

Logistiksysteme in der Automobilproduktion aus Holzwerkstoffen

Dr.-Ing. Ronny Eckardt, Dr.-Ing. Sven Eichhorn

Vortrag auf dem 10. Symposium „Werkstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen“
im Rahmen der naro.tech 2014, Messe Erfurt, 17.09.2014

1 Konzept zur Nutzung erneuerbarer Werkstoffe

Holz hat als Konstruktionswerkstoff für Anwendungen im Maschinen- und Anlagenbau eine lange Tradition, vor allem für Gestelle. Mittlerweile wurde es in fast allen Bereichen durch Metallwerkstoffe, zuerst durch Stähle, später dann auch durch Aluminiumlegierungen, aus seinen angestammten Anwendungsbereichen verdrängt. Aktuell lässt sich eine Umkehr dieser Entwicklung beobachten. Vor allem im Hinblick auf Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit erlebt Holz als Konstruktionswerkstoff eine technische Renaissance. Dabei bietet es gegenüber den konventionellen, im Maschinenbau verwendeten Werkstoffen Vorteile, beispielsweise eine gute Schwingungs- und Geräuschkämpfung sowie eine wesentlich bessere Resistenz unter aggressiven Umgebungsbedingungen. Die im Vergleich zu den Metallen tendenziell besseren spezifisch-mechanischen Eigenschaften (spezifisch: auf die Dichte normiert) lassen zudem das Leichtbaupotential des Holzes erkennen. Als nachteilig empfundene Eigenschaften, beispielsweise seine ausgeprägte Anisotropie oder die sich stark ändernden Materialeigenschaften unter verschiedenen klimatischen Bedingungen (z.B. Quellen und Schwinden unter Feuchteinfluss), lassen sich durch die Verwendung moderner Holzwerkstoffe weitgehend minimieren, ohne dass auf positiv wahrgenommene Eigenschaften (Resistenz, Wärmeleitfähigkeit und -ausdehnung, Optik, usw.) verzichtet werden muss.

Im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtung des Themas „Alternative Rohstoffe in innerbetrieblichen Transportprozessen“ entwickelt die Arbeitsgruppe *Anwendungstechnik Erneuerbarer Werkstoffe* der Professur Fördertechnik an der Technischen Universität Chemnitz gegenwärtig ein Konzept zur Substitution energieintensiver Metalle durch geeignete Holzwerkstoffe. Unter dem Begriff *Green Logistic Plant (GLP)* werden Lösungen erarbeitet, entsprechende Logistikkomponenten mittels nachwachsender Rohstoffe zu konzipieren und in einem modularen Baukastensystem zusammenzuführen.

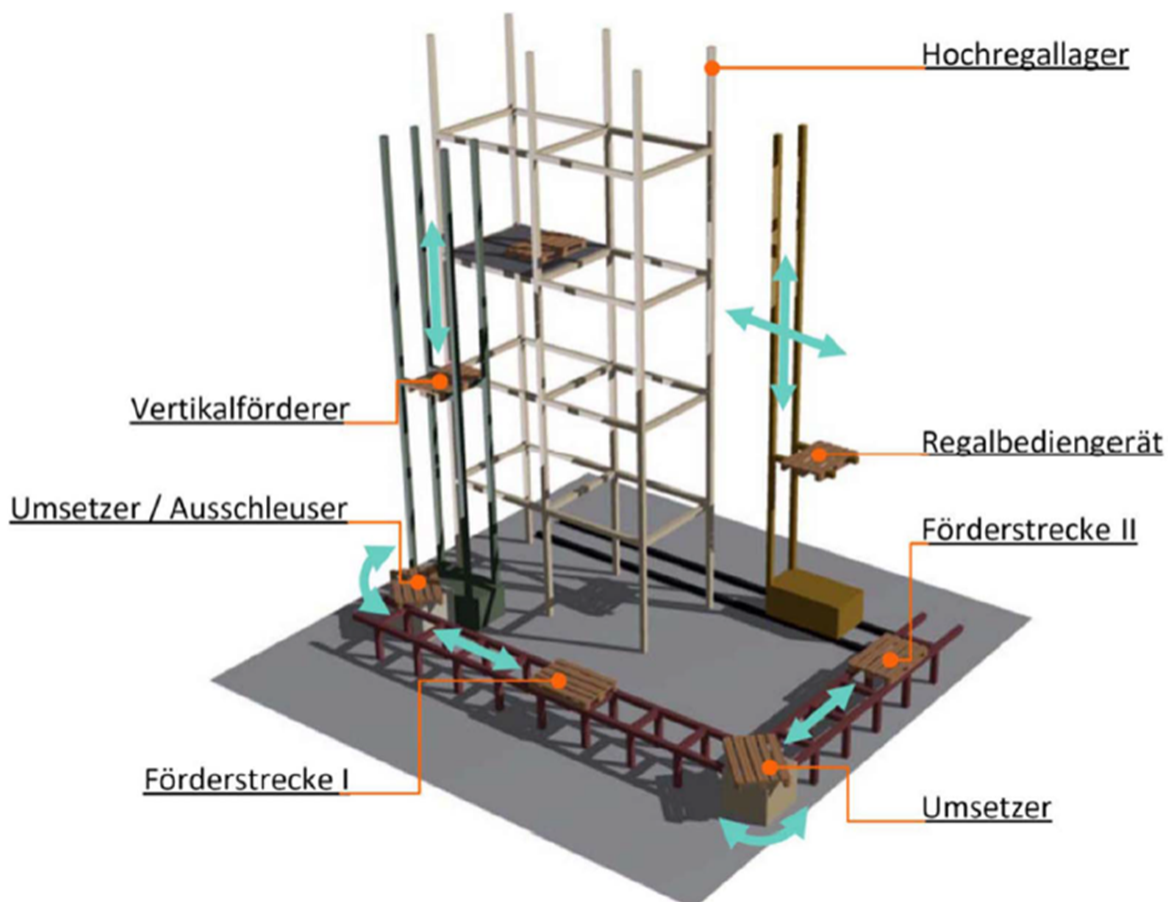


Abbildung 1: Konzept zum *Green Logistic Plant - GLP* [1]

2 Skidfördertechnik im VW-Werk in Wolfsburg

Bei der Volkswagen AG in Wolfsburg stellen sogenannte Skidförderer einen integralen Bestandteil des innerbetrieblichen Materialflusskonzeptes dar. Dabei handelt es sich im weiteren Sinn um Rollenbahneinheiten, mit denen die Skids (Stahlrahmen auf Metallkufen als Werkstückträger für die Rohbaukarossen) zwischen den einzelnen Bearbeitungs- und Montageeinheiten transportiert werden. Die Systeme werden dabei aus dünnwandigem Metallblech gebaut. Die wesentlichen technischen Leistungsdaten umfassen die zu transportierende Maximalmasse von etwa 850 kg bei einer Förderhöchstgeschwindigkeit von etwa 140 m/min. Das Ergebnis der Entwicklung ist in nachfolgender Abbildung 2 dargestellt.

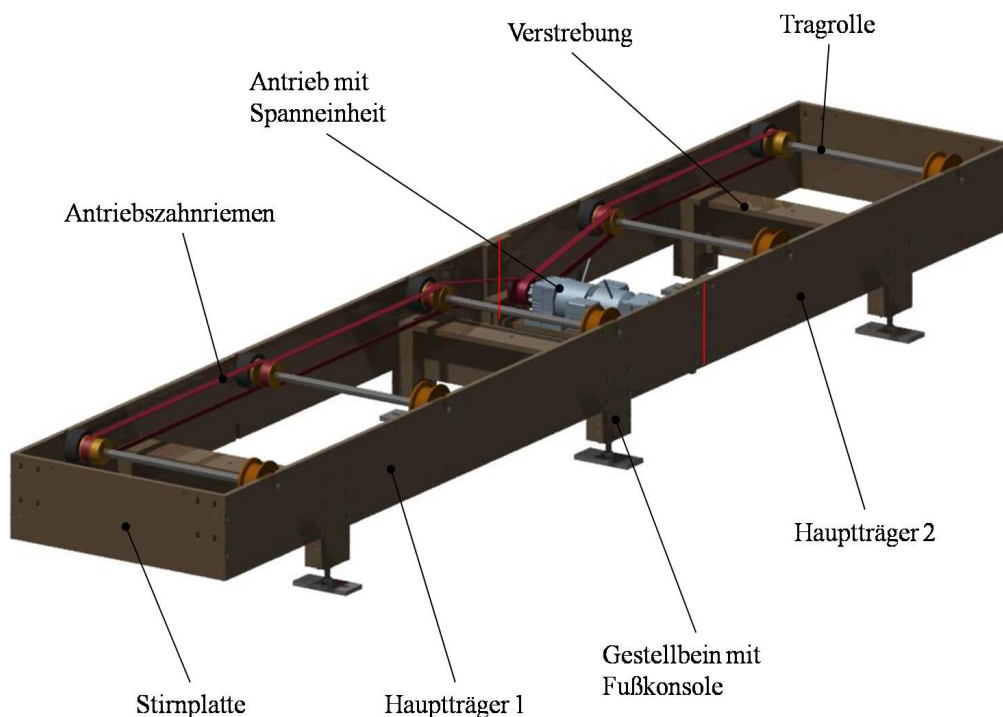


Abbildung 2: Skidfördersystem in Holzbauweise

Dabei werden insgesamt fünf Tragrollen in einem aus Holzwerkstoff umgesetzten Tragrahmen fixiert. Das generelle Antriebskonzept ist identisch zur Vergleichsvariante aus Stahl, ebenso wie die Außenabmessungen und Anschlussmaße von $L=4900$ mm, $B=940$ mm und $H=500$ mm. Eine Zielvorgabe seitens des Auftraggebers war eine möglichst einfache und aus konventionellen Halbzeugen herstellbare Bauweise, so dass ein Aufbau aus Schichtholzplatten (WVC, 15-lagiges Birken-sperrholz) gewählt wurde. Als Vergleichskriterium zur Auslegung wurde die Biegesteifigkeit des Stahlförderers herangezogen. Die deutlichen Unterschiede in den E-Moduln von Stahl und WVC wurden somit durch das Flächenträgheitsmoment des Hauptträgers ausgeglichen. Die Abschätzung der dynamischen Verhaltensweisen (Lebensdauerberechnung) erfolgte unter Verwendung spezieller Berechnungsansätze für Strukturbauteile aus Holzurnierwerkstoffen nach [2].

Da das Konzept zur Umsetzung eine modulare Bauweise vorsah, kam der Verbindungstechnik im System eine besondere Bedeutung zu. Diese sollte entsprechend prozesssicher, aber dennoch lösbar sein, um ggf. auf erforderliche Veränderung reagieren zu können. Aus diesem Grund wurde auf stiftförmige Verbindungsmittel (Schraubinsert oder Quergewindebolzen mit metrischer Schraube, Vergleich dazu mit Abbildung 3) zurückgegriffen.

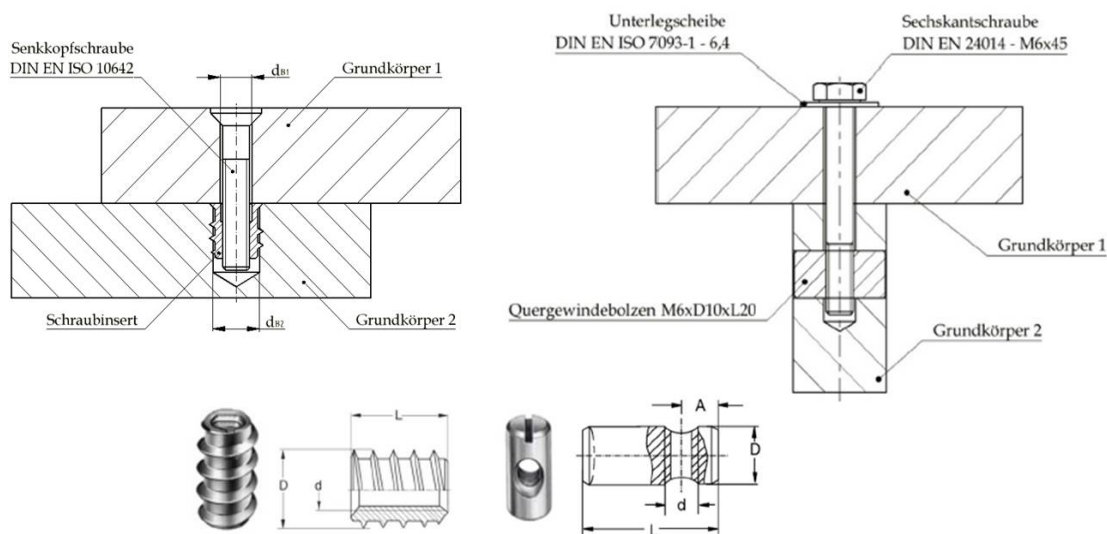


Abbildung 3: Stiftförmige Verbindungsmittel im Fördersystem

Diese Inserts stellen prinzipiell eine sehr gute Möglichkeit dar, als Bindeglied zwischen Maschinen- und Ingenieurholzbau zu fungieren, da sie Strukturelemente beider Fachbereiche ineinander vereinen. Für die Berechnung und Auslegung der Verbindungen wurden entsprechende Modelle nach [3] herangezogen. Diese orientieren sich im statischen Teil an den Methoden und Vorgehensweisen des Ingenieurholzbaus. Problematisch waren allerdings eher die im Maschinenbau üblicherweise vorliegenden dynamischen Lastfälle, da diese im Bauwesen für Holzkonstruktionen (Eurocode 5, DIN EN 1995-1-1) eigentlich nicht vorgesehen sind. Aus diesem Grund wurde in [3] mit den Methoden des klassischen Maschinenbaus Wöhlerdiagramme speziell für Insertverbindungen erstellt. Ein Ergebnis dieser Betrachtungen ist in nachfolgender Abbildung 4 zusammengefasst.

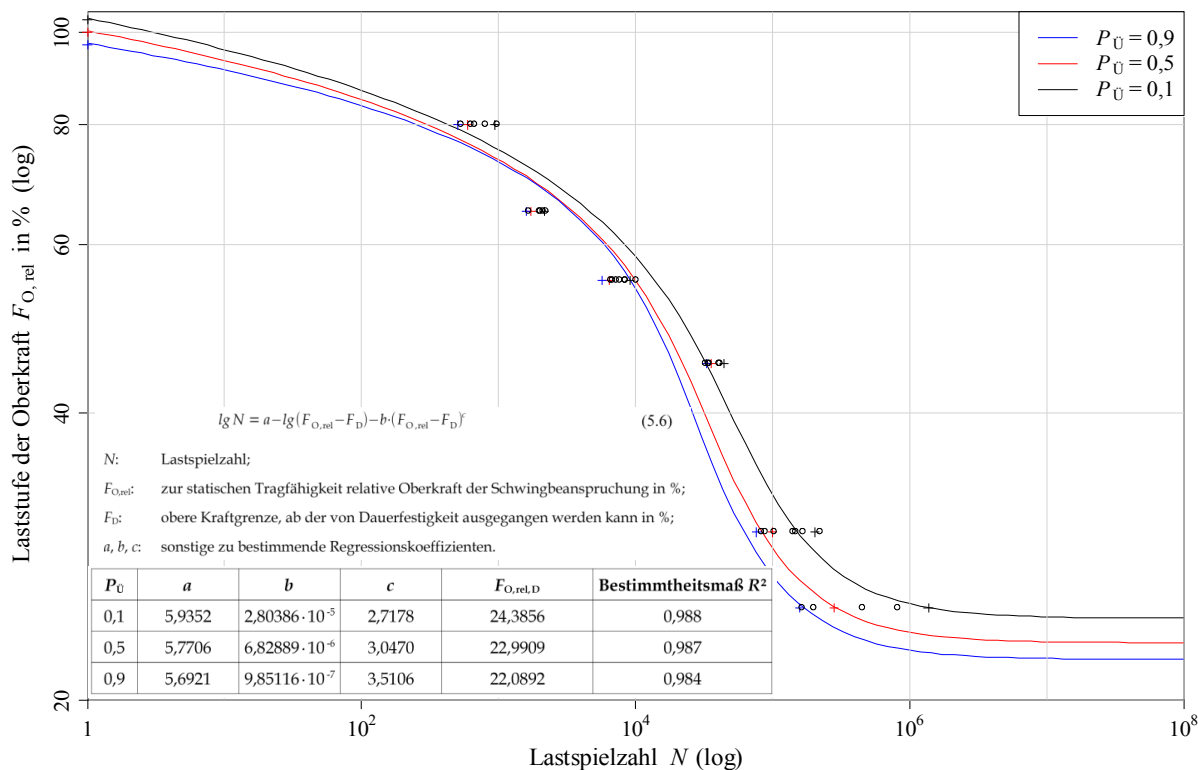


Abbildung 4: Wöhlerkurven für Insertverbindungen bei Belastungen quer zur Stiftachse [3]

Ein weiterer wesentlicher Aspekt umfasste die Befestigung der Transportrollen, die in ihrer Ausführung und Form nicht verändert werden sollten. Somit musste ihre Befestigung direkt in den Hauptträgern erfolgen. Hierfür wurde eine Kombination aus kraft- und formschlüssiger Verbindung gewählt. Üblicherweise werden die Tragrollen über stirnseitig eingebrachte Innengewinde fest an der Seitenwange des Hauptträgers angebracht. Problematisch erwies sich hierbei der zeitabhängige Abfall der Vorspannkraft bei Holzverbindungen. Aus diesem Grund wurde auf ein in [3] beschriebenes Berechnungsmodell zurückgegriffen, das diesen Abfall für längere Zeitabschnitte bestimmen kann. Eine Validierung des Modells erfolgt im derzeitigen Einsatz in der Produktion.

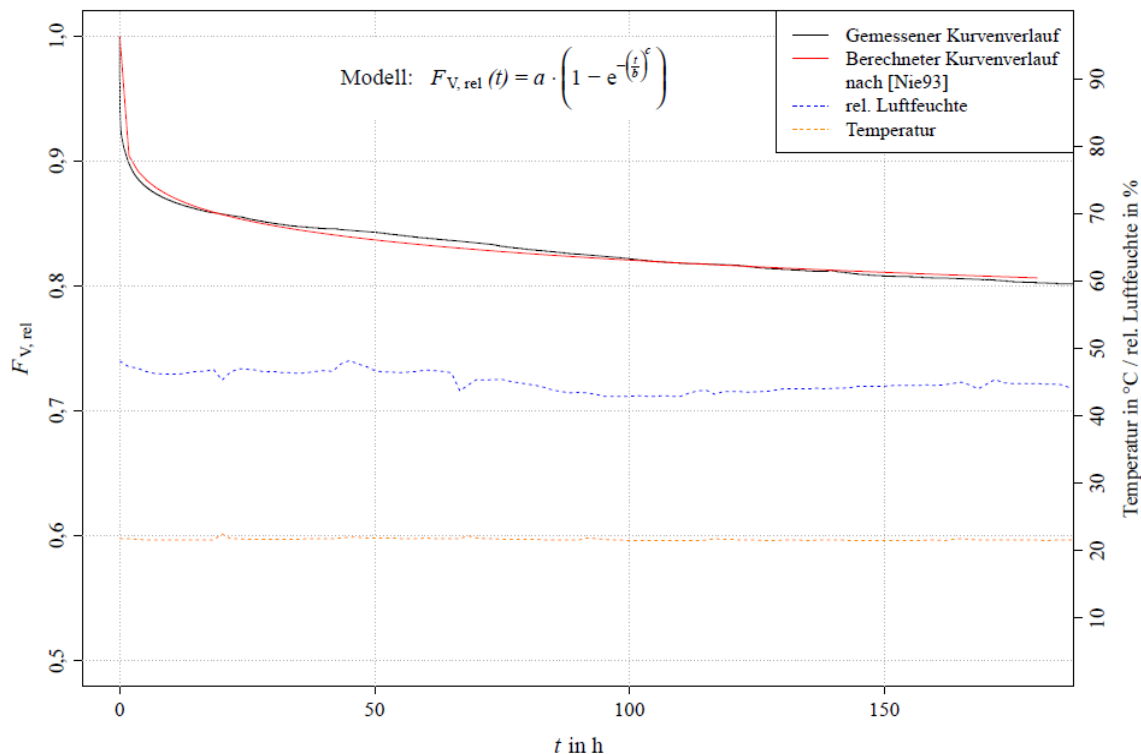


Abbildung 5: Modell zum Vorspannkraftverlauf einer Schraubverbindung mit WVC [3]

Die Zielvorgabe bestand darin, für die Montage ein Mindestmoment M_v zu ermitteln, das selbst nach der anvisierten Mindestgebrauchsdauer von fünf Jahren immer noch eine ausreichende Vorspannkraft zur rein kraftschlüssigen Lastübertragung sicherstellt. Dieses Modell ist beispielhaft in Abbildung 5 dargestellt. Sollte diese Form des Reibschlusses jedoch nicht ausreichend sein, wurde parallel dazu eine Montageausparung vorgesehen, die eine Lastübertragung durch Formschluss (Lochleibungsbeanspruchung) über einen Mindestzeitraum ermöglicht, so dass kein schlagartiges Versagen der Verbindung zu auftritt.

Nach Abschluss der Projektierung wurden insgesamt fünf Transporteinheiten mit entsprechenden Sensoren in den Produktionsablauf integriert. Dabei werden seit Beginn neben den klimatischen Umgebungsbedingungen (Luftfeuchte und Temperatur) sowohl die Durchbiegung der Hauptträger als auch der zeitliche Verlauf der Vorspannkraft in der Tragrollenbefestigung aufgezeichnet. Anhand der so gewonnenen Daten lassen sich Aussagen über Last-Zeit-Intervalle (Belastungsintensität und Lastzyklen) sowie mechanische Verhaltensweisen treffen. Weiterhin ist es so möglich, die zur Berechnung und Auslegung genutzten Modelle durch den Praxiseinsatz entsprechend zu validieren. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt (Stand: Juni 2014) konnten nach mehr als achtzehnmonatiger Betriebsdauer im Anlagenbetrieb keine Störungen festgestellt werden.

3 Zusammenfassung

Holz und speziell Holzwerkstoffe stellen im Maschinen- und Anlagenbau eine sinnvolle Alternative zu den dort traditionell verwendeten Metallwerkstoffen Stahl und Aluminium dar. Neben den mechanischen Eigenschaften spielen hierfür auch technische, ökonomische und ökologische Faktoren eine wichtige Rolle. Im vorliegenden Beispiel konnte gezeigt werden, dass selbst in technisch anspruchsvollen Bereichen wie der Automobilproduktion ausgewählte Holzwerkstoffe entsprechend positives Anwendungspotential besitzen. Als Beleg hierfür soll ein Vergleich der in den vorherigen Abschnitten beschriebenen Skidförderanlage aus WVC mit einer konventionellen Lösung aus Baustahl (S235JR, Werkstoffnummer 1.0037) dienen.

Tabelle 1: Massenvergleich der Einzelkomponenten

Komponente	Skidförderer - Stahl		SkidCon - WVC	
	<i>absolut [kg]</i>	<i>relativ [1]</i>	<i>absolut [kg]</i>	<i>relativ [1]</i>
Hauptträger	32,0	1,0	20,2	0,63
Gestellbein mit Strebe (ohne Fußkonsole)	7,6	1,0	4,3	0,56
Antriebslagerung und -spannung	16,7	1,0	5,3	0,32
Stirnverstrebung	6,0	1,0	3,5	0,59
Zahnriemenabdeckung	35,1	1,0	10,3	0,29
Gesamtmasse abzüglich gemeinsamer Komponenten	150,9	1,0	78,0	0,52
Masse des verbauten Holzes [kg]	73,7			
Fläche des verbauten Holzes [m²]	5,4			

Neben der in obiger Tabelle dargestellten Gewichtseinsparung von fast 50 % ergeben sich aus der Konstruktion mit Holzwerkstoff weitere Vorteile, beispielsweise eine verbesserte Schwingungs- und Geräuschdämpfung sowie eine deutlich reduzierte Montagezeit.

4 Quellen

- [1] Eichhorn, S.; Rasch, F.; Eckardt, R.; Sumpf, J.; Nendel, K.: Nachhaltigkeit und Energieeffizienz in der Intralogistik durch neue Systemkomponenten. Tagungsband zur 9. Fachtagung „Vernetzt Planen und Produzieren – VPP2012“ und 6. Symposium Wissenschaft und Praxis, S. 239-248, ISSN 0947-2495.
- [2] Eichhorn, S.: Berechnungsansatz für Strukturbauteile aus Holzfurnierverbundwerkstoff WVC. Dissertation, Technische Universität Chemnitz, 2013.
- [3] Eckardt, R.: Untersuchungen an Verbindungselementen für Holzkonstruktionen im Maschinen- und Anlagenbau. Dissertation, Technische Universität Chemnitz, 2013.