

**Autor****Holger Mietzner**Geschäftsführer der RAL Güte-  
gemeinschaft Rohrbefestigung,  
86899 Landsberg am Lech

**Bild 1:** Die Gütesicherung von Montageschienen nach RAL-GZ 655 führt zu mehr Sicherheit beim Einsatz von Montageschienen

## Technisch bewerten – aber richtig

### Teil 1 – Montageschienen zur Rohrbefestigung

**In einer kleinen Artikelserie untersucht der Autor des Beitrags die Bewertung von Produkten zur Rohrbefestigung. Zunächst beschäftigt er sich mit Montageschienen. In folgenden Ausgaben der TAB Technik am Bau werden die Themen Konsolen, Schienenkonstruktionen und Rohrschellen behandelt. Der Autor vermittelt die grundlegenden Bewertungsverfahren und ihre Verknüpfungen zu normativen Prüfverfahren.**

Der Hersteller liefert in aller Regel die grundlegenden technischen Daten für die Bewertung von Erzeugnissen. Diese veröffentlicht er als Katalogangaben. Meist sind diese Werte auch die Grundlage für eine spätere Produktauswahl, sei es durch den Planer, sei es durch den Endkunden. Ein Blick auf die zu Grunde liegenden Bewertungsverfahren ist notwendig, um sicherzustellen, dass die genannten Katalogangaben unbedenklich für ein aktuelles Vorhaben genutzt werden können. Immer noch aber legen zahlreiche Hersteller ihre oft abweichenden Bewertungsverfahren nicht offen, ein direkter Vergleich ist somit nicht immer möglich.

Zunächst werfen wir einmal einen Blick auf die unterschiedlichen Tragsysteme. Sie reichen von einfachen Konsolen oder U-Joch-Konstruktionen bis zu dreidimensionalen Unterkonstruktionen für Rohrleitungsführungen oder andere Objektmontagen. Sie können direkt am Baukörper (Beton, Ziegel) befestigt sein oder an anderen Tragwerken, etwa aus Stahl. Tragsysteme können vorgefertigt sein, wie bei einer Vorwandinstallation, oder aus einem individuellen Konstruktionsbaukasten zusammengestellt werden, wie bei einem Montageschiensystem. Es handelt sich um ein breites Themenfeld. Als Basis geht es zunächst um die Grundlagen zur Bewertung von Montageschienen. Die wohl am weitesten verbreiteten Varianten sind – teilweise modifizierte – C-Profile in galvanisch- wie auch feuerverzinkter Ausführung oder aus rostfreien Stählen unterschiedlicher Qualität. Zum Standard gehört meist eine herstellereigenspezifische Rückenlochung. Daneben gibt es Doppelschienen, durch „Rücken an Rücken“-Montage aus zwei Einzelschienen entstandene Elemente mit zwei Montageschlitz.

Eine Reihe von Grundlagen gilt es bei der Bewertung zu beachten. Das fängt mit der Festlegung der Hauptachsen an. In der modernen Literatur hat sich durchgesetzt, dass die x-Achse längs der Schienenlängsachse verläuft, die z-Achse in Richtung der Schienenöffnung (Bild 4).

Ein geschlossenes Regelwerk zur Bewertung von Montageschienen gibt es nicht, ohne Querverweise auf andere Regeln kommt die Bewertung der technischen Leistungsfähigkeit für Montageschienen in der Rohrbefestigung nicht aus. Da ist an erster Stelle die DIN EN 1991-1, der so genannte Eurocode 1, Teil 1 „Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkung auf Tragwerke – Grundlagen des Entwurfs, der Berechnung und Bemessung“ zu nennen. Der Eurocode 1 bietet eine Orientierungshilfe für den anzuwendenden Sicherheitsbeiwert, daraus lässt sich ein Standardwert für die Ermittlung technischer Daten von Montageschienen bestimmen.

Die DIN EN 1993, der so genannte Eurocode 3 „Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten“ ist ein weiteres Regelwerk. Die klassische Montageschiene ist ein kalt geformtes und dünnwandiges Bauteil, für die Beschreibung ihres statischen Verhaltens bietet insbesondere der Teil 1 bis 3 „Allgemeine Bemessungsregeln – Ergänzende Regeln für kalt geformte dünnwandige Bauteile und Bleche“ wichtige Grundlagen. Hier werden Verfahren zur Ermittlung von Materialkennwerten beschrieben und Themen wie der Ausschluss des örtlichen Beulens erörtert. Für Schienen aus nicht rostenden Stählen ist Teil 1 bis 4 von Bedeutung. Ausführliche Vorgaben für die Ermittlung technischer Daten von Montageschienen für die Rohrbefestigung enthält zudem die Gütesicherung



**Bild 2:** Ein Montagesystem über dem Rohfußboden mit mehreren Schienen während des Einbaus



**Bild 3:** Ein Montagesystem abgehängt unter einer Decke

cherung RAL-GZ 655 „Rohrbefestigung“ in ihrem Teil C. Sie bedient sich der genannten Normen, geht aber in ihren Regelungen weit darüber hinaus, etwa beim Einfluss zulässiger Toleranzen auf technische Daten, zulässige Durchbiegungen und vor allem bei den Beschreibungen von Verfahren zur Überprüfung unterschiedlicher Angaben im Labor. Die Vergleichbarkeit ist weiterhin ein Problem, wenn auch etliche Hersteller inzwischen ihre technischen Daten auf der Grundlage der genannten Normen ermitteln. Aber nicht immer nutzen sie die gleichen Berechnungsparameter. Und nach wie vor gibt es Hersteller, die ihre internen Verfahren nicht veröffentlichen.

Für die Planung und Bemessung von Schienenkonstruktionen sind eine Reihe grundlegender Daten von Bedeutung. Dazu gehören die Angaben zum Grundwerkstoff (E-Modul, Streckgrenze) ebenso wie zum Korrosionsverhalten (Werkstoff, Oberflächenbehandlung) und zu geometrisch bedingten Daten wie das Flächenträgheitsmoment  $I_y$  und das Widerstandsmoment  $W_y$ . Unverzichtbar ist auch die Festlegung einer maximal zulässigen Schienendurchbiegung und eines globalen Sicherheitsbeiwerts. Für bestimmte Konstruktionen können Angaben zur Torsionssteifigkeit und zur Belastbarkeit von Verbindungselementen unerlässlich sein.

Grundlage einer Bemessung sollte stets die maximal zulässige Durchbiegung sowie die maximal im Bauteil auftretende Spannung sein. Für die Durchbiegung wird oft ein Wert  $L/200$  angenommen, bei zusammengesetzten Montageschienen muss zudem ein Versagen der Schienenverbindung berücksichtigt werden.

Der globale Sicherheitsbeiwert ist sicher der elementarste Parameter für die technische Bewertung. Zwar ist er prinzipiell frei wählbar, sinnvoll ist aber eine Herleitung aus allgemein akzeptierten technischen Standards. Abhängig ist er zumindest von den zu erwartenden Lastwirkungen und der Gebrauchstauglichkeit. Aus den benannten Vorgaben des Eurocodes 1 ergibt sich bei einer Gewichtung von  $2/3$  für das Eigengewicht und  $1/3$  aus der Verkehrslast ein allgemeiner globaler Sicherheitsbeiwert von

$g = 1,54$ .

Es gilt:

für Einwirkung: (gemäß DIN EN 1991-1)

■ Eigengewicht  $g_c = 1,35$

■ Verkehrslast  $g_q = 1,50$

für Widerstand: (gemäß DIN EN 1991-1)

Tragwiderstand  $g_z = 1,10$

Also:

$$g = \left( \frac{2}{3} g_c + \frac{1}{3} g_q \right) \cdot g_z$$

Somit:

$$g = \left( \frac{2}{3} g_c + \frac{1}{3} g_q \right) \cdot g_z = \frac{2}{3} \cdot 1,35 + \frac{1}{3} \cdot 1,50 \cdot 1,10 = 1,54$$

Ohne Kenntnis des verwendeten Sicherheitsbeiwertes ist eine sichere Produktauslegung gar nicht verlässlich möglich, weil die zu bewertende Gesamtsicherheit nicht bekannt ist.

Die Ermittlung der Flächenwerte ist mit einem Computer sehr einfach. Kleinster Querschnitt, etwa bei Schwächungen des Grundprofils durch Lochung und die Berechnung von Flächenträgheitsmomenten sind schnell gerechnet. Sollten jedoch die herstellerseitig garantierten Toleranzen zu groß sein, so muss die Berechnung unbedingt mit den ungünstigsten Grenzabmessungen erfolgen, was zu einer erheblichen Reduzierung der Flächenwerte führen kann. Vom Hersteller zugelassene Wandstärketoleranzen sollten stets mit der zu Grunde liegenden Werkstoffnorm abgeglichen werden. Die RAL-GZ 655 hat diese Regelungen bereits als festen Bestandteil integriert.

Senzimirverzinkte Montageschienen sind am Markt weit verbreitet, häufig tauchen auch die Werkstoffe S250 GD-Z275-N-A und S2235 JR auf, bei den rostfreien Varianten werden zumeist V2A und V4A-Qual-

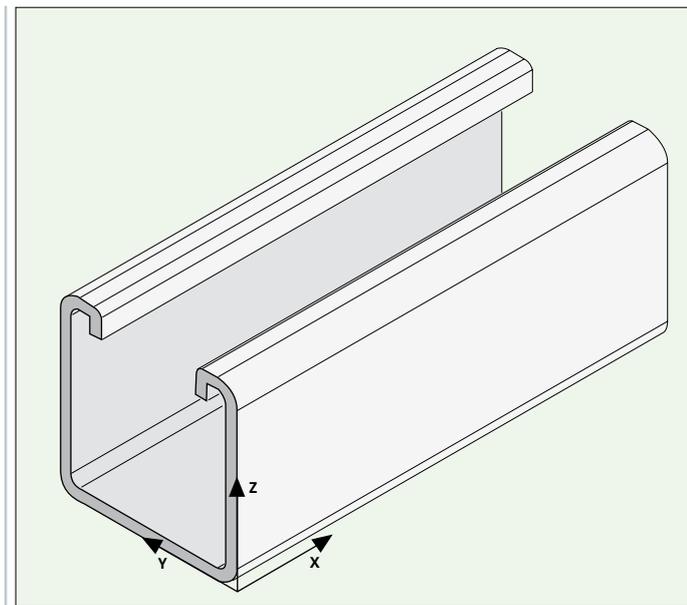


Bild 4: Definition des Koordinatensystems

litäten geliefert. Ausschlaggebend für die Schienenkonstruktion sind die Materialkennwerte des Fertigproduktes. Für das E-Modul der verwendeten Stähle wird üblicherweise ein Wert von  $E = 210\,000\text{ N/mm}^2$  angenommen, bei rostfreien Stählen  $E = 200\,000\text{ N/mm}^2$ .

Der wichtigste Materialkennwert von Montageschienen aber ist die Streckgrenze. Montageschienen werden kalt geformt, deshalb kann bei der Fertigung eine Kaltverfestigung auftreten. Nennwert und Rechenwert gilt es zu berücksichtigen. Aus dem Eurocode 3, Teil 3, Tabelle 3.1 lassen sich die Nennwerte für die Streckgrenze  $f_{yb}$  und Zugfestigkeit  $f_u$  ermitteln.  $f_{yb}$  ergibt sich aus der Mindeststreckgrenze des Ausgangswerkstoffes, die in der jeweiligen Werkstoffnorm definiert wird.

Der Rechenwert der Streckgrenze  $f_{ya}$  berücksichtigt die bei der Fertigung auftretende Kaltverfestigung. Im Verfahren nach dem Eurocode 3 werden Ausgangswerkstoff, Fertigungsverfahren und geometrische Gestaltung der Montageschiene mit eingerechnet. Die RAL-GZ 655 arbeitet deckungsgleich mit dieser Vorschrift, fordert aber zusätzlich eine versuchstechnische Überprüfung dieser Werte. Für feuerverzinkte Schienen sollte die erhöhte Streckgrenze aus Kaltverfestigung nicht angesetzt werden.

Örtliches Beulen des Querschnitts kann die Tragfähigkeit dünnwandiger Bauteile, wie etwa einer Montageschiene, beeinträchtigen. Das kann sich auf das allgemeine Stabilitätsverhalten auswirken. Ein Nachweis für den Erhalt der Steifigkeit der Schiene sollte erbracht werden, im Eurocode 3 ist im Teil 3, Abschnitt 4 ein geeignetes Verfahren beschrieben. Die Norm enthält sogar einen vereinfachten Nachweis mittels einer Tabelle, mit der sich nahezu alle Montageschienen am Markt überprüfen lassen. Die RAL-GZ 655 beinhaltet immer einen Nachweis gegen örtliches Beulen.

Doppelschienen werden häufig verwandt. Sie haben höhere Widerstandsmomente und ermöglichen neue Lösungen. Als homogene monolithische Schiene können sie aber nur angenommen werden, wenn die Verbindung der beiden Einzelelemente nicht überlastet

wird. Sonst könnte die Gesamtkonstruktion wie ein Kartenhaus einknicken. Es gibt darüber hinaus aber andere Varianten, etwa offen verschweißte Bleche, denkbar sind extrudierte Modelle, die aber wegen der eingesetzten Werkstoffe für die Rohrbefestigung unmaßgeblich sind. Der Standardfall ist also die zusammengesetzte Montagedoppelschiene. Die Materialkennwerte können wie oben beschrieben ermittelt werden, bei unterschiedlichen Materialeigenschaften ist die ungünstigere Berechnung für die gesamte Montagedoppelschiene anzusetzen. Zentral ist die Funktionsfähigkeit der Verbindung beider Schienenteile. Zunächst ist die Mindesttragfähigkeit der Einzelverbindung zu bestimmen, die maximal zulässige Schubkraft  $F_{cx,zul}$ . Bei einer Schweißung ist die Verbindung linienförmig, bei einer Klebung flächenartig anzunehmen, der Wert wird auf eine aussagefähige Bezugslänge bezogen. Die Werte können durch einen Scherversuch bestimmt werden (Bild 5).

Unverzichtbar ist die Ermittlung der maximal zulässigen Querkraft, die auf der Basis der Mindesttragfähigkeit der Verbindung errechnet werden kann:

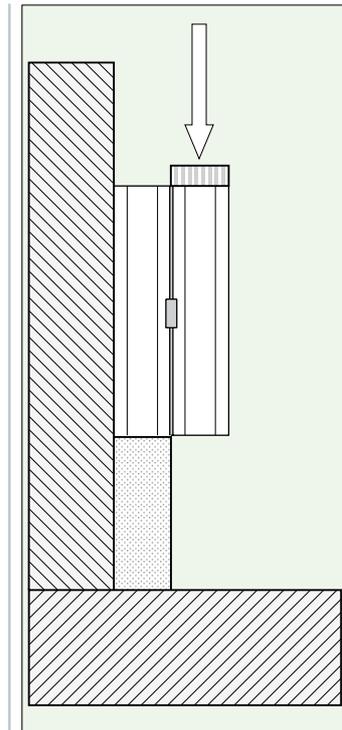
$$F_{x,zul} = \frac{F_{cx,zul} \cdot I_y}{S_y \cdot e}$$

$S_y$  ist das statische Moment (Flächenmoment ersten Grades) an der Stelle des Einzelverbindungsmitels,  $e$  ist der Abstand der Einzelverbindungsmitel und entspricht der Wiederholrate der Verbindung. Wird die Querkraft nicht überschritten, lässt sich mit dem Ersatzmodell einer monolithischen Montageschiene arbeiten.

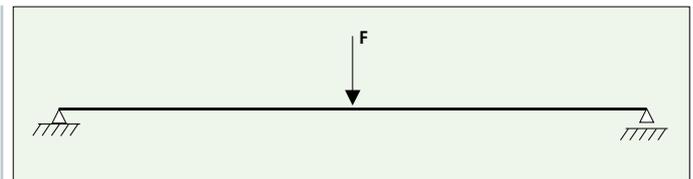
#### Berechnung eines Beispiels

Nachdem die erforderlichen Festlegungen getroffen wurden, kann mit Hilfe der zuvor erläuterten Katalogangaben ein Beispiel gerechnet werden. Hierzu betrachten wir den einfachen Standard-Lastfall „Träger auf zwei Stützen mit mittiger Einzellast“ (Bild 6):

Die Daten der Beispiel-Montageschiene lauten:



**Bild 5: Abscherversuch zur Bestimmung der Mindesttragfähigkeit**



**Bild 6: Lastfall: Montageschiene auf zwei Stützen mit mittiger Einzellast**

- Widerstandsmoment  $W_y = 18 \text{ cm}^3 = 18\,000 \text{ mm}^3$
- Flächenträgheitsmoment  $I_y = 115 \text{ cm}^4 = 1\,150\,000 \text{ mm}^4$
- Streckgrenze  $f_y = 240 \text{ N/mm}^2$

Die Stützweite beträgt  $L = 1000 \text{ mm}$ .

Es kommt der zuvor definierte globale Sicherheitsbeiwert  $\gamma = 1,54$  zur Anwendung.

Bestimmung der zulässigen Durchbiegung:

$$\delta_{\text{zul}} = \frac{L}{200} = \frac{1000}{200} = 5 \text{ mm}$$

Maximale Last aus der zulässigen Durchbiegung:

$$F_{\text{zul},\delta} = \frac{48 \cdot \delta_{\text{zul}} \cdot E \cdot I_y}{L^3} = \frac{48 \cdot \frac{L}{200} \cdot E \cdot I_y}{L^3} = 0,24 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L^2}$$

Also:

$$F_{\text{zul},\delta} = 0,24 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L^2} = 0,24 \cdot \frac{210\,000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1\,150\,000 \text{ mm}^4}{1000^2 \text{ mm}^2} = 57,96 \text{ kN}$$

Maximale Last aus der Streckgrenze mit Anwendung des Sicherheitsbeiwertes:

$$F_{\text{zul},f_y} = \frac{4 \cdot f_y \cdot W_y}{\gamma \cdot L} = \frac{4 \cdot 240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 18\,000 \text{ mm}^3}{1,54 \cdot 1000 \text{ mm}} = 11,22 \text{ kN}$$

Bestimmung der maximal zulässigen Last:

Die maximal zulässige Last ist das Minimum der ermittelten einzelnen Ergebnisse für maximal zulässige Durchbiegung und maximal zulässige Spannung.

$$F_{\text{zul}} = \min(F_{\text{zul},\delta}; F_{\text{zul},f_y})$$

Die maximal zulässige Last beträgt somit in diesem Beispiel:

$$F_{\text{zul}} = 11,2 \text{ kN.}$$

### Weitere Fragestellungen und Antworten

Häufig finden sich in den Katalogen der Hersteller entsprechende Tabellen, aus welchen sich die maximalen Lasten für verschiedene Referenzlängen und Lastfälle einfach entnehmen lassen. Hierbei ist allerdings zu beachten, auf welchen Regelwerken die ermittelten Angaben beruhen. Für den Planer ergeben sich vor diesem Hintergrund eine Reihe von Fragen. Muss er die Anwendung bestimmter Regeln verlangen oder darf er sich auf die Katalogangaben der Hersteller verlassen? Technische Daten hängen, wie wir gesehen haben, von zahlreichen Faktoren ab, die gewählten Verfahren zur Ermittlung der Daten spielen eine große Rolle, nicht zu vergessen der gewählte Sicherheitsbeiwert. Soll also ein Sicherheitsniveau planerisch dar- und sichergestellt werden, ist diese Datenbasis dringend notwendig. Die Hersteller sollten im Rahmen einer sinnvollen und vertrauensfördernden Transparenz ihre der Bewertung zu Grunde liegenden Verfahren offen kommunizieren.

Eine besondere Verpflichtung erlegt die RAL-GZ 655 auf. Daten auf Grundlage dieser Richtlinie werden nicht durch den Hersteller, sondern durch ein unabhängiges Prüfinstitut bestimmt. Sie werden auch regelmäßig fremd überwacht. Technische Angaben auf dieser Basis werden nach den immer gleichen Parametern ermittelt, sind also direkt vergleichbar. Und ihre Bewertungsverfahren sind öffentlich. Daraus entsteht hohe Sicherheit für Planung und Verarbeitung, die einfachere Produktauswahl spricht für sich.

Es bleibt zu hoffen, dass immer mehr Hersteller dies erkennen und sich zum Vorteil ihrer Kunden für eine Gütesicherung ihrer Montageschienen nach RAL-GZ 655 entscheiden.