

# Rechteckplatte mit Flächenlast

## Table of contents

1 Rechteckplatte mit Flächenlast .....	2
1.1 Fall 1: Rand gestützt, verschiebbar und drehbar bei biegesteifer Platte .....	2
1.2 Fall 2: Rand gestützt, verschiebbar und drehbar bei biegeweicher Platte.....	6
1.3 Fall 3: Rand gestützt, unverschiebbar und frei drehbar bei biegeweicher Platte .....	7
1.4 Fall 4: Rand gestützt, verschiebbar und nicht drehbar bei biegeweicher Platte.....	8
1.5 Fall 5: Rand gestützt, unverschiebbar, nicht drehbar bei biegeweicher Platte.....	9

## 1. Rechteckplatte mit Flächenlast

In einer starren Metallrahmenkonstruktion für eine optisch transluzente Lärmschutzwand mit quadratischen Gefachen von 1 mal 1 m lichter Weite sollen 3,6 mm dicke Platten aus Glasfasermatten-Polyesterharz befestigt werden, wobei die vorteilhafteste Randlagerung zusammen mit der optimalen Ausnutzung der Tragfähigkeit gesucht wird. Die Auflagerbreite der Platten auf den Halteprofilen ist 10 mm.

Der Elastizitätsmodul der in Plattenebene quasiisotropen GF-UP-Platten wurde mit 10000 MPa im Kurzzeitversuch ermittelt, die Biege- bzw. Zugfestigkeit ist 80 MPa, die Querkontraktionszahl ist 0,3.

Als kurzzeitige maximale Beanspruchung ist pro Platte 0,65 kN Windlast nach DIN 1055 Teil 4 zu berücksichtigen.

An einer lose aufliegenden Platte mit gleichmäßiger Flächenlast von 650 MPa wurde am Ende der vollständigen, stoßfreien Lastaufbringung nach etwa einer Stunde die maximale Durchbiegung von 16.6 mm gemessen.

1. Bleibt die größte Durchbiegung bei maximaler Windlast kleiner als die fünffache Plattendicke?
2. Bleibt bei maximaler Windlast und Durchbiegung die Randverschiebung kleiner als 1/5 der Auflagerbreite?
3. Besteht mindestens fünffache Sicherheit gegen Bruchversagen gegenüber der Biege- bzw. Zugfestigkeit?

### 1.1. Fall 1: Rand gestützt, verschiebbar und drehbar bei biegesteifer Platte

Weil die Größe der Durchbiegung nicht bekannt und schwer zu schätzen ist, wird zuerst der Fall der biegesteifen Platte, bei der nur Biegung berücksichtigt wird, gewählt. Nach vollständiger Eingabe aller Parameter wird der SoftPlate-Berechnungsmodul anhand einer Beanspruchungskennzahl abschätzen, welcher Berechnungsbereich voraussichtlich zum besten Ergebnis führt, und einen Hinweis ausgeben, so dass der Berechnungsbereich geändert werden kann.

Als kostengünstige und materialschonende Befestigung werden die Platten zwischen die Kanten der Halteprofile locker eingeschoben, so dass sie sich in Plattenebene frei verschieben und am Rand frei drehen können sowie durch die genügend steifen Metallprofile im Sinne technischer Praxis unnachgiebig gestützt sind.

Die Biegetheorie der biegesteifen Platten bietet keine Lösungen für verschiebbare Ränder, so dass in diesem Fall die analytischen Lösungen der "klassischen" Plattentheorie (Methode A) streng genommen nicht anwendbar sind; es müsste auf das SoftPlate-Verfahren (Methode B) oder eine FEM-Rechnung (Methode C) zurückgegriffen werden. Wenn eine biegesteife Platte vorliegt, bei der das Durchbiegungs-Dicken-Verhältnis also kleiner 0.5 ist, bleibt die Randverschiebung so klein, dass der Unterschied zur Lösung mit unverschiebbaren Rändern für technische Anwendungen unerheblich ist, so dass Methode A mit der Bedingung der unverschiebbaren, gestützten und frei drehbaren Ränder anwendbar ist.

### 1.1.1. Berechnungsgang

1. SoftPlate-Berechnungsmodul starten.  
Nachdem Sie von der Hauptseite [www.acips.com](http://www.acips.com) oder [www.softplate.com](http://www.softplate.com) zur Startseite der Eingaben gelangt sind, melden Sie sich bitte mit Ihrem Benutzernamen und Ihrem Passwort an. Sie müssen bestätigen, dass Sie die Nutzungsbedingungen akzeptieren.
1. Anwenderdaten eingeben  
Die mit \* markierten Felder erfordern eine Eingabe.  
Bitte beachten Sie auch die Information zu den Anwenderdaten.
2. Bauteilform  
Für die Eingabe der Randlagerung, der Geometriedaten und für die Auswahl der berechenbaren Größen ist es notwendig, zuerst die Plattenform auszuwählen.  
Aus den berechenbaren Plattenformen wird für das Berechnungsbeispiel die Rechteckplatte gewählt, für die je nach den weiteren Eingaben die Lösungsmethode A, B oder C verfügbar ist.
3. Bauteilverhalten  
Da die Dicke klein im Verhältnis zu den Seitenlängen und der homogene Werkstoff über die Dicke als hinreichend Schubstarr anzusehen ist, wird die Voreinstellung der dünnen, Schubstarr Platte verwendet.
  1. Bauteilquerschnitt  
Die Voreinstellung der gleichbleibenden Plattendicke trifft zu.
  2. Werkstoffverhalten  
Die Voreinstellung des linear elastischen Werkstoffverhaltens trifft zu.
  1. Werkstoffanordnung  
Die Voreinstellung der isotropen homogenen Platte kann verwendet werden, weil ein Glasfasermattenlaminat als für die Dimensionierung hinreichend homogen und quasiisotrop angesehen werden kann, wenn die Werkstoffkennwerte am gleichen Material ermittelt wurden.
  2. Randlagerung

Die Randlagerungs-Bedingungen sind für alle Ränder gleich. Es liegt der Fall des frei verschiebbaren, gestützten, frei drehbaren Randes mit nicht abhebbaren Ecken vor, der mit R4444n codiert würde.

Wie oben erläutert liefert die Biegetheorie der Platten zwar keine Lösungen für verschiebbare Ränder, Methode A kann aber für den Fall des unverschiebbaren, gestützten, frei drehbaren Randes ohne für technische Anwendungen relevanten Fehler angewendet werden, wenn die Platte tatsächlich biegesteifes Verhalten zeigt. Da dies vorerst vorausgesetzt wird, wird der Fall des unverschiebbaren, gestützten, frei drehbaren Randes mit nicht abhebbaren Ecken gewählt, der mit R3333n codiert wird.

3. Bauteilbeanspruchung (Lastfall)

Die Windlast von 0,65 kN pro Platte ergibt einen konstanten Flächendruck von 650 Pa ( $\text{N/m}^2$ ), der als 0,00065 (oder  $6.5\text{E-}4$ ) MPa ( $\text{N/mm}^2$ ) einzugeben ist, weil auch alle übrigen auf die Fläche bezogenen Kräfte (wie Festigkeiten, E-Modul) in MPa und alle Längen in mm eingegeben werden.

4. Berechnungsbereich

Die Wahl des Berechnungsbereichs ermöglicht die Anpassung der Berechnungsmethode an die jeweilige Belastungsart und Verformungsgröße der Platte.

Weil die Größe der Durchbiegung nicht bekannt und schwer zu schätzen ist, wird vorerst der Fall der biegesteifen Platte, bei der nur Biegung berücksichtigt wird, gewählt. Nach vollständiger Eingabe aller Parameter wird der SoftPlate-Berechnungsmodul anhand einer Beanspruchungskennzahl abschätzen, welcher Berechnungsbereich voraussichtlich zum besten Ergebnis führt, und einen Hinweis ausgeben, so dass der Berechnungsbereich geändert werden kann.

5. Geometrie

Seite a (Länge in x-Richtung) : 1000 mm

Seite b (Länge in y-Richtung) : 1000 mm

Dicke t (Länge in z-Richtung) : 3,6 mm

6. Werkstoffdaten

Elastizitätsmodul E : 10000 MPa ( $\text{N/mm}^2$ )

Querkontraktionszahl # : 0.3

7. Beanspruchungsdaten

Konstanter Druck p senkrecht zur Plattenebene (Flächenlast) : 0.00065 MPa ( $\text{N/mm}^2$ )

8. Berechenbare Größen

[x] Maximalwerte

[x] Werte am Punkt P2 (Mittelpunkt)

[x] Werte am Punkt P5 (Eckpunkt)

[x] Werte am Punkt P8 (Randpunkt Mitte Seite b)

9. Eingaben zur Plattenberechnung

Da die aus den Eingaben errechnete Beanspruchungskennzahl eine Durchbiegung erwarten lässt, die den Gültigkeitsbereich der biegesteifen Platte deutlich überschreitet, erscheint außer den eingegebenen Daten der folgende Hinweis:

Die zu erwartende Durchbiegung ist zu groß für eine biegesteife Platte. Bitte prüfen Sie, ob es vorteilhafter ist, den Berechnungsbereich der biegeweichen oder biegeschlaffen Platte zu wählen.

Zurück über Bauteilart nach Berechnungsbereich ermöglicht die Wahl eines besser angepassten Bereichs.

#### 10. Ergebnis berechnen

Die für den Berechnungsfall zutreffenden Verfahren sind schwarz hervorgehoben und damit wählbar, die nicht zutreffenden sind grau und somit inaktiv. Methode D (Anfrage an SoftPlate Consult) ist immer aktiviert.

Bei der Beispielrechnung sind alle Methoden aktiv und wählbar. Es wird Methode A gewählt, um zu prüfen, ob die analytische Lösung der Plattentheorie bereits zutreffende Ergebnisse liefert.

Bei der Beispielrechnung ist Methode A inaktiv und nicht wählbar, weil sie für die vorliegende Konstellation keine Lösung liefert. Die Methoden B oder C sind für die aktuelle Berechnung wählbar.

Wenn der Berechnungsbereich nicht entsprechend dem Hinweis angepasst wird, sondern der Fall "Biegesteif (nur Biegung)" gewählt wird, liefern auch die Methoden B und C die Ergebnisse der Methode A für Platten mit unverschiebbaren Rändern. Dieser Fall wird bei der Beispielrechnung gewählt, um den Vergleich mit den Ergebnissen der biegeweichen Platte zu ermöglichen.

#### 11. Ergebnisse

Maximalwerte für die biegesteife Platte mit unverschiebbaren Rändern bei Wahl der Methode A (analytische Lösung der Plattentheorie); entsprechen den Ergebnissen für die biegesteife Platte mit verschiebbaren Rändern nach Methode B (SoftPlate-Verfahren) oder Methode C (FEM-Rechnung).

Warnung!

Die Werkstoffverzerrung, ausgedrückt durch das Verhältnis maximale Durchbiegung/Plattendicke, ist erheblich zu groß, es liegt eher eine Membranplatte denn eine biegesteife Platte vor. Wählen Sie bitte den Berechnungsbereich "Biegeschlaff (Membran, nur Dehnung)" der Methode C.

Verschiebung  $w$  (Durchbiegung) senkrecht zur Plattenebene in  $z$ -Richtung = 61.8 mm (Plattenmitte)

Biegespannung  $s_{xb}$  in Plattenebene in  $x$ -Richtung = 14.42 MPa (Plattenmitte)

Biegespannung  $s_{yb}$  in Plattenebene in  $y$ -Richtung = 14.42 MPa (Plattenmitte)

Vergleichsbiegespannung  $s_{vfb}$  in Plattenebene = 16.88 MPa (an den Ecken)

### 1.1.2. Bewertung und Vergleich der Ergebnisse:

Die errechnete maximale Durchbiegung übertrifft die gemessene um das 3.7fache. Das Verhältnis von maximaler Durchbiegung  $w$  zu Plattendicke  $t$  ist mit  $w/t = 17.2$  deutlich zu groß für eine biegesteife Platte. Wie die Warnung besagt, liegt eher eine biegeschlaffe Platte oder Membran vor, bei der die Last weitgehend durch Dehnung aufgenommen wird und der Biegespannungsanteil klein ist. Die erhaltenen Ergebnisse weichen daher stark von den wirklichen Verhältnissen ab. Die 1. Bedingung wird deutlich verfehlt, die 2. Bedingung ist nicht zu beurteilen, weil bei der biegesteifen Platte trotz frei verschiebbarer Ränder keine Verschiebungen  $u$  und  $v$  errechnet werden, da im Berechnungsansatz nur Biegemomente berücksichtigt werden und Querkräfte fehlen. Eine Aussage zur 3. Bedingung bleibt ungewiss, weil bei unzutreffenden Verschiebungen auch die Verzerrungen und die daraus errechneten Spannungen ungewiss sind.

Die bekannten Formeln der allseitig gestützten Rechteckplatte mit konstanter Flächenlast 1 siehe z.B. Timoshenko und Woinowsky-Krieger: Theory of Plates and Shells; Roark: Formulas for Stress and Strain; Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau; Netz: Formeln der Technik; Hütte: Des Ingenieurs Taschenbuch

ergeben für das Berechnungsbeispiel die fast gleichen Maximalwerte:

Verschiebung  $w$  (Durchbiegung) senkrecht zur Plattenebene in  $z$ -Richtung = 61.86 mm (Plattenmitte)

Biegespannung  $s_{xb}$  in Plattenebene in  $x$ -Richtung = 14.41 MPa (Plattenmitte)

Biegespannung  $s_{yb}$  in Plattenebene in  $y$ -Richtung = 14.41 MPa (Plattenmitte)

Vergleichsbiegespannung  $s_{vfb}$  in Plattenebene = (nicht verfügbar)

## 1.2. Fall 2: Rand gestützt, verschiebbar und drehbar bei biegeweicher Platte

Durch Ändern der Randlagerung im Eingabefenster Bauteilart in den Fall des frei verschiebbaren, gestützten, frei drehbaren Randes, der mit R4444n codiert wird, und Ändern des Berechnungsbereichs in "Biegeweich (Biegung + Dehnung)" und Wahl der Methode B (Berechnung mit den SoftPlate-Funktionen, die das reale nichtlineare Last-Verformungs-Verhalten berücksichtigen) erhält man folgende zutreffende Ergebnisse:

Maximalwerte für die biegeweiche Platte bei Wahl der Methode B (SoftPlate-Verfahren)

Verschiebung  $u$  in Plattenebene in  $x$ -Richtung = 0.28 mm (Randmitte)

Verschiebung  $v$  in Plattenebene in  $y$ -Richtung = 0.28 mm (Randmitte)

Verschiebung  $w$  (Durchbiegung) senkrecht zur Plattenebene in  $z$ -Richtung = 14.3 mm (Plattenmitte)

Gesamtnormalspannung  $s_{xo}$  in Plattenebene in  $x$ -Richtung (Zugseite) = 14.97 MPa (in der Nähe der Ecken)

Gesamtnormalspannung  $s_{yo}$  in Plattenebene in  $y$ -Richtung (Zugseite) = 14.97 MPa (in der Nähe der Ecken)

Vergleichsgesamtspannung  $\sigma_{\text{vfo}}$  in Plattenebene (Zugseite) = 14.99 MPa (in der Nähe der Ecken)

### 1.2.1. Bewertung und Vergleich der Ergebnisse:

Mit  $w/t = 3.97 < 5.0$  wird die 1. Bedingung eingehalten. Die Durchbiegung ist um den Faktor 4.3 kleiner als bei der biegesteifen Platte mit linearer Last-Verschiebungs-Funktion. Die errechnete Durchbiegung ist um 14 % kleiner als die gemessene. Neben Messungenauigkeiten und Abweichungen zwischen idealisierenden Annahmen jeder Rechnung und den realen Bedingungen dürfte dies hauptsächlich auf den Unterschied zwischen (Kurzzeit)-Elastizitätsmodul bei der Rechnung und Kriechmodul bei der Messung zurückzuführen sein.

Mit  $u = v = 0.3 \text{ mm} \ll 10/5 = 2 \text{ mm}$  wird die 2. Bedingung mit mehr als 6facher Sicherheit eingehalten. Das Herausfallen der Platten aus der Rahmenkonstruktion ist auch bei maximaler Last und Verformung ausgeschlossen.

Mit  $S = 80/14.99 = 5.3 > 5.0$  besteht mehr als fünffache Sicherheit gegen Bruchversagen bei Maximallast, die auch unter Berücksichtigung von Zeit-, Temperatur-, Fertigungs- und Alterungsfaktoren ausreicht.

Die maximalen Gesamtnormalspannungen der Zugseite der biegeweichen Platte haben die gleiche Größenordnung wie die der biegesteifen Platte, befinden sich aber nicht in Plattenmitte, sondern in der Nähe der Ecken. Da sich Biege- und Zugspannung überlagern, sind die Spannungen auf der Zug- und Druckseite der Platte nicht mehr gleich groß. In Plattenmitte mit dem prozentual höchsten Biegeanteil weist die Zugseite größere Werte als die Druckseite auf, dort sind die Biegespannung 1.82 MPa, die Membranspannung 1.60 MPa, die Gesamtnormalspannung 3.42 MPa, gegenüber 14.41 MPa Biegespannung nach der linearen Plattentheorie.

An den durch Haltekräfte am Abheben gehinderten Ecken treten die größten Membranspannungen bei relativ kleinen Biegespannungen auf, hier weist die Druckseite durch den Knick der Plattenfläche größere Werte auf als die Zugseite: Biegespannung -0.5 MPa, Membranspannung 15.45 MPa, Gesamtnormalspannung der Zugseite 14.9 MPa, der Druckseite -15.9 MPa.

### 1.3. Fall 3: Rand gestützt, unverschiebbar und frei drehbar bei biegeweicher Platte

Durch Ändern der Randlagerung im Eingabefenster Bauteilart in den Fall des unverschiebbaren, gestützten, frei drehbaren Randes, der mit R3333n codiert wird, erhält man folgende Ergebnisse:

Maximalwerte für die biegeweiche Platte mit unverschiebbarem, gestütztem und frei

drehbarem Rand

Verschiebung  $u$  in Plattenebene in  $x$ -Richtung = 0.0 mm

Verschiebung  $v$  in Plattenebene in  $y$ -Richtung = 0.0 mm

Verschiebung  $w$  (Durchbiegung) senkrecht zur Plattenebene in  $z$ -Richtung = 7.46 mm  
(Plattenmitte)

Gesamtnormalspannung  $s_{xo}$  in Plattenebene in  $x$ -Richtung (Zugseite) = 3.50 MPa  
(Plattenmitte)

Gesamtnormalspannung  $s_{yo}$  in Plattenebene in  $y$ -Richtung (Zugseite) = 3.50 MPa  
(Plattenmitte)

Vergleichsgesamtspannung  $sv_{fo}$  in Plattenebene (Zugseite) = 3.25 MPa (in der Nähe der Ecken)

### 1.3.1. Bewertung und Vergleich der Ergebnisse:

Ideal unverschiebbare Ränder verringern die Durchbiegung auf etwa die Hälfte und die Spannungen auf weniger als ein Viertel gegenüber der Platte mit verschiebbaren Rändern, erfordern aber einen großen Aufwand für eine tatsächlich unnachgiebige Randhalterung. Während eine selbst deutliche Nachgiebigkeit der Randstützung geringen Einfluss auf die Spannungsverteilung und die Durchbiegung der Platte hat, bewirkt eine Durchbiegung von nur 0.3 mm in der Mitte der Randhalterung die Verschiebbarkeit der Ränder und die Änderung des Verformungs- und Spannungszustandes in Richtung der verschiebbaren biegeweichen Platte. Es ist sehr aufwändig, eine in Plattenebene ausreichend biegesteif dimensionierte Konstruktion zu erstellen, und schwierig, eine GF-UP-Platte daran unverschiebbar zu befestigen.

Untersuchungen durch Messung und rechnerische Nachprüfung im Rahmen der Validierung des SoftPlate-Verfahrens haben immer wieder bestätigt, dass bei biegeweichen Platten eine unverschiebbare Randlagerung technisch nicht oder nur mit praktisch unvertretbarem Aufwand zu verwirklichen ist.

Folgerung: Biegeweiche Platten sollten ohne Randhalterung, auf einer Stützkonstruktion frei aufliegend, verwendet werden. Wenn aus funktionalen Gründen, z.B. der Dichtigkeit, der Vermeidung von Bewegungen der Platten u.ä., eine Halterung oder Einspannung der Ränder erforderlich ist, woraus sich eine eingeschränkte Verschiebbarkeit der Ränder ergibt, sollten biegeweiche Platten dennoch als frei verschiebbar dimensioniert werden.

### 1.4. Fall 4: Rand gestützt, verschiebbar und nicht drehbar bei biegeweicher Platte

Durch Ändern der Randlagerung im Eingabefenster Bauteilart in den Fall des frei verschiebbaren, gestützten, nicht drehbaren Randes, der mit R2222n codiert wird, erhält man folgende Ergebnisse:



Maximalwerte für die biegeweiße Platte mit verschiebbarem, gestütztem und nicht drehbarem Rand

Verschiebung  $u$  in Plattenebene in  $x$ -Richtung = 0.08 mm (Randmitte)

Verschiebung  $v$  in Plattenebene in  $y$ -Richtung = 0.08 mm (Randmitte)

Verschiebung  $w$  (Durchbiegung) senkrecht zur Plattenebene in  $z$ -Richtung = 9.3 mm (Plattenmitte)

Gesamtnormalspannung  $s_{xo}$  in Plattenebene in  $x$ -Richtung (Zugseite) = 3.63 MPa (Plattenmitte)

Gesamtnormalspannung  $s_{yo}$  in Plattenebene in  $y$ -Richtung (Zugseite) = 3.63 MPa (Plattenmitte)

Vergleichsgesamtspannung  $sv_{fo}$  in Plattenebene (Zugseite) = 8.71 MPa (in der Nähe der Ecken)

#### 1.4.1. Bewertung und Vergleich der Ergebnisse:

Ideal nicht drehbare Ränder verringern die Durchbiegung um etwa ein Drittel und die maximale Spannung um etwa 40 % gegenüber der Platte mit verschiebbaren Rändern, erfordern aber ebenfalls erheblichen Aufwand für eine wirksame Einschränkung der freien Drehbarkeit. Die Betrachtungen und Folgerungen zu Fall 3 gelten entsprechend.

#### 1.5. Fall 5: Rand gestützt, unverschiebbar, nicht drehbar bei biegeweißer Platte

Durch Ändern der Randlagerung im Eingabefenster Bauteilart in den Fall des starr eingespannten Randes, der mit R1111n codiert wird, erhält man folgende Ergebnisse:

Maximalwerte für die biegeweiße Platte mit unverschiebbarem, gestütztem und nicht drehbarem Rand

Verschiebung  $u$  in Plattenebene in  $x$ -Richtung = 0.0 mm

Verschiebung  $v$  in Plattenebene in  $y$ -Richtung = 0.0 mm

Verschiebung  $w$  (Durchbiegung) senkrecht zur Plattenebene in  $z$ -Richtung = 6.64 mm (Plattenmitte)

Gesamtnormalspannung  $s_{xo}$  in Plattenebene in  $x$ -Richtung (Zugseite) = 3.16 MPa (Plattenmitte)

Gesamtnormalspannung  $s_{yo}$  in Plattenebene in  $y$ -Richtung (Zugseite) = 3.16 MPa (Plattenmitte)

Gesamtnormalspannung  $s_{xu}$  in Plattenebene in  $x$ -Richtung (Druckseite) = -9.67 MPa (Randmitte)

Vergleichsgesamtspannung  $sv_{fo}$  in Plattenebene (Zugseite) = 6.31 MPa (Randmitte)

#### 1.5.1. Bewertung und Vergleich der Ergebnisse:

Ideal starr eingespannte Ränder verringern die Durchbiegung um mehr als die Hälfte und die maximale Spannung um fast 60 % gegenüber der Platte mit verschiebbaren Rändern, erfordern aber einen noch größeren Aufwand für eine tatsächlich starre Einspannung der Ränder. Die Betrachtungen und Folgerungen zu Fall 3 gelten daher in noch stärkerem Maße.

Die bekannten Formeln der allseitig eingespannten Rechteckplatte mit konstanter Flächenlast<sup>1</sup>

siehe z.B. Timoshenko und Woinowsky-Krieger: Theory of Plates and Shells; Roark: Formulas for Stress and Strain; Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau; Netz: Formeln der Technik; Hütte: Des Ingenieurs Taschenbuch

ergeben für die biegesteife Platte mit diesen Randbedingungen wie auch für den Fall 4 als Maximalwerte:

Verschiebung  $w$  (Durchbiegung) senkrecht zur Plattenebene in  $z$ -Richtung = 19.23 mm (Plattenmitte)

Biegespannung  $s_{xb}$  in Plattenebene in  $x$ -Richtung = 6.95 MPa (Plattenmitte)

Biegespannung  $s_{yb}$  in Plattenebene in  $y$ -Richtung = 6.95 MPa (Plattenmitte)

Biegespannung  $s_{xbu}$  in Plattenebene in  $x$ -Richtung (Druckseite) = -15.43 MPa (Randmitte)

Vergleichsbiegespannung  $s_{vfb}$  in Plattenebene = (nicht verfügbar)

Die Dimensionierung als biegesteife Platte wäre unter diesen Bedingungen fehlerhaft, weil die Voraussetzungen für die Gültigkeit der analytischen Lösungen der Plattentheorie verletzt werden. Das Verhältnis  $w/t = 5.3$  kennzeichnet eine sehr biegeweiche Platte und übertrifft das zulässige Verhältnis  $w/t \# 0.5$ , allenfalls  $w/t \# 1.0$ , deutlich.