

Inhaltsverzeichnis

1	Berechnungen	2
1.1	γ - Verfahren	2
1.2	Parameterstudie	5
1.2.1	Nachrechnung der Versuche	5

1 Berechnungen

1.1 γ - Verfahren

In der DIN 1052 [1] sind zwei unterschiedliche Verfahren angeführt, die für die Schnittgrößenermittlung, nachgiebiger Systeme angewendet werden können:

- γ -Verfahren Abs. 8.6.2 der DIN 1052 [1]
- Schubanalogie Anhang D der DIN 1052 [1]

In Abbildung 1.1 sind die verschiedenen Verbundarten dargestellt. Die Spannungsverteilung ist abhängig vom Verbund der einzelnen Schichten. Bei dem Sandwichaufbau Holz-Holzspanbeton werden verschiedene Baustoffe verwendet und nachträglich miteinander verbunden. Zum Einsatz als Verbindungsmittel kommen Kleber und Schrauben. Daher spielt die Anordnung und Verwendung der Verbindungsmittel eine entscheidende Rolle über die Aussage des Verbundes. Dies muss bei der statischen Berechnung berücksichtigt werden.

Im [12, TU München] sind die Voraussetzungen für eine mathematische korrekte Lösung angeführt.

- statisch bestimmter Einfeldträger
- sinusförmige Belastung
- konstante Querschnitte (max. drei Teilquerschnitte)
- Gültigkeit der Bernoulli-Hypothese in den Teilquerschnitten
- kontinuierlicher, konstanter Verbund
- Vernachlässigung der Schubverformung der Teilquerschnitte

Für den baupraktisch relevanten Fall der Gleichlast bildet das γ -Verfahren eine gute Näherung. Auch Schnitt- und Verformungsgrößen an Durchlaufträgern können ermittelt werden. Generell berücksichtigt das γ -Verfahren die Abnahme der Biegesteifigkeit des Verbundquerschnitts aufgrund der Nachgiebigkeit der Verbundfuge durch den Abminderungsfaktor. Dieser reduziert die Steineranteile der Biegesteifigkeiten der Teilquerschnitte während die Eigenanteile unverändert bleiben. In der Anwendung für den Bauteil

Holz-Holzspanbeton ist das Verfahren nicht wie in der Literatur dargestellten Form anzuwenden. Durch die Anwendung des Holzspanbetons als Mittelschicht und dessen Schubweichheit, wird der Träger als 2-teiliger Querschnitt betrachtet. Die Mittelschicht wird als Verbundfuge (Holzleichtbeton) angesehen. Das lässt sich durch den geringen Beitrag der Schicht zur Biegefestigkeit der Gesamtfestigkeit ($E_{HB} \ll E_C, E_H$) und des starren Verbunds zwischen Beton und Holzbeton bzw. Holzbeton und Holz rechtfertigen.

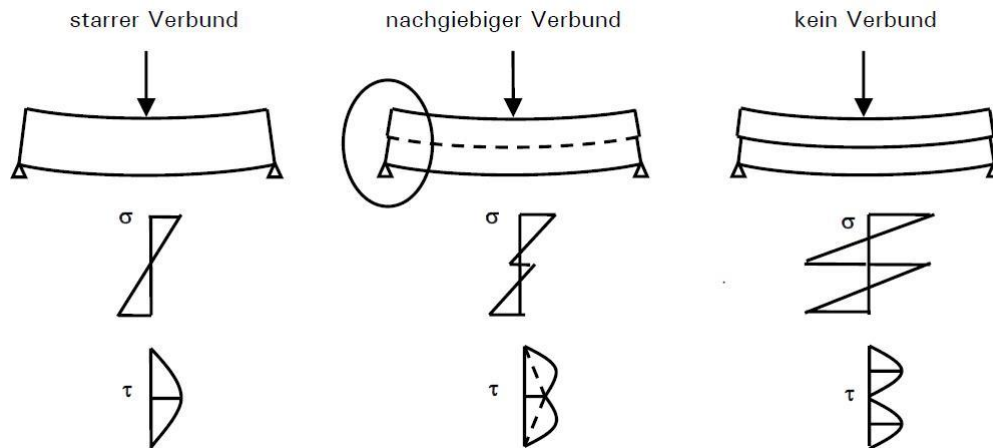


Abbildung 1.1: Auswirkungen des nachgiebigen Verbundes auf die Spannungsverteilung, \square



Abbildung 1.2: Verbundquerschnitt mit Normalspannungsverlauf im Querschnitt

Fugensteifigkeit Die Fugensteifigkeit c_F wird analog zu [literatur] als Funktion des Schubmoduls und der Querschnittsabmessungen angenommen. In der Anwendung des Sandwichbauteils Holz-Holzspanbeton müssen diese Parameter, und der Einfluss noch experimentell ermittelt werden.

$$c_F = G_F \cdot \frac{b_F}{h_F} \quad (1.1)$$

Nachgiebigkeitsfaktoren Der Nachgiebigkeitsfaktor γ_1 reduziert die Steineranteile des Teilquerschnitts 1(SCC) und geht in die Berechnung der Spannungsnullebenen und in die effektive Biegesteifigkeit ein.

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\Pi^2 \cdot E_1 \cdot A_1}{c_F \cdot l^2}}; \gamma_2 = 1, 0 \quad (1.2)$$

Lage der ideellen Schwerachsen der Teilquerschnitte

$$a = \frac{h_1 + h_2}{2} + t_F \quad (1.3)$$

$$a_2 = \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot a_1}{\gamma_1 \cdot E_1 A_1 + E_2 A_2} \quad (1.4)$$

$$a_1 = a - a_2 \quad (1.5)$$

effektive Biegefestigkeit

$$EI_{eff} = E_1 I_1 + E_2 I_2 + \frac{a^2 \cdot \gamma_1 \cdot E_1 A_1 \cdot E_2 A_2}{\gamma_1 \cdot E_1 A_1 + E_2 A_2} \quad (1.6)$$

Schnittkräfte: Normalkraft und Biegemoment

$$M_{i,d} = \frac{M_d}{EI_{eff}} \cdot E_i \cdot I_i \quad (1.7)$$

$$N_{i,d} = \frac{M_d}{EI_{eff}} \cdot \gamma_1 \cdot a_i \cdot E_i \cdot A_i \quad (1.8)$$

Normalspannung

$$\sigma_{i,d} = \frac{N_{i,d}}{A_i} \pm \frac{M_{i,d}}{I_i} \cdot \frac{h_i}{2} \quad (1.9)$$

Schubspannung

$$\tau_{i,d} = \frac{V_{max} \cdot 0,5 E_2 \cdot \left(\frac{h_2}{2} + a_2\right)^2}{EI_{eff}} \quad (1.10)$$

Berechnung der Durchbiegung für 4-Punkt-Biegeversuch

$$w_x = \frac{F \cdot l^3}{24 \cdot EI_{eff}} \cdot \frac{x}{l} \cdot \left(3 - 4 \cdot \left(\frac{x}{l}\right)^2\right) \quad (1.11)$$

1.2 Parameterstudie

Um die Abhängigkeiten der Eingangsparameter darzustellen, wurden die Abbildungen 1.3 und 1.4 erstellt. Der entscheidende Eingangsparameter für die Berechnung ist die Fugensteifigkeit c_F . Er besitzt zu Beginn eine sehr hohe Steigung und danach fällt die Änderung des Wertes γ_1 nur sehr gering aus. Bei Betrachtung der zweiten Kurve wird ersichtlich, dass die Steifigkeit in Abhängigkeit von γ_1 einen fast linearen Zusammenhang hat. Daher ist wichtig bei der Betrachtung der Nachrechnung der Fugensteifigkeit eine erhöhte Aufmerksamkeit zukommen zu lassen.

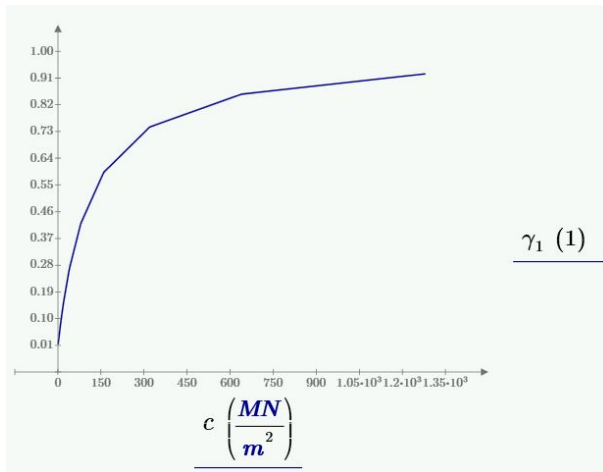


Abbildung 1.3: Zeichnung der Scherversuchdarstellung

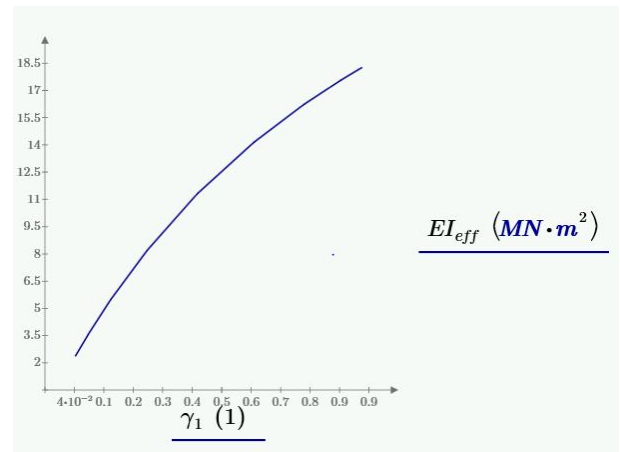


Abbildung 1.4: Darstellung des Scherversuchs

1.2.1 Nachrechnung der Versuche

Die Versuche wurden mit dem γ -Verfahren nachgerechnet. Es wurde die Durchbiegung mit der Formel 1.11 berechnet und an die Versuchskurve angenähert. Die berechnete Kurve wurde in der Versuchsverlauf so eingebettet, dass sie immer unterhalb (auf der sicheren Seite) befindet. Im Formelapparat wurde mit dem Wert c_F gearbeitet, um die Berechnungskurve an die Versuchskurven anzugleichen. Wie in der Parameterstudie schon beschrieben ist die Fugensteifigkeit c_F entscheidend für die Steifigkeit des Systems. In Abbildungen 1.5 - 1.8 sind die Verläufe der einzelnen Versuche abgebildet. In der Tabelle 1.1 sind die Hauptmerkmale der Versuche und die Ergebnisse der Nachrechnung aufgelistet.

Conclusio: Wie schon angesprochen wurde die Fugensteifigkeit variiert. In der Abbildung 1.9 ist die Fugensteifigkeit c_F in Abhängigkeit der Schraubenanzahl dargestellt. Es ist ersichtlich, dass der Träger ohne die Verwendung der Schrauben eine geringe Fugensteifigkeit vorweisen kann. Verwendet man mechanische Verbindungsmitte ist nicht die

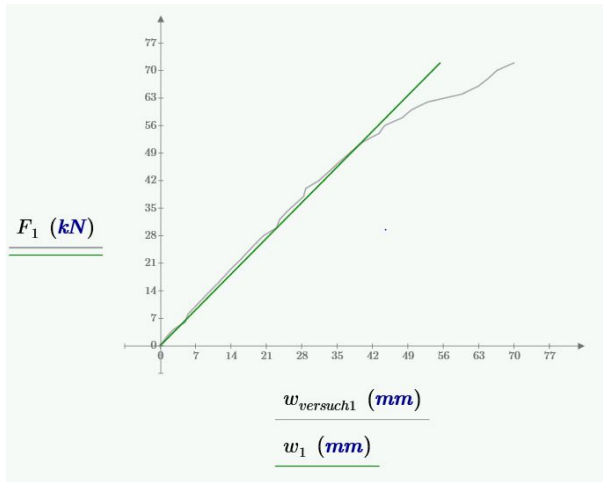


Abbildung 1.5: Vergleich des 1 Bauteilversuchs mit der Nachrechnung

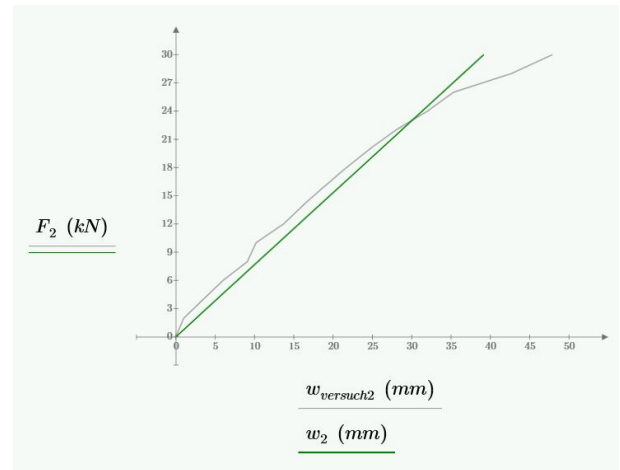


Abbildung 1.6: Vergleich des 2 Bauteilversuchs mit der Nachrechnung

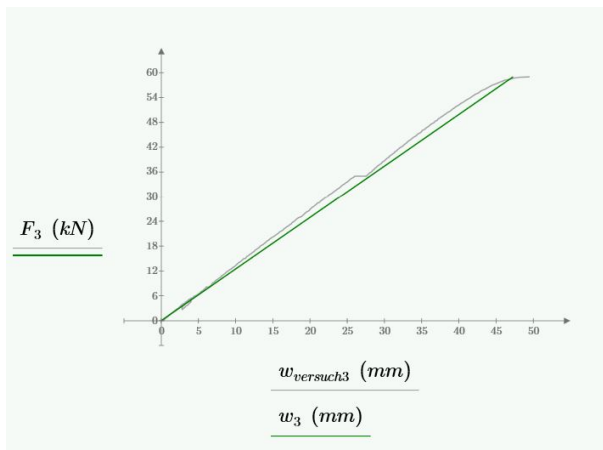


Abbildung 1.7: Vergleich des 3 Bauteilversuchs mit der Nachrechnung

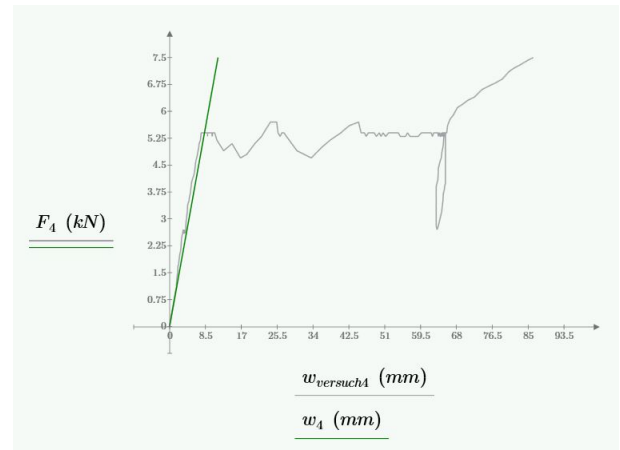


Abbildung 1.8: Vergleich des 4 Bauteilversuchs mit der Nachrechnung

Anzahl ausschlaggebend, sondern die Anordnung sehr entscheidend. Die Abbildung besitzt einen erheblichen Sprung zwischen 4 und 6 Schrauben und flacht anschließend mit der Zunahme der Schrauben ab. Es muss hier die Anordnung betrachtet werden, denn im Bauteilversuch mit den 4 Schrauben/Reihe sind die Schrauben nicht bis zum Auflager gegangen. Daher ist die Schraubenanzahl und Anordnung ausschlaggebend für das System. Die Erhöhung der Anzahl der Schrauben wirkt sich nur auf der Seite der Bruchlast aus. Schraubenanzahl in der Grafik bezieht sich, wie in der Tabelle 1.1 angeführt, auf eine Schraubenreihe. Anhand der Ergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass im Auflagerbereich, sich ein Zustand einstellt, der mit der Fachwerksanalogie zu vergleichen

Tabelle 1.1: Versuchsprogramm

Auswertung der Versuchsergebnisse					
Versuch	F_{max} [kN]	Schraubenanzahl/Reihe [1]	c_F [MN/m ²]	γ_1 [1]	EI_{eff} [MN * m ²]
1	74,0	14	150	0,58	13,88
2	30,0	4	40	0,26	8,19
3	58,0	6	120	0,54	13,34
4	7,8	0	30,0	0,21	6,98

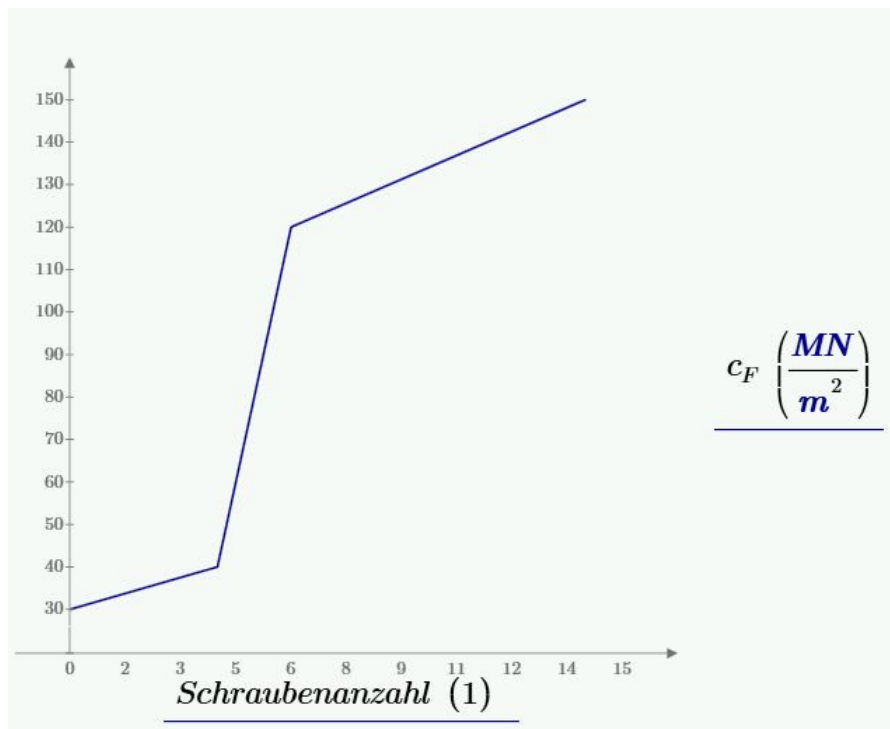


Abbildung 1.9: Darstellung der Fugensteifigkeit in Abhängigkeit der Schraubenanzahl

sein könnte. Die Schrauben bilden dabei die Zugstäbe ab und das Holzbeton (Velox) die Druckstäbe. Daher ist die Anwendung von mechanischen Verbindungsmittel unbedingt notwendig, jedoch die Anzahl kann gering gehalten werden. Um diese Vermutung zu Untermauern, sollten noch einige Verbundversuch durchgeführt werden. Der Aufbau und die Durchführung können im Kapitel 2 nachgelesen werden.