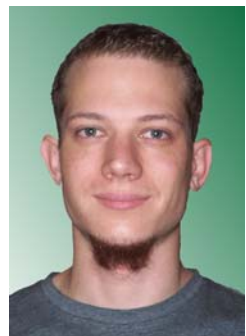


# Nachweisführung für SHERPA-Verbindungen auf Basis des SHERPA-Handbuchs

Manfred AUGUSTIN  
Kompetenzzentrum  
holz.bau forschungs gmbh  
Graz, Österreich



Georg FLATSCHER  
Institut für Holzbau und Holztechnologie,  
Technische Universität Graz  
Graz, Österreich





# Nachweisführung für SHERPA-Verbindungen auf Basis des SHERPA-Handbuchs

## 1. Allgemeines

In den letzten Jahren wurde von der Fa. Harrer GmbH / Frohnleiten, AT der Systemverbinder SHERPA für Haupt- und Nebenträgerverbindungen entwickelt und zur weltweit größten Steckverbinder-Familie ausgebaut. In Zusammenarbeit mit der holz.bau forschungs gmbh und dem Institut für Holzbau und Holztechnologie der TU Graz (Leiter: G. Schickhofer), welche auch bei der Entwicklung der SHERPA-XL Serie federführend beteiligt waren, wurde das nun vorliegende SHERPA-Handbuch erarbeitet. In diesem sind alle wesentlichen Informationen zur SHERPA Holzbau-Serie (Typ A-F), der SHERPA S-Serie sowie der neu entwickelten SHERPA XL/DXL-Serie zusammenfassend dargestellt.

Im SHERPA-Handbuch finden sich für den Anwender nützliche Informationen wie beispielsweise eine kurze Darstellung des mittlerweile in allen Bereichen des Bauwesens eingeführten Sicherheitskonzepts. Außerdem konnte, durch die im SHERPA-Handbuch in Tabellen- und Diagrammform aufbereiteten Kenndaten der einzelnen SHERPA-Verbinder, dem Planer die Basis für eine einfache und effiziente Bemessung in die Hand gegeben werden. Darüber hinaus finden sich in diesem Handbuch Erläuterungen zum mechanischen Modell, einige Überlegungen zur baustatischen Modellierung sowie Anwendungs- und Berechnungsbeispiele für die grundlegenden Problemstellungen in der Praxis.

Im vorliegenden Beitrag soll das SHERPA-Handbuch anhand ausgewählter Abschnitte sowie zweier Berechnungsbeispiele vorgestellt werden.

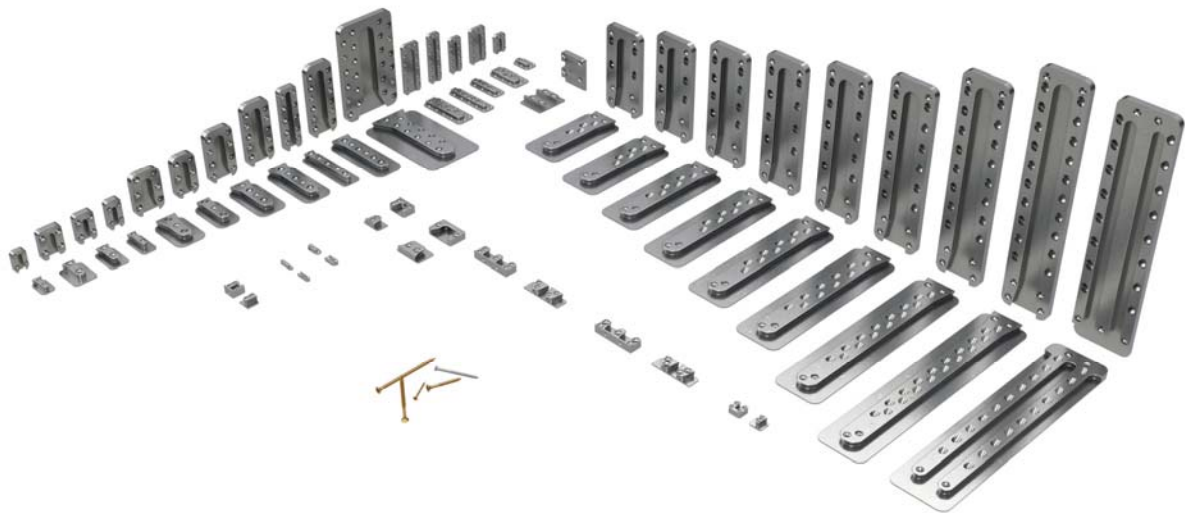


Abbildung 1: die SHERPA-Produktfamilie

### Anmerkung:

Im SHERPA-Handbuch werden, wie oben erwähnt, sowohl die SHERPA Holzbau- und S-Serie als auch die neue SHERPA XL/DXL-Serie vorgestellt. In diesem Bericht sollen jedoch, aus Gründen der Übersichtlichkeit, ausschließlich die SHERPA-XL und DXL Verbinder behandelt werden.

## 2. Mechanisches Modell

Um die Tragwirkung einer SHERPA-Verbindung erfassen zu können, muss man sich über das mechanische Modell im Klaren sein. Die grundlegenden Formeln und die wesentlichen Zusammenhänge sollen nachfolgend kurz angeführt werden.

Auf die ausführliche Darstellung wird hier allerdings verzichtet und auf das SHERPA-Handbuch verwiesen.

### 2.1. Bestandteile einer SHERPA-Verbindung

Der SHERPA XL/DXL-Verbinder, bestehend aus zwei nut- und federförmigen Aluminiumformteilen, wird mittels 160 mm langen Vollgewindeholzschrauben mit einem Nenn-durchmesser von 8 mm an den zu verbindenden Holzbauteilen befestigt. Die Schrauben werden abhängig von ihrer Lage und dem Eindrehwinkel in Schräg- und Momentenschrauben unterschieden. Die Schrägschrauben werden ausschließlich zur Übertragung von Beanspruchungen auf Abscheren herangezogen. Die Momentenschrauben werden hingegen hauptsächlich bei Beanspruchungen auf Herausziehen berücksichtigt, welche sowohl durch ein einwirkendes Moment als auch durch eine Zugkraft verursacht werden können.

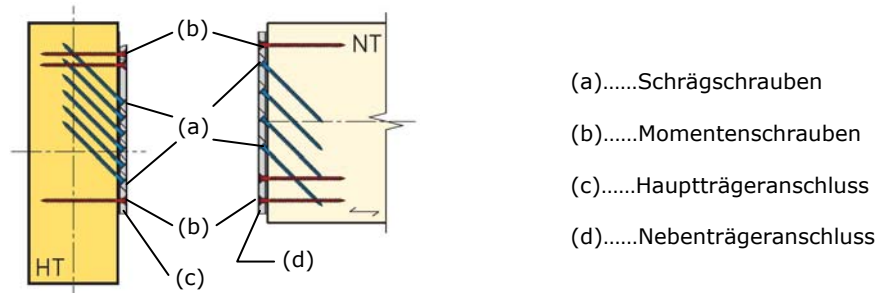


Abbildung 2: Definition der Bestandteile einer SHERPA XL/DXL-Verbindung

Im Folgenden wird die Modellbildung zur Ermittlung der Tragfähigkeit für die einzelnen Beanspruchungsrichtungen kurz erklärt und das zugehörige Formelwerk angegeben. Auf die Herleitung bzw. Beschreibung der Gleichungen wird in diesem Bericht verzichtet und hierfür auf das SHERPA-Handbuch verwiesen.

### 2.2. Beanspruchung in Richtung der Nebenträgerlängsachse

Die Kraftübertragung der SHERPA-XL oder -DXL Verbinder bei einer Beanspruchung in Richtung der Nebenträgerlängsachse erfolgt ausschließlich über die Momentenschrauben. Die Anteile der Schrägschrauben an der Kraftübertragung werden vernachlässigt.

Da bei dieser Beanspruchung immer der Hauptträgeranschluss maßgebend wird und die Anzahl der Momentenschrauben für alle SHERPA-XL und -DXL Verbinder konstant ist, kann die Tragfähigkeit für eine Rohdichte von  $\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$  mit

$$R_{1,k} = 62,3 \text{ [kN]} \quad (1)$$

angegeben werden.

Für andere Rohdichten  $\rho_k$  darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit mit der Formel

$$R_{1,k} = \left( \frac{\rho_k}{380} \right) \cdot 62,3 \text{ [kN]} \quad (2)$$

ermittelt werden.

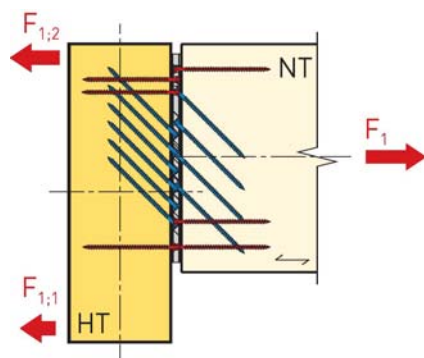
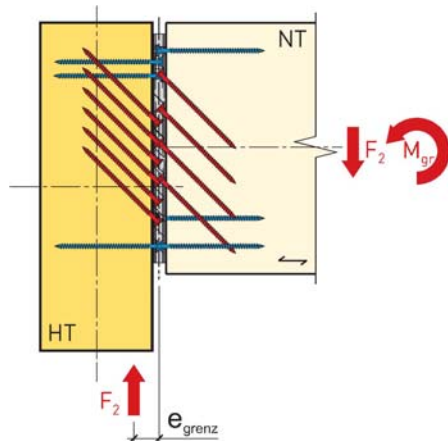


Abbildung 3: Beanspruchung in Richtung der Nebenträgerlängsachse

### 2.3. Beanspruchung rechtwinklig zur Nebenträgerlängsachse und in Einschubrichtung

Die Kraftübertragung bei einer mittigen Beanspruchung in Einschubrichtung erfolgt über eine Beanspruchung der Schrägschrauben auf Herausziehen. Die Momentenschrauben liefern bei mittiger Beanspruchung keinen Beitrag zur Tragfähigkeit der Verbindung.

Bis zu einer Grenzausmitte  $e_{\text{grenz}}$  bzw. einem Grenzmoment  $M_{\text{grenz}}$  – die detaillierte Ermittlung derselben wird im SHERPA-Handbuch beschrieben – wird die Beanspruchung durch die Schrägschrauben aufgenommen. Bei darüber hinaus gehenden Ausmitten bzw. bei Einwirken eines Moments, welches größer als das Grenzmoment ist, wird die zusätzliche Momenten-Beanspruchung über die Momentenschrauben abgetragen. Der Rotationsmittelpunkt liegt dabei im Schwerpunkt des Schraubenbildes der Momentenschrauben des Haupt- bzw. Nebenträgers.



Die Ermittlung der Tragfähigkeit in Einschubrichtung kann somit für mittige Beanspruchung und für Exzentrizitäten, welche kleiner als  $e_{\text{grenz}}$  sind, erfolgen mit

$$R_{2,k} = \frac{1,25 \cdot n_s \cdot R_{ax,k}}{\sqrt{2}} \quad [\text{kN}] \quad (3)$$

mit

- $R_{ax,k}$  Auszieh Widerstand einer Schraube
- $n_s$  Anzahl der Schrägschrauben

Abbildung 4: Beanspruchung rechtwinklig zur Nebenträgerlängsachse und in Einschubrichtung

Sofern die Grenzausmitte ( $e_{\text{grenz}}$ ) bzw. das Grenzmoment ( $M_{\text{grenz}}$ ) überschritten wird, muss Formel (4) zur Ermittlung der Tragfähigkeit herangezogen werden

$$R'_{2,k} = \frac{R_{2,k}}{\left[ 1 + \left( \frac{(e - e_{\text{grenz}})^3}{e_2^3} \right)^{1/3} \right]} \quad [\text{kN}] \quad (4)$$

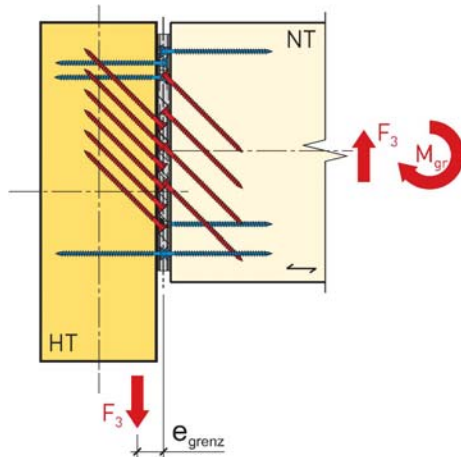
mit

- $R_{2,k}$  Tragfähigkeit in Einschubrichtung
- $e$  Ausmitte
- $e_{\text{grenz}}$  Grenzausmitte
- $e_2$  ungünstige Ausmitte für das maximal aufnehmbare Moment ( $e_2 = M_{2,k} / R_{2,k}$ )

### 2.4. Beanspruchung rechtwinklig zur Nebenträgerlängsachse und entgegen der Einschubrichtung

Die Kraftübertragung von SHERPA-XL oder -DXL Verbindern bei einer mittigen Beanspruchung entgegen der Einschubrichtung erfolgt über die, in der Fuge zwischen den Nut- und federförmigen Aluminiumformteilen des Verbinders, eingebrachten „Sperrschrauben“. Die Kräfte werden weiters über die auf Hineindrücken beanspruchten Schrägschrauben bzw. die an der Verbinderoberfläche auftretenden Haftreibungskräfte übertragen. Die Beanspruchbarkeit ist mit 10% der charakteristischen Tragfähigkeit in Einschubrichtung festgelegt.

Bei einer ausmittigen Beanspruchung entgegen der Einschubrichtung werden analog zur Einwirkung in Einschubrichtung die Momentenschrauben der Verbinder aktiviert. Diese werden wieder auf Herausziehen beansprucht. In diesem Fall ist die Beanspruchbarkeit ebenfalls mit 10% der charakteristischen Tragfähigkeit in Einschubrichtung (bei ausmittiger Beanspruchung) definiert.



Somit berechnet sich die Tragfähigkeit für diese Belastungsrichtung mit

$$R_{3,k} = 0,1 \cdot R_{2,k} \text{ [kN]} \quad (5)$$

für mittige und

$$R'_{3,k} = 0,1 \cdot R'_{2,k} \text{ [kN]} \quad (6)$$

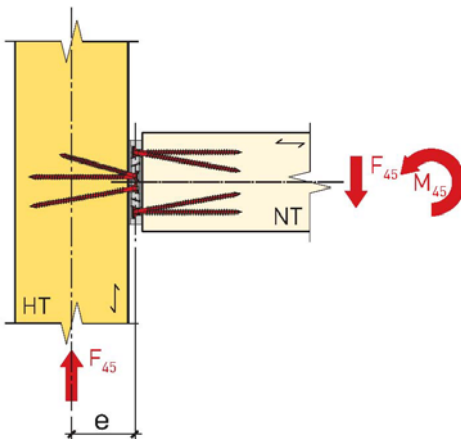
für ausmittige Beanspruchungen.

Abbildung 5: Beanspruchung rechtwinklig zur Nebenträgerlängsachse und entgegen der Einschubrichtung

## 2.5. Beanspruchung rechtwinklig zur Nebenträgerlängsachse und rechtwinklig zur Einschubrichtung

Die Kraftübertragung bei einer mittigen Beanspruchung rechtwinklig zur Einschubrichtung erfolgt über eine Beanspruchung sowohl der Schräg-, als auch der Momentenschrauben auf Abscheren. Für die Schrauben im Hirnholz der SHERPA-XL oder -DXL Verbindung (im Nebenträger) ist eine abgeminderte Lochleibungsfestigkeit zu berücksichtigen.

Bei einer ausmittigen Beanspruchung bzw. einer Beanspruchung durch eine Abscherkraft und ein Moment wird diese sowohl durch die Schräg- als auch die Momentenschrauben aufgenommen. Die Momentenbeanspruchung wird dabei ausschließlich über die Momentenschrauben übertragen, wobei der Rotationsmittelpunkt der Verbindung auf der Kante des SHERPA-XL bzw. -DXL Verbinders liegt.



Die Berechnung der aufnehmbaren bzw. übertragbaren Last erfolgt für eine mittige Beanspruchung mit Hilfe der Formel

$$R_{45,k} = (n_s + n_m) \cdot R_{la,k} \text{ [kN]} \quad (7)$$

mit

$R_{la,k}$  Tragfähigkeit einer Schraube auf Abscheren

$n_s$  Anzahl der Schrägschrauben

$n_m$  Anzahl der Momentenschrauben

Abbildung 6: Beanspruchung rechtwinklig zur Nebenträgerlängsachse und rechtwinklig zur Einschubrichtung

Für ausmittige Beanspruchungen gilt hingegen

$$R'_{45,k} = \frac{R_{45,k}}{\left[1 + \left(\frac{e}{e_{45}}\right)^3\right]^{1/3}} \text{ [kN]} \quad (8)$$

mit

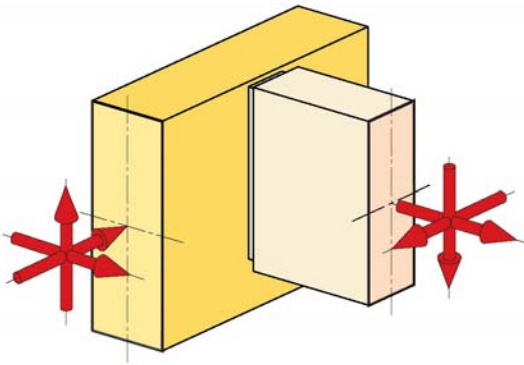
$R_{45,k}$  Tragfähigkeit rechtwinklig zur Einschubrichtung

$e$  Ausmitte

$e_{45}$  ungünstige Ausmitte für das maximal aufnehmbare Moment ( $e_{45} = M_{45,k} / R_{45,k}$ )

## 2.6. Kombinierte Beanspruchung der SHERPA-Verbindung

In der Praxis müssen häufig kombinierte Beanspruchungen (z.B. bei doppelter Biegung; siehe Beispiel in Abschnitt 5) übertragen werden.



Beim Nachweis der SHERPA-Verbindung muss hierfür die Summe der Quadrate der Ausnutzungsgrade für die jeweiligen Einzelbeanspruchungen einen Wert kleiner gleich 1 ergeben. Somit gilt

$$\left(\frac{F_{1,d}}{R_{1,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{2/3,d}}{R'_{2/3,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{45,d}}{R'_{45,d}}\right)^2 \leq 1 \quad (9)$$

Abbildung 7: kombinierte Beanspruchung

## 2.7. Verschiebungsmoduln $K_{ser}$ und $K_u$

Für die Verschiebungs- und Verdrehungsmoduln der SHERPA-XL und -DXL Verbinder werden im SHERPA-Handbuch folgende Formeln angegeben.

$$K_{2,ser} = \frac{R_{2,k}}{3 \text{ mm}} \left[ \frac{\text{kN}}{\text{mm}} \right] \quad (10)$$

$$K_{2,u} = \frac{2}{3} \cdot K_{2,ser} \left[ \frac{\text{kN}}{\text{mm}} \right] \quad (13)$$

$$K_{2,\varphi,ser} = \frac{100 \cdot R_{2,k} \cdot e_2}{\text{rad}} \left[ \frac{\text{kNm}}{\text{rad}} \right] \quad (11)$$

$$K_{2,\varphi,u} = \frac{2}{3} \cdot K_{2,\varphi,ser} \left[ \frac{\text{kNm}}{\text{rad}} \right] \quad (14)$$

$$K_{45,ser} = \frac{R_{45,k}}{5 \text{ mm}} \left[ \frac{\text{kN}}{\text{mm}} \right] \quad (12)$$

$$K_{45,u} = \frac{2}{3} \cdot K_{45,ser} \left[ \frac{\text{kN}}{\text{mm}} \right] \quad (15)$$

## 3. Baustatische Modellierung

Bei der baustatischen Modellierung von Bauteilen und Verbindungen mit SHERPA-Systemverbindern müssen besonders die Teilbereiche

- Anschlusssituation,
- Lagerung und
- Querzug

untersucht bzw. beachtet werden.

Im Folgenden wird auf die genannten Punkte näher eingegangen. Auf die Darstellung der im SHERPA-Handbuch ebenfalls behandelten baustatische Problemstellung „Torsion“, wird an dieser Stelle jedoch verzichtet.

### 3.1. Nachweisführung für SHERPA-Verbinder in verschiedenen Anschlusssituationen

Die vorliegende Anschlusssituation bei der Verwendung der SHERPA-Verbinder ist ausschlaggebend für die Nachweisführung bzw. das zu verwendende mechanische Modell. Grundsätzlich muss zwischen „verdrehweichen“ und „verdrehsteifen“ Hauptträgern bzw. Stützen unterschieden werden.

Bei einem zweiseitigen Anschluss wird hierfür das Verhältnis der zu übertragenden Lasten herangezogen. Dabei darf der Hauptträger bzw. die Stütze als verdrehsteif angesehen werden, sofern der Unterschied der Lasten nicht mehr als 20% beträgt. Bei größeren Lastunterschieden ist ein verdrehweicher Hauptträger bzw. eine verdrehweiche Stütze anzunehmen und somit sind auch die entsprechenden Abminderungen beim Nachweis der SHERPA-Verbindung vorzunehmen.

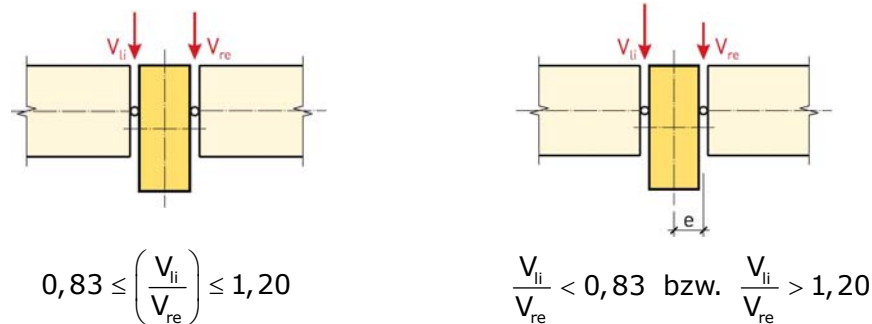


Abbildung 8: zweiseitiger Anschluss

Für den Fall eines einseitigen Anschlusses muss die Biege- bzw. Torsionssteifigkeit des Hauptträgers bzw. der Stütze beachtet werden.

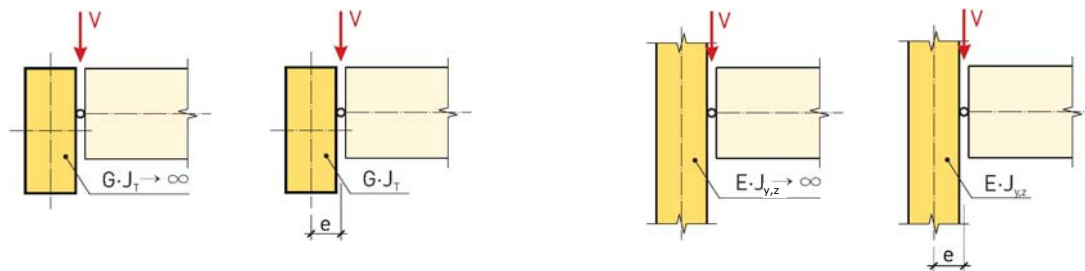


Abbildung 9: einseitiger Anschluss

### Hauptträger

Bei einem verdrehsteifen Hauptträger (Abb. 9 links) treten keine oder nur vernachlässigbare Torsionsmomente im Hauptträger auf. Gilt die Annahme  $G \cdot J_T \rightarrow \infty$  jedoch nicht, ist der SHERPA-Anschluss beim Nachweis als verdrehweich anzusehen und die auftretenden Torsionsmomente müssen bei der Berechnung des Hauptträgers bzw. dessen Lagerung berücksichtigt werden (Gabellagerung). Weiters müssen die entsprechenden Abminderungen bei der Ermittlung der Tragfähigkeit berücksichtigt werden.

### Stütze

Bei  $E \cdot J_{y,z} \rightarrow \infty$  treten keine oder vernachlässigbare Biegemomente in der Stütze auf. Wenn die oben getroffene Annahme nicht zutrifft, muss die Stütze als biegeweich betrachtet werden und die Biegemomente sind beim Nachweis der Stütze zu berücksichtigen. Auch in diesem Fall sind die Abminderungen beim SHERPA zu beachten.

## **3.2. Nachweisführung unter Berücksichtigung einer nachgiebigen Lagerung**

Im Allgemeinen dürfen SHERPA-Verbindungen in der Nachweisführung als gelenkige Lagerung berücksichtigt werden. Für eventuell notwendige genauere Betrachtungen können in Sonderfällen jedoch auch die, im SHERPA-Handbuch angegebenen, Verschiebungs- bzw. Verdrehungsmoduln für die Berechnung herangezogen werden (siehe auch Abschnitt 2.7 in diesem Bericht). Die folgenden Abbildungen und Formeln sollen dies für einen beidseitig drehfeder gelagerten Einfeldträger schematisch darstellen.



	$M_1 = -\frac{q \cdot l^2}{12} \cdot \frac{3 \cdot \left( \frac{6 \cdot E \cdot J}{K_{\phi,2} \cdot l} + 1 \right)}{\left( \frac{6 \cdot E \cdot J}{K_{\phi,1} \cdot l} + 2 \right) \cdot \left( \frac{6 \cdot E \cdot J}{K_{\phi,2} \cdot l} + 2 \right) - 1}$ <p style="text-align: center;">"Einspanngrad"</p> $M_2 = -\frac{q \cdot l^2}{12} \cdot \frac{3 \cdot \left( \frac{6 \cdot E \cdot J}{K_{\phi,1} \cdot l} + 1 \right)}{\left( \frac{6 \cdot E \cdot J}{K_{\phi,1} \cdot l} + 2 \right) \cdot \left( \frac{6 \cdot E \cdot J}{K_{\phi,2} \cdot l} + 2 \right) - 1}$ $M_{\max} = M_1 + \frac{q}{2} \cdot \left( \frac{l}{2} - \frac{(M_1 - M_2)}{q \cdot l} \right)^2$ $V_1 = \frac{q \cdot l}{2} - \frac{(M_1 - M_2)}{l} \quad V_2 = -\frac{q \cdot l}{2} - \frac{(M_1 - M_2)}{l}$
<p>Grenzfall: gelenkig <math>K_{\phi} = K_{\phi,1} = K_{\phi,2} \rightarrow 0</math></p>	$M_1 = M_2 = 0$ $M_{\max} = M_{l/2} = \frac{q \cdot l^2}{8}$ $V_1 = \frac{q \cdot l}{2} \quad V_2 = -\frac{q \cdot l}{2}$
<p>Grenzfall: eingespannt <math>K_{\phi} = K_{\phi,1} = K_{\phi,2} \rightarrow \infty</math></p>	$M_1 = M_2 = M_{\text{Starr}} = -\frac{q \cdot l^2}{12}$ $M_{\max} = M_{l/2} = \frac{q \cdot l^2}{24}$ $V_1 = \frac{q \cdot l}{2} \quad V_2 = -\frac{q \cdot l}{2}$

### 3.3. Nachweisführung der Querkzugbeanspruchung im Haupt- und / oder Nebenträger

Im Allgemeinen ist die SHERPA-Geometrie so ausgelegt, dass das maßgebende Verhältnis  $a/h > 0,7$  für die Querkzugbeanspruchung eingehalten und somit ein Querkzugnachweis nicht erforderlich bzw. maßgebend ist. Sind hingegen die geometrischen Verhältnisse (Position des Haupt- bzw. Nebenträgeranschlusses am Holzbauteil) dahingehend verändert, dass  $a/h \leq 0,7$  gilt, muss der Querkzugnachweis (u. U. sowohl für den Haupt- als auch den Nebenträger) geführt und eventuell notwendige Verstärkungsmaßnahmen vorgesehen werden. In Abschnitt 5 dieses Berichts wird diese Problematik an einem Berechnungsbeispiel gezeigt. Die folgende Skizze zeigt die Definitionen der Abstände an Haupt- und Nebenträger und die angeschlossene Tabelle gibt einen Überblick der nach DIN 1052:2008 einzuhaltenden geometrischen Grenzen.

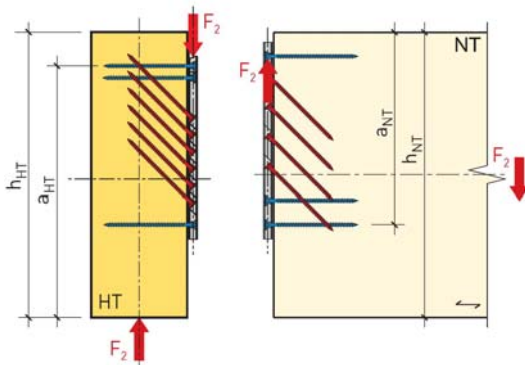


Abbildung 10: Querkzugbeanspruchung

$\frac{a}{h} > 0,7$	$0,2 \leq \frac{a}{h} \leq 0,7$	$\frac{a}{h} < 0,2$
Es ist keine Nachweisführung der Querkzugbeanspruchung erforderlich	Es ist folgende Bedingung einzuhalten: $\frac{F_{90,d}}{R_{90,d}} \leq 1,0$	Es sind nur kurze Lasteinwirkungen erlaubt (z.B. Windsog).

## 4. Anwendungsfälle

Die Anwendungsbereiche für SHERPA-Systemverbinder sind weit gestreut. Vom Möbelbau über Gartengebäude bis hin zu Wintergärten, Dachstühlen und mit der neuen SHERPA-XL/DXL-Serie ist mittlerweile auch der Schwerlastbereich (bis zu 280 [kN] charakteristische Traglast) mit dem smarten Systemverbinder abgedeckt.

Die nachfolgend dargestellten Anwendungsfälle sollen einige Beispiele für die Einsatzmöglichkeiten der SHERPA-Produktfamilie zeigen. Grundsätzlich sind der Fantasie bei Anwendung der SHERPA-Verbindungssysteme jedoch (beinahe) keine Grenzen gesetzt.

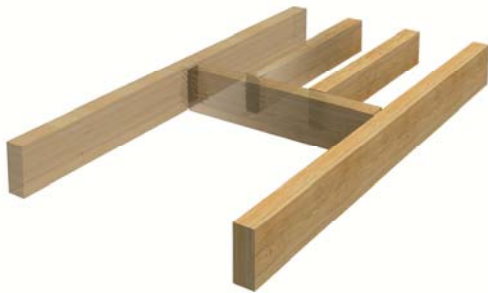


Abbildung 11: Auswechslung



Abbildung 12: Sparrenanschluss



Abbildung 13: Stützenanschluss



Abbildung 14: Anschluss von Flächenelementen

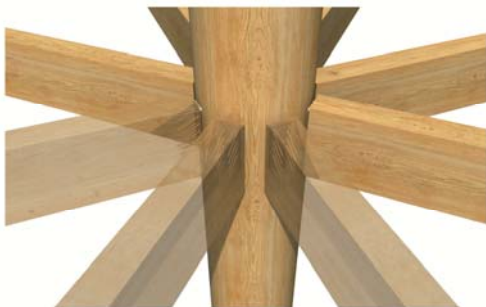


Abbildung 15: sternförmiger Stützenanschluss



Abbildung 16: Anschluss von Kopfbändern

### 4.1. Brandschutzmaßnahmen

Wie bei allen Holzbauten bzw. Holzverbindungen spielt auch bei den SHERPA-Verbindungen der Brandschutz eine wesentliche Rolle bzw. ist er ein limitierender Faktor für die Verwendbarkeit dieses Systemverbinders.

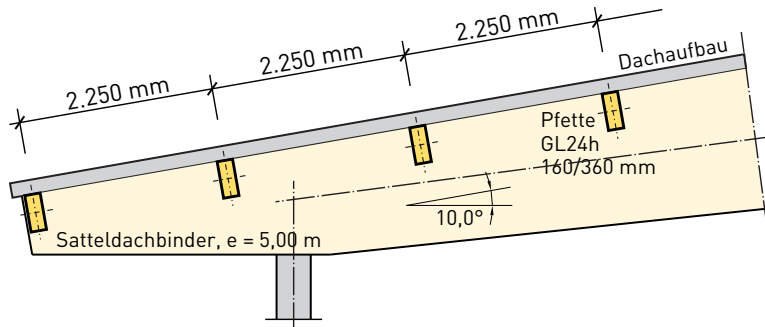
Obwohl die Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet für die SHERPA-Verbinder noch nicht abgeschlossen sind, kann - bei richtigem Einbau - die Brandschutzklasse F30 ohne weiteres erreicht werden. Vorschläge, um auch höhere Brandschutzanforderungen zu erfüllen, sind im SHERPA-Handbuch angeführt.

## 5. Berechnungsbeispiele

In diesem Abschnitt sollen nun zwei Berechnungsbeispiele aus dem SHERPA-Handbuch vorgestellt werden. Diese sollen zeigen, wie einfach und schnell die Bemessung einer SHERPA-Verbindung möglich ist.

### 5.1. Beispiel 1: Kombinierte Beanspruchung

#### Übersicht



#### Angabe und Randbedingungen (Nachweisführung nach DIN 1052:2008-12)

Verbinder:	SHERPA XL-55 ohne Brandschutzanforderungen Der Hauptträger wird als ausreichend gegen Verdrehen gesichert angenommen.	
Material:	Brettschichtholz GL 24h → $\gamma_M = 1,3$	
Pfette (Nebenträger):	b/h = 160/360 mm; Spannweite l = 5,00 m; Einflussbreite $e_{NT} = 2,25$ m	
Einwirkungen:	Eigengewicht Pfette ständige Einwirkung Schnee (Seehöhe h < 1000m) Wind (Druck) Wind (Sog)	$g_{k,1} = 0,32$ kN/m $g_{k,2} = 0,50$ kN/m <sup>2</sup> $s_k = 3,00$ kN/m <sup>2</sup> $w_{D,k} = 1,25$ kN/m <sup>2</sup> $w_{S,k} = 0,25$ kN/m <sup>2</sup>
Nutzungsklasse: KLED:	2 „kurz“	} $k_{mod} = 0,9$

#### Bemessungswerte der Einwirkungen

Auf die Darstellung der Berechnung der Bemessungswerte und Schnittkräfte wird an dieser Stelle verzichtet.

Die maßgebenden Ergebnisse der vier Einwirkungskombinationen werden im Folgenden angegeben:

für die Einwirkungskombination II:

- in Einschubrichtung
  - $M_{2,d;I} = 36,3$  kNm
  - $V_{2,d;I} = 29,0$  kN
- rechtwinklig zur Einschubrichtung
  - $M_{45,d;I} = 6,41$  kNm
  - $V_{45,d;I} = 5,13$  kN

für die Einwirkungskombination III:

- in Einschubrichtung
  - $M_{2,d;III} = 45,0$  kNm
  - $V_{2,d;III} = 36,0$  kN
- rechtwinklig zur Einschubrichtung
  - $M_{45,d;III} = 5,88$  kNm
  - $V_{45,d;III} = 4,70$  kN

### Bemessungswerte der Baustoffeigenschaften

charakteristische Werte [N/mm <sup>2</sup> ]		Bemessungswerte [N/mm <sup>2</sup> ]	
Biegefestigkeit $f_{m,k}$	24,0	Biegefestigkeit $f_{m,d}$	16,62
Schubfestigkeit $f_{v,k}$	2,5	Schubfestigkeit $f_{v,d}$	1,73
Anmerkung: Die Bemessungswerte der Baustoffeigenschaften $X_d$ wurden mit Hilfe der Gleichung $X_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot X_k}{\gamma_M}$ mit dem Modifikationsfaktor $k_{\text{mod}} = 0,9$ und dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,3$ ermittelt.			

### Querschnittswerte der Pfette

$$A_n = b \cdot h = 160 \cdot 360 = 5,76 \cdot 10^4 \text{ mm}^2$$

$$W_{n,y} = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{160 \cdot 360^2}{6} = 3,46 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{n,z} = \frac{b^2 \cdot h}{6} = \frac{160^2 \cdot 360}{6} = 1,54 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

### Querschnittsnachweise

- für die Einwirkungskombination 1

$$\frac{M_{2,d;I}}{W_{n,y}} + k_{\text{red}} \cdot \frac{M_{45,d;I}}{W_{n,z}} = \frac{36,3}{3,46} + 0,7 \cdot \frac{6,41}{1,54} = 0,63 + 0,7 \cdot 0,25 = 0,81 < 1,0$$

$$\left( \frac{1,5 \cdot \frac{V_{2,d;I}}{A_n}}{f_{v,d}} \right)^2 + \left( \frac{1,5 \cdot \frac{V_{45,d;I}}{A_n}}{f_{v,d}} \right)^2 = \left( \frac{1,5 \cdot \frac{29,0}{57,6}}{1,73} \right)^2 + \left( \frac{1,5 \cdot \frac{5,13}{57,6}}{1,73} \right)^2 = 0,19 + 0,006 = 0,20 < 1,0$$

- für die Einwirkungskombination 3

$$\frac{M_{2,d;III}}{W_{n,y}} + k_{\text{red}} \cdot \frac{M_{45,d;III}}{W_{n,z}} = \frac{45,0}{3,46} + 0,7 \cdot \frac{5,88}{1,54} = 0,78 + 0,7 \cdot 0,23 = 0,94 < 1,0$$

$$\left( \frac{1,5 \cdot \frac{V_{2,d;III}}{A_n}}{f_{v,d}} \right)^2 + \left( \frac{1,5 \cdot \frac{V_{45,d;III}}{A_n}}{f_{v,d}} \right)^2 = \left( \frac{1,5 \cdot \frac{36,0}{57,6}}{1,73} \right)^2 + \left( \frac{1,5 \cdot \frac{4,70}{57,6}}{1,73} \right)^2 = 0,29 + 0,005 = 0,30 < 1,0$$

Auf den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit wird an dieser Stelle verzichtet.



**Angabe und Randbedingungen** (Nachweisführung nach DIN 1052:2008-12)

Verbinder: SHERPA XL-190  
 ohne Brandschutzanforderungen  
 Der Hauptträger wird als ausreichend gegen Verdrehen gesichert angenommen.

Material: Brettschichtholz GL 28h  $\rightarrow \gamma_M = 1,3$

Hauptträger:  $b/h = 200/1200$  mm

Nebenträger:  $b/h = 160/800$  mm

Nutzungsklasse: 2  
 KLED: „kurz“ }  $k_{\text{mod}} = 0,9$

**Bemessungswert der einwirkenden Querkraft**

$$V_{2,d} = 135 \text{ kN}$$

**Nachweisführung für den gewählten SHERPA-XL 190 Verbinder**

Für die Annahme, dass der Hauptträger gegen Verdrehen ausreichend gesichert ist und das eingesetzte Material der Festigkeitsklasse GL28h entspricht, kann der folgende charakteristische Wert für den SHERPA-Verbinder angesetzt werden (Wert aus den Tabellen des SHERPA-Handbuchs entnommen):

$$R'_{2,k} = R_{2,k} = 208 \text{ kN}$$

Für den Bemessungswert folgt daraus

$$R'_{2,d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R'_{2,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 208}{1,3} = 144 \text{ kN}$$

**Nachweisführung**

$$\frac{V_{2,d}}{R'_{2,d}} = \frac{135}{144} = 0,94 < 1,0$$

**Kontrolle des a/h Verhältnisses**

Anmerkung:

Der Nachweis der Querkzugtragfähigkeit wird an dieser Stelle nur für den Hauptträger durchgeführt. Der gesamte Nachweis kann im SHERPA-Handbuch nachgeschlagen werden.

$$\frac{a_{\text{HT}}}{h_{\text{HT}}} = \frac{744}{1200} = 0,620 < 0,7 \rightarrow \text{Nachweis erforderlich!}$$

**Nachweis der Querkzugtragfähigkeit** (nach DIN 1052:2008)

Für  $0,2 \leq \frac{a}{h} \leq 0,7$  ist der Nachweis zu erbringen, dass  $\frac{F_{90,d}}{R_{90,d}} \leq 1$  eingehalten ist

mit

$$R_{t,90,d} = k_{\text{HT}} \cdot k_s \cdot k_r \cdot \left[ 6,5 + 18 \cdot \left( \frac{a}{h} \right)^2 \right] \cdot (t_{\text{ef}} \cdot h)^{0,8} \cdot f_{t,90,d}$$

mit

- $R_{t,90,d}$  Bemessungswert der Tragfähigkeit ohne Verstärkungsmaßnahmen  
 $k_{HT}$  Beiwert zur Berücksichtigung des betrachteten Bauteils  
 $k_s$  Beiwert zur Berücksichtigung mehrerer nebeneinander angeordneter Verbindungsmittel  
 $k_r$  Beiwert zur Berücksichtigung mehrerer übereinander angeordneter Verbindungsmittel  
 $a$  Abstand des obersten Verbindungsmittels vom beanspruchten Rand  
 $h$  Höhe des Bauteils in Beanspruchungsrichtung  
 $t_{ef}$  wirksame Anschlusstiefe  
 $f_{t,90,d}$  Bemessungswert der Zugfestigkeit quer zur Faserrichtung

### Ermittlung der ohne Verstärkungsmaßnahme übertragbaren Kraft

mit

$k_{HT} = 1,0$  für den Querzugnachweis des Hauptträgers

$$k_{s,HT} = \max \left\{ 0,7 + \frac{1}{h_{HT}}, 0,7 + \frac{1,4 \cdot a_{r,HT}}{h_{HT}} \right\} = \max \left\{ 0,7 + \frac{1}{1200}, 0,7 + \frac{1,4 \cdot 15}{1200} \right\} = \max \left\{ 0,718 \right\} = 1$$

wobei

$a_{r,HT}$  Schraubenabstand in Faserrichtung

$$k_{r,HT} = \frac{n_{HT}}{\sum_{i=1}^{n_{HT}} \left( \frac{h_{1,HT}}{h_{i,HT}} \right)^2} = \frac{18}{8,69} = 2,07$$

mit

$n_{HT}$  Schraubenanzahl im Hauptträgeranschluss

und

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{18} \left( \frac{h_{1,HT}}{h_{i,HT}} \right)^2 &= \left( \frac{456}{456} \right)^2 + \left( \frac{456}{476} \right)^2 + \left( \frac{456}{533} \right)^2 + \left( \frac{456}{560} \right)^2 + \left( \frac{456}{586} \right)^2 + \left( \frac{456}{613} \right)^2 + \\ &+ \left( \frac{456}{639} \right)^2 + \left( \frac{456}{666} \right)^2 + \left( \frac{456}{692} \right)^2 + \left( \frac{456}{719} \right)^2 + \left( \frac{456}{745} \right)^2 + \left( \frac{456}{772} \right)^2 + \\ &+ \left( \frac{456}{798} \right)^2 + \left( \frac{456}{825} \right)^2 + \left( \frac{456}{851} \right)^2 + \left( \frac{456}{878} \right)^2 + 2 \cdot \left( \frac{456}{920} \right)^2 = 8,69 \end{aligned}$$

bzw. mit der Vereinfachung (für den praktischen Gebrauch empfohlen; im Folgenden verwendet)

$$k_{r,HT} \approx \frac{h_{n,HT}}{h_{1,HT}} = \frac{920}{456} = 2,02$$

ergibt sich für die ohne Verstärkungsmaßnahmen übertragbare Kraft auf Querzug zu

$$R_{t,90,d} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,02 \cdot \left[ 6,5 + 18 \cdot \left( \frac{744}{1200} \right)^2 \right] \cdot (100 \cdot 1200)^{0,8} \cdot 0,35 = 109772 \text{ N} \approx 110 \text{ kN}$$

Für den lichten Abstand  $\bar{e}$  zwischen den SHERPA-Verbindern gilt

$$\bar{e} = e_{NT} - b_{SH} = 4500 - 120 = 4380 \text{ mm} > 2 \cdot h_{HT} = 2 \cdot 1200 = 2400 \text{ mm}$$

und somit ist keine Abminderung der Tragfähigkeit vorzunehmen.

Anmerkung:

$e_{NT}$  beschreibt hierbei den Achsabstand zwischen den SHERPA-Verbindern und keine Exzentrizität!

### Nachweisführung

$$\frac{F_{90,d}}{R_{90,d;HT}} = \frac{135}{110} = 1,23 > 1,0$$

Für diesen Hauptträgeranschluss ist demzufolge eine Querkzugverstärkung vorzusehen. Diese kann beispielsweise durch eingeklebte Gewindestangen oder mittels Schraubstangen erfolgen.

Auf die Darstellung bzw. Nachweisführung der Verstärkungsmaßnahme wird an dieser Stelle verzichtet und auf das Berechnungsbeispiel 10 im SHERPA-Handbuch verwiesen.

## 6. Resümee

Wie in diesem Bericht gezeigt werden konnte, ist das Produkt „SHERPA“ ein durchaus flexibles und vielfältig einsetzbares Verbindungssystem. Die vielen unterschiedlichen Typen und Verbindergrößen ermöglichen es, eine Vielzahl von Knotenpunkten, welche auch unterschiedliche Lastniveaus besitzen können, mit demselben Verbindungssystem zu lösen. Dies hat einerseits den Vorteil, dass durch die Möglichkeit der Vormontage die Bauzeit reduziert und andererseits etwaige Fehlerquellen auf der Baustelle ausgeschaltet werden können. Das Einhalten einer bestimmten Bautoleranz ist für das Einsetzen der SHERPA-Verbindungen jedoch Voraussetzung und muss im Vorfeld klar definiert werden.

Die Entwicklung der SHERPA-Produktfamilie ist mit dem vorgestellten Handbuch jedoch noch nicht abgeschlossen. Geplante und zum Teil schon laufende Forschungsarbeiten – beispielsweise für Anschlusslösungen an Stahl- und / oder Stahlbetonkonstruktionen sowie Brandbeständigkeitsprüfungen – lassen erahnen, dass das Potential des Produktes „SHERPA“ noch nicht ausgeschöpft ist.



Abbildung 17: in Entwicklung befindliche Anschlussvarianten von SHERPA-Verbindern an Beton (links) und Stahl (rechts)

## 7. Danksagung

An dieser Stelle möchten die Verfasser der Firma Harrer und insbesondere Herrn Vinzenz Harrer für das Engagement in der holz.bau forschungs gmbh und die Finanzierung des SHERPA-Projekts Danken.

## 8. Literatur

[1] SHERPA-Handbuch / Fa. Harrer GmbH / Frohnleiten, AT / 2010