

# Automatische Bemessung von Industriehallendächern mit nutzerorientierten Ansätzen in der Softwareentwicklung

Dimitar Kolev

## Zusammenfassung

Das Programm "OptiKA" zur automatischen Bemessung von Hallendächern benutzt mathematische Optimierungsverfahren um die günstigste Kombination von Pfettenquerschnitt und Pfettenabstand zu bestimmen. Optional können auch Stahltrapezprofile als tragende Dacheindeckung bemessen werden. Erforderliche Parameter wie Abmessungen der Halle, Materialkennwerte, Sicherheitsbeiwerte u.A sind vom Benutzer durch Eingabemasken einzustellen. Das Programm besitzt eine umfangreiche Datenbank mit Pfettenquerschnitten und Stahltrapezprofilen. Die Ergebnisse der Bemessung protokolliert OptiKA in vorbereiteten Excel-Tabellen.

### 1. Design

In Planung und Konstruktion von Bauwerken haben umfangreiche Software-Lösungen entscheidenden Einfluss. Damit ein Software ein breites Feld an Nutzern erreichen kann ist eine nutzerorientierte Strategie in der Ein- und Ausgabe notwendig. Dem Benutzer sollen nur solche Informationen angezeigt werden, die im direkten Zusammenhang mit der Erledigung seiner Arbeitsaufgabe stehen. Je nach Stand der Planung eines Bauprojektes werden verschiedene Anwendergruppen unterschiedlichen Wissensstand und differenzierte Erwartungen an die Ein- und Ausgabe haben. Der Benutzer von OptiKA kann die Komplexität der Tragwerksplanung beeinflussen und die Auswahl der Variablen und Interaktionen selber bestimmen. Je nach dem Wissensstand der Anwender ist es möglich zwischen detaillierter und kompakter Ein- und Ausgabe zu wählen.

### 2. Aussteifung der Konstruktion

Das Programm hat die Option von Zugstangen in der Dachebene zur Abtragung von dachparallelen Lasten. Durch die Verminderung der Schnittgrößen um die schwache Achse können kleinere Pfetten bemessen werden. Es können maximal 3 Zugstangen eingesetzt werden.

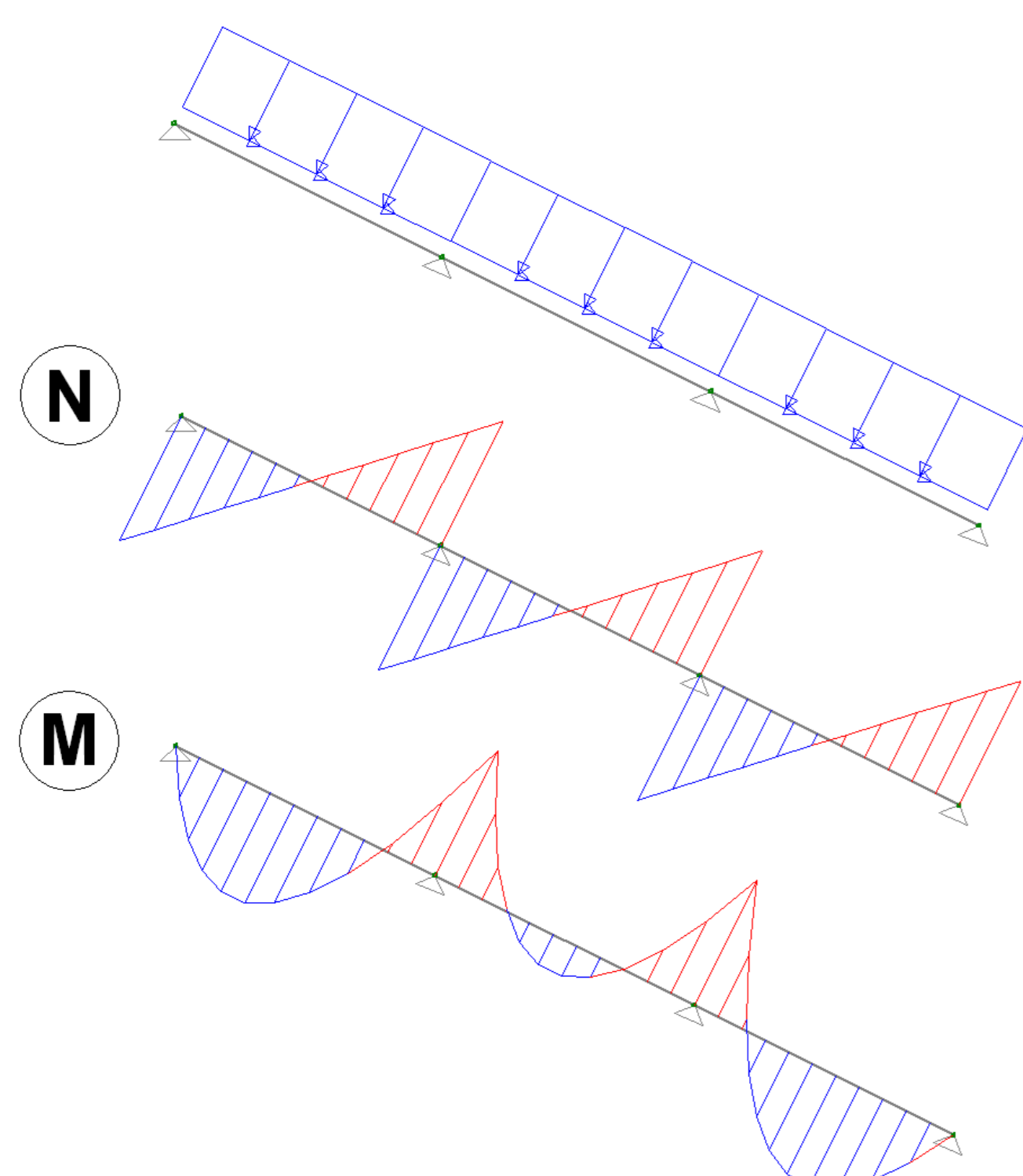
Anzahl Zugstangen	0	2
Genormte Querschnitte	IPE 240	IPE 180
Ausnutzungsgrad des Nachweises (1 = voll ausgelastet):		
Biegenormalspannungen	0,84	0,93
Stabilität (Biegedrillknicken)	0,86	0,79
Schubspannungen	0,16	0,24

Abbildung 2: Ergebnisse für zwei Dächer unter gleicher Last mit und ohne Zugstangen.

### 3. Trapezprofilbemessung

Um das günstigste Trapezblech zu bestimmen wird im Programm eine Schleife über alle in der Datenbank vorhandenen Trapezprofile durchgelaufen. Die Bemessung erfolgt in drei Schritten in folgender Reihenfolge:

1. Einhaltung der Grenzstützweite (gewährleistet die Begehrbarkeit des Blechs)
2. Nachweise der Tragsicherheit (nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch)
3. Durchbiegungsbeschränkung (Gebrauchstauglichkeitsnachweis)



Obwohl Stahltrapezprofile flächige Bauelemente sind, können sie Lasten nur in Richtung der Pfofilrippen abtragen und dürfen als Biegebalcken betrachtet werden. Auf der sicheren Seite liegend, werden deswegen die Schnittgrößen nach den Tafelwerten für Durchlaufträger mit gleichen Stützweiten unter Gleichstreckenlast berechnet. Die charakteristischen Widerstandsgrößen  $R_k$  liest das Programm automatisch aus der Datenbank mit den nach DIN 18 807 Teil 2 experimentel ermittelten Werte. Der Tragsicherheitsnachweis für die Interaktion "Zugkraft und Stützmoment" am Zwischenaufleger lautet z.B.

$$\eta = \frac{N_{Z,S,d}}{N_{Z,d}} + \frac{M_{S,d}}{M_d} \leq 1$$

Abbildung 3: Schnittgrößen im Trapezblech für ein Pultdach.

### 4. Beispiel: Pultdach mit festem Pfettenabstand und mit einer Zugstange

Entscheidet sich der Anwender für eine kompakte Ein- und Ausgabe, verlangt das Programm nur nach den wichtigsten System- und Bemessungswerten. Die Eingabefelder für die meisten erforderlichen Daten sind entweder mit logischen Werten oder mit Angaben aus den DIN-Normen initialisiert und können zu jeder Zeit vom Benutzer geändert werden. Die Eingabe erfolgt sequenziell durch mehrere Masken, wobei alle Dialogschritte die Prinzipien der DIN 9241 "Ergonomie der Mensch-System-Interaktion" erfüllen. Mit Hilfe der "Weiter" und "Zurück" -Taste ist der Dialogablauf steuerbar, so dass Korrekturen in vorhergehenden Masken möglich sind.

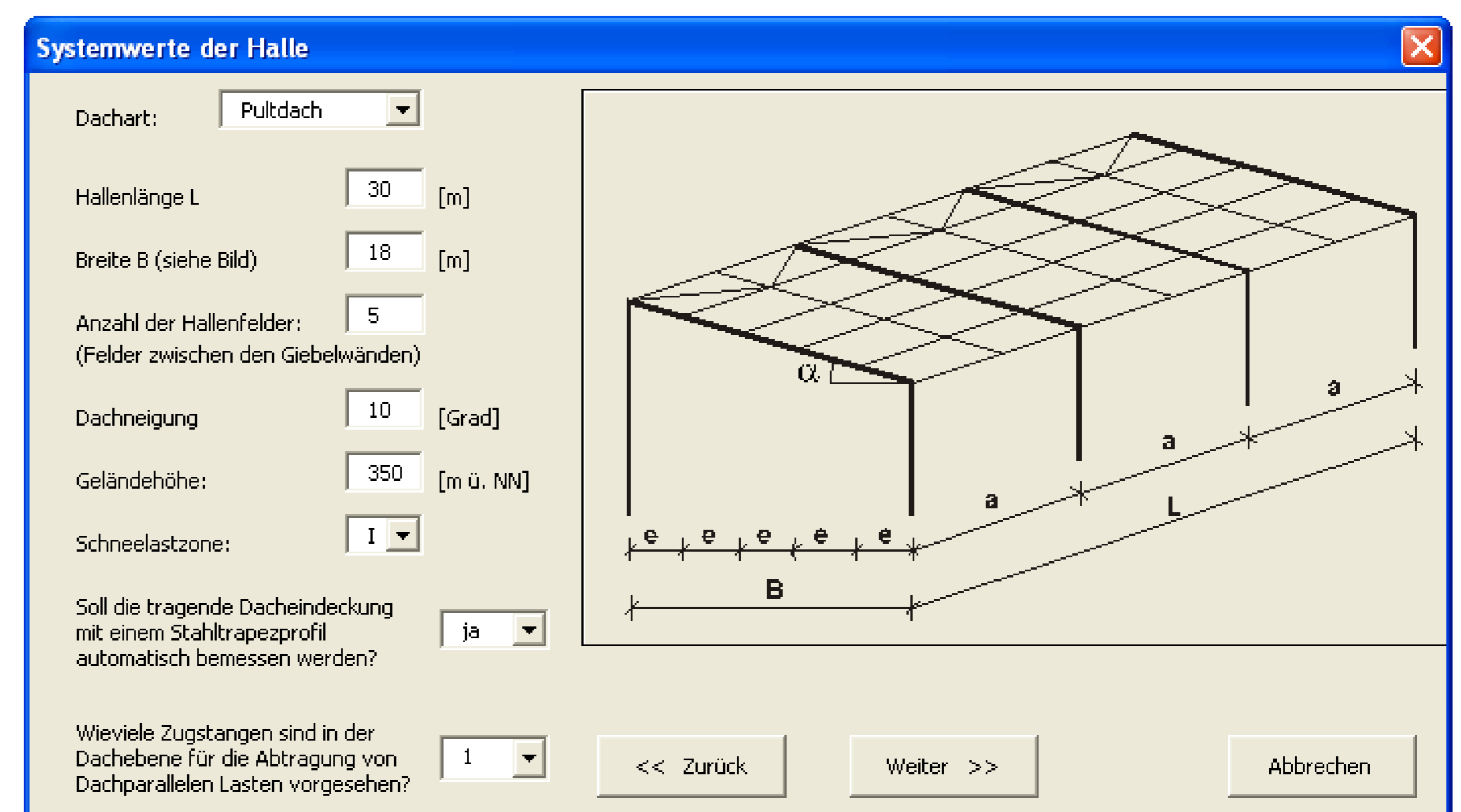


Abbildung 4: Eingabemaske über die Systemwerte der Halle.

Die Ergebnisse der Berechnung werden auf speziell vorbereitete Excel-Vorlagen geschrieben und gespeichert. Sie sind übersichtlich, thematisch angeordnet und dem DIN A4 Papierformat angepasst.

HOESCH Positivlage (+)				
Lieferbare Länge	24	[m]		
Pfettenabstand	3	[m]		
Stat. System	6	[-Feld]		
Auflagerbreite	10,00	14,00	14,00	14,00
Auflager durch	IPE	HEA	HEB	Holz
	200	140	140	14x33
Trapezprofil	T 85.1	T 85.1	T 85.1	T 85.1
Blechstärke	0,75	0,75	0,75	0,75

Abbildung 5: Exemplarische Ausgabe der bemessenen Pfettenquerschnitte und die dazugehörige Trapezbleche

Das Programm dokumentiert in der detaillierten Ausgabe ausführliche Ergebnisse der statischen Bemessung für die ausgewählten Pfettenquerschnitte und bestimmt optional ein passendes Trapezblech. Im Vergleich zu einer Handrechnung, liefert OptiKA korrekte Ergebnisse mit Abweichungen bis zu 1%.