

Exzellente Produktions-Technologie für Photovoltaikmodule und Systemkomponenten in Deutschland

Strategiepapier des BMWi Forschungsnetzwerks Erneuerbare Energien / Photovoltaik – Januar 2018

1. Ausgangspunkt und Motivation

Die Entwicklung des Photovoltaikmarktes seit etwa 2000 ist mit einer durchschnittlichen Wachstumsrate von über 30% pro Jahr eine einzigartige Erfolgsgeschichte. Deutschland hat mit seiner Vorreiterrolle hinsichtlich Forschung, großtechnischer Umsetzung und Markteinführung einen wesentlichen Anteil an dieser Entwicklung geleistet. Die stetige Weiterentwicklung der Produktionstechnik hat dazu beigetragen, die Kosten für Solarstrom in Deutschland von 50 Euro-Cent/kWh im Jahre 2000 auf unter 6 Euro-Cent/kWh fallen zu lassen. Es ist heute schon absehbar, dass die Photovoltaik als global weiterhin stark wachsender Markt die tragende Säule für eine weltweit erfolgreiche Energiewende werden wird.

Mit dem Ersatz der Stromerzeugung aus fossilen Brennstoffen durch erneuerbare Energien wie PV-Strom wird der Weg zur CO₂ freien Energiewirtschaft beschritten.

Viele Technologien zum Erreichen höchster Qualität von PV Modulen und Systemkomponenten für niedrige Stromgestehungskosten sind in den letzten 30 Jahren bei Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Deutschland erforscht und in die industrielle Massenproduktion überführt worden. Einen wesentlichen Beitrag daran hat der deutsche Maschinenbau geleistet, indem er Produktionsanlagen für alle PV Systemkomponenten, insbesondere Solarmodule, durch hohe Kompetenz und Innovationskraft entwickelt und so frühzeitig mit einem Weltmarktanteil von über 50% eine global führende Rolle, die er nach wie vor erfolgreich verteidigt, eingenommen hat.

Aktuell nimmt Deutschland hinsichtlich bestehendem Know-How die weltweite Spitzenstellung für innovative PV-Fertigungstechnologie ein.

2. Herausforderung

Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau versteht sich als Marktführer und Treiber für die kosteneffiziente und qualitativ hochwertige PV-Produktion. Im weltweiten Vertrieb können deutsche Maschinenbauer auf positive Geschäftszahlen blicken. Das zeigen eindrucksvoll Größe, Erfolg und Wichtigkeit der Branche. Deutsche Photovoltaik-Maschinenbauer und Technologielieferanten bieten einem internationalen Kundenkreis leistungs- und wettbewerbsfähige Massenproduktions-Anlagen mit hocheffizienten Prozessen. Das gilt sowohl für die kristalline Silizium- als auch für die Dünnschicht-Technik. Im internationalen Wettbewerb besteht der deutsche Photovoltaik-Maschinenbau seine Führungsposition bisher mit Bravour. Um allerdings mittel- und langfristig diese Stellung behaupten bzw. weiter ausbauen zu können, sind weitere Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen auf allen Ebenen von der Grundlagen- über die angewandte Forschung bis hin zu industriegeführter Entwicklung und Qualifizierung verbesserter Anlagen- und Prozesstechnik für die Massenfertigung zwingend notwendig.

Derzeit unternehmen chinesische Firmen mit staatlicher Unterstützung große Anstrengungen, um von Low-Tech- in High-Tech-Bereiche aufzusteigen und damit auch in Segmente des deutschen Maschinenbaus vorzudringen. Vor diesem Hintergrund muss sich die deutsche PV Maschinenbauindust-

rie verstärkt auf einem Wettbewerb mit chinesischen Firmen sowohl im chinesischen Markt aber auch auf Märkten außerhalb Chinas einstellen¹. Mit hochwertiger Produktionstechnik, kontinuierlich weiterentwickelt und gebaut in Deutschland, lässt sich die Zukunft für die deutschen Maschinenbauer absichern.

Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau lebt von Innovationen; dafür werden die gesamte Wertschöpfungskette von Material- und Anlagenherstellern über die Zell- und Modul-Produzenten bis hin zu Systemkomponenten und starke Forschungsinstitute in Deutschland sowie deren effektive und kontinuierliche Zusammenarbeit benötigt.

3. Ziele

Der Maschinen- und Anlagenbau konzentriert sich auf die Entwicklung, die kontinuierliche Optimierung und die Qualifizierung massenfertigungstauglicher Produktionslösungen in industrieller Umgebung. Übergeordnetes Ziel ist die weitere Reduzierung der Stromgestehungskosten durch weitere Reduzierung der Herstellkosten, Effizienzsteigerung sowie die Erschließung neuer Märkte zur Sektoren übergreifenden Gestaltung der Energiewende. Dabei werden Effekte, welche die Entwicklung der Materialkosten und den Economy of Scale einschließen, berücksichtigt. Dies sind u.a. verbesserte und neuartige Maschinenkonzepte zur Steigerung von Produktivität und Produktqualität mit Automatisierung, Integrationslösungen, Energie- und Ressourceneffizienz, optimierte Materialien und kundenspezifische Produkte, mit denen die Hersteller von PV-Modulen und Komponenten wettbewerbsfähig bleiben können. Eine Berücksichtigung aller Aspekte ist notwendig, um dem immensen Kostendruck erfolgreich begegnen und gleichzeitig dem Nachhaltigkeitsversprechen der Branche treu bleiben zu können.

Während die kontinuierliche Optimierung der Technologien am Markt Aufgabe der Industrie ist, wird für zukünftige, neu zu entwickelnde Maschinen- und Anlagengenerationen und Systemkomponenten aufgrund des hohen technischen und wirtschaftlichen Risikos die Förderung in Forschungsverbänden unter Führung der Industrie und unter Berücksichtigung der Wettbewerbssituation benötigt. Vorlauforschung in den Universitäten und Forschungsinstituten ist ein wichtiger Faktor, um mit verbesserten und neuen Materialien und Technologien die nächste Generation von Solarzellen und Produktionsprozessen für die langfristige Existenzsicherung der deutschen Wirtschaft vorzubereiten.

Hierbei sind Wettbewerbsfähigkeit, insbesondere eine schnelle Markteinführung („time to market“) zu berücksichtigen. Ähnlich wie in anderen Märkten wächst auch in der Photovoltaik-Industrie das Bewusstsein dafür, dass punktuelle Optimierungen, z.B. an Produktionsanlagen, Materialien und einzelnen Bauteilen eines PV-Systems, nicht mehr ausreichen, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Nur durch kontinuierliche Verbesserungen und den Fokus auf wertschöpfende Aktivitäten kann sich ein langfristiger wirtschaftlicher Erfolg einstellen. Um die Anforderungen der produzierenden Industrie hinsichtlich Kostenreduktion, Durchsatz, Reproduzierbarkeit, Anlagenverfügbarkeit etc. zu erfüllen und den Erfolg des Maschinenbaus zu unterstützen, ist die Zusammenarbeit mit industriellen Zell- und Modulherstellern wichtig. Von großer Bedeutung sind Pilotversuche bei Zell-, Modul- und Materialherstellern, die die industriellen und wirtschaftlichen Anforderungen kennen und die Anlagenkonzepte auf Produktionstauglichkeit prüfen können.

¹ „Emerging Markets“ sind u.a. Indien, Lateinamerika, Mittlerer Osten, Thailand, Vietnam, Nord- und Südafrika

Generell sollte in Zukunft gezielt die Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Forschungsinstituten, den Maschinenbauern aus den verschiedenen Segmenten der Produktionskette und den Materialherstellern verstärkt gefordert und gefördert werden.

Dies mündet in abgestimmte Entwicklungslinien und Maschinenkonzepte der deutschen Forschung und der deutschen Anlagenhersteller. Dafür sollen vielversprechende Technologieansätze der Forschungseinrichtungen sowie der Produzenten zugrunde gelegt und in industrierelevanten Demonstrationen zur schnellst möglichen Nutzung in der Massenproduktion umgesetzt und qualifiziert werden.

4. Konsequenzen und Forschungsschwerpunkte

Für die Photovoltaik im Wettbewerb mit anderen Energietechnologien lassen sich die Ziele im Einklang mit dem SET-Plan der Europäischen Kommission im Wesentlichen auf ein „**Grand Challenge**“ komprimieren:

Nachhaltige Senkung der Stromgestehungskosten und sektorenübergreifender Einsatz der PV über die reine Stromerzeugung hinaus mit der Entwicklung verbesserter Material- und innovativer Technologielösungen entlang der gesamten PV Wertschöpfungskette insbesondere durch

- Weitere Steigerung der **Solarmoduleffizienz** und des **Modulertrags** (unter Berücksichtigung der Produktlebensdauer) durch verbesserte und teilweise neuartige Technologielösungen; Materialforschung zur weiteren Reduzierung der Materialkosten und Weiterentwicklung bestehender und neuer Konzepte wie Tandemsolarzellen (Triple, etc.) oder Hybridkonzepte (Kombination von anorganischen und organischen Materialien) sind miteinzubeziehen
- Weitere Reduzierung der **Herstellkosten** und drastische Reduzierung der Investitionskosten für Solarfabriken durch Erhöhung der **Produktivität** bestehender und zukünftiger Produktionslinien insbesondere durch höheren Anlagendurchsatz, verbesserte Prozess- und Material-Ausbeuten, Verfügbarkeit und Skalierung, Entwicklung und Integration von Lasertechnik und alternativer neuer Abscheidemethoden und Entwicklung und Integration von „**Industrie 4.0**“-Konzepten zur Optimierung großskaliger Fertigungslinien (Produktivitätssteigerung und Qualitätssicherung) und Verfolgung der Produktqualität im Einsatz zur Verknüpfung und Verbesserung der Materialien und Herstellungsabläufe
- Neue Produkte für zukünftige Anwendungen (Gebäude-, Transportmittel- und andere Produkt-integrierte PV und Integration in erweiterte Energiekonzepte wie z.B. e-mobil, Speicherung, intelligente Netz/Produkt-Integration), kostenoptimierte Gesamtlösungen und die Entwicklung flexibler Konzepte in der Produktionskette

Diese Maßnahmen müssen in Zukunft **sowohl die ökonomische als auch die ökologische Nachhaltigkeit** in Materialauswahl, in der Produktion und im Einsatz der Produkte berücksichtigen. Hierfür sind Entwicklungen zukünftiger Materialien und Produktionslösungen unter Berücksichtigung des „Carbon Footprints“ der vollständigen Herstellungskette bis zur Rezyklierung notwendig; die Ressourceneffizienz (Material und Energie) spielt über alles eine gewichtige Rolle.

Zur Bearbeitung dieser Themen und Erreichung der Ziele ist eine geeignete Verbundforschung entlang der kompletten Wertschöpfungskette von vitaler Bedeutung, um die Zukunftsbranche PV in ihrem Kernland Deutschland zu erhalten. Aufgrund des hohen Umsetzungsdruckes sollten im ge-

meinsamen Diskurs der betroffenen Akteure an beschleunigten Förderabläufen und schnelleren Implementierungsansätzen gearbeitet werden.

Für diese Aufgaben **hat das Forschungsnetzwerk den konkreten Forschungs- und Entwicklungsbedarf** für die kommenden 10 Jahre einschließlich einer sinnvollen Vorlaufforschung in den Forschungsinstituten definiert. Damit lässt sich auch eine vertretbare und machbare Form der Finanzierung der Forschungsvorhaben durch die Industrie und die öffentliche Hand gemeinsam erreichen. Es ist Wunsch der Industrie, dass die Aufgaben, Ziele und Finanzierungsmodelle im Energieforschungsprogramm oder anderen Programmen ausgeschrieben und mit einem ausreichenden und kontinuierlichen Forschungsetat ausgestattet werden. Das Forschungsnetzwerk kann helfen, den Rahmen zu beschreiben.

Autoren:

Anspach, Oliver (PV Crystalox Solar Silicon GmbH)
 Bett, Andreas (Fraunhofer Gesellschaft für Angewandte Forschung (ISE))
 Brabec, Christoph (ZAE Bayern)
 Brendel, Rolf (Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH))
 De Meer, Jan (smartspacelab.eu GmbH)
 Dimmler, Bernhard (Manz CIGS Technology GmbH)
 Dold, Peter (Fraunhofer Gesellschaft für Angewandte Forschung (CSP))
 Fath, Peter (RCT Solutions GmbH)
 Hahn, Giso (Universität Konstanz)
 Haverkamp, Helge (Gebr. Schmid GmbH)
 Lüdemann, Kristin (Von Ardenne GmbH)
 Neuhaus, Holger (SolarWorld Industries GmbH)
 Olowinsky, Alexander (Fraunhofer Gesellschaft für Angewandte Forschung (ILT))
 Powalla, Michael (Karlsruher Institut für Technologie)
 Preu, Ralf (Fraunhofer Gesellschaft für Angewandte Forschung (ISE))
 Reimann, Christian (Fraunhofer Gesellschaft für Angewandte Forschung (IISB))
 Strauß, Philipp (Fraunhofer Gesellschaft für Angewandte Forschung (IWES))
 Trube, Jutta (VDMA Photovoltaik Produktionsmittel)
 Wohlfart, Peter (SINGULUS TECHNOLOGIES AG)

Unterstützer:

Dalibor, Thomas (AVANCIS GmbH)
 Führer, Oliver (SMA Solar Technology AG)