



FORTSCHRITTLICHES POLYURETHANHARZ FÜR DIE ROTORBLÄTTER VON WINDKRAFTANLAGEN

Verbesserte Leistungsfähigkeit bei geringerem
Kostenaufwand

Yongming Gu,
Dr. Guobin Sun, Erika Zhu,
Di Wu, Sean Xiao
Covestro (Shanghai)
Investment Co., Ltd

Dr. Klaus Franken,
Dirk Soontjens
Covestro Deutschland AG

Dr. Roland Stoer,
Heiko Hartfiel
WINDnovation
Engineering Solutions GmbH



VORWORT

Eines der wichtigsten Ziele bei der Entwicklung und Erweiterung der Nutzung erneuerbarer Energien ist die Konzentration auf Technologien und Produkte, von denen auch die Gesellschaft profitiert. Obwohl die Windkraft als Quelle für saubere Energie signifikante Vorteile hat, ist ihr breiter aufgestellter Einsatz mit Herausforderungen bei den Kosten verbunden.

Die vorliegende Abhandlung evaluiert neue Entwicklungen bei der Produktion nachhaltiger Windenergie aufgrund von Fortschritten bei Polyurethanwerkstoffen unter Beachtung des damit verbundenen Ziels – der Verringerung des Kosteneinsatzes bei Windenergie.



WINDKRAFT WETTBEWERBSFÄHIG MACHEN

Covestro ist ein globaler Hersteller von Hochtechnologie-Polymerwerkstoffen für eine Reihe von Branchen und WINDnovation ist ein führender Entwickler von Rotorblättern für Windkraftanlagen im Multi-Megawatt-Bereich. Covestro gab eine Studie zur Evaluierung der potenziellen Vorteile des Einsatzes von Polyurethan (PU) als Laminatmatrix bei Rotorblättern für Windkraftanlagen in Auftrag. Die Unternehmen haben sich zusammengeschlossen, um gemeinsam die Bewertung neuer PU-Werkstoffe für den fortschrittlichen Einsatz bei unterschiedlichen Komponenten von Rotorblättern für Windkraftanlagen durchzuführen. Das Ziel war hierbei die Beurteilung dieser Werkstoffe in Anwendungen, für die eine höhere Geschwindigkeit der Rotorblätter und eine höhere Leistung erforderlich sind, während gleichzeitig die Anforderungen der Branche an eine zukünftige und langfristige Entwicklung erfüllt werden.

Es gehört zu den kritischen Zielen, die „Machbarkeit“ der Windkraft als kostengünstiger und nachhaltiger Energiequelle zu demonstrieren. Um dieses Ziel zu erreichen, ist ein integrierter Ansatz bei der gesamten Wertschöpfungskette mit Produktion, Marketing und Wartungsüberwachung erforderlich. Die aktuelle Forschung und Entwicklungskooperationen weisen darauf hin, dass die Erneuerbarkeit der Windkraft zu einem wichtigen Baustein im weltweiten Energiemarkt werden wird. Dieses Ziel hängt jedoch davon ab, dass Windkraft durch Reduzierung von Elementen oder Verschlankung der Lieferkette wettbewerbsfähiger gemacht wird und dass Ansätze entwickelt werden, mit denen durch Innovation eine höhere Energieleistung erzielt wird.

Der Trend zu längeren Rotorblättern hat zur Innovation bei der Entwicklung neuer Werkstoffe geführt, um die damit verbundenen Anforderungen zu erfüllen. Werkstoffseitig liegt ein wesentlicher Fokus der Forschung auf leichteren Rotorblättern. Dementsprechend ist der Rohstoffeinsatz für solche Rotorblätter geringer, was zu einer besseren Produktleistung führt.



Der Trend zu längeren Rotorblättern hat zur Innovation bei der Entwicklung neuer Werkstoffe geführt, um die damit verbundenen Anforderungen zu erfüllen



Ein weiteres Ziel ist eine schnellere und effizientere Produktion, die sich letztendlich auf kürzere Infusions- und Aushärtungszeiten stützt. In Verbindung mit einer minimierten Durchlaufzeit für die Produktion eines vollständigen Rotorblatts ist das Gesamtergebnis für alle vorgenannten Punkte der verringerte Energieeinsatz. Schließlich kann dieses Verfahren zu einer Verbesserung der Luftqualität aufgrund des höheren Anteils an erneuerbarer Energie führen.

So entspricht der Forschungs- und Entwicklungsaufwand einer Reihe der Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (UN SDGs), darunter:



Bezahlbare saubere Energie



Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum



Industrie, Innovation und Infrastruktur



Nachhaltige Städte und Gemeinden



Nachhaltigkeit bei Konsum und Produktion



Maßnahmen zum Klimaschutz

Das Ergebnis sind niedrigere Stromerzeugungskosten (LCOE)¹. Werden die Produktionskosten für Rotorblätter bei geringerem Gewicht und konstanter Leistung in Kombination mit größerer Länge um **10% bis 15%** reduziert, könnten die LCOE weiter verringert werden.

¹ Levelized Cost of Energy (LCOE) stellen ein Maß für eine Energiequelle dar; sie ermöglichen den Vergleich von unterschiedlichen Methoden der Stromerzeugung auf einer konsistenten Basis.

Form und Größe der Rotorblätter für Windkraftanlagen werden von der aerodynamischen Leistung bestimmt, die zur effizienten Gewinnung von Energie aus Wind erforderlich ist, sowie durch die Stärke, die benötigt wird, um den auf die Rotorblätter wirkenden Kräften zu widerstehen. Beim letztgenannten Punkt könnte ein stärkerer Werkstoff zum Einsatz kommen.

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Längen und Massen von Rotorblättern über die letzten Jahre.

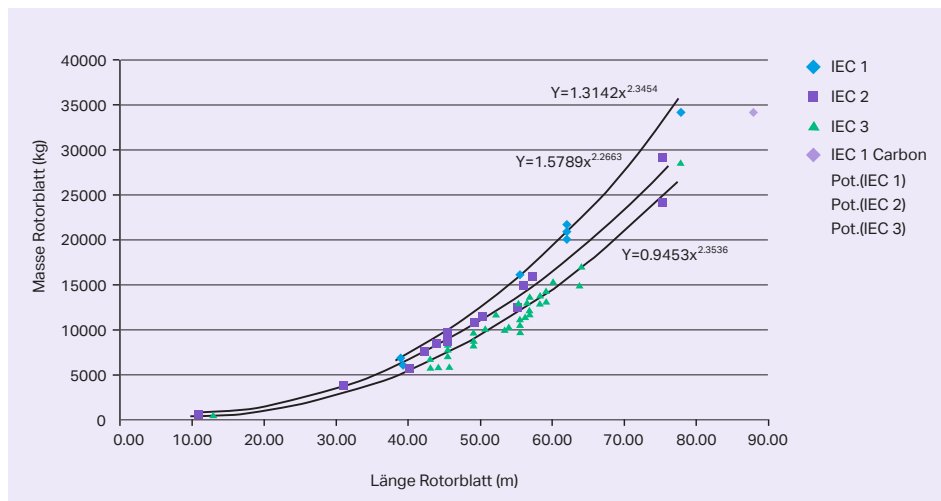


Abbildung 1 Globaler Trend Länge und Masse von Rotorblättern (Quelle: WINDnovation)

Bei modernen Rotorblattkonstruktionen sind Steifigkeit in Verbindung mit Druckfestigkeit und Ermüdungseigenschaften die wichtigsten Parameter. Bei Entwicklern und Herstellern von Rotorblättern sind alle Entwicklungen willkommen, die die Grenzen der vorhandenen Glaslaminate/Epoxydharzlaminate erweitern.

In den vergangenen Jahren sind Herausforderungen für die bauliche Konstruktion von Rotorblättern identifiziert worden:

- **Schlanke Rotorblätter bieten nur einen sehr beschränkten Innenraum zur Unterbringung der Rotorblattstruktur.**
- **Zur Verringerung der Lasten und Minimierung der Kosten sollte die Masse des Rotorblatts so gering wie möglich sein.**
- **Bei langen, schlanken Rotorblättern bestehen häufig Probleme beim Abstand von der Rotorblattspitze zum Windkraftturm, was den Einsatz von Hochleistungs-Glas- und Kohlefasern und ausgefeilten Analyseverfahren erforderlich macht.**



Windkraftrotorblätter machen

20–25%

der Kosten für Windkraftanlagen aus

FORSCHUNG UND NEUE WERKSTOFFE ALS ANTRIEB FÜR ENTWICKLUNG UND FORTSCHRITT

2009 begann Covestro mit Hilfe einer Förderung des US-Energieministeriums (Department of Energy (US DoE)) mit der Forschungsarbeit an einer innovativen Polyurethanlösung (PU), um eine wichtige Herausforderung für die zukünftige Entwicklung der Windkraftindustrie zu überwinden. Vor dem Hintergrund der Wachstumstrends bei der Windkraft in China und Europa sind diese Bemühungen sicherlich vielversprechend. Windkraftrotorblätter machen 20 bis 25 Prozent der Kosten für Windkraftanlagen aus, eine Kostenverringerung bei den Rotorblättern kann somit zu geringeren LCOE in der Windindustrie beitragen.

Der Fortschritt bei der Entwicklung begann in der PU-Harzchemieforschung und reicht bis zur Entwicklung des PU-Infusionsverfahrens. Das erste kommerzielle Produkt wurde 2019 vorgestellt. Ein signifikanter Bestandteil der Forschung im Zusammenhang mit diesem Durchbruch wurde von Covestro und den Partnern in der gesamten Wertschöpfungskette der Windkraftindustrie durchgeführt. Dazu gehörten Hersteller von Windkraftanlagen und Rotorblättern, ein Maschinenproduzent und WINDnovation, ein Entwickler von Rotorblättern.

Eine entscheidende Entwicklung beim Fortschritt der Rotorblatttechnologie ist dem Einsatz von Polyurethanharzen (PU-Harzen) zu verdanken. Da eine leichte Bauweise längere Rotorblätter ermöglicht, können mit den neuen Harzen neue und essenzielle Konstruktionsanforderungen erfüllt werden. WINDnovation war zunächst daran interessiert, die Konstruktion der Rotorblätter durch Ausnutzen der Eigenschaften und Vorteile von PU zu verbessern. Wie in der vorliegenden Abhandlung festgestellt, ist PU-Harz für die Herstellung von Rotorblättern für Windkraftanlagen geeignet und bietet dabei Kostenvorteile.

Um die Montage zu erleichtern, kann PU sowohl als Austauschwerkstoff für ein anderes Infusionsharz dienen oder auch für die gesamte Konstruktion eingesetzt werden, um die Gesamteinsparungen zu maximieren. Covestro arbeitet zurzeit mit WINDnovation zusammen, um die Summe der Konstruktionsvorteile und Möglichkeiten für den Einsatz des PU-Harzes zu berechnen.

Abbildung 2 zeigt eine Windkraftanlage im Datang-Windpark im Norden Chinas. Das 55,2 m lange Rotorblatt mit einem Holmgurt und einem Scherstieg aus PU ist seit Oktober 2018 in Betrieb. Die zugehörige Kurve zeigt die von der Anlage bis Mitte Mai 2019 erzeugte Energie in kWh.

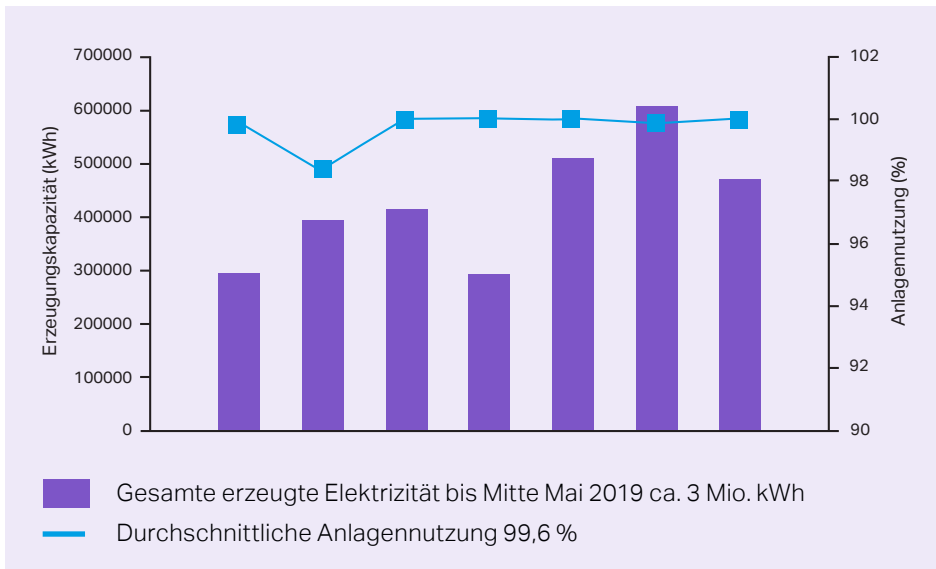


Abbildung 2 Diese Windkraftanlage mit Rotorblättern aus PU läuft trotz hoher Auslastung weiterhin



AGILE GESTALTUNGSFÄHIGKEIT UND DEREN VORTEILE

Das neue PU-Harz bietet Vorteile im Hinblick auf schnelle Infusions- und Aushärtungsleistung bei der Produktion der Verbundstoffe mit sehr langen Fasern, die bei Rotorblättern zum Einsatz kommen. Die Anfangsviskosität von PU-Harz ist sehr niedrig, was eine schnelle Infusion bei der Produktion der Rotorblätter begünstigt.

Abbildung 3 zeigt, dass die Viskosität von PU-Harz bei 25 °C nur 58 mPas beträgt und damit signifikant niedriger ist, als die von konventionellem Epoxyd-Infusionsharz.

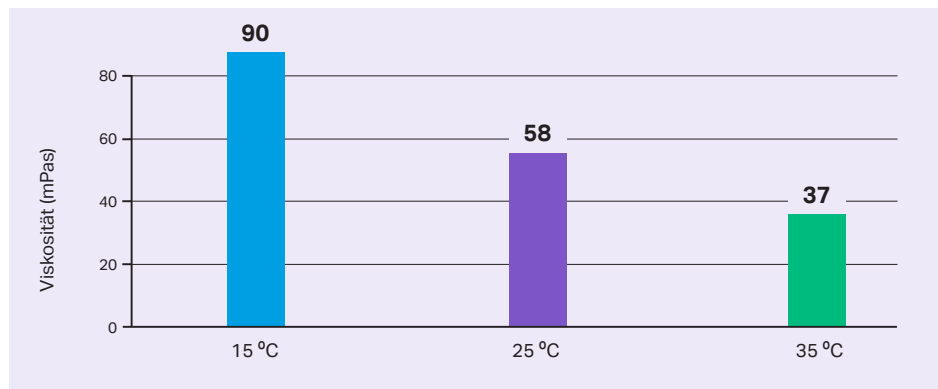


Abbildung 3 Anfangsviskosität bei unterschiedlichen Temperaturen

Unter denselben Bedingungen verfügt Polyurethanharz über bessere Fließeigenschaften als Epoxydharz, dank seiner Niedrigviskosität, die zu einer höheren Infusionsgeschwindigkeit führen kann. Abbildung 4 zeigt, dass die Viskosität von PU-Harz nach der Mischung nach 140 Minuten bei 25 °C nur 600 mPas beträgt und damit für die Produktion großer Rotorblätter geeignet ist. Insbesondere der ersten 90 Minuten bleibt die Viskosität von Polyurethan unter 300 mPas. Damit erfolgt die Infusion von PU bei der Produktion von Rotorblättern deutlich schneller als bei konventionellem Epoxyd-Infusionsharz.

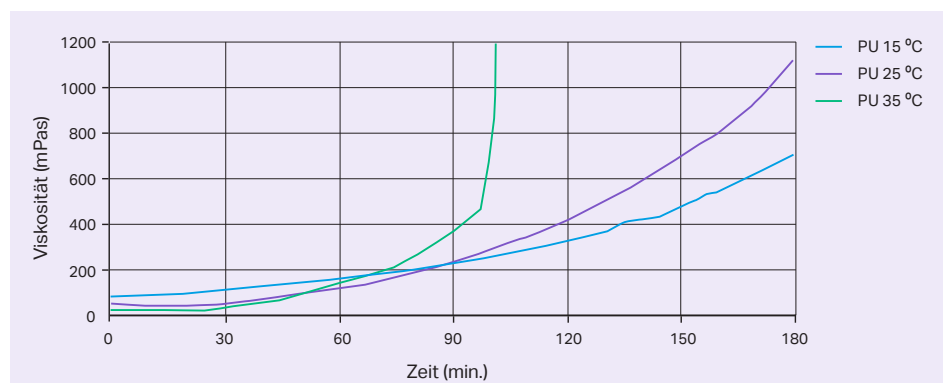


Abbildung 4 Viskositätskurven bei unterschiedlichen Temperaturen

Das Aushärtungsverhalten des Polyurethanharzes bietet zusätzliche Vorteile. Eine fast vollständige Aushärtung kann in weniger als vier Stunden bei 80 °C erzielt werden und die Vorhärungszeit kann sogar noch kürzer sein und bietet damit das Potenzial zur Einsparung wertvoller Verarbeitungszeit.

Hauptvorteile von PU-Harz:

- ✓ Niedrigviskosität
- ✓ Höhere Infusionsgeschwindigkeit
- ✓ Kürzere Aushärtungs- und Vorhärungszeit

Die Infusion von PU bei der Produktion von Rotorblättern erfolgt deutlich schneller als bei konventionellem Epoxyd-Infusionsharz

ZUSAMMENFASSUNG DER ROTORBLATTEIGENSCHAFTEN

Als Teil der von WINDnovation durchgeführten Benchmark-Studie wurden verschiedene Rotorblatteigenschaften evaluiert. Diese Evaluierungen basierten auf der Rotorblattbauform SR552-2.

Werkstoffdaten. PU-basierter Verbundwerkstoff in Kombination mit dem PU-Infusionsverfahren führt zu höheren Faser-Matrix-Verhältnissen, die potenziell überlegene mechanische Eigenschaften im Vergleich zu konventionellen, auf Epoxydharz basierenden Verbundwerkstoffen bieten, wodurch das Potenzial zur Reduzierung der Rotorblattmasse besteht (Abbildung 5). WINDnovation führte Analysen anhand zweier Szenarien durch: (a) Eins-zu-eins-Austausch des Harzes ohne jede Optimierung und (b) strukturelle Optimierung durch Ausnutzung der Vorteile der mechanischen Eigenschaften durch den Einsatz von PU.

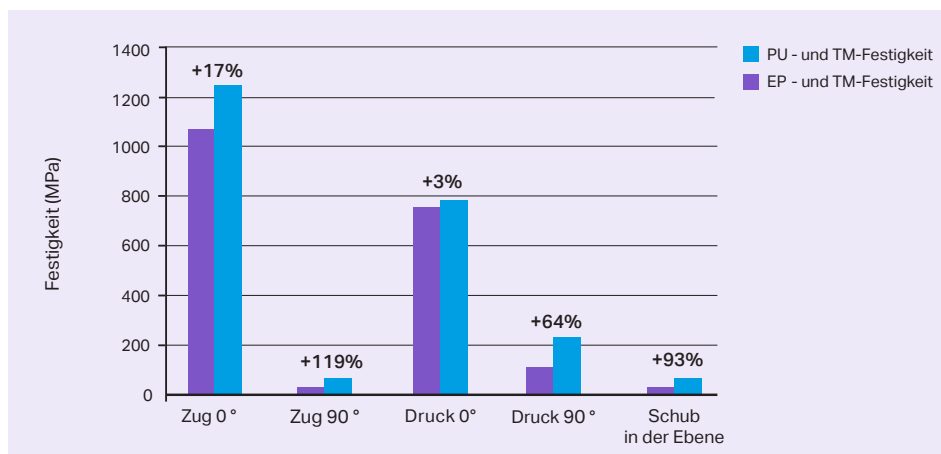
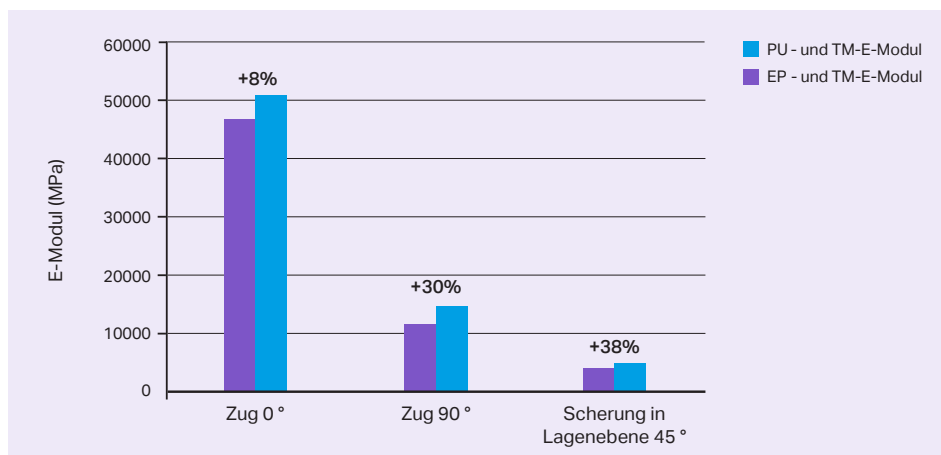


Abbildung 5 Vergleich der mechanischen Eigenschaften (EP: Epoxydharz, PU: Polyurethanharz, TM: TM-Glasfaser von CPIC)



Zur Massenreduktion müsste die Rotorblatt-Struktur anhand der neuen Festigkeitseigenschaften angepasst werden

Strukturelle Konfiguration. Bauform PU-1:1 (Eins-zu-eins Austausch des Harzes ohne Optimierung) verfügt über dieselbe strukturelle Konfiguration wie das ursprüngliche Rotorblatt SR552-2, das EP-Harz wird jedoch beim gesamten Rotorblatt durch PU-Harz ersetzt. Das Ergebnis ist eine Rotorblattkonstruktion mit niedrigerer IFF-Material-Anstrengung, geringerer Durchbiegung und erhöhter Stabilität. Zur Massenreduktion müsste die Rotorblattstruktur anhand der neuen Festigkeitseigenschaften angepasst werden. Dies ist die Aufgabe der Bauform PU-opt (Strukturoptimierung durch Ausnutzung der Vorteile der mechanischen Eigenschaften von PU), hauptsächlich durch Reduzierung der Holmgurtschichten und Anpassung des Layup am Fuß, um einen schlüssigen Vergleich zu ermöglichen.

Abbildung 6 zeigt die Schichtenverteilung entlang des Rotorblatts.

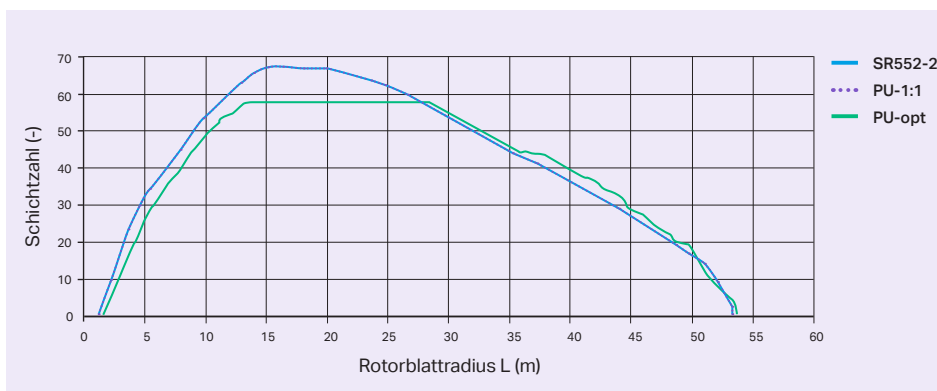


Abbildung 6 Verteilung der Holmgurtschichten



Gewicht Rotorblatt Berechnungen zeigen, dass das Gewicht des Rotorblatts zunächst aufgrund des direkten Harzaustauschs um 1,1 Prozent verringert werden kann, wobei die erforderliche Stärke beibehalten wird. Abbildung 7 zeigt, dass das Gewicht des Rotorblatts mit der PU-opt Rotorblattkonstruktion um bis zu 5,0 Prozent reduziert werden kann.

Beschreibung			SR552-2	PU-1:1	PU-opt
UD Holmgurt	Masse Holmgurt	(kg)	5074,7	4913,7	4700,0
	Massendifferenz	(kg)	-	-161,0	-374,7
	Massendifferenz	(%)	-	-3,2%	-7,6%
Laminat (Hülle, Root)	Masse Laminat	(kg)	4502,1	4565,4	4354,0
	Massendifferenz	(kg)	-	+63,3	-148,1
	Massendifferenz	(%)	-	+1,4%	-3,2%
Rotorblatt (einschließlich weiterer Komponenten)	Masse	(kg)	11179,1	11058,8	10621,9
	Massendifferenz	(kg)	-	-120,3	-557,2
	Massendifferenz	(%)	-	-1,1%	-5,0%

Abbildung 7 Vergleich der potenziellen Gewichtsverringering

Durchbiegung Rotorblatt. Mit steigender Rotorblattlänge bei einer vorgegebenen Belastbarkeit wird die Durchbiegung des Rotorblatts immer entscheidender. Dieser wesentliche Konstruktionsparameter ist notwendig, um eine Kollision zwischen den Schaufelspitzen und dem Turm zu vermeiden. Abbildung 8 zeigt einen Vergleich der Werte beim Einsatz von höheren Faser-Matrix-Verhältnissen (FMR). Mit PU als Matrix erfolgt eine erhebliche Verringerung der Durchbiegung bei der Bauform PU-1:1 um 2,1 Prozent. Die sich daraus ergebende Durchbiegung der optimierten Bauform PU-opt bleibt bestehen und ist mit einer Differenz von nur -0,03 Prozent vergleichbar mit der Originalbauform SR552-2.



Mit der PU-opt Rotorblattkonstruktion kann das Gewicht des Rotorblatts um bis zu

5%

reduziert werden

Rotorblatt	Durchbiegung	Differenz
(-)	(m)	(%)
SR552-2	9,162	-
PU-1:1	8,968	-2,1%
PU-opt	9,160	-0,03%

Abbildung 8 Durchbiegungsvergleich

Statisches Moment. Wie in Abbildung 9 gezeigt, sinkt bei reduziertem Rotorblattgewicht auch das statische Moment. Während mit der gewichtsoptimierten PU-opt-Bauform eine Verringerung des statischen Moments von 2,54 Prozent erzielt wird, zeigt bereits die PU-1:1-Bauform nur durch Austausch des Harzes eine Verringerung des statischen Moments um 1,71 Prozent. Eine Verringerung des statischen Moments hat den positiven Effekt, dass die Ermüdungslasten der Anlage verringert und die Betriebszeit bestimmter Komponenten verlängert werden kann.

Rotorblatt	Statisches Moment	
(-)	(kgm)	(%)
SR552-2	1,89E+05	-
PU-1:1	1,86E+05	-1,71%
PU-opt	1,84E+05	-2,54%

Abbildung 9 Vergleich statisches Moment

Zwischenfaserbruch (Interfiber Failure - IFF) Ein IFF ist einer der kritischsten Fehler bei der Konstruktion eines Rotorblatts. Abbildung 10 zeigt die maximalen IFF-Material-Anstrengungen für alle Rotorblattkomponenten für jede Bauform. Die größere Steifigkeit des Holmgurts führt zu einer Lastenumverteilung im Rotorblatt und daher zu einer signifikant reduzierten IFF-Material-Anstrengungen in jeder Komponente der Bauform PU-1:1.

Die signifikante Reduzierung der IFF-Material-Anstrengung stellt gemeinsam mit der optimierten Bauform PU-opt ein positives Ergebnis dar und erhöht damit die Sicherheitsmargen erheblich. Statt 0,98 konnte die IFF-Material-Anstrengung auf 0,87 verringert werden, eine Reduzierung um 11,2 Prozent, die auf noch größeres Optimierungspotenzial hinweist.

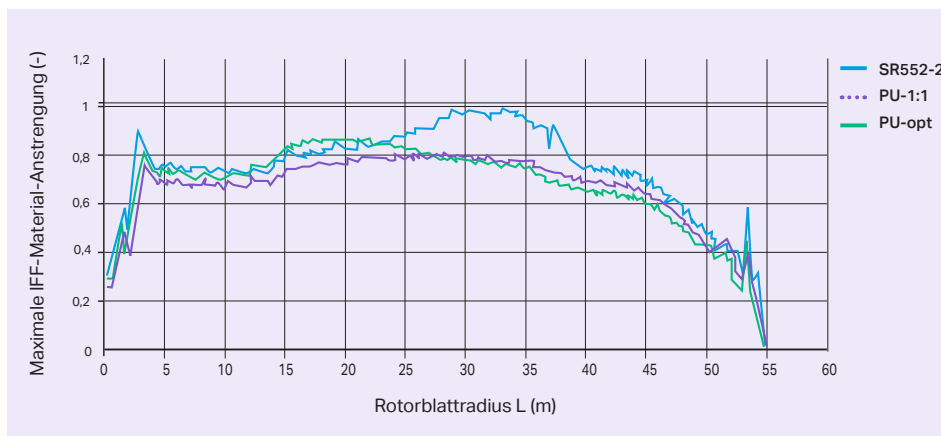


Abbildung 10 Maximaler IFF-Material-Anstrengung



Der Einsatz neuer PU-Lösungen für die Rotorblattkonstruktion trägt dazu bei, Zwischenfaser-Material-Anstrengungen um bis zu

11,2%
zu reduzieren.

FAZIT

Beim Austausch jeder Standard-Laminatlage durch eine PU/TM-Lage in einem 1:1-Szenario (Bauform PU-1:1) kam es zu einer geringfügigen Verringerung des Gewichts des Rotorblatts. Dadurch verbesserten sich die IFF- und Durchbiegungssicherheitsmargen erheblich. Der Effekt auf die Ermüdungsanalyse war eher gering und konnte nicht evaluiert werden, da keine Daten eines Ermüdungstests für den PU/TM-Werkstoff zur Verfügung standen.

Die Durchführung einer Optimierung der Bauform PU-1:1 resultierte in der Bauform PU-opt, bei der das PU den Werkstoffeinsatz für das gesamte Rotorblatt um 5,0 Prozent erheblich verringerte. Ein sehr wichtiges Ergebnis (insbesondere für große Windkraftanlagen) ist die Tatsache, dass diese Massenreduktion zu einer Verringerung der Ermüdungslasten führt. Dies wiederum ermöglicht den Entwicklern nicht nur eine weitere Verringerung der Rotorblattmasse, sondern im Verhältnis auch der Masse weiterer Komponenten der Anlage (und dabei besonders der Nabe). Zusätzlich ermöglicht eine Verringerung der Schichtzahl ein schnelleres und vereinfachtes Infusionsverfahren.

Zusammenfassend war die Optimierung des SR552-2 unter Berücksichtigung der Möglichkeiten des PU-Werkstoffs erfolgreich und führte im Ergebnis zu einem leichteren Rotorblatt.



Zertifizierung

DNV-GL (Abkürzung des Unternehmensnamens „Det Norske Veritas–Germanischer Lloyd“) ist ein globales Unternehmen für Qualitätssicherung und Risikomanagement und führend bei den internationalen Industriestandards für die Sicherheit, Zuverlässigkeit und Leistung von Windkraftanlagen.

Das Polyurethanharz-System von Covestro (Desmodur® 44CP20 / Baydur®78BD085) wurde von DNV genehmigt und zertifiziert. Die Produkte entsprechen den „GL-Klassifikations- und Bauvorschriften II - Werkstoffe und Schweißen Teil 2 – nichtmetallische Werkstoffe“ für die Anwendung als Laminierharz für die Laminatkonstruktion aus faserverstärkten Kunststoffen.

Für die Windkraftindustrie und hier insbesondere für die Hersteller von Windkraftanlagen und Rotorblättern ist die DNV-GL-Zertifizierung ein erster Anhaltspunkt für die Eignung der Eigenschaften und Leistung des Polyurethanharzes von Covestro für den Einsatz als Matrixharz bei der Herstellung von Rotorblättern für Windkraftanlagen.

DNV-GL	
Certificate No: TAK0000054	
Revision No: 1	
TYPE APPROVAL CERTIFICATE	
<p>This is to certify:</p> <p>That the Polyurethane (PUR) Systems</p> <p>with type designation(s) Baydur 78BD085</p> <p>Issued to Covestro Polymers (China) Company Limited Shanghai, China</p> <p>is found to comply with GL Rules for Classification and Construction II - Materials and Welding Part 2 - Non-metallic Materials</p> <p>Application : Laminating resin for construction of laminates made of fibre reinforced plastics.</p>	
<p>Issued at Hamburg on 2017-02-22</p> <p>This Certificate is valid until 2022-02-21.</p> <p>DNV GL local station: Hamburg Materials & Welding</p> <p>Approval Engineer: Guido Michalek</p>	<p>for DNV GL</p> <p>Digital Signed By: Thorsten Lohmann, Thorsten</p> <p>Location: DNV GL Hamburg, Germany</p> <p>Signing Date: 2017-02-28</p> <p>Thorsten Lohmann Head of Section</p>
<p>This Certificate is subject to terms and conditions overlaid. Any significant change in design or construction may render this Certificate invalid. The validity date relates to the Type Approval Certificate and not to the approval of equipment/systems installed.</p>	
Form code: TA 251	Revision: 2016-12
© DNV GL 2014. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS.	

Job Id: 262.1-025393-1	Certificate No: TAK0000054	Revision No: 1		
Product description				
Two component Polyurethane laminating resin				
Approved variants				
- Baydur 78BD085 (Polyol)				
- Desmodur 44CP20 (Isocyanate)				
Type Approval documentation				
- Technical Data Sheet				
- Material Safety Data Sheet				
- Test Report No.B171/16.3 issued byTMA Dresden, dated 2016-11-24				
- Quality assurance/control documentation				
Material Properties				
Properties	Test Method	Baydur 78BD085	Desmodur 44CP20	Unit
Density at 25°C	ASTM D 4669	1.03	1.23	g/cm³
Viscosity at 25°C	ASTM D 4878	30.0 – 70.0	170.0 – 270.0	mPa·s
NCO value	20110248603-94	N/A	29.5-31.5	% by wt.
OH value	ASTM D 4274	320 - 380	N/A	mg KOH/g
Limitation				
The adhesive complies with the applicable requirements of DNV GL and is compatible to the adherends. Any significant changes in design and / or quality of the material will render the approval invalid.				
Assessed production site				
Production of Baydur 78BD085		Production of Desmodur 44CP20		
Guangzhou Covestro Polymers Co. Ltd.		Covestro Polymers (China) Co. Ltd.		
No.10, Dou Tang Road, Yong-He Section Guangzhou Economic and Technologic Development District		82 Muhua Road, Shanghai Chemical Industrial Park		
511356 Guangzhou China		201507 Shanghai China		
Periodical assessment				
A production site with a valid Approval of Manufacturer (AoM) certificate for material in question is exempted from the obligation concerning retention and renewal assessments. For manufacturer without a valid AoM a periodical assessment and at renewal after 5 years is required.				
END OF CERTIFICATE				
Form code: TA 251	Revision: 2016-12	www.dnvgl.com	Page 2 of 2	

Rotorblatttest und -zertifizierung

Das 55,2 m lange Rotorblatt für eine 2 MW Windkraftanlage mit einem Holmgurt und einem Schersteg aus PU hat die Statik- und Ermüdungstests im China General Certification Center (CGC) bestanden. Die Entwicklung des Rotorblatts wurde von WINDnovation durchgeführt und von DEWI zertifiziert.



科思创聚合物（中国）有限公司
WB552-2.0-PU 型风轮叶片
固有频率测试与静力试验检测报告

报告编号	CGC-B-Fnc-2017-062 A/0
合同编号	CGC201746131003
样品编号	SR2.0-WB113-PU-17-001
文件级别	客户酌处

北京鉴衡认证中心
2017年6月




科思创聚合物（中国）有限公司
WB552-2.0-PU 型风轮叶片
疲劳试验（双方向）检测报告

报告编号	CGC-B-Fnc-2017-074 A/0
合同编号	CGC201746131003
样品编号	SR2.0-WB113-PU-17-001
文件级别	客户酌处


北京鉴衡认证中心
2017年10月

DEWI-OCC Offshore and Certification Centre GmbH
Am Speersich 9, D - 27472 Cuxhaven



Evaluation Report
Rotor Blade WB552-2.0-PU

Customer	Covestro Polymers (China) Company Limited 52 Muihua Road, Shanghai Chemical Industry Park 201507 Shanghai PR, China
Subject	Rotor Blade WB552-2.0-PU
Evaluation Basis	Germanischer Lloyd, "Guideline for the Certification of Wind Turbines", Edition 2010
Designer	WINDnovation Engineering Solutions GmbH
Order Number	11697962
Report Number	R11697962-3 Rev. 1, 2017-08-15

37-OP-1043, Issue 4.0 



Sie würden gerne mehr erfahren?
Kontaktieren Sie unsere Experten!

Marc Schuetze (EMLA)

marc.schuetze@covestro.com

Lisa Donaldson (NAFTA)

lisa.donaldson@covestro.com

Sean Xiao (APAC)

sean.xiao@covestro.com

Alle Informationen und sämtliche technische Unterstützung erfolgen ohne Gewähr (jederzeitige Änderungen vorbehalten). Es wird ausdrücklich vereinbart, dass Sie jegliche Haftung (Verschuldenshaftung, Vertragshaftung und anderweitig) für Folgen aus der Anwendung unserer Produkte, unserer technischen Unterstützung und unserer Informationen selber übernehmen und uns von aller diesbezüglichen Haftung freistellen. Hierin nicht enthaltene Aussagen oder Empfehlungen sind nicht autorisiert und verpflichten uns nicht. Keine hierin gemachte Aussage darf als Empfehlung verstanden werden, bei der Nutzung eines Produkts etwaige Patentansprüche in Bezug auf Werkstoffe oder deren Verwendung zu verletzen. Es wird keine konkludente oder tatsächliche Lizenz aufgrund irgendwelcher Patentansprüche gewährt.

Covestro Deutschland AG
Business Unit Polyurethane
51365 Leverkusen
Germany

covestro.com

