

Einleitung

In Zeiten steigender Ölpreise, eines sich beschleunigenden Klimawandels und wachsenden Energieverbrauchs bedarf die Suche nach Alternativen zur Energieversorgung mit fossilen Brennstoffen keiner langen Rechtfertigung. Bei einer täglichen Sonneneinstrahlung auf der Erde, die den Weltjahresenergiebedarf von ca. $4 \cdot 10^{20} \text{ J}$ bei weitem übertrifft [WBGU04], erscheint die Nutzung der Sonnenenergie durch Photovoltaik als ein möglicher Beitrag zu einer nachhaltigeren Energienutzung. Das größte Hindernis auf diesem Weg waren bisher die hohen Kosten dieser Technologie.

Ziel der Forschung an organischen Solarzellen ist es, eine kostengünstige Alternative zu herkömmlichen anorganischen Solarzellen zu entwickeln. Organische Materialien bieten dafür gute Voraussetzungen: Sehr hohe Absorptionskoeffizienten (ca. 10^5 cm^{-1}) im Vergleich zu kristallinem Silizium, das in der etablierten Technik vorwiegend verwendet wird, lassen geringe Schichtdicken um 100 nm zu, so dass der Materialverbrauch außerordentlich gering bleibt (ca. 1 kg organisches Material pro MW photovoltaisches System). Anders als Siliziumsolarzellen können organische Materialien auf leichte, flexible Substrate in kontinuierlichen Prozessen (Rolle-zu-Rolle-Verfahren) aufgebracht werden. Schließlich ermöglichen es die Methoden der organischen Chemie, Materialeigenschaften für die Erfordernisse von Solarzellen maßzuschneidern.

Die größten Herausforderungen auf dem Gebiet organischer Solarzellen sind eine Steigerung des Wirkungsgrades auf wettbewerbsfähige Werte um 10% sowie die Stabilität. Für organische Leuchtdioden, die auf dem Gebiet der organischen Elektronik eine Vorreiterrolle einnehmen, konnte das Stabilitätsproblem mittlerweile so weitgehend gelöst werden, dass erste Anwendungen auf dem Markt sind. Den Wirkungsgrad von organischen Solarzellen betreffend wurden in den letzten zehn Jahren große Fortschritte gemacht, die zu einer Zunahme der Effizienz von 1% [Tang86] auf 5% [Brabec04, Xue05] im Labormaßstab geführt haben. Allerdings reicht das vor allem auf empirischer Basis gewonnene Wissen über organische Solarzellen für ein umfassendes physikalisches Verständnis dieser Bauelemente nicht aus.

Die vorliegende Arbeit widmet sich der Untersuchung von organischen Solarzellen auf Basis von Phthalocyanin (ZnPhthalocyanin oder CuPhthalocyanin) und C_{60} . Dies sind so genannte kleine Moleküle, die sich in Abgrenzung zu den makroskopischen Molekülen von Polymeren durch Molekulargewichte $\leq 1000 \text{ amu}$ auszeichnen. Die Materialkombination aus Phthalocyanin und C_{60} hat sich in den letzten Jahren als besonders viel versprechend erwiesen [Peumans01]. Solarzellen aus Phthalocyanin und C_{60} erreichen unter den organischen Solarzellen die höchsten Wirkungsgrade [Xue05]. Der grundlegende Aufbau dieser Solarzellen umfasst eine transparente Indium-Zinnoxid (ITO)-Elektrode, die für die Sammlung der photoerzeugten Löcher zuständig ist, die photoaktive Schicht aus Phthalocyanin als Elektronen-Donator und C_{60} als Elektronen-Akzeptor sowie eine Aluminium-Elektrode zur Sammlung der Elektronen.

Thema der vorliegenden Dissertation sind die Grenzflächen in Phthalocyanin- C_{60} -Solarzellen, denen aufgrund der geringen Schichtdicken von maximal 100 nm eine besonders hohe Bedeutung zukommt. Es werden Präparationsverfahren vorgestellt, die es ermöglichen, die Eigenschaften der Grenzflächen gezielt zu modifizieren, um sie auf die Anforderungen von effizienten Solarzellen hin zu entwickeln. Untersucht werden die Grenzfläche zwischen der transparenten Indium-Zinnoxid

(ITO)-Elektrode und der Phthalocyanin-Schicht, die Grenzfläche zwischen Phthalocyanin und C₆₀ sowie die C₆₀-Aluminium-Grenzfläche.

Kapitel I widmet sich den Grundlagen und Messmethoden der vorliegenden Arbeit. Schwerpunkte sind eine kurze Einführung in das Gebiet der organischen Halbleiter sowie ein Abschnitt zur Photoelektronenspektroskopie.

Kapitel II behandelt die ITO-Phthalocyanin-Grenzfläche. Diese ist in der Solarzelle für den Transport von Löchern aus dem Donator Phthalocyanin in die ITO-Elektrode verantwortlich. Es ist also wünschenswert, die ITO-Elektrode elektronisch an das Phthalocyanin anzupassen und eine defektfreie ITO-Oberfläche zu gewährleisten. Zu diesem Zweck werden verschiedene Säurebehandlungen der ITO-Elektrode erstmals auf organische Solarzellen angewandt und untersucht.

Kapitel III beinhaltet die Ergebnisse von Untersuchungen zu der Phthalocyanin-C₆₀-Grenzfläche, die in Solarzellen für die Trennung von Exzitonen verantwortlich ist. An Solarzellen wird der Einfluss der Morphologie auf die Solarzellenparameter aufgezeigt.

In **Kapitel IV** wird der Einfluss und die Funktion einer Pufferschicht an der C₆₀-Aluminium-Elektroden-Grenzfläche diskutiert. Zunächst geben Untersuchungen Aufschluss über die Rekombination von Exzitonen an dieser Grenzfläche. Schließlich werden die Transporteigenschaften der Grenzfläche in Bezug auf Elektronen analysiert.

Am Ende der Arbeit steht mit dem Kapitel **Zusammenfassung und Ausblick** eine kurze Darstellung der wichtigsten Ergebnisse und ein Ausblick auf die weitere Forschung.