

# Standardisierung von Konstruktionsberechnungen in einem Produktentwicklungssystem

DIE BEDEUTUNG VON EFFEKTIVER DOKUMENTATION FÜR DIE ERFOLGREICHE PRODUKTKONSTRUKTION

## Zusammenfassung

Erfolgreiche Produktentwicklungsunternehmen sorgen für eine effektive Erfassung und einen nachhaltigen Schutz ihres Ingenieurwissens. Das Ingenieurwissen umfasst die immateriellen Ressourcen, die für die Entwicklung eines Produkts und/oder Services wichtig sind. Sie sind wichtig für den Nachweis der Besitzrechte sowie für die Wiederverwendbarkeit bei zukünftigen Produkten. Die Analysen, die diesen Produkten und Services zugrunde liegen und sie validieren, sind jedoch oftmals auf persönlichen Festplatten, Speichersticks oder Notebooks gespeichert. Diese Verteilung der Daten auf verschiedene Speichermedien macht eine erfolgreiche Pflege und Weiterentwicklung ihres Ingenieurwissens für die Unternehmen zu einer echten Herausforderung. Mit zunehmender Konstruktionskomplexität wird es immer wichtiger, entscheidende Analysen zu dokumentieren und zu erfassen, damit stets nachvollzogen werden kann, welche Konstruktionsentscheidungen wie und warum getroffen wurden.

## Einführung

Nur selten wird ein Produkt komplett neu entwickelt, ohne dass dabei vorhandenes Ingenieurwissen zum Einsatz kommt. Zahlreiche erfolgreiche Produkte sind das Ergebnis von Konstruktionsänderungen an Vorgängerprodukten. Dennoch klagen Kunden in Gesprächen über ihre Produktentwicklungsprozesse häufig: „Letzten Endes müssen wir unsere eigenen Produkte, die wir selbst konstruiert und erstellt haben, neu entwickeln.“ In einer solchen Situation können die Ingenieure ebenso gut ganz von vorn beginnen. Geschäftskritisches Ingenieurwissen, das zusammengetragen wurde und anschließend verloren ging, muss nun neu erstellt werden.

Die Wiederverwendung von Analysen spart Zeit und Geld. Wenn Ingenieure Ingenieurwissen neu konstruieren, erstellen oder entwickeln, können sie nicht von den Vorteilen der Wiederverwendbarkeit profitieren. Dies ist vor allem dann von Nachteil, wenn ein Unternehmen ein neues Produkt entwickelt, bei dem es sich um eine Variante eines älteren Modells handelt. Eine Neuerstellung von Berechnungen ist äußerst unproduktiv. Doch das einfache Speichern von Berechnungen auf Notebooks oder in Form von digitalen Dokumenten reicht nicht aus, um diesem Problem wirklich etwas entgegenzusetzen zu können. Die mit der Neuentwicklung beauftragten Ingenieure und Teams müssen unzählige Daten und Berechnungen sichten. Dies führt häufig dazu, dass sie einfach aufgeben und von vorn beginnen.

Damit vorhandene Arbeit wiederverwendet werden kann, müssen Standards und Prozesse eingeführt werden, die von allen Mitarbeitern eingehalten werden. Mathcad<sup>®</sup>, die Konstruktionsberechnungssoftware von PTC, ermöglicht eine Optimierung der Produktkonstruktion. Und was noch wichtiger ist: Die Lösung erfasst diese Informationen und bietet somit die Möglichkeit, den oben erwähnten Standards und Prozessen eine offizielle Form zu verleihen. Dank der Kombination von Berechnungen, Text und Grafiken auf einer Plattform sind die Mathcad Arbeitsblätter übersichtlich und leicht verständlich. Diese Übersichtlichkeit in Verbindung mit einem leistungsstarken mathematischen Modul macht Mathcad zu einem automatischen Dokumentations-Tool, das es Ingenieuren ermöglicht, sowohl mit internen als auch mit externen Beteiligten effizient zu kommunizieren.

Wenn Unternehmen die Mathcad Funktionen für Analyse und Dokumentation mit einem Datenmanagementsystem (wie Windchill<sup>®</sup>, der Produktmanagementlebenszyklus-Software von PTC) kombinieren, erhalten sie eine organisierte Methode zur Berechnungsverwaltung. Basierend auf einer solchen Infrastruktur können Gruppen, Abteilungen und Unternehmen Prozesse entwickeln und ihre Konstruktionsberechnungen standardisieren. Dieses White Paper liefert einen Überblick über die PTC Vision für Best Practices zur **Standardisierung von Konstruktionsberechnungen** bei der Produktentwicklung und beleuchtet die Rolle von Mathcad als wichtiges Tool bei der Dokumentation des Ingenieurwissens erfolgreicher Produkte.



Es gibt verschiedene Gründe, warum Ingenieure Analysen und Arbeitsschritte, die bereits von anderen erledigt wurden, wiederholen oder sogar ihre eigene Arbeit neu erstellen müssen:

- Dateien wurden nicht zentral gespeichert, weshalb der Zugriff darauf beschränkt ist
- Dateien sind verfügbar, können aber aufgrund mangelnder Anmerkungen, fehlendem Wissen zu bestimmten Programmiersprachen usw. nicht korrekt interpretiert werden

- Ingenieure implementieren ihre eigenen Berechnungen, die von anderen nicht nachvollzogen werden können
- Ingenieure implementieren ihre eigenen Layouts und Formate, wodurch eine Wiederverwendung ihrer Arbeit erschwert wird

Das folgende Modell zeigt die verschiedenen Reifegradstufen bei der Standardisierung von Konstruktionsberechnungen innerhalb einer Gruppe, Abteilung und/oder eines Unternehmens. Dieses Modell wurde frei nach dem CMMI-Ansatz (Capability Maturity Model Integration) für die Prozessverbesserung entworfen.

Die folgenden vier Anwendungsfälle zeigen die verschiedenen Ebenen des Reifegradmodells für die Standardisierung.



**Ebene 1: Erste Implementierung von Mathcad**  
**Universelle Berechnungen für die Telekommunikation**

Michael arbeitet für ein Telekommunikationsunternehmen. Er ist Mitglied des Basisstation-Teams. Sein Spezialgebiet ist das Testen von Leistungsverstärkern. Sein Unternehmen hat kürzlich die Einführung neuer Basisstationen bekannt gegeben, die mit einem neuen Kommunikationsprotokoll ausgestattet sind, das von Betreibern schnurloser Telefone verwendet wird.

Bisher haben Michael und sein Team immer verschiedene Tools eingesetzt, um die Verstärker zu testen. Diese Tools werden in der Regel vom Konstruktionsteam vorgegeben, da es in die frühen Phasen des Entwicklungszyklus eingebunden ist. Zu dem Zeitpunkt, an dem das Testteam einbezogen wird, wurden bereits zahlreiche Analysen durchgeführt, weshalb die Tester angehalten sind, vorhandene Arbeit wiederzuverwenden und dieselben Software-Tools wie das Konstruktionsteam zu verwenden.

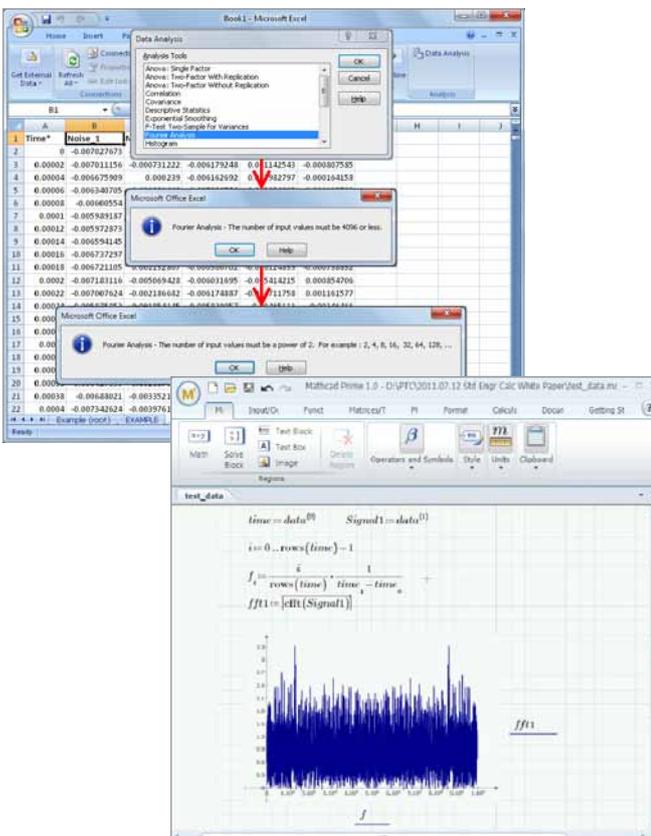
Grundsätzlich wählt das Konstruktionsteam seine Tools in Hinblick auf Vertrautheit und Verfügbarkeit aus. Die Tools, die beim letzten Projekt zum Einsatz kamen, werden wahrscheinlich für neue Projekte wiederverwendet. Und wenn ein Tool nicht mehr verfügbar ist, verwendet das Team die von der IT-Abteilung lizenzierten und derzeit verwalteten Tools. Allerdings sind die Kriterien der Vertrautheit und/oder Verfügbarkeit nicht immer geeignet, um das beste Tool zu ermitteln.

Beim vorherigen Basisstations-Konstruktionsprojekt verwendete das Konstruktionsteam eine Kombination aus PACAD, Agilent EEsof und MathWorks™ MATLAB® und Simulink®. Nachdem das Projekt abgeschlossen war, wurden diese Lizenzen von der IT-Abteilung nicht erneuert. Jetzt, wo das Konstruktionsteam dabei ist, die besten Software-Tools für die nächsten Projekte zu ermitteln, entschließt Michael sich, seine Analysen mit Excel durchzuführen. Der Grund dafür ist, dass Excel auf den Computern aller Mitarbeiter installiert ist, weshalb es der logische gemeinsame Nenner ist.



Doch schnell stößt Michael bei der Verwendung von Excel auf einige grundlegende Einschränkungen. Als Erstes muss er einige allgemeine FFT-Analysen für Signalverarbeitungsroutinen, Kohärenz-Analysen und Filterungen vornehmen. Hierfür sind in Excel jeweils zahlreiche Schritte erforderlich. Darüber hinaus ist es schwierig, den Informationsfluss in Excel nachzuvollziehen und zu visualisieren, wie die verschiedenen Parameter die Ausgabe während der Analysen verändern. In der Zwischenzeit wählt das Konstruktionsteam aus einigen spezialisierten Tools Mathcad als Haupttool für die Zusammenfassung seiner Ergebnisse aus. Michael beschließt, ebenfalls Mathcad für seine Berechnungen einzusetzen.

Mathcad bietet viele der grundlegenden mathematischen Funktionen, die Michael in der Regel verwendet. Darüber hinaus bietet es erweiterte Verarbeitungsfunktionen, die für die Ermittlung der Leistung von Verstärkern relevant sind. Und obwohl das Entwicklungsteam spezialisierte Softwarepakete für die verschiedenen Aspekte der Konstruktionsarbeit verwendet, können die Ergebnisse problemlos für übergeordnete Berechnungen in Mathcad integriert werden. Mit Mathcad kann Michael seine Testberechnungen fortsetzen und die Arbeit des Konstruktionsteams integrieren, egal ob es sich dabei um in Mathcad erstellte Arbeitsblätter oder um Ausgaben anderer Softwareprodukte handelt.



Oben: Mit Excel ist es schwierig, die Schritte nachzuvollziehen, die Michael im Rahmen seiner Analyse (in diesem Fall eine FFT-Analyse) vorgenommen hat. Unten: In Mathcad wird jeder Schritt durch intuitive mathematische Schreibweisen dokumentiert.

Die größte Hürde für Michael besteht darin, alle Mitglieder seines Teams dazu zu bringen, ebenfalls Mathcad zu nutzen, da es sehr ineffizient wäre, zwei verschiedene Tools für die Durchführung derselben Berechnungen zu verwenden.

**Auswertung**

Das Beispiel von Michael ist typisch für eine Implementierung der ersten Ebene (oder Erstimplementierung) des Reifegradmodells für die Standardisierung. Jeder Ingenieur verwendet die Tools, die gerade verfügbar sind. Michael verwendet Mathcad, weil diese Lösung auf seinem PC installiert ist und weil er sie bereits zuvor verwendet hat. Seine Kollegen verwenden jedoch nicht stets dieselben Tools.

Da jeder Ingenieur die Tools verwendet, auf die er gerade Zugriff hat, muss Michael an einem bestimmten Punkt einen gemeinsamen Nenner finden: Excel. In diesem Fall bietet Excel jedoch nicht die Funktionalität, die Michael benötigt. Er kann zwar einige seiner Aufgaben in Excel durchführen, jedoch ist deutlich mehr Aufwand erforderlich, um **eigene Funktionen zu erstellen, Einheiten nachzuvollziehen und Gleichungen zu verifizieren.**

Die Einführung von Software für spezifische Berechnungen kann bei der Durchführung tiefgreifender Analysen für spezifische Anwendungen von Vorteil sein. Das Problem ist der damit verbundene Mehraufwand. Dazu zählen die hohen Verwaltungskosten und, was noch wichtiger ist, die erforderliche Zeit für Schulung und Einarbeitung. Die Weitergabe von Arbeit und Ergebnissen an verschiedene Softwaretools kann sehr mühsam sein. Zudem kann der Einsatz spezialisierter Softwareprogramme stark variieren, wenn Ingenieure ein Projekt abschließen und zum nächsten übergehen. Dies stellt ein Problem für den IT-Bereich dar, der stets die aktuellen Versionen zahlreicher Softwareprogramme bereitstellen muss.

Um die nächste Stufe innerhalb des Reifegradmodells zu erreichen, müssen Michael und sein Team Folgendes tun:

- Mathcad konsistent und projektübergreifend verwenden
- Bei Verwendung eines von der Software des Konstruktionsteams abweichenden Programms Mathcad für das Importieren von Modellen verwenden, die zwecks Verifizierung mit den erfassten Daten verglichen werden können
- Arbeitsblätter auf einem zentralen Server speichern, sodass das gesamte Team darauf Zugriff hat



**Ebene 2: Verwaltete Implementierung von Mathcad**  
**Zusammenarbeit in den Bereichen Architektur,**  
**Ingenieurtechnik und Konstruktion**

Claudia ist Bauingenieurin bei einem Baumanagementunternehmen. Sie entwickelt und prüft die Konstruktion von Schleusen für den Transport zu Wasser. Bei ihrem aktuellen Projekt besteht ihre Aufgabe darin, die Konstruktionsentwürfe für eine Schleuse als unabhängige Prüferin zu bewerten. Diese Schleuse unterscheidet sich von anderen, da sie in einer Region eingesetzt wird, in der sowohl kalte Wetterbedingungen als auch Erdbebengefahr herrschen. Claudia muss die Widerstandsfähigkeit gegenüber seismischen Kräften und den Einfluss von Eis und Wind in ihre Analysen einbeziehen.

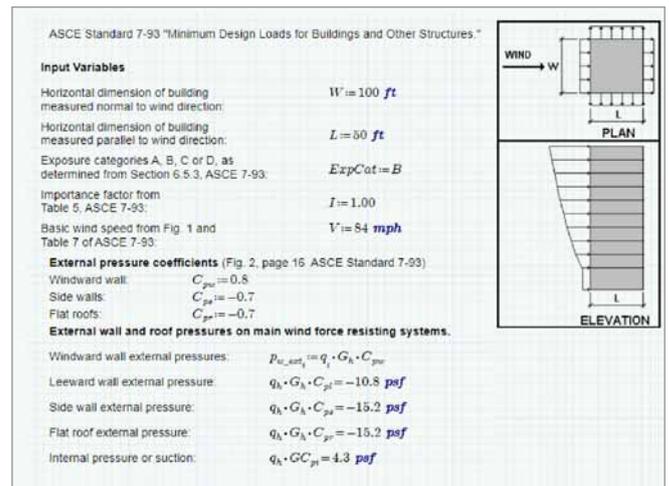
Die Entwicklungsabteilung in Claudias Unternehmen speichert alle Dateien (Anforderungen, Berechnungen, Datendateien usw.) auf einem gemeinsamen Laufwerk auf dem Netzwerk. Dies macht es einfach für Claudia, vorhandene Arbeit abzurufen und für ihr Projekt wiederzuverwenden. Sie hat bereits für ein früheres Projekt, bei dem ebenfalls seismische Kräfte berücksichtigt werden mussten, einige Mathcad Arbeitsblätter erstellt. Während sie das gemeinsame Laufwerk durchsucht, stößt sie auf Arbeiten von einer Gruppe, die einer anderen Niederlassung angehört. Die Berechnungen dieser Gruppe wurden in Excel durchgeführt und liegen in SI-Einheiten vor. Bei ihrem aktuellen Projekt muss Claudia englische Einheiten verwenden.

Die von den Mitarbeitern der anderen Niederlassung durchgeführten Berechnungen sind für ihr aktuelles Projekt äußerst relevant, da der Einfluss sowohl von Eis als auch von Wind berücksichtigt wird. Schnell erkennt Claudia jedoch, dass das Durcharbeiten der Excel-Arbeitsblätter ein komplizierter Prozess ist: Die Gleichungen sind nur schwer nachvollziehbar, und sie muss zwischen separaten Dateien für Wind- und Eiseffekte wechseln. Innerhalb der einzelnen Tabellen ist die Reihenfolge der durchgeführten Schritte nicht erkennbar. Ebenso schwierig ist es, festzustellen, welche Variablen welche Formeln betreffen. Darüber hinaus müssen die Einheiten manuell nachverfolgt werden, und die zuverlässige Konvertierung aller Einheiten in englische Einheiten ist eine zeitraubende Aufgabe.

Claudia wird klar, dass sie die Excel-Arbeitsblätter in Mathcad konvertieren muss, um effektiver arbeiten zu können. Sie erstellt ein Mathcad Arbeitsblatt für die Auswirkungen von Eis und eines für die Auswirkungen von Wind. Sie kann ihre Ergebnisse kompilieren, indem sie die Eis- und Wind-Arbeitsblätter als Referenzdateien in ihr Ergebnisarbeitsblatt einfügt. Die natürliche mathematische Schreibweise in Mathcad ermöglicht es Claudia und ihren Kollegen, die Analysen problemlos zu prüfen. Gleichungen und Daten aus Bauvorschriften und Standards stellen sicher, dass die Entwürfe allen gesetzlichen Vorgaben entsprechen.

Dank der Funktion für die Erkennung von Einheiten muss Claudia sich keine Gedanken mehr um das Konvertieren der einzelnen SI-Einheiten in englische Einheiten machen. Sie gibt einfach die Excel-Formeln in Mathcad als Gleichungen ein. Mathcad überwacht anschließend alle Konvertierungen und gibt eine Warnmeldung aus, wenn Probleme auftreten.

Die in Mathcad übertragenen Eis- und Windberechnungen kann Claudia nun mit den Arbeitsblättern kombinieren, die sie in Bezug auf die seismischen Kräfte erstellt hat. Das Ergebnis ist ein allgemeines Arbeitsblatt, das es ihr ermöglicht, beliebige Parameter (zulässige Mindesttemperatur, maximal zulässige Erschütterungen, maximal zulässige Windstärke usw.) anzupassen. Anschließend legt sie ihre Arbeit wieder auf dem gemeinsamen Unternehmenslaufwerk ab, wo sie von anderen Ingenieuren, die ebenfalls an Projekten mit Schleusenkonstruktionen arbeiten, abgerufen werden kann.



Variablen sind klar definiert und können für automatische Aktualisierungen im gesamtem Arbeitsblatt problemlos geändert werden. Die Anmerkungsreferenzen geben an, welche Standards verwendet werden, damit die Benutzer wissen, woher die Parameter stammen. Einheiten werden nachverfolgt und können problemlos innerhalb der Berechnungen konvertiert werden.



## Auswertung

Die Verwendung von Mathcad durch Claudias Gruppe ist ein Beispiel für eine Ebene 2- oder verwaltete Implementierung des Reifegradmodells für die Standardisierung. Die Mitarbeiter erkennen den Wert von Mathcad zur Durchführung von Analysen und Erstellung von Arbeitsblättern, die problemlos auf übergeordneter Systemebene von mehreren Teams nachvollzogen werden können. Die Arbeitsblätter werden so abgelegt, dass die Mitarbeiter einfach darauf zugreifen und sie wiederverwenden können.

Claudias Unternehmen hat die richtigen Schritte unternommen, indem es dafür gesorgt hat, dass alle Ingenieursarbeiten auf einem zentralen Server gespeichert werden. Dies erleichtert den Mitarbeitern die Zusammenarbeit an Projekten sowie die Wiederverwendung vorhandener Arbeit. Das Problem, auf das Claudia gestoßen ist, besteht darin, dass die verfügbaren Dateien in vielen verschiedenen Formaten vorliegen. Während ihre Gruppe Mathcad als Standard-Tool für Berechnungen verwendet, ist dies bei anderen Gruppen des Unternehmens nicht der Fall.

Einer der vielen Vorteile von Mathcad besteht darin, dass die Analysen leicht verständlich sind und Einheiten problemlos gehandhabt werden können. Mathcad ermöglicht es Ingenieuren, Berechnungen auf intuitive Weise zu präsentieren, ähnlich wie in einem Notizbuch. Dies erleichtert das Nachverfolgen der Berechnungen und des Informationsflusses. Die Fähigkeit, Referenzen zu einem Mathcad Arbeitsblatt hinzuzufügen, macht es möglich, große und komplizierte Berechnungen ganz einfach in Referenzarbeitsblätter aufzugliedern und anschließend in ein Master-Dokument einzubinden. Die Funktionen zur Konvertierung und Erkennung von Einheiten nehmen den Ingenieuren eine große Last von den Schultern, sodass sie einfacher von einem System zu einem anderen wechseln können.

---

Um die nächste Stufe innerhalb des Reifegradmodells zu erreichen, müssen Claudia und ihr Unternehmen Folgendes tun:

- Mathcad als Standard festlegen, und zwar nicht nur für Claudias Gruppe, sondern für das ganze Unternehmen
  - Damit beginnen, Mathcad Vorlagen zu erstellen
- 

## Ebene 3: Definierte Implementierung von Mathcad

### Verbesserte Prozesse in Luft-/Raumfahrt und Verteidigung

Max ist Systementwickler eines Integrationsteams bei einem Unternehmen im Bereich Luft-/Raumfahrt und Verteidigung. Derzeit arbeitet er an einem Radarprogramm. Max arbeitet ständig mit dem Systemarchitekturteam hinsichtlich der Anforderungen, mit dem Softwareteam hinsichtlich der Algorithmen für Radarmission, Signalverarbeitung und Kontrollraum und mit dem Hardwareteam hinsichtlich des Designs für Empfänger/Erreger zusammen. Das bedeutet, dass er nicht nur an der Prüfung der Systemspezifikationen beteiligt ist und die Funktionsweise des Radars auf übergeordneter Ebene versteht, sondern darüber hinaus gelegentlich Software- und Hardwaredetails analysieren muss, um Probleme und Einschränkungen bei einzelnen Gruppen zu beheben.

Max verwendet Mathcad regelmäßig für Berechnungen, die sowohl schnelle Überprüfungen als auch Kalkulationen mit umfassenden Datensätzen und komplexen Algorithmen umfassen. Für Max ist Mathcad ein hilfreiches Tool, das es ihm ermöglicht, detaillierte Analysen durchzuführen und die Ergebnisse auf übersichtliche Weise auf Systemebene weiterzugeben. Mathcad steht nicht nur ihm und seiner Abteilung zur Verfügung. Die Entwicklungsabteilung bietet ebenfalls Schulungen für neue Benutzer und regelmäßige tiefgreifende Sitzungen zu bestimmten Themen wie Statistik, Bildverarbeitung und symbolischer Mathematik an.

Kürzlich entdeckte Max bei der Überprüfung eines Schnittstellensteuerungsdokuments, das die Kommunikation zwischen zwei Untersystemen spezifiziert, eine Inkonsistenz zwischen einem angegebenen Messwert und den Vorgaben des Anforderungen-Dokuments. Schnell erstellte er ein Mathcad Arbeitsblatt, das die für die Behebung dieses Problems erforderlichen Änderungen aufzeigte.

Um sicherzustellen, dass dieses Arbeitsblatt ebenso wie die anderen Arbeitsblätter des Projekts aufgebaut ist, standen Max verschiedene Vorlagen zur Verfügung, welche die Konsistenz sicherstellen. Zunächst wendete Max die Vorlage für Fehlerberichte auf sein Mathcad Arbeitsblatt an. Diese Vorlage erstellt Kopf- und Fußzeilen mit Feldern, die Angaben hinsichtlich Ersteller des Fehlers, ID-Nummer, Phase und dem Dokument, in dem der Fehler aufgetreten ist, enthalten. Als Nächstes wendete Max eine Berechnungsvorlage an, die einer Referenzdatei ähnelt, jedoch auch für die Standardisierung von Parametern und Gleichungen verwendet wird. Durch die Anwendung dieser beiden Vorlagen auf sein Arbeitsblatt konnte Max sicher sein, dass er die richtigen Parameter für das Radarprojekt in einem Arbeitsblatt verwendet, das dem Projektstandard entspricht.

Nach der Implementierung dieser Vorlagen lud Max das Arbeitsblatt in das Fehlerberichtssystem des Unternehmens. Er gab dabei das Schnittstellensteuerungsdokument, das Anforderungen-Dokument und die erforderlichen Änderungen zur Behebung des Problems an. Das Fehlerberichtssystem verwaltet Max' Arbeitsblatt auf einem Server und dokumentiert alle nachfolgenden Änderungen. Sobald das Dokument auf dem Server gespeichert ist, können Max' Kollegen es problemlos abrufen, selbst wenn Mathcad nicht auf ihrem jeweiligen PC installiert ist.

Da die Mitglieder des Fehlerprüfungsteams Mathcad nicht installiert haben, baten sie Max, eine PDF-Version hochzuladen. Durch das Anhängen einer PDF-Datei an den Fehlerbericht wird es auch Kollegen ohne Zugriff auf Mathcad ermöglicht, die Arbeit von Max einzusehen. Während der Prüfung wurden die Spezifikationen als fehlerhaft erkannt. Die PDF-Datei wurde mit Kommentaren versehen, um die aktualisierten Werte hervorzuheben. Max implementierte die Korrekturen in Mathcad und stellte die PDF-Dateien erneut in das System ein. Zudem legte er das aktualisierte Mathcad Arbeitsblatt im Verzeichnis seiner Gruppe ab. Dort sind alle Dateien gespeichert, die Analysen und Berechnungen enthalten.

Die Arbeitsblätter werden auf einem Netzwerkverzeichnis gespeichert und verwaltet, sodass die Mitglieder der Gruppen schnell auf die benötigten Dokumente zugreifen können, um Änderungen in Fehlerberichten oder Spezifikationen nachzuverfolgen. Vorausgesetzt, die IT-Abteilung pflegt dieses Verzeichnis, können die Dateien auch für künftige Radarprogramme wiederverwendet werden, bei denen Ingenieure beteiligt sind, die nicht am ursprünglichen Projekt mitgearbeitet haben.

## Auswertung

Der Einsatz von Mathcad bei Max' Programm und in seiner Abteilung ist ein Beispiel für eine Ebene 3- oder definierte Implementierung im Rahmen des Reifegradmodells für die Standardisierung. Die Mitarbeiter haben den Wert von Mathcad bei der Durchführung von Analysen und Erstellung von Arbeitsblättern erkannt, die problemlos auf übergeordneter Systemebene von mehreren Teams nachvollzogen werden können und als Berichte dienen, die mit Spezifikationen und entsprechenden Fehlerberichten ergänzt werden können. Die Arbeitsblätter werden so abgelegt, dass die Mitarbeiter einfach darauf zugreifen und sie wiederverwenden können.

Die Abteilung von Max verwendet Mathcad für allgemeine Berechnungen. Mathcad ist auf den PCs aller Ingenieure installiert, es werden die entsprechenden Lizenzen bereitgestellt, und die Ingenieure werden in der Verwendung von Mathcad geschult. Im Rahmen des Radarprogramms wurden zudem Vorlagen für den Einsatz von Mathcad in den verschiedenen Workflows bereitgestellt. **Dadurch können die Mitarbeiter ihre Arbeit problemlos an Teamkollegen weitergeben und für Konsistenz aller miteinander verwandten Berechnungen sorgen.**

Das Speichern der Mathcad Arbeitsblätter auf einem zentralen Server bietet mehrere Vorteile. Erstens können die Ingenieure problemlos nach vorheriger Arbeit suchen und diese wiederverwenden. Zweitens können sie bei richtiger Implementierung die verschiedenen Versionen eines Entwurfs nachverfolgen und den Änderungsverlauf problemlos nachvollziehen. Drittens ermöglicht die Verwendung einer Plattform für das Produktlebenszyklus-Management (PLM) es allen Mitarbeitern, die vorgegebenen Prozesse und Workflows problemlos einzuhalten. Im Beispiel von Max löst die Veröffentlichung des Fehlerberichts mit dem angehängten Mathcad Arbeitsblatt eine Kette von Ereignissen aus: die Prüfung des Fehlers, das Ermitteln der geeigneten Ressourcen, um die erforderlichen Änderungen vorzunehmen, und die Überprüfung, ob der Fehler tatsächlich behoben wurde.

---

Um die nächste Stufe innerhalb des Reifegradmodells zu erreichen, müssen Max und sein Unternehmen Folgendes tun:

- Alle Daten und Mathcad Arbeitsblätter zentral speichern und verwalten
  - Prozesse und Workflows für Berechnungen einführen
  - Die Ingenieure nicht nur in der Verwendung der Tools, sondern auch hinsichtlich der Prozesse schulen
-

**Ebene 4: Optimierte Implementierung von Mathcad**  
**Verbesserte Konstruktionsentwürfe im industriellen Bereich**

Tanja leitet eine Gruppe von Ingenieuren, die Testeinrichtungen für Energieprodukte entwerfen und entwickeln. Ihr Team muss häufig mit zwei Gruppen zusammenarbeiten, die sich an anderen Standorten befinden. Tanjas Kunden kontaktieren sie, wenn sie eine Einrichtung zum Testen ihrer Produkte benötigen. Da der Bau dieser Einrichtungen sehr teuer ist, müssen Tanja und ihr Team die Anforderungen erfassen und eine Einrichtung entwerfen, die diesen Vorgaben gerecht wird, gleichzeitig jedoch so allgemein gehalten ist, dass sie auch für ähnliche Produkte verwendet werden kann.

Tanjas aktueller Auftrag besteht darin, eine Testeinrichtung zu entwickeln, in der ein neuer Entwurf für eine Windturbine geprüft werden soll. Sie erinnert sich, dass ein anderes Team ihres Unternehmens vor einigen Jahren eine Anlage zum Testen von Windturbinen entwickelt hat. Sie ruft das entsprechende Projekt auf dem PLM-Server auf, um die Anforderungen zu vergleichen. Sie öffnet das Mathcad Arbeitsblatt, das beim alten Projekt für die Verifizierung der Anforderungen verwendet wurde. Sie gibt neue Zahlen für die neuen Anforderungen ein und stellt fest, dass die bestehende Einrichtung für das Testen des neuen Entwurfs modifiziert werden kann.

	PTC	Job No.	Sheet No.	Rev.
	Calculation Sheet	RY123450	1	1

Create a tristed 3-D surface to illustrate the shape of a typical well designed impeller blade.

$$XL_{i,j} := CL_{i,0} \cdot \cos(\psi_j) + CL_{i,1} \cdot \sin(\psi_j) + CL_{i,2} \cdot 0 + CL_{i,3} \cdot L \cdot s_j$$

$$YL_{i,j} := CL_{i,0} \cdot \sin(\psi_j) + CL_{i,1} \cdot \cos(\psi_j) + CL_{i,2} \cdot 0 + CL_{i,3} \cdot -2.5$$

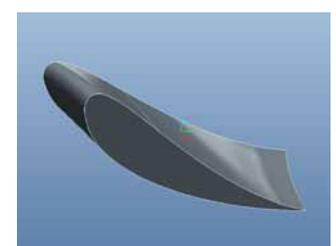
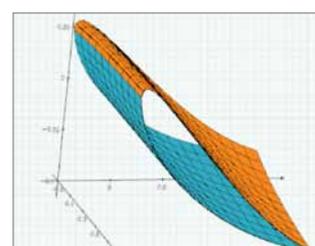
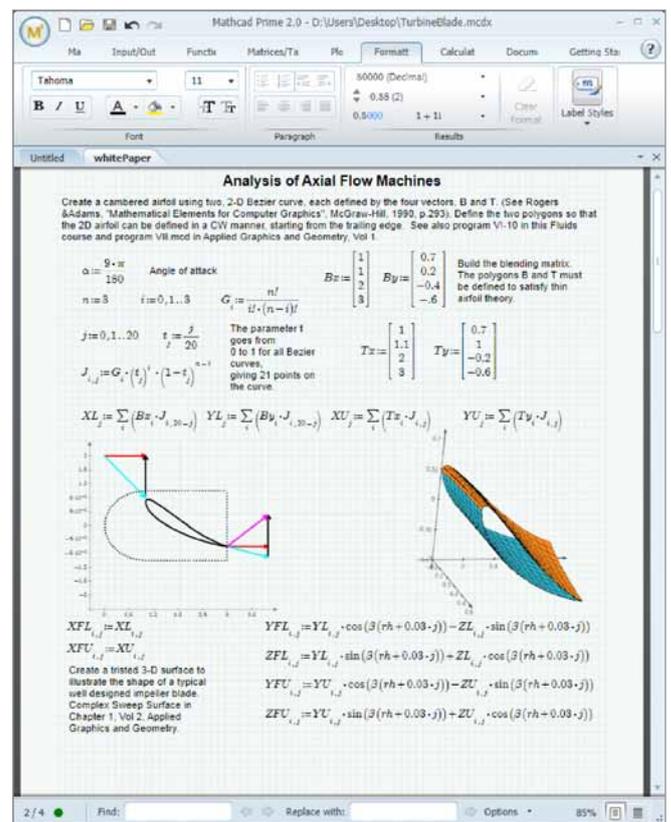
$$ZL_{i,j} := CL_{i,0} \cdot 0 + CL_{i,1} \cdot 0 + CL_{i,2} \cdot 1 + CL_{i,3} \cdot 0 - 0.25$$

$$XU_{i,j} := CU_{i,0} \cdot \cos(\psi_j) + CU_{i,1} \cdot \sin(\psi_j) + CU_{i,2} \cdot 0 + CU_{i,3} \cdot L \cdot s_j$$

Tanja erstellt ein neues Projekt für die Testeinrichtung des neuen Turbinenentwurfs und kopiert die relevanten Dateien aus dem alten Projekt. Sie aktualisiert die Vorlagen, die für die Berechnungen im neuen Entwurf verwendet werden sollen. Ähnlich wie bei der vorherigen Fallstudie enthalten diese Vorlagen Referenzen auf Gleichungen und Informationen, die Tanjas Gruppe verwenden kann.

Tanja kann nun all diese grundlegenden, in der Vorlage definierten Gleichungen gemeinsam mit den zusätzlichen Analysen aus ihrer vorherigen Arbeit nutzen. Wenn sie fertig ist, verwendet sie Windchill als PLM-System, um ihre Dateien zu speichern. Ihre Kollegen können ihre Arbeit nun prüfen, Vorschläge unterbreiten und sogar die Mathcad Arbeitsblätter aktualisieren. Darüber hinaus müssen die aktuellen Revisionen des geltenden Standards in Bezug auf die Bauvorschriften berücksichtigt werden. Das Team, das mit der Aktualisierung der Standards betraut ist, lädt die neuesten Revisionen in Windchill. Wenn Tanja ihr Arbeitsblatt öffnet, wird automatisch das ganze Arbeitsblatt mit diesen Änderungen aktualisiert. Tanja kann ganz einfach erkennen, ob ihre Entwürfe noch immer gültig sind und den Bauvorschriften entsprechen oder ob sie Änderungen vornehmen muss.

Ebenso wie mit Windchill kann Mathcad auch gemeinsam mit CAD-Software verwendet werden. Die Ergebnisse aus Mathcad können direkt für Geometrie in Creo® Parametric, der von Tanjas Gruppe verwendeten PTC CAD-Software, verwendet werden. Dank dieser Integration können die Mathcad Berechnungen bei einer Änderung der Anforderungen aktualisiert und die CAD-Modelle mit den neuen Werten versehen werden. Das bedeutet, dass das CAD-Team nicht warten muss, bis die Analysten und Konstrukteure ihre Geometrie fertiggestellt haben. Das CAD-Team kann seine Teile und Baugruppen erstellen, während die Analyse- und Konstruktionsteams die endgültigen Werte für die optimalen Bemessungen anpassen. Dank der Integration von Windchill, Creo und Mathcad kann Tanja Anforderungen in Windchill ändern und alle Berechnungen in Mathcad aktualisieren, sodass sie diesen Anforderungen entsprechen. Außerdem kann sie anschließend ein neues CAD-Modell erstellen, das die Bemessungen aus Mathcad enthält.



### Auswertung

Tanjas Unternehmen hat die Ebene 4- oder optimierte Implementierung des Reifegradmodells für die Standardisierung erreicht. Mathcad wird für Berechnungen verwendet, und darüber hinaus ist ein gut definierter Prozess etabliert. Tanja und ihre Kollegen wissen somit genau, wie sie ein neues Projekt optimal beginnen können.

Mit Windchill als PLM-Software kann Tanja schnell alle benötigten Informationen abrufen, beispielsweise bereits erledigte Arbeit, Spezifikationen oder Standards. Windchill ermöglicht zudem der gesamten Gruppe die Zusammenarbeit unter Verwendung von Arbeitsblättern, sodass alle parallel ihre jeweiligen Aufgaben durchführen können. Da Mathcad das bevorzugte Software-Tool ist, erhalten alle eingebundenen Mitarbeiter Mathcad Schulungen und wissen, wie sie das Tool für Analysezwecke nutzen können. Sie verwenden Mathcad zudem, um ihre Arbeit zu dokumentieren und den bestehenden Prozess zu unterstützen.

Unterschiedliche geografische Standorte und die Koordination mit Kollegen stellen dabei kein Problem dar. Tanja kann auf ein Arbeitsblatt zugreifen, während ein Kollege daran arbeitet. Sobald neue Details eingegeben werden, werden alle damit verbundenen Berechnungen mit den Änderungen aktualisiert. Tanja und ihr Team profitieren von den Vorteilen von Mathcad, die für optimierte Entwurfs- und Konstruktionsprozesse sorgen.

### Zusammenfassung

Unternehmen sind bestrebt, die bestmöglichen Produkte in möglichst kurzer Zeit zu entwickeln. Der Erfolg hängt letzten Endes davon ab, immer bessere Produkte schnell auf den Markt zu bringen. Konstruktionsberechnungen, die während der Produktentwicklung erstellt werden, sind das Ingenieurwissen eines Unternehmens. Die Erfassung dieses Ingenieurwissens ist für die Wiederverwendbarkeit von entscheidender Bedeutung und hilft, Produkte schneller auf den Markt zu bringen.

Mathcad ermöglicht es Ingenieuren, ihre Berechnungen durchzuführen, Daten mit Tabellen und Grafiken zu visualisieren und Ergebnisse mit Anmerkungen zu versehen und das alles mithilfe einer einzigen umfassenden Plattform. Darüber hinaus können Unternehmen Mathcad einsetzen, um Standards und Prozesse festzulegen, sodass Ingenieure und ihre Teams ihr Ingenieurwissen auf effiziente Weise erfassen und speichern können. Die Wiederverwendung vorhandener Berechnungen und Ergebnisse hilft dabei, Entwürfe zu verbessern und Prozesse zu beschleunigen.

### Leiten Sie ein Team von Ingenieuren?

Wir liefern Entwicklungsteams wie Ihrem Best Practices für Produktkonstruktion und Entwicklung. Wenn Sie mehr über die Durchführbarkeitsanalyse, Anforderungsverifizierung oder auch nur die Verwendung von Mathcad zur Verbesserung der Produktivität von Entwicklungsteams erfahren möchten, vereinbaren Sie einen Beratungstermin mit einem Mathcad Mitarbeiter.

**Kontaktieren Sie uns noch heute**, und ein Mathcad Mitarbeiter wird telefonisch eine individuelle Demo mit einem Mathcad Experten mit Ihnen vereinbaren.

### Beachten Sie unsere White Paper-Reihe zu Best Practices für die Produktentwicklung:

- [White Paper zu Konstruktionsstudien und Tradeoff-Analysen](#)
- [White Paper zum Anforderungs-Flowdown](#)

Mathcad ist die branchenführende Software für Konstruktionsberechnungen.

Weitere Informationen finden Sie unter: [PTC.com/mathcad/](http://PTC.com/mathcad/)

© 2012, Parametric Technology Corporation (PTC). Alle Rechte vorbehalten. Die Inhalte dieser Seiten werden ausschließlich zu Informationszwecken bereitgestellt. Sie können ohne Vorankündigung geändert werden. Die Gewährleistungen für PTC Produkte und Dienstleistungen sind in den ausdrücklichen Gewährleistungsangaben der jeweiligen Produkte und Dienstleistungen festgelegt, und die hierin enthaltenen Informationen enthalten keinerlei zusätzliche Gewährleistung. Verweise auf die Erfolge von Kunden basieren auf den Erfahrungen eines Einzelbenutzers und auf Nachweisen von Kunden. Analytische oder zukunftsorientierte Aussagen über PTC Produkte und Services oder die Märkte, auf denen PTC agiert, sind Aussagen von Analysten, und PTC macht keine Zusicherungen hinsichtlich deren Genauigkeit. PTC, das PTC Logo, Windchill, Creo, Mathcad und alle 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 sowie Funktions- oder Leistungsumfang können nach Ermessen von PTC geändert werden.

J0523-Mathcad Standardizing Engineering Calculations-WP-0712-de

