

Optimierung des Planungsablaufes zur Fabrik- und Produktionsplanung in der Photovoltaik-Industrie

Albert EBHART

*Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,
TU Dresden, Dürerstraße 26, D-01062 Dresden*

Kurzfassung: Die Photovoltaikindustrie befindet sich seit mehreren Jahren in einem strukturellen Wandel, der durch eine anhaltende Marktkonsolidierung geprägt ist. Um für zukünftige Planungsprojekte gerüstet zu sein, wurden in Kooperation mit Industriepartnern unterschiedliche Möglichkeiten zur Planungsoptimierung für die Fabrik- und Produktionsplanung untersucht, die in der nachfolgenden Ausarbeitung dargestellt werden. Ergänzend wurde eine Datenbank entwickelt, die als planungsunterstützendes Werkzeug zur Kalkulation und zur Dokumentation strukturiert ist.

Schlüsselwörter: Fabrikplanung, Produktionsplanung, Planungsdaten, Kennzahlen, Schnittstellen, Wandlungsfähigkeit

1. Ausgangssituation

Die europäische Photovoltaikindustrie befindet sich seit mehreren Jahren in einem strukturellen Wandel, der durch einen hohen Wettbewerb sowie bestehende Produktionsüberkapazitäten bestimmt wird. Das Inkrafttreten des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Jahr 2000 (BGBl.1-305) und die damit verbundene Einspeiseförderung hat zu einem starken Ausbau der in Deutschland installierten Photovoltaik (PV) geführt. Die im EEG definierten gesetzlichen Regelungen ermöglichten den Investoren regenerativer Energien eine hohe Planungs- und Investitionssicherheit. Dies förderte den weltweiten Ausbau von Produktionskapazitäten entlang der gesamten Wertschöpfungskette im Bereich der Photovoltaikindustrie, um den hohen, bis zum Jahr 2009 ständig steigenden Marktbedarf an Photovoltaikprodukten zu bedienen (BMWi 2012, S. 2). In dieser innovativen Expansionsperiode legte die Branche, neben der kontinuierlichen Produktentwicklung, einen wesentlichen Schwerpunkt auf den weltweiten Ausbau der Produktionskapazitäten bei kontinuierlicher Produktionsoptimierung. So konnten die Herstellkosten von PV-Modulen von Anfang 2008 bis Ende 2012 um bis zu 70% (Kasperczyk et al 2013, S. 12) gesenkt werden. Allerdings steht dem ein Preisverfall von durchschnittlich 77% (Brohm 2013, S. 9) im gleichen Zeitraum gegenüber. Diese Marktentwicklung wurde durch eine Überkapazität der weltweiten PV-Produktion in Höhe von ca. 32 GigaWatt/Jahr, bei einer vorhandenen Produktionskapazität in Höhe von ca. 62 GigaWatt/Jahr, gefördert und führte zu der noch anhaltenden Marktkonsolidierung in der PV-Branche (Jäger-Waldau 2012, S. 26).

Mit einem Exportanteil in Höhe von ca. 85 % für Produktionsmittel ist der deutsche Anlagenbau im Bereich der Photovoltaik mit einem Weltmarktanteil von ca. 55 % immer noch führend (Herbst & Wessendorf 2013, S.6, S.13). Neuere Marktprognosen gehen außerdem davon aus, dass ab dem Jahr 2016 eine weiter-

wachsende Nachfrage nach PV-Komponenten die bestehende Überkapazität ausgleichen kann (EPIA 2014, S. 17 f.).

2. Motivation

Marktanforderungen, Innovationsdruck und Strategieveränderungen führen dazu, dass die Anforderungen an Produktionstechnologien einem ständigen Wandel unterliegen. Wandlungsfähigkeit in Form einer Kombination von Flexibilität und Reaktionsfähigkeit kann einen wesentlichen Erfolgsfaktor eines Unternehmens darstellen (Wiendahl et al 2009, S. 121).

Die technologischen Entwicklungen zeitnah in den Produktionsprozess integrieren zu können, ist für die Unternehmen wesentlich, um im globalen Wettbewerb langfristig erfolgreich bestehen zu können. Vor allem Unternehmen, die ihre Produkte und Produktionsabläufe frühzeitig auf die Marktbedürfnisse ausgerichtet und optimiert haben, verfügen auch in wirtschaftlich schwierigen Zeiten über einen signifikanten Wettbewerbsvorteil (Langbehn 2010, S. 9). Wandlungsfähige Fabrikstrukturen unterstützen dieses Ziel. Stetig wachsende Anforderungen an die Planungsqualität bei steigender Planungskomplexität stehen dabei häufig im Spannungsfeld eines kürzeren Projektierungszeitraumes und reduzierten Planungskosten.

Moderne Planungswerkzeuge, wie sie u.a. die Digitale Fabrikplanung bereitstellt, kommen diesen Anforderungen entgegen, indem sie die Produkt- und die Produktionsplanung enger vernetzen. Jedoch ist der hohe Kostenaufwand für digitale Planungswerkzeuge für viele mittelständige Unternehmen kaum zu erbringen (Gärtner 2013, S. 23). Dies führt dazu, dass viele Unternehmen stattdessen mit selbst entwickelten Planungswerkzeugen arbeiten, die auch auf die spezifischen Bedürfnisse des Unternehmens abgestimmt sind.

Das hier vorgestellte Forschungsprojekt der Professur für Technische Logistik und Arbeitssysteme der TU Dresden befasst sich mit der „Optimierung des Planungsablaufes zur Fabrik- und Produktionsplanung in der Photovoltaikindustrie“. Dabei sollen vor allem in der Praxis vorhandene Potenziale im Produktionsbereich PV-Module analysiert und die Erkenntnisse für zukünftige Planungsprozesse zur Verfügung gestellt werden.

3. Vorgehensweise

Die VDI 5200-1 beschreibt den Planungsprozess einer Fabrik als sieben aufeinander aufbauende Planungsphasen, vgl. Abbildung 1. In Kooperation mit Industriepartnern wurde auf der Grundlage realisierter Fabrikprojekte nach Optimierungsmöglichkeiten im Fabrikplanungsprozess gesucht. Bei der Befragung und Datenanalyse im Bereich der PV-Modulproduktion haben sich folgende drei wesentliche Themenkomplexe aufgezeigt:

- eine unzulängliche Datenbasis für die Grundlagenermittlung (Phase 2) und der Konzeptplanung (Phase 3)
- eine unzulänglich standardisierte Schnittstellengestaltungen bei der Anlagenplanung
- eine unzulänglich wandlungsfähige Produktionsgestaltung

Diese Optimierungsmöglichkeiten sollen im Folgenden vorgestellt werden.

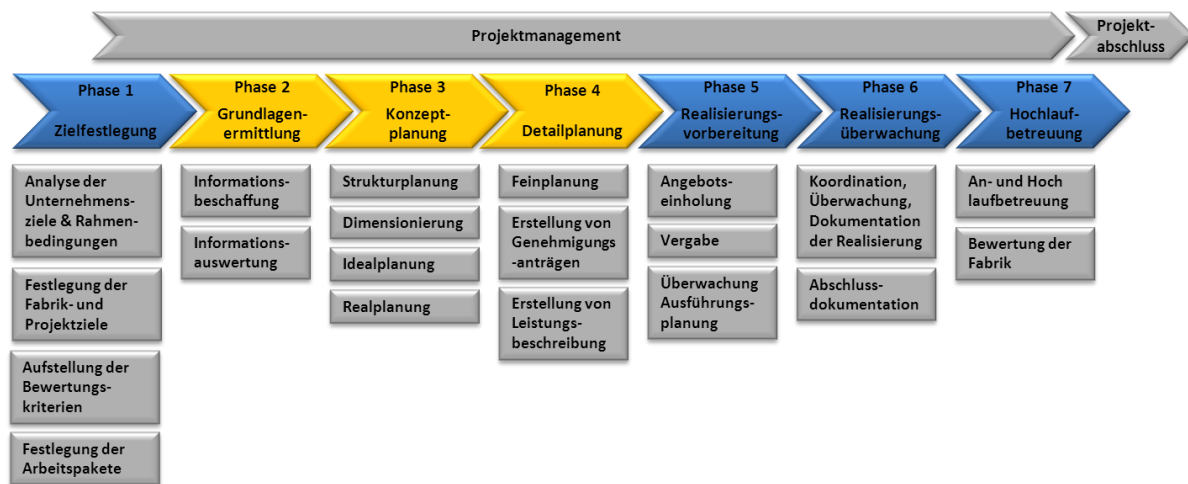


Abbildung 1: Phasenmodell des Fabrikplanungsprozesses (in Anlehnung VID 5200, S. 8)

3.1 Generierung von Planungsdaten bzw. Kennzahlen

Gerade zu Beginn einer Planung fehlen häufig detaillierte Planungsdaten, so dass trotz hoher Unsicherheit häufig Abschätzungen für die Grundlagenermittlungen und die Konzeptplanung getroffen werden müssen. Diese Schätzungen können den weiteren Planungsprozess und die daraus generierten Ergebnisse stark beeinflussen und sind im fortgeschrittenen Planungsablauf oftmals nur mit hohem Kosten- und Zeitaufwand zu korrigieren.

Für die ersten Phasen der Fabrikplanung eignen sich Planungsdaten und Kennzahlen, die auf der Grundlage realisierter Projekte generiert wurden (Grundig 2006, S. 59). Dabei sind diese Kennzahlen kontinuierlich auf ihre Anwendbarkeit und Aktualität zu prüfen und bei Bedarf zu aktualisieren. Planungsdaten können sich auf die Gebäude-, Infrastruktur-, Produktions- bzw. Arbeitsplatzebene einer Fabrik beziehen. Für die PV-Industrie existierte jedoch keine ausreichende Datengrundlage, die für sichere Kennzahlen in der Fabrik- und Produktionsplanung herangezogen werden können.

Auf der Grundlage einer internationalen Unternehmensbefragung, in Kombination mit 95 Layoutanalysen bereits realisierter Produktionslinien für PV-Module erfolgte eine Datenerhebung und Analyse. Im Fokus standen vor allem standort- und produktionsspezifische Daten zu Flächen, Betriebsmittel, Infrastruktur, oder auch Personal.

3.2 Schnittstellenabstimmung

Bei der Betriebsmittelplanung stehen tendenziell die technischen Eigenschaften der Anlagen im Vordergrund der Betrachtung, wie z.B. eine geeignete Prozessfähigkeit, erzielbare Fertigungskapazitäten und räumliche Integrierbarkeit (Wiendahl et al 2005, S. 89).

Eine fehlende Standardisierung bzw. mangelnde Abstimmung der Schnittstellen

kann zu zeitlichen Verzögerungen in den Projektablaufen, beispielsweise in der Inbetriebnahmephase führen und damit signifikante Mehrkosten verursachen. Die Unternehmensbefragung zeigt, dass eine Schnittstellenabstimmung zwischen den Projektpartnern häufig erst zu einem fortgeschrittenen Projektzeitpunkt, nach der Auftragsvergabe erfolgt. Als besonders kritisch stellten sich die Softwareschnittstellen heraus. Erfolgt die Schnittstellenabstimmung erst zu einer späten Phase im Projektablauf, ist eine Optimierung häufig nur noch eingeschränkt möglich. Die Schnittstellengestaltung sollte in einem ausgewogenen Kosten-Nutzenverhältnis stehen.

Basierend auf der Unternehmensbefragung sowie Auswertung von Mängellisten aus 44 Projekten wurden die Probleme an Maschinenschnittstellen systematisch in drei Hauptgruppen gegliedert:

- Mensch-Maschinen-Schnittstelle (MMS)
- Daten-Schnittstellen
- Physikalische Schnittstellen

Diese Schnittstellenprobleme wurden hinsichtlich ihrer Relevanz und ihrer Auswirkung auf die Qualität, Wartungsfreundlichkeit, Arbeitssicherheit und Anlagenverfügbarkeit untersucht, um mögliche Maßnahmen für künftige Projekte zu erarbeiten.

3.3 Wandlungsfähige Produktionsgestaltung

Um der steigenden Marktnachfrage nach qualitativ hochwertigen und kostengünstigen PV-Modulen nachzukommen, fokussierte sich die PV-Modulindustrie in der Vergangenheit auf den kapazitiven Produktionsausbau. Die Produktionsgestaltung erfolgte dabei in der Regel in hoch automatisierten und starr verketteten Produktionslinien, so dass technische Umbaumaßnahmen bei Technologieänderungen nur unter großem Aufwand möglich waren. Dabei wurden folgende Fragestellungen untersucht:

- Wie können Investitionen durch homogene Auslastungen der Anlagen in der Linie reduziert werden?
- Welches ist die optimale Fertigungskapazität einer Produktionslinie hinsichtlich der getätigten Investition, des Flächen- und Personalbedarfs?
- Wie müsste eine optimierte Anlagenanordnung und Verknüpfung hinsichtlich der Wandlungsfähigkeit gestaltet werden?

Zur Erhöhung der Wandlungsfähigkeit wurden alternative Layoutkonzepte entwickelt und mittels Materialflusssimulation verifiziert. Dabei konnte eine alternative Anlagenanordnung nach einem Cluster-Konzept (Ebhart 2012, S. 6) entwickelt werden. Hierbei werden gleiche bzw. technologisch ähnliche Produktionsabläufe und deren Betriebsmittel zu räumlich konzentrierten Clustergruppen zusammengefasst. Diese Konzeption haben zwischenzeitlich verschiedene Anlagenausrüster der PV-Industrie aufgegriffen.

4. Planungs-Datenbank

Mit dem Ziel, den Planungsprozess zu unterstützen und damit auch den zeitlichen Planungsablauf und die Planungskosten positiv zu beeinflussen, wurde eine Datenbank entwickelt, die als planungsunterstützendes Werkzeug zur Kalkulation und zur Dokumentation strukturiert ist.

Die Datenbank ermöglicht dem Anwender einen personalisierten Zugang zur Dateneingabe und unterstützt die Planung und Kalkulation auf der Grundlage vorhandener Inventardaten. Sie stellt dem Anwender Erfahrungswerte in Form von Planungsdaten und Kennzahlen für Analysen und Variantenberechnungen bereit, die auch als Datengrundlage für weitere Planungswerkzeuge verwendet werden können.

Zudem bietet die Datenbank dem Anwender u.a. produkt- und prozessrelevante Informationen in Form von Datenblättern, Stücklisten und Spezifikationen, was die Planungstransparenz und Planungssicherheit fördert. Durch einen direkten Zugriff auf verfügbare branchenspezifische Ist-Daten lassen sich die erforderlichen Planungszeiten und Planungskosten reduzieren.

5. Zusammenfassung

Auf der Grundlage wissenschaftlicher Analysen wurden drei Optimierungsansätze für den Fabrikplanungsprozess entwickelt. Die Erarbeitung von Planungsdaten und Planungskennzahlen für den Projektionsbereich PV-Module erfolgte auf Basis bereits realisierter Fertigungsstätten der Photovoltaikindustrie. Die dabei analysierten Daten eignen sich für eine Kostenberechnung und unterstützen den Planungsprozess vor allem in den Phasen der Grundlagenermittlung, Konzeptplanung und Detailplanung. Des Weiteren konnten Zeit- und Kosteneinsparpotenziale gefunden werden, die durch eine rechtzeitige Schnittstellenplanung und ausgewogene Standardisierungen von Betriebsmittelschnittstellen und durch eine Erhöhung der Wandlungsfähigkeit, basierend auf einer alternativen Anlagenanordnung, dem „Cluster-Konzept“, entstehen.

Zurzeit werden die analysierten Daten und Erkenntnisse im Rahmen einer Dissertation aufgearbeitet und zusammengefasst. Mit diesen Erkenntnissen soll der PV-Industrie ein planungsunterstützendes Werkzeug für die zu erwartende Nachfrage ab dem Jahr 2016 zur Verfügung gestellt werden.

6. Literatur

- BGBl, Bundesgesetzblatt 1-305 (2000): Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz-EEG) sowie zur Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes und des Mineralölsteuergesetzes, vom 29. März 2000; Bundesgesetzblatt Jahrgang 2000 Teil 1 Nr. 13
- BMWi, Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (2012): Bericht des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie zur Lage der deutschen Photovoltaikindustrie, Aufgerufen: www.bmwi.de, April 2012
- Brohm R (2013): Die Netz- und Systemintegration der PV Erfahrung aus Deutschland, BSW Solar, Bundesnetzagentur - PV Grid Forum Österreich 24. Juni 2013
- Ebhart A (2012): Optimierung des Planungsablaufes zur Fabrik- und Anlagenplanung unter Berücksichtigung der Herstellkosten und Wandlungsfähigkeit, Tagung: Photovoltaik Trifft Maschinen- und Anlagenbau, Leipziger Messe 12.09.2012
- EPIA, European Photovoltaic Industry Association (2014): Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018, ISBN 978908228403

- Gärtner S (2013): Flexibilität und Modularität bei der strategischen Standortentwicklung von Produktionsunternehmen; Tagungsband zum Institutskolloquium 2013, Industrie und Forschung im Dialog, TU Dresden, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme, 31. Januar 2013
- Grundig C-G (2006): Fabrikplanung, Planungssystematik – Methoden – Anwendungen, ISBN: 3-446-40642-5
- Jäger-Waldau A (2012): PV Status Report 2012, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport, ISBN 978-92-79-26072-8
- Kasperczyk M, Wertz R, Fischmann C, Spalt P, Nold S, Friedrich L, Demiray Ö, Preu R (2013): Studie zu Planung und Aufbau einer X-GW Fabrik zur Produktion zukunftsweisender Photovoltaik-Produkte in Deutschland, Fraunhofer-Institut für Produktions-Technik und Automatisierung in Zusammenarbeit mit Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE; Aufgerufen: www.ipa.fraunhofer.de, Mai 2014
- Langbehn A (2010): Praxisbuch Produkt-Entwicklung – Grundlagen, Instrumente und Beispiele, ISBN 978-3-593-39201-1
- VDI, Verein Deutscher Ingenieure 5000-1 (2011): Fabrikplanung Planungsverfahren, VDI-Handbuch Produktionstechnik und Fertigungsverfahren, Band 1: Grundlagen und Planung
- Herbst W, Wessendorf F (2013): Photovoltaik Maschinenbau, Made in Germany – Chancen und Herausforderungen im globalen Wettbewerb, Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau, 15. Leibnitz Konferenz Erneuerbare Energien 2013, Berlin-Adlershof 02.05.2013
- Wiendahl H-P, Nofen D, Klußmann J-H, Breidenbach F (2005): Planung modularer Fabriken – Vorgehen und Beispiele aus der Praxis, ISBN 3-446-40045-1
- Wiendahl H-P, Reichhardt J, Nyhuis P (2009): Handbuch der Fabrikplanung – Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten, ISBN 978-3-446-22477-3