

# Automatisierter Nachweis von Verbindungsmittel zur Dacheindeckung von Industriehallen - Statik, Bemessung und Programmierung

Annika Brosi

## 1. Motivation und Ziele der Arbeit

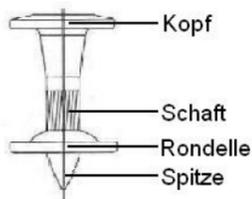
Zur Befestigung von Trapezblechen auf Stahl- und Holzunterkonstruktionen werden Setzbolzen, Bohrschrauben und gewindefurchende Schrauben eingesetzt. Die Verbindung erfolgt in den Trapezblechgurten, wobei die Anzahl der Verbindungsmittel pro Gurt von der Belastung und der Tragfähigkeit des Verbindungsmittels abhängig ist.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde die Bemessung der Verbindungsmittel in die vom Institut für Baustatik, KIT, entwickelte Software OptiKA eingearbeitet. Der Anwender hat die Möglichkeit sich die Verbindungsmittel automatisch bemessen zu lassen oder ein konkretes Verbindungsmittel auszuwählen. Die Lastermittlung erfolgt dabei automatisch aus der Eingabe des Anwenders bezüglich der Schnee- und Windlastzone. In der Ausgabe werden das geeignete Verbindungsmittel, die benötigte Anordnung, sowie die Ausnutzungsgrade der einzelnen Lastfallkombinationen dargestellt. Bei der Bemessung werden mehrere Einflussparameter, zum Beispiel die Trapezblech- und Unterkonstruktionsdicke berücksichtigt, und darüber hinaus wird dem Anwender die Möglichkeit gegeben weitere Verbindungsmittel zu implementieren.

## 2. Verbindungsmittel

Der Begriff **Setzbolzen** ist in Deutschland der Oberbegriff für alle Direktbefestigungselemente und umfasst sowohl Gewindebolzen für lösbare Verbindungen, als auch Nägel für nicht lösbare Verbindungen. Das Befestigen erfolgt dabei durch Einschließen des Setzbolzens mittels eines Bolzensetzgerätes. Die dafür benötigte Energie wird zumeist durch das Zünden einer Pulverkartusche gewonnen. Folgende Kartuschenfarben werden dabei verwendet:

- Weiß: schwächste Ladung – Ladungsstärke 2
  - Grün: schwache Ladung – Ladungsstärke 3
  - Gelb: mittlere Ladung – Ladungsstärke 4
  - Blau: starke Ladung – Ladungsstärke 5
  - Rot: sehr starke Ladung – Ladungsstärke 6
  - Schwarz: stärkste Ladung – Ladungsstärke 7
- Die Verankerung erfolgt durch Reibung, sowie Verschwe Unterkonstruktion und Setzbolzen.



Vorteile der Setzbolzenverbindung sind die hohe Produktivität, da die Befestigung in einem Arbeitsschritt durchgeführt wird, und die hohe Querkrafttragfähigkeit von Setzbolzen. Setzbolzenverbindungen können jedoch nur in einem begrenzten Bauteildickenbereich verwendet werden.

**Gewindefurchende Schrauben** werden in vorgebohrte Löcher eingeschraubt, wobei die Lochdurchmesser kleiner als der Schraubendurchmesser sind. Beim Einbau der Schraube formt diese ein Gewinde in der Unterkonstruktion. Der Verankerungsmechanismus ist dabei der sogenannte Formschluss. Gewindefurchende Schrauben haben den Vorteil, dass sie auch bei großen Dicken der befestigenden Bauteile und der Unterkonstruktionen eingesetzt werden können. Durch das nötige Vorbohren sind die Verbindungen jedoch nicht so produktiv wie Setzbolzenverbindungen oder Verbindungen mit Bohrschrauben.



**Bohrschrauben** bezeichnen gewindefurchende Schrauben mit Bohrspitze. Dadurch ist kein Vorbohren notwendig, da sich Bohrschrauben selbst ihr Loch bohren. Das Einbringen ist in einem Arbeitsschritt möglich, wodurch die Produktivität der Verbindung mit Bohrschrauben deutlich höher ist als die Produktivität der Verbindung mit gewindefurchenden Schrauben. Die Länge der Bohrspitze wird auf die jeweilige Befestigungssituation angepasst. Auch bei Bohrschrauben erfolgt die Verankerung über Formschluss.

Die Bohrschraubenverbindung kann jedoch nur in einem stark begrenzten Bauteildickenbereich eingesetzt werden.



## 3. Nachweisführung

Die Lastermittlung für die Verbindungsmittel erfolgt aus den Schnittgrößen der Pfettenbemessung.

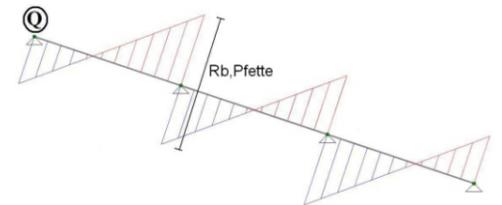
### Zugkraftbemessung:

-Einwirkende Kraft:  

$$N_{Ed} = \frac{R_{b,Pfette} \cdot b_{Trapezblechgurte}}{n/2}$$

-Nachweis:  

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$



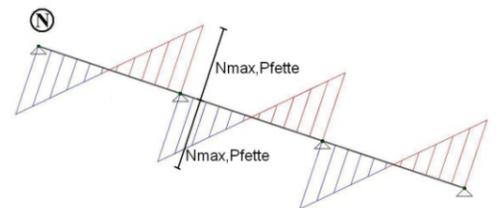
### Querkraftbemessung:

-Einwirkende Kraft:  

$$V_{Ed} = 2,0 \cdot \frac{N_{max,Pfette} \cdot b_{Trapezblechgurte}}{n/2}$$

-Nachweis:  

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0$$



### Interaktionsnachweis:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0$$

### Anordnung:

- n=1: ein Verbindungsmittel in jedem zweiten Gurt
- n=2: ein Verbindungsmittel in jedem Gurt
- n=3: ein Verbindungsmittel in jedem Gurt + zusätzlich ein Verbindungsmittel in jedem zweiten Gurt
- n=4: zwei Verbindungsmittel in jedem Gurt

## 4. Implementierung in OptiKA

Für die Implementierung der Verbindungsmittel erfolgte in OptiKA die Erstellung des Moduls Verbindungsmittel und die Erweiterung der Eingabemaske in der Registerkarte Dacheindeckung. Dem Anwender stehen nun drei Möglichkeiten zur Verbindungsmittelbemessung zur Verfügung:

### 1) Automatische Bemessung

Wünscht der Anwender eine automatische Bemessung der Verbindungsmittel, muss er für die Befestigung auf Stahlunterkonstruktionen zwischen Setzbolzen und Metallbauschrauben wählen. Meist sind beide Befestigungsmethoden möglich, jedoch ist das Vorhandensein der benötigten Werkzeuge eine Grundvoraussetzung.

Bei der Bemessung mittels Schrauben wird zunächst der Nachweis für eine Befestigung mittels Bohrschrauben geführt. Kann der Nachweis nicht erbracht werden, zieht das Programm gewindefurchende Schrauben in Betracht. Gelingt der Nachweis auch mit gewindefurchenden Schrauben nicht, wird die Anzahl der Verbindungsmittel erhöht.

### 2) Verbindungsmittel auswählen

Der Anwender hat die Möglichkeit ein konkretes Verbindungsmittel auszuwählen. Kann der Nachweis für das Verbindungsmittel nicht geführt werden, ist es meist auf den begrenzten Dickenbereich, in dem das Verbindungsmittel zugelassen ist, zurückzuführen.

### 3) Keine Bemessung

Wünscht der Anwender keine Bemessung, wird das Modul Verbindungsmittel auch nicht ausgeführt.

### Ausgabe

Möchte der Anwender eine Ausgabe der ermittelten Ergebnisse, erfolgt diese in der Registerkarte Dacheindeckung.

Ausgegeben werden folgende Daten:

- Name des Verbindungsmittels
- Benötigte Anordnung des Verbindungsmittels
- Für Schrauben: benötigte Schraubenlänge (unter Berücksichtigung der Lieferlängen)
- Für Setzbolzen: benötigte Kartuschenfarbe (Eintreibenergie)
- Ausnutzungsgrade für die drei Lastfallkombinationen:
  - LFK1: Eigengewicht + Schnee + Winddruck
  - LFK2: Eigengewicht + Winddruck + Schnee
  - LFK3: Eigengewicht + Windsog