



CURRICULUM VITAE

Prof. Dr.-Ing.

FRANÇOIS COLLING

Hochschule Augsburg
Fakultät für Architektur und Bauwesen
An der Hochschule 1
D – 86161 Augsburg
Deutschland

francois.colling@hs-augsburg.de

geboren am 01. November 1956 in Mbandaka (Zaire)

- 1976-81 Studium des Bauingenieurwesens an der Universität (TH) Karlsruhe
- 1982-90 Wissenschaftlicher Angestellter und Assistent am Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen (Prof. Dr. J. Ehlbeck) an der Uni Karlsruhe
- 1990 Promotion
- 1991-95 Stellvertretender Geschäftsführer der Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung (DGfH), München
- 1995 Professor für Holzbau und Baustatik an der Hochschule in Augsburg
- 2000 Von der IHK für Augsburg und Schwaben öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Holzbau
- 2005 Leiter der bauaufsichtlich anerkannten Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle („PÜZ“-Stelle) für Holzbau im Kompetenzzentrum Konstruktiver Ingenieurbau (KKI) an der HS Augsburg

Autor mehrerer Holzbau-Fachbücher.

(Mit-)Autor von Holzbau-Bemessungssoftware (HoB.Ex und DC-Statik).

Mitglied im Spiegelausschuss Holzbau des DIN.

Mitglied in Sachverständigen-Ausschüssen des DIBt, Berlin



Tragfähigkeit von in Kerto eingeklebten Gewindestangen

Bauvorhaben „Parasols“ in Sevilla

François COLLING

Exkurs / Einleitung

Die Beschattung des historischen Marktplatzes in Sevilla mit sog. „Parasols“ erfolgte mit einer organisch geformten Trägerrost-Konstruktion aus imprägnierten Kerto-Q-Bauteilen (siehe Beitrag von F. Hölzl).

Die Kraftübertragung der Trägerrost-Bauteile sollte dabei über Anschlüsse mit eingeklebten Gewindestangen erfolgen (siehe **Abbildung 1**).

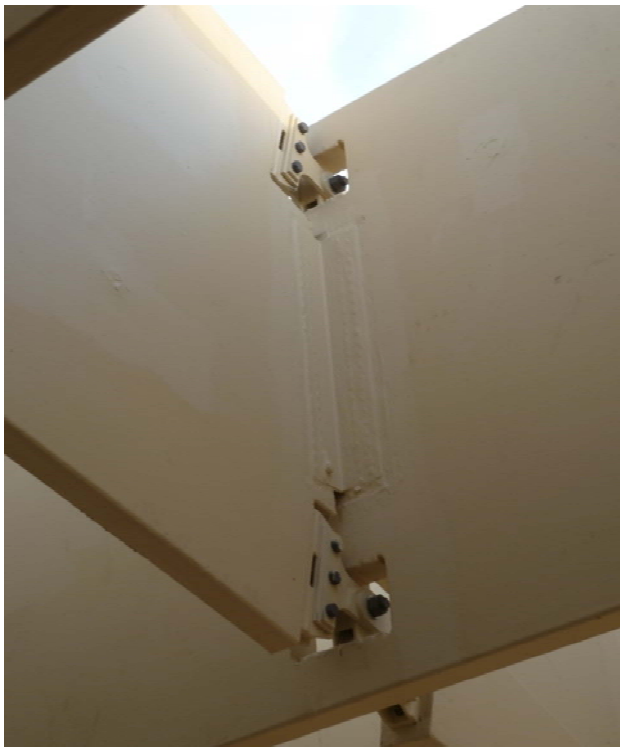


Abbildung 1: Anschlusspunkte der Trägerrost-Bauteile

Diese Anschlusslösung wurde erst durch eine neue allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Epoxidharzklebers WEVO EP 32S mit Härter B 22 TS ermöglicht, der als einer der ersten Kleber überhaupt eine Zulassung bis 60°C erhielt (Z-9.1-705).

Zu klären waren dabei aber noch folgende Fragen:

- „Funktioniert“ die Verklebung auch in der Schmalfläche von imprägniertem Furnierschichtholz (Kerto-Q)?
- Welche Maßnahmen sind notwendig, um eine Temperaturbeständigkeit bis 80°C zu erreichen, und ist die Tragfähigkeit dann auch gesichert?
- Ist die Tragfähigkeit von ganzen Anschlüssen (Gewindestangen-„Pakete“) auch bei Unterschreitung von derzeit vorgeschriebenen Mindestabständen noch gesichert?

Diese Fragen wurden an der Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle („PÜZ“-Stelle) für Holzbau an der Hochschule Augsburg wissenschaftlich untersucht.

1. Erste Tastversuche

Die Konstruktion der Anschlüsse sollte so erfolgen, dass bei der Bemessung die Zugtragfähigkeit der Gewindestangen maßgebend wird, und nicht die Tragfähigkeit der Klebefugen.

Da noch keinerlei Erfahrungen über die Tragfähigkeit von in Schmalflächen von imprägnierten Kerto-Q-Bauteilen eingeklebten Gewindestangen vorlagen, wurden insgesamt 5 Tastversuche mit unterschiedlichen Einklebelängen durchgeführt. In der nachfolgenden **Tabelle 1** sind Angaben zu diesen Versuchen zusammengestellt.

Tabelle 1: Angaben zu den Prüfkörpern (PK)

PK	Bauteildicke	Einklebelänge	Gewindestange
1	68 mm	300 mm	M 14 (4.8)
2		325 mm	
3		350 mm	
4		375 mm	
5		400 mm	

In **Abbildung 2** ist ein Prüfkörper dargestellt.



Abbildung 2: Prüfkörper mit 300 mm Einklebelänge

Bei allen Prüfkörpern trat ein Zugversagen im freien Teil der Gewindestangen auf. In **Abbildung 3** ist eine solche Gewindestange dargestellt. Bei keinem Prüfkörper war ein Versagen der Klebefuge festzustellen.

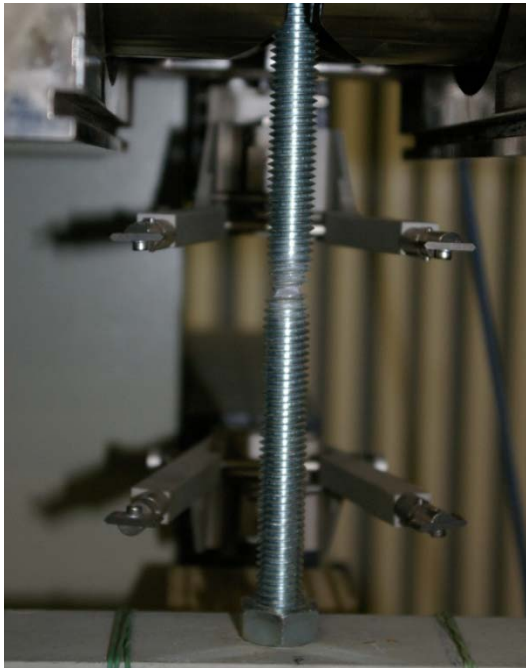


Abbildung 3: Prüfkörper mit Versagen der Gewindestange

Mit diesen Versuchen konnte nachgewiesen werden, dass bereits bei vergleichsweise geringer Einklebelänge die Tragfähigkeit einer in eine Schmalseite von imprägnierten Kerto-Q-Bauteilen eingeklebten Gewindestange ausreichend hoch ist, um die gewünschte Versagensart „Zugtragfähigkeit der Gewindestange“ zu erreichen.

2. Tragfähigkeit bei einer Temperatur von 80°C

2.1. Versuchsreihen

Aufgrund von klimatischen Simulationsrechnungen war davon auszugehen, dass im Tragwerk Temperaturen von bis zu 80°C auftreten. Damit würde aber die in der Kleber-Zulassung angegebene Höchsttemperatur von 60°C überschritten werden.

In Zusammenarbeit mit dem WKI Braunschweig und WEVO als Hersteller entwickelte die Fa. Finnforest Merk ein Verfahren zur thermischen Nachbehandlung der geklebten Verbindungen, das es ermöglichen sollte, die Temperaturbeständigkeit der Klebeverbindungen auf $\geq 80^\circ\text{C}$ sicherzustellen (Erhöhung der Glasübergangstemperatur auf $\geq 80^\circ\text{C}$). Hierzu wurde von der Fa. Finnforest Merk eine interne Unterweisung „Einleimen von Gewindestangen“ (FFM-internes Zeichen „MWL-ATR“) erarbeitet, nach der die Prüfkörper (und später auch alle Bauteile) hergestellt wurden (siehe Beitrag von F. Hölzl).

Mit Hilfe von 3 Versuchsreihen à 5 Versuchen wurden die Tragfähigkeiten von eingeklebten Gewindestangen bei einer Temperatur von etwa 80°C ermittelt.

In der nachfolgenden **Tabelle 2** sind Angaben zu diesen Versuchsreihen zusammengestellt.

Tabelle 2: Angaben zu den Versuchsreihen (VR)

VR	Anzahl Versuche	Bauteildicke	Einklebelänge	Gewindestange
1	5	68 mm	500 mm	M 14 (8.8)
2	5	68 mm	500 mm	M 14 (5.8)
3	5	98 mm	600 mm	M16 (8.8)

2.2. Klimatisierung, Versuchsdurchführung

Die Prüfkörper wurden in der Klimakammer bei 80 [°C] und einer relativen Luftfeuchte von 17% klimatisiert. Um die Temperatur in der Klebefuge abschätzen zu können wurden den Prüfkörpern ähnliche „Dummies“ eingesetzt. Diese hatten Temperatursensoren an vier Stellen in der Klebefuge (TD_XY-1 bis 4) mit denen die Temperaturverläufe während des Aufheizens, der Versuchsdauer und des Abkühlens aufgezeichnet wurden.

In **Abbildung 4** sind die Temperaturverläufe während der Aufheizphase, der Versuchsphase und der Abkühlphase beispielhaft dargestellt.

Aus dieser Abbildung ist zu erkennen, dass zum einen die Zieltemperatur von 80°C auch im Bereich der Klebefuge und Gewindestange erreicht wurde und zum andern die Abkühlung während der Versuchszeit vernachlässigt werden kann.

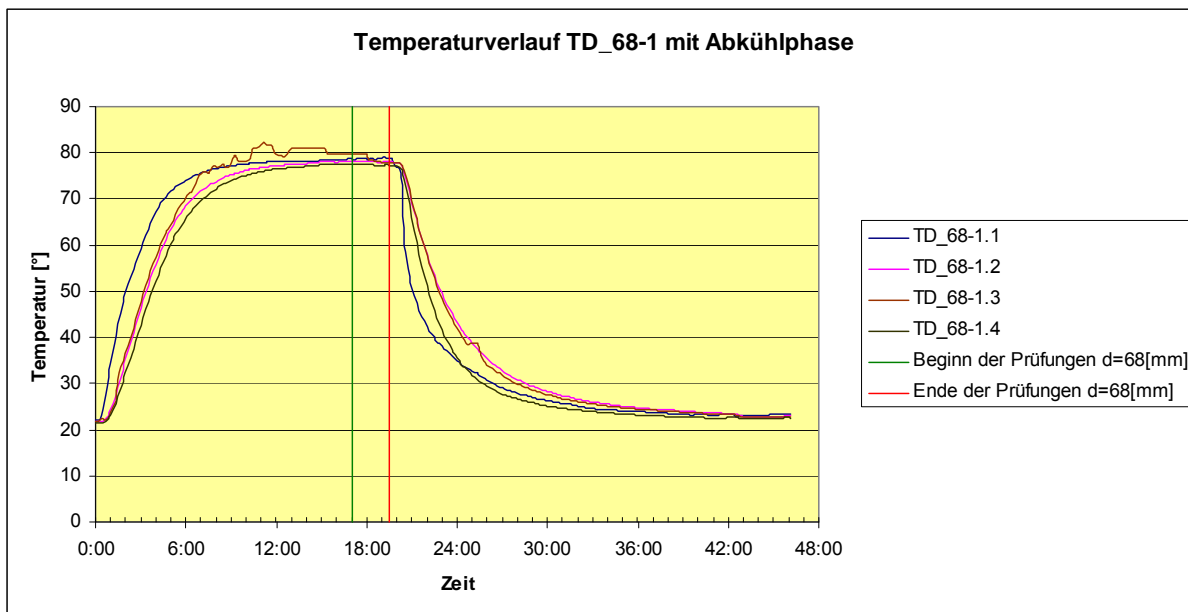


Abbildung 4: Aufheizphase, Versuchsphase und Abkühlphase (Messung bei einem „Dummy“)

Die Prüfkörper wurden aus der Klimakammer genommen und mit einer Dämmung versehen (siehe **Abbildung 5**). Unmittelbar danach wurden sie in die Prüfmaschine eingebaut.

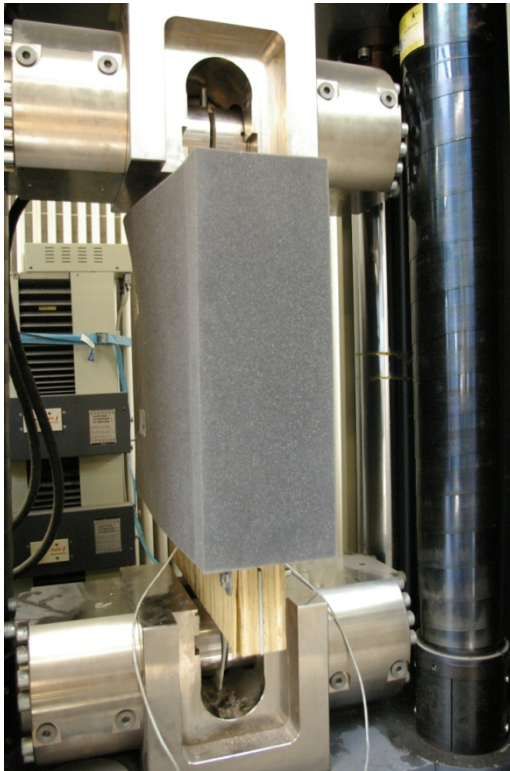


Abbildung 5: Prüfkörper im eingebauten Zustand

2.3. Versuchsergebnisse

Bei den Prüfkörpern der VR 2 (Gewindestangen der Güte 5.8) trat ein Zugversagen der Stangen im „freien Bereich“ ein (**Abbildung 6**). Damit konnte nachgewiesen werden, dass mit Hilfe der thermischen Nachbehandlung die gewünschte Versagensart „Zugtragfähigkeit der Gewindestange“ auch bei 80°C erreicht wird.



Abbildung 6: Prüfkörper mit Zugversagen der Gewindestange

Bei den beiden anderen Versuchsreihen wurde die Güte der Gewindestangen (8.8) bewusst höher gewählt, weil bei diesen Versuchen ein Versagen der Klebefugen erreicht werden sollte. Dieses Ziel wurde auch erreicht: bei allen Prüfkörper trat das Versagen durch Herausziehen der Stangen ein (Versagen in der Klebefuge). In **Abbildung 7** ist ein solcher Prüfkörper dargestellt.



Abbildung 7: Prüfkörper mit Herausziehen der Gewindestange

Die Prüfkörper wurden nach dem Versuch aufgetrennt, um die Klebefugen in Augenschein zu nehmen. In **Abbildung 8** sind mehrere Ansichten eines solchen Prüfkörpers dargestellt.



Abbildung 8: Aufgetrennter Prüfkörper



Aus diesen Bildern ist zu erkennen, dass der Holzbelag auf den Klebeflächen noch nahezu vollständig ist und die Klebefugen „intakt“ waren.

In **Abbildung 9** sind die Ergebnisse der VR 1 und 3 (Stangen mit Versagen in der Klebefuge) graphisch dargestellt. In dieser Abbildung ebenfalls eingetragen ist der Verlauf der in DIN 1052:2008 angegebenen charakteristischen Klebefugenfestigkeit $f_{k1,k}$ in Abhängigkeit von der Einklebelänge.

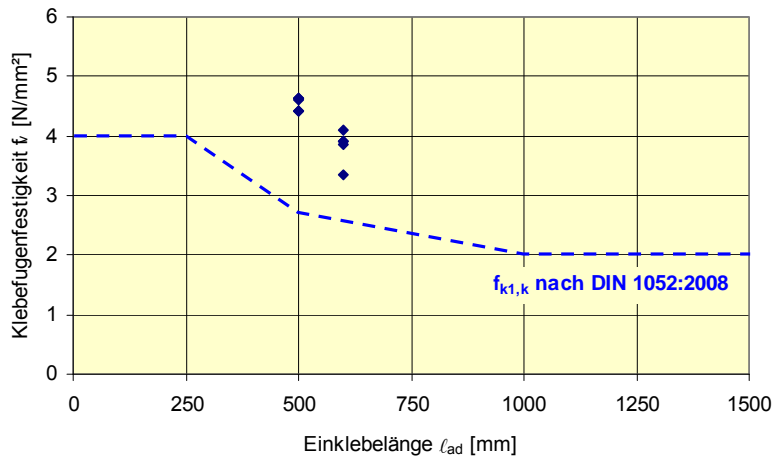


Abbildung 9: Klebefugenfestigkeit f_v in Abhängigkeit von der Einklebelänge l_{ad}

Aus dieser Gegenüberstellung ist zu erkennen, dass alle Versuchswerte z.T. deutlich über den in DIN 1052:2008 geforderten charakteristischen Klebefugenfestigkeiten $f_{k1,k}$ liegen.

Auf der Grundlage der durchgeführten Versuche kann somit davon ausgegangen werden, dass Klebeverbindungen, die entsprechend der internen Unterweisung der Fa. FFM hergestellt werden, auch bei 80°C ihre vorgeschriebenen Tragfähigkeiten besitzen.

3. Tragfähigkeit von Anschlüssen

3.1. Versuchsreihen

Die bisherigen Versuche wurden mit einzelnen Gewindestangen durchgeführt. Im Rahmen der nachfolgend beschriebenen Versuche sollte die Tragfähigkeit von ganzen Anschlüssen untersucht werden.

Bei den geplanten Anschlüssen kam es bei einigen Anschlüssen zu (geringfügigen) Unterschreitungen der in DIN 1052:2008 angegebenen Mindestabstände $a_{2,c}$ (zum seitlichen Rand) und/oder a_2 (untereinander/ nebeneinander). In **Abbildung 10** sind die verschiedenen Mindestabstände nach DIN 1052:2008 dargestellt und angegeben.

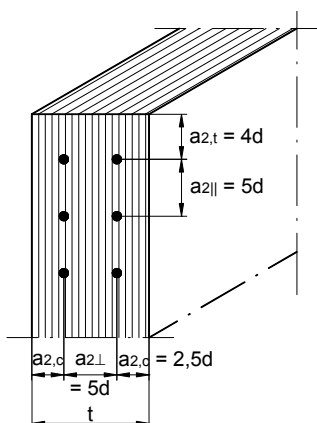


Abbildung 10: Mindestabstände nach DIN 1052:2008

Mit Hilfe von insgesamt 3 Versuchsreihen sollte untersucht werden, inwieweit die Unterschreitung dieser Mindestabstände die Tragfähigkeit der Anschlüsse beeinträchtigt. In der nachfolgenden **Tabelle 3** sind Angaben zu diesen Versuchsreihen zusammengestellt. In dieser Tabelle sind die bei den Anschlüssen gegebenen Unterschreitungen der Mindestabstände nach DIN 1052:2008 fett hervorgehoben.

Alle Versuche wurden mit Gewindestangen der Güte 5.8 durchgeführt, wie sie auch im Bauwerk eingesetzt werden sollten. Weiterhin wurden alle Prüfkörper auf der Grundlage der internen Unterweisung der Fa. FFM hergestellt (einschl. Wärmenachbehandlung).

Tabelle 3: Angaben zu den Versuchsreihen (VR)

VR	Anzahl Versuche	Bauteildicke	Einkleblänge	Anzahl Stangen	$a_{2,c}$ [mm]	a_2 [mm]	Gewindestange
68	5	68 mm	500 mm	1x6	34 < 35	-	M 14 (5.8)
68V	5	131 mm	500 mm	2x6	37,5 > 35	56 < 70	M 14 (5.8)
140M	5	140 mm	600 mm	2x6	39 < 40	62 < 80	M16 (5.8)

3.2. Versuchsdurchführung

In **Abbildung 11** ist ein Prüfkörper im Versuch dargestellt. In **Abbildung 12** ist ein Anschluss im Detail dargestellt.



Abbildung 11: Prüfkörper der VR 140M



Abbildung 12: Anschluss (VR 140M)

3.3. Versuchsergebnisse

Bei einem Prüfkörper der VR 140M versagte vorzeitig der Laschenanschluss, indem die Riffelung (Verzahnung zwischen Steg der Kopfplatte und den seitlichen Laschen) rutschte. Die Ursache hierfür lag in einer nicht ausreichend wirksamen Klemmung der Stahlteile. Dieses vorzeitige Versagen konnte bei den nachfolgenden Versuchen mit Hilfe einer höheren Stahlgüte der Beilagscheiben und Klemmbolzen sowie einer höheren Vorspannkraft ausgeschlossen werden.

Bei allen andern Prüfkörpern trat das Versagen „wie gewünscht“ in den Gewindestangen auf, wobei zum einen ein „Abstreifen“ der Muttern und zum andern ein Zugversagen der Stangen zu beobachten war (**Abbildung 13**). Bei keinem Prüfkörper war ein Versagen der Klebefuge festzustellen.



Abbildung 13: „Abstreifen“ der Muttern (links) und Zugversagen der Stangen (rechts)

In **Abbildung 14** sind die Versuchsergebnisse graphisch dargestellt und den bei der Bemessung zugrunde gelegten charakteristischen Tragfähigkeiten gegenübergestellt.

Aus dieser Abbildung ist zu erkennen, dass die Versuchswerte ausnahmslos etwa 35 % über den charakteristischen Rechenwerten der Bemessung liegen, was mit einer üblicherweise vorhandenen Überfestigkeit der Gewindestangen erklärt werden kann.

Die Tatsache, dass bei allen Versuchen das Versagen immer in den Gewindestangen auftrat, zeigt weiterhin, dass die (geringfügige) Unterschreitung der in DIN 1052:2008 geforderten Mindestabstände keine negativen Auswirkungen auf die Tragfähigkeit der Anschlüsse hatte.

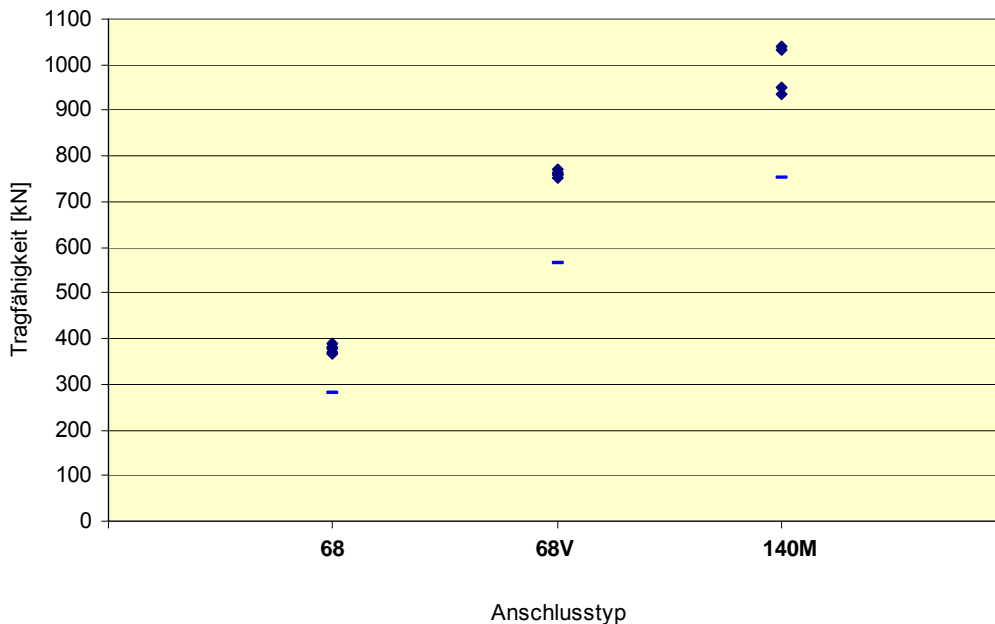


Abbildung 14: Anschluss-Tragfähigkeiten (Striche = char. Tragfähigkeiten nach Bemessung)

4. Fazit

Auf der Grundlage der durchgeführten Versuche konnte folgendes festgestellt werden:

- Bei Herstellung der Klebefugen entsprechend der internen Unterweisung der Fa. FFM sind Klebefugenfestigkeiten zu erwarten, die auch bei einer Temperatur von etwa 80°C die in DIN 1052:2008 geforderten Tragfähigkeiten erreichen.
- Die Tatsache, dass bei keinem der Versuche mit Gewindestangen-Paketen ein Versagen im Holz festgestellt wurde, zeigt, dass die (geringfügige) Unterschreitung der in DIN 1052:2008 angegebenen Mindestabstände keine negativen Auswirkungen auf die Tragfähigkeit hat.

Daher bestanden gegen die geplante Ausführung der Anschlüsse keine Bedenken hinsichtlich der Standsicherheit.