

Berner Fachhochschule

Hochschule für Architektur, Bau und Holz HSB
Burgdorf, Biel

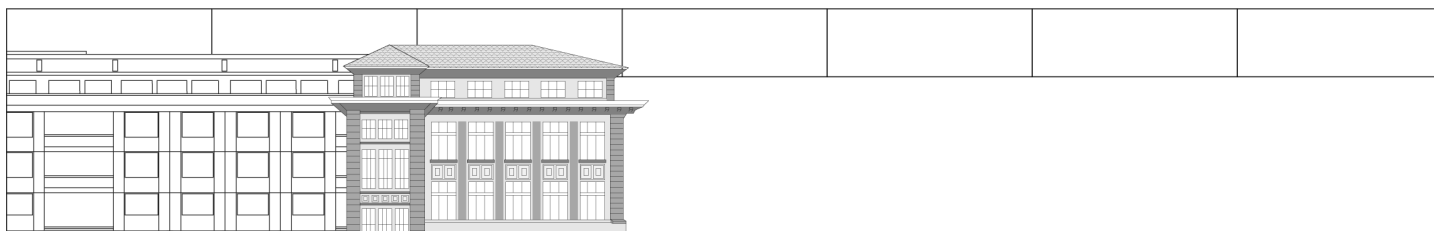
Abteilung F+E

Forschungsbericht

Schlussbericht

Sägerauh verleimtes Schnittholz

Bericht Nr.	2597-SB-01
Auftrag Nr.	2597. DHB
Klassifizierung	Öffentlich
Gegenstand	Ständerware aus sägerauh verleimten Schnittholz
Datum	05.07.2005



Auftraggeber	Fonds zur Förderung der Wald- und Holzforschung, BUWAL Herr Michael Gautschi 3003 Bern
Adresse der Forschungsstelle	Hochschule für Architektur, Bau und Holz HSB Abteilung F+E, Holzbau und Bautechnik Solothurnstrasse 102, CH-2504 Biel Tel / Fax +41 (0)32 344 0 341 / 391
Verfasser	Marco Schnüriger
Abteilungsleiter	Marc-André Gonin
Einheitsleiter	Matthias Schmid
Projektverantwortlicher	Uwe Germerott

www.hsb.bfh.ch

HSB

ABSTRACT

Mit dem Produkt „Sägerauh verleimtes Schnittholz (SSH)“ stellt die schweizerische Holzindustrie ein Produkt her, das als Konkurrenzprodukt zu importierten Konstruktionshölzern angesehen werden kann und den qualitativen Anforderungen der Branche entspricht. SSH ist ein mehrschichtig verklebtes Massivholzprodukt für die Anwendung als Konstruktionsholz im System- und Elementhausbau. Es handelt sich um ein Produkt, das ausschliesslich aus Seitenware hergestellt wird.

Verglichen mit der herkömmlichen Verklebung entfällt bei der Herstellung von SSH das Hobeln der Lamellen, was Ausbeuteeinsparungen zwischen 15% und 20% des eingesetzten Massivholzes ermöglicht. Für die Verklebung wird ein faserverstärkter 1-Komponenten-Polyurethan-Klebstoff verwendet. Laborversuche an der Hochschule für Architektur, Bau und Holz HSB in Biel haben ergeben, dass sich SSH für die Anwendung als Ständer und Gurte im Holzrahmenbau eignet. Zum Zeitpunkt des Projektstartes waren in der Schweiz 23 Pressen für die Produktion von SSH im Einsatz.

Ziel des Projektes war die Erstellung von Dokumentationen in Form von technischen Merkblättern zum Aufbau des Vertrauens in das neue Produkt SSH durch die Prüfung und Optimierung des Produktes für vertikale und horizontale Anwendungen.

Zu Beginn wurden Scherversuche an kleinen Prüfkörpern zur Ermittlung des Einflusses des Pressdruckes, und der Vorbehandlung der Lamellen - keine Vorbehandlung, vorgehobelt und Nachschnitt - auf die Scherfestigkeit der Verklebung zwischen verleimten Seitenbrettern durchgeführt. Es wurden 3 verschiedene Leimtypen geprüft.

Die gemessenen Scherfestigkeiten der Leimfugen erfüllten die Normanforderungen. Für den idealen Pressdruck, insbesondere bei sägerauen Lamellen (keine Vorbehandlung), konnte ein Wert von 1.2 N/mm² vorgeschlagen werden. Zudem wiesen sägerauh verleimte Lamellen mit Nachschnitt eine 10 bis 20% höhere Scherfestigkeit auf als verleimte Lamellen ohne Vorbehandlung.

Im Laufe des Projektes haben sich die Marktbedingungen in der Schweiz verändert,

so dass die Vorgehensweise laufend angepasst wurde. Insbesondere der starke Rückgang des Brettschichtholz-Preises um bis zu 30% in den letzten 5 Jahren hat dazu geführt, dass die Marktchancen des Produktes auf dem nationalen Markt nicht mehr den Erwartungen entsprachen.

Es wurden daher zusätzliche Abklärungen durchgeführt, um den deutschen Markt für das Produkt SSH zu erschliessen. Die damit verbundenen Anforderungen für die Erlangung einer bauaufsichtlichen Zulassung, insbesondere die zusätzlich notwendige Egalisierung der Lamellenoberfläche zur Verbesserung und Vereinheitlichung der Schubfestigkeit, hätten jedoch zu einer massgebenden Verteuerung des Produktes geführt.

Auf Grund dieser Tatsachen und der Unsicherheit betreffend Marktakzeptanz - ist der Kunde bereit einen höheren Preis zu bezahlen für ein Produkt, das eine Genehmigung besitzt - wurde festgestellt, dass die Wirtschaftlichkeit des Produktes auf dem nationalen und auf dem internationalen Markt gegenüber den Bedingungen bei Projektanfang nicht mehr gegeben ist.

Keywords: Holzrahmenbau, Holzverklebung Sägerauh, Sägeroh, Schichtholz, Ständerholz

INHALTSÜBERSICHT

1	AUSGANGSLAGE	4
2	ZIELSETZUNGEN	5
3	PROJEKTBETEILIGTE	6
4	VORGEHENSWEISE	7
5	SCHERVERSUCHE	8
6	DELAMINIERUNGSVERSUCHE	16
7	EGALISIERUNGSVERSUCHE	19
8	ZUSAMMENFASSUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE	20
9	SCHLUSSFOLGERUNGEN	21
10	BESTIMMUNGEN ZU DIESEM FORSCHUNGSBERICHT	22
11	VERZEICHNISSE	23
	ANHANG A: EINZELERGEBNISSE SCHERPRÜFUNGEN NACH EN 392	25
	ANHANG B: VERGLEICHE SCHERPRÜFUNGEN	33
	ANHANG C: EINZELERGEBNISSE DELAMINIERUNG NACH EN 391	35

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUSGANGSLAGE	4
2	ZIELSETZUNGEN	5
2.1	Problemstellung	5
2.2	Mittel- bis langfristige Zielsetzungen	5
2.3	Ziel des Projektes	5
3	PROJEKTBETEILIGTE	6
4	VORGEHENSWEISE	7
4.1	Ursprüngliche Vorgehensweise	7
4.2	Effektive Vorgehensweise	7
5	SCHERVERSUCHE	8
5.1	Ziel	8
5.2	Probekörper	8
5.2.1	Material	8
5.2.2	Herstellung der Probekörper	8
5.3	Versuchsanordnung	10
5.4	Ergebnisse der Scherverversuche	11
5.4.1	Anforderungen	11
5.4.2	Ergebnisse	11
5.5	Diskussion der Ergebnisse	12
5.5.1	Vergleich der Versuchsreihen	12
5.5.2	Einfluss des Pressdruckes	14
5.5.3	Einfluss der Vorbehandlung	15
6	DELAMINIERUNGSVERSUCHE	16
6.1	Ziel	16
6.2	Probekörper	16
6.2.1	Material	16
6.2.2	Serien	16
6.3	Versuchsanordnung	16
6.4	Ergebnisse der Delaminierungsversuche	17
6.4.1	Anforderungen	17
6.4.2	Ergebnisse	17
6.5	Diskussion der Ergebnisse	18
7	EGALISIERUNGSVERSUCHE	19
7.1	Ziel	19
7.2	Ergebnisse und Diskussion der Egalisierungsversuche	19
8	ZUSAMMENFASSUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE	20
9	SCHLUSSFOLGERUNGEN	21
10	BESTIMMUNGEN ZU DIESEM FORSCHUNGSBERICHT	22
10.1	Umfang des Forschungsberichtes	22
11	VERZEICHNISSE	23
11.1	Tabellenverzeichnis	23
11.2	Abbildungsverzeichnis	23
11.3	Literaturverzeichnis	24

ANHANG A: EINZELERGEBNISSE SCHERPRÜFUNGEN NACH EN 392	25
ANHANG B: VERGLEICHE SCHERPRÜFUNGEN	33
ANHANG C: EINZELERGEBNISSE DELAMINIERUNG NACH EN 391	35

1 Ausgangslage

In der Schweiz werden jährlich rund 1'600 System- und Elementhäuser aus Holz gebaut. Dazu werden für die Gebäudekonstruktionen ca. 50'000 m³ Konstruktionsholz (Ständer, Deckenlagen und Sparren) verwendet. Der Hauptanteil der verwendeten Sortimente ist massives Vollholz. Der in den letzten Jahren erreichte Fertigungsstandard im Holzhausbau erfordert jedoch zusätzliche Anforderungen an die verwendeten Hölzer. Hauptproblem ist die Formstabilität (Schwinden, Quellen, Verdrehen) bei massivem Vollholz sowie deren begrenzte Verfügbarkeit. Es besteht langfristig die Tendenz, dass bei Konstruktionen im Wand-, Decken- und Dachbereich zunehmend formstabilere Leimholzprodukte eingesetzt werden.

Eine beträchtliche Menge der Sortimente wird importiert, da diese billiger als einheimische Ware angeboten wird.

Mit dem Produkt „Sägerauh verleimtes Schnittholz (SSH)“ ist es der schweizerischen Holzindustrie gelungen, ein Produkt herzustellen, das als Konkurrenzprodukt zu importierten Konstruktionshölzern angesehen werden kann und den qualitativen Anforderungen der Branche entspricht. SSH ist ein mehrschichtig verklebtes Massivholzprodukt für die Anwendung als Konstruktionsholz im System- und Elementhausbau. Es handelt sich um ein Produkt, das ausschliesslich aus Seitenware hergestellt wird.

Verglichen mit der herkömmlichen Verklebung entfällt bei der Herstellung von SSH das Hobeln der Lamellen. Dies ermöglicht Ausbeuteeinsparungen zwischen 15% und 20% des eingesetzten Massivholzes. Für die Verklebung wird ein faserverstärkter 1-Komponenten-Polyurethan-Klebstoff (1-K-PUR) verwendet. Laborversuche an der SH-Holz in Biel (die SH-Holz wurde 2004 in die Hochschule für Architektur, Bau und Holz HSB integriert) haben ergeben, dass sich SSH für die Anwendung als Ständer und Gurte im Holzrahmenbau eignet [2, 3].

2 Zielsetzungen

2.1 Problemstellung

Da es sich bei SSH um ein neues Produkt handelt, sind noch unzureichend Informationen über die Materialeigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten bekannt. An der HSB durchgeführte Vorversuche [2, 3] zeigen, dass sich mit 1-K-PUR verklebte, sägerauhe Lamellen (SSH) für den Einsatz in statisch beanspruchten Elementen eignet. Geprüft wurden mehrschichtige Aufbauten mit durchgehenden Lamellen. SSH mit einem mehrschichtigen Aufbau und stumpf gestossenen, versetzten Mittellagen wurden nicht geprüft.

Aufgrund des Informationsmangels (keine technische Publikationen vorhanden) zeigt die Holzhausbaubranche eine gewisse Zurückhaltung bei der Anwendung von SSH. Vornehmlich wird noch der Einsatz von herkömmlichem Konstruktionsholz bevorzugt. Dieses Marktverhalten ist darauf zurückzuführen, dass für herkömmliche Konstruktionshölzer genügend Informationen in Form technischer Merkblätter vorhanden sind.

In der Schweiz werden 23 Pressen für die Produktion von SSH eingesetzt (Stand 2000). Sie produzieren insgesamt rund 6'000 m³ SSH. Die gesamte Kapazität liegt bei voller Auslastung bei 30'000 m³ – 35'000 m³ pro Jahr. Können die Anwendungsmöglichkeiten von SSH in technischen Publikationen dokumentiert werden, so erhalten SSH-Hersteller (KMU der Sägeindustrie) ein Instrument für die Argumentation zur Verwendung im Holzhausbau.

2.2 Mittel- bis langfristige Zielsetzungen

Bis auf zwei Leimholzwerke sind die meisten Leimholzhersteller in der Schweiz spezialisiert auf die Produktion von Brettschichtholz. Diese Anlagen eignen sich nicht, um konkurrenzfähig verleimtes Konstruktionsholz herstellen zu können. Unter der Betrachtung der steigenden Absätze von SSH und den neuen Produkten (Duplex- und Triplexbalken) ist bei den Unternehmen, die bisher in die neue Presstechnologie für SSH investiert haben, mittelfristig mit einem Ausstoss von 30'000 m³ bis 40'000 m³ verleimtem Konstruktionsholz zu rechnen.

Langfristig muss es jedoch das Ziel sein, dass aus der Vielzahl der Betriebe einige grössere Unternehmen mit Produktionseinheiten von 10'000 m³ bis 15'000 m³ entstehen. Diese Betriebe werden auch in Keilzinkanlagen sowie zusätzlichen Hobelanlagen investieren um Brettschichtholz zu produzieren. Die bestehende Pressanlage eignet sich auch für die Herstellung von BSH.

Wir gehen davon aus, dass ausgehend vom Bedarf an Konstruktionsholz und der neuen Presstechnologie, in 5 Jahren rund 100'000 m³ zusätzlich an SSH, BSH, Duplex- und Triplexbalken in der Schweiz benötigt werden. Es liegt jedoch in den Händen vieler, ob dieses importiert oder im eigenen Land produziert wird.

2.3 Ziel des Projektes

Ziel des Projektes ist die Erstellung von Dokumentationen zum Aufbau des Vertrauens in das neue Produkt SSH. In Zusammenarbeit zwischen der SH-Holz/HSB und der IG-SSH soll das Produkt für die Anwendungsbereiche als Ständer und Gurte geprüft und optimiert werden. Die aus den Versuchsreihen ermittelten Erkenntnisse werden in Form technischer Merkblättern zusammengestellt und den Herstellern zur Verfügung gestellt.

3 Projektbeteiligte

Die Arbeiten wurden grössten Teils an der Hochschule für Architektur, Bau und Holz HSB, Biel, an der Abteilung Forschung und Entwicklung (F+E) durchgeführt. Die Herstellung der Prüfkörper erfolgte bei der Firma Dahinden Sägewerk AG in Hellbühl.

Finanzierung

- Fonds zur Förderung der Wald- und Holzforschung, BUWAL, Bern

Projektverantwortung

- Uwe Germerott, Professor an der HSB, Biel

Projektleitung

- Dr. Jan Hamm, Abteilung F+E an der HSB, Biel

Projektbegleitung/Projektmitarbeit

- Marco Schnüriger, Abteilung F+E an der HSB, Biel
- Borimir Radovic, Materialprüfanstalt Universität Stuttgart FMFA, Stuttgart

Wirtschaftspartner

- Schmid AG Maschinentechnik, Luzernerstrasse 71, 4950 Huttwil
Herren Markus Lanz und Moritz Ganzoni
- Dahinden Sägewerk AG, 6016 Hellbühl
Herr Martin Dahinden
- Purbond AG, 6203 Sempach Station
Herr René Wicki
- Forbo CTU AG, Parkstrasse, 5012 Schönenwerd
Herren Walter Lüthi und Matthias Weidmann
- Türmerleim AG, Dornacherstrasse 16, 4053 Basel
Herren Rudolf Zwahlen und Claus Mohr
- Nussbaumer Hans Fertigtbau, Schwandtstrasse 15, 6315 Alosen
Herr Hans Nussbaumer

4 Vorgehensweise

4.1 Ursprüngliche Vorgehensweise

Bei der Einreichung des Beitragssuches wurde die Aufgabenstellung, im Hinblick auf die gestellten Zielsetzungen, auf das Ausarbeiten der Unterlagen für die Herstellung von SSH bezogen. Dies sind Angaben über Materialanforderungen, Prüfungen und Optimierungen der Produktevarianten, sowie die Erstellung der technischen Dokumentationen. Der Lösungsweg wurde wie folgt festgelegt:

1. Untersuchung der optimalen Sortierkriterien für Schnittholz anhand der Verarbeitungsqualität. (Rautiefe von Gatter- und Bandsägeschnitten)
2. Festlegen der optimalen Umfeldbedingungen für die Verklebung (Qualitätssicherung)
3. Scherprüfung der Leimfuge
4. Vierpunkt Biegeversuche nach DIN 52186 unter Variation der Stossfugenanordnung
5. Knickversuche an sägerauhen Ständern unter Variation der Stossfugenanordnung
6. Zugversuche an sägerauhen Kanthölzern unter Variation der Stossfugenanordnung
7. Zusammenstellung der Resultate und Prüfbericht
8. Erstellung der Dokumentationen
9. Schlussbericht / Zusammenfassung

4.2 Effektive Vorgehensweise

Im Laufe des Projektes wurde die Vorgehensweise den geänderten Bedürfnissen der Projektpartner angepasst. Es wurden insbesondere auch die Rahmenbedingungen für den Export des SSH nach Deutschland abgeklärt und entsprechende Vorversuche durchgeführt. Die Arbeiten wurden in folgende vier Arbeitsphasen durchgeführt:

1. Scherversuche
Scherprüfung der Leimfugen gemäss Norm EN 392 [12] zur Bestimmung des Einflusses des Pressdruckes, und der Vorbehandlung der Lamellen auf die Scherfestigkeit der Verklebung zwischen verleimten Seitenbrettern.
2. Delaminierungsversuche
Delaminierungsprüfungen der Leimfugen gemäss Norm EN 391 [11] zur Kontrolle der Güte der Verleimung.
3. Egalisierungsversuche
Gütekontrolle der behandelten Lamellenoberfläche. Damit sollen die Eigenschaften der Oberfläche für eine Verleimung verbessert werden.
4. Weitere Untersuchungen
Abklärungen, Vorarbeiten, Entscheidungsfindung über das weitere Vorgehen.

Die Projektphasen werden in den folgenden Abschnitten näher erläutert.

5 Scherversuche

5.1 Ziel

Ziel dieser Scherversuche war die Ermittlung des Einflusses des Pressdruckes, und der Vorbehandlung der Lamellen auf die Scherfestigkeit der Verklebung zwischen verleimten Seitenbrettern. Geprüft wurden 3 Leimtypen.

Nicht variiert wurden folgende Parameter: Leimmenge, Bretter (Qualität, Dimensionen) , Presszeit, Holzfeuchte und Raumklima bei der Herstellung.

5.2 Probekörper

5.2.1 Material

Holz

Art:	Fichte
Qualität:	S10 bzw. FK II
Zuschnitt:	Gattersäge
Vorbehandlung:	gemäss Tabelle 1
Dicke der Lamellen:	24 mm
Holzfeuchte:	auf 12% vorkonditioniert

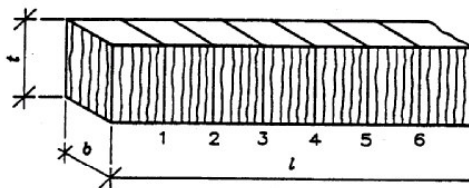
Leim

Typ 1	Forbo CTU	1K-PUR Holzklebstoff 60 190
Typ 2	Collano	1K-PUR Purbond HB 440
Typ 3	Türmerleim	Kauranat 970

5.2.2 Herstellung der Probekörper

Dimensionen

Die Dimensionen der Probekörper entsprechen den Vorgaben der Norm EN 392:1995 [12] (Abbildung 1).



Maße: Länge, l
 Breite, b : 40 mm bis 50 mm
 Dicke, t : 40 mm bis 50 mm

Abbildung 1 Dimensionen der Probekörper

Serien

Für die Scherversuche wurden 15 Versuchsreihen zu je 30 Proben vorgesehen. Variiert wurde der Pressdruck, die Vorbehandlung und der Leimtyp. In folgender Tabelle sind die Versuchsserien dargestellt.

Tabelle 1 Versuchsserien für die Scherprüfungen

Serie Nr.	Pressdruck [N/mm ²]	Presszeit [h]	Vorbehandlung	Feuchte ¹⁾ [%]	Leimtyp	Leimmenge [g/m ²]
A	1.0	3	keine	9-12	1	300-350
An	1.0	3	Nachschnitt mit Kreissäge	8-12	1	300-350
Av	1.0	3	Lamellen vorgehobelt	10-15	1	300-350
B	1.2	3	keine	9-13	1	300-350
Bn	1.2	3	Nachschnitt mit Kreissäge	11-12	1	300-350
Bv	1.2	3	Lamellen vorgehobelt	12-15	1	300-350
C	1.0	3	keine	10-13	2	300-350
Cn	1.0	3	Nachschnitt mit Kreissäge	10-14	2	300-350
Cv	1.0	3	Lamellen vorgehobelt	13-16	2	300-350
D	1.2	3	keine	10-14	2	300-350
Dn	1.2	3	Nachschnitt mit Kreissäge	10-14	2	300-350
Dv	1.2	3	Lamellen vorgehobelt	14-16	2	300-350
E	1.2	3	keine	10-13	3	350
En	1.0	3	Nachschnitt mit Kreissäge	11-14	3	350
Ev	1.0	3	Lamellen vorgehobelt	10-13	3	350

Legende: ¹⁾ Durchschnitt der gemessenen Lamellenfeuchten vor der Verklebung

Herstellung

Am 23.8.2001 wurden 12 Balken aus je 10 sägerauhen Brettern mit den Leimtypen 1 + 2 gemäss Tabelle 1 vom Sägewerk Dahinden AG in Hellbühl hergestellt. Bei der Herstellung der Balken betrug die Raumtemperatur 24°C und die relative Luftfeuchtigkeit 62%. Am 23.10.2001 wurden die restlichen 3 Balken aus je 10 sägerauhen Brettern mit dem Leimtyp 3 gemäss Tabelle 1 vom Sägewerk Dahinden AG in Hellbühl hergestellt. Bei der Herstellung der Balken betrug die Raumtemperatur 20°C und die relative Luftfeuchtigkeit 61%.

In folgenden Abbildungen ist die Herstellung der Balken dargestellt.

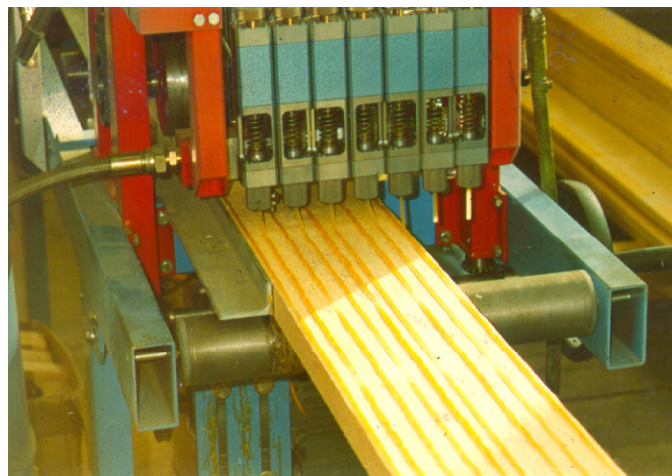
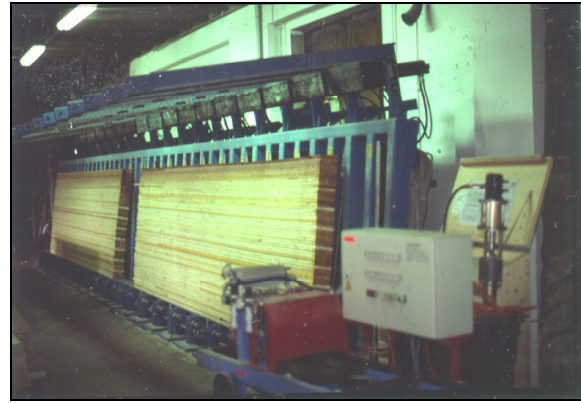
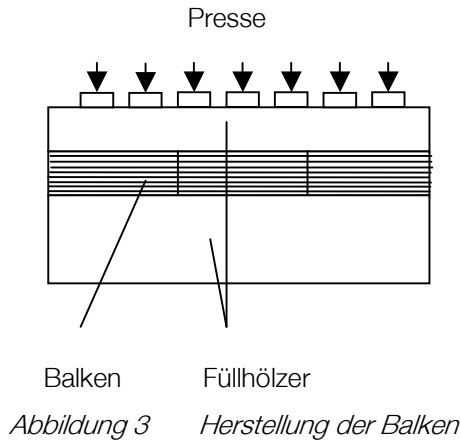


Abbildung 2 Leimauftrag



Die Herstellung der eigentlichen Prüfkörper (6 bis 10 pro Serie bzw. Balken) erfolgte anschliessend an der HSB in Biel. Dazu wurden die gelieferten Balken gemäss Angaben der Norm EN 392:1995 [12] (Abbildung 1) aufgetrennt.

5.3 Versuchsanordnung

Die Prüfungsanordnung für die Scherversuche entspricht den Vorgaben der Norm EN 392:1995 [12].

Prüfmaschine: Schenk Universal Prüfmaschine 250 KN
 Prüfungsgeschwindigkeit: 4 mm/min

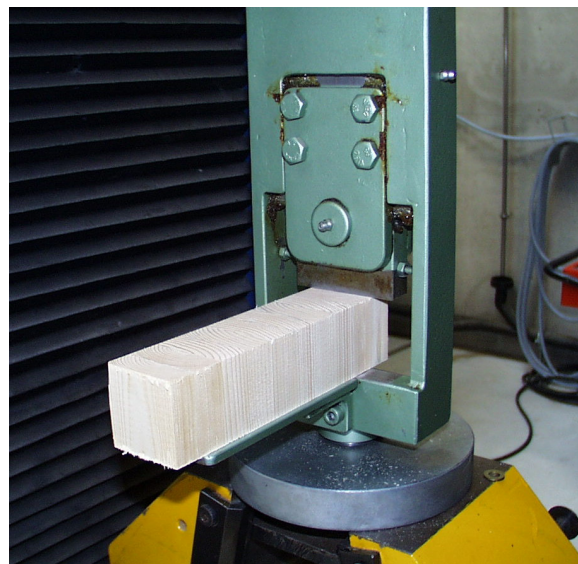
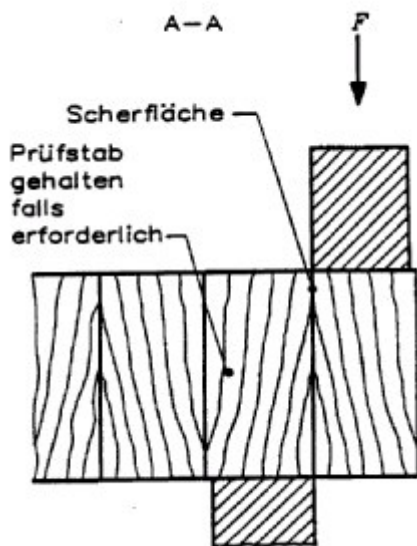


Abbildung 5 Anordnung des Versuches

Von jedem Prüfkörper wurden nacheinander 5 der 9 Leimfugen auf Abscheren geprüft. Dazu wurde die jeweils äusserste Lamelle bis zum Bruch auf Druck belastet. Diese Druckkraft wurde über die zweite Lamelle ins Auflager weitergeleitet. Dabei entstanden Scherspannungen in der Leimfuge. Pro Serie wurden mindestens 30 Scherversuche durchgeführt, wofür man, bei jeweils 5 geprüften Leimfugen, 6 Prüfkörper benötigte.

5.4 Ergebnisse der Scherversuche

Die Versuche wurden im September und im November 2001 an der HSB durchgeführt. Von jedem Probekörper wurde ein Kraft-Verformungs-Diagramm erstellt und die Bruchflächen fotografisch festgehalten.

5.4.1 Anforderungen

In Tabelle 2 sind die Anforderungen der Norm EN 386:1995 [9] an die Scherfestigkeit und an die Versagensart dargestellt:

Tabelle 2 Anforderungen der Norm EN 386:1995 [9] bezüglich Scherfestigkeit und Versagensart für Nadelhölzer

	Mittelwerte			Einzelwerte		
Scherfestigkeit F_v in N/mm ²	6	8	>11	4 - 6	6	>10
Bruchflächenanteil im Holz in %	90	72	45	100	74	20
	= $144 - 9 \cdot F_v$ ¹⁾			100	= $153 - 13,3 \cdot F_v$ ¹⁾	

Legende: ¹⁾ F_v = Scherfestigkeit

Die geforderte minimale Scherfestigkeit der Leimfugen beträgt normalerweise 6 N/mm². Für Nadelhölzer und Pappelholz gilt ein Wert von 4 N/mm² als annehmbar, wenn der Bruchflächenanteil im Holz 100% beträgt.

5.4.2 Ergebnisse

In den folgenden Tabellen sind die Resultate der 15 Versuchsserien zusammengestellt. Die Ergebnisse der Einzelversuche befinden sich im Anhang.

Tabelle 3 Zusammenstellung der Scherfestigkeiten und Versagensarten

Serie Nr.	Pressdruck [N/mm ²]	Vorbehandlung	Bruchscherspannungen				Versagensart [% Holz- bruch]
			Mittelwert [N/mm ²]	Standard- abweichung [N/mm ²]	Variations- koeffizient [%]	5%- Fraktile [N/mm ²]	
A	1.0	keine	7.52	1.00	13.3	5.82	100
An	1.0	Nachschnitt	8.74	1.37	15.6	6.41	95
Av	1.0	Vorgehobelt	8.23	1.04	12.6	6.46	100
B	1.2	keine	8.56	0.92	10.8	7.00	100
Bn	1.2	Nachschnitt	8.67	1.71	19.7	5.74	95
Bv	1.2	Vorgehobelt	8.53	1.21	14.2	6.47	95
C	1.0	keine	8.00	0.83	10.4	6.59	100
Cn	1.0	Nachschnitt	10.03	0.97	9.7	8.38	100
Cv	1.0	Vorgehobelt	8.81	0.74	8.4	7.55	100
D ²⁾	1.2	keine	6.89	1.88	27.3	3.69	100
D* ³⁾	1.2	keine	7.37	1.37	18.6	5.04	100
Dn	1.2	Nachschnitt	9.20	0.95	10.3	7.58	95
Dv	1.2	Vorgehobelt	9.68	1.04	10.7	7.91	100
E	1.2	keine	8.93	0.73	8.2	7.69	95
En	1.0	Nachschnitt	7.24	1.19	16.4	5.21	100
Ev	1.0	Vorgehobelt	7.78	0.60	7.7	6.76	100

Legende: ²⁾ D = Serie mit allen 35 Versuchen

³⁾ D* = Serie ohne die sehr tiefen Werte der 4. Leimfuge (Verleimungsfehler?)

Einzelwerte der Serie D wiesen sehr tiefe Bruchspannungen auf. Diese entfielen bei allen Probekörpern auf die 4. Leimfuge. Diese Regelmässigkeit lässt auf einen Fehler bei der Verleimung schliessen. Aus diesem Grund wurden diese Werte entfernt und in der Serie D* nicht berücksichtigt.

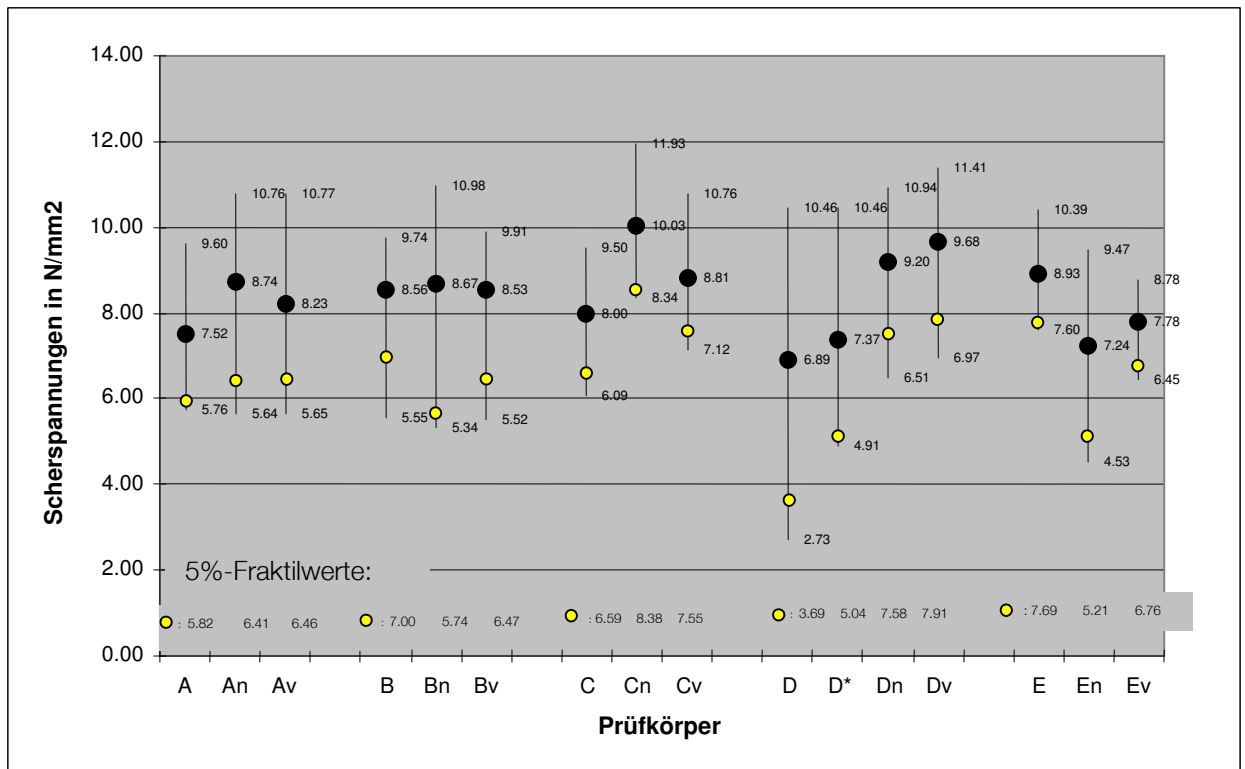


Abbildung 6 Grenzwerte der Scherspannungen: grafische Zusammenfassung der Resultate

Legende: Höchstwert
 ● Mittelwert
 ○ Tiefstwert
 ● 5%-Fraktile

5.5 Diskussion der Ergebnisse

5.5.1 Vergleich der Versuchsreihen

Die von der Norm EN 386 [9] geforderte minimale Scherfestigkeit der Leimfugen beträgt für den Mittelwert 6 N/mm², wobei der Bruchflächenanteil im Holz mindestens 90% betragen muss. Für Nadelhölzer und Pappelholz gilt für Einzelwerte ein Wert von 4 N/mm² als annehmbar, wenn der Bruchflächenanteil im Holz 100% beträgt. In Tabelle 2 sind alle Anforderungen an die Scherfestigkeit und an die Versagensart dargestellt.

- Die Mittelwerte der Scherfestigkeiten variieren zwischen 6.89 N/mm² (Serie D) und 10.03 N/mm² (Serie Cn), und übertreffen somit den minimal geforderten Mittelwerten von 6 N/mm² um 15 bis 67%. Innerhalb der Versuchsreihen (Leimtypen 1 und 2) weisen die Versuchsserien ohne Vorbehandlung die tiefsten Werte auf, währenddem die Versuchsserien bei denen die Lamellen mit einem Nachschnitt versehen wurden im allgemeinen die höchsten Werte aufweisen. Die Versagensart, 95 bis 100% Holzbruch, erfüllt ebenfalls überall die Anforderungen. (Abbildung 6 und Abbildung 7)

Die Werte der Versuchsserien mit Leimtyp 3 können nicht miteinander verglichen werden, da sie mit unterschiedlichem Pressdruck hergestellt wurden.

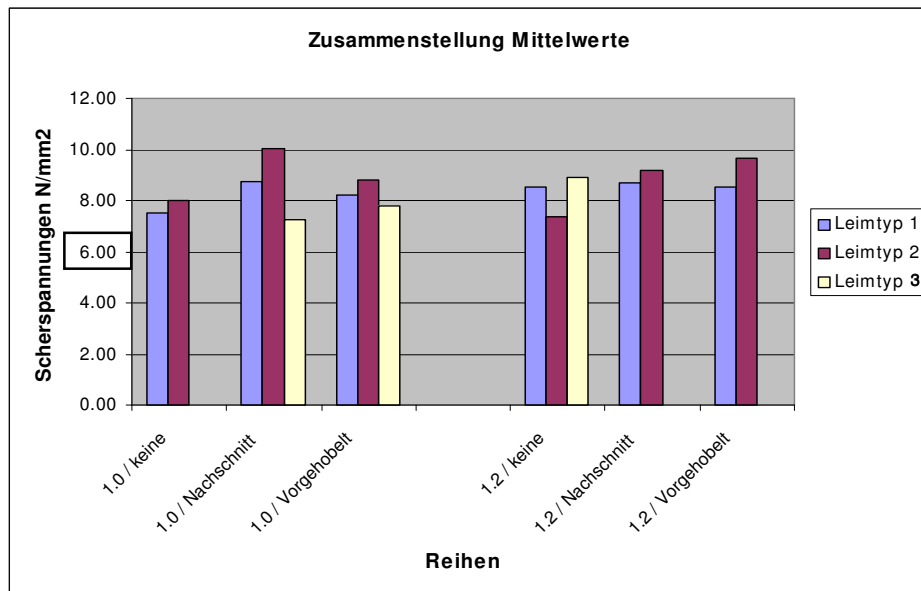


Abbildung 7 Zusammenstellung der Mittelwerte. Gruppierung nach Vorbehandlung

- Die 5%-Fraktile-Werte variieren bei 14 Versuchsserien zwischen 5.21 und 8.38 N/mm². Davon weisen 11 Serien einen Wert auf, der höher als 6 N/mm² ist und erfüllen somit ebenfalls die Anforderungen die an den Mittelwert gestellt werden. (Abbildung 6 und Abbildung 8)

Die 15. Serie (Serie D) ergab einen sehr tiefen Wert von nur 3.69 N/mm². Berücksichtigt man nun nach alter Norm SIA 164:1992 [15] einen Sicherheitsfaktor von 2.25 (bezogen auf den 5%-Fraktile-Wert), so erhält man eine Scherfestigkeit von 1.64 N/mm², die um 64% höher liegt als die zulässige Schubfestigkeit für Nadelholz nach besagter Norm ($\tau_{zul} = 1.0 \text{ N/mm}^2$). Werden bei dieser Serie die Werte der 4. Leimfuge nicht berücksichtigt, so erhöht sich der 5%-Fraktilewert auf 5.04 N/mm².

Mit Ausnahme der Serie B (Leimtyp 1, Pressdruck 1.2 N/mm²) weisen die Versuchsserien ohne Vorbehandlung die tiefsten Werte auf (Abbildung 8). Die Versuchsserien mit Vorbehandlung weisen die höchsten Werte auf, wobei im Moment keine Aussage über die günstigste Art der Vorbehandlung möglich ist.

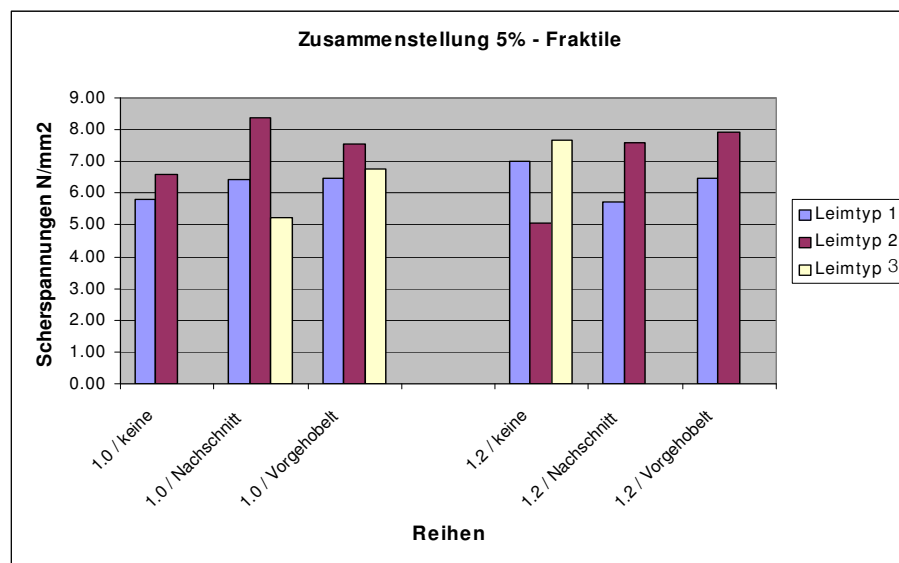


Abbildung 8 Zusammenstellung der 5%-Fraktilewerte. Gruppierung nach Vorbehandlung und Pressdruck

- Die Anforderungen an die Einzelwerte werden nicht überall erfüllt (siehe Tabellen im Anhang).
Bei den Serien A, An und Bv erfüllt je ein Versuch (3% der Versuche) die Anforderungen nicht: bei einer Scherfestigkeit von knapp unter 6 N/mm² beträgt der Bruchflächenanteil im Holz 85 bis 90% anstatt 100%.
Bei der Serie Bn sind es 3 Werte (10% der Versuche) welche die Anforderungen nicht erfüllen: bei Scherfestigkeiten von 5.34 bis 5.94 N/mm² beträgt der Bruchflächenanteil im Holz 75 bis 85% anstatt 100%.
Bei der Serie D werden die Scherfestigkeitsanforderungen von einem Wert nicht erfüllt (2.73 N/mm² bei 100% Holzbruchanteil). Auf ca. 30% der Oberfläche konnte kein Leim festgestellt werden. Es handelt sich hierbei wahrscheinlich um eine Fehlverleimung.
Bei allen anderen Serien - Av, B, D*, Dn, Dv, E, En und Ev - wurden die Anforderungen erfüllt.
- Die Streuung der Versuchsergebnisse sind bei einem Pressdruck von 1.0 N/mm² grösser als bei einem Druck von 1.2 N/mm². Eine Ausnahme bildet hier die Versuchsserie D. Ein Vergleich des Variationskoeffizienten ergibt das gleiche Ergebnis:

Pressdruck = 1.0 N/mm ²	v = 7.7 bis 19.7%
Pressdruck = 1.2 N/mm ²	v = 8.2 bis 10.7% (ohne Serie D)

Alle Mittelwerte erfüllen die in der Norm EN 386 [9] gestellten Anforderungen. Die Mittelwerte und die 5%-Fraktile-Werte erfüllen ebenfalls die Anforderungen an die zulässigen Schubspannungen nach SIA 164 [15].

Sieben Einzelwerte (1,5 % der Versuche) erfüllen die Anforderungen nicht. Bei einem Ergebnis handelt es sich wahrscheinlich um eine Fehlverleimung.

5.5.2 Einfluss des Pressdruckes

In der Abbildung 6 ist ersichtlich, dass der Pressdruck einen Einfluss auf die Streuung der Versuchsergebnisse hat. So ist bei einem Pressdruck von 1.0 N/mm² die Streuung grösser als bei einem Druck von 1.2 N/mm². In Bezug auf die Vorbehandlung haben die Versuche aber kein eindeutiges Bild des Pressdruck-Einflusses ergeben. Je nach Vorbehandlung und Leimtyp weisen entweder Prüfkörper die mit Pressdrücke von 1.2 N/mm², oder dann jene die mit 1.0 N/mm² hergestellt wurden höhere Scherfestigkeiten auf. Betreffend Leimtyp 3 sind keine Aussagen möglich, da nicht alle Kombinationen untersucht wurden.

Bei den Prüfkörpern deren Lamellen nicht vorbehandelt wurden, kann keine Aussage gemacht werden. Bei Leimtyp 1 ergibt ein Pressdruck von 1.2 N/mm² höhere Scherfestigkeiten (+20%) währenddem bei Leimtyp 2 ein Pressdruck von 1.0 N/mm² bessere Werte liefert (+31 bis 79%). Die Ergebnisse der Serie D (Leimtyp 2) sind jedoch mit Vorsicht zu geniessen, da die Versuche eine grosse Streuung der Resultate und sehr tiefe Werte ergaben, die nicht ohne weiteres erklärbar sind.

Bei den Prüfkörpern deren Lamellen mit Nachschnitt versehen wurden, sind die Scherfestigkeiten (5%-Fraktilewerte) bei einem Pressdruck von 1.0 N/mm² um ca. 11% höher als bei einem Pressdruck von 1.2 N/mm².

Gerade umgekehrt verhält es sich bei Prüfkörper deren Lamellen vorgehobelt wurden. Der höhere Pressdruck ergibt hier auch höhere Scherfestigkeiten. Die Erhöhung gegenüber einem Pressdruck von 1.0 N/mm² beträgt bis zu 5%.

Der Einfluss des Pressdruckes kann aufgrund der widersprüchlichen Ergebnisse nicht abschliessend beurteilt werden. Es ist jedoch anzunehmen, dass der ideale Pressdruck bei sägerauhen Lamellen (keine Vorbehandlung) bei 1.2 N/mm² liegt. Bei vorbehandelten Lamellen gibt es keine wesentliche Unterschiede zwischen den 2 Pressdrücken.

5.5.3 Einfluss der Vorbehandlung

Probekörper die mit einem Pressdruck von 1.0 N/mm² hergestellt wurden, weisen je nach Vorbehandlung der Lamellen unterschiedliche Scherfestigkeiten auf. Aus dem Vergleich der 5%-Fraktile-Werte der 6 Versuchsserien (A, An, Av, C, Cn und Cv) ist ersichtlich, dass Prüfkörper dessen Lamellen mit einem Nachschnitt mit Kreissäge versehen wurden im Durchschnitt 20 bis 21% höhere Scherfestigkeiten erzielten als Prüfkörper ohne Vorbehandlung. Bei Prüfkörper mit vorgehobelten Lamellen beträgt die Erhöhung der Scherfestigkeit im Durchschnitt 10 bis 13%.

Bei den Probekörpern die mit einem Pressdruck von 1.2 N/mm² hergestellt wurden, kann keine eindeutige Aussage gemacht werden, da die Scherfestigkeiten nicht nur von der Vorbehandlung, sondern auch noch vom Leimtyp abhängen.

Beim Leimtyp 1 weisen die Prüfkörper ohne Vorbehandlung die höchsten Scherfestigkeiten auf.

Beim Leimtyp 2 haben die Prüfkörper mit vorgehobelten Lamellen eine um 15 bis 114% höhere Scherfestigkeit (5%-Fraktile) als Prüfkörper ohne Vorbehandlung.

Betreffend Leimtyp 3 sind keine Aussagen möglich, da nicht alle Kombinationen untersucht wurden.

Der Einfluss der Vorbehandlung kann aufgrund der widersprüchlichen Ergebnisse nicht abschliessend beurteilt werden. Sägerauh verleimte Lamellen mit Nachschnitt weisen jedoch etwa 10 bis 20% höhere Scherfestigkeiten auf als verleimte Lamellen ohne Vorbehandlung.

6 Delaminierungsversuche

6.1 Ziel

Ziel der Delaminierungsprüfungen war die Untersuchung der Qualität der Leimfugen. Diese Art der Prüfmethode wird eingesetzt, um die Dauerstandfestigkeit von Leimholz insbesondere im Außenbereich einzuschätzen. Mit Hilfe dieser Prüfung soll also die Verwendung von verleimten Elementen über eine längere Zeitspanne verkürzt simuliert werden. Es wurden zwei Leimtypen geprüft.

6.2 Probekörper

6.2.1 Material

Holz

Art:	Fichte
Qualität:	S10 bzw. FK II
Zuschnitt:	Gattersäge
Vorbehandlung:	gemäss Tabelle 1
Dicke der Lamellen:	24 mm

Leim

Typ 2	Collano	1K-PUR Purbond HB 440
Typ 3	Türmerleim	Kauranat 970

6.2.2 Serien

Für die Delaminierungsversuche wurden 9 Versuchsreihen, bestehend aus jeweils 4 oder 3 Probekörper mit je 9 Leimfugen, vorgesehen. In folgender Tabelle sind die Versuchsserien dargestellt.

Tabelle 4 Versuchsserien für die Delaminierungsprüfungen

Serie Nr.	Pressdruck [N/mm ²]	Vorbehandlung	Leimtyp	Leimmenge [g/m ²]
C	1.0	keine	2	300-350
Cn	1.0	Nachschnitt mit Kreissäge	2	300-350
Cv	1.0	Lamellen vorgehobelt	2	300-350
D	1.2	keine	2	300-350
Dn	1.2	Nachschnitt mit Kreissäge	2	300-350
Dv	1.2	Lamellen vorgehobelt	2	300-350
T	1.2	keine	3	350
Tn	1.0	Nachschnitt mit Kreissäge	3	350
Tv	1.0	Lamellen vorgehobelt	3	350

6.3 Versuchsanordnung

Die Prüfkörper wurden nach EN 391 [11] Verfahren B geprüft und die Ergebnisse aufgenommen sowie ausgewertet.

Die Delaminierungsprüfung ist definiert als eine Prüfmethode, die Prüfkörper mit Wasser über den Fasersättigungspunkt hinaus sättigt und diese danach schnell wieder trocknet, um die Qualität der

Leimfugen zu testen. Durch dieses Vorgehen, zuerst durch das Quellen und das darauffolgende Schwinden der Proben, werden große Spannungen in den Leimfugen erzeugt. In dem Fall, daß die Leimfugenqualität nicht ausreicht, treten Fehlstellen in Form von Leimfugenöffnungen auf. Die addierte Länge dieser Öffnungen in Relation zur Leimfugenlänge ergibt den Gesamtprozentsatz der Delaminierung und gilt als Maß für die Leimfugenqualität.

6.4 Ergebnisse der Delaminierungsversuche

Die Versuche wurden im im November 2001 im Prüflabor von Collano und Türmerleim durchgeführt.

6.4.1 Anforderungen

Nach EN 386:1995 [9] liegt der Höchstwert des Gesamtprozentsatzes der Delaminierung nach einem Zyklus bei 4 %. Für den Fall, dass der vorgeschriebene Höchstwert des Gesamtprozentsatzes überschritten wird, muss ein zusätzlicher Prüfzyklus durchlaufen werden. In diesem Fall liegt der Höchstwert des Gesamtprozentsatzes der Delaminierung bei 8%.

6.4.2 Ergebnisse

In den folgenden Tabellen sind die Prozentsätze der Delaminierung der 9 Versuchsserien - 3 bzw. 4 Probekörper mit je 9 Leimfugen - zusammengestellt. Die Werte wurden nach den Angaben der Norm EN 391 [11] berechnet. Die Ergebnisse der Einzelversuche befinden sich im Anhang.

Tabelle 5 Zusammenstellung der Gesamtprozentsätze der Delaminierung

Serie Nr.	Pressdruck [N/mm ²]	Vorbehandlung	Gesamtprozentsatz der Delaminierung		Bemerkungen
			maximaler Wert pro Probekörper [%]	Mittelwert aller Probekörper [%]	
C	1.0	keine	1.56	0.67	
Cn	1.0	Nachschnitt	3.89	2.56	
Cv	1.0	Vorgehobelt	0	0	
D	1.2	keine	3.89	2.40	
Dn	1.2	Nachschnitt	0.56	1.40	
Dv	1.2	Vorgehobelt	1.33	0.47	
T	1.0	keine	1.68	0.87	
Tn	1.0	Nachschnitt	28.59	22.00	Fugenöffnungen vor Prüfung vorhanden
Tv	1.0	Vorgehobelt	0.79	0.41	

6.5.2 Gesamtprozentsatz der Delaminierung

Der Gesamtprozentsatz der Delaminierung eines Prüfkörpers muß mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$100 \frac{l_{\text{ox,delam}}}{l_{\text{ox,glue line}}}$$

6.5.3 Höchstprozentsatz der Delaminierung

Der Höchstprozentsatz der Delaminierung einer einzelnen Leimfuge eines Prüfkörpers muß mit folgender Formel berechnet werden:

$$100 \frac{l_{\text{max,delam}}}{2 l_{\text{glue line}}}$$

Abbildung 9 Anforderungen an die Delaminierung aus EN 391 [11]

6.5 Diskussion der Ergebnisse

Die von der Norm EN 386 [9] geforderte Höchstwert der Delaminierung von 4% wird, mit einer Ausnahme, bei der Fugenöffnungen schon vor der Prüfungsdurchführung vorhanden waren, nicht überschritten, was auf eine gute Verleimungsqualität bei allen Prüfkörpern schliessen lässt.

Die Qualität der Verleimung war sehr gut. Der Einfluss der Vorbehandlung, des Pressdruckes und des Leimtyps auf die Verleimungsgüte kann jedoch auf Grund der Ergebnisse nicht beurteilt werden.

7 Egalisierungsversuche

7.1 Ziel

Ziel der Untersuchungen war die Ermittlung des Einflusses der Einschnitttechnik auf die Qualität der Oberfläche von nachträglich egalisierten Lamellen. Diese Untersuchungen wurden auf Grund der international verlangten Definition der Oberfläche durchgeführt.

7.2 Ergebnisse und Diskussion der Egalisierungsversuche

Es wurden zwei Versuchsserien untersucht, die sich in den Abmessungen der Lamellen und in der Einschnitttechnik unterschieden. Die durchgeführte Egalisierung betrug für beide Serien je 1 mm pro Seite, die Holzfeuchte 14%. Die Untersuchungen wurden von der Firma Dahinden in Hellbühl durchgeführt. In folgender Tabelle sind die Ergebnisse der Versuche aufgelistet.

Tabelle 6 Ergebnisse der Egalisierungsversuche

Serie	Abmessungen Lamellen [mm]	Anzahl Lamellen	Einschnitt	Trockenmass Dicke [mm]	Beurteilung Oberfläche nach Egalisierung
1	24 / 135	20	Nachschnittkreissäge	22 / 23	91% saubere Oberfläche
2	24 / 215	114	Gattersäge	22 / 23	80% saubere Oberfläche Bemerkungen: infolge Schüsselung: - obere Seite sauber - untere Seite durchschnittlicher Streifen von 6 cm schlecht ausgehobelt Serie von 20 Brettern mit vielen Ästen (schlecht ausgehobelt)

Aus Tabelle 6 ist ersichtlich dass die Qualität der Oberfläche von egalisierten Lamellen bei der Serie 1 besser ist als bei der Serie 2. Dies ist einerseits auf den schonenderen Einschnitt mit der Nachschnittkreissäge sowie auf die kleineren Abmessungen zurückzuführen. Durch die grössere Breite war die Schüsselung der Lamellen der Serie 2 ausgeprägter, womit keine gleichmässige Egalisierung auf der ganzen Oberfläche erreicht wurde. Somit kann gesagt werden, dass **kleinere Lamellen die mit Nachschnittkreissäge eingeschnitten wurden eine bessere Oberfläche aufweisen als breite Lamellen, die mit einem Gatter eingeschnitten wurden.**

9 Schlussfolgerungen

Bei der Einreichung des Beitragessuches wurde als Zielsetzungen das Ausarbeiten von Unterlagen für die Herstellung von sägerauhen Schnittholz (SSH) festgelegt. Dazu wurde ein Arbeits- und Prüfplan zur Ermittlung der Materialeigenschaften und -anforderungen, zur Prüfung und Optimierungen der Produktevarianten, sowie zur Erstellung der technischen Dokumentationen aufgestellt (siehe Kapitel 4.1).

Im Laufe des Projektes wurde die Vorgehensweise den geänderten Marktbedingungen und den daraus entstandenen, neuen Bedürfnisse der Projektpartner laufend angepasst. Insbesondere der starke Rückgang des Brettschichtholz-Preises hat dazu geführt, dass die Marktchancen des Produktes auf dem nationalen Markt nicht mehr den Erwartungen entsprachen und so die Wirtschaftlichkeit nicht mehr gegeben war. Auf Grund dieser Tatsache wurde eine Marktausweitung ins nahe Ausland, vor allem Deutschland, ins Auge gefasst.

Nach den ersten Versuchen zur Abklärung der technischen Machbarkeit, Scher- und Delaminierungsversuche, wurde Kontakt mit dem DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) in Berlin aufgenommen, um die Möglichkeit und die Bedingungen für die Erlangung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für verleimte Rahmenhölzer aus sägerauhen Seitenbrettern zu erfahren. Herr Radovic von der FMPA Stuttgart stand uns dabei beratend zur Seite.

Um den Anforderungen einer bauaufsichtlichen Zulassung zu genügen wurden die dazu notwendigen Untersuchungen festgelegt. Insbesondere sollten:

- die Sortierkriterien klar definiert werden, so die Oberflächenbeschaffenheit und die maximale Schüsselung,
- Bruchversuche an Ständer unter Einzellast, bei dem Schubbruch auftritt, durchgeführt werden,
- der Leimmengenauftrag und die Leimdicke gemessen werden.

Weiter sollte ein Businessplan mit Angaben über Prüfungs- und Produktkosten bei einer allfälligen Zulassung erstellt werden.

Die verlangte Definition der Oberflächenbeschaffenheit hat dazu geführt, dass die damit anvisierte Verbesserung der Schubfestigkeiten durch die Reduktion der Rauhtiefe und der Dickentoleranzen, nur durch einen zusätzlichen Arbeitsschritt, eine Egalisierung der Bretter, erreicht werden konnte. Im Rahmen des Projektes wurden dazu Egalisierungsversuche durchgeführt. Diese Anforderung für die Erreichung der Zulassung, hat dazu geführt, dass für die Herstellung von sägerauh verleimtes Schnittholz die Wirtschaftlichkeit nicht mehr gegeben ist: Die vorgeschlagene Egalisierung der Lammellenoberfläche durch Vorhobeln würde das Produkt zu stark verteuern, so dass es auch auf dem internationalen Markt keine Chancen mehr hätte.

Die Änderungen der Bedingungen auf dem nationalen Markt während des Projektablaufs zeigte, dass dieser Markt nicht mehr den Erwartungen entsprach. Im Laufe des Projektes wurden daher zusätzliche Abklärungen um den deutschen Markt für das Produkt SSH zu erschliessen durchgeführt. Die damit verbundenen Anforderungen hätten jedoch zu einer Verteuern des Produktes geführt. Auf Grund dieser Tatsachen und der Unsicherheit betreffend Marktakzeptanz - ist der Kunde bereit einen höheren Preis zu bezahlen für ein Produkt, dass eine Genehmigung besitzt - wurde festgestellt, dass die Wirtschaftlichkeit des Produktes auf dem nationalen und auf dem internationalen Markt gegenüber den Bedingungen bei Projektanfang nicht mehr gegeben ist.

10 Bestimmungen zu diesem Forschungsbericht

Der Bericht wurde klassiert als: Öffentlich

Dieser Bericht darf nicht ohne Genehmigung der HSB auszugsweise vervielfältigt werden. Jegliche Veröffentlichung des Berichtes oder Teilen davon bedarf der schriftlichen Zustimmung der HSB.

Ein Original dieses Berichtes wird von der HSB für 5 Jahre aufbewahrt.

Dieser Bericht ist nur mit den Unterschriften des Abteilungsleiters F+E, des Leiters F+E Holzbau und Bautechnik und des Projektverantwortlichen gültig.

10.1 Umfang des Forschungsberichtes

Dieser Forschungsbericht besteht aus dem Titelblatt, dem Abstract und 41 Seiten inkl. Anhang.

Biel, 05.07.2005

Hochschule für Architektur, Bau und Holz HSB, Burgdorf, Biel

11 Verzeichnisse

11.1 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Versuchsserien für die Scherprüfungen.....	9
Tabelle 2	Anforderungen der Norm EN 386:1995 [9] bezüglich Scherfestigkeit und Versagensart für Nadelhölzer	11
Tabelle 3	Zusammenstellung der Scherfestigkeiten und Versagensarten	11
Tabelle 4	Versuchsserien für die Delaminierungsprüfungen	16
Tabelle 5	Zusammenstellung der Gesamtprozentsätze der Delaminierung.....	17
Tabelle 6	Ergebnisse der Egalisierungsversuche	19

11.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Dimensionen der Probekörper	8
Abbildung 2	Leimauftrag	9
Abbildung 3	Herstellung der Balken.....	10
Abbildung 4	Presse beladen.....	10
Abbildung 5	Anordnung des Versuches.....	10
Abbildung 6	Grenzwerte der Scherspannungen: grafische Zusammenfassung der Resultate....	12
Abbildung 7	Zusammenstellung der Mittelwerte. Gruppierung nach Vorbehnadlung	13
Abbildung 8	Zusammenstellung der 5%-Fraktilwerte. Gruppierung nach Vorbehandlung und Pressdruck	13
Abbildung 9	Anforderungen an die Delaminierung aus EN 391 [11]	17

11.3 Literaturverzeichnis

- [1] Birk J., Knecht Ph.: Verwertung von Seitenware, Schwergewicht Verleimung von sägerohren Seitenbrettern, Projektarbeit Schweizerische Ingenieur- und Technikerschule für die Holzwirtschaft (SISH), Biel, 1998
- [2] Germerott U.: Sägerauh verleimtes Ständerholz aus Seitenware (SSH), Vortrag am Internationalen Sägerseminar, Rosenheim, 1999
- [3] Germerott U., Brunner R., Geiser M.: Festigkeitsprüfungen von sägeroh verleimten Holz, Prüfbericht Nr. 701, Schweizerische Ingenieur- und Technikerschule für die Holzwirtschaft (SISH), Biel, 1998
- [4] Germerott U., Geiser M., Wigger U.: Biegeversuch nach DIN 52 186 - von tänderware aus sägeroh verleimten Seitenbrettern, Prüfbericht Nr. 488, Schweizerische Ingenieur- und Technikerschule für die Holzwirtschaft (SISH), Biel, 1998
- [5] IP Holz: Brettschichtholz, Eidg. Drucksachen und Materialzentrale, Bern, 1991
- [6] Lüthi W.: Leimholz aus sägeroher Ware, In: Seminar für die Holzindustrie - Innovationen, Entwicklungen, neue Märkte 26.März 1998 Biel, Druckerei SISH, Biel, 1998
- [7] Müller R.: Verhalten von auf Schub beanspruchten BSH-Leimfugen bei hohen Temperaturen, Diplomarbeit ETH, Zürich, 2000

Normen

- [8] DIN EN 302-2, Ausgabe:1992-08: Klebstoffe für tragende Holzbauteile - Prüfverfahren - Teil2: Bestimmung de Delaminierungsbeständigkeit (Labor-Verfahren), Deutsche Fassung EN 302-2:1992
- [9] DIN EN 386, Ausgabe:1996-07: Brettschichtholz - Leistungs- und Mindestanforderungen an die Herstellung; Deutsche Fassung EN 386:1995
- [10] DIN EN 390 Ausgabe:1995-03: Brettschichtholz - Masse Grenzabmasse; Deutsche Fassung EN 394:1994
- [11] DIN EN 391, Ausgabe:1996-04: Brettschichtholz - Delaminierungsprüfung von Leimfugen; Deutsche Fassung EN 391:1995
- [12] DIN EN 392, Ausgabe:1996-04: Brettschichtholz - Scherprüfung der Leimfugen; Deutsche Fassung EN 392:1995
- [13] DIN EN 1194, Ausgabe:1999-05: Holzbauwerke - Brettschichtholz - Festigkeitsklassen und Bestimmung charakteristischer Werte; Deutsche Fassung EN 1194:1999
- [14] DIN EN 4074-1, Ausgabe:1989-09: Sortierung vonm Holz nach der Tragfähigkeit- Teil1: Nadelschnittholz
- [15] SIA 164, Ausgabe 1992: Holzbau

Anhang A: Einzelergebnisse Scherprüfungen nach EN 392

Serie A

Vorbehandlung: keine
 Pressdruck: 1.0 N/mm²
 Presszeit: 3 Stunden
 Leimmenge: 300 - 350 g/m²
 Leimtyp: 1

Probe- körper Nr.	Bezeich- nung SSH	h1 mm	Klebfuge		A mm ²	Frupt KN	τrupt N/mm ²	Fmax KN	Versagensart in %	
			h2 mm						Holz A1	Leimfuge A2
1	66	49.7	50.1	2489.97	19.25	7.73			100	
	67	49.7	50.1	2489.97	17.09	6.86			100	
	68	49.7	50.1	2489.97	20.09	8.07			100	
	69	49.7	50.1	2489.97	23.15	9.30			100	
	70	49.7	50.1	2489.97	21.57	8.66			100	
2	71	49.8	50.2	2499.96	19.44	7.78			85	15
	72	49.8	50.2	2499.96	14.41	5.76			55	45
	73	49.8	50.2	2499.96	22.84	9.14			100	
	74	49.8	50.2	2499.96	21.06	8.42			100	
	75	49.8	50.2	2499.96	19.09	7.64			100	
3	76	49.7	50.2	2494.94	17.37	6.96			100	
	77	49.7	50.2	2494.94	17.46	7.00			100	
	78	49.7	50.2	2494.94	20.82	8.34			100	
	79	49.7	50.2	2494.94	17.29	6.93			100	
	80	49.7	50.2	2494.94	18.93	7.59			100	
4	81	49.9	50.1	2499.99	16.43	6.57			100	
	82	49.9	50.1	2499.99	16.99	6.80			100	
	83	49.9	50.1	2499.99	20.86	8.34			100	
	84	49.9	50.1	2499.99	19.41	7.76			100	
	85	49.9	50.1	2499.99	15.89	6.36			100	
5	86	49.9	50.3	2509.97	19.06	7.59			100	
	87	49.9	50.3	2509.97	17.75	7.07			100	
	88	49.9	50.3	2509.97	19.96	7.95			100	
	89	49.9	50.3	2509.97	14.5	5.78			100	
	90	49.9	50.3	2509.97	14.58	5.81			95	5
6	91	49.9	50.1	2499.99	19.55	7.82			100	
	92	49.9	50.1	2499.99	18.13	7.25			100	
	93	49.9	50.1	2499.99	20.38	8.15	20.38		100	
	94	49.9	50.1	2499.99	23.99	9.60			100	
	95	49.9	50.1	2499.99	16.47	6.59			95	5
				0		0				
				0		0				
				0		0				
				0		0				
				0		0				

Mittel 7.52 98 2
 Standardabweichung 1.00
 Median 7.68

Serie An

Vorbehandlung: Nachschnitt
 Pressdruck: 1.0 N/mm²
 Presszeit: 3 Stunden
 Leimmenge: 300 - 350 g/m²
 Leimtyp: 1

Probe- körper Nr.	Bezeich- nung SSH	h1 mm	Klebfuge		A mm ²	Frupt KN	τrupt N/mm ²	Fmax KN	Versagensart in %	
			h2 mm						Holz A1	Leimfuge A2
1	31	50.0	50.1	2505	7.79	3.11			70	30
	32	50.0	50.1	2505	17.94	7.16			90	10
	33	50.0	50.1	2505	14.14	5.64			90	10
	34	50.0	50.1	2505	15.49	6.18			100	
	35	50.0	50.1	2505	24.78	9.89			100	
2	36	49.9	50.2	2504.98	7.33	2.93			75	25
	37	49.9	50.2	2504.98	17.63	7.04			100	
	38	49.9	50.2	2504.98	15.54	6.20			85	15
	39	49.9	50.2	2504.98	21.51	8.59			100	
	40	49.9	50.2	2504.98	23.21	9.27			95	5
3	41	50.1	50.1	2510.01	18.95	7.55			100	
	42	50.1	50.1	2510.01	22.34	8.90			100	
	43	50.1	50.1	2510.01	22.32	8.89			95	5
	44	50.1	50.1	2510.01	21.37	8.51			95	5
	45	50.1	50.1	2510.01	25.09	10.00			100	
4	46	50.0	50.3	2515	20.8	8.27			100	
	47	50.0	50.3	2515	22.68	9.02			100	
	48	50.0	50.3	2515	25.35	10.08	25.35		95	5
	49	50.0	50.3	2515	20.34	8.09			100	
	50	50.0	50.3	2515	25.89	10.29			100	
5	51	49.8	50.2	2499.96	16.31	6.52			100	
	52	49.8	50.2	2499.96	22.82	9.13			100	
	53	49.8	50.2	2499.96	24.66	9.86			95	5
	54	49.8	50.2	2499.96	25.34	10.14			100	
	55	49.8	50.2	2499.96	24.48	9.79			100	
6	56	50.0	50.1	2505	24.45	9.76			100	
	57	50.0	50.1	2505	23.33	9.31			100	
	58	50.0	50.1	2505	26.52	10.59			100	
	59	50.0	50.1	2505	24.92	9.95			100	
	60	50.0	50.1	2505	20.47	8.17			100	
7	61	50.0	50.1	2505	26.96	10.76			100	
	62	50.0	50.1	2505	22.83	9.11			100	
	63	50.0	50.1	2505	24.04	9.60			95	5
	64	50.0	50.1	2505	21.39	8.54			95	5
	65	50.0	50.1	2505	19.24	7.68			100	

Mittel 8.42 8.74* 96 4
 Standardabweichung 1.89 1.37*
 Median 7.68 8.90*

Serie Cv

Vorbehandlung: Vorgehobelt
 Pressdruck: 1.0 N/mm2
 Presszeit: 3 Stunden
 Leimmenge: 300 - 350 g/m2
 Leimtyp: 2

Probekörper Nr.	Bezeichnung Cv	h1 mm	Klebfuge		A mm2	Fruft KN	truft N/mm2	Fmax KN	Versagensart in %	
			h2 mm						Holz A1	Leimfuge A2
1	1	49.9	50.1	2499.99	20.68	8.27			100	
	2	49.9	50.1	2499.99	23.68	9.55			95	5
	3	49.9	50.1	2499.99	24.42	9.77			100	
	4	49.9	50.1	2499.99	20.75	8.30			100	
	5	49.9	50.1	2499.99	19.39	7.76			100	
2	6	49.6	50.1	2484.96	26.75	10.76			100	
	7	49.6	50.1	2484.96	21.38	8.60			100	
	8	49.6	50.1	2484.96	24.43	9.83			100	
	9	49.6	50.1	2484.96	22.16	8.92			100	
	10	49.6	50.1	2484.96	21.66	8.72			100	
3	11	49.8	50.1	2494.98	24.20	9.70			100	
	12	49.8	50.1	2494.98	20.76	8.32			95	5
	13	49.8	50.1	2494.98	21.20	8.50			100	
	14	49.8	50.1	2494.98	20.38	8.17			100	
	15	49.8	50.1	2494.98	20.38	8.17			100	
4	16	49.8	50.1	2494.98	24.77	9.93			100	
	17	49.8	50.1	2494.98	17.76	7.12			95	5
	18	49.8	50.1	2494.98	22.90	9.18			100	
	19	49.8	50.1	2494.98	23.08	9.25			100	
	20	49.8	50.1	2494.98	22.32	8.95			100	
5	21	49.6	50.2	2489.92	21.34	8.57			100	
	22	49.6	50.2	2489.92	19.78	7.94			95	5
	23	49.6	50.2	2489.92	21.88	8.79			100	
	24	49.6	50.2	2489.92	22.19	8.91			100	
	25	49.6	50.2	2489.92	21.67	8.70			100	
6	26	49.7	50.2	2494.94	21.98	8.81			100	
	27	49.7	50.2	2494.94	21.43	8.59			100	
	28	49.7	50.2	2494.94	22.26	8.92			100	
	29	49.7	50.2	2494.94	20.05	8.04			100	
	30	49.7	50.2	2494.94	23.04	9.23			100	

Mittel 8.81 99 1
 Standardabweichung 0.74
 Median 8.75

Serie D

Vorbehandlung: Keine
 Pressdruck: 1.2 N/mm2
 Presszeit: 3 Stunden
 Leimmenge: 300 - 350 g/m2
 Leimtyp: 2

Probekörper Nr.	Bezeichnung C	h1 mm	Klebfuge		A mm2	Fruft KN	truft N/mm2	Fmax KN	Versagensart in %	
			h2 mm						Holz A1	Leimfuge A2
1	1	50	50	2500	15.67	6.27			100	
	2	50	50	2500	19.89	7.96			95	5
	3	50	50	2500	12.27	4.91			100	
	4	50	50	2500	6.83	2.73			100	
	5	50	50	2500	17.84	7.14			95	5
2	6	50	50.1	2505	20.27	8.09			100	
	7	50	50.1	2505	20.40	8.14			100	
	8	50	50.1	2505	22.69	9.06			100	
	9	50	50.1	2505	26.21	10.46			100	
	10	50	50.1	2505	14.19	5.66			100	
3	11	50	50.2	2510	16.12	6.42			95	5
	12	50	50.2	2510	15.97	6.36			100	
	13	50	50.2	2510	18.91	7.53			100	
	14	50	50.2	2510	9.02	3.59			100	
	15	50	50.2	2510	25.53	10.17			100	
4	16	49.8	50.2	2499.96	19.81	7.92			100	
	17	49.8	50.2	2499.96	18.33	7.33			100	
	18	49.8	50.2	2499.96	15.51	6.20			100	
	19	49.8	50.2	2499.96	11.03	4.41			100	
	20	49.8	50.2	2499.96	23.72	9.49			100	
5	21	49.8	50.2	2499.96	21.49	8.60			100	
	22	49.8	50.2	2499.96	17.47	6.99			100	
	23	49.8	50.2	2499.96	16.28	6.51			100	
	24	49.8	50.2	2499.96	11.34	4.54			100	
	25	49.8	50.2	2499.96	20.97	8.39			100	
6	26	49.8	50.2	2499.96	19.78	7.91			100	
	27	49.8	50.2	2499.96	14.31	5.72			100	
	28	49.8	50.2	2499.96	13.79	5.52			100	
	29	49.8	50.2	2499.96	12.42	4.97			100	
	30	49.8	50.2	2499.96	21.80	8.72			100	
7	31	49.8	50.1	2494.98	20.17	8.08			95	5
	32	49.8	50.1	2494.98	14.08	5.64			100	
	33	49.8	50.1	2494.98	15.9	6.37			100	
	34	49.8	50.1	2494.98	10.41	4.17			100	
	35	49.8	50.1	2494.98	23.22	9.31			100	

Mittel 6.89 7.37* 99 1
 Standardabweichung 1.88 1.37*
 Median 6.99 7.43*

* = ohne Werte der 4. Fuge D 4, 9, 14, 19, 24, 29, 34 (Fehlverleimung?)

Serie Dn

Vorbehandlung: Nachschnitt
 Pressdruck: 1.2 N/mm2
 Presszeit: 3 Stunden
 Leimmenge: 300 - 350 g/m2
 Leimtyp: 2

Probekörper Nr.	Bezeichnung Cn	h1 mm	Klebfuge		A mm2	Frupt KN	truft N/mm2	Fmax KN	Versagensart in %	
			h2 mm						Holz A1	Leimfuge A2
1	1	49.9	50.2	2504.98	24.41	9.74			95	5
	2	49.9	50.2	2504.98	21.73	8.67			100	
	3	49.9	50.2	2504.98	23.47	9.37			90	10
	4	49.9	50.2	2504.98	24.93	9.95			100	
	5	49.9	50.2	2504.98	25.43	10.15			95	5
2	6	49.8	50.2	2499.96	25.11	10.04			100	
	7	49.8	50.2	2499.96	22.33	8.93			100	
	8	49.8	50.2	2499.96	22.91	9.16			85	15
	9	49.8	50.2	2499.96	24.31	9.72			95	5
	10	49.8	50.2	2499.96	25.32	10.13			100	
3	11	49.8	50.2	2499.96	22.57	9.03			100	
	12	49.8	50.2	2499.96	22.54	9.02			95	5
	13	49.8	50.2	2499.96	25.84	10.34			95	5
	14	49.8	50.2	2499.96	20.34	8.14			100	
	15	49.8	50.2	2499.96	27.34	10.94			100	
4	16	50	50.2	2510	18.68	7.44			95	5
	17	50	50.2	2510	22.88	9.12			100	
	18	50	50.2	2510	22.33	8.90			95	5
	19	50	50.2	2510	16.34	6.51			100	
	20	50	50.2	2510	22.40	8.92			100	
5	21	50	50.2	2510	22.79	9.08			95	5
	22	50	50.2	2510	22.79	9.08			100	
	23	50	50.2	2510	21.81	8.69			80	20
	24	50	50.2	2510	23.64	9.42			100	
	25	50	50.2	2510	26.23	10.45			100	
6	26	49.7	50.2	2494.94	21.81	8.74			100	
	27	49.7	50.2	2494.94	19.20	7.70			95	5
	28	49.7	50.2	2494.94	22.20	8.90			95	5
	29	49.7	50.2	2494.94	22.87	9.17			100	
	30	49.7	50.2	2494.94	26.51	10.63			90	10

Mittel 9.20 97 3
 Standardabweichung 0.95
 Median 9.10

Serie Dv

Vorbehandlung: Vorgehobelt
 Pressdruck: 1.2 N/mm2
 Presszeit: 3 Stunden
 Leimmenge: 300 - 350 g/m2
 Leimtyp: 2

Probekörper Nr.	Bezeichnung Dv	h1 mm	Klebfuge		A mm2	Frupt KN	truft N/mm2	Fmax KN	Versagensart in %	
			h2 mm						Holz A1	Leimfuge A2
R	1	49.8	50.1	2494.98	24.99	10.02			100	
	2	49.8	50.1	2494.98	27.61	11.07			100	
	3	49.8	50.1	2494.98	25.03	10.03			100	
	4	49.8	50.1	2494.98	26.97	10.81			100	
	5	49.8	50.1	2494.98	25.06	10.04			95	5
3	6	49.9	50.1	2499.99	21.28	8.51			100	
	7	49.9	50.1	2499.99	24.53	9.81			100	
	8	49.9	50.1	2499.99	0.00	0.00			100	
	9	49.9	50.1	2499.99	22.16	8.86			100	
	10	49.9	50.1	2499.99	22.74	9.10			90	10
2	11	49.8	50.2	2499.96	19.38	7.75			100	
	12	49.8	50.2	2499.96	23.35	9.34			100	
	13	49.8	50.2	2499.96	25.62	10.25			100	
	14	49.8	50.2	2499.96	25.43	10.17			100	
	15	49.8	50.2	2499.96	28.52	11.41			95	5
4	16	50	50.3	2515	22.77	9.05			100	
	17	50	50.3	2515	25.28	10.05			100	
	18	50	50.3	2515	24.03	9.55			100	
	19	50	50.3	2515	22.56	8.97			100	
	20	50	50.3	2515	27.67	11.00			90	10
5	21	50.2	50.3	2525.06	23.87	9.45			100	
	22	50.2	50.3	2525.06	25.29	10.02			100	
	23	50.2	50.3	2525.06	24.94	9.88			100	
	24	50.2	50.3	2525.06	26.91	10.66			100	
	25	50.2	50.3	2525.06	28.53	11.30			95	5
6	26	50	50.3	2515	17.53	6.97			100	
	27	50	50.3	2515	22.80	9.07			100	
	28	50	50.3	2515	20.90	8.31			100	
	29	50	50.3	2515	22.69	9.02			100	
	30	50	50.3	2515	26.29	10.45			95	5

Mittel 9.68 99 1
 Standardabweichung 1.04
 Median 9.88

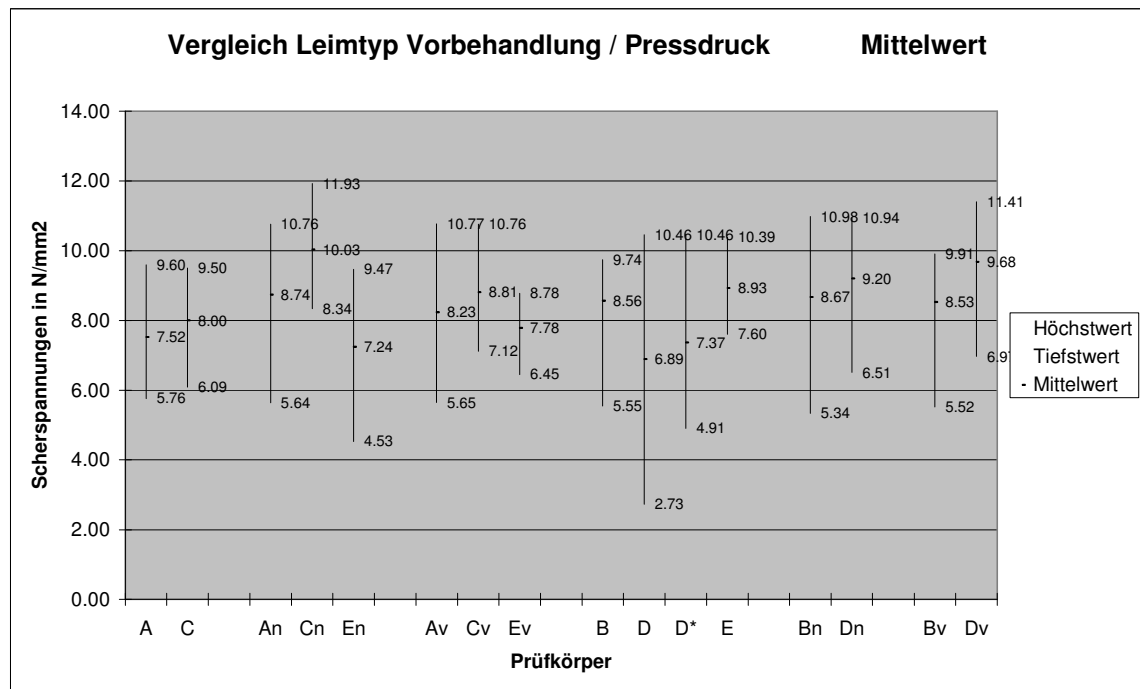
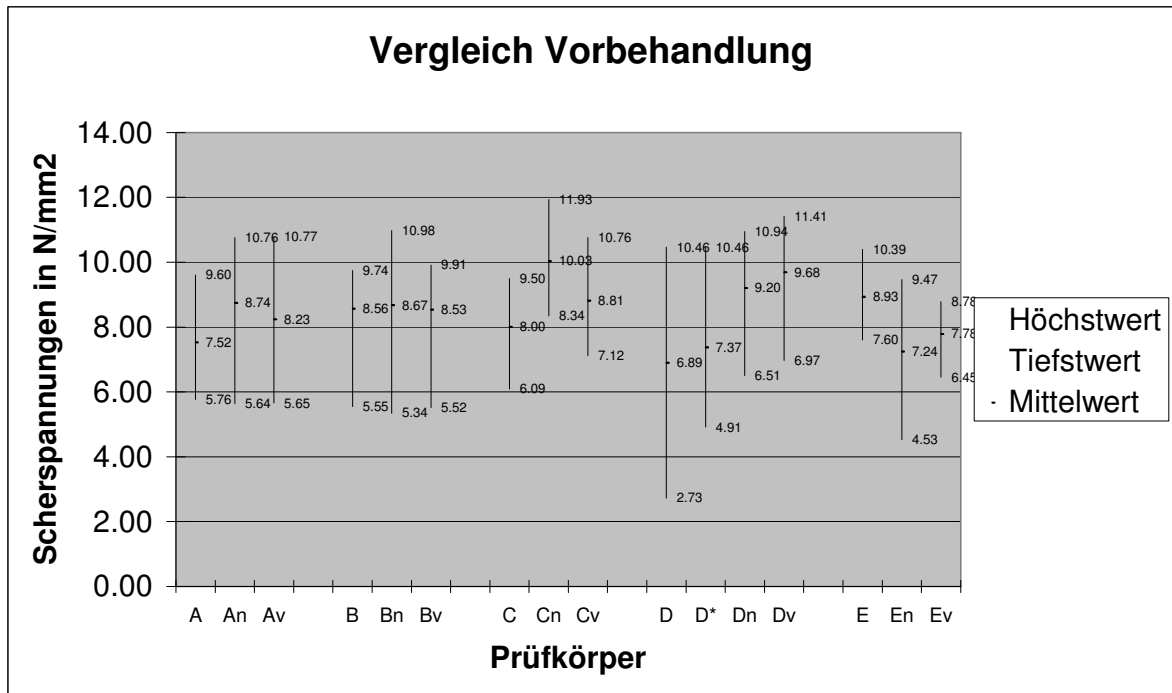
Serie Ev

Vorbehandlung: vorgehobelt
 Pressdruck: 1.0 N/mm2
 Presszeit: 3 Stunden
 Leimmenge: 350 g/m2
 Leimtyp: 3

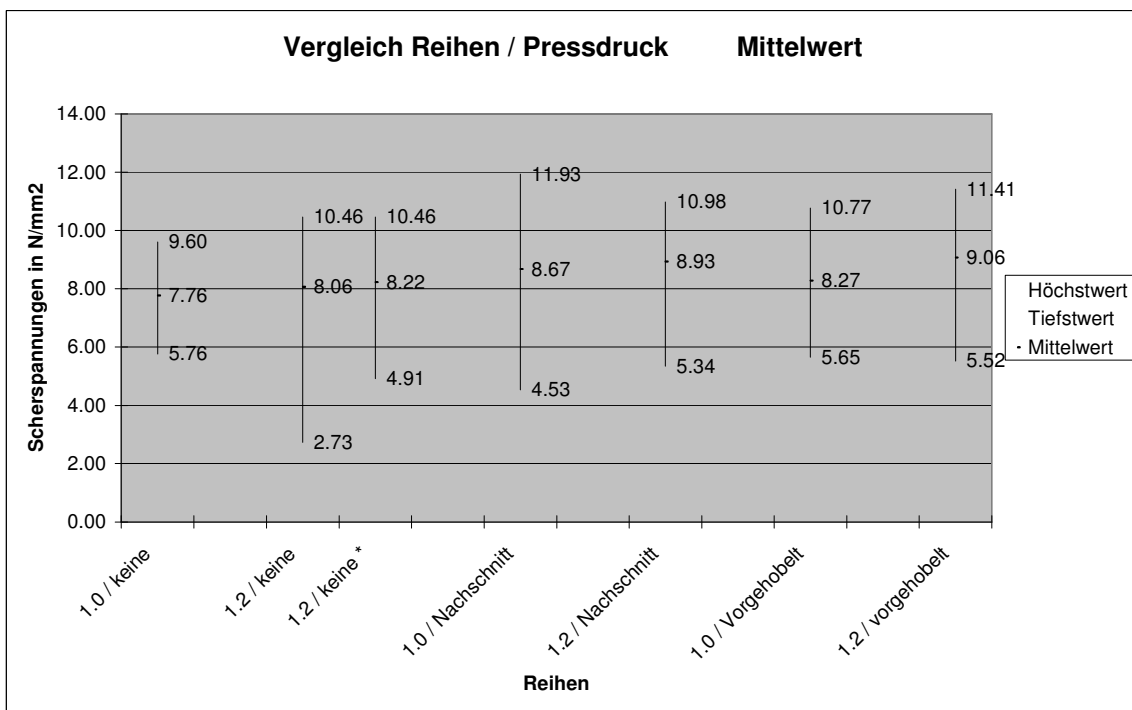
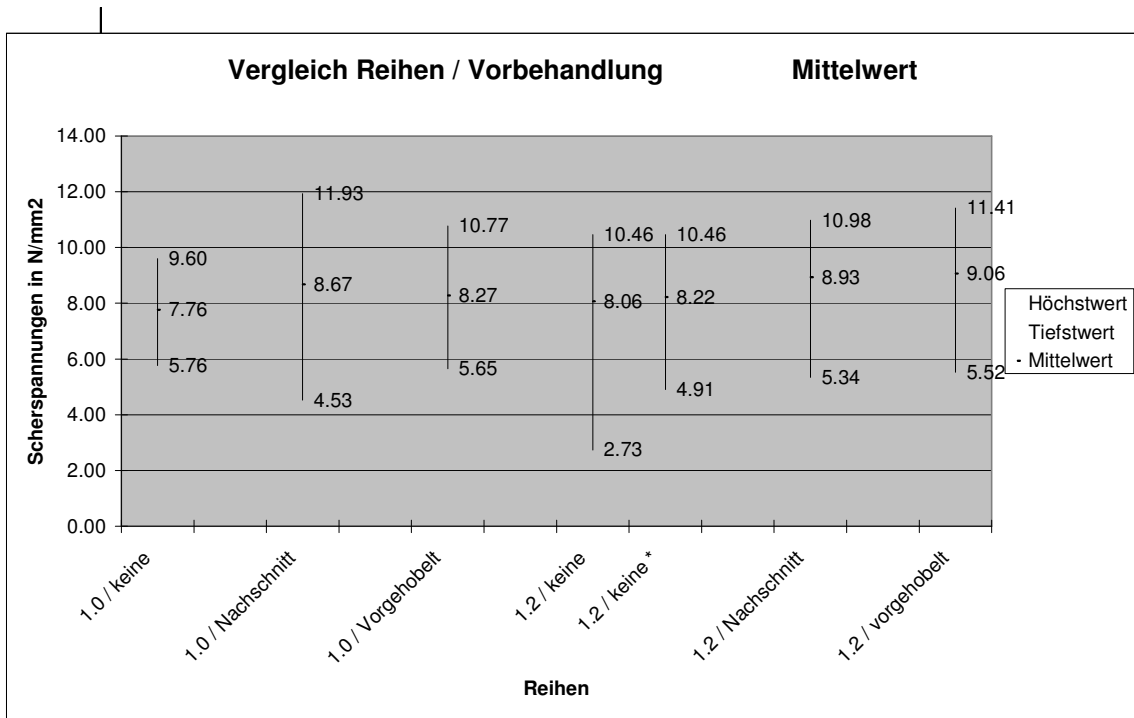
Probekörper Nr.	Bezeichnung Ev	h1 mm	Klebfuge		A mm2	Frupt KN	τrupt N/mm2	Fmax KN	Versagensart in %	
			h2 mm						Holz A1	Leimfuge A2
1	1	49.9	50.3	2509.97	21.14	8.42			100	
	2	49.9	50.3	2509.97	19.89	7.92			100	
	3	49.9	50.3	2509.97	18.78	7.48			100	
	4	49.9	50.3	2509.97	17.37	6.92			100	
	5	49.9	50.3	2509.97	16.2	6.45			100	
2	6	49.9	50.3	2509.97	22.03	8.78			100	
	7	49.9	50.3	2509.97	19.84	7.90			100	
	8	49.9	50.3	2509.97	18.11	7.22			100	
	9	49.9	50.3	2509.97	20.22	8.06			100	
	10	49.9	50.3	2509.97	20.52	8.18			95	5
3	11	49.9	50.3	2509.97	21.18	8.44			100	
	12	49.9	50.3	2509.97	19.8	7.89			100	
	13	49.9	50.3	2509.97	19.46	7.75			100	
	14	49.9	50.3	2509.97	20.68	8.24			90	10
	15	49.9	50.3	2509.97	19.66	7.83			100	
4	16	49.9	50.3	2509.97	21.8	8.69			100	
	17	49.9	50.3	2509.97	19.96	7.95			20	
	18	49.9	50.3	2509.97	20.57	8.20			100	
	19	49.9	50.3	2509.97	17.8	7.09			100	
	20	49.9	50.3	2509.97	18.76	7.47			90	10
5	21	49.9	50.3	2509.97	20.2	8.05			100	
	22	49.9	50.3	2509.97	20.5	8.17			100	
	23	49.9	50.3	2509.97	20.56	8.19			100	
	24	49.9	50.3	2509.97	18.1	7.21			100	
	25	49.9	50.3	2509.97	19.47	7.76			100	
6	26	49.9	50.3	2509.97	21.79	8.68			100	
	27	49.9	50.3	2509.97	18.1	7.21			100	
	28	49.9	50.3	2509.97	17.7	7.05			100	
	29	49.9	50.3	2509.97	16.75	6.67			90	10
	30	49.9	50.3	2509.97	18.77	7.48			100	
				0		0				
				0		0				
				0		0				
				0		0				
				0		0				
				0		0				

Mittel 7.78 99 1
 Standardabweichung 0.60
 Median 7.91

Anhang B: Vergleiche Scherprüfungen



- Legende:
- | | | |
|-------------|-----------------------|---------------------------|
| A, C | Pressdruck: 1.0 N/mm2 | keine Vorbehandlung |
| An, Cn, En | Pressdruck: 1.0 N/mm2 | Nachschnitt mit Kreissäge |
| Av, Cv, Ev | Pressdruck: 1.0 N/mm2 | Vorgehobelt |
| B, D, D*, E | Pressdruck: 1.2 N/mm2 | Pressdruck: 1.2 N/mm2 |
| Bn, Dn | Pressdruck: 1.2 N/mm2 | Nachschnitt mit Kreissäge |
| Bv, Dv | Pressdruck: 1.2 N/mm2 | Vorgehobelt |



Anhang C: Einzelergebnisse Delaminierung nach EN 391

Serie C

Delaminierungsprotokoll 2001D38

Produktion intern	Datum Verleimung	KS Typ	KS Charge	Abmessung			Lam.	Anzahl Fugen	Datum Prüfung	$l_{tot,Leimfu}$	$l_{tot,delam}$	$l_{tot,delam}$	$l_{max,delam}$	Gewicht Anfang	Gewicht Ende	Gewicht Abweich. in %
Nr.				Höhe	Breite	Stärke			mm	mm	%	mm	%	g	g	
C7	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	0	0			290	290	0.0
C8	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	10	1.111			291	289	-0.69
C9	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	0	0			296	294	-0.68
C10	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	14	1.556			285	278	-2.46
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
Duchschnitt in %										0.667						
<p>Wichtig: Die schraffierten Felder sind vom Hersteller auszufüllen Länge der Prüfkörper = $l_{Leimfuge} = 75\text{ mm}$ Bitte ausreichenden Abstand zum Trägerende bei Probenentnahme Proben nummerieren und Nummer ins Protokoll oben eintragen</p> <p>Proben versandt am: <input type="text"/></p> <p>Datum, Unterschrift: <input type="text"/></p>									<p>Prüfung: EN 391 / Verfahren B Legende: A = AST F = Faserbruch (A u. F werden nicht als Delaminierung gewertet)</p> <p>Anmerkung: Muster nur 50mm lang</p> <p>Datum, Unterschrift: <u>26.11.01 Jürg Lienhard</u></p>							

Version 2.12.97 ReW / AWT-HLB

Serie Cn

Delaminierungsprotokoll 2001D38

Produktion intern	Datum Verleimung	KS Typ	KS Charge	Abmessung			Lam.	Anzahl Fugen	Datum Prüfung	$l_{tot,Leimfu}$	$l_{tot,delam}$	$l_{tot,delam}$	$l_{max,delam}$	Gewicht Anfang	Gewicht Ende	Gewicht Abweich. in %
Nr.				Höhe	Breite	Stärke			mm	mm	%	mm	%	g	g	
Cn7	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	21	2.333			286	294	2.8
Cn8	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	22	2.444			286	294	2.8
Cn9	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	35	3.889			275	284	3.27
Cn10	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	14	1.556			281	281	0.0
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
Duchschnitt in %										2.556						
<p>Wichtig: Die schraffierten Felder sind vom Hersteller auszufüllen Länge der Prüfkörper = $l_{Leimfuge} = 75\text{ mm}$ Bitte ausreichenden Abstand zum Trägerende bei Probenentnahme Proben nummerieren und Nummer ins Protokoll oben eintragen</p> <p>Proben versandt am: <input type="text"/></p> <p>Datum, Unterschrift: <input type="text"/></p>									<p>Prüfung: EN 391 / Verfahren B Legende: A = AST F = Faserbruch (A u. F werden nicht als Delaminierung gewertet)</p> <p>Anmerkung: Muster nur 50mm lang</p> <p>Datum, Unterschrift: <u>26.11.01 Jürg Lienhard</u></p>							

Version 2.12.97 ReW / AWT-HLB

Serie Cv

Delaminierungsprotokoll 2001D38

Produktion	Datum	KS	KS	Abmessung			Lam.	Anzahl	Datum	$l_{tot,Leimfu}$	$l_{tot,delam}$	$l_{tot,delam}$	$l_{max,delam}$	Gewicht	Gewicht	Gewicht
intern	Verleimung	Typ	Charge	Höhe	Breite	Stärke	Fugen	Prüfung	1. Zyklus		2. Zyklus		>40%	Anfang	Ende	Abweich.
Nr.				mm	mm	mm			mm	mm	%	mm	%	g	g	in %
Cv7	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	0	0			260	256	-1.54
Cv8	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	0	0			253	246	-2.77
Cv9	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	0	0			254	256	0.79
Cv10	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	0	0			247	251	1.62
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
Duchschnitt in %										0						
<p>Wichtig: Die schraffierten Felder sind vom Hersteller auszufüllen Länge der Prüfkörper = $l_{Leimfuge} = 75\text{ mm}$ Bitte ausreichenden Abstand zum Trägerende bei Probenentnahme Proben nummerieren und Nummer ins Protokoll oben eintragen</p> <p>Proben versandt am: <input type="text"/></p> <p>Datum, Unterschrift: <input type="text"/></p>									<p>Prüfung: EN 391 / Verfahren B Legende: A = AST F = Faserbruch (A u. F werden nicht als Delaminierung gewertet)</p> <p>Anmerkung: Muster nur 50mm lang</p> <p>Datum, Unterschrift: <u>26.11.01 Jürg Lienhard</u></p>							

Version 2.12.97 ReW / AWT-HLB

Serie D

Delaminierungsprotokoll 2001D38

Produktion	Datum	KS	KS	Abmessung			Lam.	Anzahl	Datum	$l_{tot,Leimfu}$	$l_{tot,delam}$	$l_{tot,delam}$	$l_{max,delam}$	Gewicht	Gewicht	Gewicht
intern	Verleimung	Typ	Charge	Höhe	Breite	Stärke	Fugen	Prüfung	1. Zyklus		2. Zyklus		>40%	Anfang	Ende	Abweich.
Nr.				mm	mm	mm			mm	mm	%	mm	%	g	g	in %
D9	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	35	3.889			300	289	-3.67
D10	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	12	1.333			302	287	-4.97
D10	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	0	0			302	298	-1.32
D11	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	30	3.333			303	296	-2.31
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
Duchschnitt in %										2.139						
<p>Wichtig: Die schraffierten Felder sind vom Hersteller auszufüllen Länge der Prüfkörper = $l_{Leimfuge} = 75\text{ mm}$ Bitte ausreichenden Abstand zum Trägerende bei Probenentnahme Proben nummerieren und Nummer ins Protokoll oben eintragen</p> <p>Proben versandt am: <input type="text"/></p> <p>Datum, Unterschrift: <input type="text"/></p>									<p>Prüfung: EN 391 / Verfahren B Legende: A = AST F = Faserbruch (A u. F werden nicht als Delaminierung gewertet)</p> <p>Anmerkung: Muster nur 50mm lang</p> <p>Datum, Unterschrift: <u>26.11.01 Jürg Lienhard</u></p>							

Version 2.12.97 ReW / AWT-HLB

Serie Dn

Delaminierungsprotokoll 2001D38

Produktion	Datum	KS	KS	Abmessung			Lam.	Anzahl	Datum	$l_{tot,Leimfu}$	$l_{tot,delam}$	$l_{tot,delam}$	$l_{max,dele}$	Gewicht	Gewicht	Gewicht
intern	Verleimung	Typ	Charge	Höhe	Breite	Stärke	Fugen	Prüfung	1. Zyklus		2. Zyklus		>40%	Anfang	Ende	Abweich.
Nr.				mm	mm	mm			mm	mm	%	mm	%	g	g	in %
Dn7	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	0	0			269	263	-2.23
Dn8	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	0	0			272	262	-3.68
Dn9	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	0	0			267	260	-2.62
Dn10	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	5	0.556			270	270	0.0
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
Duchschnitt in %										0.139						
<p>Wichtig: Die schraffierten Felder sind vom Hersteller auszufüllen Länge der Prüfkörper = $l_{Leimfuge} = 75\text{ mm}$ Bitte ausreichenden Abstand zum Trägerende bei Probenentnahme Proben nummerieren und Nummer ins Protokoll oben eintragen</p> <p>Proben versandt am: <input type="text"/></p> <p>Datum, Unterschrift: <input type="text"/></p>									<p>Prüfung: EN 391 / Verfahren B Legende: A = AST F = Faserbruch (A u. F werden nicht als Delaminierung gewertet)</p> <p>Anmerkung: Muster nur 50mm lang</p> <p>Datum, Unterschrift: <u>26.11.01 Jürg Lienhard</u></p>							

Version 2.12.97 ReW / AWT-HLB

Serie Dv

Delaminierungsprotokoll 2001D38

Produktion	Datum	KS	KS	Abmessung			Lam.	Anzahl	Datum	$l_{tot,Leimfu}$	$l_{tot,delam}$	$l_{tot,delam}$	$l_{max,dele}$	Gewicht	Gewicht	Gewicht
intern	Verleimung	Typ	Charge	Höhe	Breite	Stärke	Fugen	Prüfung	1. Zyklus		2. Zyklus		>40%	Anfang	Ende	Abweich.
Nr.				mm	mm	mm			mm	mm	%	mm	%	g	g	in %
Dv8	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	12	1.333			266	258	-3.01
Dv9	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	5	0.556			274	263	-4.01
Dv10	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	0	0			287	277	-3.48
Dv11	?	HB440	?	233	50	24	9	#####	900	0	0			286	285	-0.35
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
									0							#DIV/0!
Duchschnitt in %										0.472						
<p>Wichtig: Die schraffierten Felder sind vom Hersteller auszufüllen Länge der Prüfkörper = $l_{Leimfuge} = 75\text{ mm}$ Bitte ausreichenden Abstand zum Trägerende bei Probenentnahme Proben nummerieren und Nummer ins Protokoll oben eintragen</p> <p>Proben versandt am: <input type="text"/></p> <p>Datum, Unterschrift: <input type="text"/></p>									<p>Prüfung: EN 391 / Verfahren B Legende: A = AST F = Faserbruch (A u. F werden nicht als Delaminierung gewertet)</p> <p>Anmerkung: Muster nur 50mm lang</p> <p>Datum, Unterschrift: <u>26.11.01 Jürg Lienhard</u></p>							

Version 2.12.97 ReW / AWT-HLB

Serie T

Scherfestigkeit
23.11.01

216 KML 681 fl. T (Sägeroh)
217 KML 681 fl. TN (Nachschnitt)
218 KML 681 fl. TV (vorgehobelt)

Fläche in mm² 2500
Fichteholz

Von allen 4 Prüfkörpern (Lab.Nr. 216)

Mittelwert	Mittelwert HB	Standardabw.	V%
5.507	90	1.725	31.319

216 / 1

Kp	HB in %	N / mm ²	Mittelwert	Mittelwert HB	Standardabw.	V%
1550	70	6.078	6.928	83	0.742	10.715
1900	90	7.451				
1850	90	7.255				

216 / 2

Kp	HB in %	N / mm ²	Mittelwert	Mittelwert HB	Standardabw.	V%
1350	90	5.294	6.797	93	1.573	23.137
1700	90	6.667				
2150	100	8.431				

216 / 3

Kp	HB in %	N / mm ²	Mittelwert	Mittelwert HB	Standardabw.	V%
1500	90	5.882	5.033	93	3.894	77.368
200	90	0.784				
2150	100	8.431				

216 / 4

Kp	HB in %	N / mm ²	Mittelwert	Mittelwert HB	Standardabw.	V%
400	80	1.569	3.268	90	2.452	75.020
550	90	2.157				
1550	100	6.078				

Serie Tn und Tv

Von allen 4 Prüfkörpern (Lab.Nr. 217)

Mittelwert	Mittelwert HB	Standardabw.	V%
5.033	74	0.965	19.175

217 / 1

Kp	HB in %	N / mm ²	Mittelwert	Mittelwert HB	Standardabw.	V%
400	80	1.569	3.922	80	4.075	103.923
400	90	1.569				
2200	70	8.627				

217 / 2

Kp	HB in %	N / mm ²	Mittelwert	Mittelwert HB	Standardabw.	V%
450	70	1.765	5.294	60	3.275	61.864
2100	50	8.235				
1500	60	5.882				

217 / 3

Kp	HB in %	N / mm ²	Mittelwert	Mittelwert HB	Standardabw.	V%
750	80	2.941	4.706	77	1.605	34.106
1300	100	5.098				
1550	50	6.078				

217 / 4

Kp	HB in %	N / mm ²	Mittelwert	Mittelwert HB	Standardabw.	V%
1600	90	6.275	6.209	80	0.884	14.240
1800	80	7.059				
1350	70	5.294				

Von allen 4 Prüfkörpern (Lab.Nr. 218)

Mittelwert	Mittelwert HB	Standardabw.	V%
6.690	94	0.740	11.069

218 / 1

Kp	HB in %	N / mm ²	Mittelwert	Mittelwert HB	Standardabw.	V%
2500	80	9.804	6.235	80	4.886	78.359
170	90	0.667				
2100	70	8.235				

218 / 2

Kp	HB in %	N / mm ²	Mittelwert	Mittelwert HB	Standardabw.	V%
2000	100	7.843	6.209	100	1.779	28.654
1650	100	6.471				
1100	100	4.314				

218 / 3

Kp	HB in %	N / mm ²	Mittelwert	Mittelwert HB	Standardabw.	V%
2300	100	9.020	7.778	100	1.391	17.886
2050	100	8.039				
1600	100	6.275				

218 / 4

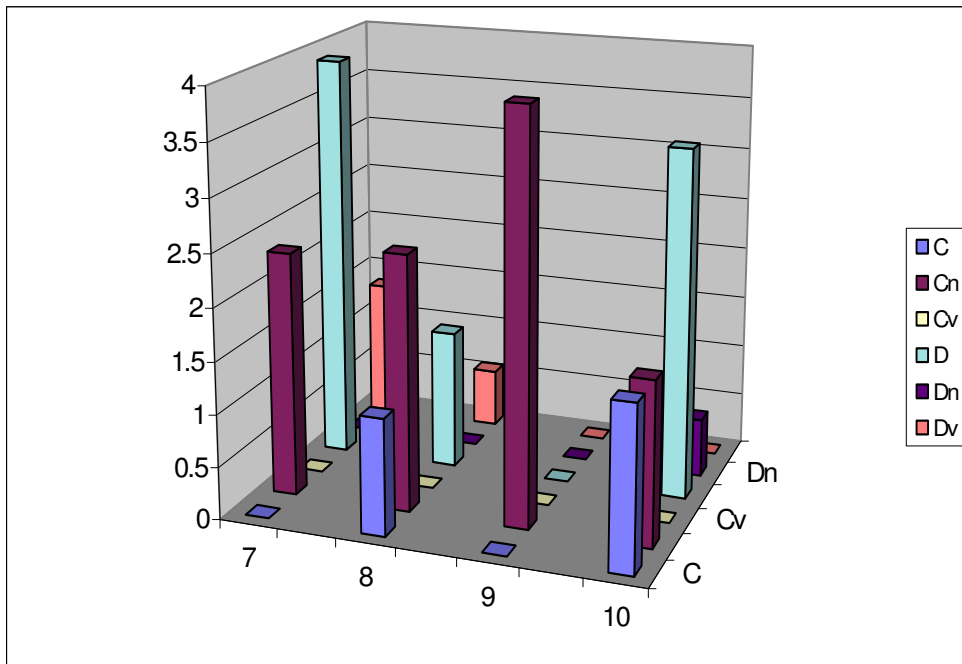
Kp	HB in %	N / mm ²	Mittelwert	Mittelwert HB	Standardabw.	V%
2000	100	7.843	6.536	97	1.276	19.519
1650	90	6.471				
1350	100	5.294				

Zusammenfassung Serien C und D

Delaminierung nach EN 391 nach Verfahren B

Prüfkörper	C	Cn	Cv	D	Dn	Dv
7	0	2.33	0	3.89	0	1.33
8	1.11	2.44	0	1.33	0	0.56
9	0	3.89	0	0	0	0
10	1.56	1.56	0	3.33	0.56	0

zulässiger Höchstwert: 4%



Zusammenfassung Serien T

BSH – Prüfungen**Betreff:** Kommission: FH Biehl / Fa. Hüsser

- Verleimt mit KML 681
- Delaminierung nach EN 391 / B
- Einzelfuge 198 mm
- Gesamtfuge 594 mm

			∅ Einzel- fuge	∅ Gesamt- fuge	
T mit KML 681 (Sägeroh)	Labornr. 216 / 1-3	Einzelfuge in %	0	1,01	0,62
		Gesamtfuge in %	0		
		Einzelfuge in %	3,03		
		Gesamtfuge in %	1,85		
		Einzelfuge in %	0		
		Gesamtfuge in %	0		

			∅ Einzel- fuge	∅ Gesamt- fuge	
TN mit KML 681 (Nachschnitt)	Labornr. 217 / 1-3	Einzelfuge in %	10,1	4,38	2,53
		Gesamtfuge in %	6,57		
		Einzelfuge in %	3,03		
		Gesamtfuge in %	1,01		
		Einzelfuge in %	0		
		Gesamtfuge in %	0		

			∅ Einzel- fuge	∅ Gesamt- fuge	
TV mit KML 681 (vorgehobelt)	Labornr. 218 / 1-3	Einzelfuge in %	2,53	0,84	0,28
		Gesamtfuge in %	0,84		
		Einzelfuge in %	0		
		Gesamtfuge in %	0		
		Einzelfuge in %	0		
		Gesamtfuge in %	0		