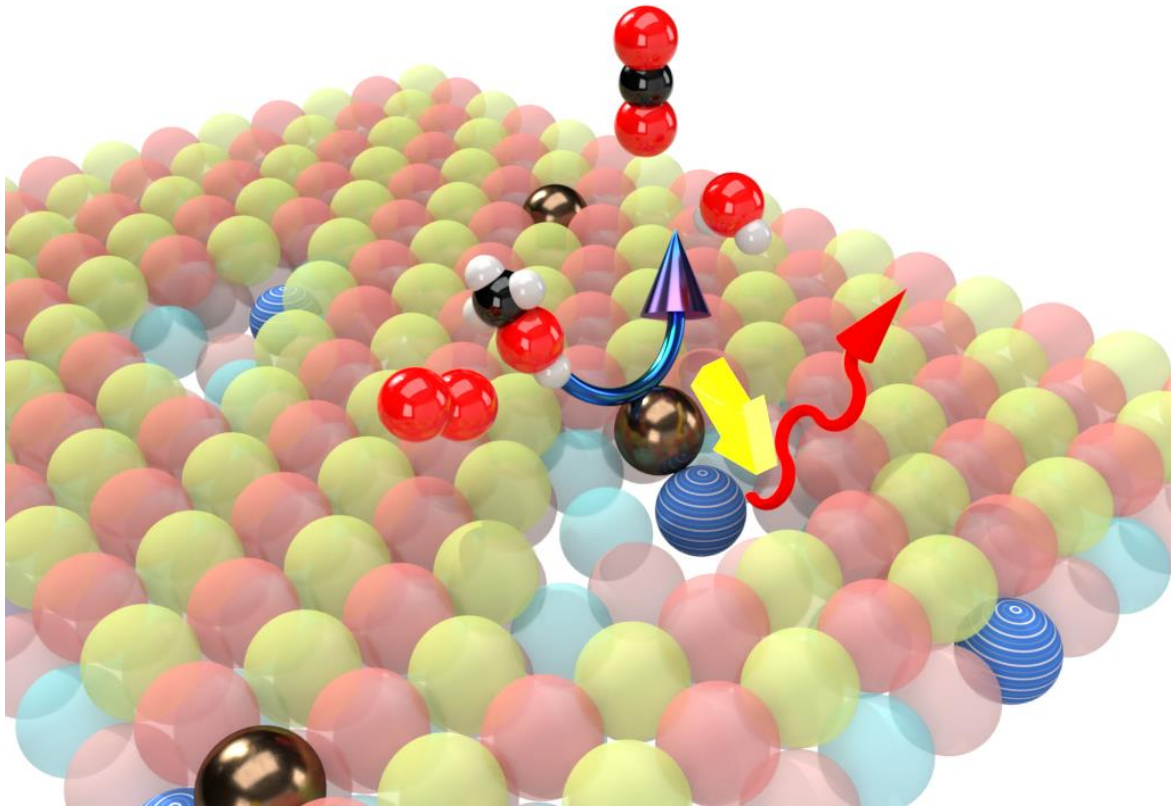


Energy Harvesting mittels Katalumineszenz – Wie aus Methanol Licht wird



Rasante technologische Entwicklungen im Bereich mobiler Elektrogeräte führen zu einem erhöhten Bedarf an dezentraler Energieversorgung. Jana Niggli legte in ihrer Studienarbeit den Grundstein für ein «Energy Harvesting» mittels Katalumineszenz. Dabei wird Methanol über eigens entwickelte keramische Materialien katalytisch zersetzt und in Licht umgewandelt.

Energy Harvesting mittels Katalumineszenz – Wie aus Methanol Licht wird

Methanol - von der Destilliererei eigentlich bekannt als giftiger Blindmacher - gilt in der Umweltbranche als vielversprechender Energieträger für die Zukunft. Es ist bei Raumtemperatur flüssig, besitzt eine hohe Energiedichte und kann zu 100% aus nachwachsenden Rohstoffen produziert werden. Bereits heute wird Methanol (CH₃OH) direkt oder in Form von Sekundärprodukten als Treibstoffadditiv für Verbrennungsmotoren verwendet. Analog zu Wasserstoff und Erdgas kann es als echtes Brennstoffmultitalent in einer Direktmethanolzelle (DMFC) in elektrischen Strom umgewandelt werden. Die gespeicherte Energie kann somit nicht nur über einen Verbrennungsprozess freigesetzt werden.

Katalumineszenz

In ihrer Semesterarbeit setzte sich Jana Niggli mit einer neuen Art der Methanol-basierten Energiefreisetzung auseinander – der *Katalumineszenz*. Die Idee ist die im Methanol gespeicherte Energie bei der Verbrennung in Licht anstelle von Wärme umzuwandeln. Wichtig dabei: Das ausgestrahlte Licht soll eine bestimmte Energie und damit Wellenlänge besitzen und somit selektiv und massgeschneidert sein. Man könnte es dann über eine Solarzelle in elektrischen Strom umwandeln – effizienter als bei Sonnenlicht. Würde man das Methanol einfach als Flamme abbrennen, erhält man das typische Emissionsspektrum einer Flamme, ein sogenannter Schwarzkörperstrahler. Dieses Licht hat keine spezifische Wellenlänge, zeigt ein breites Lichtspektrum und hängt im Wesentlichen von der Flammentemperatur ab. Auch dieses könnte mittels Solarzellen in Strom umgewandelt werden, der Unterschied besteht jedoch darin, dass nur ein Bruchteil des emittierten Lichts genug Energie besitzt, um in elektrischen Strom umgewandelt zu werden – die Verluste wären somit viel grösser. Mittels Katalumineszenz soll also eine «Konzentration der Wellenlängen» geschaffen werden, welches die Verbrennungsenergie des Methanols kontrolliert emittiert. Der Name setzt sich dabei aus den Bestandteilen "Katalyse" und "Lumineszenz" zusammen und deutet an, dass es bei der katalytischen Zersetzung des Methanols zum Leuchten kommt.

Herstellung eines geeigneten Katalysators

Ein wesentlicher Bestandteil der Arbeit war es einen Katalysator herzustellen, der die Methanol-Oxidierung (1) ermöglicht.



Zusätzlich musste das Material so angepasst werden, dass es Leuchtzentren (Fluorophore) besitzt über die die freiwerdende Energie in Licht umgewandelt werden kann.

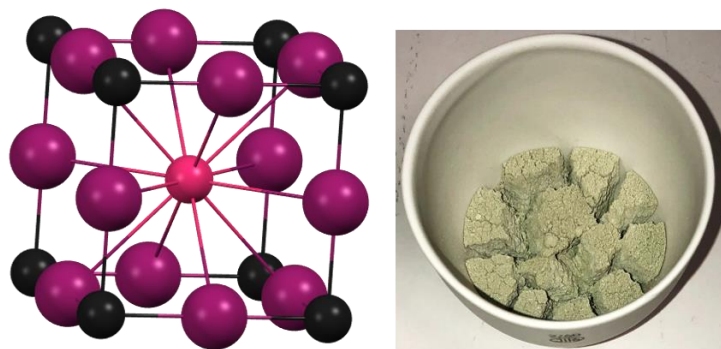


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Perowskit-Struktur und synthetisierter Katalysator

Sogenannte Perowskit-Materialien sollten den Ansprüchen gerecht werden (Abbildung 1). Aus kristallographischer Sicht sind diese sehr tolerant gegenüber dem Einbringen vieler verschiedener funktionaler Fremdatome in das Gitter und behalten dabei ihre definierte Struktur, aber verändern ihre Leistung – das ist wichtig, wenn man einen besseren Katalysator oder höhere Prozesseffizienz erreichen möchte. Der Nachweis erfolgreicher Synthesen konnte mittels Röntgendiffraktometrie (XRD) erbracht werden. Hierbei zeigte sich, dass es nicht nur auf die genaue Elementzusammensetzung, sondern auch auf die Prozessbedingungen ankommt: Nur ein sehr enges Temperaturfenster bei 650°C liefert das gewünschte Produkt, wohingegen bei einer Temperaturbehandlung bei 750°C unerwünschte Nebenphasen auftreten. Als Fluorophor dient das Element Erbium, der Katalysator wird durch Kupferpartikel auf der Oberfläche des Perowskit gebildet. Das Perowskit selbst besteht aus

einem Lanthan-Strontium-Titanat (LST). Das Kupfer liegt im Perowskit als Oxid vor, da dieses keine katalytische Aktivität besitzt muss das Material in einem Wasserstoffstrom reduziert werden. Dieser Prozess kann in einer Temperatur-Programmierten-Reduktion (TPR) genau analysiert werden. Der Verbrauch an Wasserstoff in Abhängigkeit von der Proben temperatur liefert die optimalen Prozessbedingungen. Für die Kupfer-haltigen LST-Materialien ergab sich für diese eine Mindesttemperatur von 200°C für die Bildung von elementarem Kupfer. Dies konnte man auch an einem Farbumschlag von gelblich-grün nach gräulich erkennen.

Material mit Katalumineszenz-Aktivität

Im weiteren Verlauf der Arbeit konnten die charakterisierten Materialien auf ihre Tauglichkeit bezüglich der Katalumineszenz untersucht werden. Dies geschah beim externen Forschungspartner Prof. Dr. A. Borgschulte. Abbildung 2 zeigt die Reaktionskammer in der das Methanol, gelöst in einem Trägergas, über das Material geleitet wird. Durch das extra eingebrachte Fenster kann man das Leuchten des Materials erkennen und auch analysieren. Emissionsmessungen haben ergeben, dass es tatsächlich zu einer selektiven Emission kommen kann. Im Anschluss an die Arbeit konnte eine Abhängigkeit der Emission vom Verhältnis $\text{CH}_3\text{OH} : \text{O}_2$ bestimmt werden. Oxidierende Bedingungen führen zu einer Passivierung des Katalysators, Reduktive Bedingungen erwecken ihn wieder zum Leben.

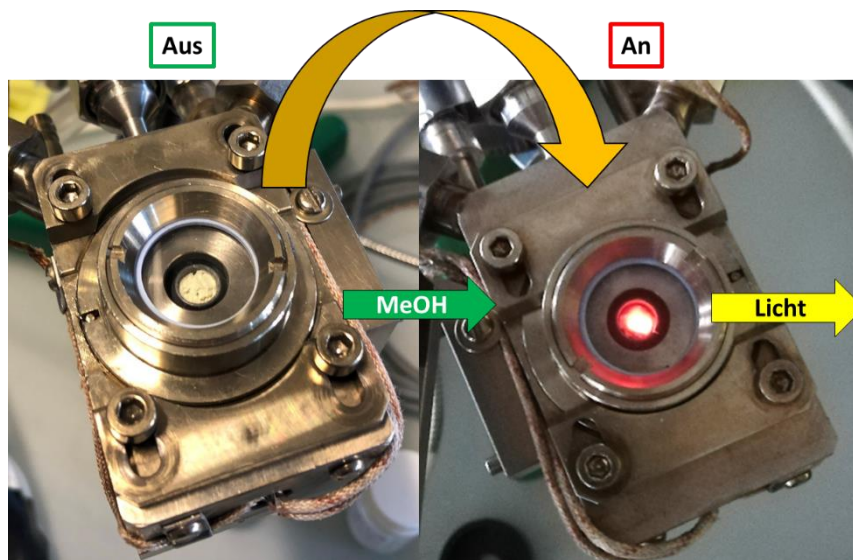


Abbildung 2: Reaktionszelle im Ruhemodus und unter Katalumineszenz-Bedingungen.

Zusammenfassend konnte neben vielen synthetisierten und charakterisierten Proben das Projektziel im Rahmen der Studienarbeit erreicht werden: Ein funktionierendes Material mit Katalumineszenz-Aktivität. Die eigens angefertigte und optimierte Zusammensetzung wird derzeit auf Herz und Nieren geprüft. Erste Ergebnisse sind bereits bei einem hochrangigen wissenschaftlichen Journal eingereicht. Zusätzlich ist eine weitere und ausgedehntere Zusammenarbeit geplant um das Projekt fortzuführen, um neuartige Energy Harvesting Systeme oder Sensoren zu entwickeln.

Autoren:



Prof. Dr. Andre Heel



Dr. Bastian Welte



Jana Niggli