

Schneller bessere Entscheidungen treffen: So können Bauingenieure die Effizienz mit Berechnungssoftware für den Konstruktionsbereich verbessern

Während der Abschlussarbeiten an der Ölplattform „Sleipner A“ in der Nordsee ereignete sich am 23. August 1991 ein Zwischenfall mit katastrophalen Folgen. Die Rumpfkonstruktion brach in sich zusammen, was einen Schaden in Höhe von 700 Millionen US-Dollar und ein seismischen Ereignis der Stärke 3,0 auf der Richterskala verursachte.

Eine Untersuchung durch die unabhängige skandinavische Organisation SINTEF kam zu dem Schluss, dass die Wand einer der 24 Zellen der Basiskonstruktion einen Riss aufwies, der zu einem Leck führte, mit dem die Pumpen überfordert waren. Das Versagen der Zellwand konnte auf eine fehlerhafte Zwickelzelle oder „Tricell“ zurückgeführt werden. Dabei handelt es sich um einen dreieckigen Betonrahmen zwischen den Zellen.

Nach Angaben von SINTEF wurde das Problem durch einen ungenauen Finite-Elemente-Näherung des linearen elastischen Modells der Tricell hervorgerufen. Die Schubspannungen wurden um 47 % zu niedrig angesetzt. Genauere Finite-Elemente-Analysen, die nach dem Unfall durchgeführt wurden, sagten voraus, dass ein Versagen der ursprünglichen Konstruktion bei einer Tiefe von 62 m eintreten würde, was beinahe genau dem tatsächlichen Unfall in einer Tiefe von 65 m entspricht.

Diese Art von schwerwiegendem Fehler ist allen Unternehmen im Bereich Bauingenieurwesen, die für ihren Erfolg auf Präzision, Höchstleistung und effektives Wissensmanagement angewiesen sind, eine Mahnung. Sind die eigenen ingenieurtechnischen Prozesse so konzipiert, dass eine ähnliche Situation vermieden werden kann? Kann ausreichend Dokumentation bereitgestellt werden, um Fehler zu entschärfen?

Die richtige Berechnungssoftware kann ein leistungsstarkes Tool sein, das es den Ingenieursteams ermöglicht, Probleme einfacher zu lösen, Ideen zu

entwickeln, wichtige Daten gemeinsam zu nutzen und Fehler zu erkennen, bevor sie schwerwiegende Folgen nach sich ziehen. Warum also verlassen sich so viele Bauingenieure auf fehleranfällige, eingeschränkte und oftmals papierbasierte überholte Berechnungsmethoden wie Microsoft® Excel®-Tabellen oder gar Programmiersprachen wie Fortran?

In diesem kurzen White Paper werden einige der wichtigsten Gründe erläutert, warum moderne Berechnungssoftware eine viel bessere Alternative für Bauingenieure ist – nicht nur für die Durchführung komplexer Kalkulationen, sondern auch, um die Intention dahinter zu verstehen. Sie erfahren, warum immer mehr Unternehmen im Bauingenieurwesen erkennen, dass zufällige Informationen aus Kalkulationstabellen ihren Interessen nicht optimal gerecht werden, sondern dass sie auf Berechnungssoftware setzen müssen, bei der jede Kalkulation als wichtiger Geschäftswert behandelt wird.

Acht Berechnungen für das Bauingenieurwesen, die mit dedizierter Software einfacher durchgeführt werden

- Spannung und Dehnung
- Verformung/Biegemomente
- Seismische und Windlasten
- Balkenanalyse
- Heiz- und Kühllasten

- Wärmeübertragung durch Strahlung
- Erdstützbauwerke
- Querschnitteigenschaften für Verbundstoffe

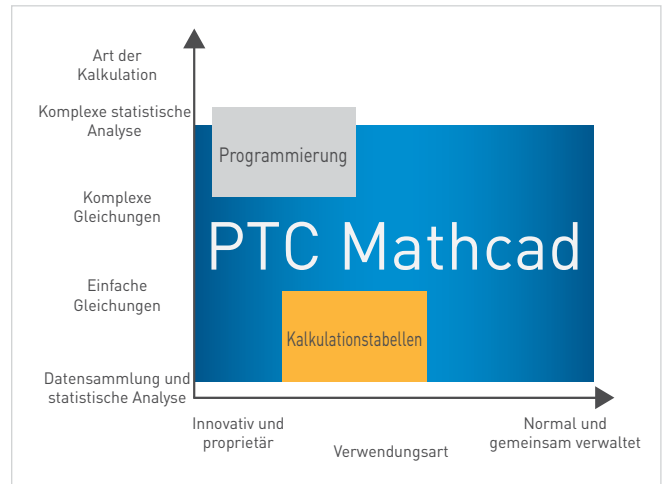
Erfolgsfaktor 1: Vermeiden von Engpässen bei der Konstruktion

„Mir sind 30 Personen unterstellt“, erklärt ein Engineering Manager bei Arbor Networks, einem Unternehmen, das DDoS-Schutz (Distributed Denial of Service) für Computersysteme in Unternehmen entwirft. „Ich stehe unter ständigem Druck, Projekte fristgerecht zu liefern und sicherzustellen, dass unsere Ingenieure über alle Ressourcen verfügen, die sie für ihre Arbeit benötigen.“

Das klingt für Sie sicher vertraut, schließlich stehen die meisten Unternehmen, die im Bereich Ingenieurtechnik tätig sind, vor den gleichen Herausforderungen. Ingenieure aller Disziplinen müssen immer kürzere Fristen bis zur Markteinführung einhalten. Vielen von ihnen ist dabei gar nicht bewusst, wie viel Zeit sie damit vergeuden, in Excel durchgeführte Berechnungen zu dokumentieren.

Dr. Robert Phillips, ein Ingenieur, der einen Großteil seiner beruflichen Karriere im Bereich Reverse Engineering bei General Motors tätig war, spart durch den Einsatz der PTC Mathcad® Software in seinem Entwicklungsteam bei jedem Projekt viel Zeit. Als ihm die Vorteile dieser Software gegenüber den herkömmlichen Arbeitsverfahren klar wurden, erkannte er, dass „bei einer Verdoppelung der Produktivität die Mitarbeiterzahl bei gleicher Ausbeute auf ein Achtel reduziert werden kann – oder aber bei stabiler Mitarbeiterzahl die Time-to-Market verkürzt werden kann.“

Da viele neue Projekte aus Komponenten aus früheren Projekten aufbauen, ist es wichtig, die ursprünglichen Analysen so zu erfassen und zu organisieren, dass sie leicht auffindbar sind. Ältere Berechnungsmethoden ziehen oft beträchtliche Nacharbeit nach sich. Dadurch verlängert sich die Entwicklungsdauer, wertvolle Ressourcen werden gebunden und letztendlich entsteht eine vermeidbare Engstelle in der Konstruktion.



Kalkulationstabellen und Programmiersprachen sind für bestimmte Berechnungsarten optimiert, wohingegen Berechnungssoftware für den Konstruktionsbereich, wie PTC Mathcad, sich für praktisch alle Arten von Kalkulationen eignet, angefangen bei sehr einfachen bis hin zu extrem komplexen.

Erfolgsfaktor 2: Brücken zwischen Konzept und Wirklichkeit bauen

Das Sondieren verschiedener Konstruktionskonzepte und Was-wäre-wenn-Szenarien bereits früh im Konstruktionsprozess ist für Projekte, bei denen Innovation und Kreativität im Vordergrund stehen, sehr wichtig. Eine solche Vorgehensweise kann für Bauingenieure, die Probleme in wichtigen Bereichen wie Konstruktion, Wasserressourcentechnik, Erdbebentechnik, Geotechnik, Hochbau und Verkehrstechnik lösen, erfolgsentscheidend sein.

Konstruktionsstudien und Tradeoff-Analysen sind Best Practices, die Ingenieuren dabei helfen, schneller bessere Konstruktionsentscheidungen zu treffen, in dem Wissen, dass sie die am besten geeigneten Optionen evaluiert haben. Durch die Verwendung mathematischer Modelle zur Festlegung von Leistungsgrenzen und Kosten-Tradeoff-Kurven können die Ingenieure schnell die Konstruktionslösung ermitteln, die den Projektanforderungen am besten gerecht wird. Eine sorgfältig dokumentierte Studie oder Analyse sollte deutlich machen, warum der Konstruktionsvorschlag den besten Kompromiss zwischen Leistung und Kosten darstellt, und den Prüfern die Sicherheit geben, dass keine bessere Lösung übersehen wurde.



Mithilfe von Berechnungssoftware können Bauingenieure die Leistung von Konstruktionen vorhersagen, bevor mit der Modellierung der physischen Geometrie begonnen wird. Berechnungssoftware kann bereits in einer frühen Phase eingesetzt werden, um die geeigneten physischen Konstruktionsbemaßungen und Parameter zu bestimmen, die in 2D- und 3D-Modellen verwendet werden. Und anders als bei Kalkulationstabellen, die komplexe Formeln für die Umrechnung von Messungen erfordern, bietet Berechnungssoftware integrierte Umwandlung und intelligente Einheitenerkennung.

Erfolgsfaktor 3: Für weniger Stress und mehr Zuversicht in Bezug auf die Genauigkeit sorgen

Geschwindigkeit und Kreativität sind nebensächlich, wenn Ihre Entwürfe am Ende nicht genau und klar verständlich sind. Mit Berechnungssoftware können Sie die Genauigkeit und damit auch die Leistung einzelner Ingenieure und Ingenieursteams verbessern. Robert Phillips betont, dass er „in der Regel Unstimmigkeiten während der Arbeit über ein Mathcad-Modell bereinigen kann, anstatt sich in einer späteren Phase zu fragen, was denn da nicht stimmt“.

Raymond Panko, Spezialist für Tabellenkalkulationsprogramme, erklärt: „In jeder einzelnen Studie, in der versucht wurde, eine Fehlerquote zu ermitteln, haben sich Werte ergeben, die in keiner Organisation akzeptabel wären“. Rick Butler, ein Revisor, der für seine Kritik an der fehleranfälligen Natur von Kalkulationstabellen bekannt ist, weist ebenfalls darauf hin, dass Entwickler, die mit Tabellenkalkulationen arbeiten, mehr als 80 % ihrer eigenen Fehler übersehen und externe Tester mehr als 50 % der Fehler in der Konstruktionslogik und 34 % der Anwendungsfehler nicht erkennen.

Kalkulationstabellen und Programmiersprachen verbergen die Logik, die einer Konstruktionsentscheidung zugrunde liegt, wodurch es sehr viel schwieriger wird, komplexe Berechnungen schnell und angemessen zu verifizieren. Bei Verwendung von Legacy-Berechnungsmethoden ist es wahrscheinlicher, dass Fehler in nachgelagerten Projektphasen auftreten, wenn die Kosten für Neuarbeit exponentiell gestiegen sind. Oder noch schlimmer, die Fehler werden in das Endprodukt integriert. Selbst geringfügige Fehler stellen ein ernstzunehmendes Risiko

für die meisten Entwicklungsorganisationen dar. Berechnungssoftware hilft dabei, diese Fehler auf ein Minimum zu begrenzen.

Die Katastrophe ist vorprogrammiert: Warum wichtige Berechnungen dem Risiko durch Kalkulationstabellen aussetzen?

- Nach Angaben von Marktforscher Raymond Panko weisen 94 % aller Kalkulationstabellen Fehler auf, und die durchschnittliche Fehlerrate pro Zelle (also die Rate der Zellen mit Fehlern in Bezug auf alle Zellen, die Formeln enthalten) liegt bei 5,2 %¹.
- Von 25 Kalkulationstabellen, die von S.G. Powell untersucht wurden, wiesen 10 durch Fehler bedingte finanzielle Verluste auf, die von 216.806 US-Dollar bis zu mehr als 110,5 Millionen US-Dollar reichten².
- Olson & Nilsen stellten unter erfahrenen Anwendern von Tabellenkalkulationsprogrammen eine Zellenfehlerrate von 21 % fest³.

Erfolgsfaktor 4: Die Zusammenarbeit verbessern

Indem sie Standardprozesse für die Bearbeitung und Dokumentation von Berechnungen einführen, können Unternehmen Konstruktionsinformationen innerhalb der Organisation allgemein sichtbar und verfügbar machen. Dadurch wird es einfacher, die Berechnungen anderer Ingenieure zu prüfen, Berechnungen ohne Neuarbeit wiederzuverwenden, die Genehmigung der Manager einzuholen und ganz allgemein auf effizientere Weise zusammenzuarbeiten.

Die verfügbaren Berechnungsmethoden sind nicht immer optimal für die Erfassung und gemeinsame Nutzung von Ingenieurwissen geeignet. Berechnungen sind nicht nur aufgrund der Endergebnisse so wichtig für Konstruktionsunternehmen, sondern auch aufgrund der Annahmen, Methoden und Werte hinter diesen Ergebnissen.

Mathematische Software bietet Ingenieursteams gemeinsam nutzbare Dokumente, die alles Erforderliche über den Konstruktionsprozess erläutern, in Form von Text, interaktiven mathematische Kalkulationen, Grafiken sowie Zeichnungen und Modellen. Wiederverwendbare Arbeitsblätter können in vielen verschiedenen Formaten einschließlich Microsoft Word, Adobe® PDF,

¹ Panko, Raymond R [2009]. „What We Know About Spreadsheet Errors“, Spreadsheet Research (SSR. 2 16 2009), University of Hawaii, 27. Februar 2009.

² Powell, S. G., Baker, K. R. und Lawson, B., [2007b], „Impact of Errors in Operational Spreadsheets“. Proceedings of the European Spreadsheets Risks Interest Group, 2007b.

³ Olson, Judith Reitman und Nilsen, Erik. „Analysis of the Cognition Involved in Spreadsheet Interaction“. Human-Computer Interaction, Band 3, Ausgabe 4, Dezember 1987

HTML und XML gespeichert werden. Damit wird die Freigabe von Informationen für zahlreiche Beteiligte erleichtert, selbst wenn diese unterschiedliche Dokumentverwaltungsanwendungen, 2D- und 3D-Modellierungsprogramme und PDM-Lösungen verwenden.

Natürliche mathematische Schreibweise ermöglicht Zusammenarbeit

Second Moment of Area		Radi of Gyr.
Axis x-x	Axis y-y	Axis x-x
I_x cm ⁴	I_y cm ⁴	r_x cm
719635	45438	38.2
625780	39156	37.8
498476	15597	37
436305	13301	36.8

$$I := \frac{b \cdot h^3 - (d + 2r)^3 (b - s)}{12}$$

$$I = (4.985 \cdot 10^5) \text{ cm}^4$$

Die Logik von Bauberechnungen wie der Dampfgeschwindigkeit kann in Kalkulationstabellen verloren gehen, während sie in Kalkulationssoftware stets klar zu erkennen ist.

Mithilfe der standardmäßigen mathematischen Schreibweise sowie der integrierten Text- und Grafikanzeige kann Berechnungssoftware automatisch leicht lesbare Dokumente erstellen, die auf jeder Ebene und überall im multikulturellen Team verständlich sind.

Erfolgsfaktor 5: Die Berichtslast bei der Richtlinien Einhaltung reduzieren

Neben der internen Wissensübertragung erleichtert Berechnungssoftware die Berichterstattung gegenüber Aufsichtsbehörden und Kunden, die die Qualitätsprozesse prüfen müssen.

Kalkulationstabellen verfügen nicht über die erforderlichen Kontroll- und Dokumentationsfunktionen für eine angemessene Verfolgbarkeit. Dahingegen sorgt Berechnungssoftware für vereinfachte und optimierte Dokumentation,

die entscheidend ist, um Standards in Hinblick auf Geschäft und Qualitätssicherung zu erfüllen. Sämtliche Entwicklungsinformationen sind zentral und mit den jeweils erforderlichen Erläuterungen abrufbar: Berechnungen, Methoden und Werte können je nach Bedarf des Unternehmens an externe Beteiligte weitergegeben werden.

Fallbeispiel: Kosten/Nutzen-Vergleich im Brückenbau

Eine Baufirma mit jahrzehntelanger Erfahrung im Brückenbau wurde gebeten, festzustellen, welcher von drei Entwürfen das beste Kosten/Nutzen-Verhältnis aufweist: Ausleger-, Hänge- oder Pontonbrücke. Dabei sind zahlreiche Variablen zu berücksichtigen, darunter Verkehrsaufkommen, Spannweite, Wartungskosten usw.

Glücklicherweise müssen Ingenieure, die eine Berechnungssoftware verwenden, nicht bei Null anfangen. Sie können auf ihre Bibliothek der archivierten Arbeitsblätter zugreifen, um schnell ein Konzept zu erstellen und Vorschläge des Managements viel früher im Konstruktionsprozess einzuarbeiten.

Das Team beginnt mit der Auswahl einer früheren Konstruktionsstudie, die mit der aktuellen Aufgabenstellung die meisten Gemeinsamkeiten aufweist. Das ist einfach, da Berechnungen „live“ durch natürliche mathematische Schreibweise dargestellt werden. Grundsätzliche Annahmen in der früheren Studie sind ebenfalls im Arbeitsblatt dokumentiert, ebenso wie Diagramme und andere visuelle Darstellungen der Parameter.

Dank der intuitiven Whiteboard-Oberfläche und des integrierten Gleichungseditors kann das Team das Arbeitsblatt im Handumdrehen an das aktuelle Projekt anpassen. Mithilfe der Bibliothek mit mehr als 600 mathematischen Funktionen und Standardgleichungen können die Komponentenoptionen mit allen Details schnell und in Echtzeit iteriert werden.

Zur Dokumentation wichtiger Fakten und Annahmen können die Berechnungen ganz einfach mit Anmerkungen versehen werden, sodass deutlich wird, wie die Ergebnisse erreicht wurden. Und da jeder Schritt in der Berechnungssoftware selbstständig dokumentiert wird, muss kein eigener Bericht für die Geschäftsleitung angefertigt werden. Zudem ist das Erstellen der Dokumentation im Rahmen der Berichterstattungspflicht viel einfacher.



Schlussfolgerung: Ermitteln der geeigneten Berechnungssoftware für das Bauingenieurwesen

Ingenieure aller Disziplinen müssen immer kürzere Fristen bis zur Markteinführung einhalten. Vielen von ihnen ist dabei gar nicht bewusst, wie viel Zeit sie damit vergeuden, in Excel durchgeführte Berechnungen zu dokumentieren.

Entwickler, die mit Tabellenkalkulationen arbeiten, bemerken über 80 % ihrer eigenen Fehler nicht, und externe Tester übersehen über 50 % der Fehler in der Konstruktionslogik und 34 % der Anwendungsfehler.

Mithilfe der standardmäßigen mathematischen Schreibweise sowie der integrierten Text- und Grafikanzeige kann Berechnungssoftware automatisch leicht lesbare Dokumente erstellen, die auf jeder Ebene verständlich sind.

Moderne mathematische Software ist eine viel bessere Alternative für die Durchführung komplexer Kalkulationen und das Verständnis der zugrunde liegenden Intentionen. Die zufälligen Informationen in Kalkulationstabellen werden Ihren Interessen nicht optimal gerecht. Hingegen behandelt Berechnungssoftware Ihre Kalkulationen als wichtige Geschäftswerte.

Diejenigen, die sich für moderne Berechnungsprogramme entscheiden (wie Robert Phillips, dessen Wahl auf PTC Mathcad gefallen ist), sind von den Ergebnissen und der Einfachheit der Handhabung häufig beeindruckt. Als Ingenieur sind Sie es sich selbst schuldig, zumindest eine [kostenlose 30-tägige Testversion](#) eines gängigen Berechnungspakets auszuprobieren, um zu sehen, wie diese Software die eigene Leistung auf ein neues Niveau heben kann.

Quellen

Butler, Rick (2002). „The Subversive Spreadsheet“, European Spreadsheet Risks Interest Group, November 2002.

Fuller, Brian (2011). „Social Media and Engineers: Live with it, OK?“

Panko, Raymond R (2009). „What We Know About Spreadsheet Errors“, Spreadsheet Research (SSR, 2 16 2009), University of Hawaii, 27. Februar 2009.

„The Sinking of the Sleipner A Offshore Platform“, Auszug aus einen Bericht der SINTEF, Civil and Environmental Engineering: <http://www.ima.umn.edu/~arnold/disasters/sleipner.html>

PTC Mathcad ist die branchenführende Software für Konstruktionsberechnungen.

Weitere Informationen: www.PTC.com/mathcad/

© 2013, PTC Inc. (PTC). Alle Rechte vorbehalten. Die Inhalte dieser Seiten werden ausschließlich zu Informationszwecken bereitgestellt und beinhalten keinerlei Gewährleistung, Verpflichtung, Bedingung oder Angebot seitens PTC. Änderungen der Informationen vorbehalten. PTC, das PTC Logo, Windchill und alle anderen PTC Produktnamen und Logos sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen von PTC und/oder Tochterunternehmen in den USA und anderen Ländern. Alle anderen Produkt- oder Firmennamen sind Eigentum ihrer jeweiligen Besitzer. Releasetermine und Funktionsumfänge können nach Ermessen von PTC geändert werden.

J01641-PTC Mathcad Civil Engineering-WP-0613-de