

ExProtect 5.0 - Bewährte Software zukunftssicher gestaltet

Abstract

ExProtect ist ein erweiterbares Programm-Paket unter Windows, welches aus mehreren Modulen besteht. Jedes dieser Module dient der Beantwortung bestimmter Fragen zum Schutz vor Staubexplosionen, wobei der konstruktive Explosionsschutz an Anlagen im Mittelpunkt steht. ExProtect wurde seit seiner ersten Version aus dem Jahre 1997 ständig weiter entwickelt und ist jetzt, durch die Übertragung des Quellcodes in die Programmiersprache VB.net, in seiner Version 5.0 für zukünftige Windows-Betriebssysteme gerüstet. Im Zuge dieser Programm-Modernisierung wurde ExProtect um ein neues Modul erweitert, welches der Planung von konstruktivem Explosionsschutz an Becherelevatoren mit Hilfe von Druckentlastungsklappen dient. Die bewährten Module SIMEK (Dimensionierung von Druckentlastungsklappen), STS (Berechnung von Trümmerflugweiten), Vent (Dimensionierung von Druckentlastungsflächen), Vessel (Auslegung von Druckbehältern) und ExTools (Einfluss von Temperatur etc. auf sicherheitstechnische Kenngrößen) wurden teilweise überarbeitet und erweitert. Die neue Programmversion enthält einige zusätzliche Funktionen, wie z.B. eine Update-Funktion über das Internet. Außerdem können alle Programm-Module nun auch einzeln erworben¹ werden.

Das Programm und seine Historie

In der Praxis werden teilweise konstruktiv sehr einfache Druckentlastungsvorrichtungen verwendet, die in der Regel zwar den Behälter zu schützen vermögen, nicht jedoch die nähere Umgebung des Behälters. Häufig werden solche Druckentlastungseinrichtungen durch eine oder mehrere Metall- oder Betonplatten verwirklicht, die mit Seilen oder Ketten am Behältnis verankert sind. Weil diese Seile bzw. Ketten bezüglich ihrer Belastbarkeit oft unterdimensioniert sind, besteht im Explosionsfall die Gefahr von reißen den Deckelverankerungen und dadurch fortgeschleuderten Entlastungsdeckeln. Ein schweres Unglück dieser Art aus den 1990er Jahren war der Anlass dafür, die im Entlastungsfall auftretenden Kräfte an den Verankerungen der Druckentlastungsdeckel experimentell zu untersuchen. Auf dem Versuchsgelände der FSA/BGN in Kappelrodeck (Schwarzwald) wurde ein Forschungsprojekt durchgeführt, dessen Gegenstand zunächst die Absprengung von Druckentlastungsdeckeln verschiedener Massen von einem 1 m³-Behälter bei unterschiedlichen Explosionsparametern war. Später wurde die Fragestellung auf Druckentlastungsklappen bzw. die Belastung auf deren Befestigungen im Explosionsfall erweitert. Das Resultat war eine umfangreiche Studie, die sich theoretisch und experimentell mit der Mechanik von Druckentlastungsklappen und -deckeln auseinandersetzt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden im Programm SIMEK² umgesetzt, welches dazu in der Lage ist, Befestigungen und Flächen von Druckentlastungsklappen und -deckeln für Behälter, wie sie in der VDI 3673 beschrieben werden, zu dimensionieren. Quasi als Nebenprodukt ergeben sich Näherungswerte für die Entlastungsfähigkeiten der berechneten Entlastungselemente. Darüber hinaus können die Flugweiten von abreißen den Entlastungselementen berechnet werden.

Bei der Planung oder Begutachtung von Industrieanlagen stellt sich häufig die Frage, wie groß der Sicherheitsabstand zu benachbarten Gebäuden sein muss, damit diese bei Explosionsunfällen keinen Schaden nehmen. Ein Aspekt ist dabei die Abschätzung der

¹ ExTools ist eine Freeware, die mit Genehmigung der Urheber im ExProtect-Paket enthalten ist.

² Simulationsrechnung zur Mechanik von Druckentlastungsklappen.

Flugweiten und kinetischen Energien von Explosionstrümmern. Eine allgemein anerkannte Lösung für diese Problemstellung gab es bis dato nicht. Deshalb wurde ein weiteres Forschungsprojekt ins Leben gerufen, dessen Ziel die Schaffung einer Berechnungsmethode für die Flugweiten von Trümmern bei Staubexplosionsunfällen war. Das Ergebnis dieser Anstrengungen war das Programm STS³, welches auf der Grundlage gängiger Daten über das betrachtete Gebäude und sicherheitstechnischer Kennzahlen von Stäuben die wahrscheinliche und die maximal mögliche Flugweite von Explosionstrümmern errechnen kann. Vergleiche mit Experimenten zu diesem Themenkreis und die Analyse von Explosionsunfällen haben gezeigt, dass die mit STS erhaltenen Trümmerflugweiten gut bis befriedigend mit den Beobachtungen übereinstimmen.

Beide Programme sollten potentiellen Anwendern in einer benutzerfreundlichen Oberfläche zur Verfügung gestellt werden. Da diese nicht existierte, wurde sie im Rahmen eines FSA-Projektes geschaffen und mit dem Namen ExProtect versehen. Diese Oberfläche wurde so konzipiert, dass weitere Programme ganz einfach in sie implementiert werden können. Weitere Programme kamen dann auch bald hinzu in Form von Vent, Vessel und der Freeware ExTools.

Vent kann sowohl zur Berechnung von Druckentlastungsflächen als auch zur Berechnung des maximalen reduzierten Überdruckes in explosionsgefährdeten Behältnissen verwendet werden. In der Regel kommen dabei massenträgheitslose Entlastungselemente zum Einsatz. In Vent finden diverse Formeln aus der einschlägigen Literatur, Normen und Richtlinien Anwendung.

Hinter dem Programm Vessel verbergen sich Formeln zur Dimensionierung von Druckbehältern, wie sie in den AD-Merkblättern abgedruckt sind. Vessel ist als Tool dafür gedacht, die oft aufwendige Berechnung von Druckbehältern durch die Automatisierung der eigentlichen Rechnung zu erleichtern.

ExTools enthält zum einen Datenbanken von explosionstechnischen Kenngrößen von Gasen und Flüssigkeiten. Zum anderen sind mit diesem Programm diverse Berechnungen möglich, wie sich Änderungen der Randbedingungen – z. B. der Temperatur – auf explosionstechnische Kenngrößen auswirken. Das Programm enthält noch weitere Berechnungstools.

ExProtect 5.0

ExProtect 1.0 aus dem Jahre 1997 wurde noch in VisualBASIC 3.0 programmiert. Neue Windows-Versionen machten eine ständige Anpassung von ExProtect notwendig. Zunächst mit Hilfe von VisualBASIC 5.0, später mit der Version 6.0. Spätestens das Erscheinen von Windows 7 und 8 machte deutlich, dass das auf VisualBASIC aufgebaute ExProtect vermutlich bald mit Kompatibilitätsproblemen zu kämpfen haben wird. Aus diesem Grund wurde der (sehr arbeitsintensive) Schritt getan, den Quellcode des Programms in die Programmiersprache VB.net zu übertragen. Dabei wurde das Programm nochmals auf Fehler geprüft und an diversen Stellen verbessert bzw. überarbeitet. Neu ist bzw. verbessert wurde:

ExProtect verfügt nun über ein modernes Protokoll-System, in dem auch grafisch dargestellte Ergebnisse eingebunden sind. Die Ergebnisausgabe bei den einzelnen Programm-Modulen ist damit deutlich übersichtlicher und informativer.

Das Programm kann sich nun über das Internet per Button-Klick selbst aktualisieren. Updates werden zukünftig auf der neuen FSA-Homepage zum Download zur Verfügung gestellt werden. Das Verschicken von DVDs entfällt somit.

Bis zur Programmversion 4.3.4 musste vor der Installation von ExProtect die Sprache gewählt werden, mit der das Programm arbeitet. Zur Auswahl standen Deutsch und Englisch. Bei der

³ Simulationsrechnung zum Trümmerflug bei Staubexplosionen.

neuen Programmversion wird die Sprachauswahl direkt aus dem Hauptmenü heraus über einen entsprechenden Button gesteuert (Bild 1).

Das Design der Module SIMEK (Bild 2), STS (Bild 3) und Vent (Bilder 4 und 5, oben) wurde überarbeitet. Musste man sich bei den älteren Programmversionen bei der Datenein- und Ergebnisausgabe durch mehrere Fenster arbeiten, so ist dies nun durch Karteikarten gelöst. Besonders SIMEK wurde dadurch vereinfacht. Sobald alle notwendigen Daten eingegeben sind wird die Berechnung automatisch gestartet und die Ergebnis-Register angezeigt. Bei Änderung von einzelnen Daten wird stets eine neue Berechnung durchgeführt.

Das neue Vent beinhaltet nun die aktuellen Ausgaben der EN 14491 (2011) und der NFPA 68 (2007). Eine weitere Neuerung ist, dass im Ausgabeprotokoll der Verlauf der Rechnung aufgelistet ist sowie alle verwendeten Formeln und Ergebnisse.

Die Funktion, die der Untersuchung der Abhängigkeit der Variablen in der Berechnung dient, wurde erweitert. Ab der Version 5.0 können auch die Abhängigkeiten von Variablen wie Impuls, Rückstoßdauer, Flammenlänge usw. von anderen Variablen untersucht werden. Die Darstellung dieser Ergebnisse wurde komfortabler, da nun mehrere Ergebnisgrafiken gleichzeitig angezeigt werden können (Bild 5, oben).

Das in ExProtect 5.0 enthaltene neue Modul BEVent (Bild 6) dient der Auslegung eines konstruktiven Explosionsschutzes an Becherelevatoren. Grundlage für die im Modul umgesetzten Rechenmethoden war ein umfangreiches Forschungsprojekt der FSA/BGN. BEVent berechnet den maximalen Überdruck im Elevator im Explosionsfall in Abhängigkeit vom K_{St} -Wert des Schüttgutes, welches im Elevator gefördert werden soll. Dazu muss die Art der Druckentlastung gewählt werden. Es stehen drei Möglichkeiten zur Verfügung. Wird die Festigkeit des Elevators sowie dessen geometrische Daten eingegeben, so erscheint als Ergebnis, ob die Festigkeit des Elevators ausreichend ist und wie die Druckentlastungsklappen zu fertigen und zu montieren sind.

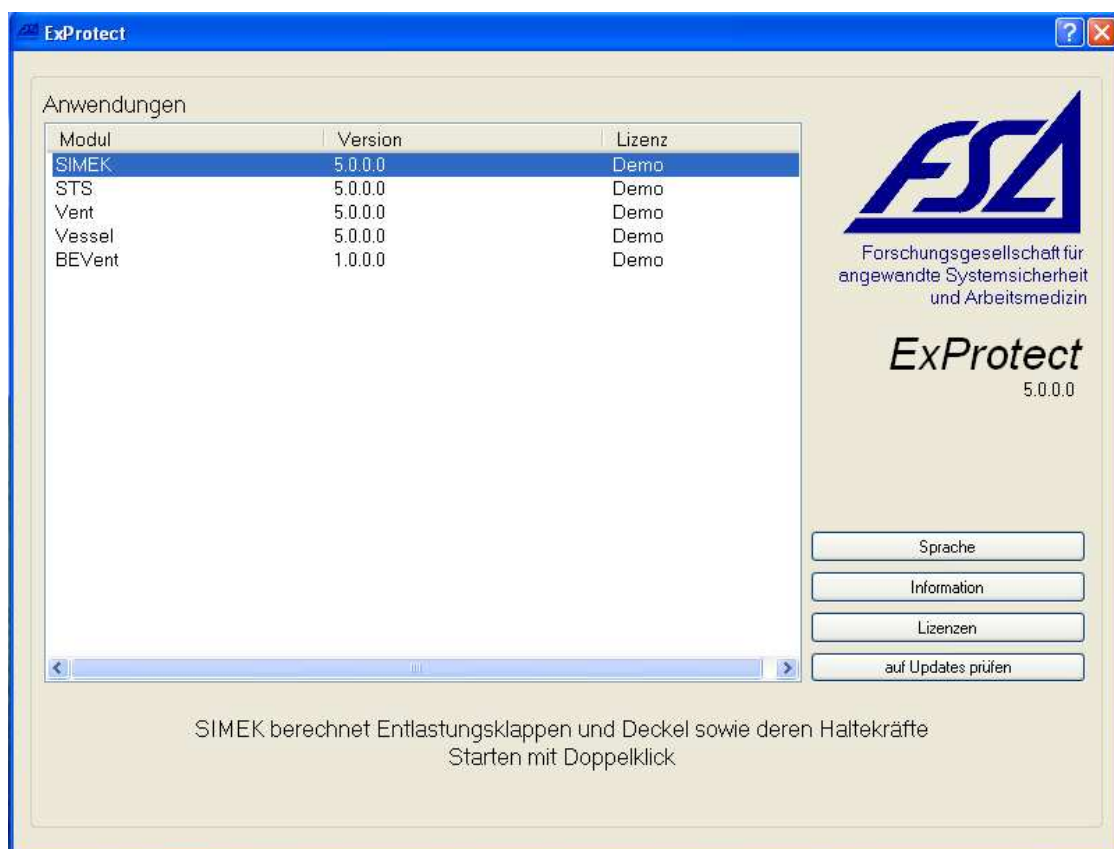


Bild 1: Hauptmenü von ExProtect 5.0.

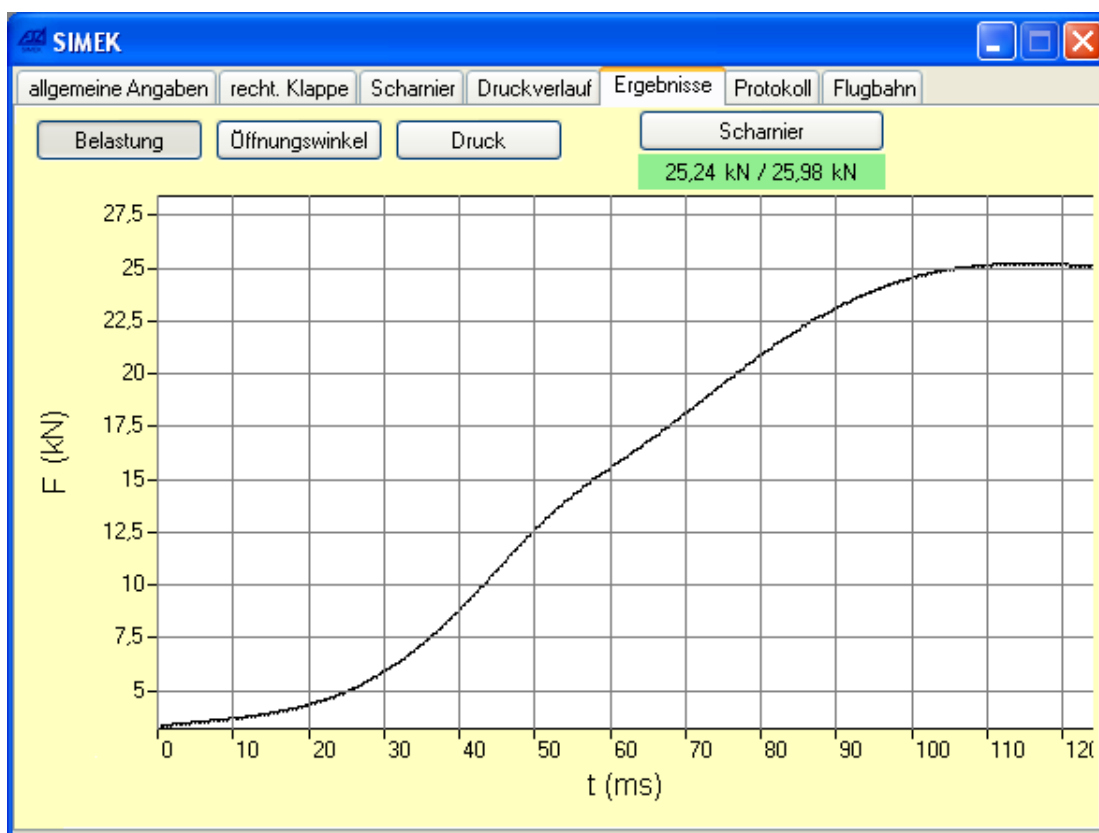
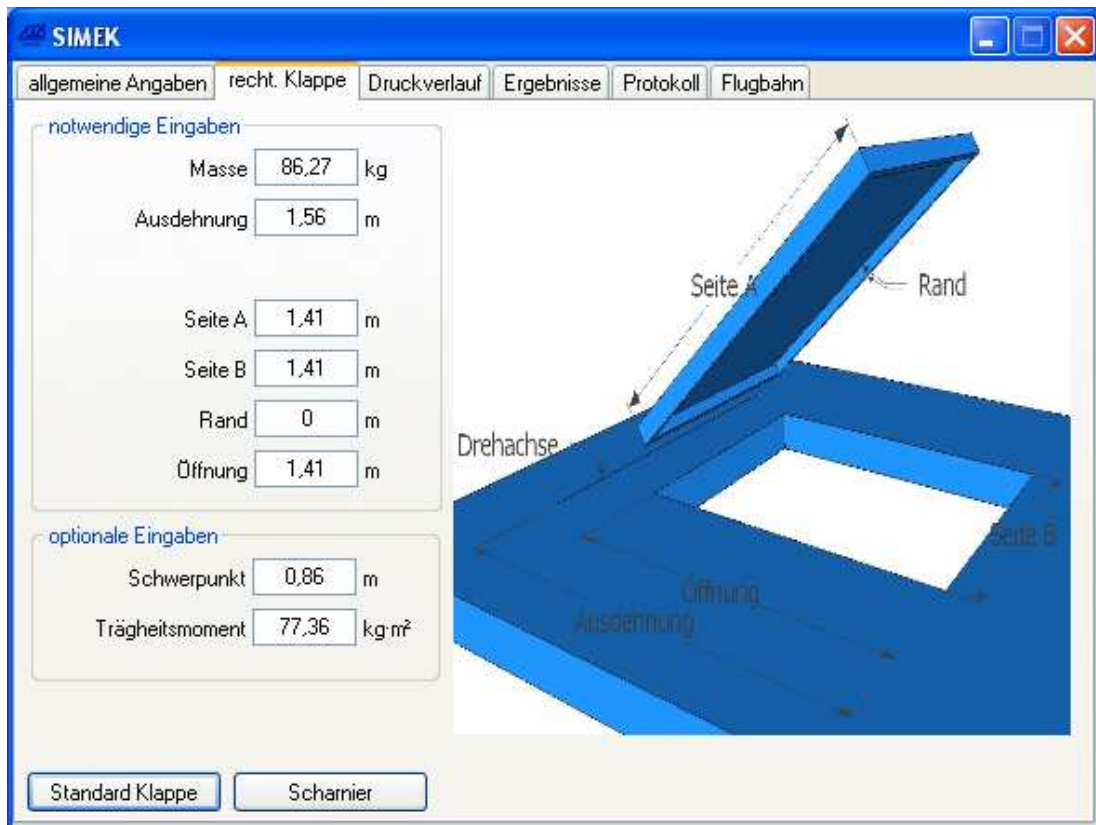


Bild 2: Eingaberegister für die Daten der Druckentlastungsklappe (oben). Grafische Ergebnisanzeige bei SIMEK. Gezeigt ist die Belastung auf die Scharniere der Druckentlastungsklappe in Abhängigkeit der Zeit im Explosionsfall (unten).

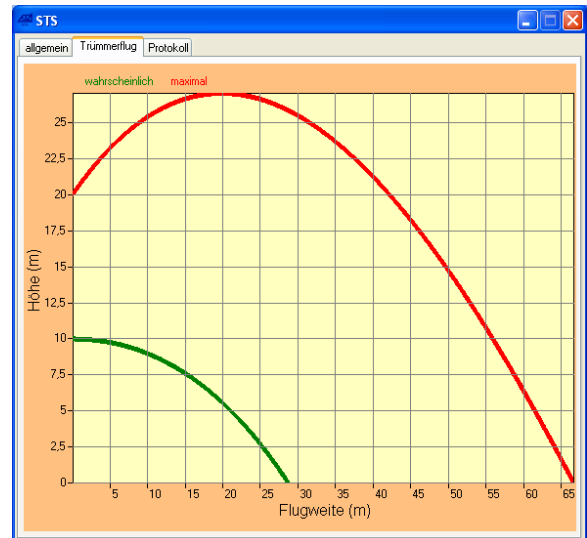
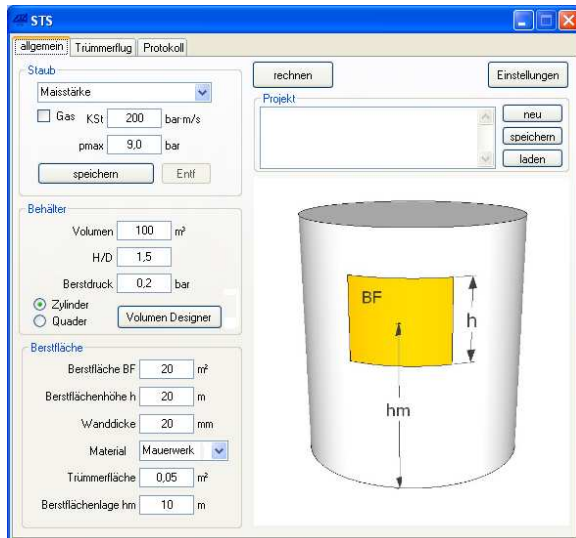


Bild 3: Eingaberegister von STS (links). Grafische Ergebnisanzeige von STS (rechts).

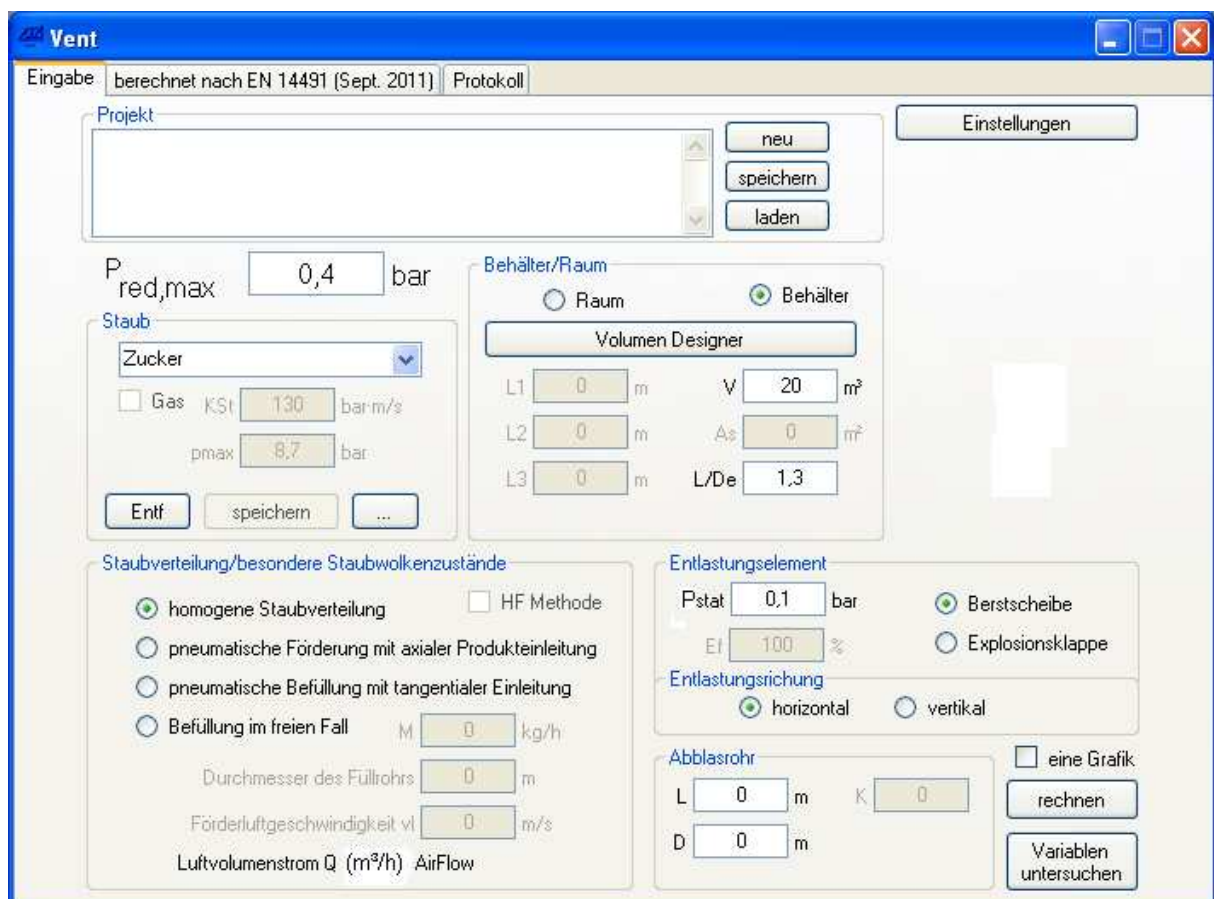
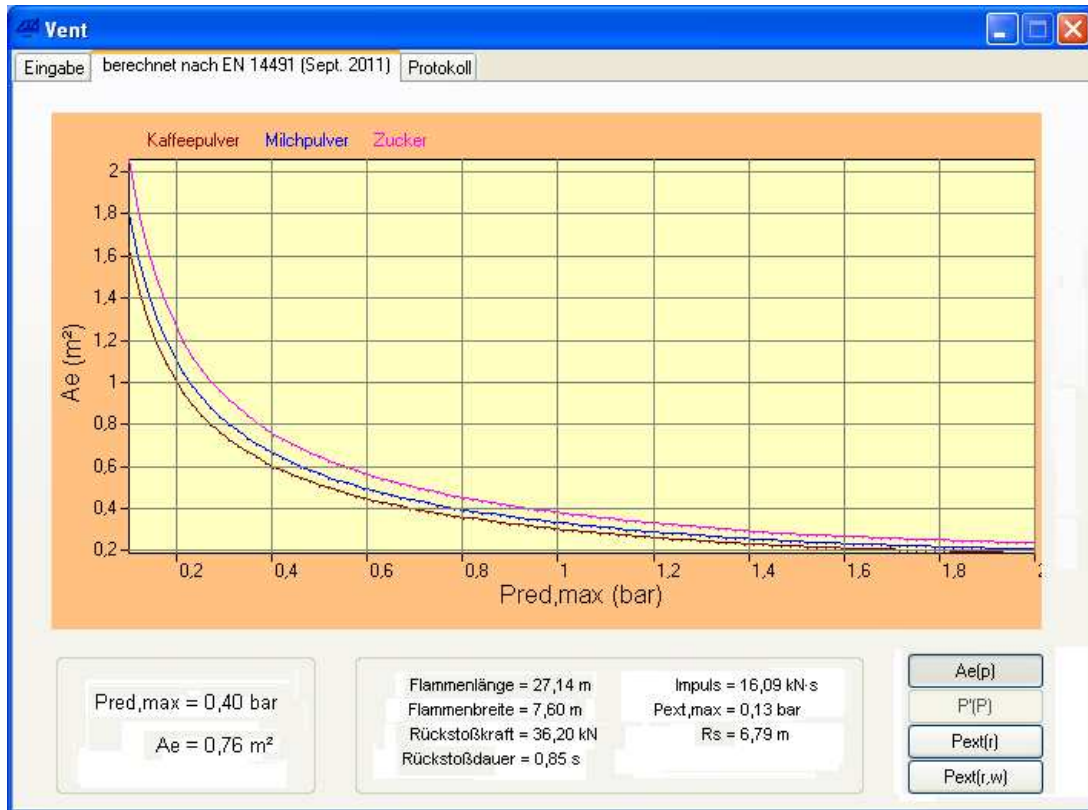


Bild 4: Eingaberegister von Vent.



Vessel - Zylinder- und Kugelschalen unter innerem Überdruck

Außendurchmesser D_a : 1000 mm

Überdruck p : 9 bar

Festigkeit K : 100 N/mm²

Verschwächung v : 1.00

Sicherheitsbeiwert S : 2

Wanddickenunterschreitungszuschlag c_1 : 0.00 mm

Abnutzungszuschlag c_2 : 1.00 mm

Berechnung

Zylinderschale

Kugelschale

$$s = \frac{D_a \cdot p}{40 \cdot K / S \cdot v + p} + c_1 + c_2$$

rechnen

Protokoll

zurück

Die Mindestwandstärke beträgt 2 mm bzw. 3 mm für Aluminium und dessen Legierungen.

$s = 5,48$ mm

Bild 5: Grafische und numerische Ergebnisanzeige von Vent (oben). Fenster von Vessel zur Berechnung der Stärke einer Kugelschale für einen Druckbehälter, der auf 9 bar Überdruck ausgelegt ist (unten).

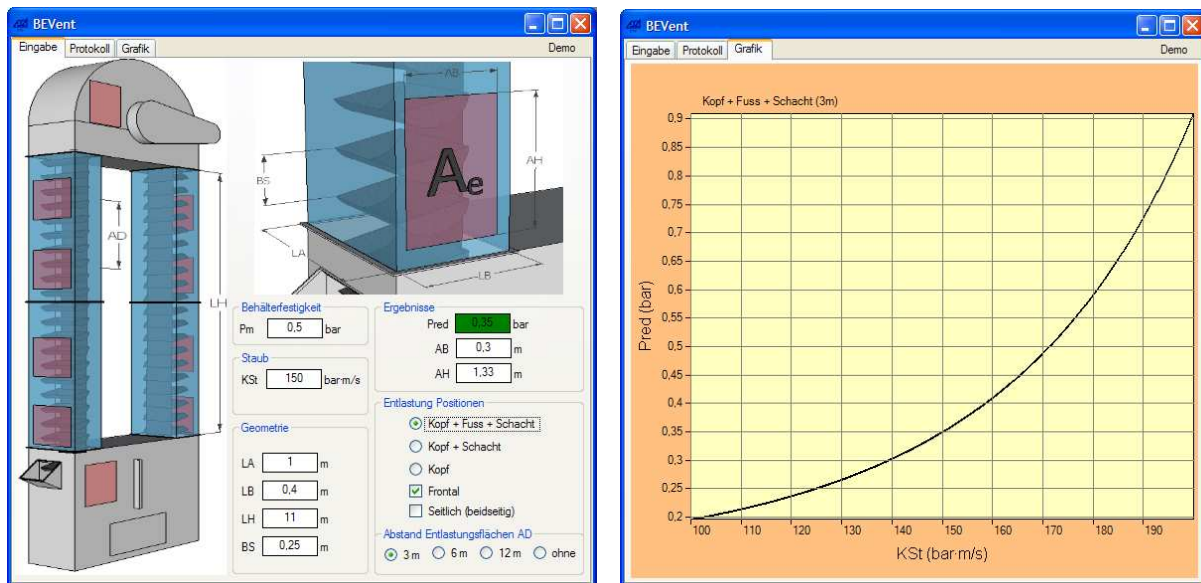


Bild 6: Eingaberegister von BEVent (links). Grafisch dargestellte Abhängigkeit des reduzierten Überdruckes vom K_{St} -Wert für die gewählte Druckentlastungsart des betrachteten Elevators (rechts).