

IT-basierte Methoden zur optimierten Bemessung von Pfettendächern im Industriebau

T.Herwig

1. Einleitung

Im Industriebau ist die Minimierung von Baukosten und damit die Wirtschaftlichkeit ein vorrangiges Ziel der Planung. Somit wird der Statiker nicht nur die Stabilität, Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit im Auge behalten, sondern auch die Kosten. Diese können durch eine optimale Ausnutzung der Querschnitte reduziert werden. Die Bauteile der Konstruktion stehen dabei in Interaktion und sollten in diesem Sinne ausgewogen und sicher bemessen werden. Denn teilweise überdimensionierte Bauteile sind kein Garant um Schwachstellen im Tragwerk zu kompensieren. Im Falle eines Daches wirkt sich eine Überdimensionierung der Pfetten nur negativ auf die lastabtragenden Binder aus. Dagegen könnte sich ein überdimensioniertes Dachtrapezblech positiv auf die Traglast der Pfetten auswirken. Diese komplexen Zusammenhänge lassen die Frage entstehen, welche Bauteile konservativ behandelt werden und welche nicht. Nach Ansicht des Verfassers sind Pfetten und Trapezblecheindeckung nicht konservativ sondern optimiert zu Bemessen. Zum einen wird dadurch Gewicht eingespart, was sich günstig auf die Unterkonstruktion auswirkt und zum anderen sollte bei unvorhergesehener Belastung die Dachhaut vor der Tragkonstruktion versagen. Dies kann einen kompletten Einsturz der Halle verhindern bzw. die Gefahr durch entsprechende Verformungen anzeigen.

2. Das Projekt OptiKA



Das Programm **OptiKA** fokussiert sich auf eine optimierte Pfettendachbemessung von standardisierten Industriebauten. In einem iterativen Prozess wird die wirtschaftlichste Lösung in Bezug auf Baustoffkosten im Zusammenspiel zwischen Pfettenabstand, Pfettenquerschnitt und Trapezblech gesucht. Vor allem im landwirtschaftlichen Bereich, aber auch im gewerblichen Industriebau werden Pfettenkonstruktionen eingesetzt. Nicht nur für Tragwerksplaner sondern auch für Kaufleute und Architekten ist das Programm einsetzbar, mit dem Varianten verglichen und ggf. zur Auftragsbearbeitung herangezogen werden.

3. Softwareentwicklung

Die Entwicklung der Software liegt einem **Unified Process** zu Grunde. Der iterative und inkrementelle Ansatz des **UP** generiert eine kontinuierliche Erweiterung und Verfeinerung des Systems in mehreren Iterationsschritten. Ein Schritt ist demnach kein Abfallprodukt, sondern ein Teil des Endprodukts, auch wenn der Schritt nicht endgültig war. Die Komplexität des Prozesses soll möglichst gering sein, damit der Entwickler die Übersichtlichkeit behält. Dabei soll es zu einem kontinuierlichen Wissenszuwachs im Entwicklerteam kommen, was die Entwicklung des Gesamtprojektes fördert. Der **UP** ist für das Optimierungsprogramm OptiKA unerlässlich, da Studenten des Bauingenieurwesens Schritt für Schritt in Bezug auf die Qualitätsmerkmale der **DIN ISO 9126** (z.B. Änderbarkeit, Funktionalität) die Softwareentwicklung vorantreiben.

4. Änderbarkeit

Durch eine Überarbeitung von OptiKA werden nun Materialkosten, Materialeigenschaften und Querschnittseigenschaften auf einem aktuellen Stand gehalten um eine bestmögliche Bemessung und Kalkulation zu garantieren. Durch das entwickelte Online-Update kann der Anwender die Daten bequem von der Homepage des Instituts für Baustatik herunterladen und in das Programm einpflegen.

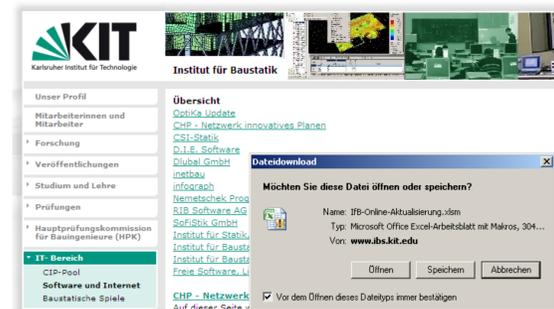


Figure 2: Downloadmöglichkeit der aktuellen Kalkulations- und Querschnittswerte unter <http://www.ibs.kit.edu/610.php>

5. Funktionalität

Um die Funktionalität des Programms zu verbessern wurden Teile der **DIN1052(2008)** eingebunden sowie der Lastfall Winddruck eingeführt. Die daraus resultierende zweite Lastfallkombination mit den entsprechenden Bemessungssituationen sind nun in den Bemessungs- und Optimierungsalgorithmus implementiert.

Ständige und vorübergehende Bemessungssituation (GZT)

$$E_d = E \cdot \{ \sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \}$$

Seltene Einwirkungskombination (GZG)

$$E_{d,rare} = E \cdot \{ \sum G_{k,j} \oplus \cdot Q_{k,1} \oplus \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \}$$

Quasi-ständige Einwirkungskombination (GZG)

$$E_{d,perm} = E \cdot \{ \sum G_{k,j} \oplus \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \}$$

Die Ergebnisse aus OptiKA sind für einen statischen Nachweis verwendbar. Zukünftig ist weiterhin in den Eckbereichen über eine gesonderte Bemessung zur Berücksichtigung von Windsogspitzen nachzudenken.

6. Evaluation

Bei software-ergonomischen Evaluationen wird zwischen expertenorientierten und benutzerorientierten Methoden unterschieden. Bei der angewendeten benutzerorientierten Evaluationsmethode **Cognitive Walkthrough** wurden Tragwerksplaner aus verschiedenen Ingenieurbüros bei der Ausführung gestellter Aufgaben beobachtet und befragt, um die Programmentwicklung zu unterstützen und Prozessprobleme aufzudecken. Die gewonnenen Informationen wurden dokumentiert und teilweise in den Programmablauf implementiert.

Ein wichtiges Resultat des **CW** spiegelt sich im überarbeiteten Kalkulationsmodul des Programmes wieder. Es sind nun zwei variable Kostenarten mit dem Grundsatz **Kostenoptimierung = Gewichtsoptimierung** verinnerlicht, welche die Schwankungen des Stahl- und Holzpreises als entscheidenden Parameter aufnehmen.

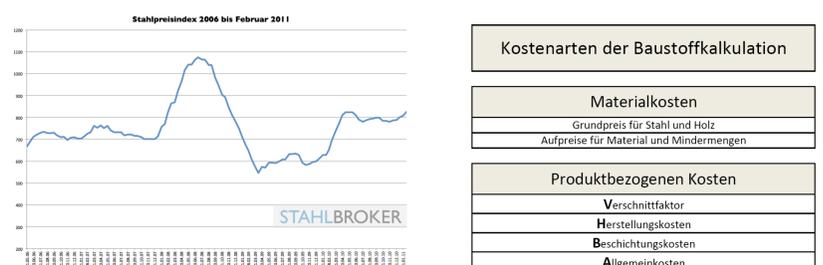


Figure 3: schwankender Stahlpreisindex, ausgearbeitete Kostenarten

Die produktbezogenen Kosten gehen dabei materialspezifisch in der Einheit €/t in die Kalkulation des allgemeinen Stahlbaus ($\sum PK = V \cdot (H + A) + B$) und in die Kalkulation der Trapezblechs ($\sum PK = V \cdot (H + A + B)$) ein.