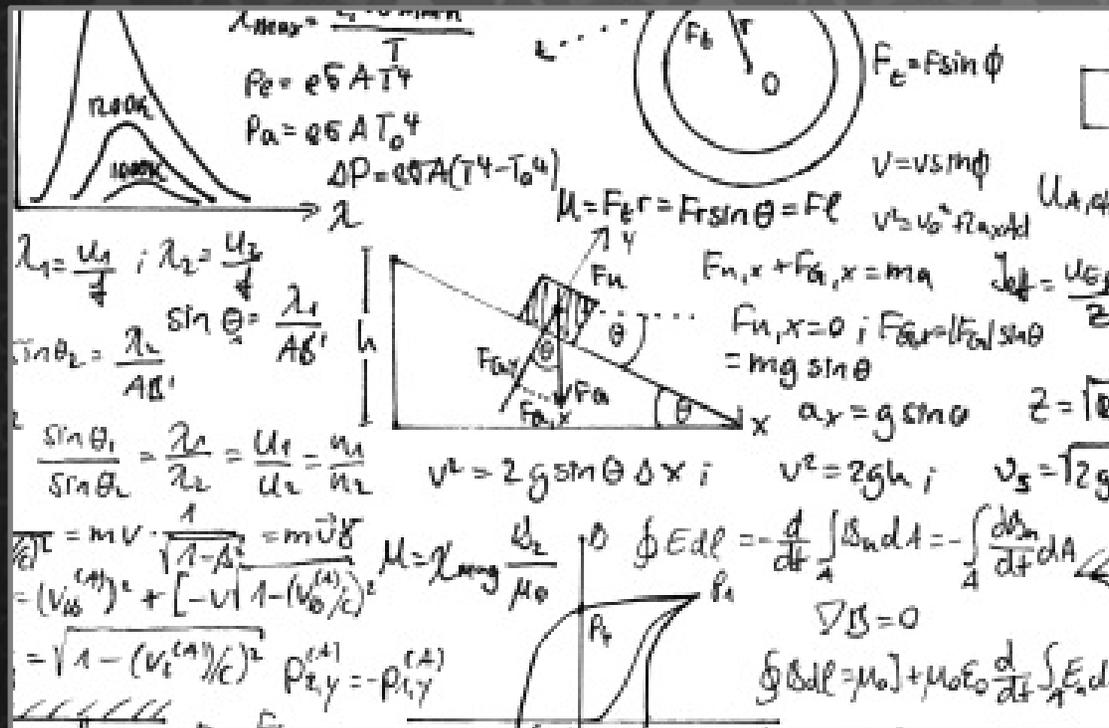


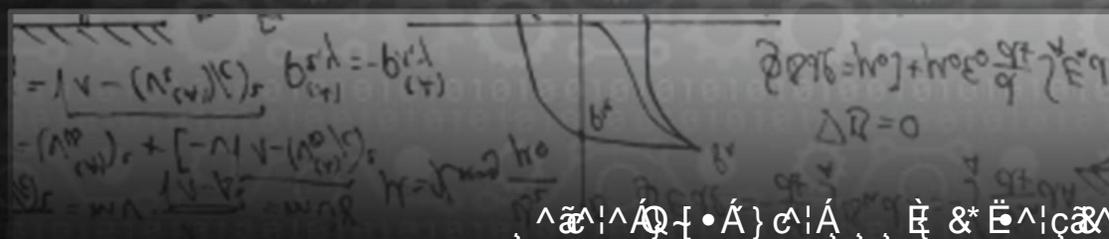
KEINE KOMPROMISSE MEHR BEI KONSTRUKTIONSBERECHNUNGEN

**NACHGELAGERTE FEHLER VERMEIDEN, UNTERBRECHUNGEN BEI DER
KONSTRUKTION VERHINDERN**



Berechnungen sind eine zentrale Konstruktionsaufgabe. Und doch mussten Ingenieure jahrelang Kompromisse bei der Wahl ihrer Kalkulationssoftware-Tools eingehen. Doch nun gibt es eine neuartige Software speziell für technische Formeln. Sie bringt für das Team und jeden Einzelnen entscheidende Veränderungen.

Von:



KEINE KOMPROMISSE MEHR BEI KONSTRUKTIONSBERECHNUNGEN

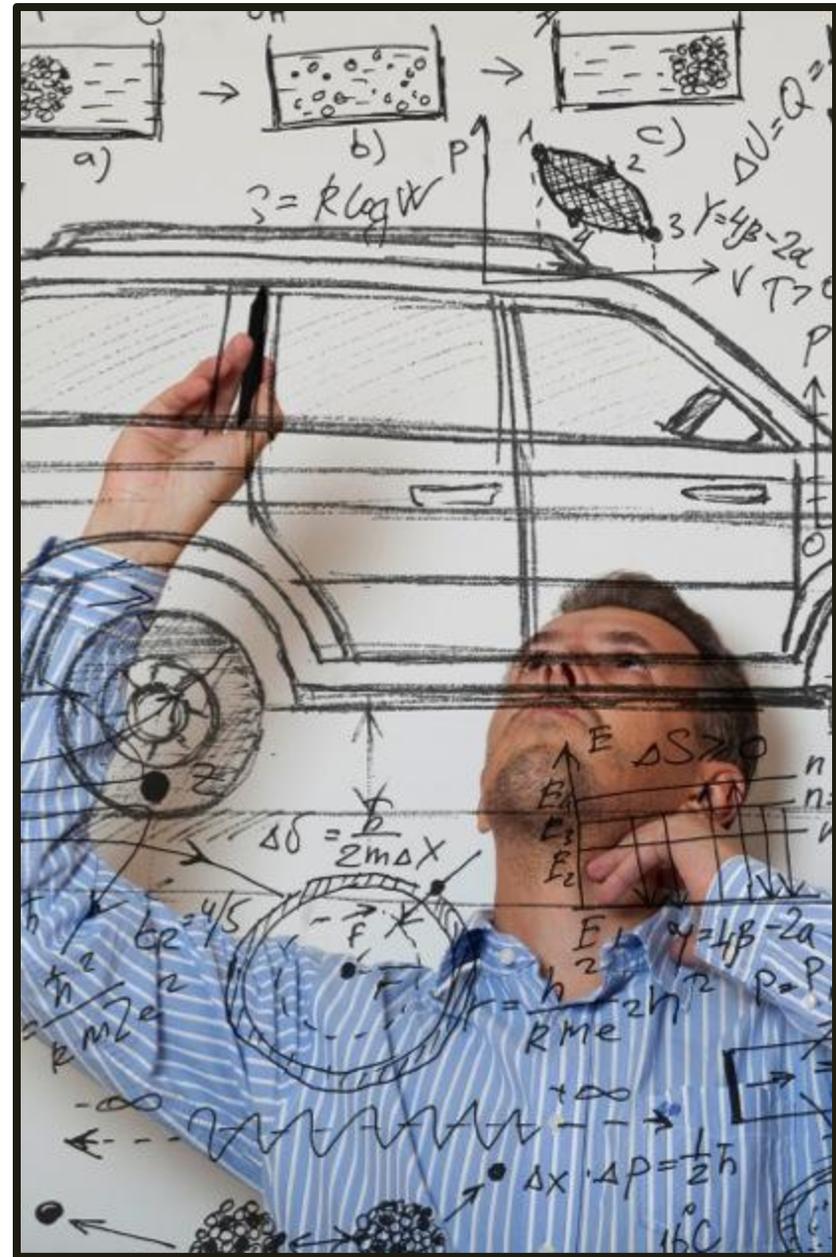
Der Unterschied zwischen Ingenieuren und „Makers“

Angesichts der massiven *Maker-Subkultur*, die auf der Idee basiert, dass jeder ein Produkt erfinden und bauen kann, ist es nur fair, sich einmal die Unterschiede zwischen Ingenieuren und „Makers“ vor Augen zu führen.

Mindestens ein Unterschied ist offensichtlich. *Makers* setzen auf Kreativität, Iterationen und Glück, um funktionierende Entwürfe zu erhalten. *Ingenieure* halten es genauso, verlassen sich bei ihren Entscheidungen aber eher auf ein vorhersehbares Verhalten als auf reines Glück. Einfach ausgedrückt: Es geht um Prognosen, nicht um Glück. Das Kernstück dieser wichtigen Unterscheidung bilden Konstruktionsberechnungen.

In der Vergangenheit wurden Berechnungen in Notizbüchern festgehalten. Diese waren oft voller Gleichungen mit Skizzen, Notizen und Bildern. Seit dieser Zeit hat sich natürlich einiges getan. Auch die technische Entwicklung wurde von der digitalen Revolution eingeholt, genau wie jede andere Abteilung. Nachdem sich der Staub gelegt hatte, zeichneten sich zwei Softwarearten für Konstruktionsberechnungen ab: Kalkulationstabellen und Lösungen für die mathematische Modellierung. Doch keine kann mit der schnelllebigen Konstruktionsarbeit Schritt halten. Dies hat schwerwiegende Folgen für das Unternehmen und die einzelnen Ingenieure.

Es gibt jedoch Anlass zur Hoffnung. Denn jetzt gibt es Softwareanwendungen, die speziell für Konstruktionsberechnungen entwickelt wurden. Wie funktionieren diese Anwendungen genau? Ähneln sie den Notizbüchern von früher? Welche Veränderungen bringen Sie im Unternehmen? Darum geht es in diesem eBook. Wir gehen genauer auf den Kalkulationsbedarf von Ingenieuren ein, untersuchen die derzeitigen Kompromisse bei Berechnungstechnologie, lernen neue Kalkulationstools speziell für Ingenieure kennen und erfahren alles über die Auswirkungen für das Team und jeden Einzelnen.



KEINE KOMPROMISSE MEHR BEI KONSTRUKTIONSBERECHNUNGEN

Berechnungen: Eine zentrale Konstruktionsfunktion

Es besteht kein Zweifel daran, dass Berechnungen zur Prognose der Leistung in der technischen Entwicklung eine zentrale Rolle spielen. Aber wie werden sie genau eingesetzt? Sehen wir uns einige Anwendungsfälle an, bevor wir die heute dafür verfügbaren Software-Tools unter die Lupe nehmen.

Konzeptuelle Durchführbarkeits- und Tradeoff-Studien

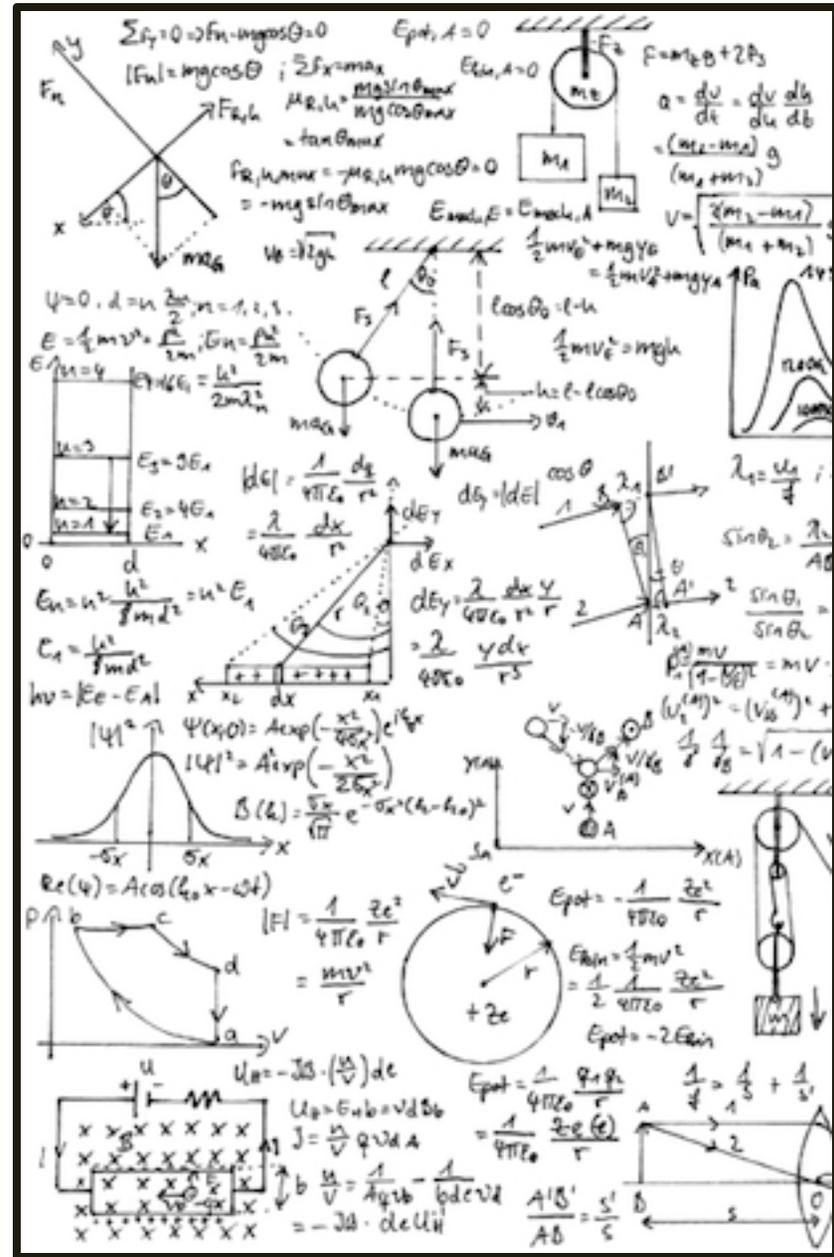
Bevor 3D-Modelle im CAD-System erzeugt werden, bestimmen Ingenieure mithilfe von schnellen und detaillierten Berechnungen, ob neue Produktkonzepte überhaupt machbar sind. Diese Berechnungen helfen nicht nur bei Go- oder No-Go-Entscheidungen, sondern werden auch zum Vergleichen und Gegenüberstellen verschiedener Eigenschaften oder Parameter eines Entwurfs eingesetzt, bevor er in die Detailkonstruktion gelangt.

Detailkonstruktion – Entscheidungsprozesse und Dimensionierung

Bei der Detailkonstruktion führen Ingenieure Berechnungen durch, um die Feinheiten des Produkts auszuarbeiten. Sie treffen Entscheidungen bezüglich der Komponentenauswahl, die sich auf Form, Eignung und Funktion des Entwurfs auswirken. Auch zur Dimensionierung von Teilen und Baugruppen werden Berechnungen durchgeführt. Oft werden diese Maßnahmen parallel mit der Erzeugung des 3D-Modells im CAD-System durchgeführt.

Leistungsvalidierung vor dem Testen

Selbst wenn ein Entwurf relativ ausgereift ist, muss er von Ingenieuren daraufhin validiert werden, dass er erwartungsgemäß funktioniert. Zu diesem Zeitpunkt sind oft bereits CAD-Modelle vorhanden, sodass die existierenden Informationen in der Berechnung genutzt werden können. Dies ist oft dann der Fall, wenn es darum geht, zu überprüfen, ob alle Anforderungen erfüllt sind, und wenn zudem die Nachvollziehbarkeit ein wichtiger Faktor ist.



KEINE KOMPROMISSE MEHR BEI KONSTRUKTIONSBERECHNUNGEN

Kompromisse bei Kalkulationstools

Ingenieure haben für ihre Berechnungen genau zwei Arten von Software-Tools zur Auswahl: Kalkulationstabellen oder mathematische Modellierung. Damit kommen wir zu den Einzelheiten und den Nachteilen der beiden Verfahren.

Kalkulationstabellen: Verluste durch Konvertierung

Tabellenkalkulationstools gehören neben Textverarbeitungs- und Präsentationstools zu den meistverbreiteten Softwarearten in Unternehmen. Kein Zweifel: Ingenieure nutzen täglich Kalkulationstabellen für ihre Berechnungen. Die *Sprache*, in der Konstruktionsberechnungen in Kalkulationstabellen dargestellt werden, ist jedoch ein Problem. Sie fragen sich, warum? Lassen Sie mich Ihnen eine Frage stellen, um der Sache auf den Grund zu gehen.

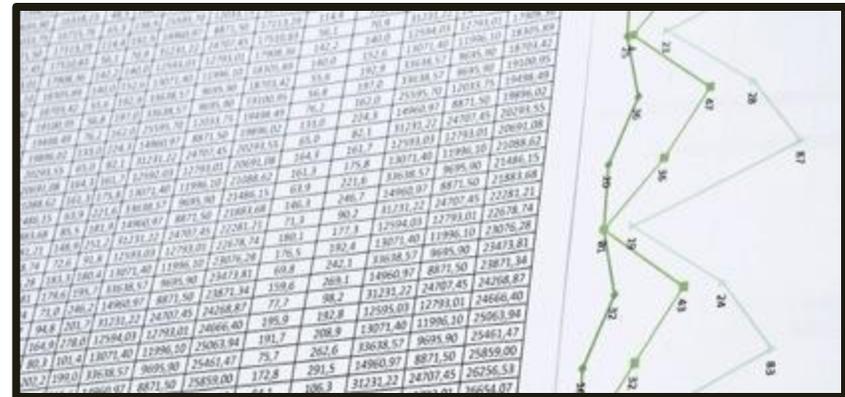
Wie definieren Ingenieure Berechnungen? Richtig: Mithilfe der *mathematischen Schreibweise*. Sie definieren Variablen und verwenden diese in Gleichungen. Sie nutzen mathematische Operatoren wie *Integrale* und *Funktionen* mit speziellen Symbolen, die nur in der Analysis und in Differentialgleichungen verwendet werden.

Nun, und wie werden Berechnungen in Kalkulationstabellen geschrieben? Mit einer Syntax, die stark an eine *Programmiersprache* erinnert. Mathematische Operatoren werden als Text eingefügt, nicht in Form von speziellen Symbolen. Es wird auf bestimmte Zellen verwiesen, nicht auf Variablen. Diese Vorgehensweise hat für Ingenieure einige Nachteile.

- **Konvertierung während der Bearbeitung:** Wenn Ingenieure Berechnungen in Kalkulationstabellen erstellen, müssen sie ihre mathematischen Formeln in die entsprechende programmspezifische Syntax umwandeln. Dieser zusätzliche Schritt kann die Quelle von Fehlern sein.

- **Unsichtbar in Zellen:** Sobald eine Berechnung in eine Zelle der Kalkulationstabelle eingegeben wurde, ist nur noch das Ergebnis sichtbar, nicht mehr die eigentliche Formel. Erst beim Markieren der Zelle ist die Berechnungssyntax wieder zu sehen, muss dann aber wieder in die mathematische Schreibweise umgewandelt werden.
- **Einheiten:** Die Variablen in der technischen Entwicklung weisen unzählige Einheiten auf. Zellenwerten in Kalkulationstabellen können Einheiten zugewiesen werden. Sie erkennen aber keine Einheiten. Wenn also Millimeter und Zoll addiert werden sollen, wird diese Berechnung im Tabellenkalkulationsprogramm durchgeführt, obwohl das Ergebnis von der Berechnung her nicht stimmt. Die resultierenden Konstruktionsfehler können katastrophal sein.

Und schließlich wurde Tabellenkalkulationssoftware für die verschiedensten Benutzer und generischen Anwendungen möglichst allgemein gehalten. Für die Konvertierung zwischen *mathematischer Schreibweise* und *Programmiersyntax* sind zusätzliche Schritte erforderlich. Das ist nicht nur zeitaufwendig, sondern kann auch die Quelle von Fehlern sein, die erst in nachgelagerten Produktentwicklungsprozessen ans Licht kommen.



KEINE KOMPROMISSE MEHR BEI KONSTRUKTIONSBERECHNUNGEN

Mathematische Modellierung: Nur für Experten

Tools für mathematisches Modellieren sind zwar weniger bekannt, aber dafür äußerst leistungsfähig. Damit sind sie für die Durchführung von Konstruktionsberechnung ebenfalls geeignet. Im Vergleich zu Kalkulationstabellen bietet Software für mathematisches Modellieren einen viel größeren Funktionsumfang für die Darstellung komplexer Phänomene und Verhaltensweisen. Mit derartiger Software lassen sich komplizierte Algorithmen entwickeln, die wiederholt für Spezialanwendungen wie Finanzprognosen, Genetik-Simulationen usw. verwendet werden.

Berechnungen werden auch in diesen Tools mit einer Syntax definiert, die stark an eine *Programmiersprache* erinnert, allerdings einer viel komplexeren als in Kalkulationstabellen. Daher wird diese Software fast ausschließlich von Experten wie Wissenschaftlern und Mathematikern verwendet. Ingenieure treffen bei der Nutzung dieser Werkzeuge auf Schwierigkeiten. Ihre Einführung und fortlaufende Verwendung ist viel zu komplex.

Außerdem fehlen Integrationen mit CAD-Software und anderen Entwicklungstools, sodass sie während der Detailkonstruktions- oder Validierungsphasen der Produktentwicklung nur sehr schwer einzusetzen sind.

Eine unangenehme Wahl

Zusammenfassend müssen sich Ingenieure also zwischen zwei wenig vorteilhaften Softwarelösungen entscheiden, um ihre Berechnungen durchzuführen. Beide sind theoretisch für Kalkulationsberechnungen geeignet. Aber keine von ihnen verwendet für die Definition oder auch die Darstellung von Formeln eine mathematische Schreibweise. Ehrlich gesagt haben Ingenieure also die Wahl zwischen Pest und Cholera.



KEINE KOMPROMISSE MEHR BEI KONSTRUKTIONSBERECHNUNGEN

Konstruktionsberechnungssoftware

Seit einigen Jahren gibt es nun eine dritte Art von Software für technische Formeln: Konstruktionsberechnungssoftware. Diese Software wurde speziell für Ingenieure in Konstruktion und Produktentwicklung konzipiert. Sie weist eine Reihe von wichtigen Merkmalen auf, die sie von den anderen Systemen unterscheiden:

Natürliche Unterstützung der mathematischen Schreibweise

Das vorrangige Merkmal von Konstruktionsberechnungssoftware ist, dass sie von Natur aus die mathematische Schreibweise verwendet. Ingenieure definieren Variablen, die sie dann in ihren Gleichungen verwenden. Als Nächstes erstellen sie Formeln mithilfe von mathematischen Operatoren, wie sie in der Analysis und in Differentialgleichungen verwendet werden, nicht mit Programmierfunktionen, die umgewandelt werden müssen. Außerdem verweisen sie auf die zuvor definierten Variablen und nicht auf Zellen.

Ein weiteres wichtiges Merkmal von Konstruktionsberechnungssoftware ist die Darstellung von Formeln. Sie werden nicht in Zellen ausgeblendet oder in Programmiersyntax dargestellt. Stattdessen werden sie genauso leicht erkennbar dargestellt wie auf einem Blatt Papier. So ist es sehr einfach, die Konstruktionsabsicht des Ingenieurs zu erkennen.

Diese natürliche und vertraute Vorgehensweise vereinfacht die Erstellung von Gleichungen und verhindert Fehler, die zu Konstruktionsfehlern führen könnten. Andere Ingenieure können die Formeln schnell und einfach prüfen, da der Zusatzaufwand für die Umwandlung der Gleichungen von Kollegen entfällt.

Unterstützung von Einheiten und Intelligenz

Ein weiteres wichtiges Kennzeichen von Konstruktionsberechnungssoftware ist die Fähigkeit, die Einheit jeder Zahl und Variablen in jeder Gleichung zu erkennen. Angenommen, Sie möchten eine Bemaßung in Zoll mit einer anderen in Millimetern addieren und das Ergebnis in Metern anzeigen. Die Software konvertiert automatisch jede der Eingaben in dieselbe Einheit und rechnet das Ergebnis anschließend in die gewünschte Einheit um.

Das ist aber noch nicht alles. Wenn Sie beispielsweise versuchen, einen Wert in Megapascal, der Einheit für Druck, mit einem Wert in Newton, der Einheit für Kraft, zu addieren, wird der Einheitenfehler von der Software hervorgehoben. Insgesamt bedeutet die Tatsache, dass Konstruktionsberechnungssoftware Einheiten erkennt und intelligent ist, eine weitere Absicherung gegen Konstruktionsfehler. Einheiten werden also durch die Software verwaltet, sodass der Benutzer entlastet wird.



KEINE KOMPROMISSE MEHR BEI KONSTRUKTIONSBERECHNUNGEN

Enge Integration mit CAD-Anwendungen

Die Integration mit CAD-Anwendungen ermöglicht die Erstellung von Gleichungen unter Verwendung von Parametern, Bemaßungen oder Messungen aus dem 3D-Modell als Variablen. Eine bedeutende Facette dieser Funktion ist allerdings, was geschieht, wenn das 3D-Modell geändert wird. Die Werte in den Gleichungen werden aktualisiert. Beim Erkunden unterschiedlicher Iterationen des 3D-Modells werden die Formeln also automatisch aktualisiert. Diese Assoziativität ist für Ingenieure nützlich, weil die Konstruktion oft von Natur aus chaotisch ist.

Ein geschlossenes System und die Übernahme von Änderungen, die sich aus Konstruktionsberechnungen ergeben, zurück in das CAD-Modell, haben jedoch noch einen weiteren Vorteil. Ingenieure können mithilfe von Formeln routinemäßig Optimierungen und statistische Versuchplanungen durchführen und die Ergebnisse an das CAD-Modell zurück übertragen.

Standardisierung und Wiederverwendung von Berechnungen

Während der Konstruktion stoßen Ingenieure selbstverständlich immer wieder auf einmalige Berechnungen, die nur für ein bestimmtes Produkt oder eine Anwendung relevant sind. Der Großteil ihrer Arbeit besteht jedoch darin, sehr ähnliche Leistungsmerkmale und Messgrößen oder äußerst geringe Abweichungen zu untersuchen. In diesem Kontext ist ein wichtiges Merkmal von Konstruktionsberechnungssoftware die Fähigkeit, Untermengen oder vollständige Formeln zu speichern und dann wiederzuverwenden. So kann jeder bereits vorhandene Arbeitsergebnisse nutzen, statt sie neu erstellen zu müssen. Das Unternehmen kann Berechnungsstandards und -verfahren definieren und anwenden.

Eingebettete Diagramme, Bilder und Text

Beim Durchführen von Berechnungen geht es jedoch nicht *nur* um Mathematik. Ingenieure ergänzen ihre Berechnungen traditionell mit Anmerkungen in Form von Bildern und Texten, die ihnen als Notizen und Dokumentation dienen. Außerdem müssen sie die Ergebnisse ihrer Gleichungen grafisch darstellen, häufig mit variierenden Konstruktionsmerkmalen. Konstruktionsberechnungssoftware ermöglicht es den Benutzern, derartige Informationen direkt neben den Formeln einzufügen, sodass sie besonders leicht nachvollziehbar sind.



KEINE KOMPROMISSE MEHR BEI KONSTRUKTIONSBERECHNUNGEN

Folgen für das Team und jeden Einzelnen

Bislang haben wir viel über die technischen Anforderungen an Konstruktionsberechnungstools gesprochen. Wir sind aber noch nicht auf die Vorteile für das Unternehmen und das Team eingegangen. Zu diesem wichtigen Thema kommen wir jetzt.

Zeit- und Budgeteinsparungen, erfolgreiche Produkte

Wir wirken sich die Vorteile von Konstruktionsberechnungen auf das Unternehmen insgesamt aus? Es gibt mehrere Vorteile, die jedoch alle auf dieselbe Aktivität zurückzuführen sind. Da Ingenieure ihre Berechnungen häufiger und genauer durchführen können, treffen sie bessere Entscheidungen. Das wiederum bedeutet:

- **Keine Kosten und Verzögerungen infolge von Fehlern:** Bessere Entscheidungen bedeuten, dass Ingenieure *auf Anhieb alles richtig machen*. Durch bessere Entscheidungen werden Fehler vermieden, die sich häufig in nachgelagerte Schritte durchziehen und Änderungsaufträge, mehrere Durchgänge von Prototypen, Ausschuss und Nacharbeit nach sich ziehen. Dadurch spart das Unternehmen Zeit und Geld.
- **Erfolg durch bessere Entwürfe:** Bessere Entscheidungen bedeuten auch, dass Ingenieure nicht nur zu einem funktionierenden Entwurf gelangen, sondern wirklich zum besten Entwurf. Das wiederum bedeutet, dass die Produkte wettbewerbsfähig sind und sich am Markt erfolgreich behaupten können.

Für das Unternehmen haben schnellere und genauere Gleichungsberechnungen einige greifbare Vorteile. Heutzutage müssen sich Unternehmen jeden nur möglichen Vorteil gegenüber der Konkurrenz sichern.

Keine Überstunden, persönliche Erfüllung im Beruf

Wenn es um die Vorteile einer bestimmten Software geht, liegt der Schwerpunkt in der Regel auf der Bedeutung für das Unternehmen. Konstruktionsberechnungssoftware bietet jedoch für jeden einzelnen Ingenieur ebenso viele Vorteile wie für das Team insgesamt.

- **Mehr Privatleben:** Fehler im Entwurf können Ingenieuren das Leben zur Hölle machen. Ein Änderungsauftrag kurz vor Produktstart kann die Planung über den Haufen werfen. Aktuelle Konstruktionsprojekte müssen zurückgestellt werden, und die Ingenieure müssen sich wieder ganz und gar einem Entwurf widmen, an dem sie schon vor Monaten gearbeitet haben. An Feierabend oder Wochenende ist nicht zu denken, bevor das Problem gelöst wurde. Durch die Fähigkeit, Berechnungen häufig und mit hoher Präzision durchzuführen, können Ingenieure Fehler und die damit verbundenen Störungen von vornherein vermeiden. Dadurch ist auch der verdiente Feierabend oder das Wochenende gerettet.
- **Persönliche Erfüllung in der technischen Entwicklung:** Wie viele Ingenieure haben sich wohl für diesen Beruf entschieden, weil sie Kalkulationstabellen programmieren oder mathematische Modelle erstellen wollten? Sehr wenige. Letztendlich geht es bei der Tätigkeit des Ingenieurs darum, Produkte zu entwerfen. Wenn Ingenieure ihre Gleichungen intuitiver erstellen und ändern können, können sie sich besser auf die technische Entwicklung statt auf die Feinheiten des Tabellenkalkulationsprogramms konzentrieren.

Kurz: Konstruktionsberechnungssoftware kann sich äußerst positiv auf das Privat- und Berufsleben eines Ingenieurs auswirken.

KEINE KOMPROMISSE MEHR BEI KONSTRUKTIONSBERECHNUNGEN

Zusammenfassung und Ergebnis

In diesem eBook haben wir einen vielfältigen Themenbereich rund um die technische Entwicklung und um Berechnungen besprochen. Fassen wir noch einmal kurz zusammen.

Berechnungen: Eine zentrale Konstruktionsfunktion

Ingenieure führen Berechnungen durch, um die Leistung von Produkten in unterschiedlichen Phasen des Produktentwicklungsprozesses zu beurteilen:

- Konzeptuelle Durchführbarkeits- und Tradeoff-Studien
- Detailkonstruktion – Entscheidungsprozesse und Dimensionierung
- Leistungsvalidierung vor dem Testen

Kompromisse bei Kalkulationstools

Heute gibt es zwei Arten von Software-Tools, die Ingenieure für Berechnungen nutzen können: Tabellenkalkulationssoftware und Software für mathematische Modellierung. Beide sind problematisch, weil sie eine Art *Programmiersprache* statt *mathematischer Syntax* verwenden. Dies kann zu Fehlern und falscher Verwendung führen.

Konstruktionsberechnungssoftware

Seit einigen Jahren gibt es nun eine dritte Art von Software für technische Formeln: Konstruktionsberechnungssoftware. Sie weist einige wichtige Merkmale auf:

- Natürliche Unterstützung der mathematischen Schreibweise
- Unterstützung von Einheiten und Intelligenz
- Enge Integration mit CAD-Anwendungen
- Standardisierung und Wiederverwendung von Berechnungen

Folgen für das Team und jeden Einzelnen

Die Definition von Formeln mithilfe von Konstruktionsberechnungssoftware hat gegenüber den anderen Alternativen einige Vorteile:

- Die Vorteile für das Unternehmen ergeben sich aus einer Verbesserung: Ingenieure führen Berechnungen häufiger und genauer durch, sodass sie bessere Entscheidungen treffen. Dadurch werden teure Fehler vermieden und erfolgreichere Konstruktionen erstellt.
- Die einzelnen Ingenieure profitieren ebenfalls davon. Häufigere und genauere Berechnungen helfen ihnen, Fehler zu vermeiden, die später zu Problemen in der Konstruktion führen. So können die Ingenieure Überstunden und Wochenendarbeit vermeiden. Außerdem können sie sich ganz auf die Konstruktionsarbeit konzentrieren, statt sich mit der Programmierung von Kalkulationstabellen oder mathematischen Modellen auseinandersetzen zu müssen.

Das Durchführen von Berechnungen wird wohl auch in Zukunft eine zentrale Rolle im Ingenieursberuf spielen. Aber jetzt gibt es keinen Grund mehr, warum es nicht besser und schneller erledigt werden könnte.

Weitere Informationen zu Konstruktionsberechnungssoftware finden Sie auf der [Website zu PTC Mathcad](#). Teilweise von PTC gesponsert, alle Konzepte und Ideen sind eine eigenständige Entwicklung, © 2012 LC-Insights LLC.



Chad Jackson ist leitender Analyst bei [Lifecycle Insights](#) und einer der Gastgeber der [Tech4PD Show](#). Er erforscht Software für die technische Entwicklung und schreibt über seine Erkenntnisse. Sie erreichen ihn telefonisch unter +1 (512) 284-8080, per [E-Mail](#), auf [Twitter](#) oder bei [LinkedIn](#).