

7.1.6 Regel 5: Rippen spritzgießgerecht gestalten

Um ein Formteil mit hoher Steifigkeit herzustellen, werden anstelle von Wandverdickungen oft Rippen vorgesehen (vergleiche auch Regel 1: „Wanddicke so dünn wie möglich auslegen“). Auf diese Weise kann Material eingespart werden, Zykluszeiten können verkürzt und Materialanhäufungen vermieden werden.

Rippen sollten in Richtung der Hauptbelastung und des Fließens konstruiert werden. Aber auch sie können bei falscher Gestaltung zu Lunkern, Einfallstellen, Spannungskonzentration und Entformungsschwierigkeiten führen. Dicke Rippen führen z.B. zu deutlich sichtbaren Einfallstellen sowie zu fehlerhaften Masseströmen, wodurch unerwünschte Fließbilder mit Bindenähten und im Zusammenhang damit Lufteinschlüsse entstehen können.

Bei der Verarbeitung von glasfaserverstärkten Kunststoffen können „Vorzugsströmungen“ der Masse den Schwindungsvorgang des Formteils derart stören, dass Verformungen (Verzug oder Verzerrungen) eintreten. „Vorzugsströmungen“ verursachen stark unterschiedliche Faserausrichtungen im gesamten Formteil. Die unterschiedliche Schwindung in Faserrichtung und quer zur Faserrichtung führt zu Verzug. Daher sind beim Entwurf von Teilen aus glasfaserverstärktem Kunststoff mit Rücksicht auf einheitliche Wanddicken und zur Vermeidung der genannten „Vorzugsströmungen“ Profilkonstruktionen als Alternative zu betrachten.

Sind komplexe Rippenkonstruktionen nicht vermeidbar, sollte die Faserorientierung gezielt beeinflusst werden. Die zu erwartende Orientierung lässt sich unter der Annahme eines Anschnittsystems simulieren und iterativ verbessern. Zur Optimierung der Faserorientierung kann sowohl die Verlegung der Anschnittposition als auch eine Geometrieänderung des Formteils beitragen (siehe zur Simulation Kapitel 10).

**Rippen anstatt
Wandverdickungen**

**Lunker und Einfallstellen bei
falscher Gestaltung**

**Bei glasfaserverstärkten
Kunststoffen
Profilkonstruktionen vor Rippen**

**Simulationen erlauben
Optimierung
der Faserorientierung**

- H bis 3 x s i.d.R. unproblematisch
- H bis 10 x s möglich (Füllung und Temperierbarkeit sollte simuliert werden)
- H größer 10 x s i.d.R. nur bei großen Wanddicken und großen Rippenabständen machbar

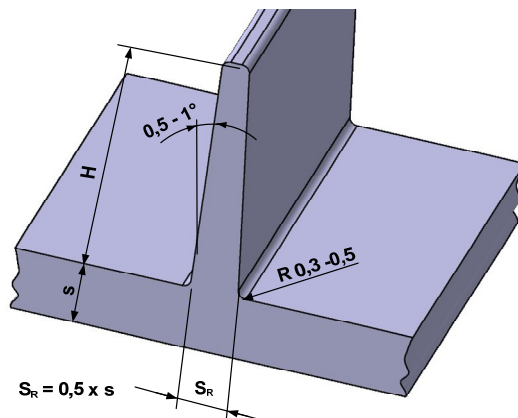


Abb. 1: Empfohlene Rippengestaltung [mibrile90]

Bedeutung der Rippenwanddicke auf Einfallstellen

Abb. 1 stellt eine empfohlene Rippengestaltung eines spritzgegossenen Formteils dar. Gemäß den Empfehlungen sollte die Wanddicke der Rippe dünner gewählt werden als die Wand, auf der die Rippe angebunden ist, um Einfallstellen zu vermeiden bzw. zu minimieren. Abb. 2 zeigt bezüglich der Tiefe vermessene Einfallstellen an einer spritzgegossenen Rippenkonstruktion [IPH2006], die mit einem glaskugelgefüllten PBT gefertigt wurde. Es ist deutlich die zunehmende Tiefe der Einfallstellen mit größerer Rippenwanddicke zu erkennen. Der Effekt ist auf die zunehmende Massenanhäufung im Bereich der Rippenanbindungsstelle zurückzuführen. Je größer die Massenanhäufung desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Schwindung durch den Nachdruck ausgeglichen werden kann. Einfallstellen durch Rippenanbindungen lassen sich durch Simulationen vorhersagen (Abb. 3). Auch hier erkennt man den Einfluss der Rippenwanddicke.

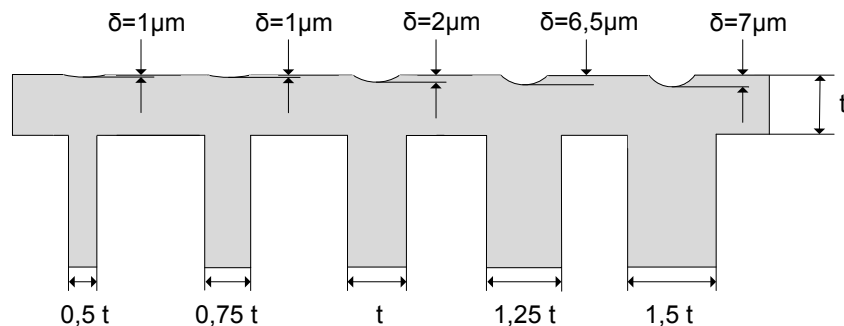


Abb. 2: Einfallstellen bei unterschiedlichen Rippenwanddicken bei einem glaskugelgefüllten PBT-Bauteil [IPH2006]

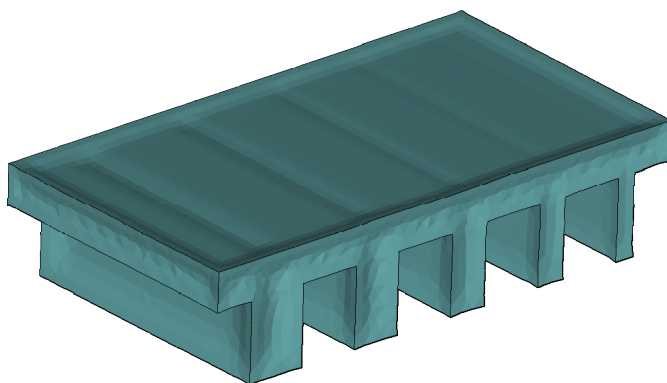


Abb. 3: Simulation von Einfallstellen an einem glasgefüllten PBT-Bauteil [IMPETUS2011]

Die maximale Höhe einer Rippe kann pauschal nicht definiert werden (Abb. 1). Je höher eine Rippe ist, je mehr verringert sich die Wanddicke durch die zur Entformung notwendige Schräge. Die Entformungsschräge ist schwindungsbedingt abhängig vom vorgesehenen Kunststoff und bewirkt, dass die Wanddicke der Rippe nach oben abnimmt. Der Konstrukteur hat darauf zu achten, dass eine ausreichende Wanddicke am Rippenkopf übrig bleibt, um das Bauteil füllen zu können. Bei höheren Rippenkonstruktionen empfiehlt es sich, die Füllbarkeit zu simulieren (siehe Kap. 10).

Rippenhöhen sind materialabhängig

Bis zum Dreifachen der Grundwanddicke sind Rippen i.d.R. unproblematisch in der Fertigung. Häufig sind aus Steifigkeitsgründen aber größere Rippenhöhen erforderlich. Zusätzlich geht die Rippenhöhe mit der 3. Potenz in das Flächenträgheitsmoment ein. Dadurch ist bezüglich des Werkstoffverbrauchs die Höhe einer Rippe wichtiger als die Breite. Deshalb findet man in Praxis häufig Rippenhöhen bis zum Zehnfachen der Grundwanddicke. Solche Konstruktionen sollten bezüglich des Spritzgießprozesses simuliert werden, um Füll- oder Temperierprobleme zu erkennen. Ist die Grundwanddicke groß, können trotz Entformungsschräge auch noch größere Rippenhöhen umgesetzt werden, da am Rippenkopf noch genügend Wanddicke vorhanden ist.

Erreichbare Rippenhöhen

Kreuzungen von Rippen führen zu Masseanhäufungen und sollten daher laut Regel 3 vermieden werden. Die Bilder Abb. 4 bis Abb. 6 zeigen an Beispielen günstige und ungünstige Konstruktionen von Rippenkreuzungen.

Rippenkreuzungen ohne Masseanhäufungen gestalten

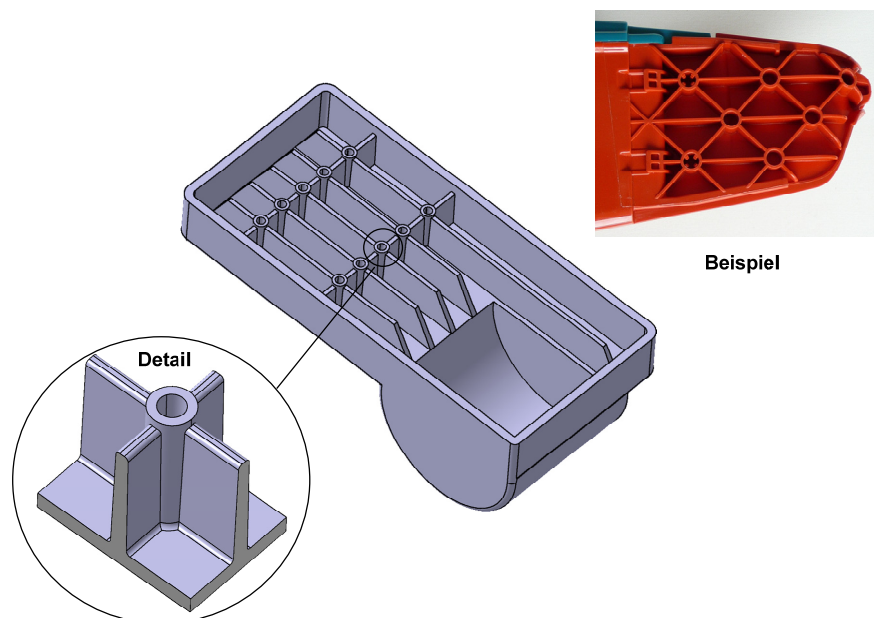


Abb. 4: Günstige Gestaltung von Rippenkreuzungen (in Anlehnung an [mibrile90])

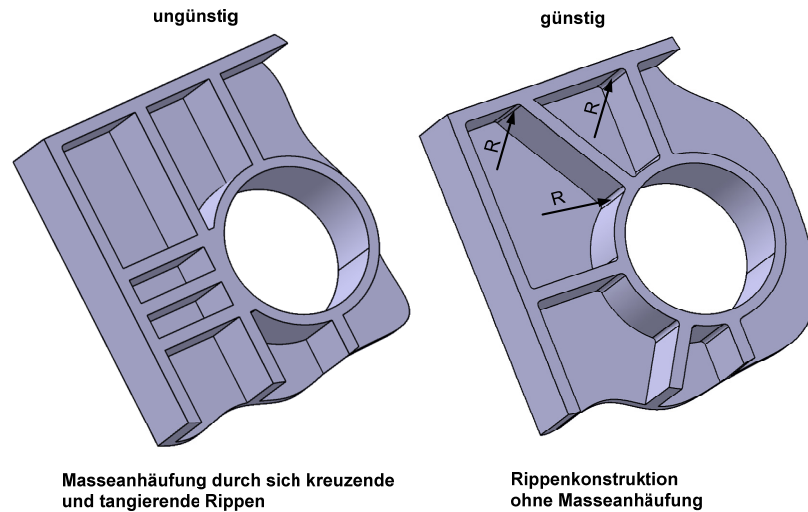


Abb. 5: Rippenkonstruktion zur Vermeidung von Kreuzungen [mibrile90]

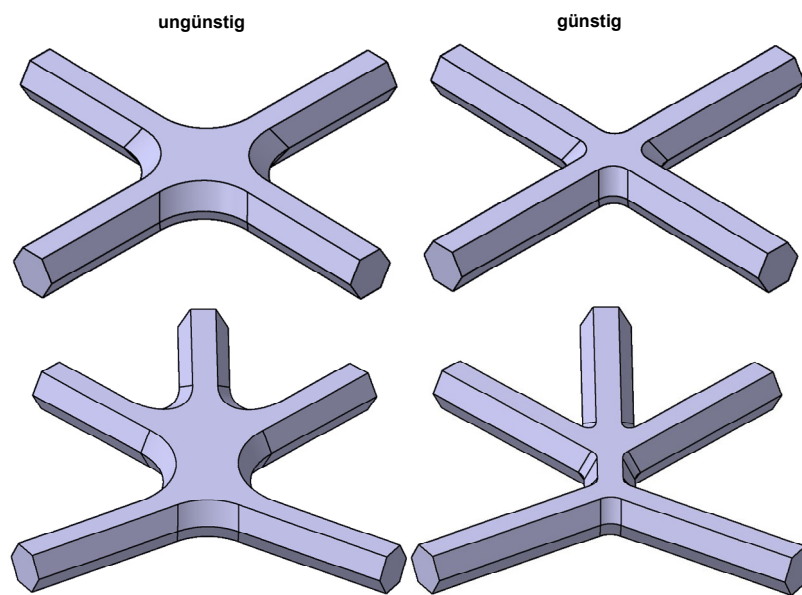


Abb. 6: Gestaltung von Rippenkreuzungen [mibrile90]

Kaschieren von Einfallstellen

Einfallstellen auf den Rippen gegenüberliegenden Seiten sind zu vermeiden. Wenn dies nicht möglich ist, sollten Materialanhäufungen zumindest minimiert oder kaschiert werden. In Abb. 7 werden verschiedene konstruktive Möglichkeiten dazu aufgezeigt.

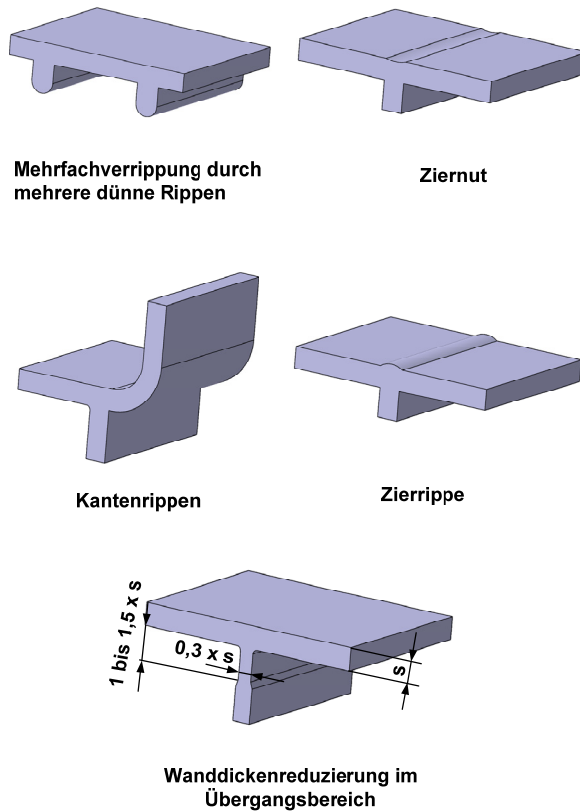


Abb. 7: Gestaltung zur Optimierung von Rippenkreuzungen [ticc3404]

Um möglichst steife Formteile zu erhalten, können verschiedene Verrippungsarten eingesetzt werden. In Abb. 8 wird die relative Durchbiegung unterschiedlicher Verrippungen verglichen. Die Durchbiegung f eines auf Biegung beanspruchten Bauteils (Abb. 9) ergibt sich aus [ticc3404]:

Verrippungsarten, biegesteif

$$f = \frac{F l^3}{3 E J}$$

f: Durchbiegung

J: axiales Trägheitsmoment

l: Länge des Biegebalkens

F: Querkraft

E: Elastizitätsmodul

Das axiale Trägheitsmoment J ist dabei von der konstruktiven Gestaltung des Formteils abhängig. Durch Wahl einer geeigneten Verrippung bzw. Profilierung lässt sich so die Durchbiegung bzw. die Gestaltungsfestigkeit in relativ weiten Grenzen beeinflussen.

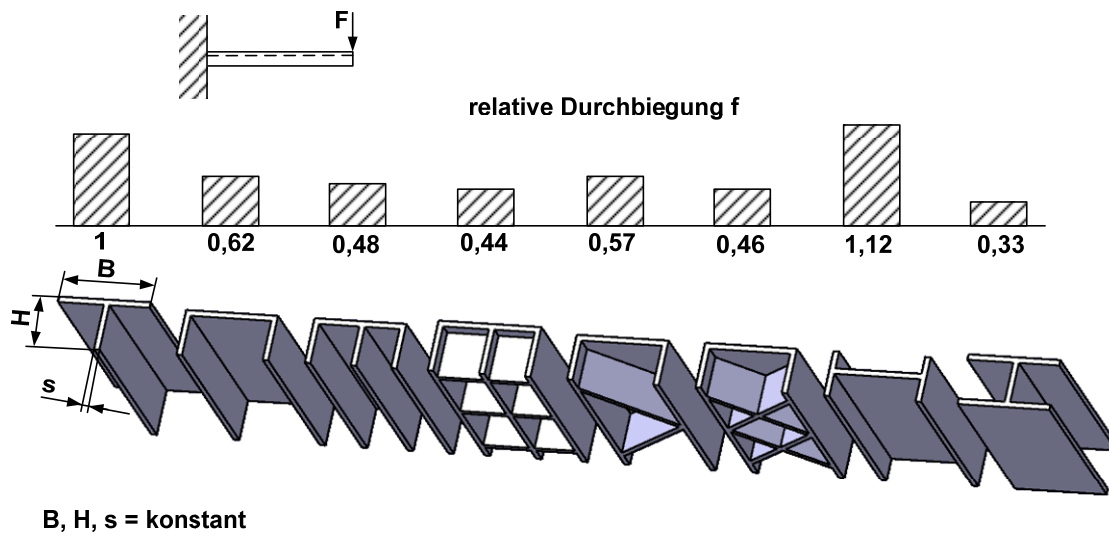


Abb. 8: Durchbiegung unterschiedlich gestalteter Profile [ticc3404]

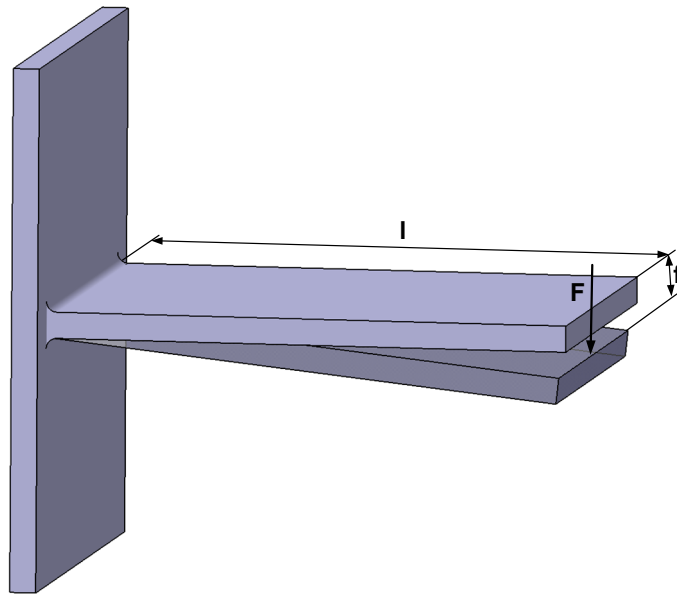


Abb. 9: Durchbiegung eines Balkens [ticc3404]

In Abb. 10 wird die relative Torsionssteifigkeit unterschiedlich gestalteter U-Profile dargestellt. Der Verdrehwinkel p ergibt sich bei einem auf Torsion beanspruchten Bauteil (Abb. 11) aus [tic3404]:

Verrippungsarten, torsionssteif

$$p = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{M_t l}{G J_p}$$

p: Verdrehwinkel
l: Länge des tordierten Trägers
J_p: polares Trägheitsmoment
M_t: Torsionsmoment
G: Schubmodul

Hierbei ist das polare Trägheitsmoment J_p von der konstruktiven Gestaltung des Formteils abhängig. Durch Wahl einer geeigneten Verrippung bzw. Profilierung lässt sich die Verdrehsteifigkeit bzw. die Gestaltungsfestigkeit in relativ weiten Grenzen beeinflussen.

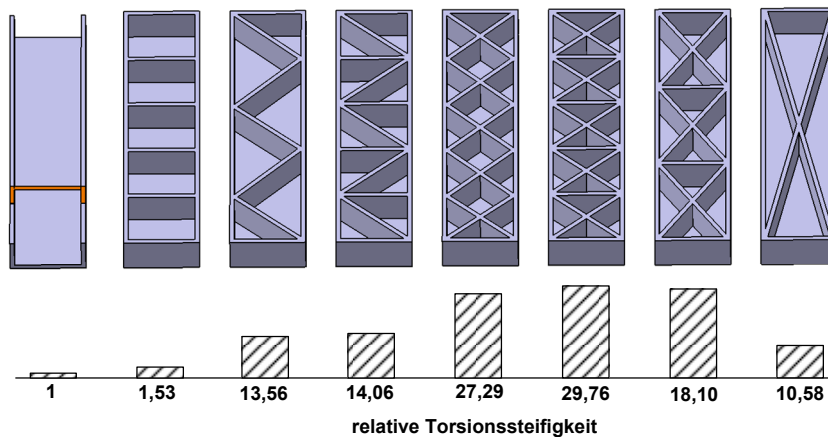


Abb. 10: Relative Torsionssteifigkeit [tic3404]

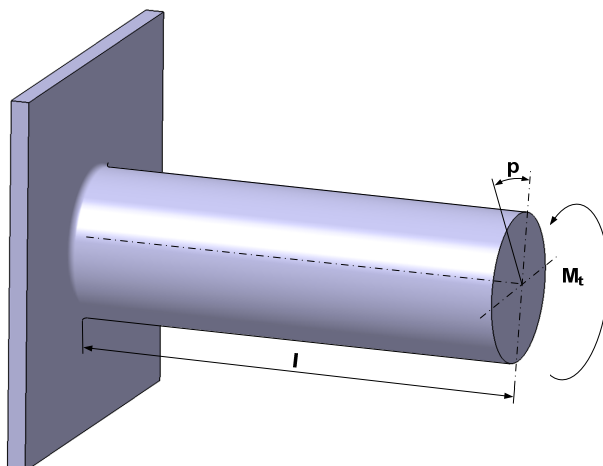


Abb. 11: Torsion einer Welle [tic3404]

**Masseanhäufungen bei
Rippenanbindungen an
Profile vermeiden**

Bei der Konstruktion von verrippten Profilen ist besonders darauf zu achten, dass an den Stellen, an denen sich Wand und Rippe berühren, möglichst keine Masseanhäufungen entstehen. In Abb. 12 sind drei Varianten von Profilkonstruktionen aufgeführt. Die Unterschiede liegen in der Art der Rippenanschlüsse in den Profilen. Profil A stellt eine fehlerhafte Konstruktion dar. Es entstehen zu große Masseanhäufungen an den Stellen, an denen Wand und Rippe sich berühren. Die Profile B und C stellen gelungene Konstruktionen dar, wobei die Werkzeugkosten bei B höher sind als bei C.

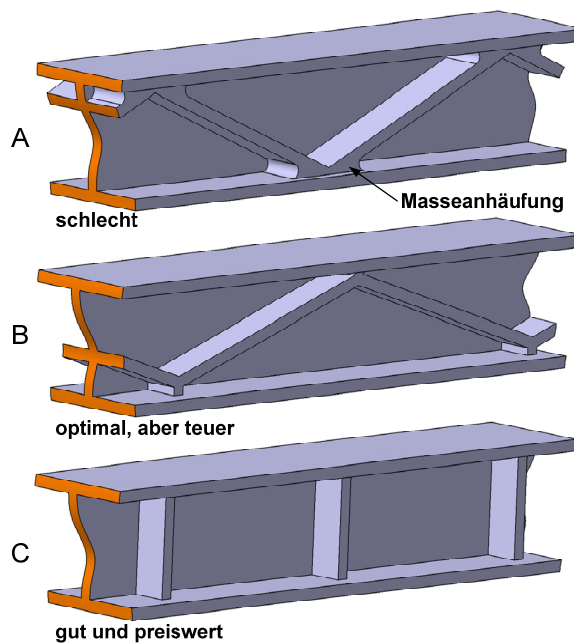


Abb. 12: Profilkonstruktionen [akzo92]