

## **PROZESSOPTIMIERUNG IN DER PRODUKTENTWICKLUNG MIT METHODEN DER KÜNSTLICHEN INTELLIGENZ**

*Dr.-Ing. Dipl.-Math. Michael Schabacker*  
*Dipl.-Ing. Tamás Rick*  
*Prof. Dr.-Ing. Tibor Bercsey*  
*Prof. Dr.-Ing. Sándor Vajna*

### **Zusammenfassung**

Im 21. Jahrhundert können wegen der immer steigenden und wechselnden Kundenwünsche nur solche Firmen wettbewerbsfähig bleiben, die am schnellsten die Kundenanforderungen befriedigen können. Der dazu notwendige Produktentwicklungsprozess wird in einem Prozessmodelliersystem beschrieben, welches mit den dazu erforderlichen Qualifikationsprofilen, Methoden, Hilfsmitteln und Werkzeugen in einer wissensbasierten Datenbank verknüpft ist. Neben einer Prozessmodellierung ist auch eine Analyse notwendig, um eventuelle Zeiten- und Kostenersparnisse sowie eine bestmögliche Auslastung der Mitarbeiter erreichen zu können. Dies erfolgt durch die Optimierung des Produktentwicklungsprozesses mit Methoden der Künstlichen Intelligenz in verschiedenen Optimierungsstufen: In der ersten Stufe werden die Ein- und Ausgangsdaten der einzelnen Prozesselemente miteinander verglichen, so dass mehrere Prozesselemente parallel bearbeitet werden können (Simultaneous Engineering). Zweitens werden zu den einzelnen Prozesselementen zugeordnete Warte- und Liegezeiten minimiert. In der dritten Stufe werden die Prozesselemente entsprechend ihrer Ausgangsdaten in Arbeitsschritte geteilt und diese wiederum analog der ersten Stufe mit Hilfe der Abhängigkeiten der Ausgangsdaten zueinander so gut wie möglich parallelisiert (Concurrent Engineering). In der letzten Stufe werden den einzelnen Prozesselementen die dazu qualifizierten Personen mit Hilfe von genetischen Algorithmen zugeordnet.

### **1 Einführung**

Die Produktentwicklung kann als signifikante Informations- und Innovationsquelle eines Unternehmens betrachtet werden. Allerdings sind Prozesse in der Produktentwicklung üblicherweise sehr komplex und dynamisch, nicht nur, weil Innovationen und Kreativität nicht einem strikt vorgegebenen Weg folgen, sondern auch weil an den Prozessen viele Mitarbeiter mit wachsenden Aufgabenspektren und unterschiedlicher Qualifikation beteiligt sind. Außerdem nutzen Produktentwickler unterschiedliche Technologien und Werkzeuge in den Prozessen, z.B. CAx-Systeme, EDM/PDM-Systeme, Virtual Reality, Digital Mock-Up (DMU), Internet- und Office-Anwendungen, ohne dabei die vorhandene Leistungsfähigkeit voll auszunutzen. Oft ist es nicht leicht, das jeweils am besten geeignete System und die dazugehörigen Dokumente, Daten oder Informationen zur richtigen Zeit, im richtigen Umfang und Güte zu finden. Aufgrund unklarer Abläufe und Informationsflüsse ist es schwierig, den Projektfortschritt zu erfassen ([1], [6]).

Insofern sind Prozesse in der Produktentwicklung weder vorhersehbar noch ohne weiteres vollständig reproduzierbar. Außerdem ist es in diesem dynamischen Umfeld schwierig, Ziele, Zeiten, Ressourcen und Kosten eines Projektes zu kontrollieren. Damit unterscheiden sich diese Prozesse grundlegend von denen aus Fertigung, Verwaltung und Controlling. Diese

Unterschiede liefern die wesentlichen Gründe dafür, dass Softwarelösungen zur Unterstützung von Prozessen aus den letztgenannten Bereichen nicht zur Unterstützung der Produktentwicklung eingesetzt werden können ([1], [6]).

## 2 Definitionen

Für eine effektive Produktentwicklung ist es notwendig, alle Prozesse und Aktivitäten zu kennen, zu überwachen und zu regeln. Ein Unternehmen benötigt deshalb für jeden Produktentwickler eine Unterstützung bei der Projektbearbeitung in Form einer Navigation. Diese muss es erlauben, Aufgaben innerhalb vorgegebener Anforderungen, Zeit- und Kostenrahmen zu modellieren, sie auszuführen, auf Störgrößen dynamisch zu reagieren und die gewählte Vorgehensweise zu bewerten.

Um ein gemeinsames Verständnis für einige verwendete Begriffe zu erhalten, werden diese im Vorfeld wie folgt definiert ([2], [3]):

- Ein **Prozess** besteht aus miteinander verbundenen Aktivitäten oder Teilprozessen zur Bearbeitung einer Aufgabe. Die Menge der Aktivitäten ist in ihrer Länge und Dauer nicht begrenzt. Die Verbindungen der Aktivitäten oder Teilprozesse sind nicht rigide. Dabei ist ein Teilprozess die Teilmenge eines Prozesses und ebenfalls eine Menge von Aktivitäten oder weiteren Teilprozessen.
- Ein **Prozesselement** beschreibt eine Aktivität, Tätigkeit bzw. einen oder mehrere Arbeitsschritte und wird durch ein oder mehrere Ereignisse gestartet und endet in einem oder mehreren Ereignissen. Die einzelnen Prozesselemente (Aktivitäten) sind inhaltlich abgeschlossen, sie stehen in einem logischen Zusammenhang zueinander. Die Beschreibung erfolgt auf der Grundlage einer definierten Struktur, so dass sie auch für die Verwendung in einem rechnerunterstützten System geeignet sind.
- Ein **Arbeitsschritt** ist die kleinste Teilmenge in einer Aktivität der Produktentwicklung.
- Ein **Projekt** startet einen oder mehrere Prozesse und/oder Workflows, die durch scharfe und unscharfe Regeln miteinander verknüpft werden. Im Projekt werden dabei die Randbedingungen, z.B. Beteiligte, Zeiten, Termine, Budget, Ressourcen usw. definiert. Ein Projekt ist einmalig und hat einen Anfang und ein definiertes Ende.

## 3 Prozesselemente

Zur Modellierung der Prozesse werden als Elemente der Prozessbeschreibung die Prozesselemente verwendet und die logischen Funktionen der Elemente in entsprechenden Beschreibungsregeln definiert. Zur logischen Darstellung von Elementen bzw. Prozessen gibt es folgende Techniken [4]:

- Fluss-Diagramme,
- Pfeil-Diagramme,
- Multiple Activity Diagramme,
- Prozessdiagramme.

Die am weitesten verbreitete Modellierungsmethode für Aktivitätenmodelle SADT (**S**tructured **A**nalysis and **D**esign **T**echnique) wurde von der US Air Force entwickelt. Sie gehört zur Multiple Activity Diagramme Technique. Auf Basis der SADT entstand **IDEF0**. In der Originalform verbindet IDEF0 die Definition einer grafischen Modellersprache und die Beschreibung einer umfassenden Methode zur Modellentwicklung ([4], [5]). Mit dieser Modellierungsmethode lassen sich Mengen von Prozesselementen bzw. Aktivitäten zu Teilprozessen zusammenfassen. Dadurch können hierarchische Darstellungen von Strukturen bzw. Gliederungen entstehen, die z.B. auch einen sehr komplexen Prozess übersichtlich anzeigen können.

In Abwandlung dieser Technik wurden die Beschreibungsregeln für die Prozesselemente definiert. Im Unterschied zu SADT sind Eingangs- und Ausgangsdokumente bzw. -informationen (im folgenden Ein- bzw. Ausgangsdaten) sowie eine Beschreibung der Aktivität mit den durchzuführenden Arbeitsschritten innerhalb des Prozesselementes enthalten. Es werden zusätzlich mögliche Vorgänger und Nachfolger aufgeführt, da nicht nur eine einzige Möglichkeit der Kombination von Prozesselementen besteht und keine starre Prozessbeschreibung verankert werden soll (**Bild 1**).

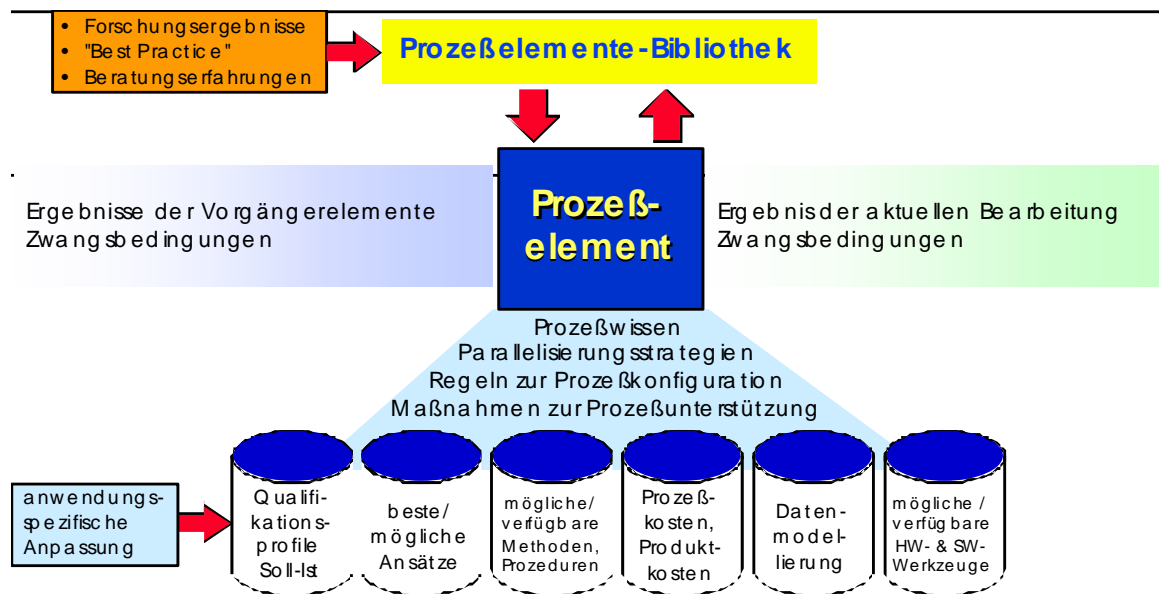


Bild 1: Aufbau und Inhalte eines Prozesselementes [6]

Die Prozesselemente enthalten einen großen Umfang an Prozesswissen und werden in einer Prozesselemente-Bibliothek gespeichert. So können z.B. Vorhersagen zur Bearbeitungsdauer getroffen werden. Eine Nachkalkulation kann zeigen, wie lange eine Bearbeitung tatsächlich gedauert hat, indem jedem Prozesselement ein geschätzter Zeitaufwand zugeordnet wird. Ein Prozesselement enthält weiterhin Informationen zu Anforderungen an die Qualifikation des Bearbeiters, damit die Ausführbarkeit des Prozesselementes gewährleistet ist. Dieser Wissensbestandteil wird **Qualifikationsprofil** genannt [1].

#### 4 Zusammenhang zwischen Prozesselementen, Qualitätsmanagementsystemen und Konstruktionsarten

Qualitätsmanagementsysteme (QM-Systeme) haben die Funktion, Attribute (Mitarbeiter, Verfahren, Tätigkeiten, Informationen und Erfahrungen usw.) einer Aufgabe in ein durchgängiges System zu integrieren, um sie im Unternehmen erfolgreich gestalten und managen zu können. Hierzu müssen die erfolgskritischen Attribute identifiziert, dokumentiert und für alle beteiligten Mitarbeiter transparent dargestellt werden. Neben den Attributen selbst beschreibt

das System zudem die Lenkung und Koordination der Attribute. Eine weitere Funktion des Qualitätsmanagementsystems und seiner Dokumentation ist es, die Grundlage für die Aufrechterhaltung und Pflege der im System integrierten Attribute bereitzustellen, um so eine kontinuierliche Verbesserung der Leistungen des Unternehmens zu ermöglichen [7].

Die bedeutendsten Normen für QM-Systeme stellt derzeit die DIN EN ISO 9000 Reihe dar. Viele produzierende Unternehmen in Deutschland sind Bestandteil der Zulieferkette der Automobilindustrie. Für diese Unternehmen gewinnen die spezifischen Forderungen der US-amerikanischen (QS 9000) und der deutschen (VDA) Automobilproduzenten eine immer weitreichendere Bedeutung ([7], [8]).

Als Konstruktionsarten werden die Neukonstruktion, Anpassungskonstruktion und Variantenkonstruktion verstanden [9]:

- Neukonstruktion für neue Aufgabenstellungen und Probleme werden mit neuen Lösungsprinzipien durchgeführt. Diese können sich entweder durch Auswahl und Kombination an sich bekannter Prinzipien und Technologien ergeben, oder es muss technisches Neuland betreten werden.
- Bei Anpassungskonstruktionen bleibt man bei bekannten und bewährten Lösungsprinzipien und passt die Gestaltung an veränderte Randbedingungen an. Dabei ist die Neukonstruktion einzelner Teile und Baugruppen oft nötig.
- Bei Variantenkonstruktion werden im Zuge der Auftragsabwicklung Größe und/oder Anordnung von Teilen und Baugruppen innerhalb von Grenzen vorausgedachter Konstruktionssysteme variiert. Sie erfordern den wesentlichen Konstruktionsaufwand als Neukonstruktion einmalig vorab und ergeben bei der Auftragsabwicklung keine größeren Konstruktionsprobleme mehr.

Prozesselemente, Konstruktionsarten und QM-Systeme können als eine dreidimensionale Matrix, der sogenannte QKP-Würfel, beschrieben werden (**Bild 2**). In der QK-Fläche sind den QM-Systemen die Konstruktionsarten zugeordnet. Die Prozesselemente sind dabei derart gestaltet, dass sich die QM-Systeme und die durch die Konstruktionsarten gegebenen Produktentwicklungsphasen widerspiegeln. Der QKP-Würfel ist also eine Sammlung von Prozesselementen, die nach QM-Systemen und Konstruktionsarten strukturiert sind. Die Regeln für die Reihenfolge der Prozesselemente sind in Abschnitt 5.1 beschrieben.

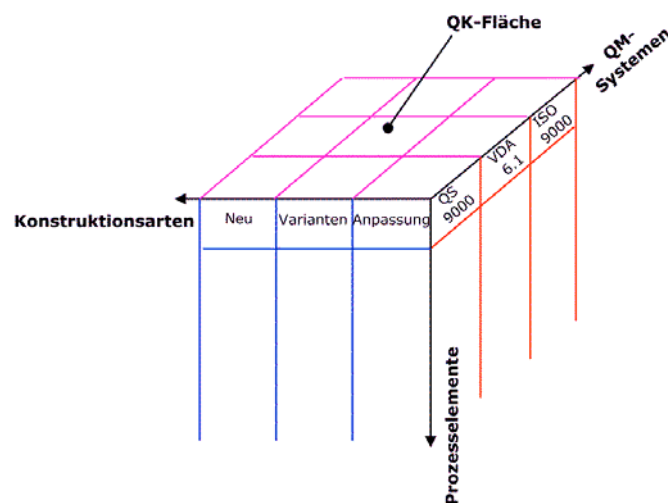


Bild 2: QKP-Würfel

## 5 Prozessoptimierung

Für die Prozessoptimierung sind bei der Aufnahme des Prozesses folgende Voraussetzungen zu erfüllen:

- Der Prozess ist entweder in Teilprozesse oder in strukturierte Prozesselemente gegliedert (d.h. eine Zuordnung der Kombinationen parallel, seriell, iterativ, alternativ ist erfolgt).
- Die Modellierung der Teilprozesse und Prozesselemente ist phasenbezogen erfolgt, **nicht** abteilungsbezogen.
- Eine Zuordnung der „richtigen“ Methoden, Hilfsmittel und Werkzeuge ist bei der Prozessmodellierung bereits vorgenommen worden.

Bei der Optimierung der Kosten innerhalb eines Prozesses sollte zuerst die Verkürzung der Durchlaufzeit im Vordergrund stehen. Die **Durchlaufzeit** umfasst die Bearbeitungszeit, Transportzeit, Liegezeit und Wartezeit [10]. Die Durchlaufzeit kann durch folgende Optimierungsstufen verkürzt werden (**Bild 3**):

- **Simultaneous Engineering** [11] (Optimierungsstufe 1): Im ersten Schritt werden die Ein- und Ausgangsdaten der einzelnen Prozesselemente miteinander verglichen, so dass mehrere Prozesselemente parallel bearbeitet werden können (siehe Abschnitt 5.1).
- **Time Engineering** (Optimierungsstufe 2): Im zweiten Schritt werden bei den einzelnen Prozesselementen die zugeordneten Warte- und Liegezeiten minimiert, unter Berücksichtigung von minimal notwendigen Informationen des nächsten Prozesselementes (siehe Abschnitt 5.2).
- **Concurrent Engineering** [12] (Optimierungsstufe 3): Im dritten Schritt werden die Prozesselemente entsprechend ihrer Ausgangsdaten in Aktivitäten geteilt und diese wiederum analog Optimierungsstufe 1 mit Hilfe der Abhängigkeiten der Ausgangsdaten zueinander so gut wie möglich parallelisiert (siehe Abschnitt 5.3).
- **Qualification Engineering** (Optimierungsstufe 4): Im vierten Schritt werden den einzelnen Prozesselementen die dazu qualifizierten Personen zugeordnet (siehe Abschnitt 5.4).

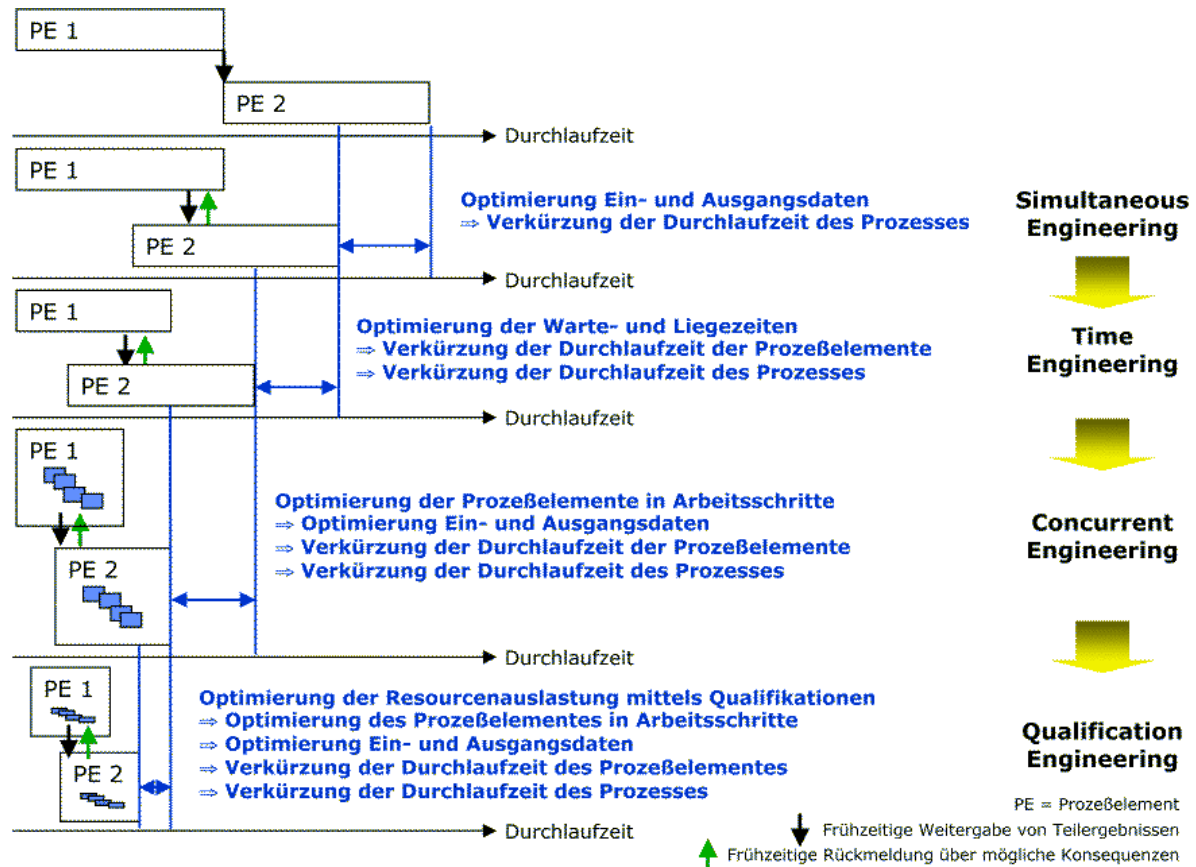


Bild 3: Stufen der Prozessoptimierung

### 5.1 Simultaneous Engineering (Optimierungsstufe 1)

Die Aktivierung der Prozesselemente hängt von der Konstruktionsart, dem Produkt und den QM-Systemen ab. Zuerst werden die Ein- und Ausgangsdaten der Prozesselemente mit Hilfe von Datenformaten (z.B. Text, CAD, FEM, PDM) verglichen. Nach diesem Vergleich werden die Prozesselemente mit einem Neuronalen Netz nach bestimmten Regeln und mit Hilfe des gespeicherten Wissens aus Erfahrungsprojekten miteinander verbunden. Die Regeln des Neuronalen Netzes können aus den QM-Richtlinien, Konstruktionsarten und aus firmenspezifischen Bedingungen entnommen und anschließend interpretiert werden. Diese bestimmen nicht nur die Reihenfolge, sondern ermöglichen die Parallelisierung der Prozesselemente und die Segmentierung des Prozesses nach Konstruktionsphasen (Entwurf, Entwicklung usw.) und den Einbau notwendiger Kontrollpunkte („Quality Gates“).

Mit Hilfe des Neuronalen Netzes entsteht also ein optimierter Prozess, bei dem die Durchlaufzeit verkürzt wurde.

### 5.2 Time Engineering (Optimierungsstufe 2)

Hier ist das Hauptziel die Minimierung der Warte- und Liegezeit bei einem Prozesselement. Die Transportzeit kann aufgrund der Webtechnologie heutzutage nahezu als 0 interpretiert werden. Diese Optimierungsaufgabe lässt sich mit Verfahren aus der Netzplantechnik lösen. Das bekannteste ist hierbei das Verfahren PERT (**P**rogram **E**valuation and **R**eview **T**echnique) [13]. So wird die Durchlaufzeit des Prozesselementes und damit die Durchlaufzeit des Prozesses verkürzt (**Bild 4**).

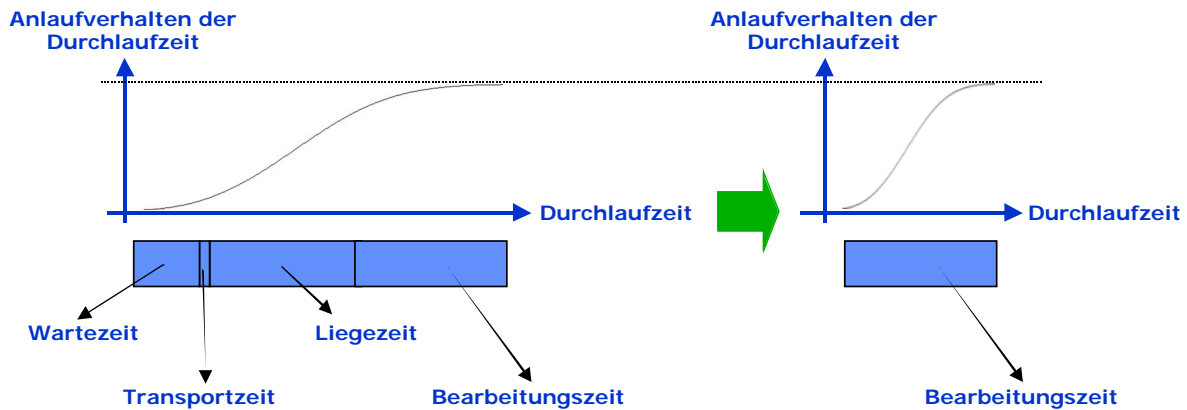


Bild 4: Anlaufverhalten der Durchlaufzeit

### 5.3 Concurrent Engineering (Optimierungsstufe 3)

Bei dieser Optimierungsstufe werden die Arbeitsschritte der einzelnen Prozesselemente untersucht und, wo möglich, weiter aufgeteilt. Die Regeln, nach denen ein Prozesselement aufgeteilt werden kann, sind in den firmenspezifischen QM-Systemen nach allgemeingültigen Normen festgelegt, jedoch sind diese Regeln grob beschrieben, so dass diese nicht für die Optimierung verwendet werden können.

Eine weitere Möglichkeit ist die Untersuchung der in dem Prozesselement beschriebenen Arbeitsschritte sowie des Zusammenhangs zwischen Ein- und Ausgangsdaten. Auch hierzu eignen sich die Neuronalen Netze als universelle Verfahren der intelligenten Datenanalyse bzw. Informationsverarbeitung. Ihr besonderes Merkmal bei dieser Optimierungsstufe ist die Fähigkeit, Muster oder funktionale Zusammenhänge der Ein-/Ausgangsdaten zu erlernen und somit eine allgemeine Abbildungsvorschrift eines Prozesselementes in Arbeitsschritte zu entwickeln. Ebenso muss in den neuronalen Netzen die Strukturierung dieser Arbeitsschritte miteinbezogen werden.

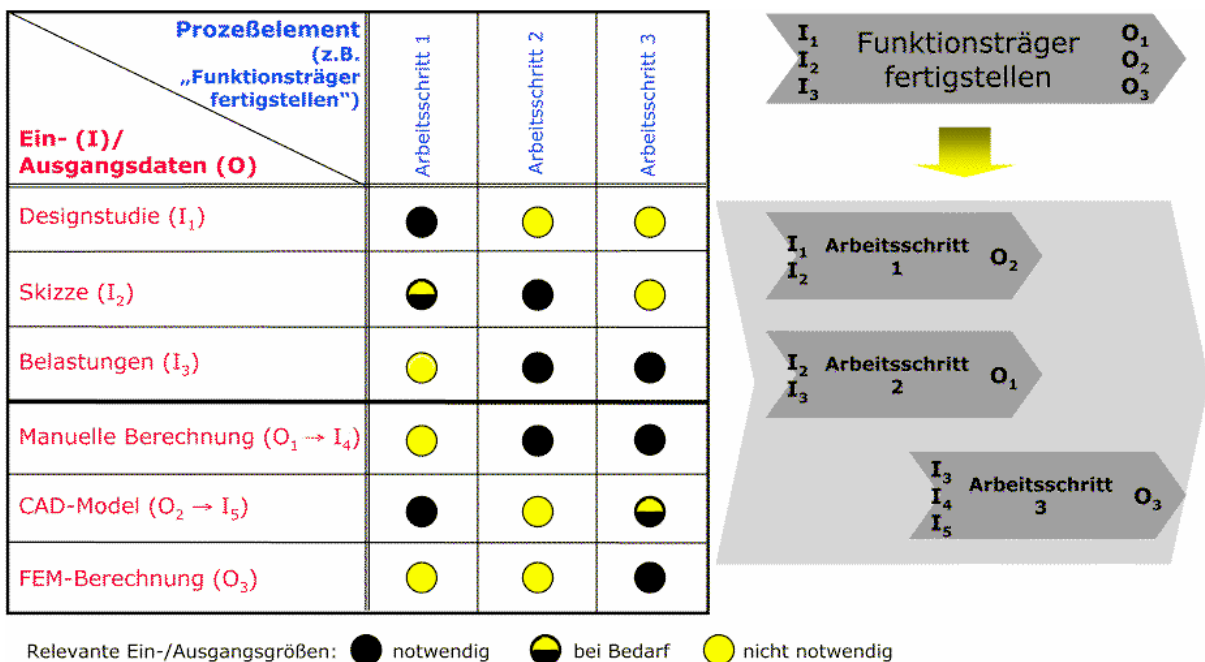


Bild 5: Beispiel einer Aufteilung eines Prozesselements in Arbeitsschritte

Ein Beispiel der Aufteilung eines Prozesselementes in mögliche Arbeitsschritte ist in **Bild 5** dargestellt. Aus diesem „kleinen“ Beispiel wird ersichtlich, wie komplex die Durchführung des Neuronalen Netzes werden kann.

Eine weitere, einfachere Möglichkeit für die Aufteilung eines Prozesselementes kann die Anzahl der Ausgangsdaten sein. Somit können bei dieser Aufteilung die Firmen ihre eigenen Kontrollpunkte (Meilensteine, Zwischenergebnisse, „Quality Gates“) besser einfügen und die Mitarbeiter den einzelnen Aktivitäten zuweisen, damit das Risiko der Zeitüberschreitung des Produktentwicklungsprozesses verringert wird [7]. Die Implementierung dieser Optimierungsstufe erfolgt analog zu Stufe 1.

#### 5.4 Qualification Engineering (Optimierungsstufe 4)

In jedem Unternehmen gibt es Personen mit verschiedenen Qualifikationen, die letztendlich das Erfahrungs- und Entwicklungswissen einer Firma ausmachen. In **Bild 6** sind diese Qualifikationen z.B. definiert als CAD-Konstrukteur oder Techniker. Jeder Qualifikation ist zusätzlich der Kenntnisstand (Anfänger, Fortgeschrittener, Experte) zugeordnet. Ein Anfänger hat 1-2 Jahre Erfahrung, ein Fortgeschrittener hat 2-5 Jahre Erfahrung und ab 5 Jahren Erfahrung wird von einem Experten gesprochen [1].

Ein Qualifikationsprofil setzt sich aus verschiedenen Qualifikationen mit dem jeweiligen Kenntnisstand zusammen. Dieser Kenntnisstand kann wiederum für jede Qualifikation unterschiedlich sein, wie in dem Beispiel in **Bild 6** dargestellt. Solch ein Qualifikationsprofil kann nun sowohl einem Prozesselement als auch einer Person zugeordnet werden. Das Qualifikationsprofil eines Prozesselementes beschreibt die Qualifikationen, die mindestens notwendig sind, um die Arbeitsschritte eines Prozesselementes zu bearbeiten. Das Qualifikationsprofil einer Person hingegen spiegelt die individuellen Fähigkeiten eines Mitarbeiters wider [1].

Qualifikation	Anfänger	Fortgeschrittener	Experte
Technischer Zeichner			X
CAD-Konstrukteur		X	
Techniker			X
EDM-Anwender	X		
Betriebswirt			
FEM-Simulation			
:			
:			

Bild 6: Qualifikationsprofil eines Prozesselementes [1]

Bei dieser Optimierungsstufe werden die Qualifikationsprofile der Prozesselemente und die Qualifikationsprofile der Mitarbeiter verglichen und die optimale Lösung den Prozesselementen zugewiesen. Diese Stufe ist von der Aufgabe der Implementierung her sehr schwierig, da die optimale Kombination nicht ohne weiteres mit konventionellen Optimierungsverfahren gefunden werden kann. Daher wird dieses Optimierungsproblem mit den Genetischen Algorithmen gelöst. Bei dieser Optimierungsstufe wird ein weiterer Parameter eingeführt: die Mitarbeiterauslastung, um Überlastungen der Mitarbeiter zu vermeiden.



## 6 Ausblick

Die Firmen werden mit den oben genannten Verfahren der Künstlichen Intelligenz in die Lage versetzt, einen besseren und effizienten Produktentwicklungsprozess durchzuführen. Die in diesem Beitrag genannten Optimierungsstufen ermöglichen die Verkürzung der Produktentwicklungszeiten und verringern daher die Produktentwicklungskosten. Ebenso verbessern sie die Ressourcenausnutzung und halten die Regeln zur Aufteilung von Prozesselementen in deren Arbeitsschritten nach den entsprechenden QM-Systemen ein.

## 7 Literatur

- [1] Freisleben, D., Schabacker, M.: Wissensbasierte Projektnavigation in der Produktentwicklung, In: Proceedings of the 20<sup>th</sup> CAD-FEM Users' Meeting 2002, October 9-11, 2002
- [2] Freisleben, D.: Gestaltung und Optimierung von Produktentwicklungsprozessen mit einem wissensbasierten Vorgehensmodell, Buchreihe Integrierte Produktentwicklung, Band 2, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg 2001
- [3] Schabacker, M.: Bewertung der Nutzen neuer Technologien in der Produktentwicklung, Buchreihe Integrierte Produktentwicklung, Band 1, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg 2001
- [4] Bullinger, H.-J.; Warschat, J.: Forschungs- und Entwicklungsmanagement: Simultaneous Engineering, Projektmanagement, Produktplanung, Rapid Product Development, Teubner Verlag, Stuttgart 1997
- [5] Marca, D. A.; McGowan, C. L.: Structured analysis and design technique: SADT, McGraw-Hill, New York 1988
- [6] Vajna, S.; Freisleben, D.; Schabacker, M.: Dynamisches Managen von Prozessen in der Produktentwicklung, In: VDI-Tagungsband Informationsverarbeitung in der Produktentwicklung 2002 - Von CAx zu PLM, CAT Engineering 18.-19.06.2002 Stuttgart Messe
- [7] Pfeifer, T.: Qualitätsmanagement, Carl Hanser Verlag, München, Wien, 2001
- [8] Zollondz, H.-D.: Grundlagen Qualitätsmanagement, Oldenburg Wissenschaftsverlag GmbH, München, 2002
- [9] Pahl, G., Beitz, W.: Konstruktionslehre, Springer-Verlag Heidelberg, 1993
- [10] DIN-Fachbericht 50: DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.): Geschäftsprozeßmodellierung und Workflow-Management, Forschungs- und Entwicklungsbedarf im Rahmen der Entwicklungsbegleitenden Normung (EBN) 1. Auflage, Beuth Verlag GmbH Berlin Wien Zürich, 1996
- [11] Ehrlenspiel, K.: Integrierte Produktentwicklung, Carl Hanser Verlag, München 1995
- [12] Thoben, K.-D.; Krömker, M.; Reetz, U.; Weber, F.: A Practical Approach to Support the Selection and Application of Tools for Concurrent Engineering, Konferenz-Einzelbericht: International Conference on Engineering Design, ICED 97, Tampere 1997, S. 169-172
- [13] Bronstein, I.N., Semendjajew, K.A.: Taschenbuch der Mathematik, Ergänzende Kapitel, 3.Auflage, Verlag Harri Deutsch, Thun und Frankfurt/Main, 1984

Dr.-Ing. Dipl.-Math. Michael Schabacker,  
EPI-K AG Magdeburg  
Listemannstr.10b - D-39104 Magdeburg  
Tel: xx49-391-535582  
Fax: xx49-391-535588  
Email: [michael.schabacker@epi-k.ag](mailto:michael.schabacker@epi-k.ag)  
URL: <http://www.epi-k.ag/>

Prof. Dr.-Ing. Tibor Bercsey, Dipl.-Ing. Tamás Rick,  
Lehrstuhl für Maschinenkonstruktionslehre  
Technische und Wirtschaftswissenschaftliche Universität Budapest  
Bertalan L. Str. 3 - H-1111 Budapest  
Tel: xx36-1-463-1372  
Fax: xx36-1-463-3505  
Email: [bercsey.tibor@gszi.bme.hu](mailto:bercsey.tibor@gszi.bme.hu)  
[rick.tamas@gszi.bme.hu](mailto:rick.tamas@gszi.bme.hu)  
URL: <http://www.gszi.bme.hu>

Prof. Dr.-Ing. Sándor Vajna,  
Lehrstuhl für Maschinenbauinformatik  
Otto-von-Guericke Universität Magdeburg  
Universitätsplatz 2 - D-39106 Magdeburg  
Tel: xx49-391-67-18794  
Fax: xx49-391-67-11167  
Email: [vajna@masch-bau.uni-magdeburg.de](mailto:vajna@masch-bau.uni-magdeburg.de)  
URL: <http://imk.uni-magdeburg.de/lmi.html>