Zahl der Arbeiten beschränken, die FPÖ will „Nebengeschäfte“ eindämmen und die ÖVP plädiert für beschränkten Uni-Zugang, aber die SPÖ sagt dazu Nein.

(„Die Presse“, Print-Ausgabe, 18.03.2011)



Wien. Erst in der Vorwoche hatte Wissenschaftsministerin Beatrix Karl (ÖVP) eine „Anti-Plagiats-Arbeitsgruppe“ eingerichtet. Jetzt legen die fünf Parlamentsparteien nach, vor allem die Opposition macht Druck: Dem Plagiat müsse endlich „wirkungsvoll“ der Kampf angesagt werden, sagen die Vertreter von FPÖ, BZÖ und Grünen unisono bei einem „Presse“-Rundruf. Nicht nur die Studenten, auch die Professoren sollten stärker ins Visier genommen werden.

Geht es nach dem Wissenschaftssprecher der Grünen, Kurt Grünewald, dann soll die Zahl der Dissertationen und Diplomarbeiten, die ein Professor künftig pro Jahr betreut, beschränkt werden. In der Überlastung von Professoren liege ein Grund dafür, dass es zu unsauberer Zitierungen durch Studenten komme. „Es kann nicht sein,

dass ein Professor 20 Masterarbeiten und gleichzeitig zehn Dissertationen betreut, ohne flüchtig in der Beurteilung oder nachlässig in der Begleitung und Beratung der Arbeit zu sein“, sagt Grünewald.

Es dürften allerdings nicht nur Limits bei der Zahl der betreuten Arbeiten eingezogen werden. Gleichzeitig müsse das Betreuungsverhältnis verbessert werden; derzeit sei es mit durchschnittlich 113 Studenten pro Professor „katastrophal“. Was, wenn es dafür kein Extrageld vom Staat gibt? „Niemand wird zulassen können, dass sich die Zahl der Abschlüsse bei Master und Doktorat mehr als halbiert.“

ÖH-Chefin Sigrid Maurer (Grüne) befürchtet aber genau das: dass es zwar zu Begrenzungen für Professoren – und damit für die Studenten – kommt, während ein besseres Betreuungsverhältnis auf sich warten lässt. Doch nur das sei der richtige Weg: „Es braucht mehr Betreuer. Und wie viele Arbeiten genau sie betreuen, sollen sie selbst entscheiden.“

Das findet auch FPÖ-Wissenschaftssprecher Martin Graf: „Jeder Professor muss selbst entscheiden, wie viele Arbeiten er bewältigen kann.“ Besonders wichtig sei, dass „die Nebentätigkeiten der Professoren beschränkt werden und sie sich auf ihren Hauptjob konzentrieren“. Auch von Verwaltungsarbeiten sollten sie entlastet werden.

## Bessere EDV-Programme

Eine Beschränkung der betreuten Arbeiten hält Rainer Widmann vom BZÖ für „diskussionswürdig“. Außerdem bräuchten die Professoren eine bessere Unterstützung mittels EDV. Mehrere Unis in Österreich setzen bereits spezielle Software ein – allerdings stichprobenartig. Laut Widmann sollte künftig „per Zufallsgenerator ein gewisser Prozentsatz der Abschlussarbeiten überprüft werden“. Das würde abschreckend wirken.

Für Katharina Cortolezis-Schlager, Bereichssprecherin der ÖVP, ist jetzt die Zeit gekommen, „um endlich Kapazitätsplanungen und Zugangsregelungen für die Universitäten zu bekommen“. Nur durch eine begrenzte Anzahl der Studienplätze werde man auch die notwendige Qualität erreichen. Von SPÖ-Wissenschaftssprecherin Andrea Kuntzl kommt zu solchen Beschränkungen freilich ein klares „Nein“.

## COMICS, WITZE



Was liegt am Strand und hat einen Sprachfehler?  
Eine Nuschel.

Was ist braun und taucht?  
Ein U-Brot.

Was macht ein Clown im Büro?  
Faxen.

Wie nennt man einen Boomerang, der nicht zurückkommt?  
Stock.



# AUFBEREITUNG DER SCHLEMPE BEI DER HERSTELLUNG VON BIOETHANOL AUS STROH – EINE PROZESSSIMULATION MIT ASPEN PLUS

Diplomarbeit von Tino Lassmann

Bei der Herstellung von Ethanol aus Stroh, einem Biotreibstoff der zweiten Generation, entsteht im Zuge der Destillation einerseits hochprozentiges Ethanol und andererseits die Schlempe. Diese muss weiter aufbereitet werden, da sie zum Großteil aus Wasser und organischen Bestandteilen besteht. Für die Ausgangssituation wurde eine Anlagengröße von 100.000t EtOH/a gewählt und ein Produktstrom nach der Fermentation definiert. Das Hauptaugenmerk der Diplomarbeit liegt dabei auf der Simulation der Destillation und den nachfolgenden Prozessen der Schlempe-Aufbereitung. Diese wird mittels des Simulationsprogramms ASPEN Plus durchgeführt. Zwei Varianten der Destillation haben sich als bewährt erwiesen und werden aus energetischer Sicht optimiert und anschließend bezüglich ihrer Effizienz verglichen.

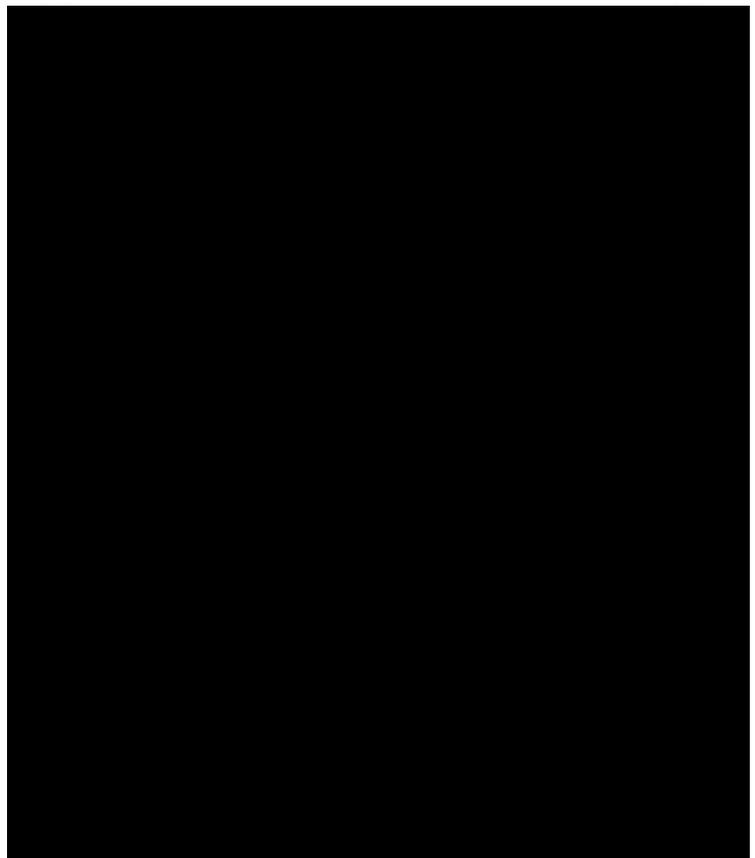
Für die Aufbereitung der Schlempe wird eine Fest-Flüssig-Trennung benötigt um anschließend den Feststoffrückstand zu trocknen. Dieser besteht hauptsächlich aus Lignin und kann als Brennstoff zur Energierückgewinnung im Prozess verwendet werden. Für die Flüssigkomponente gibt es zwei Varianten der weiteren Verwendung:

1. Eindampfung
2. Biogas-Herstellung

Bei der Eindampfung handelt es sich um eine fünfstufige Gleichstrom-Eindampfung, bei der der Wassergehalt auf bis zu 35% reduziert wird. Zum Vergleich wird auch die Variante einer Gegenstrom-Eindampfung simuliert. Auch hier wird wiederum eine Wärmeintegration durchge-

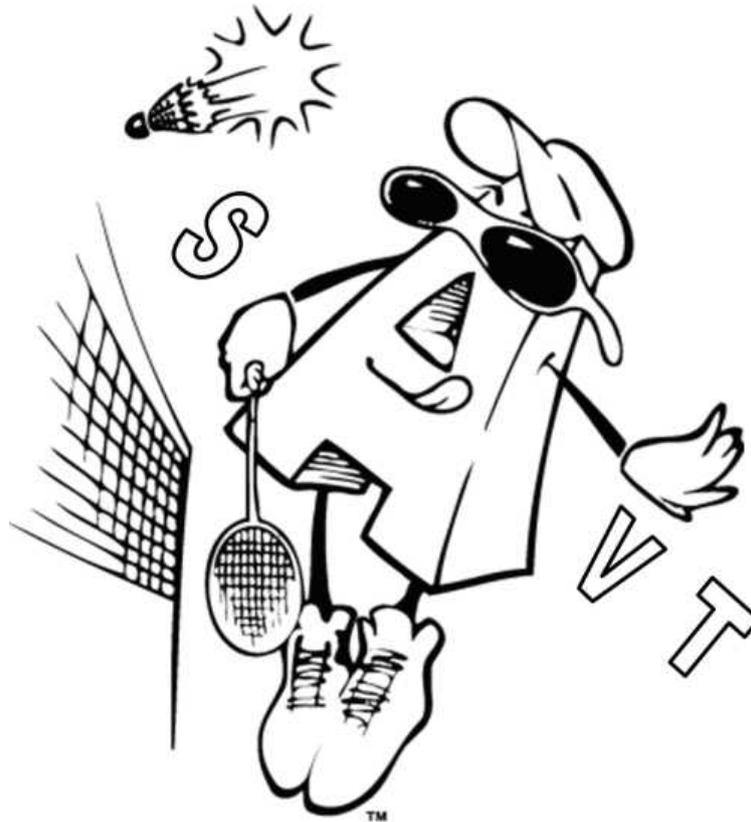
führt um die energetisch beste Lösung zu finden. Für die Biogas-Herstellung wird die Flüssigfraktion nach der Fest-Flüssig-Trennung zuerst einer anaeroben Fermentation zugeführt, bei welcher  $\text{CH}_4$  und  $\text{CO}_2$  entstehen, und der dabei entstehende flüssige Rest wird in einer aeroben Stufe weiterbehandelt. Diese dient der Aufbereitung des Wassers, damit dieses wiederum dem Prozess zugeführt werden kann.

Die Integration und Optimierung der einzelnen Prozessstufen sollte somit Aufschluss darüber geben welche Variante die energetisch beste Lösung für Destillation und nachfolgender Schlempe-Aufbereitung ist.



# SAVT Badmintonturnier

organisiert von Harald Zeman



- Wann? ... Donnerstag, 14.04.2011 Treffpunkt: 16:45h, Spielbeginn: 17:00h
- Wo? ... Club Danube Ottakring, Kendlerstraße 41, 1160 Wien
- Anreise ... am besten U3, Station Kendlerstraße, Ausgang von Simmering  
kommend vorne; danach ca. 2 min. zu Fuß (unauffällig den Schildern  
folgen ...)
- Alternativ: Straßenbahnlinie 10, Station Kendlerstraße  
Parkmöglichkeit im P&R U3 Ottakring
- Anmeldung ... bis 11.04.2011
- unverbindliche Anmeldung bis 14.04.2010

## Fußball mit SAVT

organisiert von Harald Zeman



Wann? ... Donnerstag, 19. 05. 2011

Wo? ... auf der Jesuitenwiese im Proda

Treffpunkt ... Endstation der Straßenbahnlinie Linie 1 (Praterhauptallee) 16:45  
Spielbeginn 17:00

Ausrüstung ... Sportschuhe, adäquate Kleidung, eventuell Fanschals, Bengalische  
Feuer, Vuvuzelas etc.

Anmeldung ... bis 18. 05. 2011

# Besuch AUA-Technik

organisiert von Klemens Marx



- Wann? ... Freitag, 27. 05. 2011, 13:00
- Wo? ... Flughafen Schwechat
- Treffpunkt ... 11:30 (dieses Mal bitte pünktlich!!) Getreidemarkt 9, bei den Liften im Erdgeschoß
- Anzahl ... Für den Besuch ist eine Mindestpersonenanzahl von 10! erforderlich. Also bitte um zahlreiche Teilnahme.
- sonstiges ... wir müssen 10 Tage vor dem Besuch die Namen der Teilnehmer übermitteln. Bitte um Verständnis!
- Ausrüstung ... gültiger amtlicher Lichtbildausweis, Durst
- Anmeldung ... bis 16. 05. 2011

# Generalversammlung 2011

Mit der Generalversammlung begann am Dienstag, den 11. Jänner 2011, das neue SAVT-Jahr. Zu diesem feierlichen Ereignis fanden sich folgende SAVTlerInnen ein: Andreas Bartl, Peter Bielan-sky, Johannes Bolhar-Nordenkampf, Michael Fuchs, Werner Hörtl, Stefan Kern, Hannes Kitzler, Stefan Koppatz, Alexandra Pessl, Hannes Schmid, Christoph Schönberger, Michael Url, Christoph Varga, Severin Voglsam, Alexander Weinert und Veronika Wilk.



**"I hope this bullhorn will make this meeting a little less boring."**

Die Obmänner berichteten vom letzten Vereinsjahr, das sehr gelungen war: Es gibt nun ein neues Vereinslogo, der SAVT ist jetzt auch auf Xing vertreten und es haben neue Events stattgefunden. Auch das Grillfest war, wie so oft, ein großer Erfolg.

Dann war der Kassier an der Reihe und berichtete von den Finanzen. Beide Rechnungsprüfer stellten dem Kassier ein ausgezeichnetes Zeugnis aus, darum wurde der Kassier einstimmig entlastet und nicht vom Buffet ausgeschlossen.

Auch der Vorstand wurde einstimmig entlastet, trat zurück und gab die Aufstellung für die Wahl des neuen Vorstands bekannt. Alle aufgestellten Personen wurden, wie sie in der untenstehenden

Liste aufgeführt sind, einstimmig in den neuen Vorstand gewählt.



**"I've called this meeting to discuss absenteeism."**

- |                     |                                  |
|---------------------|----------------------------------|
| Obmann:             | Dipl.-Ing. Severin Voglsam       |
| Obmann Stv.:        | Dipl.-Ing. Dr. Michael Fuchs MBA |
| Kassier:            | Dipl.-Ing. Christoph Varga       |
| Kassier Stv.:       | Dipl.-Ing. Hannes Kitzler        |
| Schriftführer:      | Dipl.-Ing. Veronika Wilk         |
| Schriftführer Stv.: | Dipl.-Ing. Dr. Werner Hörtl      |
| 1. Beirat:          | Dipl.-Ing. Stefan Koppatz        |
| 2. Beirat:          | Matthias Rohm                    |
| 3. Beirat:          | Dipl.-Ing. Alexander Weinert     |

- |                    |                           |
|--------------------|---------------------------|
| Rechnungsprüfer 1: | Dipl.-Ing. Stefan Kern    |
| Rechnungsprüfer 2: | Dipl.-Ing. Benedikt Nowak |

Der neue Obmann nahm gleich die wichtigste Handlung des Abends vor: das Buffet zu eröffnen und den offiziellen Teil der Generalversammlung zu beenden. Mahlzeit!!

Eure Schriftführerin, Veronika

# Besuch technisches Museum Wien

Das technische Museum – für technikverliebte Menschen gibt es fast keinen schöneren Ort: So viele tolle Sachen (nein, der Autor dieser Zeilen ist nicht voreingenommen)! Dankenswerter Weise hat Stefan einen Ausflug ins Wiener TM orga-

dacht zur drahtlosen Energieübertragung, wird sie heute nur noch zur Demonstration hoher Wechselfspannungen benutzt. Das sieht dann so wie auf dem Foto im Hintergrund aus!



nisiert, inklusive Vorführung. Und so pilgerte der SAVT anfangs Februar nach Penzing, um einer Hochspannungsvorführung beiwohnen zu können und danach noch ein wenig zu schauen, was es neues, d.h. altes, gibt.

Bei der Hochspannungsvorführung werden Dinge wie ein Van-de-Graaff-Generator oder eine Teslaspule gezeigt. Ersterer ist ein Bandgenerator, der Ladungen mit einem Gummiband auf einer Hohlkugel akkumuliert. Diese Ladungen sind dann in der Lage, Haare zu Berge stehen zu lassen (was aber leider nicht vorgeführt wird). Die Teslaspule wird zur Erzeugung hochfrequenter Hochspannungen verwendet. Ursprünglich ge-

Vom technischen Museum kann der Autor dem geneigten Leser wohl nichts Neues berichten, da anzunehmen ist, dass letzterer sowieso am neuesten Stand ist.

Die Nachbesprechung der Exkursion fand im Mariahilferbräu statt, wo intensiv über den Besuch diskutiert wurde.

Bis zum nächsten Mal,

euer Beni

# Konzentrierte Energie aus der Sonne

## Solarchemische Kreisprozesse zur regenerativen Produktion von Wasserstoff

von Georg Brunauer

Die **Problemstellung**. Die Sonne ist die größte Quelle für erneuerbare (regenerative) Primärenergie unseres Planeten. Sie ist unentbehrlich für die Entwicklung und den Erhalt natürlichen Lebens auf der Erde. Für die technische Nutzung ist die Sonnenenergie deshalb sehr interessant, da sie als Primärenergiequelle den ständigen Weltenergiebedarf um ein Vielfaches abzudecken in der Lage wäre. Fig. 1 zeigt das Potential der erneuerbaren Primärenergiequellen im Größenvergleich.

gerecht bereitgestellt werden können.

Im Folgenden sollen nun Verfahren vorgestellt werden, mit denen die Produktion von solarem Wasserstoff ermöglicht wird.

Es wäre völlig vermessen zu verlangen, dass der Weltenergiebedarf ausschließlich durch direkte solare Energieumwandlung (z.B. mittels Photovoltaik (PV), Solarthermie, Solarchemie, etc.) erfolgen soll.

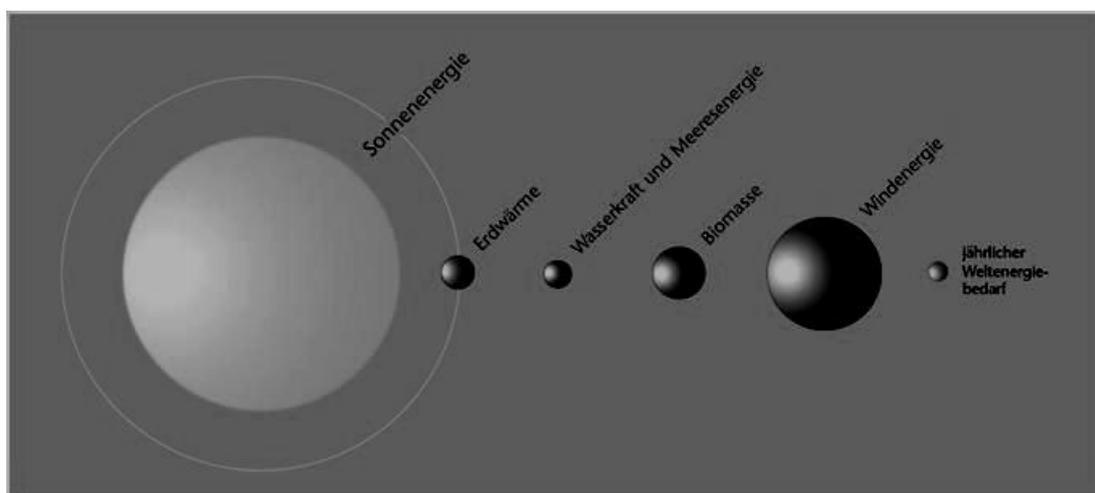


Fig. 1: Potentiale erneuerbarer Energien (Quelle: ForschungsVerbund Erneuerbare Energien (FVEE))

Die effiziente Nutzung der Solarenergie gestaltet sich aufgrund wechselnder Verfügbarkeit schwierig, man denke dabei an den Tagesgang der Sonne und den zyklischen Wechsel der Jahreszeiten. Darüber hinaus ist die Energiedichte relativ gering. Da der Energiebedarf unserer Gesellschaft (Haushalt, Industrie, Mobilität) örtlich und zeitlich nicht mit dem solaren Energieangebot übereinstimmt, ist die große Herausforderung, die Solarenergie möglichst effizient in speicher- und transportierbare Form zu bringen. Unabhängig vom Angebot der Sonnenenergie soll dann die benötigte Energie, sei es in Form von elektrischer oder chemischer Energie, bedarfs-

Vielmehr soll darauf hingewiesen werden, welches großes Potential in der direkten Nutzung der Sonnenenergie steckt. Trotz des großen solaren Nutzungspotentials gestaltet sich eine flächendeckende und zuverlässige Energiebereitstellung schwierig. Die überwiegenden Gründe liegen einerseits in den hohen Investitionskosten für PV-Anlagen und geringen Umwandlungswirkungsgraden. Andererseits existieren keine praktikablen Speichertechnologien, mit denen eine zuverlässige Energiebereitstellung bei mangelnder Sonneneinstrahlung garantiert wäre. Die Sonnenenergie in chemisch gebundener Energie in Form von Wasserstoff ( $H_2$ ) zu speichern,

soll dazu beitragen, Energie bedarfsgerecht zur Verfügung zu stellen, sei es als elektrische Energie (durch Verstromen mittels  $H_2$ -Brennstoffzelle) oder als Kraftstoff bzw. als Ausgangsstoff für Kraftstoffsynthesen. Die Forschungsaktivitäten zur solarchemischen  $H_2$ -Produktion konzentrieren sich vorwiegend auf die **thermochemische Wasserzerlegung** und auf **Hochtemperatur-Elektrolyse**. Der Reihe nach werden nun die Verfahrensprinzipien angeführt. Mit einem kleinen Streifzug durch die eigenen Forschungsaktivitäten und einem Ausblick auf ein neues Verfahren der direkten solarchemischen Wasserstoffproduktion soll mein Beitrag enden.

Wie eingangs dargelegt, steht im Zentrum der solarchemischen Wasserstoffproduktion die Sonnenenergie, noch genauer, konzentrierte Solarstrahlung. Durch Konzentration der Solarstrahlung um ein Vielfaches gegenüber der auf die Erdoberfläche einfallenden Strahlungsleistung ( $\sim 1000 \text{ W m}^{-2}$ ), kann der Wirkungsgrad in einem Solarreaktor erhöht werden.

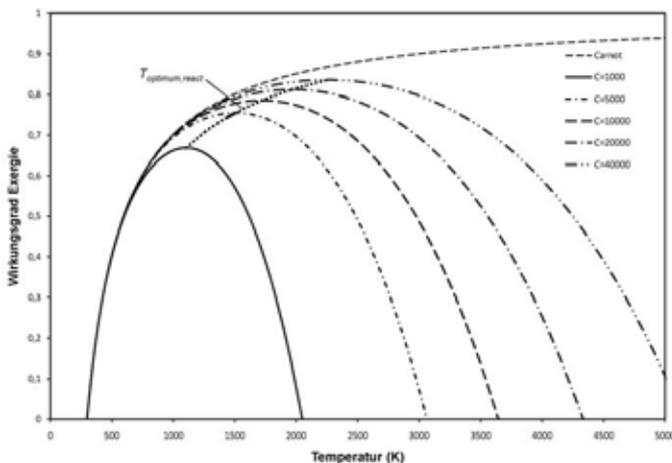


Fig. 2. Exergieeffizienz als Funktion der Betriebstemperatur für einen idealen volumetrischen Solarreaktor (schwarzer Körper) zur Energiewandlung in chemische Energie bei unterschiedlichen solaren Konzentrationsverhältnissen ( $C = \text{Anzahl der Sonnen}$ ), 1k, 5k, 10k, 20k und 40k

Die Ausnutzung der Sonnenenergie als „reine“ Wärmestrahlung ist vom Carnotwirkungsgrad her limitiert (s. Fig. 2). Der maximal mögliche exergetische Wirkungsgrad lässt sich ausdrücken durch:

$$\eta_{exergy,ideal} = \eta_{absorption} \cdot \eta_{Carnot} \quad (1)$$

$$= \left[ 1 - \left( \frac{\sigma T_H^4}{I C} \right) \right] \cdot \left[ 1 - \left( \frac{T_L}{T_H} \right) \right]$$

dabei sind  $T_H$  und  $T_L$  das obere und untere Temperaturniveau einer vergleichbaren Carnot Wärmekraftmaschine. Für die Umrechnung von Grad Celsius auf Kelvin gilt:  $T[\text{K}] = \theta[^\circ\text{C}] + 273,15[^\circ\text{C}]$ .  $\sigma$  bezeichnet die Stefan-Boltzmann-Konstante ( $5,6704 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-4}$ ),  $I$  die Bestrahlungsstärke ( $1000 \text{ W m}^{-2}$ ) und  $C$  das solare Konzentrationsverhältnis.

Von einem gegebenen thermochemischen Kreisprozess ist das Maß für die Umwandlung von solarer Energie in chemisch gebundene Energie als Exergiewirkungsgrad definiert, und zwar in der Form:

$$\eta_{exergy} = \frac{-\dot{n} \Delta G_r |_{298\text{K}}}{\dot{Q}_{solar}} \quad (2)$$

Das Produkt aus molarem Stoffstrom  $\dot{n}$  und freier Reaktionsenthalpie gibt letztlich die Brennstoffleistung an, die dem thermochemischen Kreisprozess entnommen werden kann. Dabei ist  $\Delta G_r$  die maximal mögliche Arbeit, die aus den chemischen Produkten (z.B.  $H_2$ ,  $O_2$ ) bei 298K erzielt werden kann. Ist dabei Wasserstoff das Wertschöpfungsprodukt, beträgt die max. mögliche Arbeit  $237,14 \text{ kJ mol}^{-1} H_2$ . Diese ist auch gleich der max. erzielbaren elektrischen Arbeit WFC bei einer idealen Brennstoffzelle FC ( $\eta_{FC} = 100\%$ ).

$$W_{FC} = -n \cdot \Delta G_r |_{H_2 + \frac{1}{2} O_2 (298\text{K}), 1 \text{ bar} \rightarrow H_2 O (298\text{K}), 1 \text{ bar}} \quad (3)$$

Eine thermochemische Wasserzerlegung durch Thermolyse (Gl. 4) mit dem Ziel der Wasserstoffproduktion ist aus zweierlei Gründen nicht praktikabel.



Erstens, die sehr hohen Temperaturen stellen sehr große Anforderungen an eine anlagentechnische Realisierung ( $\Delta G_r = 0$  für Gl. 4 liegt bei 4300K). Zweitens, sobald das Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff gespalten ist, müssten

diese unverzüglich voneinander getrennt werden. Dies ist jedoch bei der Thermolyse schwer zu realisieren, was bedeutet, dass das explosive Gemisch aus  $H_2$  und  $O_2$  stark dazu tendiert, wieder zu Wasser rück zu reagieren.

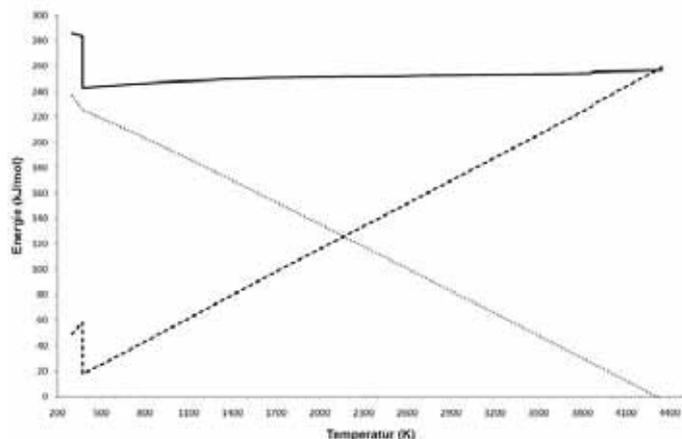


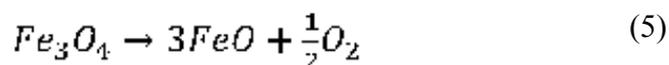
Fig. 3. Verlauf der Zustandsgrößen  $\Delta H$ ,  $\Delta S$  und  $\Delta G$  bei der Thermolyse von Wasser bis zum Erreichen des chemischen Gleichgewichtes

Bei der thermochemischen Wasserzerlegung werden, zum Unterschied zur Thermolyse, Stoffsysteme verwendet, um die Produkte  $H_2$  und  $O_2$  voneinander zu trennen. Ein solches Redox-System ermöglicht darüber hinaus, dass die thermochemische Wasserzerlegung bei wesentlich geringeren Temperaturen als bei der Thermolyse von Wasser stattfinden kann.

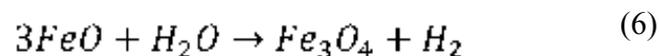
Derartige **thermochemische** Kreisprozesse werden zwei- oder mehrstufig ausgeführt. Bei der zweistufigen Wasserstoffproduktion beispielsweise, wird ein reaktives Stoffsystem, ein sog. Redox-System, wie z.B.  $Zn/ZnO$  (Zink/Zinkoxid)[1],  $FeO/Fe_3O_4$  (Eisen(II)-/Eisen(II,III)-oxid)[2],  $Ce_2O_3/CeO_2$  (Cer(III)-/Cer(IV)-oxid)[3] folgendem Kreisprozess unterworfen: Reduktion des Metalloxids durch Energiezufuhr mittels Solarstrahlung bei hoher Temperatur. Es erfolgt die **Sauerstoffabgabe**. Abkühlung auf Oxidationstemperatur. Oxidation des Metalls (bzw. Metalloxids niedriger Oxidationsstufe) mittels Wasserdampf unter Entstehung von **Wasserstoff**. Neuerliches Aufheizen des Metalloxids auf Reduktionstemperatur. Je nach verwendetem Stoffsystem werden unterschiedliche Temperaturbereiche durch-

laufen. In der Regel liegt der Temperaturbereich für die  $H_2$ -Produktion zwischen  $600-900^\circ C$ . Jener für die Regeneration bzw.  $O_2$ -Freisetzung liegt hingegen bei  $1000-1400^\circ C$ . Der Umstand, dass die Energie beim Abkühlen des reduzierten Metalls meist nur in geringem Maße zum Aufheizen des Metalloxids verwendet werden kann, bringt Exergieverluste und damit Wirkungsgradeinbußen in Bezug auf die Ausnutzung der Solarstrahlung mit sich.

In aller Kürze soll nun der thermochemische Kreisprozess, basierend auf einem  $FeO/Fe_3O_4$ -Redox-System, dargelegt werden. Die Reduktion (Gl. 5) findet, solarthermisch unterstützt, bei etwa  $2300 K$  statt.



Das reduzierte bzw. aktivierte Material ( $FeO$ ) wird auf eine für die Wasserzerlegung (Gl. 6) optimale Reaktionstemperatur von etwa  $800^\circ C$  abgekühlt. Die bei diesem Abkühlvorgang auftretende Verlustwärme beträgt etwa  $1/3$  der eingekoppelten Solarenergie.



In Fig. 4 ist das Prinzip der Redox-Reaktion eines zweistufigen thermochemischen Kreisprozesses zur solaren Wasserstoffproduktion dargestellt.

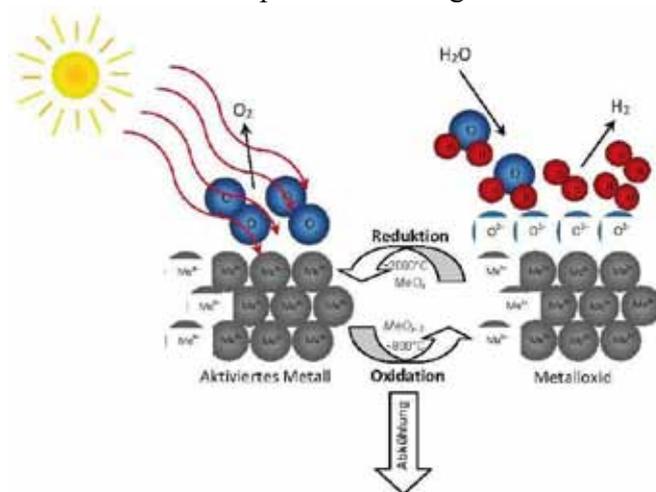


Fig. 4. Zweistufige Thermochemische Wasserzerlegung, basierend auf einem  $MeOx-1/MeOx$ -Redox-System mit konzentrierter Solarenergie

Einige Eckdaten aus der Exergieanalyse für einen idealen FeO/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Kreisprozess, bezogen auf einen molaren Stoffstrom von 1 mol s<sup>-1</sup> für Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> und H<sub>2</sub>O (vollständiger Stoffumsatz für beide Reaktion (Gl.5 u. Gl.6)) sind:

Die Gesamtstrahlungsleistung beträgt 1200 kW für eine solare Konzentration von 5000 Sonnen.

Auf die endotherme Reaktion bei 2300K (inkl. Aufheizen von Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> u. H<sub>2</sub>O) entfallen 820 kW. Die Verlustleistung durch Wärmeabfuhr beträgt 415 kW.

Weitere Verlustleistungen entfallen auf Wärmeabstrahlung und der thermischen Energie in den Produktgasen.

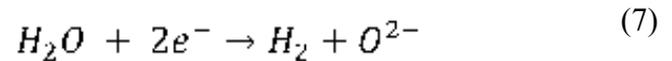
Die Exergieeffizienz für einen vollständigen Stoffumsatz, bezogen auf 237 kW/mol H<sub>2</sub>, beträgt nach Gl. 2 etwa 20%.

Der thermische Wirkungsgrad kann etwas erhöht werden, wenn die Verlustwärme teilweise rückgewonnen werden kann. Dadurch wird der Exergiewirkungsgrad verbessert!

Um 1 mol H<sub>2</sub> zu produzieren, werden 3 mol FeO benötigt. Das Verhältnis 1/3 mol H<sub>2</sub> zu 1 mol FeO entspricht 103 ml H<sub>2</sub>/g FeO bei vollständigem Umsatz. Real erzielte Stoffumsätze während der Wasserzerlegung sind mit Umwandlungsraten auf etwa 75%[4] limitiert, d.h. mit ca. 78 ml H<sub>2</sub>/g FeO, oder 7 mg H<sub>2</sub>/g FeO.

Was die Reduktion bei der zweistufigen thermochemischen Wasserzerlegung rein thermisch bewirkt, bewirkt bei der Hochtemperatur-Elektrolyse die elektrische Arbeit. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist, dass die Reduktions- und die Oxidationsreaktion bei gleicher Temperatur stattfinden. Der allgemeine Aufbau einer elektrochemischen Zelle (Batterie, Elektrolysezelle, Brennstoffzelle) besteht aus einer Anode, einem Elektrolyt und einer Kathode. Über einen äußeren Stromkreis, ob als Verbraucher geschaltet oder als Quelle, wird der

äußere Stromfluss geführt. An der Kathode läuft die Reduktion (Gl. 7) und der Anode die Oxidation (Gl. 8) ab.



Der Elektrolyt als Ionenleiter sorgt für die innere Stromleitung. Als Werkstoff zur Ionenleitung bei hohen Temperaturen (~ 900°C [5]) ist Yttrium stabilisiertes Zirkonoxid, kurz YSZ, in der Hochtemperatur-Elektrochemie weit verbreitet, so auch in der thermoelektrochemischen Wasserzerlegung. Das Elektrodenmaterial an der Wasser-/Wasserstoffseite (Kathode) ist handelsübliches Ni/YSZ Cermet. Als Material für die Sauerstoffelektrode (Anode) wird Strontium-dotiertes Lanthan-Manganat, kurz LSM, verwendet. Das Prinzip einer Hochtemperatur-Elektrolysezelle, engl. Solide Oxide Electrolysis Cell, kurz SOEC, ist in Fig. 5 abgebildet.

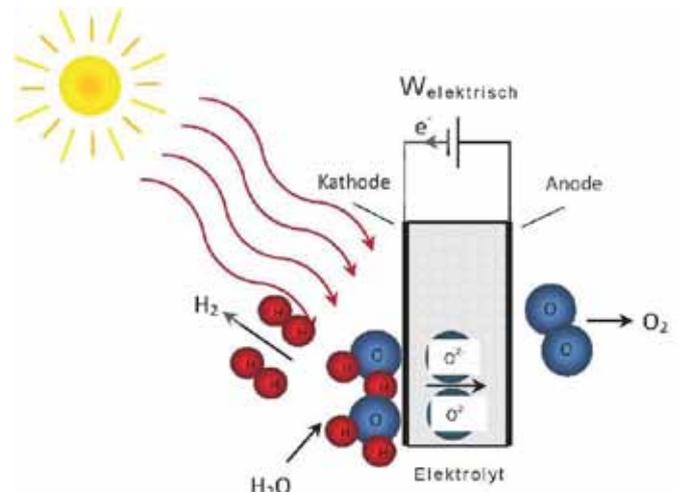


Fig. 5. Prinzip der thermoelektrochemischen Wasserzerlegung mittels einer SOEC

Der Vorteil der Hochtemperatur-Elektrolyse gegenüber jener bei Niedertemperatur ist der, dass aufgrund des zusätzlichen Wärmeeintrags (z.B. konzentrierte solare Wärmestrahlung) der elektrische Energiebedarf zur Wasserzerlegung sinkt.

Dieser Zusammenhang zwischen chemischer-, thermischer- und elektrischer Energie lässt sich sehr anschaulich mit der Gibbsschen Fundamentalgleichung bzw. abgeleitet als Gibbs-Helmholtz-Gleichung

chung zeigen:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (9)$$

mit

$$\Delta G = \Delta\varphi \cdot z \cdot F \quad (10)$$

wobei  $\Delta\varphi$  in diesem Fall der Elektrolysezellspannung entspricht,  $z$  die Ladungszahl pro Formelumsatz (hier  $z = 2$ , s. Gl. 7) ist, und  $F$  die Faraday-Konstante ( $96485,34 \text{ As mol}^{-1}$ ) darstellt. In Fig. 6 ist die graphische Lösung der Verringerung der Elektrolysespannung bei steigender Temperatur gezeigt. Des Weiteren ist der elektrochemische Exergiewirkungsgrad als Vergleich zum Carnot-Faktor dargestellt. Beim Exergiewirkungsgrad ist zu beachten, dass es sich primär um den „chemisch-zu-elektrisch“ Wirkungsgrad, d.h. um den einer Brennstoffzelle handelt. Aus der Sicht der Brennstoffzelle führt eine Abnahme der Zellspannung zur Verringerung der elektrischen Leistung (Produkt aus Strom und Spannung) und somit zur Abnahme des Wirkungsgrades. Nicht jedoch bei der Elektrolyse, hier gerade wünscht man sich ja mit geringeren Zellspannungen Wasser zu zerlegen. Wirft man nun einen Blick auf Gl. 9 und ordnet den Term  $T\Delta S = Q$  einer externen solaren Wärmequelle zu, so sinkt konsequenter Weise der elektrische Energiebedarf für die Wasserzerlegung in dem Maße in dem sonst elektrische Energie für den  $T\Delta S$ -Term aufkommen müsste.  $\Delta H$  kann weitgehend als temperaturkonstant angenommen werden, siehe dazu Fig. 3.

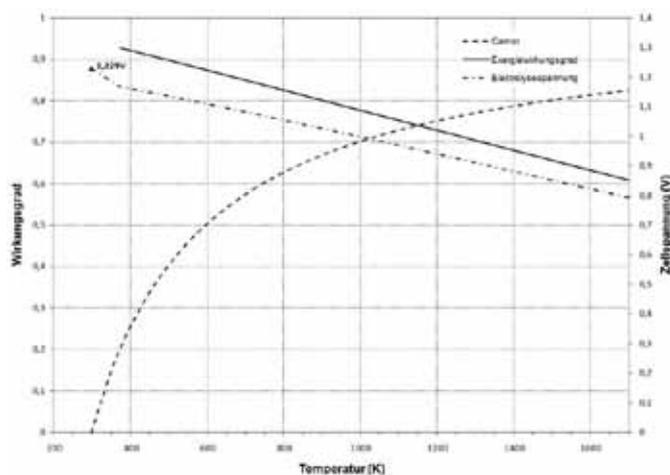


Fig. 6. Temperaturabhängigkeit der Elektrolysezellspannung

Trotz der vielversprechenden Eigenschaften der Hochtemperatur-Elektrolyse steht eine Marktdurchdringung noch aus. Die Gründe dafür lassen sich vornehmlich auf technologische und gesellschaftspolitische Hemmnisse zurückführen. Technologisch anspruchsvoll ist es, ein langzeitstabiles Material zu finden, das einen zuverlässigen Betrieb gewährleistet. Wird die elektrische Energie aus Photovoltaikzellen mit einem Wirkungsgrad von etwa 15% gewonnen, bleibt der Gesamtwirkungswirkungsgrad (trotz hoher Elektrolysewirkungsgrade) gering. Zu den gesellschaftspolitischen Faktoren gehört, dass eine flächendeckende Wasserstoffwirtschaft bis dato noch nicht etabliert ist.

Das Ziel dieses Beitrags war es, potentielle Verfahren zur solarchemischen Wasserstoffproduktion vorzustellen und auf Stärken und Schwächen dieser Technologien hinzuweisen. Abgerundet werden soll der Beitrag mit einem kurzen Ausblick auf ein neues Verfahren zur direkten solaren Wasserstoffproduktion. Es soll dem Leser jetzt noch nicht erschlossen werden, welche Zellarchitektur sich dahinter befindet, nur so viel, dass die Wasserzerlegung solarthermisch unterstützt, photo-elektrochemisch erfolgt. Aus seriösen Gründen werden zuvor die Ergebnisse aus den Grundlagenarbeiten, wie der Synthese des temperaturbeständigen photoaktiven Materials und der Herstellung und Analyse erster Testzellen abgewartet. Dieses Vorhaben wird wissenschaftlich und praktisch betreut von den Professoren K. Ponweiser (E 302), J. Fleig (E 164) und M. Haider (E 302).

Die bereits angelaufenen Grundlagenarbeiten zur thermisch unterstützten photo-elektrochemischen Wasserstoffproduktion betreffen die Identifikation der aussichtsreichsten photoaktiven Materialien. Das Augenmerk ist dabei auf die Stoffgruppe der Metalloxide gelegt, da diese neben der Temperaturbeständigkeit auch halbleitende Eigenschaften besitzen. Halbleiter zeichnen sich dadurch aus, dass sie – nach dem von ALBERT EINSTEIN (1879 – 1955) postulierten photoelektrischen Effekt – bei Absorption (In-sich-Aufnahmen) von elektromagnetischer Strahlung mit hinreichend kurzer Wellenlänge, z.B. sichtbarem Licht, Ladungsträger (Elektronen) freisetzen, die in weiterer Folge einen

Stromfluss bewirken. Charakteristisch für Halbleiter ist die Bindungsenergie eines Elektrons, die von einem absorbierten Photon (Lichtteilchen bzw. Lichtquant) mindestens überwunden werden muss, um dieses Elektron in den Zustand eines höheren Energieniveaus zu bringen, wo es schließlich als Leitungselektron (freibewegliches Elektron) dient. Die Energieschwelle zwischen Valenzband (Elektronen sind hier unbeweglich bzw. gebunden) und Leitungsband wird als Bandlücke, engl. band gap, bezeichnet. Die Bandlücke von Halbleitern wird üblicherweise in Elektronenvolt (eV) angegeben. Metalloxide, wie  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ , weisen Bandlücken zwischen  $\sim 2 \text{ eV} - 3,2 \text{ eV}$  auf. Dies bedeutet, dass für die Elektronenanregung hinreichend kurzwellige Photonenenergie (UV-nahe Strahlungsenergie) erforderlich ist.

Beim angedachten Konzept wird die Ausnutzung eines größeren Wellenlängenbereiches des sichtbaren Lichtes angestrebt. Die theoretische Untergrenze der Photonenenergie ist  $1,23 \text{ eV}$ . Diese Schwellenergie entspricht dem Wasserzerlegungspotential bei  $298\text{K}$  ( $= 25^\circ\text{C}$ ). Bei höheren Temperaturen erhöht sich die Ausnutzung der Strahlungsenergie zum langwelligeren Lichtspektrum hin, da das Wasserzerlegungspotential abnimmt. Dieses beträgt bei  $900^\circ\text{C}$  etwa  $0,96 \text{ eV}$ .

## Testzellen photoaktiven Materials

Das photochemische Verhalten wird an speziell ausgewählten Metalloxiden untersucht, die zuvor mit gezielter Zugabe von Fremdatomen, sogenanntem Dotieren, optimiert werden. Dadurch wird erreicht, dass die Bandlücke im Halbleiter abnimmt und somit ein größerer Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts zur Wasserstoffproduktion zur Verfügung steht. Das photoaktive Metalloxid wird dabei von einem Target auf einer Trägerschicht (Substrat) durch Laserablation (PLD) abgeschieden (Fig. 7). In einem weiteren Schritt erfolgt eine Strukturierung der abgeschiedenen Oberfläche zu einzelnen Punktelektroden. Bei höheren Temperaturen ( $500-900^\circ\text{C}$ ) wird schließlich das photoaktive Material auf das Potential zur photo-elektrochemischen

Wasserzerlegung untersucht (Fig. 8).

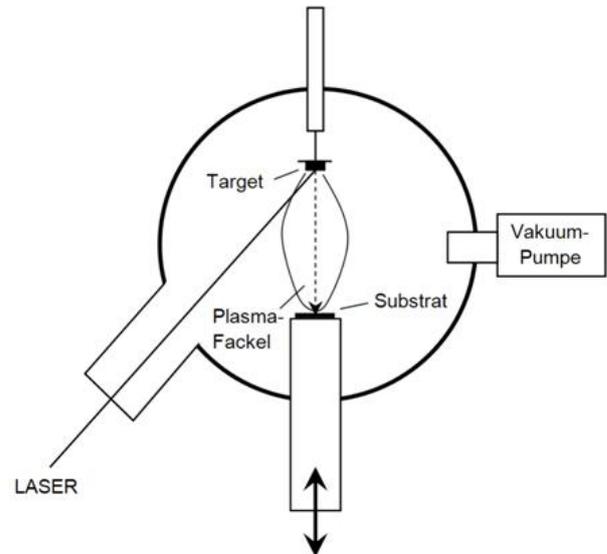


Fig. 7. Herstellen dünner Schichten mit Laserablation (Pulsed Laser Deposition, PLD)

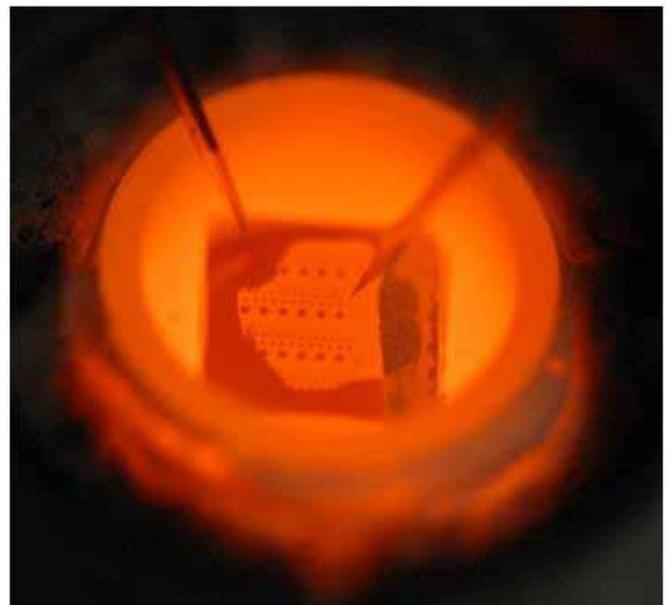


Fig. 8. Kontaktierte Mikroelektroden auf einem keramischen Heiztisch

## Literaturhinweise

- [1] Steinfeld A. Solar hydrogen production via two-step water-splitting thermochemical cycle based on  $\text{Zn}/\text{ZnO}$  redox reactions, *Int. J. Hydrogen Energy*, 2002;27:611-619.
- [2] Diver RB jr, Miller JE, Allendorf MD, Siegel NP, Hogan RE. Solar thermochemical water-splitting ferrite-cycle heat engines. *J Sol Energy Eng, ASME*, 2008;130:041001.
- [3] Abanades S, Flamant G. Thermochemical hydrogen production from a two-step solar-driven water-splitting cycle based on cerium oxides, *Solar Energy*, 2006;80:1611-1623.
- [4] Charvin P, Abanades S, Flamant G, Lemort F. Two-step water splitting thermochemical cycle based on iron oxide redox pair for hydrogen production. *Energy* 2007;32:1124-1133.
- [5] Brisse A, Schefold J, Zahid M. High temperature water electrolysis in solid oxide cells, *Int. J. Hydrogen Energy*, 2008;33:5375-5382.

## Matthias Swoboda

AG Wirbelschichtsysteme und Raffinerietechnik

Ich wurde 1982 in Wien geboren und lebe in der Nähe von Wien. Ich studiere seit dem Ende meiner Wehrpflicht im Jahr 2002 an der TU Wien. Nach einigen Semestern des Studiums Technische Physik fand ich schließlich zur Verfahrenstechnik, wo ich mich von Anfang an um einiges besser aufgehoben fühlte. Um einige Jahre und Erfahrungen reicher bin ich nunmehr seit 1. März als Diplomand Teil der Forschungsgruppe von Prof. Reichhold und beschäftige mich hier mit DI Peter Bielansky, DI Alexander Weinert und meinem langjährigen Studienkollegen Mark Berchtold mit dem Bereich des Fluid Catalytic Cracking – kurz FCC.

In meiner Freizeit beschäftige ich mich überwiegend mit meiner Leidenschaft Modellbau und Elektronik – insbesondere mit LED Beleuchtungssystemen und zugehörigen Schaltungen und Regelkreisen. Weiters bin ich ein erklärter



Fan der Sprache Englisch im Allgemeinen und Filmen und Literatur im englischen Original im Besonderen. Vor einiger Zeit habe ich begonnen, Kroatisch zu lernen und die Sprachen Spanisch und Französisch beherrsche ich als Nachwirkung meiner Schulzeit mehr schlecht als recht mit Händen und Füßen.

Grüße Matthias

## Mark Berchtold

AG Wirbelschichtsysteme und Raffinerietechnik

Ein herzliches Grüß Gott aus dem Ländle! Ich heiße Mark Berchtold, wurde 1981 geboren und bin in Götzis aufgewachsen. Nach meinem Abschluß am BORG und der erfüllten Pflicht als Präsenzdienster in Innsbruck habe ich mich dazu entschlossen, Chemie in Konstanz zu studieren, da die analoge Fotografie zu dieser Zeit eines meiner größten Hobbys war. Aufgrund meiner weiteren zahlreichen Hobbys im technischen Bereich habe ich mich dann 2003 entschlossen nach Wien zu wechseln und Verfahrenstechnik zu studieren. So konnte ich die Chemie mit der Technik verbinden und habe mich seither am Institut auch immer sehr wohl gefühlt. Seit 1. März unterstütze ich das Forschungsteam von Prof. Reichhold als Diplomand und beschäftige mich mit der FCC-Anlage im Technikumsbereich. Meine Entscheidung zu dieser Arbeitsgruppe beruht vor allem auf der sehr praxisorientierten Tä-



tigkeit hier und dem persönlichen Interesse zur Raffinerietechnik.

In meiner Freizeit bin ich sehr viel am Basteln und versuche auch so oft wie möglich in die Natur zu kommen. Zu meinen großen Leidenschaften gehören vor allem meine 2 Oldtimer (Mercedes S-Klasse, VW Campingbus) und meine antike Nähmaschinensammlung. Im Sommer bin ich oft mit meinem Kanu am alten Rhein anzutreffen oder bereise mit dem Campingbus Europa.

Liebe Grüße und auf eine gute Zusammenarbeit  
Mark

# Tino Lassmann

Arbeitsgruppe Prof. Friedl

Ich komme ursprünglich aus Hermagor, einer kleinen Stadt die es hauptsächlich aufgrund des Winter-Tourismus oder einer bekannten Person namens Armin Assinger zu österreichweiter Bekanntheit geschafft hat. Nach Abschluss meiner schulischen Ausbildung an der HTL für Maschinenbau in Klagenfurt habe ich mich dann dazu entschlossen, einen Wechsel vom Maschinenbau zur Verfahrenstechnik zu machen und somit einer der unzähligen Exilkärntner in Wien zu werden. Seit meiner Inskription sind schon einige Semester vergangen, viele Prüfungen absolviert und eines ist klar: Es war die richtige Wahl! Mit dem Ziel „Studium erfolgreich abschliessen“ vor Augen habe ich mir noch den Traum eines Auslandsaufenthaltes erfüllt und das Studienjahr 2009/10 als ERASMUS-Student in Lund (Schweden) verbracht. Neben dem Erlernen der schwedischen Sprache konnte ich (unter tatkräftiger Unterstützung von Herrn Prof. Friedl) bereits mit meiner Diplomarbeit beginnen. Diese handelt von der Bioethanol-Herstellung aus Stroh, die mittels AspenPlus simuliert wird.

Wenn ich nicht gerade irgendwo am Universitätsgelände unterwegs bin, kann man mich zu-



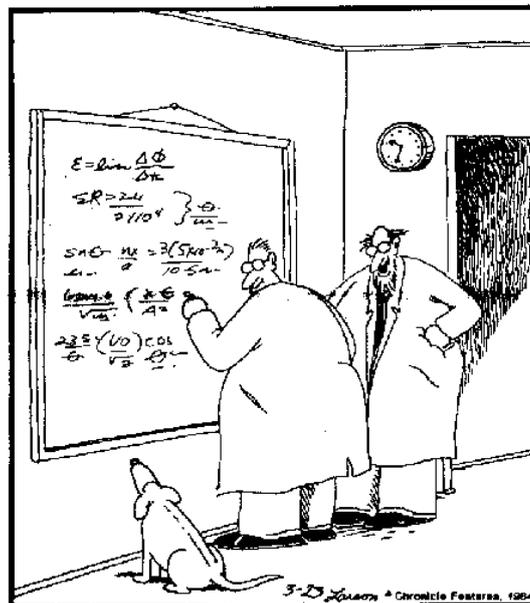
meist auf einer der vielen Eisflächen in Wien und Umgebung antreffen, da ich mich nicht nur als Hobby-Spieler dem Eishockeysport verschrieben habe sondern auch als Trainer einer Nachwuchsmannschaft tätig bin. Im Sommer halte ich es mit dem Freizeitprogramm doch eher klassisch: radfahren, laufen, klettern, wandern – alles was Spass macht und irgendwie mit frischer Luft zu tun hat.

Tack så jättemycket!

Tino

**THE FAR SIDE**

By GARY LARSON



“Ohhhhhh ... Look at that, Schuster ... Dogs are so cute when they try to comprehend quantum mechanics.”

~~Bei Unzustellbarkeit  
bitte retour an:  
Inst. f. Verfahrenstechnik  
z.H. Peter Bielansky  
Getreidemarkt 9/166  
1060 Wien~~

 **Post.at**

Bar freigemacht/Postage paid  
1043 Wien  
Österreich/Austria

Meisterbetrieb  
**478**  
Tel./FAX  
02734-78 78  
Fertigungstechnik  
und Montage  
512 Unterbergern 53

welding specialist

Fertigung, Aufbau, Änderung und Erweiterungen  
von verfahrenstechnischen Versuchsanlagen.

[www.versuchsanlage.at](http://www.versuchsanlage.at)

KONSTRUKTION

STAHL

FERTIGUNG

KUNSTSTOFF

MONTAGE

HOLZ

Ihr Partner für die Umsetzung Ihrer Ideen.

Mein seit 1997 bestehendes Unternehmen ist ein Metall & Kunststoffverarbeitender Handwerksbetrieb. Den Kern des Betriebes bildet die umfassend ausgestattete Werkstatt in der Nähe von Krems.



Die Fertigungspalette reicht vom Zuschnitt über Schweißarbeiten an diversen Stahlsorten, mechanischer Bearbeitung, bis hin zur Oberflächenbehandlung.

Jahrelange Erfahrung mit den Werkstoffen Stahl Kunststoff Holz oder Stein ermöglichen es unterschiedlichste Kombinationen und Verbindungen, insbesondere durch eingehen auf die Eigenschaften dieser Materialien, herzustellen.

Dabei sind der Größe der arbeiten kaum Grenzen gesetzt ein dichtes Netzwerk an Partnerbetrieben ermöglichen es flexibel auf Ihre Wünsche einzugehen.



Ich freue mich auf ein persönliches Gespräch.