

# Kapitel 1

## Einleitung

Die Energie der Sonne, die seit mehr als 5 Mrd. Jahren in Form von partikulärer Strahlung ( $\alpha$ -,  $\beta$ -Strahlung) und elektromagnetischer Strahlung (Gamma-, UV-, Vis- und IR-Strahlung) auf die Erde trifft, ist nicht nur die Triebkraft des Klimas, des Wind- und des Wasserkreislaufs auf der Erde, sie ist auch der Ursprung des biologischen Lebens und der Artenvielfalt auf unserem Planeten. Neben einer Versorgung mit Wärme verdanken wir der Sonne auch die Sicherstellung unserer Versorgung mit Nahrungsmitteln pflanzlichen und tierischen Ursprungs. Die von der Sonne jährlich auf die Erde abgestrahlte Energie ist mit ca.  $2,3 \cdot 10^{24}$  J (vegetative Erdoberfläche) so groß, dass sie nicht nur die zuvor erwähnten menschlichen Grundbedürfnisse decken kann, sondern ebenso die neuzeitlich hinzugekommenen Versorgungsansprüche, wie z.B. Elektrizität, Wärme- und Transportenergie. So betrug der weltweite Primärenergieverbrauch, in dem die Gesamt-Energieverbräuche der einzelnen Länder zusammengefasst sind, im Jahr 2004 „nur“  $463 \cdot 10^{18}$  J. Um diese natürliche Energie-Ressource nutzen zu können, sind eine Weiterentwicklung und ein konsequenter Ausbau solarer Energietechnik in Form von Photovoltaikanlagen, Wind-, Wasser-, Gezeiten- und Wellenkraftwerken nötig. Als Fernziel ist der Einsatz von technischen photoelektrochemischen Zellen für eine solar-gestützte Synthese von Chemikalien und Brennstoffen zu sehen. Dies käme einer technischen Photosynthese gleich und würde zu einer Entkopplung der derzeitigen Abhängigkeit von fossilen Kohlenstoffquellen für die Energiebereitstellung und die kohle- bzw. erdölverarbeitende Industrie führen.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer neuartigen photoelektrochemischen Solarzelle für eine photogestützte Synthese des erneuerbaren Sekundär-Energieträgers Wasserstoff aus wässrigen Lösungen. Das Konzept selbst beruht auf der Verknüpfung eines photokatalytisch aktiven Halbleiters mit einer  $Cu(In, Ga)Se_2$ -Solarzelle zu einer photoelektrochemisch aktiven Membran, die in der Lage ist, Energie in Form von Licht für eine photogestützte Redoxreaktion zu nutzen und dabei Protonen zum speicherbaren chemischen Energieträger Wasserstoff zu reduzieren.

In den ersten Kapiteln dieser Arbeit wird zunächst auf die Begriffe Energie und Energieträger eingegangen, die Nutzung der solaren Energie in der Natur durch die Photosynthese als Vorbild vorgestellt und ein Abriss über die Forschung an verschiedene Photokatalysator-Stoffklassen und photoelektrochemischen Zell-Konzepten zur Wasserstoffherzeugung gegeben. Das

---

Kapitel 3 vermittelt die für das Verständnis der heterogenen Photokatalyse wichtigen theoretischen Grundlagen zur atomaren und elektronischen Struktur von Halbleitern. Auf die in dieser Arbeit angewendeten Untersuchungs- und Charakterisierungsmethoden wird in Kapitel 4 näher eingegangen. In Kapitel 5 und 6 sind die experimentellen Arbeiten zur Herstellung und Charakterisierung der im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Photokatalysatoren beschrieben und es werden ferner drei Konzepte vorgestellt, wie eine  $Cu(In, Ga)Se_2$ -Solarzelle soweit vor einer Korrosion geschützt werden kann, dass sie auch in stark sauren, wässrigen Elektrolyten arbeitsfähig ist. Das Kapitel 7 beschreibt, wie die beiden Komponenten Photoelektrode und  $Cu(In, Ga)Se_2$ -Dünnschicht-Solarzelle technisch zusammengeführt wurden, und es stellt die experimentellen Ergebnisse der UV-Vis-Licht gestützten Wasserstoffentwicklung durch die photoelektrochemischen Membranen vor. Dem Kapitel 8 ist eine Zusammenfassung der Arbeit sowie ein Ausblick vorbehalten.