

Modernes Wissensmanagement verbessert Auslegungssysteme für Turbogeneratoren

Kraftwerksbetreiber erwarten heute bei allen Komponenten äußerst kurze Lieferzeiten. So beträgt die Durchlaufzeit für Turbogeneratoren von ABB Alstom Power heute weniger als 34 Wochen bei luftgekühlten 200-MVA-Maschinen und 12 Monate bei indirekt wasserstoffgekühlten 500-MVA-Maschinen. Derart kurze Durchlaufzeiten erfordern optimierte Prozesse in Entwicklung, Projektierung und Produktion. Durch gezielte Forschung und Entwicklung ist es ABB Alstom Power gelungen, sowohl die Produktentwicklung als auch die Umsetzung von Innovationen in den Produktlinien zu beschleunigen. Hierbei spielen die Auslegungssysteme eine entscheidende Rolle. Das in diese sehr flexiblen Systeme eingebrachte Fachwissen muss laufend weiterentwickelt und neuen Marktverhältnissen angepasst werden. ABB Alstom Power hat auf der Grundlage modernen Wissensmanagements eine evolutionäre Methode entwickelt, die die vorhandene monolithische Berechnungs-Software in Module aufteilt, die einzeln geändert und angepasst werden können.

H heute ist fast das gesamte für ein Projekt notwendige Fachwissen in der Berechnungs-Software enthalten. Solche Software ist jedoch im Allgemeinen monolithisch aufgebaut und enthält viele Quellcodes, was eine Anpassung an neue Entwicklungsarbeiten erschwert. ABB Alstom Power hat eine Methodik entwickelt, die es ermöglicht, die vorhandene umfangreiche, monolithische Berechnungs-Software in einzelne Module zu gliedern. Der dabei verwendete systematische, evolutionäre Ansatz erlaubt den raschen Einsatz neuer oder geänderter Berechnungsprogramme. Dies bietet auch bei der Benutzung der Programme für Service- und Retrofit-Projekte besondere Vorteile.

Ausgangslage

Computerprogramme werden bei ABB Alstom Power seit mehr als 30 Jahren für die Entwicklung elektrischer Maschinen eingesetzt. In dieser Zeit sind sowohl bei der Hardware als auch bei der Software beträchtliche Fortschritte erzielt worden. Während früher speicher- und laufzeitoptimierte Programme im Vordergrund standen, verlangt der heutige Markt benutzer-

Dr. Bernd Gellert
Claudio Häni
Andreas Emlinger
ABB Alstom Power

freundliche, offene und portable Programmsysteme.

1980 begann ABB Alstom Power mit der Entwicklung eines interaktiven Programmsystems speziell für die Berechnung von Turbogeneratoren, welches alle Einzelprogramme in ein einheitliches Auslegungssystem integrierte. Dadurch konnten die Berechnungskosten in den letzten Jahren um den Faktor 10 reduziert werden. Allerdings sind diese monolithischen Systeme im gleichen Zeitraum wesentlich gewachsen und umfassen jetzt typischerweise mehr als 100 000 Zeilen Quellcodes.

Der globale Wettbewerb zwingt die Generatorhersteller zur Entwicklung und Herstellung von Maschinen höchster Qualität bei stetig sinkenden Kosten. Unter diesen Marktbedingungen entwickelte ABB Alstom Power in den letzten Jahren zwei Weltneuheiten – den weltweit größten luftgekühlten Generator «Topair» **1** und den weltweit größten indirekt wasserstoffgekühlten Generator «Topgas» mit einer Nennleistung von 500 MVA. Auch diese Generatoren mussten in die Entwicklungs- und Auslegungssysteme integriert werden.

Der Projektierungsprozess

Früher wurde das für die Auslegung von Turbogeneratoren notwendige technische Wissen von einzelnen Ingenieuren entwickelt, gepflegt und an Kollegen weitergegeben. Heute ist dies wegen der enormen Informationsmenge, die es zu bewältigen gilt, und der zunehmenden Komplexität der Berechnungsmethoden nicht mehr möglich. Mehr und mehr Know-how wird in den Systemen selbst gespeichert. Damit ist das Management des in einem solchen System enthaltenen Wissens zu einer zentralen Frage für den Erfolg eines innovativen Unternehmens geworden.

Für die Auslegung von Turbogeneratoren sind im Wesentlichen elektromagnetische, thermische und mechanische Berechnungen erforderlich, die mit Hilfe von speziell entwickelten Rechenprogrammen durchgeführt werden. Als Programmiersprache kommt im Allgemeinen FORTRAN zur Anwendung.

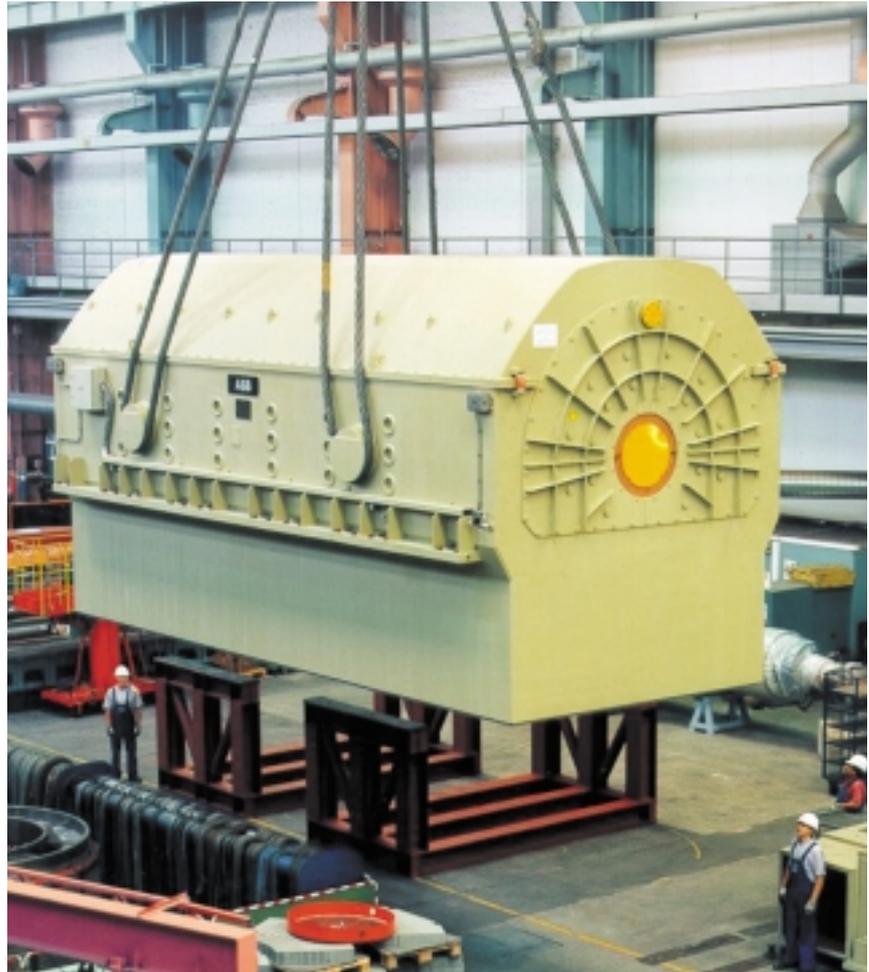
Die Programme lassen sich in zwei Gruppen aufteilen – in Grundlagen- und Auslegungsprogramme **2**:

- *Grundlagenprogramme*; die Plattform für diese Programme bilden dreidimensionale Berechnungsmodelle, die mit numerischen Lösungsverfahren arbeiten. Je nach Komplexität der Modelle kann die Ausführungszeit bis zu mehreren Stunden betragen.
- *Auslegungsprogramme*; diese Programme berücksichtigen Normen, Auslegungskriterien und den bestehenden Entwurf usw. Die Ergebnisse, die innerhalb von nur 1 bis 5 Minuten vorliegen, werden für Angebote, Kundenanfragen und Kontrollrechnungen für bereits gelieferte Generatoren verwendet. Diese Programme sorgen dafür, dass Standardkomponenten eingesetzt werden, die wiederum eine rasche, kostengünstige und zuverlässige Produktion ermöglichen. Mit den Programmen wird auch sichergestellt, dass die einschlägigen Normen und Richtlinien eingehalten und somit alle Qualitätsanforderungen erfüllt werden.

Bei der Auslegung einer kompletten Maschine müssen mehrere Programmstufen ausgeführt werden. Die richtige Programmfolge und die Konsistenz der Daten sowie eine effiziente Auslegung werden dadurch sichergestellt, dass man diese Programme in einem Auslegungssystem zusammenfasst **3**.

Nachdem das Auslegungssystem die Berechnungen durchgeführt hat, liegen alle Hauptmerkmale des Generators fest, d. h. sein elektromagnetischer, strömungsmechanischer und mechanischer Aufbau sowie seine Kühlung und die wichtigsten geometrischen Abmessungen.

Die Rechenergebnisse werden dann automatisch an ein Product Data Management System (PDMS) zur Weiterverarbeitung übergeben. Das PDMS legt auch die Generatorkomponenten für die auftragsbezogene Fertigung fest.



«Topair» – luftgekühlter Turbogenerator der Leistungsklasse 300 MVA für das Kraftwerk Beijing 1 in China **1**

Systemanforderungen

Zielsetzungen

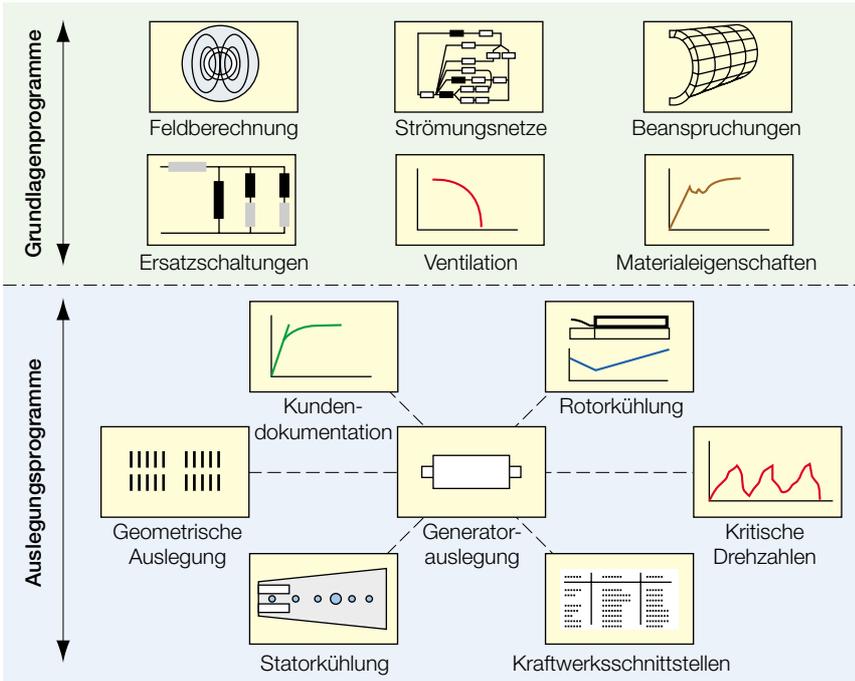
Es ist wichtig, dass die Möglichkeit, die Grundlagen- und Auslegungsprogramme rasch und einzeln anzupassen, bereits in der Produktentwicklungsphase gegeben ist. Es werden ein bis zwei Monate benötigt, um neue oder geänderte Programme in das Auslegungssystem zu integrieren.

Bei der Entwicklung eines neuen Berechnungs-Tools kommt es darauf an, dass die Berechnungen für vorhandene und neu entwickelte Turbogeneratoren qualitativ gleichwertig sind. Dies bedeutet, dass Komponenten (Programme und Daten) des alten Systems in das neue Berechnungs-Tools übernommen werden müssen.

Jedes neue Auslegungssystem für Turbogeneratoren muss wartungs- und benutzerfreundlich sein, d. h. es muss flexibel, erweiterbar und für Verwendung durch Dritte geeignet sein. Darüber hinaus wird vorausgesetzt, dass es entwicklungsfähig ist und auftragsbezogene Berechnungen für bestehende und künftige Produkte durchführen kann. Zudem sollten Berechnungen für Produkte von Fremdlieferanten durchführbar sein.

Entwicklung einer «greenfield»-Lösung

Eine Abschätzung der Kosten für die Entwicklung eines völlig neuen Berechnungssystems – einer so genannten greenfield-Lösung – ergab, dass der Aufwand für die Entwicklung aller notwendigen physikali-

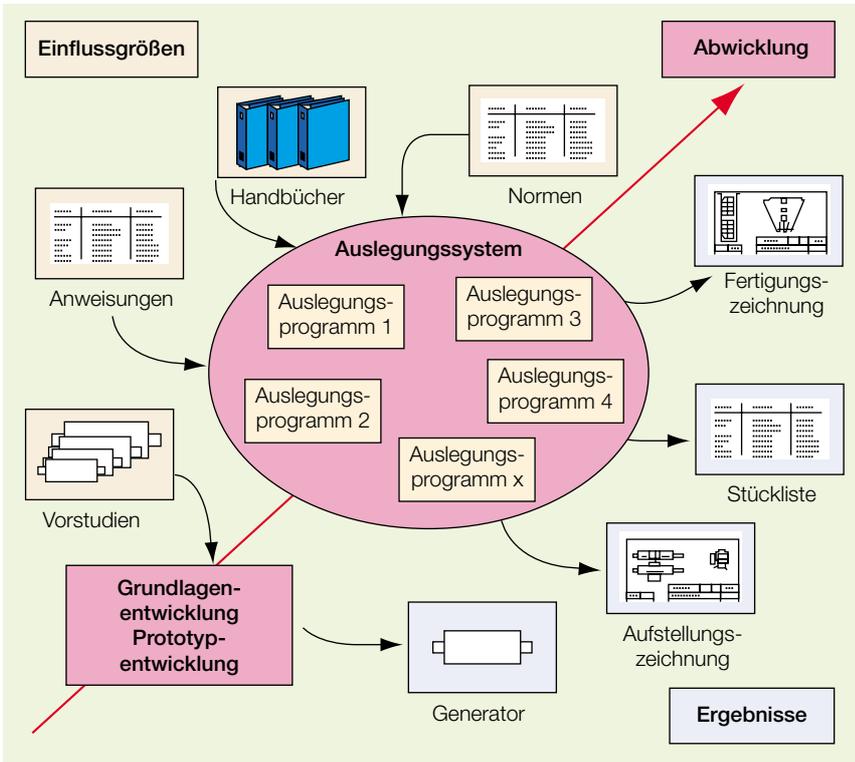


Programme für die Berechnung und Entwicklung von Turbogeneratoren

2

Auslegungssystem, in dem alle Programme für die Berechnung von Turbogeneratoren zusammengefasst sind

3



schen und mathematischen Modelle für die Berechnung von Turbogeneratoren allein so hoch wäre, dass er nicht vertretbar wäre. Zudem ist es bei vollständigen Neuentwicklungen schwierig, bereits früher gebaute Generatoren nachzurechnen.

Als Alternative zu dieser so genannten «big-bang»-Lösung, bei der das vorhandene Auslegungssystem auf einmal abgelöst wird, wählte ABB Alstom Power einen evolutionären Ansatz.

Die evolutionäre Methode

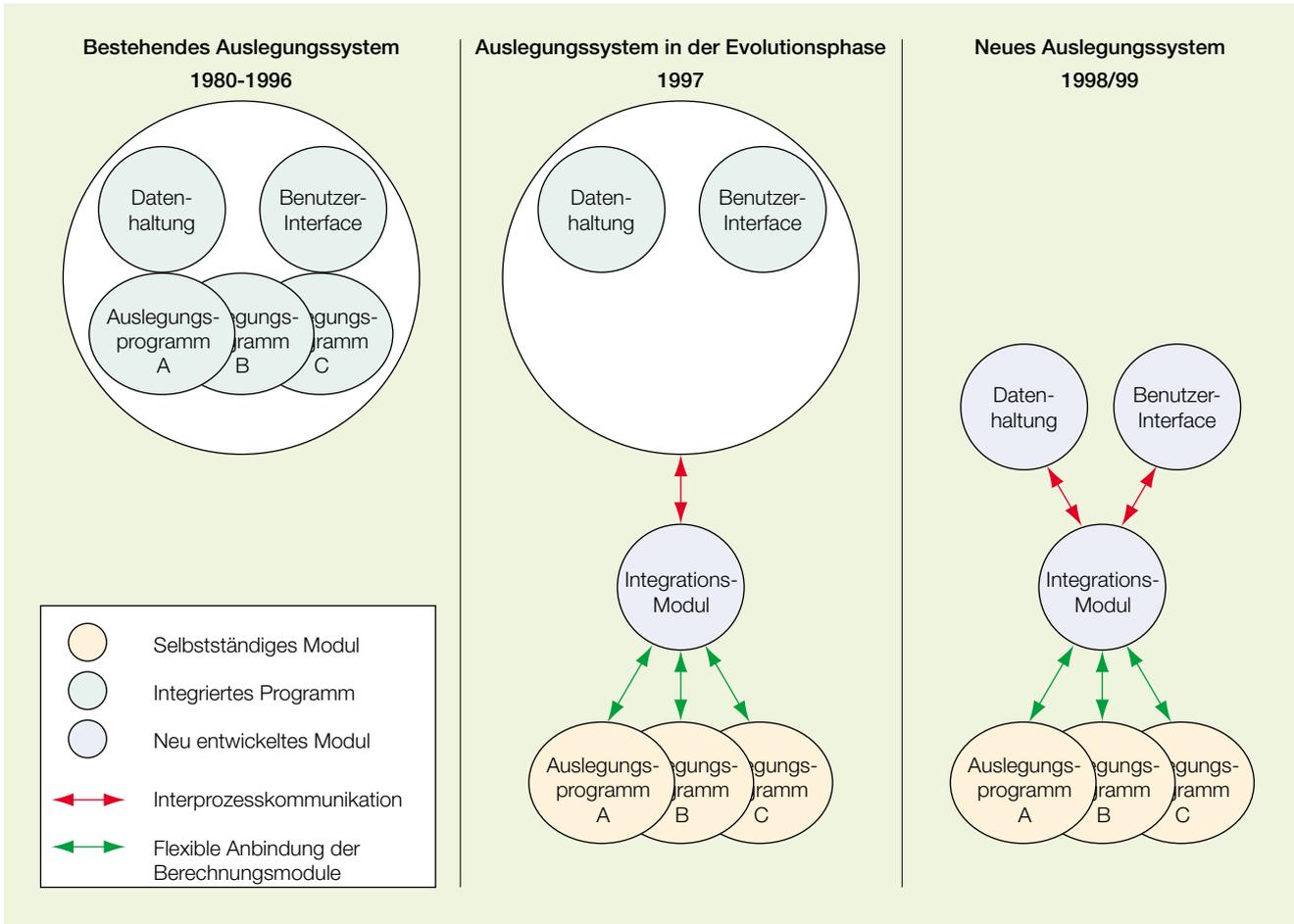
Die evolutionäre Methode geht von der Grundidee aus, die voll integrierten Auslegungsprogramme des bestehenden monolithischen Auslegungssystems in unabhängige Module aufzuteilen und diese an ein flexibles Integrationsmodul zu koppeln.

Die Ablösung alter Systeme erfolgt in vier Schritten:

1. Aufbau eines neuen Integrationsmoduls, das weiterhin die Kommunikation mit dem bestehenden Auslegungssystem ermöglicht.
2. Realisierung einer normierten Ein-/Ausgabe für eine einfache Kopplung von Auslegungsmodulen an das Integrationsmodul.
3. Schrittweise Ausgliederung der einzelnen Programme aus dem Auslegungssystem und Umwandlung in selbständige Auslegungsmodule 4, indem sie mit der normierten Programmein- und -ausgabe verbunden werden.
4. Vollständige Ablösung des bestehenden Auslegungssystems durch ein neues Datenverwaltungssystem und eine neue grafische Benutzerschnittstelle.

Mit diesem Lösungsansatz ist es möglich, nach und nach alle Programme einzeln aus dem alten Auslegungssystem herauszulösen und sie anschließend wieder als selbständige Auslegungsmodule über das Integrationsmodul einzubinden. Da man die Grundfunktionalität der Auslegungsmodule weiter verwenden kann, können die Berechnungen der bestehenden Generatoren nachgeprüft werden.

Die herausgelösten Auslegungsmodule lassen sich unabhängig voneinander über-



Evolutionärer Ansatz zur Ausgliederung von Modulen aus dem bestehenden Auslegungssystem

4

arbeiten und weiterentwickeln. Durch den modularen Aufbau ist das neue Auslegungssystem flexibel und wartungsfreundlich.

Solch ein Auslegungssystem kann während der gesamten evolutionären Entwicklungsphase jederzeit für die Entwicklung und Projektierung verwendet werden.

Das Datenverwaltungssystem und die grafische Benutzerschnittstelle müssen parallel zur Ablösung der einzelnen Auslegungsmodule entwickelt werden.

Anbindung der Auslegungsmodule in der Evolutionsphase

Die Anbindung der einzelnen Auslegungsmodule und des Integrationsmoduls sollte möglichst flexibel und offen sein. Dabei müssen neben den vom Benutzer pro-

grammierten Auslegungsmodulen auch kommerziell verfügbare Programme gekoppelt werden.

Alle zu einer Berechnung gehörenden Ein- und Ausgabedaten werden wie bisher in einem Datenvektor im bestehenden Auslegungssystem verwaltet und gespeichert. Die Eingabe von Werten erfolgt ausschließlich über die Benutzerschnittstelle des bestehenden Auslegungssystems.

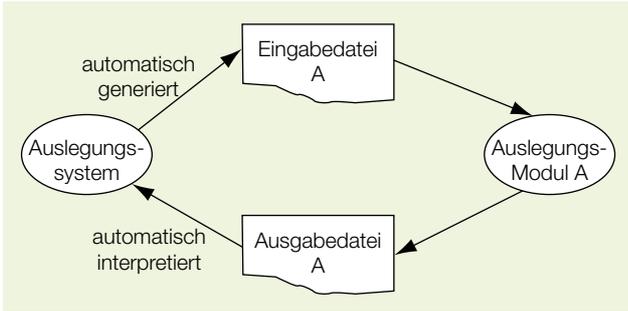
Eine allgemeine Anbindung der Auslegungsmodule erfolgt mit Hilfe von Dateien, über die die Ein- und Ausgabedaten übergeben werden. Das Integrationsmodul ruft das Auslegungsmodule über einen Systemaufruf auf, das die Eingabedatei liest und die Rechenergebnisse in die Ausgabedatei zurückschreibt.

Um diesen Mechanismus automatisieren zu können, ist es notwendig, die vorhandenen Daten in den Datenspeicher des

bestehenden Auslegungssystems zu lesen und daraus eine Eingabedatei in modulabhängigem Format zu generieren. Ähnlich müssen die von einem Auslegungsmodule generierten Ergebnisse in der Ausgabedatei interpretiert werden, damit sie anschließend wieder in den Datenspeicher des bestehenden Auslegungssystems zurückgeschrieben werden können.

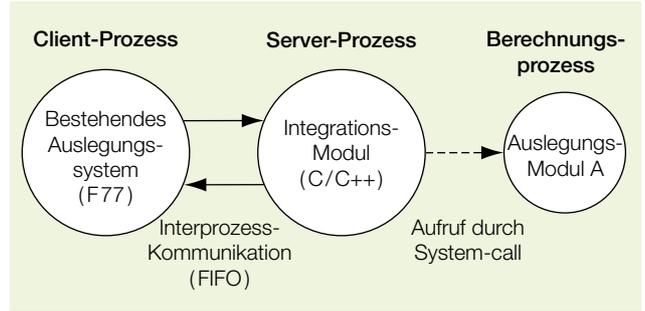
5 zeigt prinzipiell die Anbindung von Auslegungsmodulen.

Für die automatische Generierung und Interpretation der Ein- und Ausgabedateien werden Input-Datenlisten (IDL) und Output-Datenlisten (ODL) verwendet. Diese Listen enthalten die Beschreibungen der Ein- und Ausgabefiles eines Auslegungsmoduls und stellen sicher, dass ein Wert im richtigen Datenvektorelement des Auslegungssystems gelesen bzw. wieder gespeichert wird.



Vereinfachtes Schema zur Anbindung der Auslegungssysteme

5



Unix-Prozesse während der evolutionären Phase

6

Systemarchitektur in der Entwicklungsphase

Die Anwender müssen sich darauf verlassen können, dass ihnen während der gesamten Entwicklungsphase ein stabiles Auslegungssystem zur Verfügung steht. Deshalb hat man ein Unix-System als Plattform für die Projektierungsumgebung gewählt. Hierzu wurden zwei unabhängige Unix-Prozesse (ein Server und ein Client) aufgebaut und über ein Interprozess-Kommunikationssystem miteinander verknüpft. Die einzelnen Auslegungsmodul werden über Systemaufrufe gestartet.

Jeder dieser Prozesse hat seine eigenen Fehlerbehandlungsfunktionen für Ausnahmen (Signale) und interne Programmfehler (logische Fehler). Interne Programmfehler eines Auslegungsmoduls oder vom Integrationsmodul werden an das bestehende Auslegungssystem gemeldet und dem Anwender angezeigt.

Der Aufbau der zwei unabhängigen

Unix-Prozesse während der Evolutionsphase ist in **6** dargestellt.

Erweiterbarkeit

Änderungen am Datenverwaltungssystem und an der Benutzeroberfläche werden gleichzeitig und parallel zur Ausgliederung der Auslegungsprogramme durchgeführt. Die vom Benutzer selbst programmierte, dateiorientierte Datenverwaltung wird durch eine handelsübliche relationale Datenbank ersetzt. Dieses neue Datenverwaltungssystem trägt dem zunehmenden Bedarf nach flexibler Datenauswertung während der Entwicklungs- und Projektierungsphase Rechnung.

Auch die zeichenorientierte Benutzeroberfläche des bestehenden Auslegungssystems wird durch eine grafische Benutzeroberfläche ersetzt. Die neue Oberfläche ist auch mit dem neuen Auslegungssystem verbunden.

Auch kommerzielle mathematische

Werkzeuge, wie z. B. Matlab und Hilfsprogramme (z. B. 3D-Plotprogramme), werden zunehmend in das System integriert. Hierfür wird eine Standard-Schnittstelle (z. B. CORBA) verwendet. Auf diese Weise können zahlreiche unterschiedliche Dienste flexibel miteinander kommunizieren.

Die Gesamtintegration der Module (Benutzerschnittstelle, Datenbank, Tools, Programme) wird mit Hilfe so genannter Middleware realisiert. Diese Integrationsschicht wird jetzt in den Entwicklungsabteilungen als Toolbox (Framework for Integrated Engineering Environments bzw. FEE **7**) eingesetzt.

Ergebnisse

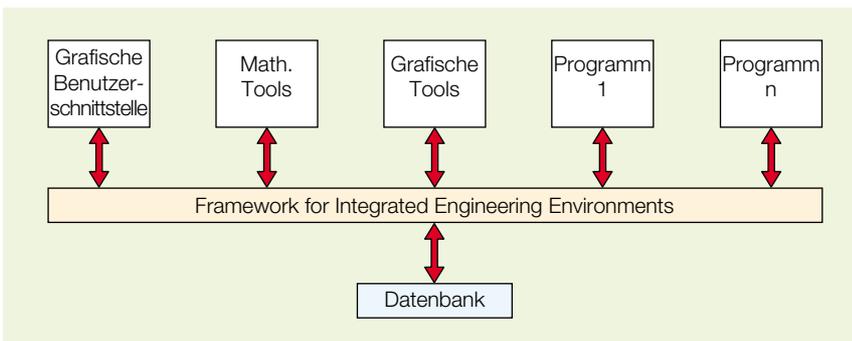
Das neue Auslegungssystem hat seine Bewährungsprobe bereits beim ersten Einsatz bestanden – nämlich bei der Integration der neuen Auslegungsmodul im Zuge der Entwicklung des Turbogenerators Topgas **8**. Im Rahmen dieses Projekts wurde untersucht, wie der Erfolg durch flexiblere Gestaltung großer Programmsysteme nachgewiesen werden kann.

Den Aufwand für die Systemanpassung zur Berechnung des neuen Turbogenerators Topgas zeigt **9**, in dem das alte und das neue System einander gegenübergestellt sind.

Die Auswertungen bestätigen, dass der gewählte Ansatz richtig war. Die Messpunkte zeigen, dass Berechnungsmodul mit einfachen Schnittstellen Einsparungen von weit über 50% ermöglichen. Im Extremfall (keine Änderungen an der Schnitt-

Systemarchitektur: «Framework for Integrated Engineering Environments (FEE)»

7





«Topgas» – indirekt wasserstoffgekühlter Generator der Leistungsklasse 500 MVA

3

stelle) ist der Aufwand für die Systemanpassung gleich null, da die notwendigen Änderungen im Berechnungsmodul selbst vorgenommen werden müssen.

Bei Berechnungsmodulen mit sehr komplexen Schnittstellen liegt die Einsparung in Bereich von 30%, was durchaus den Erwartungen entspricht.

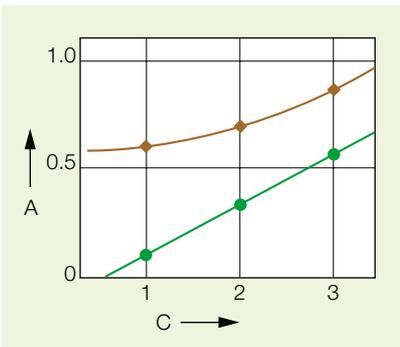
Auswertung des Systemanpassungsaufwandes für den neuen Turbogenerator «Topgas»

9

- ◆— Altes System
- Neues System

A Aufwand für Systemanpassung
 C Komplexität der Schnittstelle der Module

- 1 Gering
- 2 Mittel
- 3 Hoch



Zusammenfassung

Die Entscheidung, die für die Berechnung großer Turbogeneratoren verwendeten Programme evolutionär umzugestalten, bietet gegenüber einer Neuentwicklung (einer so genannten greenfield-Lösung) einige wichtige und weitreichende Vorteile:

- Erhaltung des über Jahrzehnte in den Programmen aufgebauten Fachwissens
- keine Beeinflussung der laufenden Projektierungsarbeiten während der Entwicklungsphase
- modularer Aufbau und benutzerfreundliche Gestaltung des entwickelten Systems
- rasche Gewöhnung der Entwicklungsingenieure an die neue Umgebung
- kurze Kapitalrückflusszeit durch die stufenweise Ablösung des alten Systems
- niedrigere Betriebs- und Wartungskosten, da nicht zwei Systeme parallel betrieben werden

Das Projekt hat gezeigt, dass Arbeitspakete durch die Unterteilung der Programme in Module rasch zusammengestellt und effizient für den Einsatz vorbereitet werden können. Diese schrittweise Implementierung ermöglicht den Benutzern, sich schrittweise mit dem System vertraut zu machen.

Die mit dem neuen Auslegungssystem gemachten Erfahrungen zeigen, dass durch die Neugestaltung beträchtliche Einsparungen bei Betrieb und Wartung und deutliche Verbesserungen der Entwicklungsprozesse möglich sind.

Der Erfolg des Projekts unterstreicht die Bedeutung des modernen Wissensmanagements und seiner Anwendung bei der Modernisierung von Berechnungssystemen durch evolutionäre Weiterentwicklung. Dieses systematische und konsequente Vorgehen stellt einen weiteren Schritt auf dem Wege zur noch rascheren Markteinführung neuer Produkte dar, die für Betreiber und Lieferanten gleichermaßen Vorteile bringen.

Adresse der Autoren

Dr. Bernd Gellert
 Claudio Häni
 Andreas Emlinger
 ABB Alstom Power
 Postfach
 CH-5401 Baden/Schweiz
 Fax: +41 (0) 56 466 66 85
 E-mail:
 bernd.gellert@chkra.mail.abb.com
 claudio.haeni@chkra.mail.abb.com