

Dr. Wolfgang Guter

**Neuartige Solarzellen aus dem Weltall erobern die Erde**  
Metamorphe Konzentrator-Mehrfachsolarzellen mit Wirkungsgraden über 41 Prozent

Der vorliegende Beitrag wurde beim Deutschen Studienpreis 2011 mit einem 2. Preis in der Sektion Natur- und Technikwissenschaften ausgezeichnet. Er beruht auf der 2010 an der Universität Konstanz eingereichten Dissertation »Optimierung von III-V-basierten Hochleistungssolarzellen« von Dr. Wolfgang Guter.

## **Neuartige Solarzellen aus dem Weltall erobern die Erde**

### **Metamorphe Konzentrator-Mehrfachsolarzellen mit Wirkungsgraden über 41 Prozent**

Dr. Wolfgang Guter

Der Energiehunger der Welt steigt mit der Weltbevölkerung und zunehmender Industrialisierung stetig an und beträgt inzwischen rund 500 Exajoule pro Jahr. Diese ungeheure Menge an Energie wird heutzutage vorwiegend aus fossilen Brennstoffen, wie Erdöl, Erdgas und Kohle, oder durch Kernspaltung gewonnen. Regenerative Energiequellen, wie Wasserkraft, Geothermie, Windenergie oder Solarenergie, spielen noch immer eine kleinere Rolle. Allerdings stellt wohl gerade die umweltschonende und sichere Bereitstellung von Energie zu ökonomisch verträglichen Kosten die Menschheit vor eine der wichtigsten und größten Herausforderungen für ihre Zukunft.

Erneuerbare Energien ermöglichen im Vergleich zu fossilen Rohstoffen oder nuklearem Brennmaterial eine nachhaltige, klimafreundliche Energieversorgung und sind außerdem nahezu unbegrenzt vorhanden. Insbesondere die Sonne stellt auf der Erde mehr als den 7000-fachen Weltenergiebedarf zur Verfügung. Genau das macht die Nutzung des Sonnenlichts als Energieform so interessant. Zudem kann Solarenergie direkt in Deutschland und Europa bereitgestellt werden, wodurch die gesellschaftliche und politische Abhängigkeit Europas von Energieimporten aus anderen Ländern sinkt.

Der größte Anteil an Solarenergie wird heute durch auf Silizium basierende Solarzellen bereitgestellt. Die Massenproduktion dieser Solarzellen und ein stark reduzierter Einsatz von Silizium ermöglichte in den letzten Jahren eine erhebliche Senkung der Kosten für Elektrizität aus Sonnenenergie. Die Energiekosten werden jedoch auch stark durch den Wirkungsgrad der Solarzellentechnologie mitbestimmt. Es ist also entscheidend, dass aus einer bestimmten Menge Sonnenlicht ein möglichst großer Anteil in elektrische Energie umgewandelt wird. Das grundlegende physikalische Limit für den Wirkungsgrad dieser Energiekonversion von etwa 86 Prozent ergibt sich aus thermodynamischen Überlegungen. Herkömmliche Silizium-Flachmodule, die auf zahlreichen Dächern und in Solarparks zu finden sind, erreichen heute maximal Wirkungsgrade von 15 bis 20 Prozent. Das liegt daran, dass konventionelle Solarzellen überhaupt nur jenen bestimmten Teil des Sonnenspektrums nutzen können, der in der Solarzelle auch absorbiert wird. Außerdem wird vom absorbierten Teil dann auch wieder nur ein relativ kleiner Teil sehr effizient genutzt. Ein großer Teil der aufgenommenen Sonnenenergie geht durch Wärme wieder verloren. Im Labor wurden mit Silizium-Solarzellen immerhin Wirkungsgrade von rund 27 Prozent erreicht. Da die beiden beschriebenen Verlustmechanismen direkt mit der Funktion einer Solarzelle verknüpft sind, ist eine merkliche Steigerung der Effizienz mit dieser nahezu ausgereiften Technologie

kaum mehr zu erwarten. Bei konventionellen Solarzellen wird deshalb vor allem auf die weitere Reduktion der Produktionskosten gesetzt, um die Stromgestehungskosten zu senken. Um den Wirkungsgrad der Solarzelle deutlich zu steigern, werden allerdings neuartige Solarzellenkonzepte benötigt.

Während meiner Dissertation am Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) und an der Universität Konstanz habe ich mich erfolgreich mit der Entwicklung genau solcher neuartiger und hocheffizienter Solarzellenkonzepte beschäftigt. Das Fraunhofer ISE ist Europas größtes Solarforschungsinstitut und untersucht von den naturwissenschaftlichen Grundlagen bis zur Erstellung von Prototypen ein sehr breites Spektrum der Solarenergienutzung. Seit rund 20 Jahren werden am ISE auch Solarzellen aus sogenannten III-V-Halbleitern, wie beispielsweise Galliumarsenid, entwickelt. In den letzten Jahren wurde der Schwerpunkt dann insbesondere auf sogenannte Mehrfachsolarezellen gelegt. Im Jahr 2009 ist es mit einer solchen Mehrfachsolarezelle im Rahmen meiner Arbeit schließlich weltweit erstmals gelungen, einen Wirkungsgrad von 41,1 Prozent zu erzielen. Das war bis dato weltweit der höchste gemessene Wert für die Umwandlung von Sonnenlicht in Elektrizität.

Die Mehrfachsolarezelle ist das heute erfolgreichste Konzept zur Steigerung des Solarzellenwirkungsgrads auf über 30 Prozent. Bei diesem Konzept wird das einfallende Sonnenlicht auf zwei oder mehr direkt übereinandergestapelte Solarzellen aufgeteilt. Jede dieser Teilsolarzellen wandelt dann nur einen bestimmten Wellenlängenbereich des Sonnenlichts in elektrische Energie um. Alle Teilsolarzellen zusammen sollen einen möglichst großen Teil des Sonnenspektrums nutzen und Verluste durch Transmission reduzieren. Ein Beispiel einer Tripelsolarzelle mit drei Teilsolarzellen ist in Abbildung 1 gezeigt. Der ultraviolette Teil des Spektrums wird in der Oberzelle absorbiert und in elektrische Energie umgewandelt. Längerwelliges Licht wird in die Mittelzelle transmittiert, wo dann wieder nur ein Teil des Spektrums absorbiert wird. Die Unterzelle nutzt schließlich beinahe den gesamten Rest des Lichtes zur Energieumwandlung aus. Im Vergleich zu einer normalen Solarzelle kann in einer solchen Tripelsolarzelle tatsächlich ein größerer Teil des Sonnenlichts genutzt werden. Da jede Teilsolarzelle nur für einen bestimmten Teil des Sonnenspektrums zuständig ist, wird dieser Teil auch mit einer relativ hohen Effizienz genutzt. Verluste in Form von Wärme werden reduziert. Eine solche Tripelsolarzelle hat theoretisch einen nahezu doppelt so hohen Wirkungsgrad wie eine konventionelle Solarzelle aus Silizium.

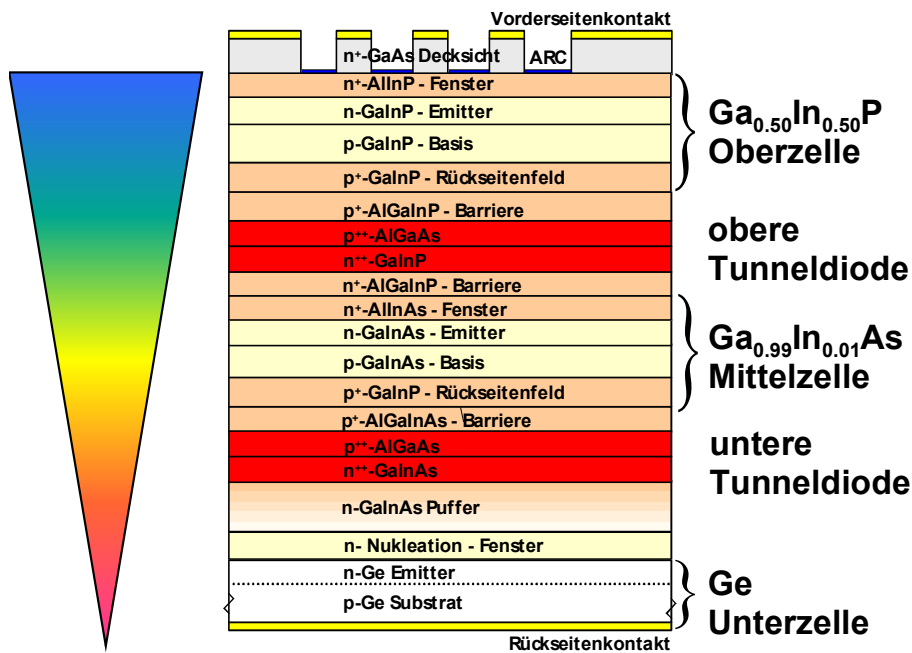


Abbildung 1: Schematische Darstellung einer Tripelsolarzelle mit drei direkt übereinander gestapelten Teilzellen aus Galliumindiumphosphid (GaInP), Galliumindiumarsenid (GaInAs) und Germanium (Ge). Die drei Teilzellen sind durch Tunnelioden miteinander elektrisch verbunden.

In Abbildung 1 ist zu erkennen, dass die extrem dünne, nur wenige Mikrometer dicke Struktur einer Tripelsolarzelle bereits aus mehr als 20 verschiedenen Halbleiterschichten besteht. Die verwendeten Halbleitermaterialien sind in der Regel Verbindungen aus der dritten und fünften Hauptgruppe des Periodensystems und werden deshalb als III-V-Halbleiter bezeichnet. Der bekannteste Vertreter dieser Verbindungshalbleiter ist wohl Galliumarsenid (GaAs). Um eine solche Vielfalt an Halbleiterschichten in sehr guter Kristallqualität großflächig aufeinander abzuscheiden, verwendet man heutzutage die metallorganische Gasphasenepitaxie (MOVPE). Unter Epitaxie versteht man eine Methode zur Kristallzucht. Die MOVPE ist eine Technologie, bei der gasförmige Ausgangsstoffe zum Abscheiden homogener kristalliner Schichten auf einem Substrat verwendet werden. Während meiner Arbeit am Fraunhofer ISE konnte ich meine Experimente auf einer MOVPE-Anlage durchführen, wie sie auch in der Industrie zur Fertigung von Halbleiterbauelementen verwendet wird. Die Nutzung einer großen Produktionsanlage erschwerte zwar die Grundlagenforschung etwas, aber erleichterte zugleich den späteren Transfer meiner Ergebnisse in die Industrie. Die enge Zusammenarbeit mit Industriepartnern ermöglichte eine sehr zielgerichtete Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Die Unterstützung im Promotionsstipendienprogramm der Deutschen Bundesstiftung Umwelt sicherte mir die nötige Unabhängigkeit, auch Grundlagenforschung zu betreiben.

Während meiner Dissertation habe ich verschiedene Konzepte für hocheffiziente Mehrfachsolarzellen evaluiert. Aufgrund der Komplexität der Arbeiten in den Bereichen Epitaxie von III-V-Halbleitern,

Charakterisierung von Materialien und von Bauelementen sowie Simulation von Materialeigenschaften und Bauelementen war eine enge Vernetzung mit anderen Doktoranden und Wissenschaftlern am Fraunhofer ISE und externen Einrichtungen unerlässlich. In Zusammenarbeit mit Dr. Simon Philipps im Bereich Simulation wurde zunächst das theoretische Wirkungsgradpotenzial verschiedener Solarzellenkonzepte abgeschätzt und die theoretisch optimale Kombination von Halbleitermaterialien für eine Tripelsolarzelle ermittelt. Dabei stellt sich heraus, dass die optimal ans einfallende Sonnenspektrum angepasste Kombination von Materialien unterschiedliche Atomabstände im Kristall aufweist. Üblicherweise wird beim Herstellen von Halbleiterschichtstapeln darauf geachtet, dass die verschiedenen Halbleitermaterialien alle möglichst den gleichen Atomabstand bzw. die gleiche Gitterkonstante aufweisen, also gitterangepasst zueinander sind. Nur so kann erreicht werden, dass keine Verspannungen im Schichtstapel auftreten. Verspannungen können die nahezu perfekte Ordnung im Halbleiterkristall durch Bildung von Kristalldefekten nämlich stören und so den Wirkungsgrad der Solarzelle reduzieren. Die gitterangepasste Materialkombination, welche dem Optimum am nächsten kommt, aber eben für alle verwendeten Materialien den gleichen Atomabstand aufweist, ist die Kombination von Germanium, Galliumindiumarsenid ( $\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{As}$ ) und Galliumindiumphosphid ( $\text{Ga}_{0.50}\text{In}_{0.50}\text{P}$ ). Solche gitterangepassten Tripelsolarzellenstrukturen werden seit Kurzem für die Energieversorgung von Satelliten eingesetzt. Ziel meiner Untersuchungen war nun, das Konzept der Tripelsolarzelle auch für die terrestrische Anwendung nutzbar zu machen. Es sollte also die für den Weltraum entwickelte Technologie so modifiziert und erweitert werden, dass sie dann für die nachhaltige Nutzung von Sonnenenergie auf der Erde eingesetzt werden kann.

Zunächst ist zu beachten, dass sich das Sonnenspektrum auf der Erde deutlich von dem im Weltall unterscheidet. Durch Streuung und Absorption in der Erdatmosphäre wird das Sonnenspektrum insgesamt röter und verliert bestimmte Wellenlängenbereiche ganz. Die Tripelsolarzelle für die Anwendung auf der Erde muss also auf ein anderes Spektrum angepasst werden als eine Solarzelle für den Weltraum. Durch die erfolgreiche Modifikation und Weiterentwicklung der einzelnen Komponenten der gitterangepassten Solarzellenstruktur konnte im Rahmen meiner Arbeiten ein europäischer Rekordwirkungsgrad von 37 Prozent erzielt werden. Dazu wurde jede Teilzelle einzeln untersucht und die verschiedenen Halbleiterschichten jeder Teilsolarzelle optimal aufeinander abgestimmt und verbessert. Dann wurden die optimierten Teilzellen wieder zu einer Tripelsolarzelle zusammengefügt und aufeinander angepasst.

Allerdings nutzt dieses gitterangepasste Konzept aufgrund der suboptimalen Materialkombination ja noch nicht das volle Potenzial einer Tripelsolarzelle aus. Um optimale Absorptionseigenschaften zu erreichen, wurden schließlich erstmals Verbindungshalbleiter mit einer großen Fehlanpassung der Atomabstände im Kristall eingesetzt, was sonst eher vermieden wird. Durch eine geschickte Wahl der

Halbleiterzusammensetzung ist es möglich, diese Gitterfehlanpassung auf einen schmalen Bereich zwischen der Unterzelle und der Mittelzelle einzugrenzen. Damit bleiben die  $\text{Ga}_{0.83}\text{In}_{0.17}\text{As}$ -Mittelzelle und die  $\text{Ga}_{0.35}\text{In}_{0.65}\text{P}$ -Oberzelle weiterhin gitterangepasst zueinander, sind aber fehlangepasst zur Germanium-Unterzelle. Damit die Fehlanpassung nicht zu den beschriebenen Verspannungen und Kristalldefekten führt, musste eine neuartige Pufferstruktur entwickelt werden, welche diese negativen Effekte verhindert. Solarzellen mit einem solchen Puffer werden als metamorph bezeichnet. In einer sehr erfolgreichen Kooperation mit Dr. Jan Schöne im Bereich der Mikrostrukturanalyse konnte gezeigt werden, dass sich gestufte Puffer, bei denen der Atomabstand in mehreren diskreten Stufen vergrößert wird, am besten für den Einsatz in einer Solarzelle eignen. Die Gitterfehlanpassung resultiert hier zwar auch in der Bildung von Kristalldefekten, allerdings werden diese an den Grenzflächen zwischen den Pufferschichten lokalisiert und können nicht bis in die Teilsolarzellen vordringen und diese schädigen. Die Bildung der Kristalldefekte ist im Puffer sogar erwünscht, weil dadurch die Verspannung in der Halbleiterstruktur abgebaut wird. Durch einen Trick kann die Verspannung des Puffers dann sogar nahezu komplett beseitigt werden. Dazu wird im oberen Bereich des Puffers eine Halbleiterschicht eingebaut, deren Atome nochmals einen viel größeren Atomabstand aufweisen. Durch dieses »Überschießen« erhält der Puffer quasi die nötige Aktivierungsenergie, um auch die restliche Verspannung abzubauen. In meinen weiterführenden Arbeiten habe ich mich dann vor allem darauf konzentriert, solche Pufferstrukturen für den Einsatz in Mehrfachsolarzellen zu optimieren. So gelang es mir beispielsweise, den Puffer durch die Verwendung geeigneter Materialien transparent zu gestalten für Licht, das in der Germanium-Unterzelle noch genutzt wird. Auf Basis einer solchen metamorphen Tripelsolarzelle konnte ich im Jahr 2009 schließlich einen neuen Rekordwirkungsgrad von 41,1 Prozent demonstrieren.

Um die Verwendung dieser hocheffizienten Tripelsolarzellen auf der Erde wirtschaftlich möglichst sinnvoll zu gestalten, werden diese in sogenannte Konzentratorsysteme eingebaut. Solche Systeme fokussieren das einfallende Sonnenlicht mit einem Faktor von 300 bis 1000 durch Linsen oder Spiegel auf sehr kleine Solarzellen, meist mit einer Fläche von nur wenigen Quadratmillimetern. Dadurch wird zum einen der grundlegende physikalische Effekt ausgenutzt, dass der Wirkungsgrad einer Solarzelle unter konzentriertem Sonnenlicht weiter ansteigt. Der maximale Konzentrationsfaktor wird dabei lange vor der physikalischen Grenze durch die Präzision der Konzentratorsysteme auf etwa 1000 begrenzt. Zum anderen ermöglicht der Einsatz von lichtkonzentrierenden Optiken die Einsparung von teurer Solarzellenfläche. Da diese Optiken relativ günstig produziert werden können, stellen Konzentratorsysteme in Verbindung mit hocheffizienten Solarzellen eine exzellente Lösung für die Nutzung der Sonnenenergie mit hohem Wirkungsgrad und niedrigen Elektrizitätskosten dar.

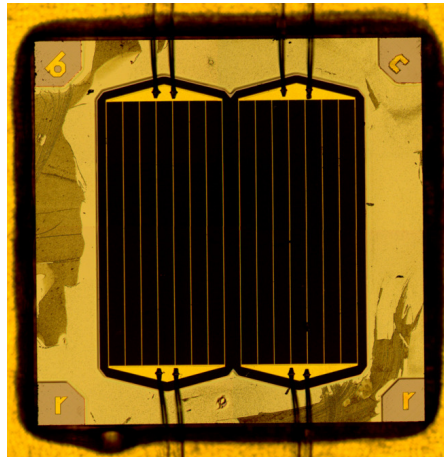


Abbildung 2: Aufnahme der nur 5 mm<sup>2</sup> großen metamorphen Tripelsolarzelle, die im Rahmen dieser Dissertation mit einem Wirkungsgrad von 41,1 Prozent unter 454-fach konzentriertem Sonnenlicht entwickelt wurde.

Die hohe Lichtintensität durch Konzentrationsoptiken stellt jedoch auch besondere Anforderungen an die Solarzelle. Durch 500-fache Lichtkonzentration steigt der Strom in der Solarzelle im Vergleich zum Betrieb unter unkonzentriertem Sonnenlicht auch um den Faktor 500 an. Dieser hohe Strom soll möglichst verlustarm von einer Teilzelle in die nächste geleitet werden. Dafür müssen die Teilzellen, insbesondere aber die Interzellkontakte, welche die einzelnen Teilzellen in der Mehrfachsolarzelle elektrisch miteinander verbinden, speziell angepasst werden. Zusätzlich zu einer hohen Leitfähigkeit müssen die Interzellkontakte außerdem transparent sein für Licht, das in darunterliegenden Solarzellen noch in elektrische Energie umgewandelt wird.

Wie in Abbildung 1 dargestellt, lassen sich diese Anforderungen am besten mit sogenannten Tunneldioden realisieren. Die Tunneldioden stellen wohl den kritischsten Teil der Konzentration-Mehrfachsolarzelle dar. Können diese die hohen Ströme nicht ausreichend verlustarm leiten oder absorbieren sie zu viel Licht, so reduziert sich der Wirkungsgrad der Mehrfachsolarzelle dramatisch. Deshalb beschäftigte sich auch ein beträchtlicher Teil meiner Arbeiten mit der Optimierung dieses Bauteils. Bereits während meiner Diplomarbeit im Jahr 2004 habe ich die Herstellung und Charakterisierung von Tunneldioden intensiv untersucht. Während meiner Dissertation fand ich in einer sehr fruchtbaren und erfolgreichen Zusammenarbeit mit der Vielteilchenphysik-Gruppe von Prof. Baranovski an der Universität Marburg Unterstützung bei der Modellierung verschiedener Mechanismen für den Stromtransport in der Tunneldiode. Zusammen mit meinen Experimenten konnte ein tiefes physikalisches Verständnis der Physik der Tunneldiode gewonnen werden. Es stellte sich insbesondere heraus, dass die wenigen Kristalldefekte in den Schichten die Leitfähigkeit der Tunneldiode maßgeblich beeinflussen. Ganz ohne Defekte könnten die hohen Leitfähigkeiten interessanterweise gar nicht erreicht werden. Dies habe ich in meinen Arbeiten dann durch gezielten Defekteinbau und durch Anpassung der Halbleitermaterialien weiterentwickelt. In einer Kooperation mit Dr. Katz von der Ben-Gurion University of

the Negev in Israel hatte ich Zugang zu einem einzigartigen Messaufbau, der das Sonnenlicht über Spiegel extrem stark bis zu 10.000-fach konzentriert. Mit diesem Aufbau konnte das Verhalten von Tunnelnioden unter extrem hohen Lichtkonzentrationen und unter inhomogener Lichtverteilung über die Solarzellenfläche, wie sie auch in realen Konzentratorsystemen zu finden ist, untersucht werden. Parallel dazu haben wir am Fraunhofer ISE das Verhalten von Solarzellen mit Tunnelnioden unter inhomogener Lichtverteilung erfolgreich durch zusätzliche Experimente mit Linsen und durch Simulationen erklärt. Stark inhomogene Beleuchtung kann beispielsweise durch gut leitende Schichten, die den Strom über die ganze Solarzellenfläche verteilen, ausgeglichen werden. Ähnliche Ansätze werden heutzutage auch für die Herstellung von ultrahellen Leuchtdioden verwendet. Durch die Kombination von experimentellen Untersuchungen und durch theoretische Modellierung konnten im Rahmen meiner Arbeit Tunnelnioden hergestellt werden, die mehr als  $1000 \text{ A/cm}^2$  verlustarm leiten können. Solche Interzellkontakte ermöglichen den Einsatz einer Tripelsolarzelle bei über 10.000-facher Lichtkonzentration, was für die meisten Konzentratorsysteme mehr als ausreichend ist.

Im Vergleich zur gitterangepassten Tripelsolarzelle war es für die metamorphe Tripelsolarzelle aufgrund der speziellen Eigenschaften der Materialien mit größerem Atomabstand eine noch größere Herausforderung, die ausreichende Leitfähigkeit der Tunnelnioden zu erzielen. Durch die Verwendung von Materialien mit zu kleiner Gitterkonstante konnte zwar die Leitfähigkeit erhöht werden, allerdings generieren die verspannten Schichten dann wieder Kristalldefekte in der Halbleiterstruktur und reduzieren den Wirkungsgrad der Tripelsolarzelle. Der Durchbruch für die Entwicklung der metamorphen Tripelsolarzelle gelang mir schließlich mit der Entwicklung einer spannungskompensierten Tunnelnioden. Bei diesem Konzept werden eine Schicht mit zu kleinem Atomabstand und eine Schicht mit zu großem Atomabstand in der Tunnelnioden kombiniert. Die aufgebaute Druckspannung der Schicht mit zu kleinem Atomabstand wird durch die Zugspannung der Schicht mit zu großem Atomabstand gerade kompensiert. So kann für die Mehrfachsolarzelle beides gemeinsam realisiert werden, eine hohe Leitfähigkeit bis zum Betrieb bei etwa 1700-fach konzentriertem Sonnenlicht und eine geringe Bildung von Kristalldefekten für hohe Wirkungsgrade. Das Konzept der spannungskompensierten Tunnelnioden wurde deshalb international zum Patent angemeldet.

Mit dem Konzept der metamorphen Tripelsolarzelle kann also die nahezu optimal ans terrestrische Sonnenspektrum angepasste Materialkomposition für die drei Teilzellen gewählt werden. Durch die Entwicklung der metamorphen Puffer zur Überwindung unterschiedlicher Atomabstände im Kristallgitter, durch die Einführung spannungskompensierter Tunnelnioden und durch die Optimierung der einzelnen Teilzellen für höchste Wirkungsgrade gelang es mir schließlich, eine nur 5 Quadratmillimeter große metamorphe Tripelsolarzelle mit einem Rekordwirkungsgrad von 41,1 Prozent



unter 454-fach konzentriertem Sonnenlicht herzustellen. Diese kleine Solarzelle eignet sich hervorragend für den Einsatz in modernsten Konzentratorsystemen mit einem Konzentrationsfaktor von typischerweise 400 – 500 und ist in Abbildung 2 abgebildet.

Am Fraunhofer ISE habe ich mich auf die Untersuchung der physikalischen Grundlagen zu Tunnelioden, Mehrfachsolarzellen und Halbleitermaterialien konzentriert und die zahlreichen Erkenntnisse für die Entwicklung verschiedener Solarzellenkonzepte genutzt. Inzwischen bin ich bei der AZUR SPACE Solar Power GmbH, dem europaweit führenden Hersteller von Mehrfachsolarzellen, verantwortlich für die Weiterentwicklung der metamorphen Tripelsolarzelle bis zur Marktreife. Weltweit haben inzwischen mehrere Hersteller, wie Concentrix Solar, Isofotón oder AMONIX, ihre eigenen Konzentratorsysteme etabliert, die auf den Einsatz dieser hocheffizienten Solarzellentechnologie setzen. Durch Mehrfachsolarzellen mit Wirkungsgraden über 40 Prozent können Konzentratorsysteme in Südeuropa voraussichtlich bereits in den nächsten zwei Jahren Stromgestehungskosten von unter 15 Cent pro Kilowattstunde erreichen. Damit wird die Solarenergie auch wirtschaftlich wettbewerbsfähig mit konventioneller, nicht regenerativer Energie. Eine Steigerung des Wirkungsgrades von nur 1 Prozent erhöht die Kapazität eines Konzentratorsystems bereits stark genug, dass sich dies in einer Senkung der Stromgestehungskosten von rund 3 bis 4 Prozent bemerkbar macht.

Die hohe Effizienz der Konzentratorsysteme wirkt sich auch vorteilhaft auf die Fläche aus, die zur Bereitstellung der Energie aus Sonnenlicht benötigt wird. Durch Einführung von metamorphen Tripelsolarzellen mit einem Wirkungsgrad von etwa 40 Prozent würde bereits eine Wüstenfläche von 175 x 175 km<sup>2</sup> ausreichen, um den Strombedarf der gesamten Erde zu decken.

Außerdem haben Konzentratorsysteme mit hocheffizienten Mehrfachsolarzellen im Vergleich zur konventionellen Silizium-Solarzellen eine deutlich kürzere Energieamortisationszeit von nur rund einem Jahr. Bereits nach dem ersten Jahr seiner 25- bis 30-jährigen Laufzeit erwirtschaftet ein Konzentratorsystem somit mehr Energie, als für seine Herstellung verwendet wurde.

Konzentratorsysteme bieten also zahlreiche Vorteile bei der Erschließung der Sonnenenergie als nachhaltige, wirtschaftlich tragfähige Energieressource. Allerdings basieren all die genannten Vorteile auf der Verfügbarkeit von hocheffizienten Solarzellen. Im Rahmen meiner Dissertation hatte ich mir das Ziel gesetzt, eine Mehrfachsolarzelle basierend auf III-V-Halbleitern zu entwickeln, die einen Wirkungsgrad von mindestens 40 Prozent erreicht. Mit der Entwicklung der metamorphen Tripelsolarzelle konnte ich dieses Ziel im Jahr 2009 mit 41,1 Prozent deutlich übertreffen und arbeite heute am Transfer dieser Technologie in die Produktion. Mit der Markteinführung metamorpher Tripelsolarzellen ist Anfang 2012 zu rechnen.