

Ermüdungsbeanspruchte Brettsperrholz-Bauteile am Beispiel eines Turms für Windkraftanlagen

Wooden and wood hybrid towers for wind turbines in the multi-megawatt class

Des éoliennes en bois ou en matériaux hybrides pour des puissances de plusieurs mégawatts

Carlo Schröder
DE-Hannover



Ermüdungsbeanspruchte Brettsperrholz-Bauteile am Beispiel eines Turms für Windkraftanlagen

1. Vision oder Innovation

In·no·va·ti·on

Substantiv [die]

der Vorgang, dass durch Anwendung neuer Verfahren und die Einführung neuer Techniken ein Bereich erneuert und auf den neuesten Stand gebracht wird.

Diese Definition des Begriffs Innovation impliziert bereits einen wichtigen, oft wenig beachteten Aspekt: Sie muss nicht zwingend etwas vollständig Neues sein, sondern kann auch aus einer Erneuerung bisheriger Produkte bestehen. [1] Eine sehr allgemeine, gut verständliche Definition gibt Gustav Bergmann: «Innovationen sind Ideen, die von einer bestimmten Gruppe als neu wahrgenommen und auch als nützlich anerkannt werden.» Apple hat das Telefon nicht erfunden, mit dem iPhone (und daran anschließende Produkte) aber deutlichen Marktanteil gewonnen und auch McDonald's hat nicht den ersten Burger der Welt serviert, sondern aufgrund des Produktions- und Vertriebskonzepts eine deutliche Ertragssteigerung erzielen können.

Die Idee, bekannte Materialien miteinander zu kombinieren, bisherige Verbindungstechniken zu ersetzen und die daraus entwickelten Produkte einem einzigartigen Verwendungszweck zuzuführen, bei dem sie anders als bislang beansprucht werden, ist visionär und innovativ. Die sich ergebenden Nutzenvorteile bei der Verwendung von BSP liegen neben den technischen Vorteilen mit den vorhandenen ökologischen und ermittelten ökonomischen Einsparpotentialen im Vergleich zu konventionellen Lösungen auf der Hand (vgl. Abbildung 1). Dass nun mit «innovatio» (Hingabe zu etwas Neuem) daran gearbeitet werden sollte, die Vision in eine Innovation zu überführen leuchtet ebenfalls ein.

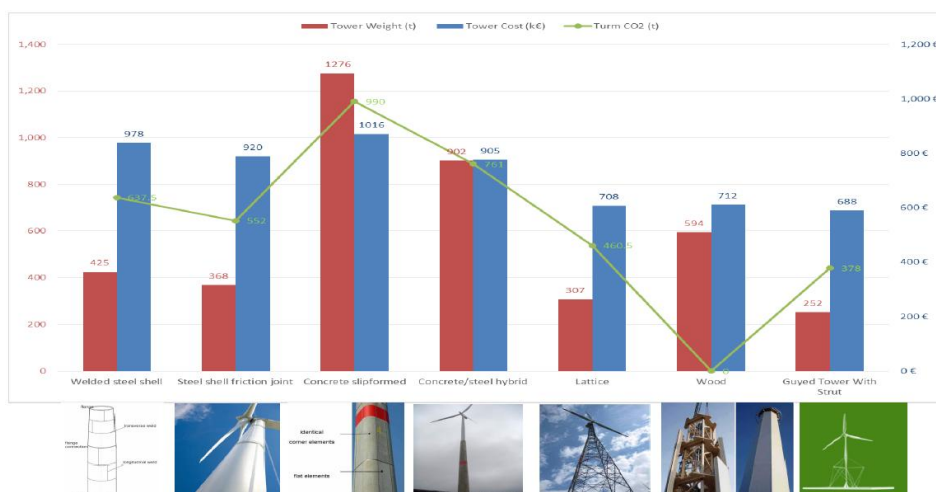


Abbildung 1: Vergleich von Turmkonzepten, WETI Flensburg

Einzelne Stationen auf dem Weg, das Brettsperrholz (BSP) inklusive seiner geklebten Verbindungen für den vorgesehenen Einsatzzweck als Turmmaterial für Windenergieanlagen marktfähig und konsequenterweise ebenfalls wettbewerbsfähig zu machen, werden in diesem Beitrag beschrieben und kommentiert. Der Weg ist, wie man sich vorstellen kann, nämlich weder gehobelt noch geschliffen, sondern als durchaus sägerauh zu bezeichnen.

2. Status

2.1. Eigenschaften des BSP

Sofern das Produkt für eine gewöhnliche Verwendung vorgesehen ist, kann der Verwendbarkeitsnachweis sehr leicht mittels der bestehenden allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) oder der Europäischen Technischen Bewertung (ETA) erbracht werden. Die in den Zulassungen aufgeführten Kennwerte lassen allerdings die Bestrebung vermissen, die vorhandenen technischen Vorteile des BSP bei den etablierten Instituten genehmigt zu bekommen.

Durch das kreuzweise Verkleben der Brettschichtlagen entstehen u.a. Homogenisierungseffekte, die eine Verbesserung der mechanischen Festigkeiten zur Folge haben. Offenkundig existiert am Markt nicht die notwendige Forderung nach Optimierung der Kennwerte, vielmehr scheint die Auslegung der vorhandenen Produkte im jeweiligen Einsatzzweck ohne weiteres möglich. Bei höheren Anforderungen an das Material, welches durchaus im Stande ist, diese zu erfüllen, findet demnach eine Überdimensionierung von Bauteilen statt, die sich direkt auf die Wirtschaftlichkeit des Bauwerks auswirkt.

Beispielhaft ist nachfolgend verkürzt die daraus resultierende Einsparmöglichkeit für einen 100 m hohen Turm für Windkraftanlagen aufgeführt:

- Materialeinsatz: $\sim 400\text{m}^3$ BSP
- Materialkosten: $\sim 375,-\text{€}$ pro m^3
- Angenommenes Optimierungspotential: 10%
- Ersparnis bei Materialreduktion: 15.000,-€

Die durch die Verwendung von BSP im Vergleich zu Vollholz vorhandenen Effekte sollten zusätzlich eine Auswirkung auf die Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffeigenschaften im probabilistischen Sicherheitskonzept haben. Die bessere Kenntnis des Materials kann sich nur günstig auf die Wirtschaftlichkeit eines Produktes auswirken.

Neben den Anforderungen an das Produkt und das Holz werden Anforderungen an den zur Verwendung kommenden Klebstoff gestellt. Die Klebstoffe nach DIN EN 301 für tragende Holzbauteile sind in entsprechenden Listen eingetragen, wobei die Untersuchung von mehr als 90% der Klebstoffe an nur einem Institut durchgeführt wird. [2]

2.2. Ermüdungsberechnung

Mit der DIN EN 1995-2:2010-12 [3] ist ein aktueller Ersatz für die DIN 1074:2006-09 [4] gegeben, wobei die Definition des Anwendungsbereichs in den Normen leicht differiert:

- DIN 1074:
Dieses Dokument gilt für die Berechnung und Konstruktion hölzerner Brücken. Es gilt auch für Brücken zu vorübergehenden Zwecken sowie für hölzerne Bauteile bei Brücken in Mischbauweise; es gilt ebenfalls für Dachtragwerke, die Teile des Haupttragwerkes der Brücke sind.
- DIN EN 1995-2:
Die EN 1995-2 enthält allgemeine Grundlagen für die Bemessung und Konstruktion der Haupttragwerksteile von Brücken, nämlich Tragwerksteile, die wichtig für die Zuverlässigkeit der ganzen Brücke sind. Dabei sind die Haupttragwerksteile aus Holz, Holzwerkstoffen, Holz im Verbund mit Beton, Stahl oder anderen Baustoffen hergestellt.

Der Anwendungsbereich erstreckt sich nunmehr nicht ausschließlich auf die Bemessung hölzerner Brücken, sondern der Haupttragwerksteile. Der Ermüdungsnachweis im entsprechenden Anhang ist allerdings in der DIN 1074 mit «Ermüdungsnachweis für Holz, Holzwerkstoffe und Holzverbindungen» allgemeiner überschrieben. Obschon die Nachweise sich im Laufe der Jahre nicht grundlegend geändert haben, die Bemessung für unterschiedliche Bauteile und Beanspruchungsarten aufgezeigt wird und auf der konservativen Seite liegen [5], sind die Ermüdungsnachweise lediglich unter einem informativen Anhang zu finden. Mangels Notwendigkeit, für herkömmliche Bauwerke einen genaueren Ermüdungsnachweis führen zu müssen – unabhängig von der Diskussion, ob

die Anwendbarkeit eines Nachweises mit der Palmgren-Miner-Regel für die verzeichneten Materialien ausreichend überprüft ist – wird augenscheinlich bisher eine normative Regelung eines Ermüdungsnachweises nicht angestrebt. Für eine weitere, inhaltliche Beurteilung der Nachweisführung vgl. Kapitel 4.

2.3. Normen und Vorschriften

Im für die Bemessung von Holzbauteilen zu verwendenden Eurocode-5 sind Nachweise für unterschiedlichste Bemessungssituationen dargelegt. Die «nationale Festlegung sicherheitsbezogener Werte» führt allerdings dazu, dass gemeinsam mit der Europäischen Norm (EN) auch nationale Anhangdokumente (NAD) mit alternativen Nachweisverfahren, Angaben einzelner Werte, zusätzliche Regelungen und Erläuterungen Gültigkeit besitzen. Bemerkenswert ist hierbei der Umfang der NAD:

- für die DIN EN 1995-1-1 mit einem Gesamtumfang von 135 Seiten, umfasst das NAD 99 Seiten
- für die DIN EN 1995-2 mit einem Gesamtumfang von 34 Seiten, umfasst das NAD 13 Seiten

Von einer einheitlichen, europäisch harmonisierten Norm kann daher keinesfalls gesprochen werden. Entweder wurden in der EN wesentliche Punkte nicht ausreichend beachtet oder im NAD sind bestenfalls notwendige Erläuterungen vorhanden. Eine einfache Handhabung der EN ist jedenfalls nicht möglich und demzufolge wenig anwenderfreundlich. Abgesehen davon finden sich bei einzelnen Punkten wie z.B. dem Definitionsversuch von Nutzungsklassen noch immer keine eindeutigen Regelungen, die nicht mehr erklärungsbedürftig wären.

Für den Fall, dass eine normative Regelung für den vorgesehenen Verwendungszweck eines Produkts nicht bzw. nicht ausreichend existiert, ist ein Verwendbarkeitsnachweis erforderlich. Dieser kann z.B. über das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) durch eine abZ oder eine ETA erbracht werden, wobei das Verfahren zwar grundlegend beschrieben, im Detail allerdings verbesserungswürdig ist, vgl. Kapitel 4.

Die Wirtschaftlichkeit von Bauprodukten und auch deren Marktzugang kann deutlich von den Anforderungen der Zulassungsstellen beeinflusst werden. Dass dies der Fall ist, wird durch das Urteil des Europäischen Gerichtshofs [6] bestätigt, wobei ein Verstoß der Bundesrepublik Deutschland gegen die Bauproduktenrichtlinie gesehen wurde. Es wurden zusätzliche Anforderungen mit Verweis auf die Bauordnungen der Bundesländer an die Verwendung dreier Bauprodukte gestellt, die von harmonisierten Normen erfasst wurden und mit CE-Kennzeichnung versehen waren.

Die Umsetzbarkeit einer Idee und die damit verbundene Herstellung eines marktfähigen und marktgängigen Produkts wird maßgeblich durch die vorhandenen Normen, Richtlinien und Zulassungsverfahren beeinflusst. Für die Bewertung des Verfahrens für die Anwendbarkeit des BSP im Verwendungszweck für Türme für Windkraftanlagen vgl. Kapitel 4.

3. Erneuerung

3.1. Ermüdungsbeanspruchtes BS

Der aus den abZ zitierte nüchterne Satz

«Die Anwendung darf nur in Bauwerken mit vorwiegend ruhenden Verkehrslasten gemäß DIN 1055-3 erfolgen» [7], [8]

hat zur Folge, dass die Verwendung der allgemein bauaufsichtlich zugelassenen Brettsperrhölzer für den Einsatz bei Türmen für Windkraftanlagen aus Sicht deutscher Zulassungsbehörden unmöglich wird. Eine Beeinträchtigung der Verwendung bei Holzbrücken hingegen sei nicht gegeben. Die Verwirklichung der Idee und die Umsetzung der Innovation geraten somit in Gefahr. Als Lösungsmöglichkeiten existieren (u.a.)

- Erweiterung der bestehenden Zulassungen um die Beanspruchbarkeit bei nicht vorwiegend ruhenden Verkehrslasten

- Durchführung von Dauerschwingversuchen zur Ermittlung charakteristischer Material- und Festigkeitskennwerte z.B. zur Bewertung der Schubfestigkeit nach [8] und Beantwahrung einer Zustimmung im Einzelfall (ZiE) für die Verwendung und Nachweisführung mit den ermittelten Kennwerten
- Verwendung des Produkts nach Norm mit Eigenschaften für verklebtes Vollholz

Keine der vorgenannten Optionen ist im Sinne der Herstellung und Schaffung eines marktfähigen Serienproduktes wirtschaftlich umsetzbar, sei es aufgrund umfangreicher Testreihen, unklarer Verfahrenswege oder nicht ausgenutzter technischer Vorteile des Materials.

3.2. Ermüdungsbeanspruchte verklebte Verbindungsmittel

Im Gegensatz zum Einsatz des BSP für einen neuen Verwendungszweck ist die Verbindung von BSP-Bauteilen mit eingeklebten, gelochten Stahlblechen eine Produkt-Neuerung.



Abbildung 2: Laborversuch zur Visualisierung des Klebstoff-Fließverhaltens bei der Lochblechverklebung

Da weder normative Regelungen für die Bemessung des Verbindungsmittels bestehen, noch ein Verwendbarkeitsnachweis vorliegt, waren zahlreiche Untersuchungen notwendig. Anhand dieser Untersuchungen konnte die Bemessung sowohl im Grenzzustand der Tragfähigkeit als auch der Gebrauchstauglichkeit auf Basis der Regelungen im Eurocode-5 Teil 1-2 entwickelt und gutachterlich bestätigt werden. Mittlerweile existiert eine Zulassung für das Holz-Stahl-Klebeverbindungssystem (HSK-System), die allerdings nicht auf die Verwendung der Lochbleche bei Türmen für Windkraftanlagen im Speziellen abzielt.

Die Auslegung der geklebten Verbindung erfolgte gemäß der Anforderung, dass bei ungleichmäßiger Beanspruchung ein Versagen im Stahlteil auftritt. Diese im Holzbau übliche, konservative Vorgehensweise führt dazu, dass zwar eine Bemessungsvorschrift etabliert werden konnte, die Leistungsfähigkeit der Verbindung hingegen nicht im vollen Umfang zur Geltung kommt. Die Abminderung der Zugtragfähigkeit der Verbindung beträgt immerhin ca. 14%. Das unmittelbar aus den Untersuchungen folgende Ergebnis war, dass mit den in Holz eingeklebten Stahlteilen die Wöhlerlinie für einen Kerbfall aus dem Stahlbau eingehalten werden konnte.

Auch hier ist erkennbar, dass u.a. Restriktionen in normativen Regelungen und (angeblich) mangelnde Kenntnis der Materialien zumindest indirekt für eine Beeinträchtigung der Wirtschaftlichkeit des Verbindungsmittels sorgen. Abhilfe könnte z.B. eine abZ für den besonderen Einsatzzweck schaffen, vgl. hierzu Kapitel 4.

3.3. Ermüdungsbeanspruchte Verklebung

Die Verwendung des allgemein bauaufsichtlich zugelassenen 2K-PUR Klebstoffsystems [10] birgt ähnliche Probleme wie die Verwendung des BSP: die Anwendung für nicht vorwiegend ruhende Belastungen ist nicht abgedeckt. Für den errichteten Turm einer Windkraftanlage konnte mittels einer ZiE die Verwendbarkeit des Klebstoffs für die verklebten Verbindungen unter dynamischer Beanspruchung nachgewiesen werden.

Die Erkenntnis, dass für eine geregelte Verwendung auch für das Klebstoffsystem eine Zulassungserweiterung für nicht vorwiegend ruhende Belastungen erlangt werden müsste, ist nur folgerichtig.

3.4. Herausforderung

Um das Brettsperrholz unter nicht vorwiegend ruhenden Belastungen einsetzen zu können, kann offensichtlich (noch) nicht auf ausreichend Wissen für die Bemessung zurückgegriffen werden. Das Kleben von Holzteilen oder gar metallischen Verbindungsmitteln in Holz, die dynamisch beansprucht werden scheint ebenfalls nicht umfassend untersucht. Da die Verwendung der BSP-Bauteile allerdings von anerkannten Stellen geprüft werden soll, sind Verfahren notwendig, die die Prüfung zur Zufriedenheit der Prüfinstitutionen, des Anwenders und nicht zuletzt den Genehmigungsbehörden ermöglicht.

Es muss für die Anwendung augenscheinlich neues Wissen geschaffen oder bestehende Vermutungen bestätigt werden, was durch eine meist hohe Anzahl an Versuchen (um verschiedene Belastungssituationen beurteilen zu können) geschieht. Die Versuchsergebnisse werden oft in den Kontext der bisher bekannten Normen und Regelwerke gebracht, um einen leicht angepassten Bemessungsvorschlag zu entwickeln. Es bleibt zu vermuten, dass mit diesem Vorgehen der Werkstoff nicht bis an eine aus ökonomischer Sicht vernünftige Grenze heran eingesetzt werden kann.

Wird dem BSP tatsächlich nicht genügend zugetraut? Sind Teilsicherheitsbeiwerte möglicherweise zu konservativ gewählt? Wird mit jedem weiteren Versuch nur ein geringer Fortschritt erzielt?

Bei der Verwendung des BSP als Turmmaterial für Windkraftanlagen ist gewiss, dass die Forschung und das Wissen zu den Alternativmaterialien Stahl, Beton und Stahlbeton nicht aufholbar sind. Die größte Herausforderung besteht somit schlussendlich darin, ein ökonomisch einsatz- und wettbewerbsfähiges Produkt mit all seinen positiven Eigenschaften zu erhalten bzw. für den genannten Einsatzzweck genehmigt zu bekommen.

4. Umsetzung

4.1. Herstellung und Montage

Um dem Dilemma der Verwendung des BSP in einer formal aussichtslosen Bemessungssituation zu begegnen, sind verschiedene Ansätze denkbar. Am elegantesten wäre eine Lösung, in der ein normativ erlaubter Weg eingeschlagen werden könnte. Dieser ist mit der Umdefinierung des Brettsperrholzes als kreuzweise verklebtes Vollholz geschehen. Für dieses «neue» Produkt werden einzelne Lagen mit der gewöhnlichen Festigkeitsklasse C24 kreuzweise miteinander verklebt. Mit den schlechteren Eigenschaften des Vollholzes (auf die im Übrigen in den BSP-Zulassungen z.B. für die Zugfestigkeit mit dem Hinweis auf die EN 338 verwiesen wird) werden die Nachweise in allen Zuständen geführt.

Wie bereits angedeutet, sind in den Bemessungsregeln einige Sicherheitsfaktoren aufgeführt, die zumindest bei Verwendung des BSP überdenkenswert wären. Dies sind z.B.:

- der Material-Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,3$
Obschon das BSP Festigkeits-Vorteile gegenüber z.B. Vollholz besitzt, wird noch mit einem Sicherheitsaufschlag von 30% gerechnet. Die statische Tragfähigkeit wird deutlich unterschätzt.
- die Ermittlung des Beiwerts für die Festigkeitsminderung infolge der Anzahl der Belastungszyklen $k_{fat} = 1 - \frac{1-R}{a(b-R)} \log_{10}(\beta N_{obs} t_L)$

Aus der Vorschrift zur Ermittlung des Bemessungswerts der Ermüdungsfestigkeit

$f_{fat,d} = k_{fat} \frac{f_k}{\gamma_{M,fat}}$ folgt mit der o.g. Annahme für k_{fat} , dass der Bemessungswert der

Ermüdungsfestigkeit nie größer wird als die charakteristische Festigkeit für statische Belastung. Als Beispiel sind zur Verdeutlichung drei Wöhlerlinien für $R=0$ für die Anwendungsfälle Biegung/Zug, Druck und Schub mit den zugehörigen Beiwerten für a und b sowie $\beta = 3$ und $N = 1 \cdot 10^0 \dots 1 \cdot 10^8$ dargestellt:

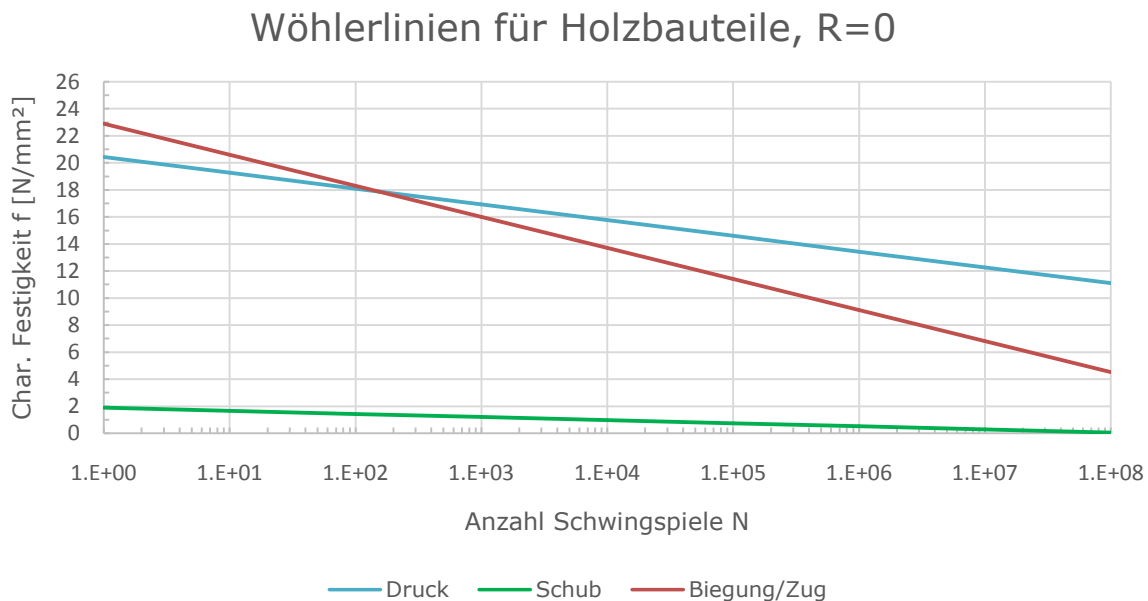


Abbildung 3: Wöhlerlinien nach Eurocode-5 für Holzbauteile bei verschiedenen Beanspruchungen

Dies verhält sich zum einen konträr zu den Wöhlerlinien für andere Baustoffe, aber auch zu den in der DIN EN 61400-2 [11] angegebenen Wöhlerlinien für verleimtes Weichholz. Es handelt sich im Eurocode-5 abermals um einen deutlich konservativen Bemessungsvorschlag - mindestens für den Bereich der Kurzzeitfestigkeit.

- die Einführung eines Beiwerts zur Berücksichtigung der Auswirkungen eines Schadens des betrachteten Tragwerkselements $\beta = 3$

Die Schädigungsberechnung von Bauteilen anhand der Palmgren-Miner-Regel ist als genaueres Nachweisverfahren im Eurocode-5 zugelassen. Sie basiert auf nicht linearen Berechnungen, so dass eine Schädigung für eine übliche Lebensdauer eines Bauwerks berechnet werden kann. Weshalb ein zusätzlicher Faktor, der nur noch ein Drittel der zulässigen Schwingspiele eines Bauwerks zulässt, eingeführt wird, ist erneut nur mit dem Versuch, einen möglichst konservativen Bemessungsansatz zu kreieren, erklärbar.

- die Nicht-Beachtung der Dauerfestigkeitsgrenze für $k_{fat} \leq 0,15$

Die Dauerfestigkeit des BSP wird nicht beachtet. Man könnte die in der DIN 1074 verzeichnete Forderung, dass die Bedingung $k_{fat} \geq 0,15$ erfüllt sein muss, so interpretieren, dass nur ab dem genannten Beiwert für die Ermüdungsfestigkeit überhaupt ein Beitrag zur Schädigung eines Bauteils aus ermüdungswirksamen Beanspruchungen entstehen kann. Dies scheint eine durchaus sinnvolle Überlegung zu sein, die allerdings leider nicht in die Definition von k_{fat} im Eurocode-5 übernommen wurde.

4.2. Untersuchungen

Da für die Ermüdungsbeanspruchbarkeit des BSP bewusst auf die Verwendung normativ geregelter Eigenschaften zurückgegriffen wurde, sind für den Einsatz unter dynamischer Beanspruchung (zunächst) keine genaueren Untersuchungen notwendig.

Der Großteil der Untersuchungen beinhaltet sowohl Kurzzeit- als auch Dauerschwingversuche für die geklebte Stahl-Holz-Verbindung mit genau spezifizierten Lochblechen. Die Untersuchungen mit den Zielen: Bestimmung des Lochbilds, der Zug- und Schubtragfähigkeit sowohl unter Kurzzeit- als auch unter Dauerschwingbeanspruchung. Wie bereits erwähnt wurde die Verbindung derart ausgelegt, dass der Stahl als schwächstes Glied gelten kann. Demnach konnte als Ergebnis der Dauerschwingtests die Bestätigung der Wöhlerlinie des Lochblech-Stahls für einen gewählten Kerbfallerzielt werden.

Zusätzliche Untersuchungen zielten vorrangig auf die Einhaltung der Nutzungsklasse I sowie die Verklebung der BSP-Bauteile ab – hierfür sind zwischenzeitlich weitere Dauerschwingversuche positiv abgeschlossen worden.

Das gewonnene Wissen zum Verhalten der eingeklebten Verbindungen und verklebter Bauteile in verschiedenen Beanspruchungssituationen wurde zunächst firmenintern dazu verwendet, mittels des Instruments ZiE das Bauprodukt bzw. die Bauart in einem Bauwerk verwenden zu können bzw. zu dürfen. Um die allgemeine Anerkennung für die Verwendung des BSP zu forcieren, könnte das vorhandene bzw. neu erworbene Wissen geteilt und notwendige, generelle Themen betreffende Forschungsansätze mit Unternehmen, Forschungsinstituten oder universitären Einrichtungen gemeinsam verfolgt werden.

4.3. Monitoring

Um die erwarteten Eigenschaften des BSP unter realen Bedingungen zu bestätigen, wurde im Turm für Windkraftanlagen ein Monitoring statischer und bauphysikalischer Größen installiert. Die wichtigsten, die Standsicherheit betreffenden Kenngrößen sind hierbei die Bestätigung der 1. Biegeeigenfrequenz des Bauwerks sowie die Aufzeichnung realer Belastungen, um zusätzlich eine Lebensdauerbetrachtung vornehmen zu können. Das geschlossene Bauwerk wurde in die Nutzungsklasse 1 eingeordnet, für dessen Gültigkeit die sich einstellende Holzfeuchtigkeit bei gleichzeitiger Überwachung der Luftfeuchtigkeit und Temperatur mittels elektrischen Widerstandsverfahrens gemessen wird. Ein Auszug der sich einstellenden Holzfeuchte ist nachfolgend aufgeführt:

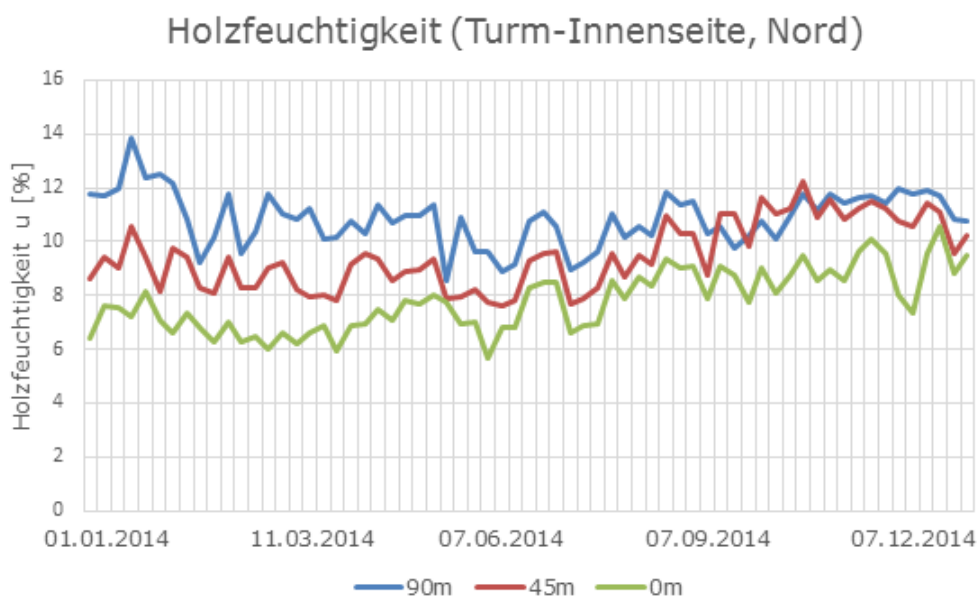


Abbildung 4: Auszug aus dem Ergebnis des Monitorings bauphysikalischer Größen im Holzturm für eine Windkraftanlage

Mit den erzielten Ergebnissen ist die Verwendbarkeit des Brettsperrholzes und der verklebten Verbindungsmittel unter nicht vorwiegend ruhenden, andauernden, wechselnden Belastungen nachgewiesen. Die Bruchfestigkeit unter Extrembelastung, ebenso wie die Dauerfestigkeit der BSP- und Verbindungsbauteile sowie die Steifigkeit der Bauteile sind gewährleistet.

4.4. Nachweis der Verwendbarkeit

Mit den beschriebenen Neuerungen zur Verwendung des BSP ist ein weiterer Verwendbarkeitsnachweis erforderlich geworden. Dieser Verwendbarkeitsnachweis musste mittels einer ZiE erbracht werden, in deren Verlauf ein umfangreiches Gutachten bezüglich der Beanspruchung der verklebten Verbindung, Beurteilung des BSP-Querschnitts und der Verklebung anhand einer Vielzahl von Tests erforderlich wurde. Dieses Vorgehen ist für jede neu zu erteilende ZiE zu erwarten.

Um dem Produkt einen geregelten Einsatz zu ermöglichen, wäre die Lösung anhand einer abZ denkbar und naheliegend. In dieser Zulassung sollte die Einsatzmöglichkeit für

tragende Holzbauteile bei Tragwerken, die auch einer nicht vorwiegend ruhenden Beanspruchung ausgesetzt sind, geregelt sein. Das nationale Zulassungsverfahren zur Erlangung einer abZ am DIBt stellt sich wie folgt dar:

Ablauf des nationalen Zulassungsverfahrens

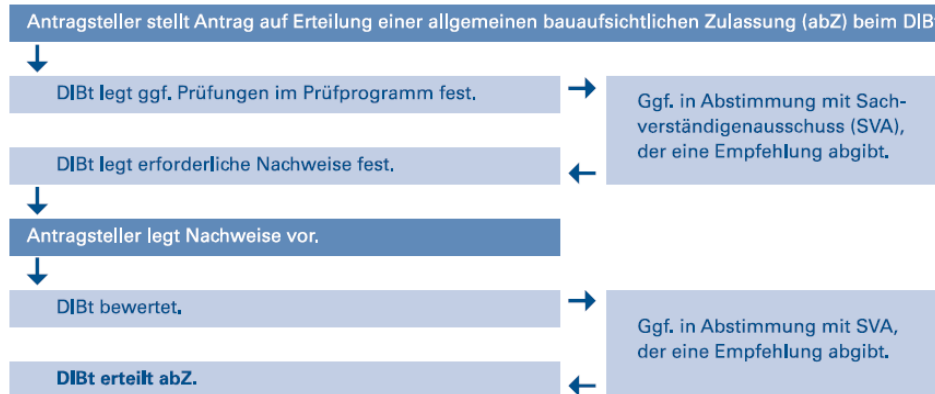


Abbildung 5: Ablauf des nationalen Zulassungsverfahrens, DIBt

Generell ist dieses Verfahren sehr begrüßenswert, wenn es tatsächlich auch wie aufgezeigt umgesetzt würde. Im Detail birgt es aus unternehmerischer Sicht erfahrungsgemäß einige Risiken, die den zeitlichen Ablauf und die Budgetierung unvorhersehbar und unplanbar werden lassen. Eine Verbindlichkeit wird ohne von der Zulassungsbehörde vorgegebenen Anforderungen und Zeitplan nicht geschaffen. In der Praxis legt das DIBt keine konkreten Prüfungen und erforderlichen Nachweise fest, vielmehr wird in dem Sachverständigenausschuss (SVA) umfassend zu einzelnen Zulassungsgegenständen mit dem Ergebnis einer Empfehlung für das DIBt beraten. Der SVA setzt sich aus Sachverständigen aus den Behörden der Länder und des Bundes sowie aus den Bereichen der Wissenschaft und Wirtschaft zusammen. Hierbei drängt sich der Eindruck auf, dass die ausgesprochenen Empfehlungen zu den Vorgehensweisen in vorgelegten Arbeitsplänen, Prüfprogrammen, Nachweisführungen etc. von eigenen wirtschaftlichen Interessen eingefärbt sind. Es besteht somit ein großer Unsicherheitsfaktor für die Antragsteller, was zunächst die Abstimmung des Prüfprogramms und der erforderlichen Nachweis, allerdings auch die Bewertung der Nachweisführung mit Empfehlungen durch den SVA betrifft. Eine kalkulatorische Planung des Zulassungsprozesses ist bestenfalls eingeschränkt möglich.

Wünschenswert wäre ein Prozess, der unter kompetenter Anleitung des DIBt mit eindeutig formulierten, qualitativ und quantitativ bewerteten Forderungen geführt wird. Eine Rückmeldung während des Prozesses und nicht erst in unzumutbaren Zeitabständen ist für ein zielgerichtetes Verfahren ebenso unerlässlich wie eine Fachberatung. Zusätzlich ist die Angabe der Verfahrensdauer aus planerischer Sicht für ein effizientes Zulassungsverfahren notwendig.

Es existieren Beispiele für Abläufe in Zulassungsverfahren, bei denen exakt die vorgeannten Anforderungen erfüllt werden. Erstaunlicherweise werden sie von Unternehmen geführt, die am Markt eine Dienstleistung anbieten und im Wettbewerb stehen. Ein Projektablauf anhand eines Zeitplans, kompetente Anleitung und Begleitung im Verfahren sind gewährleistet und werden durch den Antragsteller selbstverständlich vergütet. So kann in einem geregelten Prozess der angestrebte Verwendbarkeitsnachweis zeit- und kostenkalkulatorisch geplant werden.

Beispielhaft sind für zwei Verfahren, die wohl auch im Hinblick auf die Uneinigkeit der Zulassungsstellen und –Institute für die Erteilung weiterer Zulassungen geschaffen wurden, die Abläufe dargestellt.

– Component Certification des DNV.GL

Für die Zertifizierung von entwickelten Komponenten für Windkraftanlagen bestätigt die Component Certification die Übereinstimmung der Annahmen mit den technischen Anforderungen spezifischer Normen.

– DIN SPEC

Die Abstimmung der Innovation mit dem aktuellen Stand der Technik und das Einbeziehen von Herstellern und Kunden aus dem Marktumfeld münden in der Ausfertigung einer DIN SPEC. Diese kann dank des anerkannten Namens schnell für eine Markteinführung sorgen und Basis für eine neu zu erarbeitende DIN-Norm sein.

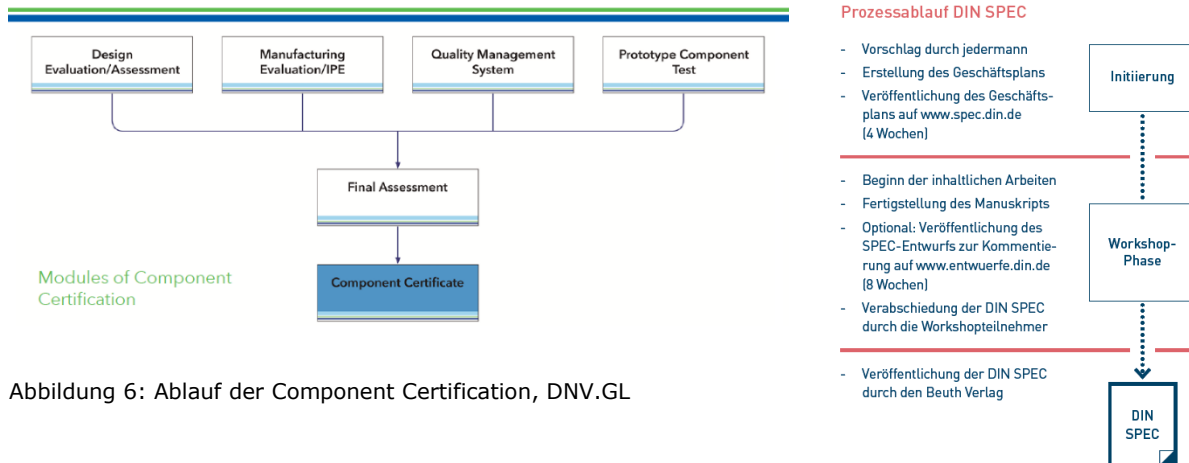


Abbildung 6: Ablauf der Component Certification, DNV.GL

Abbildung 7: Prozessablauf DIN SPEC

5. Nutzensvorteil

Die technischen Vorteile beim Einsatz des BSP als Turmmaterial für Windkraftanlagen und die Verwendung verklebter Stahl-Lochbleche als Verbindungsmittel sind gegenüber dem Einsatz eines Stahlturms enorm. Die hohe Ermüdungsfestigkeit des Holzes sorgt für eine längere Lebensdauer und die hohe Dämpfung hat geringere ermüdungswirksame Schwingspiele zur Folge. Zudem ermöglicht die Verklebung eine starre, duktile Verbindung für ein einfaches Montagesystem. Nach Ende der Nutzungsdauer ist ein unproblematischer Rückbau mit evtl. Wiederverwendung der BSP-Bauteile möglich. Die Speicherung von CO₂ ist in der Zeit klimaverträglicher Stromerzeugung mehr als nur ein positiver Nebeneffekt.

6. Fazit

Im Jahre 2005 wurde der Schweighofer Prize für Brettsperrholz verliehen, im Jahre 2009 ging der Preis u.a. an die Entwickler einer Turmkonstruktion aus BSP für Windkraftanlagen und im Jahre 2013 wurde die Verbindungstechnik von eingeklebten Lochblechen prämiert. Ebenfalls im Jahre 2013 wurde die Turmkonstruktion für Windkraftanlagen mit dem Deutschen Holzbaupreis ausgezeichnet.

Von den Juroren wurden der innovative Ansatz und die große Bedeutung für den Holzbau hervorgehoben. Dieser positiven Resonanz steht ein gefühltes Misstrauen gegenüber, wenn es um die Zulassung oder Genehmigung der Verwendung geht. In unzähligen Testreihen müssen für die Umsetzung der Vision möglichst alle in Frage kommenden Belastungssituationen untersucht und begutachtet werden. Dass es sich bei einer neuartigen Verwendung um Grundlagenforschung handelt, ist durch das nicht ausreichend bekannte und bisher äußerst konservativ berechnete Ermüdungsverhalten des BSP inkl. Klebstoff begründet. Ein langwieriges Verfahren für das Erbringen eines Verwendbarkeitsnachweises, sei es ZiE oder abZ, trägt ebenfalls nicht dazu bei, den Werkstoff Holz in neuen Anwendungen etablieren zu können. Vielmehr ist durch eine nicht planbare Genehmigungssituation überdies eine wirtschaftliche Beurteilung eines Projektes nicht möglich und führt eher zur Verwendung von alt Bewährtem. Wie bereits auf dem 2. Holzbauforum im Jahre 1996 festgestellt, muss die Ökonomie der Ökologie folgen, um am Markt das Augenmerk auf den leistungsfähigen, umweltfreundlichen Werkstoff Holz zu richten.

7. Literatur

- [1] Disselkamp, M. (2005). *Innovationsmanagement*, 1. Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- [2] Otto-Graf-Institut, MPA Stuttgart(2015). *Klebstoffliste I*. Stuttgart
- [3] DIN EN 1995-2 (2010). *Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 2: Brücken*. Berlin: Beuth Verlag
- [4] DIN 1074 (2006). *Holzbrücken*. Berlin: Beuth Verlag
- [5] Flach, M. (2012). *Ermüdungsverhalten von Verbindungen im Holzbrückenbau*. Bad Wörishofen: 2. IHB
- [6] Urteil EuGH (2014). Europäische Kommission./Bundesrepublik Deutschland, C-100/13.
- [7] DIBt, ETA-08/0271 (2014). *CLT-Cross Laminated Timber*. Stora Enso Wood Products Oy Ltd.
- [8] DIBt, ETA-06/0138 (2011). *KLH-Massivholzplatten*. KLH Massivholz GmbH.
- [9] Kreuzinger, R., Sieder, M. (2013). *Einfaches Prüfverfahren zur Bewertung der Schubfestigkeit von Kreuzlagenholz/Brettsperrholz*. Bautechnik 90 (2013), Heft 5.
- [10] DIBt, abZ Z-9.1-707 (2010). *2K-PUR_Klebstoff PURBOND CR 421*. Purbond AG
- [11] DIN EN 61400-2 (2007). *Windenergieanlagen–Teil2: Sicherheit kleiner Windenergieanlagen*. Berlin: Beuth Verlag