

gieforschungsprogramme eingebettet und werden in Kooperation mit anderen Entwicklungsgruppen, z.B. im Hinblick auf die Tandemzelle mit der Universität Stuttgart, durchgeführt.

Zu dem hier behandelten Thema ist im Dezember 1986 vom Bundesministerium für Forschung und Technologie ein Forschungsbericht mit dem Titel „Entwicklung einer CdSe-Dünnschichtszelle“ erschienen. Verfasser sind Dr. Hilmar Richter und Dr. Edmund Rickus vom Battelle-Institut e.V., Frankfurt/Main. Die Schrift kann unter der Nummer T 86-091 zum Preis von DM 21,- (plus MwSt.) bezogen werden vom Fachinformationszentrum Energie – Physik – Mathematik GmbH Karlsruhe, 7514 Eggenstein-Leopoldshafen 2.

Die dem Bericht vorangestellte Zusammenfassung hat den folgenden Wortlaut:

Untersuchungen und Optimierungen der CdSe-Dünnschichtszelle resultierten in einem photovoltaischen AM1-Wirkungsgrad mit Spitzenwerten über 7 % auf einer aktiven Fläche von 0,6 cm² (mit halbem AM1-Licht wurden 7,4 % gemessen). Dies wurde hauptsächlich erreicht durch eine Steigerung der Kurzschlußstromdichte auf Werte von ca. 80 % des theoretischen Maximums. Weitere Erhöhungen sind erzielbar mit Zellen auf der Basis des ternären Halbleiters CdSe_xTe_{1-x}.

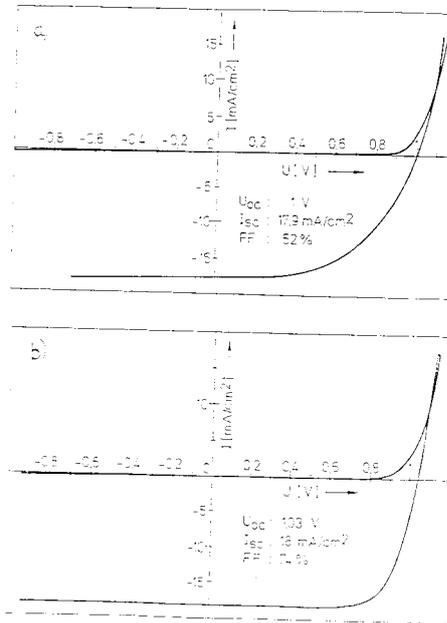


Bild 4a. Photoelektrochemische Zellen auf der Basis von polykristallinen CdSe-Schichten mit einem Wirkungsgrad von $\eta = 9,8\%$; 4b. auf der Basis von CdSe-Einkristallen: $\eta = 13,8\%$

Die I-Schicht wirkt dominierend im Hinblick auf den Füllfaktor und die Leerlaufspannung unserer MIS-Zellen. Wird anstelle der konventionellen Isolatoren der Halbleiter ZnSe mit einer Energie-

lücke von 2,7 eV als I-Schicht in den MIS-Strukturen verwendet, sind dickere I-Filme möglich, so daß der Abscheidungsprozeß weniger kritisch ist. Desweiteren wird eine Beeinflussung der durch den I-Film erzeugten zusätzlichen Potentialbarriere durch eine geeignete Dotierung möglich. Das Eindiffundieren von Cu in die ZnSe-Schicht erhöht vor allem den Füllfaktor unserer Zellen.

Die Leerlaufspannung hängt dagegen hauptsächlich vom Frontkontaktmaterial ab, läßt sich aber durch UV-Bestrahlung steigern. Untersuchungen an elektrochemischen Zellen, die Leerlaufspannungen von 1 V ergeben, reflektieren das bisher noch nicht vollständig ausgeschöpfte Potential der CdSe-Zelle. Neuere Versuche zur Vergrößerung der Zellfläche zeigen keine prinzipiellen Probleme. Die Reduktion des elektrischen Widerstandes des Chromrückkontaktes wird die Aufgabe weiterer Arbeiten sein.

Nach Untersuchungen zur Stabilität und Abschätzungen der Produktionskosten erweist sich die CdSe-Dünnschichtszelle als eine effektive und kostengünstige Solarzelle mit bedeutendem terrestrischen Anwendungspotential. Die oben beschriebenen Ergebnisse, die sich im Vergleich zu anderen Solarzellentwicklungen mit relativ geringem Aufwand erzielen ließen, geben Anlaß zu der Erwartung, daß das gesteckte Ziel erreicht wird.

Einsatz der Photovoltaik veranschaulicht

Ausstellung der IHK für München und Oberbayern

Die Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern hat den Versuch unternommen, vor allem auch den Kammermitgliedern den heute bereits möglichen Einsatz der Photovoltaik nahezubringen. Vom 11. Februar bis 24. April konnte in ihren Räumen die Ausstellung „Photovoltaik – Strom aus Licht“ besichtigt werden, die im wesentlichen von der Fraunhofer-Gesellschaft aufgebaut worden war. Deren Präsident Prof. Dr. Max Syrbe betonte bei der Eröffnung der Ausstellung, daß in den letzten Jahrzehnten wissenschaftliche und technische Fortschritte, gestützt auf ein Jahrzehnt Anwendungserfahrung in der Raumfahrt, den „Technologie-Druck“ wesentlich erhöht hätten. Dieser entstehe aus den Möglichkeiten, die die Halbleitertechnologie eröffne.

Im einzelnen nannte er in diesem Zusammenhang: bessere langzeitstabilere und billigere Materialien vor allem auf der Basis von Silizium, höhere Wirkungsgrade, anwendungsspezifisch optimierte Systeme und eine verbesserte Fertigungstechnik. Dem steht nach Syrbe ein „Bedarfssog“ gegenüber, für den er drei Ursachen sieht:

1. Suche nach umweltschonenden, regenerativen Energiequellen.
2. Suche nach dezentralen, leitungsunabhängigen Energiequellen.
3. Suche nach Energiequellen für por-

table, „intelligente“, das heißt mit Signalverarbeitung ausgerüstete und automatisch arbeitende Geräte und Apparate.

Die Preise je Watt photovoltaisch erzeugter Energie werden nach Syrbe von etwa 78 DM im Jahre 1980 exponentiell weiter auf rund 7 DM im Jahre 1990 fal-



Diese Hütte diente nur als Ausstellungsraum in der Ausstellung; zu sehen sind Solarzellenmodule und zahlreiche Kleingeräte, die mit photovoltaisch erzeugtem Strom versorgt werden können.

len. Diese Entwicklung werde vor allem von glaspassivierten Dünnschichtzellen getragen. Andererseits koste in bestimmten Anwendungskreisen die auf herkömmliche Weise erzeugte Kilowattstunde bereits mehr als die auf photovoltaischem Wege gewonnene.

Beispiele:

– Für einen 3,5 km vom Stromnetz entfernten Kleinverbraucher (Leistung 50 W), der vom E-Werk ans Netz angeschlossen wird, DM 17,50; bei photovoltaischer Stromversorgung (50 W Dauerleistung) käme man auf DM 10,70.

– Bei der Stromversorgung mit einem Dieseldieselmotor (Leistung einige Kilowatt) sind zwischen DM 2,20 und DM 5,- zu veranschlagen; das photovoltaische Kraftwerk auf der Insel Pellworm (Spitzenleistung 300 kW) liefert die Kilowattstunde für DM 2,-.

Damit habe die Entwicklung der Photovoltaik eine kritische Phase erreicht: Einerseits müssen laut Syrbe erhebliche Entwicklungs-, Fertigungs- und Markterschließungsinvestitionen aufgebracht werden, um den Wettbewerb mit alten Energieversorgungsformen zu gewinnen, andererseits müssen jetzt bereits ausreichende Markterfolge erzielt werden, um diese Investitionen in einem gewissen Ermessensspielraum zu rechtfertigen. Das Management im Forschungs- und Wirtschaftsbereich sei besonders gefordert, ebenso das des Staates, das für Forschungs- und Wirtschaftspolitik zuständig ist.

Zu der gestellten Managementaufgabe erinnerte Syrbe an eine Situation, wie sie im letzten Jahrhundert zu bewältigen war, nachdem 1859 das erste Ölfeld von Edwin Drake in Titusville in Pennsylvanien entdeckt war und das für Lampen verwendete Öl der Investitionen für eine Raffinerie bedurfte, die Rockefeller baute. Nur durch Wagemut und mit immer neuem Engagement sei die Anwendungsbreite und damit die Bedeutung des Erdöls entstanden, wie wir sie heute kennen. „Wir haben mit der Photovoltaik die reizvollere, bessere Energieform vor uns,“ sagte Syrbe, „sorgen wir dafür, daß diese sich durchsetzen kann.“

Dr. Jochen Holzer, stellvertretender Vorsitzender des Vorstandes der Bayernwerk AG, brach eine Lanze für die Elektrizitätsversorgungsunternehmen, und natürlich für die Atomenergie. „Daß wir den Betrieb unserer mit international führender Sicherheitstechnik ausgestatteten Kernkraftwerke für uneingeschränkt verantwortbar halten, ist selbstverständlich die Basis (der verfolgten Politik – Red.).“ Alle großen EVU's seien heute den regenerativen Energien gegenüber aufgeschlossen, meinte Holzer. Als Beispiel dafür aus dem eigenen Haus konnte er auf das Solar-Wasserstoff-Projekt verweisen, über das in „Sonnenenergie“ 5/86 berichtet wurde und das jetzt in der Oberpfalz verwirklicht wird.

Zweifelloso lägen in der Photovoltaik und in der Wasserelektrolyse noch enorme Kostensenkungspotentiale, meinte Holzer. Kostensenkungen um

80 bis 90 Prozent auf 30 Pfg./kWh_{el} oder 40 Pfg./kWh_{th} scheinen ihm realistisch. Die Chancen für eine Wasserstoffwelt würden mit der Ausschöpfung dieses Kostensenkungspotentials, den zur Neige gehenden fossilen Energieträgern und den ökologischen Grenzen des Einsatzes fossiler Brennstoffe wachsen. Sicher würden aber noch

Jahrzehnte ins Land gehen, ehe die solare Wasserstofftechnik oder andere regenerative Systeme einen nennenswerten Beitrag zur Deckung unseres Energiebedarfs leisten könnten. – Vielleicht erinnert sich dann noch jemand dieser nicht selten gehörten Prognose; der Vergleich mit der Praxis dürfte spannend werden. **hi**

IEA ermutigt zu weiteren Energiesparmaßnahmen

Eine soeben veröffentlichte Studie der Internationalen Energieagentur (IEA) kommt zu dem Ergebnis, daß die IEA-Mitgliedsländer heute um ein Fünftel weniger Energie je volkswirtschaftlicher Produktionseinheit aufwenden als im Jahr 1973. Noch größere Einsparungen an Primärenergie könnten bis zur Jahrhundertwende erzielt werden, heißt es. Während der starke Anstieg der Energiepreise in den siebziger Jahren und langfristige Trends zu höherer Produktivität wesentliche Antriebsmomente für Verbesserungen waren, haben von Regierungsseite initiierte Programme und Maßnahmen nach Ansicht der IEA zur Förderung der rationellen Energienutzung einen bedeutenden Beitrag geleistet.

Die Studie „Rationelle Energienutzung in IEA-Mitgliedsländern“ (im englischen Originaltitel: „Energy Conservation in IEA Countries“) führt an: „Es besteht ein großes Potential an wirtschaftlichen Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz, und zwar sowohl in praktisch allen Mitgliedsländern und Verbrauchssektoren als auch in der Anwendung aller Energieträger.“ Die IEA-Experten haben festgestellt, daß die Energieintensität – der zur Erzeugung einer Einheit des Bruttoinlandsprodukts (BIP) erforderliche Energieaufwand – im Zeitraum 1973/1985 um 20 % gesunken ist. Dies bedeutet, daß die 21 IEA-Mitgliedsländer heute um 880 Millionen Tonnen Erdöl weniger an Energie im Jahr verbrauchen. Das ist eine Menge, die etwa der jährlichen Rohölförderung im gesamten IEA-Bereich entspricht. Diese Verbesserung sei im wesentlichen auf rationellere Energienutzung zurückzuführen, aber auch der Rückgang energieintensiver Industriezweige in vielen IEA-Ländern habe dazu beigetragen.

Ein wesentlicher Teil des noch ausschöpfbaren Potentials zur Steigerung der Energieeffizienz auf wirtschaftlicher Basis könne durch bereits auf dem Markt verfügbare Technologien sowie aufgrund bereits bestehender energiepolitischer Programme realisiert werden, ergänzt die Studie. Allerdings bestünden Marktunvollkommenheiten bei der Energieeinsparung, von denen einige inhärenter Natur, andere auf das Marktverhalten von Energieverbrauchern und -anbietern, aber auch auf staatliche Maßnahmen zurückzuführen seien. Sie verhinderten eine vollständige Erschließung des Einsparungspotentials. Sorgfältig abgestimmte „Politiken“ der öffentlichen Verwaltung könnten diese Marktunvollkommenheiten all-

erdings wirksam reduzieren, stellt der Bericht fest.

Die Studie führt weiter aus, daß der 1986 eingetretene Rückgang der Preise von Erdöl und anderen Energieträgern den Trend zu niedrigeren Energieintensitäten zwar verlangsamt, aber nicht zu einer Trendumkehr geführt hat. Das Schlüsselproblem für die staatliche Energieeinsparpolitik besteht nach Ansicht der IEA darin, wie ein größerer Anteil des wirtschaftlichen Einsparungspotentials marktwirtschaftlich realisiert werden könnte, insbesondere in der gegenwärtigen Lage, in der niedrigere Energiepreise die langfristige Situation sich verengender Energiemärkte nicht widerspiegeln.

Der Bericht bewertet die bisher durchgeführten staatlichen Programme zur Verbesserung der Energieeffizienz und kommt zu der Schlußfolgerung, daß wohldefinierte Programme die Einsparungsbemühungen privater Verbraucher wirksam unterstützen. Während für die meisten Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz letzten Endes einzelne Unternehmen, Institutionen und andere Energieverbraucher verantwortlich seien, könnten sie von staatlicher Seite durch die Bereitstellung von Informationen und – in gewissem Umfang – finanziellen Zuschüssen wirksam unterstützt werden. Der Bericht hebt ferner die Notwendigkeit hervor, die Anstrengungen aller im Energiesparbereich tätigen privaten und öffentlichen Organisationen von staatlicher Seite zu unterstützen, um bestmögliche Resultate zu erzielen. Öffentliche Stellen könnten durch Förderung der Entwicklung energieeffizienter Technologien, aber auch zum Beispiel durch vorgeschriebene Minimalanforderungen für die Energieeffizienz von neuen Gebäuden, Kraftfahrzeugen und anderen energieverbrauchenden Geräten eine wertvolle Hilfestellung leisten.

Die Studie betont nachdrücklich, daß nur solche Energiesparmaßnahmen forciert werden sollten, die zu wirtschaftlich vertretbaren Energieeinsparungen führen und nicht auf eine Reduktion des Lebensstandards abzielen. Auf die Studie bezugnehmend, erklärt IEA-Exekutivdirektorin Helga Steeg: „Rationellere Energienutzung trug wesentlich zum gegenwärtigen Überangebot auf der Energieangebotsseite bei. Richten wir den Blick in die Zukunft, so zeigt die Studie deutlich die bedeutende Rolle auf, die Energieeinsparung zur Verbesserung der langfristigen Versorgungssicherheit bietet.“