

Messen und Regeln im CAD-CAM-CAQ-Informationsverbund

Verbundprojekt „Qualitätssicherung für die rechnergesteuerte Produktion“

Von Dieter Spath, Julian Weber und Klaus Bös, Karlsruhe

Die Integration eines Programmpakets für die rechnerunterstützte Planung der Qualitätssicherung in den CAD-CAM-CAQ-Informationsverbund ermöglicht im Sinne des Simultaneous Engineering die Verkürzung und Verbesserung von Planungsabläufen, die Reduzierung von Kosten sowie die Verbesserung der Produktqualität. Besondere Bedeutung haben dabei die automatisierte Generierung von Prüfplänen und NC-Programmen für Koordinatenmeßgeräte sowie die Rückführung und Auswertung der Prüfergebnisse mit dem Ziel, den Prüfaufwand an die Fertigungsfähigkeit automatisch anzupassen und bereits in der Konstruktion zu berücksichtigen.

Ausgangssituation

Seit langem ist abzusehen, daß in einem durch den europäischen Binnenmarkt verschärften nationalen und internationalen Wettbewerb zunehmend die Produktqualität über Erfolg oder Mißerfolg entscheiden wird. Heute, in Zeiten rückläufiger Konjunktur, ist die Forderung nach durchgängiger Qualitätssicherung und kurzen Lieferzeiten besonders für kleine und mittlere Unternehmen überlebenswichtig geworden. Vor allem der in Form einer Zertifizierung nach DIN-ISO 9000 ff. geforderte Nachweis der Qualitätsfähigkeit macht eine Rechnerunterstützung im Qualitätswesen unabdingbar.

Während die Rechnerunterstützung in Konstruktion, Fertigung, Montage und Logistik auf breiter Front Einzug gehalten hat, liegen in der Qualitätssicherung noch bedeutende Rationalisierungspotentiale brach. Hier fehlen durchgängige und praxisgerechte Lösungsansätze. Auf dem Markt angebotene Softwareprodukte haben im allgemeinen drei typische Schwachstellen:

- Es ist eine umfangreiche Dateneingabe in textsystemähnlichen Modulen erforderlich.
 - Es wird eine eigene Datenbasis aufgebaut.
 - Es fehlen durchgängige Softwareschnittstellen zur Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Fertigung.
- Eine Integration solcher Systeme in den Informationsverbund eines Unternehmens im Sinne eines ganzheitlichen DV-Konzepts wird somit unmöglich gemacht.

Zielsetzung des Projekts – Vorgehen

Das Projektziel, die Entwicklung und anwendungsgerechte Realisierung eines Informationsverbundes als Grundlage einer durchgängigen und übergeordneten Datenhaltung für die rechnergestützte Konstruktion (CAD), die Arbeits- und Prüfplanung (CAP) sowie die Fertigung (CAM) und die Qualitätsprüfung, konnte durch die Zusammenarbeit eines Verbundes aus Hochschule, Softwarehaus und Anwendern umgesetzt werden. Bei der Auswahl der Projektpartner wurde vom federführenden Institut besonderes Augenmerk auf eine breite Fächerung der Anwenderfirmen gelegt. Die unterschiedlichen Produktprogramme (Elektrowerkzeuge, meßtechnische Apparate, Gießformen und Schneidwerkzeuge sowie medizintechnische Einrichtungen) und die verschiedenen Fertigungsprinzipien (Einzel- und Serienfertigung) verhinderten eine zu spezielle Lösung der gestellten Aufgaben.

Die Einführung des im Verbundprojekt zu entwickelnden DV-Systems ist ein Schritt auf dem Weg zur rechnerintegrierten Produktion in den beteiligten Unternehmen. Als Entwicklungsgrundlage wurde das System Gemini eingesetzt, das bereits früher am Institut entwickelt wurde und

Im Rahmen eines vom Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie des Landes Baden-Württemberg geförderten Forschungsprojektes wurde in Zusammenarbeit von vier mittelständischen Maschinenbauunternehmen, einem Softwarehaus und dem Lehrstuhl und Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik (wbk) der Universität Karlsruhe (TH) ein Programm für die rechnerunterstützte Planung der Qualitätssicherung entwickelt und im betrieblichen Einsatz wirksam gemacht.

Dieser Aufsatz bildet den Auftakt einer Beitragsserie, in der die am Projekt beteiligten Firmen über ihre Erfahrungen berichten. In einem abschließenden Bericht wird das Projekt durch das wbk bewertet.

Die im Projekt „Messen und Regeln im CAD-CAM-CAQ-Informationsverbund“ erarbeiteten Ergebnisse sollen am 13. Oktober 1993 im Rahmen eines Öffentlichkeitstages am Lehrstuhl und Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik (wbk) der Universität Karlsruhe (TH) vorgestellt werden. Auskünfte: Dipl.-Ing. Julian Weber, Telefon (07 21) 6 08-40 11.

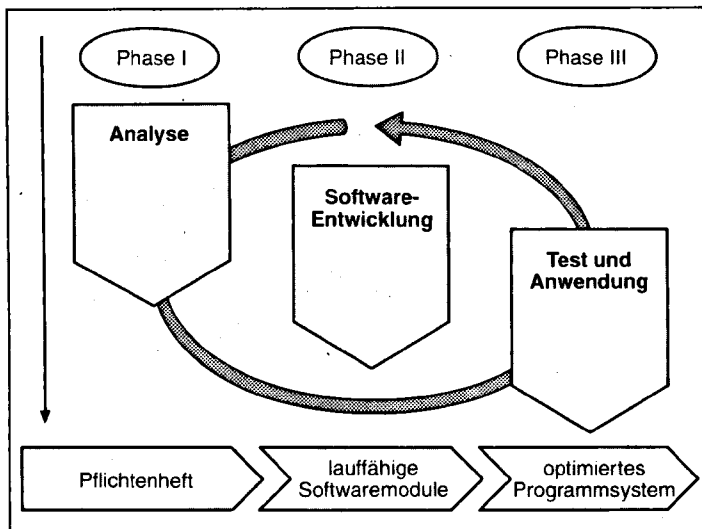


Bild 1. Vorgehensweise im Projekt.

das von dem am Projekt beteiligten Softwarehaus gepflegt wird. Gemini läuft auf der Basis des bei allen Projektpartnern eingesetzten CAD-Systems Euclid-IS¹⁾.

Um das Projektziel, die Integration der Qualitätssicherung in einen unternehmensweiten Datenverbund, effektiv verwirklichen zu können, wurde das Projekt in die Phasen Analyse, Softwareentwicklung sowie Test und Anwendung gegliedert, die iterativ durchlaufen wurden, Bild 1.

Projektphase 1: Analyse

Ziel der ersten Projektphase war vorrangig die Untersuchung der Unternehmenssituation sowie der direkt mit der Qualitätsprüfung in Zusammenhang stehenden Bereiche der am Projekt beteiligten Anwenderfirmen. Wegen des großen Umfangs dieser Ist-Zustands-Erfassung bei den Projektpartnern wurde die Analyse in Grob- und Feinanalyse gegliedert. Die Grobanalyse, die durch den Einsatz von Fragebögen realisiert wurde, brachte Aufschluß über Mitarbeiterstruktur, Tätigkeitsprofile, Arbeitsabläufe, Dokumente, Hilfsmitelesatz, Rechneinsatz und die Realisierung des Informationsflusses. Aus ihren Ergebnissen wurde das weitere Vorgehen für die Feinanalyse abgeleitet, das in Form von Einzelinterviews stattfand. Die gewöhnlichen Nachteile von Fragebögen (niedrige Rücklaufquote, mangelnde Dialogmöglichkeiten) traten somit nicht auf, da die Bögen als Grundlage der zeitlich nachgelagerten Gespräche akzeptiert wurden. In Bild 2 werden beispielhaft projektrelevante Analyseergebnisse gezeigt.

Auf der Basis der in der Analyse aufgedeckten Schwachstellen wurden für jedes Unternehmen in einem Sollkonzept konkrete Problemlösungsvorschläge erarbeitet, die für Anwender und Entwickler im vorgegebenen Zeit- und Kostenrahmen umgesetzt werden können. Die wichtigsten Anforderungen hieraus sind:

- Reduzierung von Planungszeiten für Prüfplanung und NC-Programmierung durch Rechnerunterstützung und Datendurchgängigkeit,
- Integration der Qualitätssicherung durch Zugriff auf Konstruktionsdaten und globale Bereitstellung von Qualitätsdaten,

- automatisierte Erstellung von Prüfplänen, Prüfzeichnungen und Prüfanweisungen,
- Nutzung des Koordinatenmeßgeräts ausschließlich für das Messen durch automatisierte NC-Programmierung,
- automatische Anpassung der Prüfaufgaben für Planung und NC-Programmierung an die aktuelle Qualitätslage,
- Rückführung und Auswertung von Meßergebnissen des Koordinatenmeßgerät-Prüfplatzes sowie Beurteilung dieser Ergebnisse hinsichtlich einer Dynamisierung des Prüfaufwands,
- Verbesserung der Transparenz von Prüfergebnissen und Prüfplätzen.

Auf der Grundlage dieser mit den Unternehmen ausgearbeiteten Sollkonzeption wurde ein Pflichtenheft erstellt, das die für alle Unternehmen wichtig scheinenden Schwachstellen berücksichtigt. Dabei zeigte es sich, daß zwar in den Problembereichen (Koordinatenmeßtechnik, durchgängige CAQ-Prozeßketten, QS-Datenrückführung) bei allen Firmen großer Handlungsbedarf besteht, daß aber die Anforderungen der Projektpartner an die Software wegen der unterschiedlichen Produktprogramme und Fertigungsprinzipien sowie der verschiedenartigen DV-Infrastrukturen breit gefächert sind.

Projektphase 2: Entwicklung

Die Aufgabe in der Entwicklungsphase bestand darin, das in der ersten Projektphase erstellte Pflichtenheft in lauffähige Softwarebausteine für das bei allen Projektpartnern vorhandene CAD-System umzusetzen. Dabei mußte dem Zielkonflikt Rechnung getragen werden, daß einerseits die von den Anwendern geforderten Funktionalitäten innerhalb der vorhandenen DV-Infrastrukturen erfüllt werden sollten, andererseits aber als Ergebnis des Projektes ein universell nutzbares Softwareprodukt für durchgängige, normungskonforme Qualitätssicherung entsteht, das auch bei anderen Firmen Interesse findet. Aus diesen Überlegungen heraus wurden die folgenden fünf Module umgesetzt:

- Automatisierung der Prüfplanung mit automatischer Erstellung von Prüfunterlagen wie Prüfplänen, Prüfzeichnungen oder NC-Programmen.
- Dynamisierte Verfahrenweggenerierung für Koordinatenmeßgeräte, Anpassung der NC-Programme an die Qualitätslage der Fertigung.
- Erkennung und Verwaltung von Formelementen im CAD-System.

¹⁾ Euklid-IS ist ein Markenzeichen der Firma Matra Datavision.

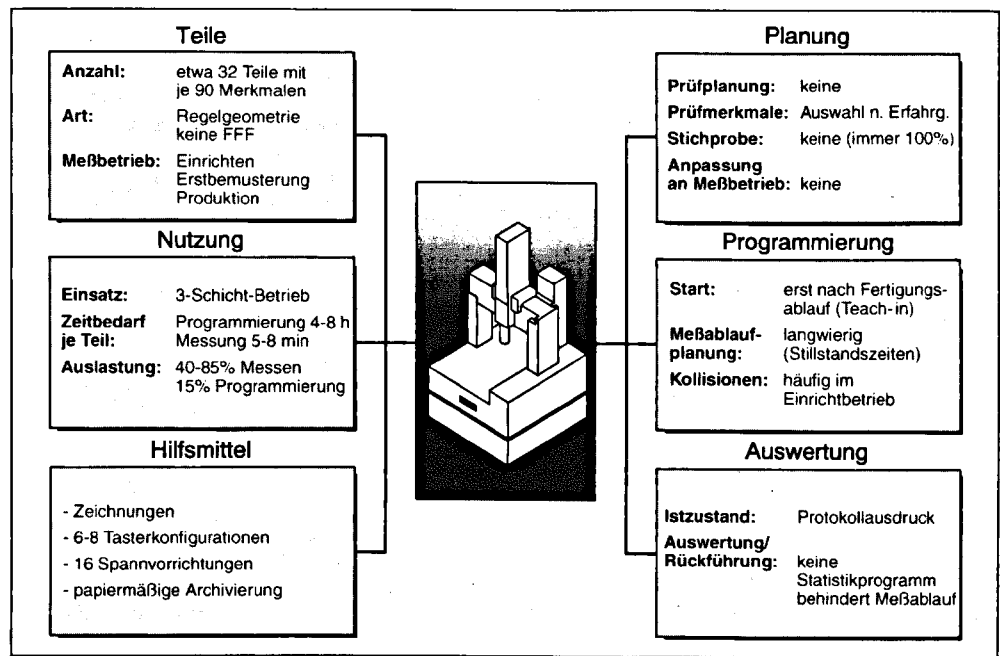


Bild 2. Analyseergebnisse (Beispiel).

- Entwicklung von Auswerteverfahren der Qualitätsdaten zur direkten Rückkopplung.
- Integration oder Kopplung des Systems mit bestehenden DV-Systemen.

Bei der Umsetzung dieser Teilziele wurden mit dem nachfolgend detailliert beschriebenen Ablauf, der zyklischen Durchführung der Arbeitsschritte Anforderungsanalyse, Softwareentwurf, Codierung, Installation und Test, gute Erfahrungen gemacht. Ausgehend von einem zunächst groben, in Form einer Checkliste abgefaßten Pflichtenheft konnte in regelmäßigen gemeinsamen Arbeitssitzungen ein Softwaresystem entwickelt werden, das den im praktischen Einsatz entstehenden Anforderungen in besonderem Maße genügt. Die enge Anbindung der Anwender an die Programmentwicklung gewährleistete eine gute Zusammenarbeit im Projekt und führte neben einer hohen Benutzerakzeptanz nicht zuletzt auch zur Sicherung der Qualität des erzeugten Softwaresystems selbst.

Aufnahmen der Anforderungen der Anwender

Für die Neu- und Weiterentwicklung der Software wurden von allen Projektpartnern gemeinsam Anforderungslisten der geforderten Funktionalitäten erstellt und diskutiert. Die geforderten Funktionalitäten wurden dabei hinsichtlich der Priorität ihrer Durchsetzung gewichtet (niedrig, mittel, hoch).

Entwurf des Software-Feinkonzepts und Abstimmung mit den Anwendern

Entsprechend den Vorgaben der Anforderungslisten wurde die Software von Institut und Softwarehaus gemeinsam geplant, in allen Funktionalitäten und Oberflächen detailliert und den Projektpartnern vorgestellt. Durch diese Feinkonzeption konnten einerseits den Anwendern die Bedienung der Software und deren Funktionalität frühzeitig aufgezeigt und mit ihnen abgestimmt werden, andererseits wurden den Entwicklern bindende Vorgaben für die Implementierung gemacht, wodurch eine kurze Entwicklungszeit erreicht wurde und sich Änderungen oder Anpassungen vielfach vermeiden ließen. Die Ausarbeitung der

Software-Feinkonzepte wurde gemeinsam von Softwarehaus und Institut übernommen.

Codierung

Um sicherzustellen, daß in den Unternehmen schon früh mit dem Programmsystem gearbeitet werden kann und somit auch durch frühzeitige erste Ergebnisse die Akzeptanz des Systems bei den Anwendern entscheidend gefördert wird, wurde das System Gemini bereits während der Analysephase bei allen Projektpartnern als Entwicklungsgrundlage installiert. Alle Module wurden auf der Basis dieses Systems erstellt.

Bild 3 zeigt die realisierte Kopplung des Programmsystems Gemini mit den unterschiedlichen, bei den Anwendern vorhandenen CAQ-Systemen als Beispiel für die Entwicklung des Moduls „Integration/Kopplung des Programmsystems mit bestehender Software“. Durch diese Kopplung können die Vorteile von Gemini mit denen der vorhandenen Systeme verknüpft werden: Während in Gemini Prüfpläne in kürzester Zeit, automatisch und simultan zur Konstruktion (Simultaneous Engineering) generiert werden können, existieren auf dem Markt bereits mehrere Systeme zur Verwaltung von Prüfplänen und deren Weiterleitung in die Fertigung. Somit ist es sinnvoll, diese Funktionalität nicht noch einmal zu programmieren, sondern die Systeme miteinander zu verbinden. Die Ausgabe der Prüfpläne sowie die Rückführung der Prüfdaten geschieht über

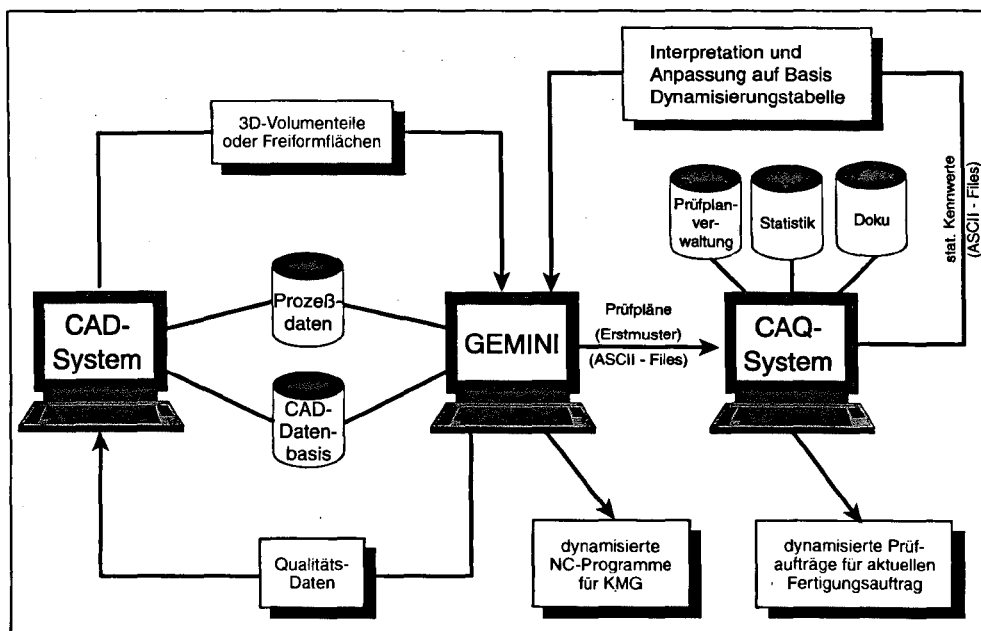


Bild 3. Kopplung des Programmsystems Gemini mit CAQ-Systemen.

ASCII-Files. Dieser offenen Lösung wurde gegenüber einer Datenintegration der Vorzug gegeben, da viele CAQ-Systeme die Möglichkeit bieten, ASCII-Files zu importieren oder zu exportieren.

Installation bei den Anwendern, Schulung und Test

Um innerhalb der Programmentwicklungszyklen schrittweise die realisierten Feinkonzepte bei den Anwendern einzuführen, wurden nach der Installation des Programmsystems Gemini mehrere Teilinstallationen durchgeführt, zu denen jeweils ein Benutzerhandbuch erstellt und eine entsprechende Schulung vorgenommen wurde. Neue Funktionen konnten somit von den Anwendern effektiv ausgetestet werden. Aufgetretene Programmfehler wurden in eigens erstellten Formblättern erfaßt, was einen schnellen und vollständigen Informationsrückfluß bei der Korrektur ermöglichte.

Projektphase 3: Test und Anwendung

Die Hauptaufgabe der dritten Projektphase liegt in der Optimierung der Software unter Berücksichtigung der Ergebnisse in der Produktion der Industriepartner. In dieser Phase werden keine neuen Softwaremodule mehr entwickelt.

Zusammenfassung

Produktqualität ist immer im Zusammenhang mit der viel weiter gehende Erfüllung individueller Kundenanforderungen zu sehen. Dabei hängt die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens von seiner Fähigkeit ab, die Qualität durch präventive oder korrektive Maßnahmen zu sichern, die dafür notwendigen Qualitätskosten zu minimieren und seine Qualitätsfähigkeit normgerecht nachzuweisen. Unter dieser Prämisse wurde das vorstehend beschriebene Programmsystem für die Anforderungen der Qualitätssicherung in mittelständischen Unternehmen realisiert.

Wie die nachfolgenden Anwenderberichte zeigen werden, konnte auf diesem Weg eine durchgängige Datenverbindung zwischen CAD-System und Koordinatenmeßgerät geschaffen werden.

Ziel künftiger Weiterentwicklungen ist beispielsweise die Einbindung einer automatisierten Prüfung von Werkstücken mit frei geformten Oberflächen (Designer-Geometrien). Voraussetzung dafür ist die praxisorientierte Definition von Prüfmerkmalen für Freiformfläche, die außer reinen Formtoleranzen auch Lagetoleranzen enthalten. Auf diesem Gebiet sind an der Universität Karlsruhe bereits Forschungsarbeiten im Gange.

Die Autoren

Prof. Dr.-Ing. *Dieter Spath*, Jahrgang 1952, studierte Maschinenbau an der Technischen Universität München und promovierte 1981 am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb). Nach seiner Tätigkeit bei der Firma Kasto in Achem, zuletzt als Geschäftsführer, wurde er 1992 als ordentlicher Professor an den Lehrstuhl und das Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik (wbk) an der Universität Karlsruhe (TH) berufen.

Dipl.-Ing. *Julian Weber*, Jahrgang 1967, studierte Maschinenbau mit Fachrichtung Konstruktion und Entwicklung an der Technischen Universität München. Nach kurzer Tätigkeit in der technischen DV der Ludwig Meister KG, München, ist er seit 1992 wissenschaftlicher Mitarbeiter am wbk.

Dipl.-Ing. *Klaus Bös*, Jahrgang 1961, studierte Maschinenbau mit Fachrichtung Produktionstechnik an der Universität Karlsruhe (TH) und ist seit 1989 wissenschaftlicher Mitarbeiter am wbk.