

## B.6.8 Nachgiebiger Verbund

Oft werden tragende Bauteile aus mehreren Teilen zusammengesetzt. Bei einer Verbindung mit Nägeln, Dübeln, Bolzen, Klammern oder Schrauben ist die Verbindung nachgiebig, so dass die Tragfähigkeit gegenüber einem starr verbundenen Bauteil abgemindert ist.

Man kann sich vorstellen, dass sich der Nagel erst verformen muss, bevor darin eine Kraft aktiviert wird. Jeder Nagel wirkt wie eine Feder.

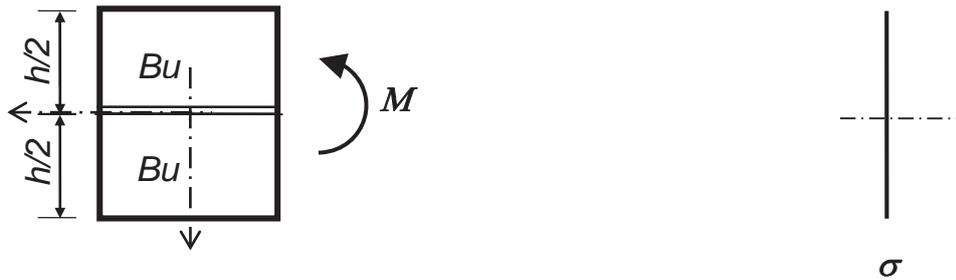
Grenzbetrachtungen für die Biegesteifigkeit:

- Wenn die Teile lose aufeinander liegen (ohne Verbund), addieren sich nur die Eigenträgheitsmomente:
- Wenn die Teile verleimt wären (starrer Verbund), kommen zusätzlich noch die vollen Steiner-Anteile hinzu:

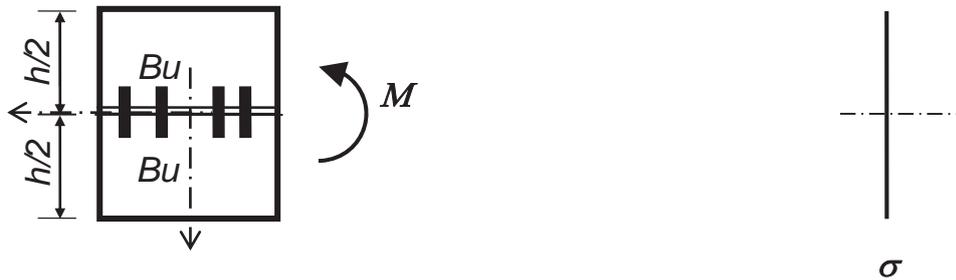
Bei nachgiebigem Verbund muss die Steifigkeit zwischen diesen beiden Grenzfällen liegen. Man kann ausgehend von der Art der Verbindung und der Anzahl der Nägel, Schrauben, etc. einen Abminderungsfaktor  $\gamma_i$  berechnen ( $0 < \gamma_i < 1$ ), mit dem gilt:

Prinzipiell stellen sich an der nachgiebigen Fuge Sprünge in den Dehnungen ein. Dies führt zu Sprüngen in den Spannungen, auch wenn gleiche Materialien verbunden sind. Den Spannungsverlauf kann man prinzipiell ebenfalls aus den Grenzfällen ableiten:

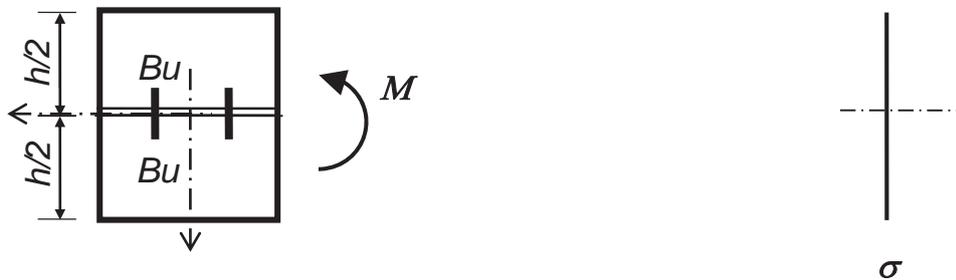
Spannungsverlauf im Grenzfall  $\gamma = 0$



Spannungsverlauf im Grenzfall  $\gamma = 1$

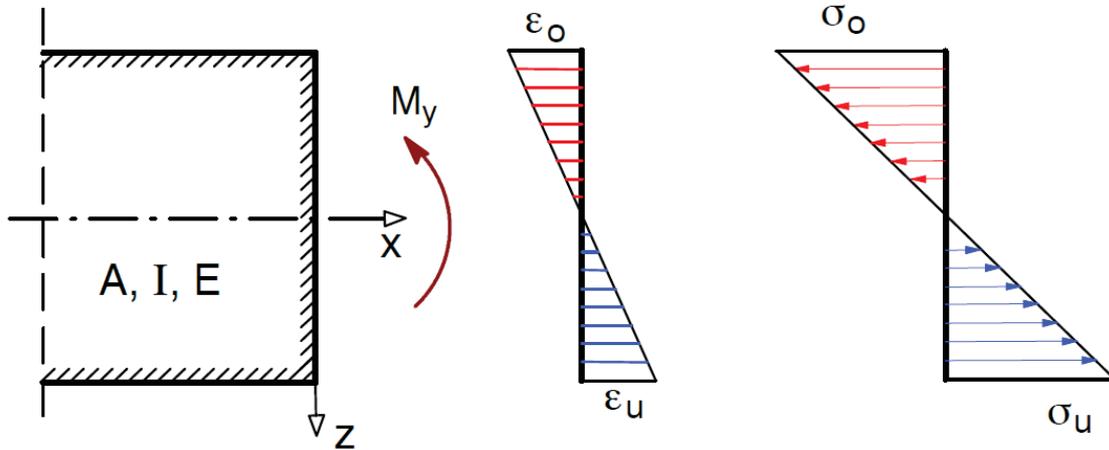


Spannungsverlauf für  $0 < \gamma < 1$



### B.6.9 Zusammenstellung – Spannungen in Biegeträgern

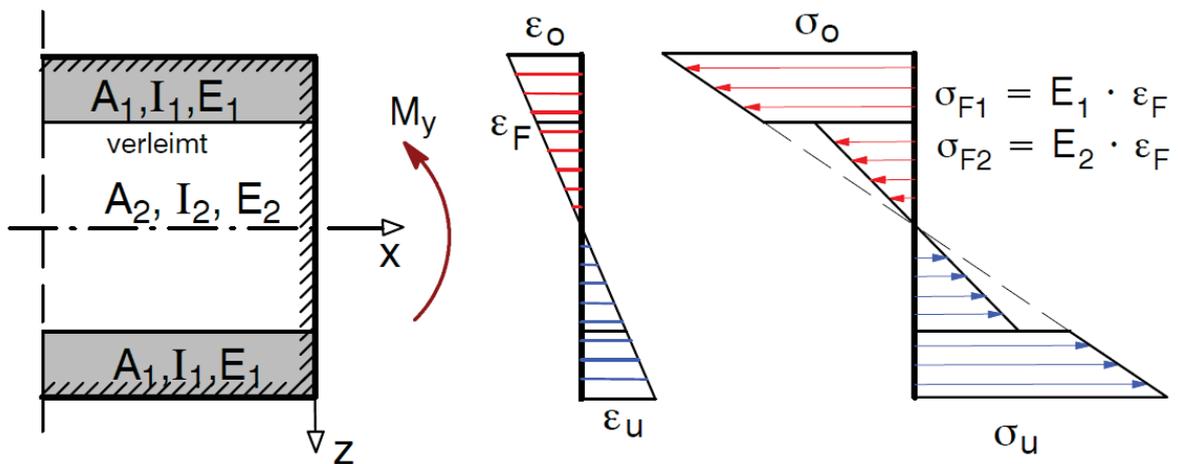
#### a) Querschnitt mit konst. E-Modul + starrer Verbund



$x$  – Achse =



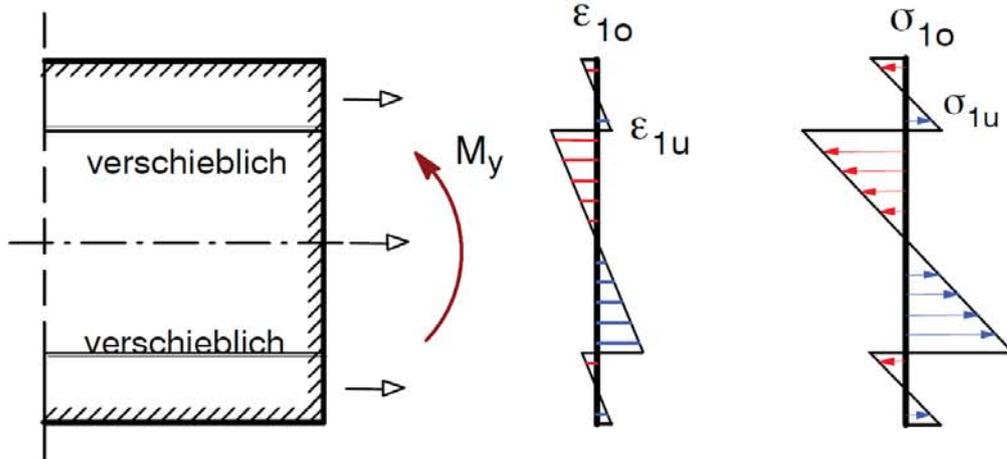
#### b) Querschnitt mit verschiedenen E-Moduli + starrer Verbund



$x$  – Achse =



**c) Querschnitt ohne Verbund**

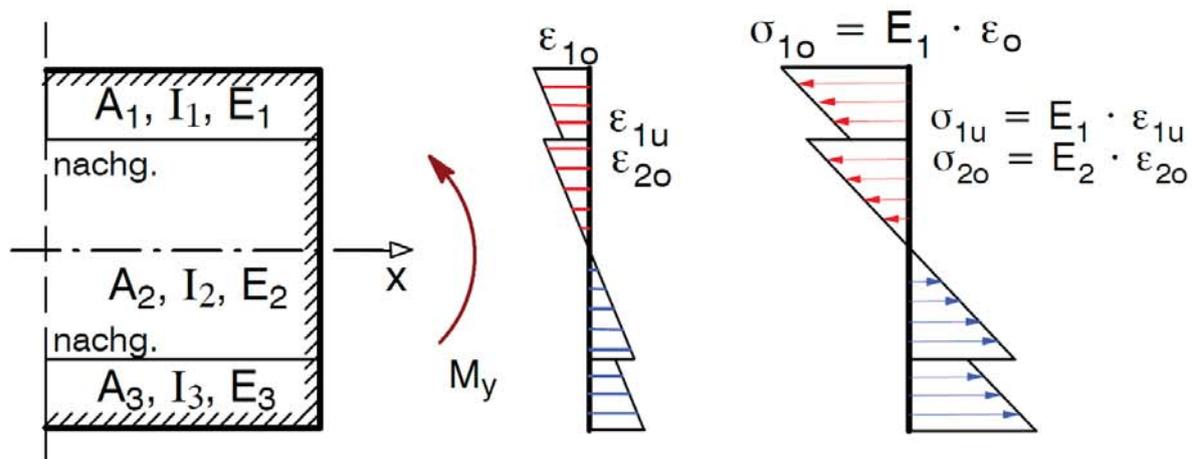


$x_i$  – Achse =

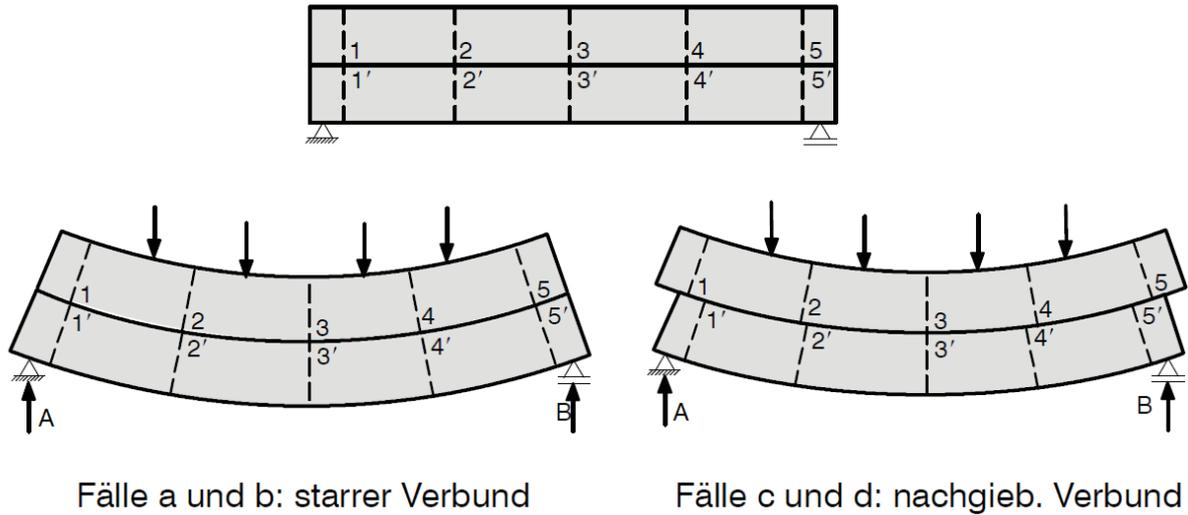
Jeder Teil trägt einen Anteil der Schnittkraft. Die Aufteilung erfolgt proportional zu den Steifigkeiten:



**d) Allg. Fall: Nachgiebiger Verbund und versch. Materialien**

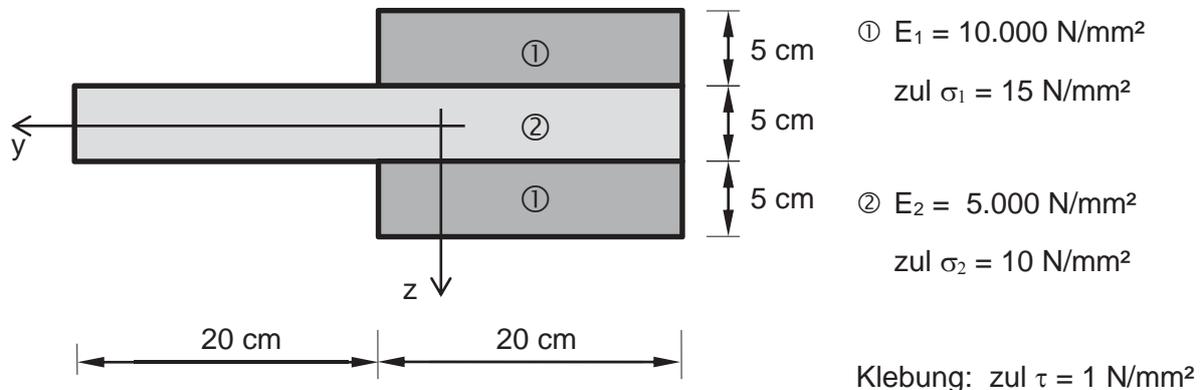


## Verformungen bei Biegung



## Prüfungsaufgabe

Ein Querschnitt wird aus 3 Teilen verklebt:



- Berechnen Sie das ideale Trägheitsmoment  $I_{y,\text{id}}$ .
- Berechnen Sie das maximal zulässige Biegemoment  $\max M_y$  für den Verbundquerschnitt, so dass die zulässige Biegespannung in Material ① eingehalten ist.
- Berechnen Sie die maximal zulässige Querkraft  $\max V_z$  für den Verbundquerschnitt, so dass die zulässige Schubspannung in der Klebefuge eingehalten ist.
- Gehen Sie nun davon aus, dass ein Fehler beim Verleimen aufgetreten ist und daher der Grenzfall „ohne Verbund“ vorliegt. Berechnen Sie das maximal zulässige Biegemoment  $\max M_y$ , so dass die zulässigen Biegespannungen in beiden Materialien eingehalten sind.