

## Didaktisch rekonstruierte Materialwissenschaft:

Ein Lehr-Lern-Konzept zur Verknüpfung von Grundlagenforschung, Lehramtsstudium und Schule

Anna Donhauser

Didaktik der Physik, FAU Erlangen-Nürnberg, Staudtstraße 7, 91058 Erlangen  
anna.donhauser@fau.de

### Kurzfassung

Im Rahmen eines Schule-Hochschule-Projektes galt es Grundlagenforschung und Lehrplaninhalte zu vernetzen, um den wissenschaftlichen Nachwuchs für entsprechende Studiengänge zu begeistern. Dafür wurden Forschungsthemen des Exzellenzclusters EAM ("Engineering Of Advanced Materials") im Hinblick auf deren Bezug zu schulischen Inhalten aufgearbeitet. Für ein authentisches Erleben moderner Forschung bietet sich das Experimentieren im Schülerlabor an. Das Thema "Energie" verknüpft die einzelnen Experimente, die fundamentale Forschungsergebnisse erfahrbar machen. Von der selbst hergestellten organischen Solarzelle bis zur Charakterisierung am Sonnensimulator kann der materialwissenschaftliche Laboralltag nachempfunden werden. Die didaktische Aufbereitung mit dem Tablet-PC als Mess-, Informations- und Dokumentationsinstrument nutzt neue mediale Wege und bietet mit der Konzeption von Lehrvideos die Möglichkeit, die didaktische Ausbildung der Lehramtsstudierenden einzubinden. Diese Lernvideos visualisieren für das Verständnis notwendige, molekulare Prozesse und gewähren mit EAM-Forschern als Protagonisten einen Einblick in deren Laborarbeit. Der interdisziplinären Arbeitsweise des Clusters folgend gestaltet sich auch das Schülerlabor fächerübergreifend. Polymerbasierte Solarzellen und chemische Energiespeicher können nur verstanden werden, wenn Physik und Chemie gemeinsam entsprechende Funktionsweisen erklären.

### 1. Schülerlabor als Brücke zwischen Forschung und Schule

Gemeinsam mit dem materialwissenschaftlichen Exzellenzcluster „Engineering of Advanced Materials“ (EAM) konzipierte die Erlanger Physikdidaktik

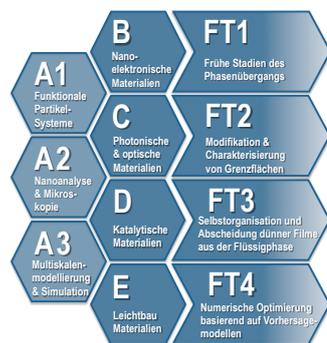
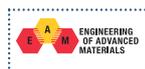


Abb. 1 Struktur und Forschungsschwerpunkte des materialwissenschaftlichen Exzellenzclusters EAM

ein Projekt zur Akquisition von Nachwuchswissenschaftlern und der öffentlichkeitswirksamen Präsentation von Ergebnissen der interdisziplinären Cluster-Arbeit.

Die Realisierung sollte im Rahmen eines Schülerlabors erfolgen. Dabei standen regenerative Energiesysteme als übergreifendes Thema im Fokus, da so inhaltlich viele Forschungsschwerpunkte des Exzellenzclusters abgedeckt wurden. Gleichzeitig lies sich mit diesem Thema gut an den schulischen Lehrplan anknüpfen, um damit den Laborbesuch trotz organisatorischem Mehraufwand für Lehrkräfte attraktiver zu gestalten.

### Struktur und Inhalte

Die im Schülerlabor experimentell umgesetzten Schwerpunkte der Grundlagenforschung des Exzellenzclusters lassen sich in drei Themengebiete gliedern, die in ihrer Anwendung auf den Bereich der Energietechnologie abzielen.

#### • *Funktionalisierte Oberflächen*

Nanostrukturierte Oberflächen finden vor allem in der Solarzellenforschung Anwendung. So sorgt beispielsweise poröses Titandioxid in Farbstoff-solarzellen für eine vergrößerte Oberfläche, an der viele photoaktive Farbstoffmoleküle haften können, während Zinkoxidpartikel als n-Leiter verschiedensten Solarzellentypen zu einem verbesserten Wirkungsgrad verhelfen.

- *Druckbare Elektronik*

Ob in industriellen Druckanlagen oder einem kleinen 3D-Drucker gefertigt – gedruckte Elektronik in Form von organischen, polymerbasierten Solarzellen lässt sich besonders gut didaktisch in experimenteller Form umsetzen.



Abb. 2 Gedruckte organische Photovoltaik

Sowohl die Herstellung der Solarzellen, als auch deren Charakterisierung sind in Anlehnung an gängige Methoden photovoltaischer Testlabore im Schülerlabor realisierbar.

- *Energiespeicher*

Die materialwissenschaftliche Forschung mündet aus verschiedenen Richtungen in das Schwerpunktthema der effizienten Speicherung von Energie aus regenerativen Energiesystemen.



Abb. 3 Anlage zu Beladung flüssiger Wasserstoffträger

Beispielsweise stellt sich die chemische Reaktionstechnik der Aufgabe, den zukunftsreichen Energiespeicher Wasserstoff mit einer möglichst hohen Speicherdichte an flüssige Wasserstoffträger zu binden.

So kann die Infrastruktur bestehender Kraftstoffsysteme für die Rückverstromung nach Entladung des Wasserstoffes durch Brennstoffzellen genutzt werden.

## 2. Mediale Vermittlung und Messsystem

Die Aufbereitung der zugrunde liegenden Fachwissenschaft erfolgte in Form von Lernvideos, die vor Ort an den jeweiligen Experimentierstationen abrufbar sind.

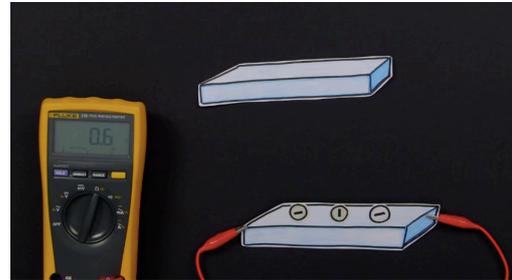


Abb. 4 Ausschnitte aus dem Lernvideo zur Funktionsweise farbstoffsensibilisierter Solarzellen

Diese Lernvideos erklären Grundlagen und leiten die Experimente schrittweise an.

Dabei gewähren sie einen authentischen Einblick in den Forschungsalltag des EAM, dessen Mitarbeiter als Protagonisten durch das Video führen.

Zusätzlich dienen die Tablets mit Interfaces und verschiedenen Sensoren des drahtlosen Datenerfassungssystems von *Pasco* [1] der Ermittlung, Dokumentation und Darstellung von Messwerten. Entsprechend der angestrebten Verständnisebenen und dem geforderten Grad an Experimentierkompetenz können die Messprozesse voreingestellt in die anleitenden Experimentierbeschreibungen integriert oder die schülereigene Dimensionierung gesuchter Parameter erfragt werden.

Um das EAM-Schülerlabor Physik für möglichst viele Altersstufen und deren kognitive und lehrplanbezogene Lernvoraussetzungen zugänglich zu machen, sind die einzelnen Experimente auf verschiedenen Verständnisebenen durchführbar.

Während Schüler der Jahrgangsstufen 5-8 die Solarzelle als Energiewandler experimentell kennenlernen, können Schulklassen der 9. Jahrgangsstufe einzelne Prozesse in der organischen Solarzelle nachvollziehen und sie entsprechend quantitativ charakterisieren.

Diese Charakterisierung verschiedener Solarzellen ist eine von 15 Experimentierstationen des EAM-

Schülerlabors Physik, auf die nachfolgend exemplarisch eingegangen werden soll.

### 3. Experimente im materialwissenschaftlichen Schülerlabor

Die Erforschung von Solarzellen unterschiedlicher Generationen, die sich in Material und Architektur grundlegend unterscheiden, begründet sich im ständigen Streben nach Materialersparnis, nachhaltiger Produktion und Steigerung des Wirkungsgrades.

Entsprechend hat jeder Zelltyp ein charakteristisches Leistungsverhalten, mit dem er sich für unterschiedliche Anwendungsbereiche qualifiziert.

Diese verschiedenen Solarzellen-Generationen, ihre Chancen und Entwicklungspotentiale können im Schülerlabor experimentell erschlossen werden. Angefangen bei den bekannten Vertretern der kristallinen, Silizium-basierten Generation bis hin zur organischen Solarzelle können die einzelnen Typen beispielsweise bezüglich des Einflusses von Einfallswinkel, Temperatur, Teilbeschattung oder spektraler Empfindlichkeit getestet werden.

#### 3.1 Herstellung und Charakterisierung von Solarzellen

Die neuartige Technologie organischer Solarzellen und deren Herstellung auf flexiblen Trägermaterialien durch große Druckanlagen sind Kernthemen der materialwissenschaftlichen Forschungsarbeit im Exzellenzcluster EAM. Funktionstüchtige und von SchülerInnen herstellbare Zellarchitekturen finden sich bereits in [2] und mussten für eine authentische Repräsentation der Clusterforschung bezüglich der verwendeten Materialien angepasst und erprobt werden.

Dabei konnte eine Zellstruktur gefunden werden, deren photoaktives Donor-Akzeptor-System auf Basis pflanzlicher Lösungsmittel für eine funktionsfähige Solarzelle sorgt.



Abb. 5 Organische Solarzellen auf leitfähigen Glasträgern, beschichtet durch Spin-Coating

Neben der Verwendung gesundheitlich unbedenklicher Materialien galt es, die Solarzellen so zu konzi-

pieren, dass deren Leistungsverhalten auch im Low-Cost-Solarsimulator (Abbildung 6) messbar wird. Der Solarsimulator des EAM-Schülerlabors bietet in Anlehnung an Testlaboratorien für das Leistungsverhalten von Solarzellen verschiedene experimentelle Aufbauten. Das spektrale Absorptionsverhalten kann hier ebenso untersucht werden wie die Rolle der Beschattung.

Analog zu professionellen Geräten der Solarzellenforschung bildet eine Xenon-Kurzbogenlampe die Lichtquelle der Low-Cost-Version des Solarsimulators und berücksichtigt mit einem AM 1.5-Filter (*AirMass-Filter*) atmosphärische und standortbedingte Einflüsse auf das an der Solarzelle ankommende Spektrum der Sonne.

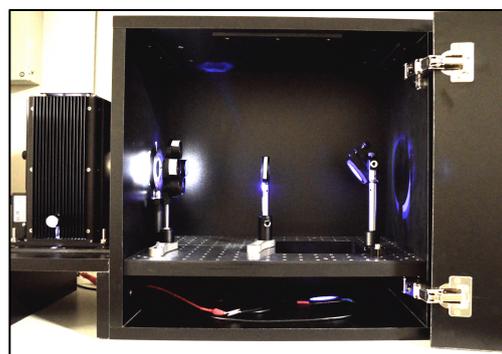


Abb. 6 Solarsimulator des EAM-Schülerlabors zur Charakterisierung von Solarzellen

#### 3.2 Energieträger Wasserstoff

Im Zusammenhang mit neuartigen und gängigen Technologien regenerativer Energiesysteme muss die Herausforderung deren fluktuierender Bereitstellung von Energie thematisiert werden. Unmittelbar daraus folgt die Fragestellung, wie diese Energie so zwischengespeichert werden kann, dass Diskrepanzen zwischen Angebot und Nachfrage ausgeglichen werden können.

Um die Wasserstofftechnologie für alltägliche Anwendungen nutzbar zu machen, ist die Rückverstromung mittels Brennstoffzellen unumgänglich.

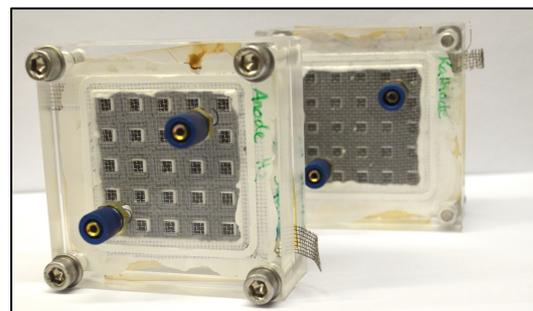
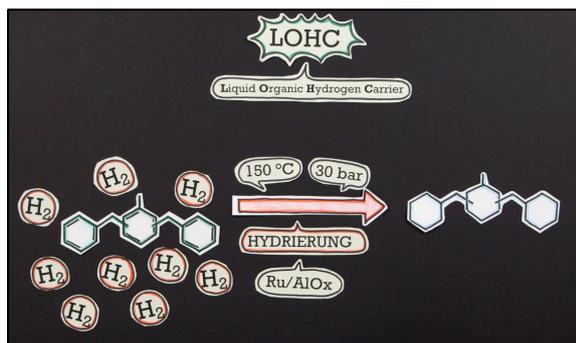


Abb. 7 Reversible PEM-Brennstoffzellen aus studentischem Eigenbau

Die Funktionsweise von Brennstoffzellen und die Rolle eines Elektrolyseurs können im Schülerlabor kennengelernt werden. Die Schwierigkeit einer geeigneten Lastanbindung konfrontiert und sensibilisiert die SchülerInnen dabei für Wirkungsgradbilanzen und Dimensionierungen energetischer Größenordnungen.

Die elektrolytische Gewinnung von Wasserstoff führt direkt zur Fragestellung der effizienten Speicherung dieses energetischen Zwischenspeichers und die junge Technologie der flüssigen Wasserstoffträger.



**Abb. 8** Ausschnitt des Lernvideos zum Thema "Wasserstofftechnologie": schematische Darstellung zur Beladung flüssiger Wasserstoffträger

Während die Beladung des flüssigen Trägermaterials unter hohen Druckverhältnissen erfolgt, kann der Entladungsprozess und die Freisetzung von Wasser-

stoff gefahrenlos im Schülerlabor demonstriert werden.

#### 4. Lehr- und Lernvideos als praktische didaktische Rekonstruktion

Die Ausarbeitung der Drehbücher für die anleitenden Lernvideos der einzelnen Experimentierstationen fordert einige didaktische Kompetenzen: eine Reflexion von physikalisch korrekter Sprachlichkeit, die synchrone Erklärung physikalischer Zusammenhänge auf bildlicher und sprachlicher Ebene und die vom kognitiven Lernstand und Alter des zuschauenden Schülers abhängigen Nachvollziehbarkeit der verfilmten Lerninhalte.

Die didaktische Rekonstruktion von Fachwissenschaft findet im Schreiben und Verfilmen von Drehbüchern für physikalische Lernsequenzen damit eine praktische Umsetzung.

Aus dieser Erkenntnis heraus entstand die Idee, Lehramtsstudierenden des Fachbereichs Physik im Rahmen einer Lehrveranstaltung durch Konzeption und Dreh von Lehrvideos die Gelegenheit zur praktischen didaktischen Rekonstruktion zu geben. Diese Lehrveranstaltung soll im Wintersemester 2016/2017 an der Universität Erlangen – Nürnberg angeboten werden.

#### 5. Literatur

- [1] <https://www.pasco.com>
- [2] M. Zepp, M.W. Tausch, Organische Photovoltaik, Praxis der Naturwissenschaften-ChiS 1/64, 2015