

Erweitertes Engineering-System im rechnergestützten Anlagen- und Apparatebau

Boryczko, A.; Müller, N.

Der ständige Marktwandel und der Druck im Internationalen Wettbewerb zwingen Unternehmen im Produktentstehungs- und Produktvermarktungsprozeß neue Wege zu betreten. Das trifft auch für Unternehmen des Anlagen- und Apparatebaus mit Einzel- und Kleinserienfertigung zu. Dort sind in den letzten Jahren vor allem die produktionsvorgelegten Bereiche zum Engpaß geworden. Vorge stellt wird eine erweitertes Engineeringssystems für Planung, Konstruktion und Vertrieb im Anlagen- und Apparatebau.

The permanent market change and the pressure in international competition force companies in production and product marketing process to enter into new ways. This refers to companies of the facility- and machine making with single- and small series manufacturing. A defile occurred within the previous production segments during the last years. Presented is an enlarged engineering system for planning, construction and sales for facility- and machine making.

1 Erfolgsfaktoren und Gegenstände operativer Unternehmensplanung

Die Wettbewerbssituation deutscher mittelständischer Maschinen- und Anlagenbauunternehmen wird zukünftig vorzugsweise in die Differenzierungsstrategie bzw. eine Konzentration auf Schwerpunkte innerhalb einer Marktnische (Fokussierung) führen. In diesem Kontext gilt die VDMA-Aussage nach der, im deutschen Maschinen- und Anlagenbau, bei hohen Lohn- und Standortkosten, Losgrößen zwischen 5 und 100 Stück gefertigt werden. Die Stärke dieser Gruppe von Unternehmen, die als Unternehmen mit Einzel- (ca. 59%) und Kleinserienfertigung (30,4%) einzustufen sind, liegt in der Fähigkeit, neue, marktorientierte Produkte, mit verbesserter Qualität, kostengünstiger und schneller als die Mitbewerber auf den Markt zu bringen und abzusetzen.

Nach McKinsey bewegen sich die im Rahmen der angesprochenen Langzeitstudie untersuchten Maschinen- und Anlagenbauunternehmen im Span-

nungsdreieck der genannten Faktoren Kosten, Zeit und Qualität wie **Bild 1** verdeutlicht.

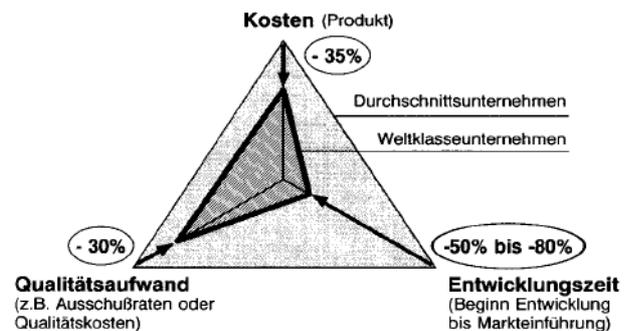


Bild 1: Unternehmen im Spannungsdreieck der Wettbewerbsfaktoren Kosten, Zeit und Qualität /3/.

Aus dieser Diskrepanz leitet sich der, für die weniger erfolgreichen Unternehmen dringende Handlungsbedarf und eine langfristig ausgelegte Zielsetzung ab, die Effektivität und Effizienz der Produkterstellungs- und Produktvermarktungsprozesse zu steigern.

Prozesse mit ihren Aktivitäten, sowie einzubeziehende Ressourcen, bilden zusammen ein sozio-technisches Handlungssystem, mit dem die Produktvision (Zielsystem) in ein konkretes Produkt (Sachsystem) überführt wird. Während die Produktvision durch Menge der Zielvorgaben, Anforderungen und deren Verknüpfung grundsätzlich vom Markt bzw. Kunden vorgegeben ist, sind das Produkt und die zu seiner Erstellung und Vermarktung auszuführenden Prozesse und die bereitzustellenden Ressourcen intern planbar (beeinflussbar) und können im Rahmen von Verbesserungsansätzen unterschiedlichen Modalitäten unterworfen werden.

In diesem Zusammenhang bilden sie die eigentlichen Gegenstände operativer Unternehmensplanung und stehen bei der Herleitung einer erfolgversprechenden Improvementstrategie für produktionsvorgelegte Unternehmensbereiche im Anlagen- und Apparatebau im Mittelpunkt der Betrachtung.

2 Prozeßorientierter Ansatz

Angebots- und Auftragsabwicklung gehören zu den Schlüsselprozessen, die den Unternehmenserfolg direkt beeinflussen.

Weil im Rahmen aller Aktivitäten in den produktionsvorgelagerten Unternehmensbereichen Informationen umgeformt, transportiert und gespeichert werden, gehören Angebots- und Auftragsabwicklung in den Bereichen Planung, Konstruktion und Vertrieb zu den informationsverarbeitenden Geschäftsprozessen. Den Kern solcher Prozesse bildet der Informationsumsatzzyklus der in drei logisch aufeinander aufbauende Schritte gegliedert werden kann: Informationsbeschaffung, Informationsverarbeitung und Informationsausgabe.

Der erste Schritt besteht in der Beschaffung aller benötigten (verfügbaren) Informationen, wofür eine Vielzahl unterschiedlicher Quellen herangezogen wird. Im nächsten Schritt werden die gesammelten (INPUT-) Informationen verarbeitet. Durch verschiedene Tätigkeiten wird die relevante Informationsmenge erweitert und wiederum eingengt (umgeformt), bis das gewünschte

(Zwischen-) Ergebnis erreicht ist. Dieses liegt zunächst in flüchtiger und für andere unzugänglicher Form vor. Beispielsweise kann es im Gedächtnis des Bearbeiters oder im Hauptspeicher des Rechners abgelegt sein. Um das Ergebnis für andere zugänglich zu machen, muß es im dritten Schritt in geeigneter Form ausgegeben werden. Die ausgegebenen (OUTPUT-) Informationen stehen als Eingangsgrößen für einen weiteren Durchlauf des Informationsumsatzzyklus zur Verfügung. Aus Sicht des Informationsumsatzzyklus bestehen die Angebots- und Auftragsabwicklung aus einer Vielfalt verschiedener Aktivitäten (Tätigkeiten) die in den betrachteten Funktionsträgern (Planung, Konstruktion und Vertrieb) durchgeführt werden. Um einen an der Wertschöpfung ausgerichteten Prozeßablauf zu ge-

währleisten, muß, ausgehend von der Prozeßgesamtfunktion und ihrem gewünschten Output, die Prozeßkette rückwärts verfolgt werden, um notwendige Aktivitäten mit ihren Zusammenhängen und Schnittstellen zu ermitteln und durch schrittweise Konkretisierung zu einem vereinfachten, überschaubaren und damit beherrschbaren Abbild des Sollzustandes zu kommen.

Jede dem Prozeß zugeordnete Aktivität muß sich dabei durch ihren Auftraggeber rechtfertigen lassen. Wo das nicht der Fall ist, handelt es sich um eine Blindleistung die wegfallen kann. Die ermittelten Aktivitäten führen unter zur Hilfenahme verfügbarer Mechanismen und der Beachtung einzuhaltender Restriktionen zu Datensätzen. Diese Datensätze bilden Nahtstellen für die Funktionsträger untereinander und ihrer zugeordneten Aktivitäten siehe **Bild2**.

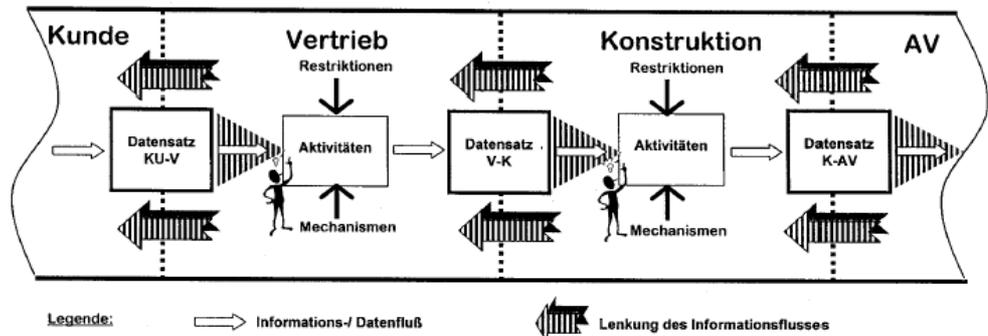


Bild 2: Prozeßimprovement aufbauend auf dem Prinzip entgegengesetzter Datenflüsse und Informationslenkung.

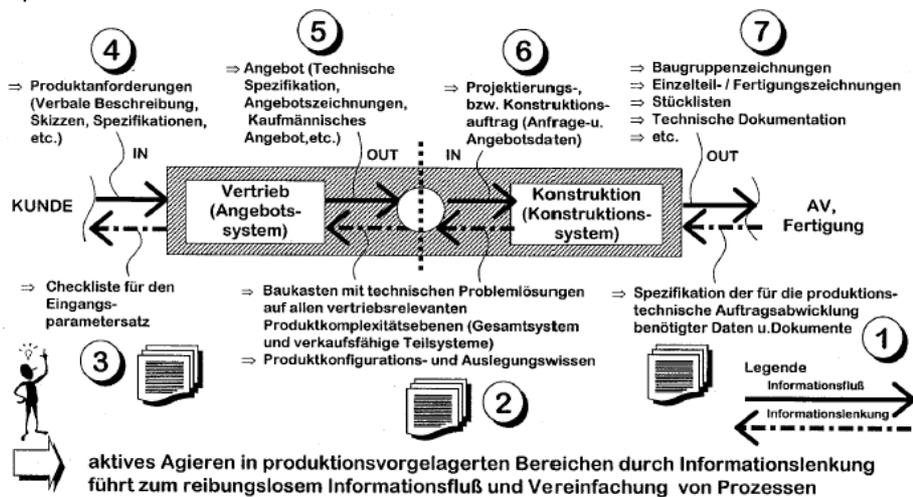


Bild 3: Szenario der Angebots- und Auftragsabwicklung in den Bereichen Vertrieb und Konstruktion aus Sicht des prozeßorientierten Improvementansatzes.

Bezogen auf die Angebots- und Auftragsabwicklung in den betrachteten Bereichen bedeutet das, daß beispielsweise die Aktivität „Kundendaten aufnehmen“ wegfallen kann, wenn die Kundendaten bereits im unternehmensinternen Informationssystem als Datensatz existieren, oder daß die Stückliste eines existierenden Getriebes, auf das als Wiederholteil im Rahmen der Auftragsabwicklung zurückgegriffen werden kann, nicht neu erstellt werden muß, weil sie als geordnete, produktbezogene Informationsmenge in Form eines Dokuments bereits vorliegt.

3 Informationstechnisch orientierter Ansatz

Eine effiziente Durchführung der Angebots- und Auftragsabwicklungsprozesse setzt die Einbeziehung arbeitsunterstützender Hilfsmittel voraus. Da alle Operationen in den betrachteten Bereichen auf die Aufbereitung, Bereitstellung, Verarbeitung und Weitergabe von Informationen zurückgeführt werden können, bietet sich als universelles Hilfsmittel die Datenverarbeitung an. Ihr Einsatz kann grundsätzlich in zwei Richtungen erfolgen, wobei im Hinblick auf seine Grenzen eine tiefergreifende Betrachtung einzelner Operationen der Prozeßkette vorgenommen werden muß. Die erste Richtung zielt auf den operationellen Rechnereinsatz, bei dem der Rechner mit sämtlichen Anwendungssystemen als Werkzeug zur Informationsverarbeitung zum Einsatz kommt. Hier wird die Automatisierung einzelner Vorgänge angestrebt, so daß die Lösung ohne oder mit nur wenigen Eingriffen des Bearbeiters erfolgen kann. Dafür wird eine Algorithmierbarkeit der Bearbeitungsvorschriften oder eine formale Beschreibung der Bearbeitungsaufgaben vorausgesetzt.

Eine andere Richtung zielt auf die Unterstützung der informationsverarbeitenden Prozesse durch die Bereitstellung von Informationen. Angesichts des ständig wachsenden Informationsbedarfs und Informationsvolumens im technischen Bereich (VDI-2210) sowie des, laut statistischer Untersuchungen, sehr hohen Zeitbedarfs für Informationsbeschaffung, der im Konstruktionsbereich laut Angaben des VDI-Ausschusses „Angebotserstellung“ ein Sechstel der gesamten Arbeitszeit betragen kann, wird dieser Richtung besondere Bedeutung beigemessen.

Die größtmöglichen Effizienzsteigerungseffekte durch den Einsatz von DV-Hilfsmitteln sind jedoch

erst dann zu erwarten, wenn die beiden aufgeführten Richtungen gemeinsam verfolgt und in eine integrierte Angebots- und Auftragsabwicklung eingebettet werden. Der informationstechnisch orientierte Verbesserungsansatz setzt daher aus der Blickrichtung des Informationsumsatzes einen „flächendeckenden“ Einsatz von DV-Hilfsmitteln voraus. Das bedeutet, daß die Funktionalität eines zu implementierenden Informationssystems weit über die Grenzen eines passiven, informationellen Informationssystems hinausgehen soll, dessen Schwerpunkt auf der Informationsaufbereitung, -bereitstellung und -weitergabe liegt. Demzufolge gehört neben der Bereitstellung von Informationen die Automatisierung algorithmierbarer Teilprozesse und Aktivitäten ohne Einschränkung ihrer Flexibilität durch den Rechnereinsatz bei gleichzeitiger Sicherstellung der notwendigen Durchgängigkeit über die Grenzen einzelner DV-Systeme hinaus, zu den Festforderungen, die an ein solches Informationssystem gestellt werden müssen. Die informationell ausgerichtete Rechnerunterstützung der Abwicklungsprozesse durch Informationsbeschaffung, -aufbereitung und -weitergabe setzt die Existenz eines, den Einsatz von DV-Hilfsmitteln berücksichtigenden, Ordnungssystems voraus, das die für das Betreiben von Prozessen benötigten, in digitaler Form vorliegenden Daten und Dokumente wieder auffindbar und identifizierbar macht und systematische Ablage bzw. Weitergabe von (Zwischen-) Ergebnissen (Daten und Dokumente) ermöglicht. Die Schaffung eines solchen, die Informationsprozesse bedienenden und den Einsatz von Standardsoftware ermöglichenden, Ordnungssystems, unter Einbeziehung bewährter Verschlüsselungsmethoden zur Klassifikation und Informationsbeschaffung, bildet den entscheidenden Schritt mit dem der Rechner als festes Bestandselement in den Rahmen eines Informationssystems einbezogen wird. Angesichts der operationell ausgerichteten Rechnerunterstützung der Informationsverarbeitung erfordert dieser Ansatz die Zerlegung aller prozeßrelevanter Aktivitäten in Elementarfunktionen sowie ihre Analyse hinsichtlich der Algorithmierbarkeit und dem Bedarf an Heuristiken, mit dem Ziel sie entweder der Gruppe „Problem“ oder „Aufgabe“ zuzuordnen. Diese Vorgehensweise ist weiterhin Ansatzpunkt für eventuelle Systemanpassungen bzw. -erweiterungen in der Implementierungsphase des flexiblen, rechnerunterstützten Angebots- und Auftragsabwicklungssystems.

4 Aufbau eines Systems für die Projektierung, Konstruktion und Vertrieb von Wasseraufbereitungsanlagen für Schwimmbäder „IRAKS“

Zur Umsetzung beschriebener Improvementansätze wurde ein aus mehreren Partialmodellen bestehendes Referenzmodell für die effektive und effiziente Angebots- und Auftragsabwicklung in den – Bereichen Vertrieb- und Konstruktion entwickelt.

Seine Validierung wurde im Rahmen eines Industrieprojektes bei einem Hersteller verfahrenstechnischer Anlagen für die Wasseraufbereitung vorgenommen.

Im Rahmen dieses Projektes wurde das entwickelte Referenzmodell mit seinen Fach- und DV-Konzepten für Ordnungssystem, Produkt und Prozesse zur Entwicklung und anschließenden informationstechnischen Realisierung eines integrierten, rechnerunterstützten Systems für Projektierung, Konstruktion und Vertrieb von Wasseraufbereitungsanlagen für Schwimmbäder „IRAKS“ herangezogen. Ein stark vereinfachtes Modell einer beispielhaften Ausführungsvariante einer solchen Anlage zeigt **Bild 4**.

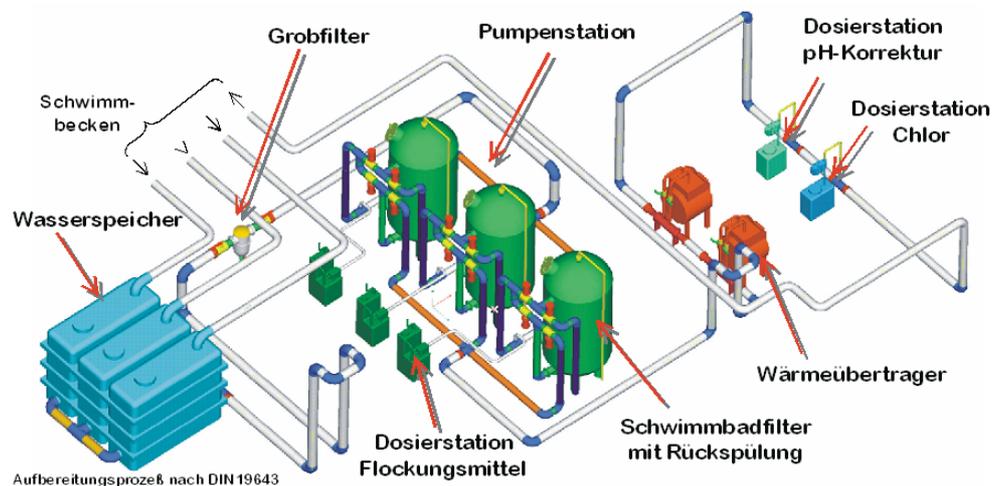


Bild 4: Wasseraufbereitungsanlage für Schwimmbäder (Verfahrenskombination nach DIN 19643)

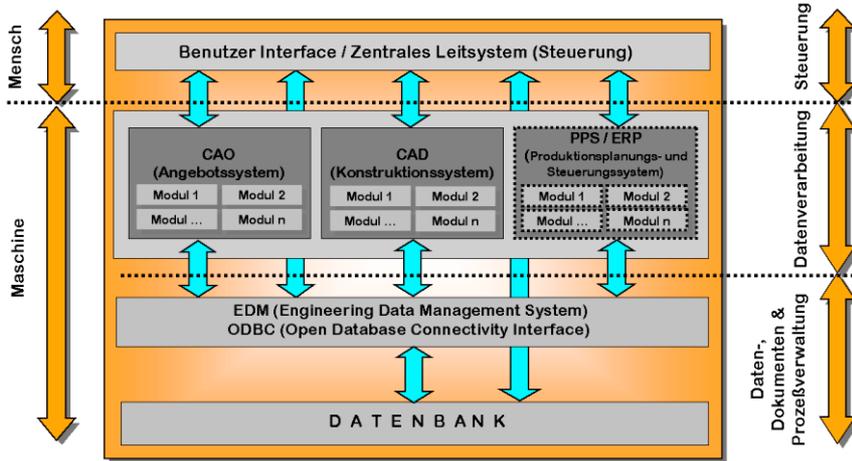
Die Anlage besteht aus einzelnen miteinander verrohrten Apparaten: Wasserspeicher, Pumpenstation, Dosierstationen für Flockungsmittel, Chlor-, Säure- und Laugelösungen, Filter zur Grob- und Flockungsfiltration sowie Wärmetauscher, durch die das aufzubereitende Schmutzwasser geleitet wird, bevor es in das Schwimmbecken gelangt. Abhängig vom verwendeten Schema des verfahrenstechni-

schen Wasseraufbereitungsprozesses, kann die Zahl und die Art der verwendeten Komponenten variieren und es können weitere Apparate bzw. Apparategruppen wie Ozonerzeuger, Restozonvernichter, Aktivkohlefilter, Gebläsestation etc. Verwendung finden. Einzelne Apparate dieser Anlagen lassen sich als, für standardisierte Anschlußschnittstellen ausgestatteten, Kapseln betrachten, die eine bestimmte Funktion aus verfahrenstechnischer Sicht zu erfüllen haben. Sie können als fertige Bausteine beim Projektieren zur Realisierung der Gesamtfunktion herangezogen werden, so daß der Projektierungs- und Konstruktionsprozeß, unter der Voraussetzung, daß ein zuvor vorgedachtes Baukastensystem existiert, auf die Lösung eines Konfigurationsproblems zurückgeführt werden kann.

Fertige Anlagen dieser Art werden selten als Standardprodukte verkauft. Dies ist fast ausschließlich bei kleineren Anlagen in Containerausführung der Fall. In der Regel handelt es sich hier um kundenspezifische Lösungen, bei denen einzelne Apparate bzw. Apparategruppen durch ein, durch kundenseitige Randbedingungen (Aufstellungsort, Räumlichkeiten (verfügbarer Technikraum), max. Aufstellungsfläche, Transportwege, etc.) geprägtes Rohrleitungssystem zu einem funktionierenden Gesamtsystem verbunden werden.

Systemarchitektur, Instrumentalisierung und Anwendungsspektrum

Interaktionskanäle und das Aufbauschema des entwickelten Systems „IRAKS“ sind in **Bild 5** dargestellt.



Eine zentrale Position nehmen in dieser Umgebung ein EDM- und ein Datenbankserver ein, mit denen einzelne Clients mit lokal installierten Anwendungen (CAO und CAD) im Netz verbunden sind.

Den groben Überblick über die bei der Implementierung zur Instrumentalisierung des Systems verwendeten Anwendungssysteme sowie die realisierte Benutzeroberfläche gibt Bild 6 wieder.

Bild 5: Architektur und Interaktionskanäle des rechnerunterstützten Angebots- und Auftragsabwicklungssystems für Vertrieb und Konstruktion (IRAKS).

Seine Architektur bestimmen drei Funktionsschichten. Die oberste *Steuerungsschicht* bildet ein zentrales Leitsystem, von dem aus alle Mensch-Maschine-Interaktionen ausgelöst werden können und die Kommunikation zwischen dem Anwender und einzelnen DV-Anwendungen erfolgt. Einzelne, vom zentralen Leitsystem zu aktivierende Anwendungssysteme: Angebotssystem, CAD- und ERP/PPS-System bilden als Werkzeuge die *mittlere Schicht der Datenverarbeitung*, in der der Informationsumsatz stattfindet. Die unterste Schicht stellt die *Schicht der Daten-, Dokumenten- und Prozeßverwaltung* dar. In dieser Schicht sind das EDM- und das Datenbanksystem eingebettet. Im Datenbanksystem werden alle angebots- und auftragsrelevanten Daten sowie dokumentenbeschreibenden Metadaten abgelegt. Die physikalische Speicherung von Dokumenten selbst erfolgt im Filesystem des Serversystems. Das EDM-System verbindet einzelne, im Innendienst an den Prozessen beteiligten Anwendungssysteme (CAO/CAD/ERP) mit der Datenbank und regelt den Datenaustausch zwischen allen diesen Systemen, so daß eine direkte Kommunikation einzelner Systeme untereinander unterbunden wird und damit die Stimmigkeit des implementierten Daten- und Leistungsmodells gewährleistet werden können.

Als EDM-System, in dem das bereichsübergreifende Ordnungssystem mit seinem Objektplan und den Sachmerkmaleisten abgebildet wurde, wurde bei der Implementierung das EDM-System CIM-DATABASE (Contact) und als Datenbanksystem das objekt-relationale System ORACLE (Oracle) einbezogen. Zur Rechnerunterstützung aller Projektierungs- und Konstruktionsaufgaben wurde das vollparametrische CAD-System ProENGINEER (PTC) herangezogen, in dem die featurebasierte Implementierung des Produktmodells vorgenommen wurde. Das Angebotssystem ist modular aufgebaut und umfaßt ein Datenerfassungsmodul, mit dem das Produktspektrum auf allen vertriebsrelevanten Komplexitätsebenen (Apparate, Apparategruppen, Anlagen) ansprechend präsentiert werden kann.

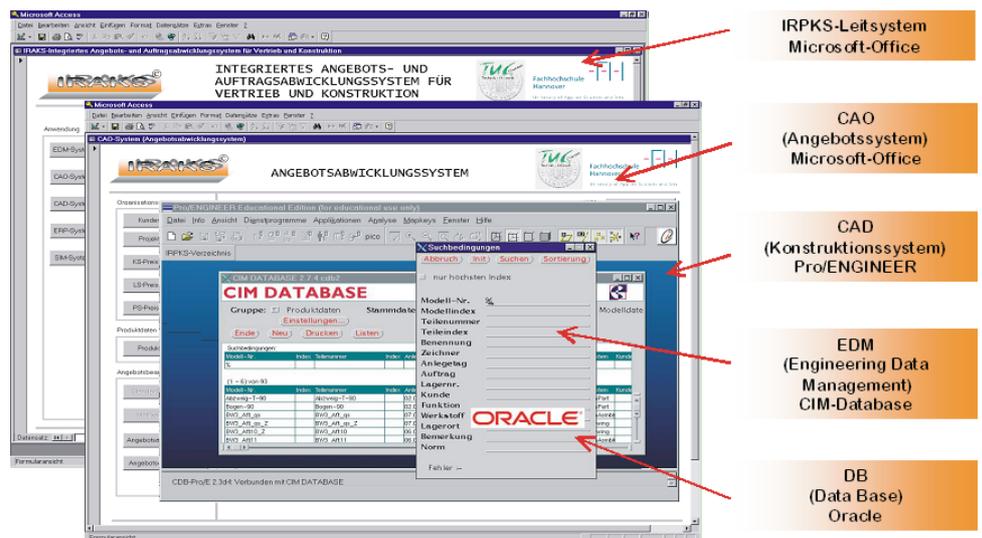


Bild 6: Instrumentalisierung des rechnerunterstützten Angebots- und Auftragsabwicklungssystems für Vertrieb und Konstruktion (IRAKS).

Das Angebotssystem ist modular aufgebaut und umfaßt ein Datenerfassungsmodul, ein Produktinformationsmodul, ein Auslegungsmodul, ein Modul technischer und kaufmännischer Projektauswertung und ein Angebotserstellungsmodul. Das Auslegungsmodul verfügt über einen Produktkonfigurator der eine plausible qualitative und quantitative Anlagenauslegung auf Basis vordefinierter Auslegungsobjekte ermöglicht.

Der Objektplan des in „IRAKS“ implementierten Ordnungssystems (Object Ordering System) wurde als 4-stufige Sachgruppenhierarchie im EDM-System realisiert, so daß jede durch eine Sachgruppe der letzten Stufe dieser Hierarchie repräsentierte Bauteilfamilie in nur vier Schritten angesprochen und die, die Bauteilfamilie beschreibende (mit der Sachgruppe verknüpfte) Sachmerkmalreihe eingeblendet werden kann. Zur Verschlüsselung von Sachgruppen wurde ein vollverzweigtes Klassifizierungsnummernsystem verwendet, um den Objektplan DV-technisch nutzbar zu machen. Zur Navigation werden somit intern vom EDM-System unverwechselbare SML-Schlüssel dieses Nummernsystems verwendet.

Produktmodell und Wissensimplementierung

Bei dem realisierten rechnerunterstützten Produktmodell handelt es sich um ein generisches, kohärentes, in mehrere Partialmodelle zerlegtes und auf mehrere Anwendungssysteme verteiltes Produktmodell, dessen leichte Übertragung in ein auftragspezifisches, virtuelles Produkt durch Nutzung von Evaluierungsmechanismen der einbezogenen Systeme gewährleistet wird.

Das Gesamtmodell umfaßt folgende Partialmodelle:

- Anforderungsmodell
- Strukturmodell
- Gestalts- und Technologiemo­dell
- Auslegungsmodells
- Produktdokumentationsmodell

Eine zentrale Position nimmt in diesem Modell das in Form von Produktmatrizen und Baugruppenfamili­entabellen im CAD/CAM-System ProENGINEER abgebildete *Strukturmodell* ein, über das die Kohärenz des gesamten Modells sichergestellt wird. In den Produktmatrizen dieses Modells ist das qualitative Produktkonfigurationswissen abgebildet, das von Mechanismen des Produktkonfigurators in der Phase der technischen Produktlösungsfindung ausgewertet werden kann. In den Produktmatrizen sind alle Produktkomponenten auf vertriebsrelevanten Produktkomplexitätsebenen sowie ihre Kombinatorik so abgebildet, daß jede Zeile dieser

Strukturbeschreibung eine gültige, plausible, qualitative Produktkonfiguration beschreibt.

Die quantitativen Produktstrukturinformationen enthalten die im CAD-System vorhandenen, alle Komplexitätsebenen überspannenden und über Verweise (Links) mit den Einzelteilmamili­entabellen des *Parametriemodells* verknüpften Baugruppenfamili­entabellen.

Während in den Baugruppen-Famili­entabellen des Strukturmodells jede Zeile eine vollständige quantitative Strukturinformation des zu beschreibenden Bauteils enthält, repräsentiert ein Tupel, der ebenso im CAD-System implementierten Einzelteilmamili­entabellen des Parametriemodells, eine statische attributive Beschreibung der aus fertigungstechnischer Sicht nicht mehr zerlegbaren Elemente.

Beziehungen zwischen einzelnen Parametern dieser Beschreibung werden als Sachmerkmalalgorithmen ebenso im geometrischen Modellierer in Form expliziter mathematischer Constraints implementiert. Neben Einzelteilmamili­entabellen und Sachmerkmalalgorithmen bilden der Teilstamm und die Referenzliste weitere Bestandteile des implementierten Parametriemodells. Sie stellen Relationen in der Oracle-Datenbank dar, deren Pflege vom EDM-System aus vorgenommen wird. Im Teilstamm sind alle in den Baugruppen- und Einzelteilmamili­entabellen nicht enthaltenen technischen Daten und statischen betriebswirtschaftlichen Informationen abgebildet. Die Referenzliste enthält kommerzielle Bewegungsdaten für vertriebsrelevante Komponenten der Produktstruktur. Um jedes Element und die mit dem Element zusammenhängenden Informationen der so beschriebenen Produktstrukturen für Prozesse wiederauf­findbar und greifbar zu machen, werden sowohl die Baugruppen- als auch die Einzelteilmamili­entabellen des Struktur- und Parametriemodells mit den Sachmerkmalreihen des bereits beschriebenen DV-technisch realisierten Ordnungssystems mittels der vom EDM-System bereitgestellten Mechanismen verknüpft.

Kern dieses Produktdokumentationsmodells, wie in **Bild 7** gezeigt, bilden Textbausteine, die entweder direkte Bestandteile (Inhalte) der Baugruppen- bzw. Einzelteilmamili­entabellen der Struktur- und Parametriemodells sind, oder externe mit verbalen oder graphischen Inhalten gefüllte Objekte darstellen, auf die in diesen Tabellen verwiesen wird.

arbeitung. Die technische Produktauslegung beginnt mit der Auswahl des gewünschten Wasseraufbereitungsverfahrens. Dies erfolgt in einem Dialogfenster, in dem einzelne Verfahrenskombinationen nach DIN 19643 /4/ zur Auswahl angeboten werden und bei Bedarf detaillierte Informationen sowohl in alphanumerischer Form, als auch in Form des Anlagenschemas mit aufgeführten Funktionsträgern eingeblendet werden können.

Bild 9 zeigt ein Dialogfenster, in dem in einem Pull-down-Menü eine Liste der, mit den bereits ausgelegten Komponenten kompatiblen, Typengruppen dieser Komponente zur Auswahl eingeblendet wird.

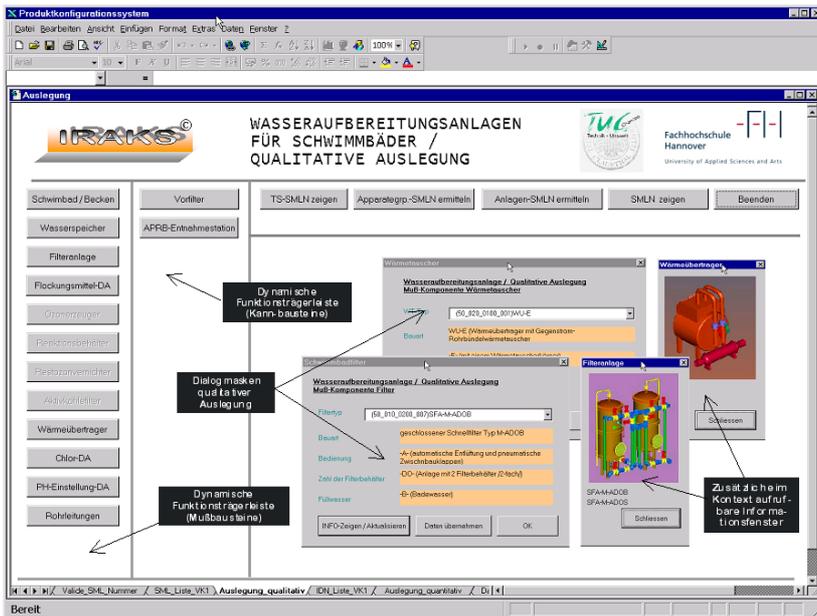


Bild 9: Ausschnitt aus der qualitativen Auslegung

Nach dem sequentiellen Durchlaufen der Funktionsträgerliste im Rahmen dieses Verfahrens, liegt eine plausible Anlagenkonfiguration vor, so daß eine nachträgliche Kontrolle der Widerspruchsfreiheit und Kompatibilität nicht notwendig ist. Ist die qualitative Anlagenkonfiguration unter Einbeziehung der im Baukasten vorkommenden Apparate abgeschlossen, wird das System über Buttons der Funktionsleiste veranlaßt, den Baukasten auf den nächsthöheren Komplexitätsebenen (Apparategruppen und Anlagen) nach wiederverwendbaren, die ermittelte Zusammensetzung von Apparaten enthaltenden, Bausteinen zu durchsuchen. Die Ergebnisse der qualitativen Auslegung werden anschließend dokumentiert und können in Form einer Liste in einer Über-

sichtsmaske angezeigt werden, welche die SML-Schlüssel der wiederverwendbaren Bauteile auf allen vertriebsrelevanten Baukastenebenen aufführt.

Der qualitativen Auslegung schließt sich die quantitative Anlagenauslegung an.

Das sich dem Anwender hier präsentierende Dialogfenster ähnelt dem der qualitativen Auslegung **Bild 10**. Mit den Befehlsschaltflächen (Buttons) der Funktionsträgerleiste sind jedoch Module verknüpft, die Algorithmen verfahrenstechnischer Berechnungen für das Gesamtsystem und für die einzelnen Teilsysteme beinhalten. Die Ergebnisse der verfahrenstechnischen Berechnungen werden als Suchkriterien an die Auswahlroutinen weitergegeben, mit denen der Baukasten, der im Rahmen der qualitativen Auslegung bereits auf den Bereich der denkbaren Lösungen (relevanter Sachmerkmale) eingeschränkt wurde, nach geeigneten quantitativen Varianten durchsucht wird. Die Suche beginnt auf der Ebene einzelner Apparate und wird genauso wie im Rahmen der qualitativen Auslegung auf den Ebenen der Apparategruppen und Anlagen fortgesetzt, mit dem Ziel, im Rahmen der Angebots- und Auftragsabwicklung auf wiederverwendbare Baukastenelemente auf möglichst hohen Komplexitätsebene zurückzugreifen, um den Bearbeitungsaufwand auf das notwendige Minimum zu reduzieren.

mit denen der Baukasten, der im Rahmen der qualitativen Auslegung bereits auf den Bereich der denkbaren Lösungen (relevanter Sachmerkmale) eingeschränkt wurde, nach geeigneten quantitativen Varianten durchsucht wird. Die Suche beginnt auf der Ebene einzelner Apparate und wird genauso wie im Rahmen der qualitativen Auslegung auf den Ebenen der Apparategruppen und Anlagen fortgesetzt, mit dem Ziel, im Rahmen der Angebots- und Auftragsabwicklung auf wiederverwendbare Baukastenelemente auf möglichst hohen Komplexitätsebene zurückzugreifen, um den Bearbeitungsaufwand auf das notwendige Minimum zu reduzieren.

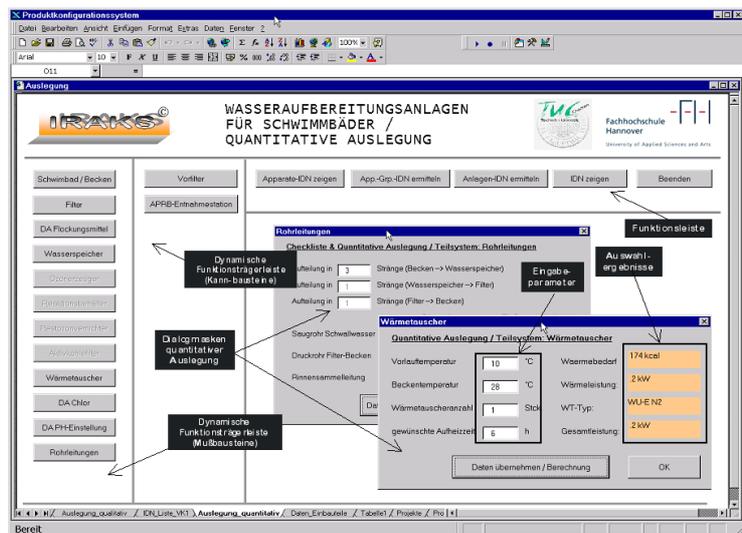


Bild 10: Ausschnitte der quantitativen Auslegung

Nach dem Vorgang der quantitativen Produktauslegung liegt eine vollständige, plausible Konfiguration vor, die der punktuellen, verfahrenstechnischen Auslegung der Anlage zwar selten entspricht, jedoch aus Sicht der Kundenwünsche und der durchgeführten Berechnungen die bestgeeignetste, kostengünstigste, nächstliegende, standardisierte Baukastenlösung repräsentiert Beispiel siehe **Bild 11**. Die Möglichkeit zur Erarbeitung einer aus Kundensicht optimalen technischen Lösung im hochiterativen Prozeß ist somit gegeben.

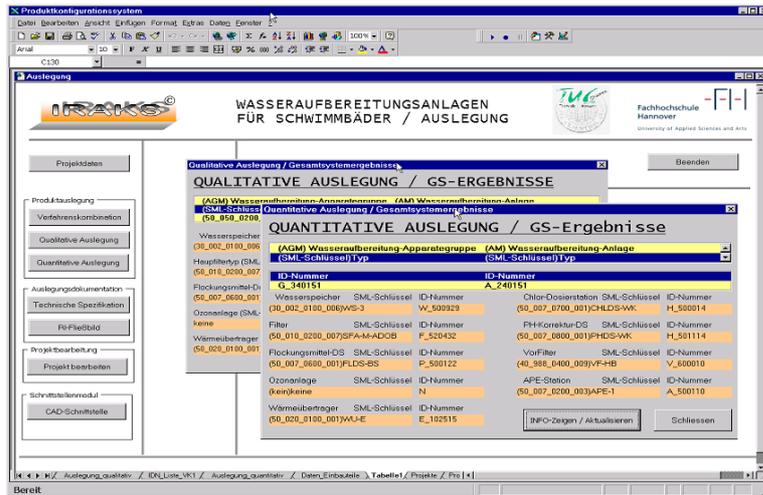


Bild 11: Auslegungsergebnisse

Ist der Auslegungsprozeß abgeschlossen, werden die für die Planung des Anlagen-Layouts erforderlichen Auslegungsergebnisse zusammengefaßt und in eine Übergabedatei geschrieben, die vom Projektierungs-/Konstruktionssystem eingelesen und ausgewertet werden kann. Sie enthält sowohl SML-Schlüsselinformationen und ID-Nummern einzelner Teilsysteme der konfigurierten Anlage, als auch Rohrleitungsparameter des verfahrenstechnisch korrekt ausgelegten Piping-Systems.

Nach der Phase der technischen Lösungsfindung folgt die kaufmännische Angebotsbearbeitung. Diese Phase wird vom Angebotssystem durch die Bereitstellung eines Moduls zur kaufmännischen Projektauswertung unterstützt, mit dem für jede als Baukastenprodukt konfigurierte Anlage kommerzielle Daten ihrer Komponenten (Angebotspreise und Lieferzeiten) zusammengeführt und in Diagrammform präsentiert werden können.

Damit wird die Möglichkeit eingeräumt, die in mehreren Iterationsschleifen erarbeiteten und technisch bewerteten Lösungen hinsichtlich der kommerziellen Aspekte einander gegenüberzustellen und sich der aus kaufmännischer Sicht optimalen Lösung anzunähern.

Die letzte Phase des Angebotsbearbeitungsprozesses bildet die Erstellung von Angebotsdokumenten und die Angebotsarchivierung.

Zu diesem Zweck stellt das Angebotssystem ein Angebotserstellungsmodul bereit, das ausgehend von den Ergebnissen der technischen und kaufmännischen Angebotsbearbeitung (Stückliste der aus technischer und kaufmännischer Sicht kundenoptimalen Anlage) das automatisierte Generieren sowohl der technischen Angebote mit RI-Fließbildern als auch der kaufmännischen Angebotsdokumente, die Bestandteile der für den Kunden vorgesehener Angebotsmappe sind, sowie zusätzlicher interner, d.h. im Unternehmen zum Zweck der Archivierung verbleibender, Dokumente ermöglicht (**Bild 12**).

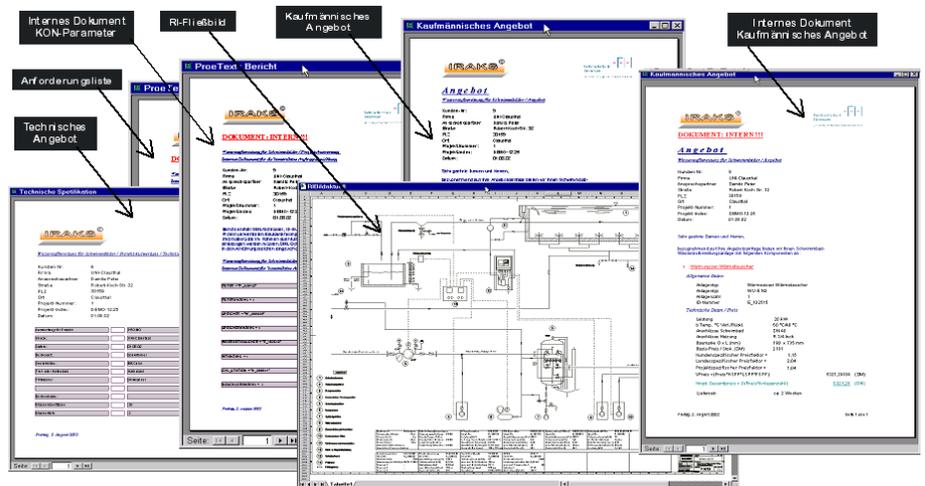


Bild 12: Ergebnisse der Angebotserstellung

Alle diese Dokumente stellen die, durch Datenbankabfragen steuerbaren Datenbankberichte dar, die zum Zweck einer sinnvollen Formatierung und nach Bedarf von eventuellen Modifikationen und Erweiterungen an ein Textverarbeitungssystem weitergegeben werden können.

In **Bild 13** ist die Layoutplanung / Finden und Laden parametrischer Vorlagen (Volumenmodell und 2D-Aufstellungsplan) zu sehen.

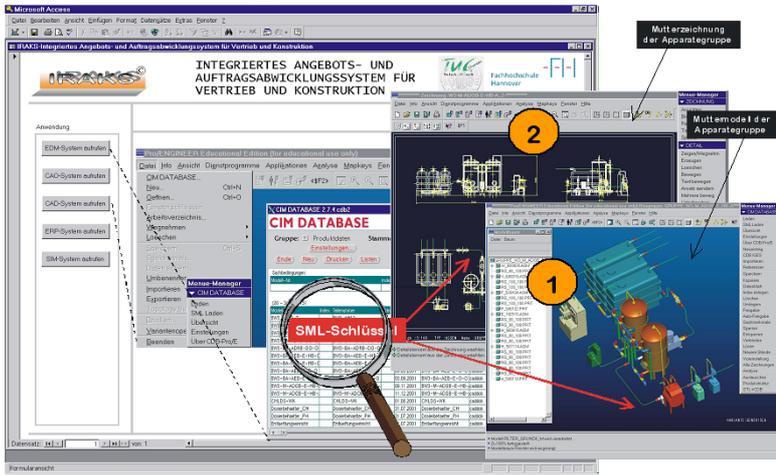


Bild 13: Layoutplanung / Finden und Laden parametrischer Vorlagen (Volumenmodell und 2D-Aufstellungsplan)

Bei diesem Modell handelt es sich um ein Teilmmodell der Anlage, das um das Rohrleitungssystem noch vervollständigt werden muß. Anhand eines solchen parametrischen Modells wird die Anlagen-Layoutplanung im Kontext des eingebauten dreidimensionalen Modells des Technikraums vorgenommen. Alle Modifikationen und Erweiterungen dieses Modells werden auf den mit ihm assoziierten zweidimensionalen Layoutplan automatisch übertragen. Das, ein Ergebnis der dreidimensionalen Layoutplanung bildende Modell wird als Vorlage für die Generierung eines vollständigen Anlagenmodells für die anschließenden konstruktiven Auf-

scher Fertigungs- und Montagedokumentation bildenden, Zeichnungen sowie die Erstellung von Stücklisten erfolgt letztendlich unter Einbeziehung des Mutterdokumentenprinzips (Baugruppen-, Einzelteil- und Montagezeichnungen (**Bild 14**). Die Übertragung von Stücklisteninformationen in das ERP-System wird vom EDM-System übernommen.

5. Zusammenfassung

Die Überwindung der auf geringe Effektivität und Effizienz zurückzuführenden Probleme im Angebots- und Auftragswesen der Anlagen- und Apparatebauunternehmen kann durch systematisierende Ansätze und einen methodischen Einsatz informationstechnischer Hilfsmittel in produktionsvorgelagerten Bereichen herbeigeführt werden /1/.

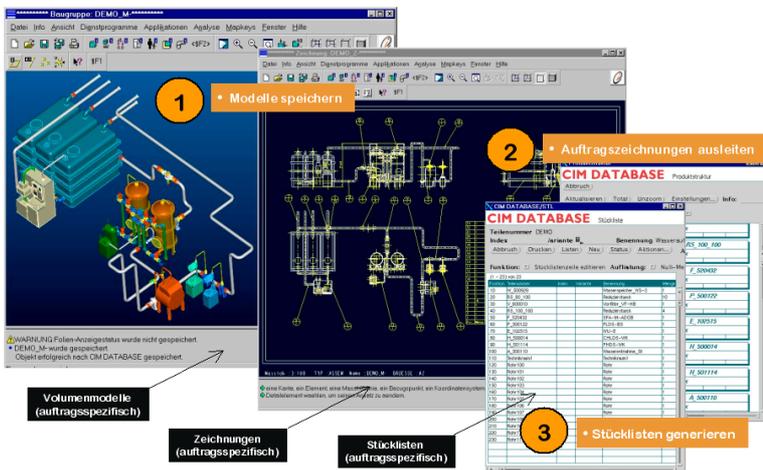
Ein entwickeltes Referenzmodell für die effektive und effiziente Angebots- und Auftragsabwicklung im Bereich Vertrieb und Konstruktion wird an einem Beispiel für die Projektierung von Wasseraufbereitungsanlagen für Schwimmbäder vorgestellt.

Die Arbeit entstand in Zusammenarbeit zwischen der FH Hannover vertreten durch die Herren Prof.

Dr.-Ing. W. Stannek, und Dr.-Ing. A. Boryczko sowie der TU Clausthal, Institut für Maschinenwesen, vertreten durch Prof. Dr.-Ing. N. Müller.

6. Literatur

/1/ Boryczko, P.: Föderatives Engineering System für Planung, Konstruktion und Vertrieb. Beitrag zur Systematisierung und Integration der Engineering- und Commerce-Prozesse im rechnerunterstützten Anlagen- und Apparatebau. Dissertation TU-Clausthal 2003., VDI-Verlag, Düsseldorf 2003.



tragsabwicklung verwendet.

Bild 14: Ergebnisse konstruktiver Auftragsabwicklung

Die sich der Generierung von Rohrsegmenten anschließende Anpassung von Schnittstellen zwischen dem Rohrleitungssystem und den einzelnen Apparaten erfolgt dialogorientiert. Hier werden die in den generischen Apparatemodellen verbauten Fittings durch ihre passenden Varianten ersetzt. Die Erstellung der, die Bestandteile auftragspezifi-

/2/ Rommel, G.; Brück, F.; Diedrichs, R.; Kempis, R.-D. und J. Kluge, J.; Einfach überlegen., Schäfer Poeschel, Stuttgart 1993.

/3/ DIN 19643, Aufbereitung und Desinfektion von Schwimm- und Badebeckenwasser; Berlin: Beuth Verlag GmbH, 1984

/4/ VDI-2210, Analyse des Konstruktionsprozesses im Hinblick auf den EDV-Einsatz, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1975.