



1 Motivation

Im konstruktiven Brandschutz wird häufig über Festigkeitsverluste von Baustahl gesprochen. Das greift allerdings zu kurz. Entscheidend ist zunächst die Frage, wie schnell sich ein Stahlprofil überhaupt erwärmt. Genau hier spielt der sogenannte Profilmfaktor eine zentrale Rolle. Er beschreibt vereinfacht gesagt das Verhältnis zwischen wärmeaufnehmender Oberfläche und wärmespeicherndem Volumen eines Profils. Je größer die Oberfläche im Verhältnis zum Volumen ist, desto schneller erwärmt sich ein Stahlprofil im Brandfall.

Interessanterweise begegnet uns dieses Prinzip auch außerhalb des Ingenieurwesens. Marathonläufer profitieren beispielsweise von einem großen Verhältnis zwischen Oberfläche und Volumen, weil sie Wärme besonders gut über die Haut abgeben können. Im konstruktiven Brandschutz ist es genau umgekehrt. Hier sind möglichst kompakte Querschnitte mit kleiner Oberfläche vorteilhaft. Dieses Dokument zeigt:

- wie der Profilmfaktor berechnet wird,
- welche Profilvereihen günstige Eigenschaften besitzen,
- und welchen Einfluss der Profilmfaktor auf die Bauteiltemperatur hat.

2 Definition des Profilmfaktors

Der Profilmfaktor beschreibt das Verhältnis zwischen brandbeanspruchter Oberfläche und Volumen eines Stahlprofils:

$$\frac{A}{V} \tag{1}$$

mit der brandbeanspruchten Oberfläche A und dem Volumen V des Profils.

In Deutschland wird häufig auch die Schreibweise:

$$\frac{U}{A} \tag{2}$$

verwendet mit dem brandbeanspruchten Umfang U und der Querschnittsfläche A . Beide Formulierungen führen bei stabförmigen Bauteilen zu identischen Ergebnissen.

Physikalische Bedeutung

Ein großer Profilkfaktor bedeutet:

- viel wärmeaufnehmende Oberfläche,
- wenig wärmespeichernde Masse,
- schnelle Erwärmung im Brandfall.

Ein kleiner Profilkfaktor bedeutet:

- kompakte Geometrie,
- hohe thermische Trägheit,
- langsamere Erwärmung.

3 Beispiel: Berechnung des Profilkfaktors

Nachfolgend wird der Profilkfaktor für ein geschweißtes I-Profil exemplarisch berechnet. Für übliche Walzprofile finden Sie die Profilkfaktoren auch in den Schneider Bautabellen sowie in den Querschnitts-Bibliotheken von Stabwerksprogrammen.

Geometrie

Profilhöhe:	$h = 300 \text{ mm}$
Profilbreite:	$b = 150 \text{ mm}$
Flanschdicke:	$t_f = 10 \text{ mm}$
Stegdicke:	$t_w = 8 \text{ mm}$

Querschnittsfläche

Die Querschnittsfläche ergibt sich zu:

$$A = 2 \cdot b \cdot t_f + (h - 2t_f) \cdot t_w$$

Einsetzen liefert:

$$A = 2 \cdot 150 \cdot 10 + (300 - 2 \cdot 10) \cdot 8$$

$$A = 3000 + 2240 = 5240 \text{ mm}^2$$

Brandbeanspruchter Umfang

Der brandbeanspruchte Umfang ergibt sich zu:

$$U = 2b + 2(b - t_w) + 4t_f + 2(h - 2t_f)$$

Einsetzen ergibt:

$$U = 2 \cdot 150 + 2 \cdot (150 - 8) + 4 \cdot 10 + 2 \cdot (300 - 2 \cdot 10) = 1184 \text{ mm}$$

Profilkfaktor

Damit ergibt sich:

$$\frac{U}{A} = \frac{1184}{5240} = 0.226 \text{ mm}^{-1} = 226 \text{ m}^{-1}$$

Der berechnete Profilkfaktor von

$$\frac{U}{A} = 226 \text{ m}^{-1}$$

liegt typisch im Bereich schlanker I-Profile. Das Profil besitzt eine relativ große wärmeaufnehmende Oberfläche im Verhältnis zu seiner Masse und erwärmt sich daher vergleichsweise schnell.

4 Profilkfaktoren typischer Profilverien

Die Profilverien IPE, HE-A, HE-B und HE-M unterscheiden sich deutlich hinsichtlich ihrer Kompaktheit. Abbildung 1 zeigt typische Profilkfaktoren über dem Flächenträgheitsmoment.

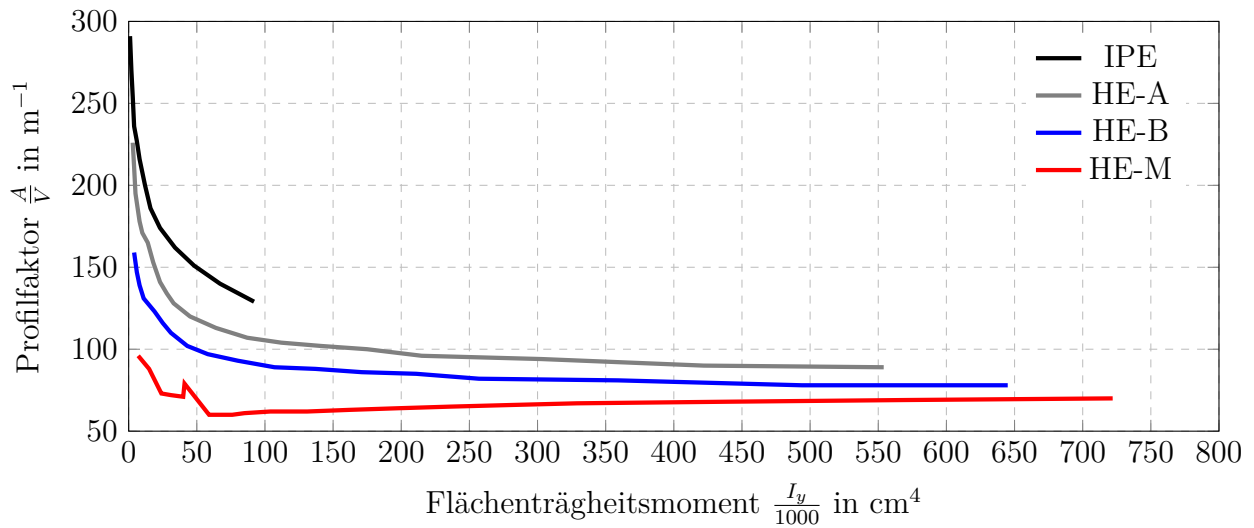


Abbildung 1: Vergleich typischer Profilfaktoren verschiedener Walzprofilreihen.

Es wird deutlich, dass schlanke IPE-Profile hohe Profilfaktoren besitzen und sich daher im Brandfall besonders schnell erwärmen. Die kompakten HE-M-Profile weisen dagegen deutlich kleinere Profilfaktoren auf. Besonders interessant sind mittlere HE-M-Profile wie das HE-M 320, die sehr günstige Werte erreichen.

5 Einfluss auf die Bauteiltemperatur

Der Einfluss des Profilfaktors wird besonders deutlich bei den resultierenden Bauteiltemperaturen. Abbildung 2 zeigt exemplarisch die Temperaturen ausgewählter Profile nach 30 Minuten Brandbeanspruchung gemäß Einheits-Temperaturzeitkurve unter Berücksichtigung von Abschattung und Feuerverzinkung.

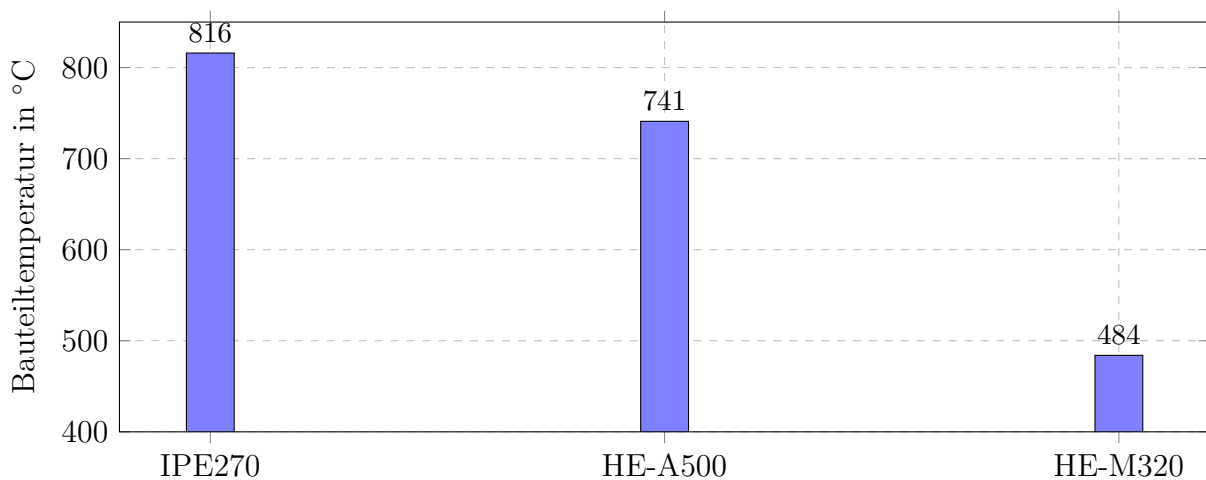


Abbildung 2: Bauteiltemperaturen nach 30 Minuten Brandbeanspruchung unter Berücksichtigung von Abschattung und Feuerverzinkung.



Die Unterschiede sind erheblich. Während sich das schlanke IPE 270 bereits auf über 800°C erwärmt, erreicht das kompakte HE-M 320 lediglich etwa 484°C. Gerade im Bereich zwischen etwa 500°C und 800°C verliert Baustahl jedoch einen erheblichen Teil seiner mechanischen Tragfähigkeit und Steifigkeit. Der Verlust der Steifigkeit beginnt (leider) bereits ab 100°C und begünstigt damit Stabilitätsprobleme. Der Profilmfaktor besitzt daher einen enormen Einfluss auf das Brandverhalten von Stahlkonstruktionen.

6 Zusammenfassung

Der Profilmfaktor gehört zu den wichtigsten Einflussgrößen im konstruktiven Brandschutz von Stahltragwerken. Die Untersuchungen zeigen:

- Schlanke Profile erwärmen sich deutlich schneller als kompakte Querschnitte.
- Kompakte HE-M-Profile besitzen besonders günstige Eigenschaften im Brandfall.
- Bereits die Wahl des Querschnitts kann die Bauteiltemperatur massiv beeinflussen.
- Abschattung und Feuerverzinkung können zusätzliche Temperaturvorteile bewirken.

Der Profilmfaktor beeinflusst damit nicht nur die Erwärmungsgeschwindigkeit, sondern letztlich auch die Wirtschaftlichkeit und Robustheit von Stahltragwerken im Brandfall.

Meine Seminare

Diese und weitere Fragestellungen behandle ich ausführlich in meinen Seminaren zum konstruktiven Brandschutz und zu Ingenieurmethoden im Brandfall.

Weitere Informationen:

- www.brandseminar.de
- [Inhouse-Seminare](#)
- [Offenes Seminar in Essen](#)