

# Ein modularer Prozeß als Grundlage eines wissensbasierten Systems im Anforderungswesen

Heimannsfeld, K.; Pawar K.<sup>1</sup>; Ratchev S.<sup>1</sup>; Struck T.<sup>1</sup>

*Das EU ESPRIT Projekt 28916 KARE (Knowledge Acquisition and Sharing for Requirements Engineering) entwickelt eine auf Unternehmenswissen basierte Umgebung zur Unterstützung des Auffindens, der Analyse und des Management von Anforderungen. Der folgende Artikel untersucht bestehende Prozeßmodelle und beschreibt den in KARE entwickelten Anforderungsprozeß (KARE Methodology).*

*The EU ESPRIT project 28916 KARE (Knowledge Acquisition and sharing for Requirements Engineering) develops an enterprise knowledge based framework and workbench to support requirements engineering. The following article describes the requirements process (KARE methodology) developed in KARE.*

## 1 System- und Produktentwicklung

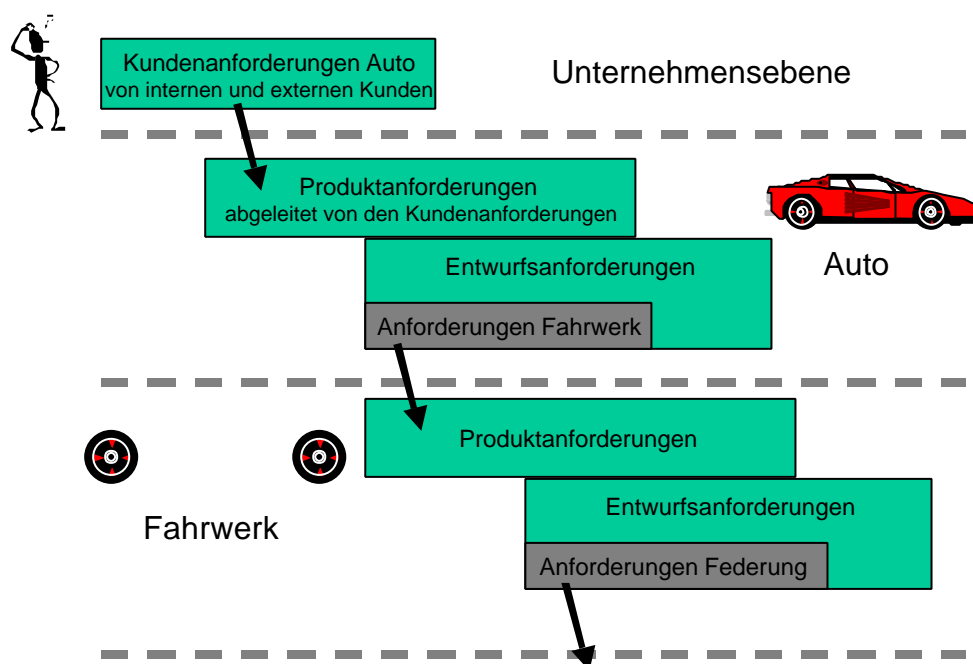
Die Ursprünge des KARE Projektes liegen in der Entwicklung von komplexen Systemen wie sie sich z.B. in der Luft- und Raumfahrt finden. Entwicklungszeiten dieser Systeme liegen teilweise bei bis zu 10 Jahren. Im Maschinenbau und der Konstruktionslehre /3,4,5/ werden Produkte mit meist deut-

lich kürzeren Entwicklungszeiten betrachtet. Die Hauptunterschiede zwischen den Begriffen System und Produkt ist oftmals schwer auszumachen. Systeme sind normalerweise der Überbegriff und beinhalten nicht nur materielle Elemente, sondern auch Dienstleistungen. Da der Umfang eines Systems aber grundsätzlich relativ zu den übergeordneten Systemen oder den Untersystemen ist kann eine klare Unterscheidung zwischen System und Produkt nicht vorgenommen werden. Im folgenden werden wir den Begriff Produkt benutzen, da er dem natürlichen Sprachgebrauch des Maschinenbauers entspricht.

Bevor wir mit der Betrachtung des Anforderungsprozesses beginnen, sollten wir noch einmal kurz die Definition des Begriffes Anforderung betrachten.

Im Maschinenbau und den Disziplinen des System- und Software Engineering werden grundsätzlich zwei Klassen von Anforderungen unterschieden: Funktionale Anforderungen (Hauptfunktionen) und nicht funktionale Anforderungen.

Im allgemeinen Sprachgebrauch bei der Formulierung von Anforderungen werden beide Typen oftmals vermischt. „Das Fahrzeug soll mit einer mini-



**Bild 1:** Relative Sicht auf Produkte und zugehörige Anforderungen

malen Geschwindigkeit von 100 km/h fahren“. Die funktionale Anforderung wird indirekt durch das Verb „fahren“ beschrieben, während die Geschwindigkeit durch eine nicht funktionale Leistungsanforderung repräsentiert wird.

**Bild 1** beschreibt die relative Sicht des Produktes „Auto“ und den zu geordneten verschiedenen Anforderungsebenen.

Der Kunde (extern oder intern z.B. Marketingabteilung) definiert die „Kundenanforderungen“, die von der Entwicklungsabteilung in eine möglichst konsistente und eindeutige Anforderungsliste überführt wird. Diese Kundenanforderungen sind die Basis für alle weiteren Entwicklungen und die spätere Abnahme oder Verifikation des Produktes. Der Konstrukteur legt durch seine Entscheidungen die Entwurfsanforderungen fest. In den Entwurfsanforderungen sind wiederum „Kundenanforderungen“ an die Unterkomponenten und Untersysteme fest. Der Übergang zwischen Entwurfsanforderungen und Spezifikation der Produktmerkmale ist dabei fließend.

Der, in diesem Artikel beschriebene Anforderungsprozess bezieht sich auf die Verarbeitung von Kunden- und Produkthanforderungen. Entwurfsanforderungen, wie sie beim Konstruieren festgelegt werden, sind nicht direkt Gegenstand dieses Prozesses. Die systematische Behandlung von Entwurfsanforderung wird z.B. in /1/ und /2/ beschrieben.

## 2 Sichten auf Anforderungen

Um die Komplexität des KARE Projektes zu reduzieren wurden verschiedene Sichten auf unterschiedliche Teilbereiche definiert. Die Sichten und die Zusammenhänge auf konzeptioneller Ebene sind im KARE Referenzmodell definiert.

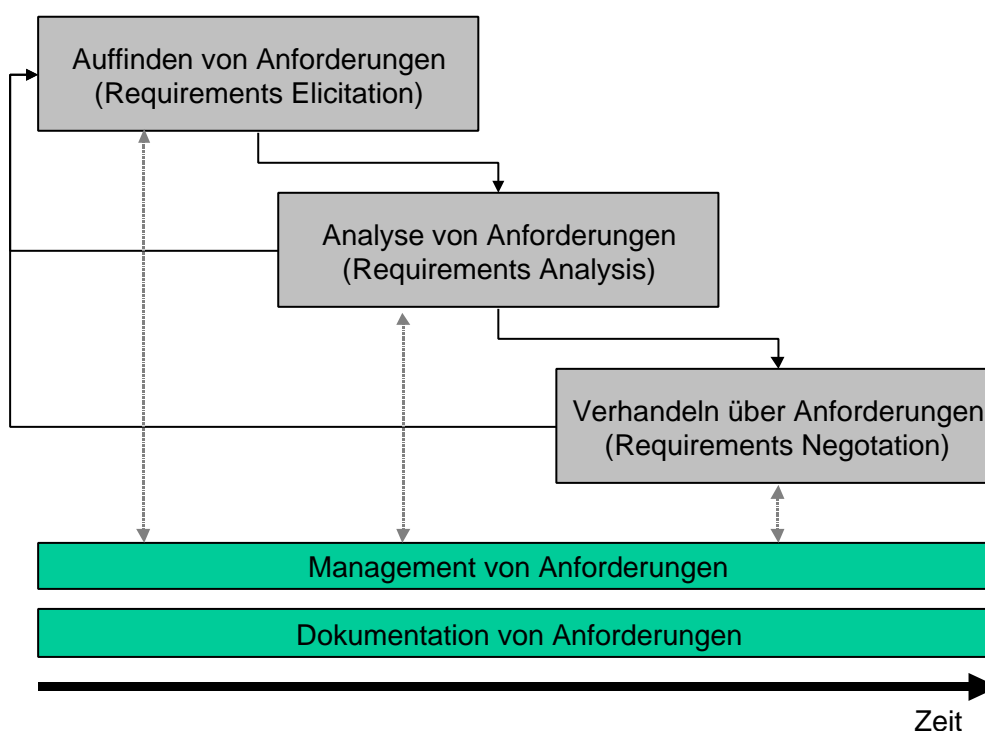
Das Referenzmodell ist in drei Hauptsichten gegliedert:

- Prozeß
- Objekt- und Informationsmodell
- Softwarearchitektur & Schnittstellen

Diese Sichten spiegeln sich auch in den meisten modernen Entwicklungsmethodiken (OMT, UML) wieder. Das Informationsmodell definiert Objekte wie z.B. Anforderungen, Produkte und Eigenschaften von Produkten. In KARE werden im Moment ein detailliertes Anforderungsmodell sowie ein Informationsmodell für Unternehmenswissen entwickelt.

Die KARE Architektur beschreibt die einzelnen Komponenten und Schnittstellen der Softwarewerkzeuge, die derzeit im Rahmen von KARE entwickelt werden.

Die Prozeßsicht beschreibt den Informationsfluß und die Aktivitäten, die notwendig sind, um die in KARE definierten Ziele zu erreichen. Gemäß den zwei Hauptzielen, die Unterstützung der Kunden zu Hersteller Kommunikation und die Wissensunterstützung des Anforderungsprozesses, wurde zwei



**Bild 2:** Hauptelemente des Anforderungsprozesses

Sichten auf den Anforderungsprozeß definiert. Die erste Sicht beschreibt die Interaktion zwischen Kunden und Hersteller in der Systementwicklung.

Die zweite Sicht auf den Anforderungsprozeß beschreibt den eigentlichen Kernprozeß zur wissensbasierten Unterstützung. Im folgenden wollen wir die wesentlichen Details dieses „Kernprozesses“ beschreiben.

Neben diesen zwei Sichten existieren natürlich noch weitere Sichten auf den Anforderungsprozeß wie z.B. der Managementprozeß von Anforderungen.

### 3 Anforderungsprozeßmodelle

In einer Vielzahl von Veröffentlichungen, Büchern und Standards wird das Thema behandelt wie man am besten zu einer qualitative hochwertigen Anforderungsliste kommt. Schaut man allerdings genauer, so stellt man schnell fest, daß die wenigsten Prozeßbeschreibungen detailliert und formal spezifiziert sind /8/.

Die meisten Veröffentlichungen sind sich jedoch in diesem globalen Bild des Prozesses einig. **Bild 2** zeigt die 3 Hauptaktivitäten des Anforderungsprozesses.

Anforderungen an ein Produkt müssen aus den Gegebenheiten des Marktes, der Geschäftsstrategie und den Kundenwünschen abgeleitet werden. Die erste Phase des Anforderungsprozesses beschreibt wie Anforderungen systematisch erarbeitet werden können (siehe auch /9/). Im Englischen wird diese Phase als Requirements Elicitation bezeichnet.

Die zweite Phase analysiert die Anforderungen in Hinsicht auf Konsistenz, Eindeutigkeit, Vollständigkeit der Anforderungen und führt die Validierung

und Wertanalyse (Trade-off) durch. Einige Modelle beschreiben die Validierung ( Brauchen wir diese Anforderung und ist die Anforderung eindeutig formuliert ?) der Anforderungen als separate Phase /7/.

Die dritte Phase beschreibt wie Probleme in der Anforderungsdefinition zwischen Kunden und dem Produktentwickler gelöst werden.

Neben diesen drei Phasen müssen Anforderungen verwaltet und dokumentiert werden.

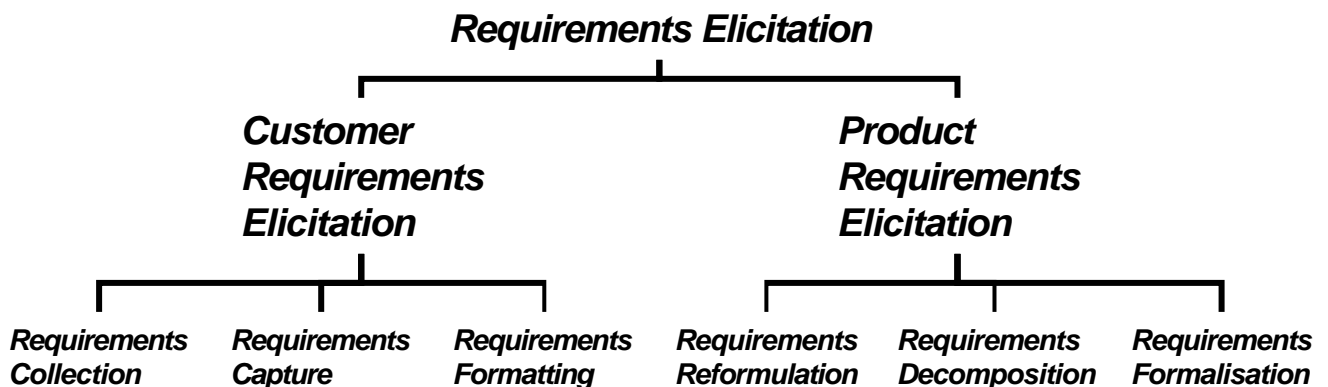
Diese Prozesse sollten nicht als streng sequentiell betrachtet werden. In der Realität sind alle Phasen eng verzahnt und laufen teilweise parallel.

In /8/ wird ein Prozeßmodell aus Sicht des Knowledge Engineerings mit Hilfe der DESIRE Entwicklungsmethode formal spezifiziert. Als Besonderheit dieses Ansatzes wird in einer vierten Phase die Kontrolle der anderen drei Prozesse explizit gemacht. Im Vergleich zu anderen gängigen Prozeßbeschreibungen unterstützt /8/ allerdings auch die Beschreibung der Anforderungen als Szenarien (Use Cases). Durch die Benutzung der Szenarien wird die Definition des Systemverhaltens konsequent und explizit beschrieben.

Eine gute und detaillierte Beschreibung des Anforderungsprozesses findet man auch in /12/.

### 4 Der KARE Anforderungsprozeß

Die Entwicklung eines semi-formal beschriebenen Anforderungsprozesses in SADT diente im wesentlichen zur Verdeutlichung und Festlegung der Informationsflüsse zwischen den einzelnen Prozeßaktivitäten. Die Informationsflüsse beinhalten die verarbeiteten Systementwurfsdaten sowie die zur Unterstützung notwendigen Steuerinformationen aus den Wissenskomponenten. Die Definition des



**Bild 3:** Überblick des KARE Requirements Elicitation Prozesses

Prozesses erfolgte in SADT. In **Bild 3** und **Bild 4** werden die hierarchische Dekomposition der zwei Hauptprozesse Requirements Elicitation (Auffinden und Generieren von Anforderungen) und Requirements Analysis (Analyse von Anforderungen) dargestellt. Die zeitliche Ausführung der Teilprozesse (gleichzeitig, sequentiell, alternativ) ist nicht implizit in SADT modelliert. Generell wird der Prozeß auf der linken Seite in **Bild 3** anfangen und mit der rechten Seite von **Bild 4** enden. In der industriellen Praxis sind dies aber häufig kognitiv komplexe Konstruktions- und Entwurfsprozesse, die teilweise parallel und mit häufigen Iterationen durchgeführt werden. **Bild 5** zeigt die Verknüpfung des Anforderungsprozesses mit dem Prozeß zur Wissensakquisition und Wissensunterstützung.

#### 4.1 Das Auffinden von Anforderungen

Requirements Elicitation beschreibt die Tätigkeiten um im Idealfall alle Anforderungen an ein Produkt zu definieren. Eine initiale Menge von Anforderungen kommt von externen Kunden oder internen Quellen wie Marketing und Verkauf. Diese initiale Menge wird oftmals als Kundenanforderungen bezeichnet. Diese Menge ist aber oftmals unvollständig, inkonsistent und mit anderen Fehlern behaftet. Im Extremfall liegen überhaupt keine Anforderungen vor.

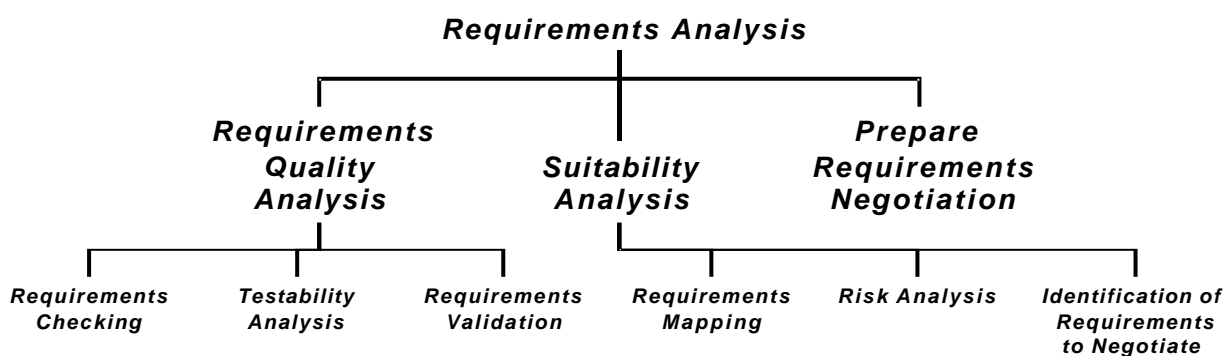
Aufgabe der Requirements Elicitation (siehe **Bild 3**) ist es die Anforderungen aller am Produkt beteilig-

Maschine Schnittstellen werden oftmals Videoobservationen erstellt um implizite Anforderungen der Benutzer zu finden. In /9,10,11/ werden übliche Methoden beschrieben, wie sie im Maschenbau oder dem Systementwurf Anwendung finden.

Da diese Methoden disziplin- und problemabhängig sind, wurde in KARE lediglich ein Rahmen für die Integration verschiedener Methoden geschaffen.

Requirements Elicitation in KARE besteht aus zwei Unterprozessen. Der erste Prozeß, Customer Requirements Elicitation, sammelt alle Kundenanforderungen und dokumentiert sie in einer Datenbank. Das Format der gespeicherten Anforderungen kann dabei verschiedene Formalisierungsebenen haben. In der Regel werden die Anforderungen in textueller Form vorliegen und erfaßt werden. Um die Anforderungen in ein interpretierbares Modell zu überführen, werden sie mit Hilfe von drei Schritten formalisiert. Dazu werden zuerst Wörter identifiziert die nicht verifizierbar sind (möglichst, vielleicht ...). Im zweiten Schritt werden die Bedeutung der Objekte und Verben in dem Anforderungstext mit Hilfe eines Thesaurus definiert. Als letzter Schritt wird der Anforderungstext optional in ein benutzerdefiniertes Formular eingefügt.

Zur Art der Definition und Formalisierung von Anforderungen gibt es unterschiedliche Auffassungen. In /12/ wird starker Wert auf die modellbasierte Erfassung von Anforderungen gelegt, die der Autor dieses Artikels auch teilt. Leider erfordert die indu-



**Bild 4:** KARE Prozeßhierarchie bei der Analyse von Anforderungen

ten Personen systematisch aufzufinden, zu ordnen und zu dokumentieren. Dieser Personenkreis sollte alle Personen einschließen, die im Laufe der Produktlebensphasen in Kontakt mit dem Produkt kommen.

In Abhängigkeit des Problembereiches werden verschiedene Verfahren eingesetzt. In Bereich der Informatik und insbesondere im Bereich der Mensch-

strielle Anwendung immer noch die textbasierte Vorgehensweise. KARE unterstützt deswegen die Formalisierung von Anforderungen auf textueller, semi-formaler und formaler Ebene.

Im zweiten Unterprozeß, Product Requirements Elicitation, werden die Kundenanforderungen in Hinsicht auf Komplexität, Redundanz und Eindeutigkeit untersucht. Wird eine Anforderung als zu

komplex bewertet, so wird sie in Teilanforderungen dekomponiert (Requirements Decomposition). Sobald eine Anforderung die erste Qualitätsbewertung durchlaufen hat, wird sie mit Hilfe von Eigenschaften (für nicht funktionale Anforderungen) und mit Funktionsnamen (für funktionelle Anforderungen) in eine formale Modellbeschreibung überführt. Konnte die Anforderung nicht mit Hilfe dieser Vorgehensweise formalisiert werden, so muß die Anforderung reformuliert werden und durchläuft den Prozeß erneut.

Diese formale Definition von Anforderungen bildet die Grundlage für die Analyse der Anforderungen, die in der nächsten Phase stattfindet. **Bild 5** zeigt das SADT Modell des Product Requirements Prozeß

**4.2 Analyse von Anforderungen**

Der Anforderungsanalyseprozeß besteht im wesentlichen aus zwei Teilen. Im ersten Teil werden die Anforderungen und ihre gegenseitigen Abhängigkeiten untersucht und analysiert. Ziel der Analyse ist es, Inkonsistenzen und Redundanzen aufzufinden, die Testbarkeit (Festlegung der Verifikation) einer Anforderung zu spezifizieren und zu überprüfen, ob eine Anforderung den Kundenwunsch korrekt wiedergibt (Validierung).

Inkonsistenzen in einer Menge von Anforderungen ergeben sich insbesondere dann, wenn nicht-

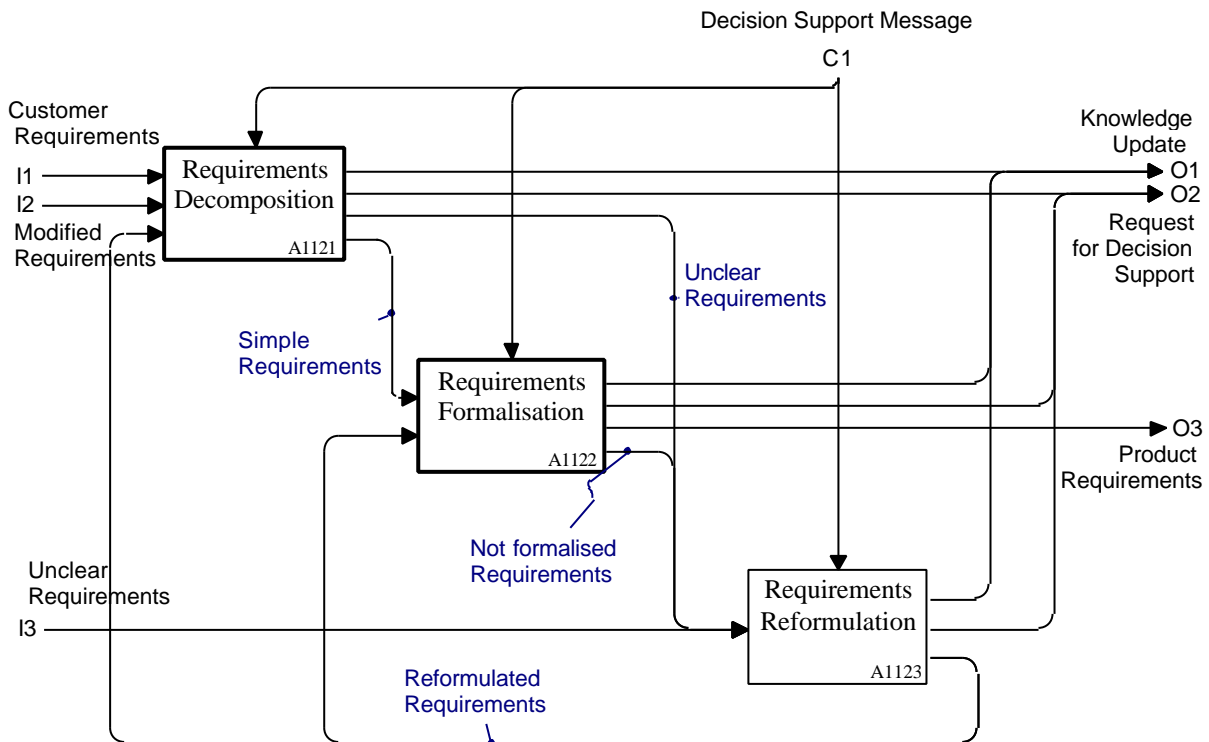
funktionale Anforderungen über Naturgesetze in Verbindung stehen (z.B. Abhängigkeiten in Entwurfsparametern). Die Wissenskomponente von KARE versucht diese Abhängigkeit, soweit sie bekannt sind, einzufangen und auszuwerten.

Die Möglichkeit die Erfüllung einer Anforderung nachzuweisen spielt eine wichtige Rolle. Kann keine Methode für die Verifikation (Ist die Anforderung im Produkt erfüllt ?) einer Anforderung festgelegt werden, so muß die Anforderung umgeschrieben werden.

Die Validierung (Ist die Anforderung korrekt ?) stellt sicher, daß die Anforderung wirklich benötigt wird und den Wunsch des Kunden wiedergibt.

Der zweite Teil (Suitability Analysis) beschreibt die Wertanalyse der Anforderungsliste in Bezug auf ein vorher festgelegtes Optimierungsziel. Typische Optimierungsziele sind Kosten, Verfügbarkeit, Sicherheit, Risikoabschätzungen und Wiederverwendbarkeit von vorhandenen Produkten oder Komponenten.

Dazu wird zuerst versucht auf Basis der definierten Anforderungen eine Lösung aus bereits bestehenden Komponenten und Produkten zu synthetisieren. Mit Hilfe dieser Lösung kann dann unter Verwendung bestehender Erfahrungen Kosten, Risiken und andere Bewertungskriterien abgeschätzt werden. Als hilfreiches Nebenprodukt dieses Abbil-



**Bild 5:** SADT Modell für den Product Requirements Elicitation Process

dungsprozesses können fehlende und überflüssige Anforderungen identifiziert werden.

## 5 Zusammenfassung

In diesem Artikel wurde eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Teilprozesse des KARE Anforderungsprozesses präsentiert.

Dabei wurde für das systematische Auffinden von Anforderungen ein Rahmen geschaffen, der von domänenspezifischen Methodiken erweitert werden kann.

Weitere und detaillierte Informationen zum dem in KARE entwickelten Referenzmodell, dem Anforderungsprozeß, dem Anforderungsinformationsmodell und der Wissensunterstützung können auf der KARE Website <http://www.kare.org> gefunden werden.

Auf Grundlage des Anforderungswerkzeuges *demanda* /12/ werden die bisher erzielten Ergebnisse in Form eines Softwareprototypen derzeit implementiert und getestet.

## 6 Literatur

- /1/ Kruse, P.: Anforderungen in der Systementwicklung, Dissertation, Fortschrittsberichte VDI, Reihe 20, Nr. 191, 1995
- /2/ Hartmann, D.: Modell zur qualitätsgerechten Konstruktion, Dissertation, Fortschrittsberichte VDI, Reihe 1, Nr. 260, 1996
- /3/ Pahl, G.; Beitz W.: Konstruktionslehre – Methoden und Anwendung, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin 1993
- /4/ Roth, K.: Konstruieren mit Konstruktionskatalogen – Band I, Springer Verlag, Berlin, 1994
- /5/ N.N.: VDI 2221, Methodik zum Entwickeln und konstruieren technischer Systeme und Produkte, VDI Verlag, Düsseldorf, 1986
- /6/ Partsch, H.: Requirements Engineering systematisch, Modellbildung für Softwaregestützte Systeme, Springer Verlag, 1998
- /7/ Sommerville, I.; Kotonya G.: Requirements Engineering – Processes and Techniques, Wiley, 1997
- /8/ Damian, D.; Jonker, C.; Treur, J.; Wijngaards, N.: A formal knowledge level process model of requirements engineering, Proceedings Knowledge Acquisition Workshop Banff 1999, University of Calgary

<http://sean.ucalgary.ca/KSI/KAW/KAW99/papers/Damien1/index.html>

- /9/ Gummersbach, F.; Heimannsfeld, K.: Anforderungen systematisch finden, Institutsmittellungen Nr. 24, 1999, S.73-78
- /10/ Barbeau, S.: KARE functional requirements specification, Doc. KARE/AS/001, Aeronautique Matra Lanceurs
- /11/ Oliver, D.; Kelliher, T.; Keegan, J.: Engineering Complex Systems with models and objects, McGraw-Hill, 1997
- /12/ Große, A.; Heimannsfeld, K.: Wissensbasierte Fehler- und Störfallanalyse bei der Entwicklung von verfahrenstechnischen Maschinen, Institutsmittellungen Nr. 21, 1996, S. 73-80

---

<sup>1</sup> University of Nottingham, Department of Manufacturing Engineering