

Mensch im Fokus: Bei der Instandsetzung von Getrieben helfen Maschinen nicht weiter, hier sind gutes Handwerk und Fachwissen gefragt.

Windproduktionen im Wandel

Die Windindustrie muss Kosten senken, doch wie lassen sich bei zunehmender Größe und Leistung der Turbinen Einsparungen in der Produktion erzielen? **Automatisierung** und **Digitalisierung** bieten eine Lösung, können den Menschen in der stark von Manufaktur geprägten Komponenten-Fertigung aber nur bedingt ersetzen.

Von Sascha Rentzing

Die Windindustrie liegt im Soll. Nach einer Erhebung der Deutschen Windguard erzeugen Windturbinen an Land dank optimierter Anlagentechnik und niedrigen Finanzierungskosten Strom mittlerweile für durchschnittlich 5,3 bis 9,6 Cent pro Kilowattstunde, zwölf Prozent günstiger als bei der letzten Analyse des Unternehmens vor vier Jahren. Auch die Kosten für Windenergie vom Meer fallen. „Derzeit bewegen sie sich je nach Standort zwischen zwölf und 14 Cent, für 2025 peilt die Industrie bei geeigneten politischen Rahmenbedingungen acht Cent an“, sagt Sebastian Boie von der Stiftung Offshore-Windenergie.

Deutliche Kostensenkungen werden auch nötig sein, denn mit dem Wechsel des Vergütungssystems von festen Einspeisetarifen zu wettbewerblichen Ausschreibungen und mit wachsender internationaler Konkurrenz steigt der Druck auf die Zulieferer und Anlagenhersteller, Innovationen zu forcieren. Die Richtung ist bereits vorgegeben: Während im windschwachen Binnenland nur noch Hocheffizienturbinen mit großer Nabenhöhe und Großrotoren wirtschaftlich Sinn machen, werden Offshore-Maschinen konsequent auf maximalen Ertrag getrimmt und immer leistungsstärker. Die große Frage ist: Wie müssen Produktionsmethoden, Betriebsausstat-

zung und Logistikkonzepte für die Windriesen angepasst werden? Viele Schritte in der Fertigung der Rotorblätter, Türme und Gründungskonstruktionen erfordern heute noch Handarbeit. Aber eignet sich Manufaktur, um weiterhin eine hohe Reproduzierbarkeit und Durchgängigkeit der Prozesse und damit eine gleichbleibende Qualität der Bauteile sicherzustellen? Und wie viel Automatisierung ist sinnvoll?

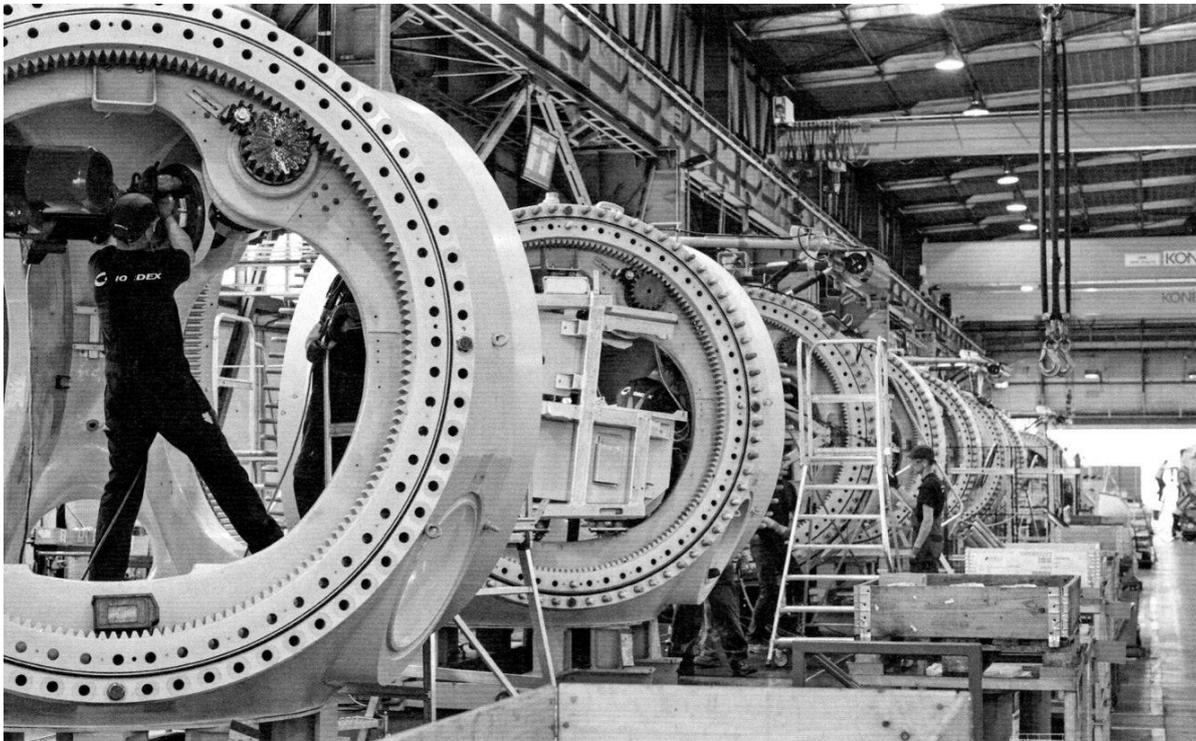
Experten sehen die Branche vor großen Herausforderungen. Ein Masterplan für Kostensenkungen in der Produktion existiert bisher nicht, da sich bei den einzelnen Komponenten unterschiedliche Fragestellungen ergeben. Modularisierung oder Standardisierung seien zwar Ziele, stünden aber erst am Anfang, heißt es beim Maschinenbauverband VDMA. Die gute Nachricht: Die Unternehmen nehmen die Herausforderungen an, setzen bereits stärker auf automatisierte Lösungen, integrieren Prozesse, vernetzen sich stärker mit Kunden und Lieferanten. Parallel entwickelt die Industrie gemeinsam mit Wissenschaftlern für die neuen Komponenten geeignete Produktionsmethoden.

In welche Richtung sich Produktionen entwickeln könnten, zeigt die neue Windkraft-Fabrik von Siemens in Cuxhaven, für deren Bau im Juni der erste Spatenstich erfolgte. Ab 2017 will das Unternehmen hier

Maschinenhäuser für seine Offshore-Turbine mit sieben Megawatt Leistung produzieren. Das neue Werk vereint vier Montagelinien unter einem Dach, die Endmontage von Generatoren, Naben und Gondelrückteilen sowie den abschließenden Zusammenbau der Teile. Bisher stellt Siemens die Komponenten an mehreren Standorten in Dänemark her, ehe sie in Esbjerg miteinander „verheiratet“ werden. Die Bündelung der Schritte in Cuxhaven spare Transportkosten und ermögliche eine „richtige Serienfertigung mit Taktzeiten“, sagt Siemens-Werksleiter Hans Timm.

Vorbild Autoindustrie

Zu Siemens' neuer Fertigungsstrategie zählt auch, dass sich Zulieferer nach Möglichkeit um die Cuxhavener Fabrik ansiedeln. „Wir streben einen Industriepark nach Vorbild der Autoindustrie an. So ist eine schnelle Anlieferung ohne Transport möglich“, sagt Timm. Neben Integration und Konzentration spielen auch Automatisierung und Digitalisierung in Cuxhaven eine wichtige Rolle. Bei der Montage der Magnete der Generatoren etwa – bisher zum Teil noch in Handarbeit erledigt – kämen heute verstärkt Roboter zum Einsatz. Zudem sei die gesamte Produktionsplanung digitalisiert, sämtliche Arbeitsunterlagen würden digital zur Verfügung gestellt. „Damit nutzen



Höherer Durchlauf: In der Nordex-Fertigung in Rostock spielt der Mensch noch die Hauptrolle, doch eine Teilautomatisierung ist avisiert.

wir schon viele Elemente von Industrie 4.0“, sagt Timm.

Auch in anderen Bereichen der Fertigung halten Roboter Einzug, werden Kooperationen sowie Material- und Informationsflüsse entlang der Wertschöpfungskette optimiert. Etwa in der Produktion von Gründungskonstruktionen, vor allem der vierbeinigen Jackets für den Offshore-Einsatz. Bisher arbeiteten die Hersteller mit Standardrohren, die sie zunächst in passende Teile schnitten und anschließend per Hand verschweißten, sagt Peter Schumann vom Institut für Stahlbau der Universität Hannover. Bereits durch

„In vielen Fällen rechnet sich der Einsatz von Robotern nicht.“

Rainer Oppermann, Nordex

den Gründungsbauteilen erleichtern. So offerieren die Firmen Salzgitter und Bilfinger neuerdings vorkonfektionierte Bauteile und robotergeschweißte Knoten – so werden die Übergänge von der ersten Turm-sektion auf das Jacket bezeichnet –, durch die eine Kosteneinsparung von 30 Prozent gegenüber der herkömmlichen Bauweise und eine bessere Auslastung bestehender Fertigungsanlagen erreicht werden könne, heißt es bei den Unternehmen.

Dass Automatisierung in der Windkraft aber nicht in jedem Fall sinnvoll ist, zeigt sich in den Werken des Turbinenherstellers Nordex. Er produziert in Rostock Maschinenhäuser für seine Onshore-Turbinen der Generationen Delta und Gamma in klassischer Linienfertigung. Hierbei wäre Vollautomatisierung nach Aussage von Rainer Oppermann, Leiter des Gondelwerks, sogar kontraproduktiv: „Die Arbeitszykluszeit von Robotern steht in einem ungünstigen Verhältnis zu unseren Linien-Taktzeiten.“ Bei Nordex durchlaufen die Werkstücke bis zur Fertigstellung einer Baugruppe mehrere Stationen. Die Bearbeitungszeit ist pro Station auf drei Stunden festgelegt, Roboter würden aber jeweils nur rund eine halbe

Stunde benötigen, die restliche Zeit überstunden sie still. „Damit rechnet sich ihr Einsatz in vielen Fällen nicht. Der Mensch kann flexibler eingesetzt werden“, sagt Oppermann. Einsparpotenzial sieht er vielmehr im sogenannten Simultaneous Engineering, dessen Grundgedanke die zeitliche Überlappung von traditionell nacheinander folgenden Arbeitsabläufen der Produktionsplanung und -entwicklung ist. „Wir diskutieren schon in der Frühphase der

Konstruktion über Auslegungsfragen.“ Ein wesentlicher Aspekt in der Gestaltung der Fertigungsbereiche sei die Fokussierung auf den Montageprozess ohne Verschwendung, also bestmögliche Bereitstellung aller notwendigen Elemente an jeder Montagestation wie Montagematerial, Werkzeuge und Dokumente. „Das spart Wege“, sagt Oppermann.

Auch in der Fertigung der Windgetriebe, einer der Schlüsselkomponenten im Maschinenhaus, ist Automatisierung nicht der wesentliche Faktor für eine kostengünstigere Produktion. „Gussteile, Stahlrohlinge und Wälzlager werden bei uns bereits automatisch auf Maschinen bearbeitet. Bei der Endmontage wiederum sind Menschen unverzichtbar, die die Teile präzise zusammenführen. Daher ist Automatisierung für uns nicht das drängende Thema“, sagt Ralf Wittor, Geschäftsführer der Eickhoff Antriebstechnik, einem Zulieferer von Nordex. Die Herausforderung sei vielmehr, die mit den Großrotoren und höheren Drehmomenten immer größeren Getriebe mit gleichbleibender Präzision herzustellen. Einen Ansatz böte Industrie 4.0, die digitale Vernetzung von Maschinen und Messtechnik. Bisher seien diese nicht mit Schnittstellen ausgestattet, um direkte Informa-



Wichtiges Detail: Hydraulische Systeme sorgen in der Rotornabe für den richtigen Anstellwinkel der Rotorblätter im Wind. Die Montage – hier im Siemens-Werk in Brande – ist eine große Herausforderung.

tionen von den Sensoren zu erhalten und entsprechend reagieren zu können; notwendige Prozessanpassungen übernehme im Falle von Abweichungen der Mensch. „Durch Verknüpfung der Anlagen mit einer Datenebene wäre ein schnellerer Rückfluss und eine höhere Produktionsgeschwindigkeit möglich. Deshalb denken wir derzeit über Digitalisierung nach“, sagt Wittor.

Die Grenzen der Manufaktur

In der Rotorblatt-Produktion müssen sich die Hersteller ähnlichen Herausforderungen stellen. Die Flügel werden immer länger und mit zusätzlichen Funktionen ausgestattet – wie kann dabei weiterhin eine hohe Reproduzierbarkeit und Qualität erreicht werden? Der Mensch dürfte in der Blattproduktion allmählich an seine Grenzen stoßen, etwa wenn es darum geht, die mittlerweile mehr als 80 Meter langen und bis zu sieben Meter tiefen Blattschalen mit Glasfasergelegen zu bestücken. Andererseits haben Maschinen und Roboter hohe Anforderungen an Form, Lage und Klimabedingungen. Sie müssen deshalb mit Prüf- und Messtechnik kombiniert werden, um Toleranzen sicher einhalten zu können, was hohe Anschaffungskosten bedeutet. Eine einheitliche Rotorblatt-Fertigungsstrategie

hat sich in der Windbranche daher noch nicht entwickelt.

Dennoch zeichnet sich ein Trend ab, der am ehesten als Automatisierung mit Augenmaß bezeichnet werden könnte. „Auch mit Low-Cost-Automation kann man große Schritte machen“, sagt Harry Oortwijn, Leiter der Geschäftseinheit Rotorblätter bei Nordex. Bei dem Unternehmen, das für seine Onshore-Maschinen Flügel mit bis zu 65,5 Metern Länge fertigt, helfen Roboter bereits bei Arbeitsgängen, bei denen es auf eine hohe Wiederholgenauigkeit ankommt: beim Lackieren der Blätter und beim Einsetzen der Blattanschlussbolzen. Weitere Automatisierungsschritte würden geprüft, sagt Oortwijn. „Vor allem bei der Qualitätsprüfung, die bei uns bisher visuell erfolgt, könnte Kamera- und Bildverarbeitungstechnik künftig eine größere Rolle spielen.“

Wissenschaftler unterstützen die Industrie in diversen Forschungsprojekten dabei, ihre Blattproduktion weiter zu optimieren. Im Projekt Blademaker, das bis 2017 läuft, widmen sie sich nach Angaben von Roman Braun, Forscher am Fraunhofer Iwes, zwei zentralen Fragestellungen: Wie lässt sich ein direkter Formenbau umsetzen, und lassen sich weitere Prozesse industrialisieren?

Bisher werden Fasergelege per Hand auf ein Urmodell drapiert und mit Harz getränkt, um ein Formwerkzeug herzustellen. Das Urmodell entspricht in seiner Geometrie dem späteren Rotorblatt und gibt dem Formwerkzeug die benötigte Kontur. „Wir wollen die Herstellung des Urmodells einsparen und die beiden Hauptformhälften direkt herstellen. Dadurch rechnen wir mit einem Zeitgewinn von drei bis vier Monaten“, sagt Braun. Außerdem wollen die Forscher in Bremerhaven herausfinden, ob es wirtschaftlicher ist, die Faserhalbzeuge maschinell im Formwerkzeug zu platzieren und das Schleifen der Blätter in der Endbearbeitung einer Maschine zu überlassen. „Wir schätzen, dass durch diese und weitere Maßnahmen die Blattproduktion um bis zu zehn Prozent günstiger werden kann“, so der Iwes-Experte.

Langfristig könnten sich in der Blattproduktion sogar ganz neue Verfahren wie die additive Fertigung durchsetzen, der auch der 3-D-Druck zuzuordnen ist. In den USA arbeiten verschiedene Institute und der Rotorblatt-Hersteller TPI Composites in einem vom US-Energieministerium geförderten Projekt an einem Prozess für gedruckte Flügelformen. Der Fokus richtet sich dabei auf die Weiterentwicklung einer

Maschine, die die Formen aus polymerem Material auf Basis von digitalen Daten produziert. Auf diese Weise soll die Produktion deutlich schneller und günstiger werden. Ob die gedruckten Flügel jedoch auch stabil genug sind,

ist eine andere Frage. Um dies zu testen, haben die US-Entwickler eine Turbine

mit 13 Meter langen Testflügeln ausgestattet. Erste Ergebnisse seien Ende dieses Jahres zu erwarten.

Und wie können die Anbieter von Betriebsausstattung mit ihrem Equipment dazu beitragen, effizientere Produktionen zu ermöglichen? In vielen Fällen ist das noch schwierig, weil die Anforderungen an die Betriebsausstattung von Kunde zu Kunde unterschiedlich und sehr individuell sind. Das Problem zeigt sich etwa bei der Firma Tools for Composite (TFC), die Formen und Großbauteile aus Faserverbundwerkstoffen herstellt und

zudem Strukturreparaturen an Rotorblättern anbietet. Flügelformen von der Stanze anzubieten, verbiete sich, weil bei den Formen zur Rotorblattfertigung die erwünschte Stückzahl der Blätter maßgeb-

lich ist. „Entsprechend dieser Vorgabe lässt sich die Oberfläche der Form gestalten

und anhand der verwendeten Materialien die Lebensdauer der Form beeinflussen“, sagt Norman Decker, TFC-Geschäftsführer Betriebstechnik. Auch bei den Komponenten wie Harzen oder Glasfasern seien schnelle Lieferzeiten schwierig. „Wir müssen uns bei der Fertigung streng an die vom Auftraggeber für die Produktion freigegebenen Materialien halten, selbst wenn wir vergleichbare Werkstoffe auf Lager hätten, die ebenfalls den Anforderungen genügen würden.“ Das führe zu einem relativ umfangreichen Materialbestand und dazu, dass TFC mit vergleichsweise hohen Kosten für sei-

nen Lagerbestand kalkulieren müsse, sagt Decker.

An anderer Stelle trägt modernes Equipment bereits zu Effizienz- und Qualitätssteigerung bei. Ein Beispiel liefert der Industrie-4.0-fähige elektronische Drehmoment- und Drehwinkelschlüssel „E-Torc Q“ der Firma Gedore. Dieser schraubt nicht nur, sondern misst und analysiert die Schraubprozesse und visualisiert diese direkt auf einem Display am Schlüssel oder mithilfe einer speziellen Software auf Smartphone oder PC. So ermöglicht E-Torc gleichzeitig die Überwachung und Dokumentation von Schraubprozessen, was angesichts steigender Qualitätsanforderungen und strenger gesetzlicher Regelungen zu Produkthaftung und Gewährleistung immer wichtiger wird. Auch die Beispiele aus dem Bereich der Betriebsausstattung zeigen: Es gibt Materialien und Hilfsmittel für moderne Produktionen. Allein ihr Einsatz ist angesichts individueller Fertigungen und fehlender Standards noch schwierig. ◀

„Wir schätzen, dass die Blattproduktion um bis zu zehn Prozent günstiger werden kann.“

Roman Braun, Fraunhofer Iwes