

# Ein Bezugsrahmen für Requirements Engineering hybrider Produkte\*

*Marina Berkovich<sup>1</sup>, Jan Marco Leimeister<sup>2</sup>, Helmut Krömer<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Technische Universität München,  
Boltzmannstr. 3, 85748 Garching*

*<sup>2</sup>Fachgebiet Wirtschaftsinformatik, Universität Kassel,  
Nora-Platiel-Str. 4, 34127 Kassel*

## 1 Hybride Produkte und deren Besonderheiten

Eine möglichst vollständige Erfüllung von Kundenanforderungen und eine Differenzierung von Wettbewerbern sind zwei Faktoren, die produzierende oder dienstleistungsanbietende Unternehmen beeinflussen (Böhmman und Krömer 2007, Leimeister und Glauner 2008). Deswegen ändern viele Unternehmen ihre Strategie von „product-centric“ in „customer-centric“ und bieten Lösungen für Kundenprobleme an (Galbraith 2002). Eine Lösung wird als „combination of goods and services that are integrated and customized to meet the idiosyncratic requirements of a customer (Tuli et al. 2007)“ definiert. Dadurch werden Unternehmen zu Lösungsanbietern (Böhmman et al. 2008). Solche Lösungen stellen integrierte Bündel von Sach- und Dienstleistungen dar und werden als hybride Produkte oder Product Service Systems (PSS) bezeichnet (Leimeister et al. 2009, Knackstedt et al. 2008). Als Sachleistungskomponente kann Hardware, Software oder eine Kombination von Hardware und Software dienen.

### 1.1 Eigenschaften hybrider Produkte

Die Vorteile für den Kunden durch den Erwerb eines hybriden Produktes sind, dass der Kunde „nicht nur ein beliebig zusammengestelltes Produkt- und Dienstleistungsbündel, sondern ein auf seine Nutzungsanforderungen abgestimmtes und zuverlässig einsetzbares Gesamtsystem“ (Böhmman und Krömer 2007) bekommt. Eine wichtige Eigenschaft hybrider Produkte ist, dass ihre Komponenten von

---

\* Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Förderung dieses Projektes als Teil des Sonderforschungsbereiches 768 „Zyklusmanagement von Innovationsprozessen – Verzahnte Entwicklung von Leistungsbündeln auf Basis technischer Produkte“.

verschiedenen Domänen, wie Product, Software und Service Engineering (PE, SE, SER), entwickelt werden. Darüber hinaus haben Komponenten hybrider Produkte unterschiedliche Lebenszyklen, die dazu führen, dass zwischen den Komponenten ein permanenter Abgleich in Bezug auf mögliche Änderungen vorzunehmen ist (Leimeister und Glauner 2008). In diesem Zusammenhang soll der Entwicklungsprozess eine Integration gewährleisten, die die Teilkomponenten hybrider Produkte technisch und organisatorisch zusammenfügt. Zudem ist die Individualisierung wichtig, die bedeutet, dass hybride Produkte auf die Kundenbedürfnisse zugeschnitten werden (Sturm und Bading 2008). Eine Kundenanforderung an die Gesamtlösung kann beispielsweise sein, eine konstante Raumtemperatur von 21°C sicherzustellen. Diese Anforderung wird vom Auftragnehmer gelöst, indem ein Bündel aus Hardware, Software und Dienstleistungen bereitgestellt wird. Die Hardware ist die Heizungsanlage (Heizkessel, Heizkörper, usw.); die Software ist die Steuerungssoftware zur Steuerung der Hardware und die Dienstleistungen umfassen die Installation und regelmäßige Wartung. Der Kunde bekommt dieses Bündel bereitgestellt, ohne sich um die einzelnen Bestandteile zu kümmern (Berkovich et al. 2009c).

## 1.2 Ziel des Beitrags

Eine wichtige Rolle im Entwicklungsprozess hybrider Produkte spielt Requirements Engineering (RE), das sich mit der Erfassung und Verwaltung von Anforderungen beschäftigt. Im Beitrag wird ein Bezugsrahmen für RE hybrider Produkte vorgestellt, der das Verständnis und die Bewertung von wesentlichen Begriffen und Konzepten eines Bereichs ermöglicht. Er ist abstrakt gehalten und soll dadurch allgemeine Gültigkeit erreichen. Gemäß dieser Definition beschreibt der Bezugsrahmen die wesentlichen Teile des RE Modells für hybride Produkte. Begriffe und Konzepte werden definiert, die vorgeben, wie RE durchzuführen ist. Im ersten Schritt wurde eine Literaturrecherche über die Eigenschaften hybrider Produkte durchgeführt, um zu verstehen, was hybride Produkte sind und welche Rolle RE in ihrer Entwicklung spielt. Anschließend wurden Anforderungen an das RE für hybride Produkte aufgestellt. Anschließend wurde ein Bezugsrahmen erarbeitet, der ein systematisches und durchgängiges RE für hybride Produkte ermöglicht.

## 2 Rolle des RE in der Entwicklung hybrider Produkte

RE ist ein wichtiger und kritischer Bestandteil des Entwicklungsprozesses (Brooks 1987). Mehrere Studien aus den verschiedenen Domänen belegen, dass Fehler während der Anforderungsverwaltung einen großen Einfluss auf den Entwicklungsprozess haben (Hall et al. 2002). Diese Fehler verursachen zusätzliche Kosten und Aufwand, die steigen, wenn die Fehler in den späteren Phasen der Entwick-

lung entdeckt werden (Boehm und Basili 2001). Die einzelnen Komponenten hybrider Produkte sind eng miteinander verbunden (Leimeister und Glauner 2008). Aber sowohl in der Literatur als auch in der Praxis werden hybride Produkte nie als Ganzes betrachtet, sondern ihre Komponenten werden einzeln behandelt. Auch RE wird in den an der Entwicklung hybrider Produkte beteiligten Domänen, wie Product und Software Engineering systematisch durchgeführt, während im Service Engineering die Ansätze zum RE aufgrund des Neuigkeitsgrades der Domäne noch nicht im Fokus stehen (Jung 2006, Berkovich et al. 2009a). Deswegen stellt sich die Frage, wie RE für hybride Produkte aussehen soll.

Die Bedeutung des RE im Entwicklungsprozess ist allgemein anerkannt. Requirements Engineering wird definiert als „a structured set of activities which are followed to derive, validate and maintain a systems requirements document. Process activities include requirements elicitation, requirements analysis and negotiation and requirements validation“ (Sommerville und Kotonya 1998). Auch das Änderungsmanagement und die Nachvollziehbarkeit sind Teile des RE. RE soll den Entwicklungsprozess unterstützen, indem die Anforderungen an das hybride Produkt erhoben werden (Anforderungsermittlung) (Spath und Demuß 2003). Anschließend sind die Anforderungen zu konkretisieren (Anforderungsanalyse), so dass sie in die Entwicklung direkt übernommen werden können, und zu dokumentieren (Sommerville und Kotonya 1998). Dabei ist es besonders wichtig, die verschiedenen Sichten der Domänen auf den Entwicklungsprozess und insbesondere auf das RE einzubeziehen (Berkovich et al. 2009b). Außerdem ist festzustellen, dass die Anforderungen konsistent und widerspruchsfrei sind (Anforderungsvereinbarung) (Pohl 2007). Zu überprüfen ist auch, ob die konkretisierten Anforderungen mit den initialen Anforderungen übereinstimmen (Anforderungvalidierung) (Ebert 2005). Mögliche Änderungen an Anforderungen sind während des gesamten Entwicklungsprozesses hybrider Produkte zu berücksichtigen und eine entsprechende Nachvollziehbarkeit ist zu gewährleisten.

### **3 Anforderungen an RE für hybride Produkte**

Basierend auf den Eigenschaften hybrider Produkte und der Rolle des RE bei der Entwicklung hybrider Produkte werden Anforderungen an einen Bezugsrahmen zusammengetragen, die in vorhergehenden Forschungsarbeiten bereits hergeleitet und erarbeitet wurden (Berkovich et al. 2009c, Berkovich et al. 2009b).

#### **3.1 Methodik der Herleitung der Anforderungen**

Um Anforderungen an einen RE Bezugsrahmen für hybride Produkte herzuleiten, haben wir die Rolle des RE während der Entwicklung hybrider Produkte analysiert. Die Aufgaben und Wichtigkeit von RE wurden bereits in Kapitel 2 dargelegt. Ge-

mäß (Spath und Demuß 2003) lässt sich der Entwicklungsprozess hybrider Produkte in folgende Phasen einteilen:

- **Aufgabenklärung:** In dieser Phase werden die Anforderungen erhoben und teilweise bereits analysiert.
  - **Produktkonzeption:** In dieser Phase beginnt die Entwicklung durch die verschiedenen Domänen. Auch in dieser Phase finden Teilaktivitäten des RE statt, wie Analyse/Verfeinerung, Vereinbarung und Dokumentation.
  - **Entwurf:** In dieser Phase wird das hybride Produkt entwickelt. Hier spielt das Änderungsmanagement von Anforderungen eine große Rolle.
- Anschließend wird das hybride Produkt an den Kunden geleitet und eingesetzt. Auch dann können Änderungswünsche auftreten, die durch das Änderungsmanagement behandelt werden müssen. Die Nachvollziehbarkeit ist in allen Entwicklungsphasen zu gewährleisten.

Auf Basis dieser Aufgaben des RE haben wir die nachfolgend beschriebenen Anforderungen an einen Bezugsrahmen hergeleitet. Auf die exakte Dokumentation der Zusammenhänge wird aufgrund von Platzbeschränkungen verzichtet.

### 3.2 Anforderungen an einen RE-Bezugsrahmen für hybride Produkte

- *Anforderung 1:* Domänenübergreifende Kooperation. Die Zusammenarbeit zwischen den unterschiedlichen an der Entwicklung beteiligten Domänen muss unterstützt werden. Dazu muss ein gemeinsames Verständnis und eine gemeinsame Begriffswelt aufgebaut werden, die in den unterschiedlichen Domänen sehr verschieden sein kann (Berkovich et al. 2009b). Zusätzlich müssen verschiedene domänenspezifische Sichten auf die Anforderungen unterstützt werden.
- *Anforderung 2:* Kommunikation mit dem Kunden. In der Entwicklung müssen alle Stakeholder eingebunden werden, um alle relevanten Anforderungen zu finden. Ein frühzeitiges Feedback vom Kunden muss ermöglicht werden, um seine Vorstellungen und Wünsche besser zu verstehen (Ehrlenspiel 2002).
- *Anforderung 3:* Bereitstellung von Methoden zur Konkretisierung von initialen Anforderungen. Der Bezugsrahmen muss Methoden bereitstellen, um die initialen Anforderungen so zu konkretisieren, dass sie an die Entwicklung übergeben werden können, wobei die unterschiedliche Art von konkretisierten Anforderungen in den Domänen zu beachten ist.
- *Anforderung 4:* Berücksichtigung von verschiedenen Quellen von Anforderungen. Der Bezugsrahmen, muss alle Arten von Anforderungsquellen, wie Anwender, Kunden, Gesetzgeber (Sommerville und Kotonya 1998) aber auch Wettbewerber und Wertschöpfungsprozesse der Kunden berücksichtigen.
- *Anforderung 5:* Aufteilung von konkretisierten Anforderungen nach Komponenten, die von den einzelnen Domänen entwickelt werden. Es müssen Methoden und Techniken angeboten werden die in der Lage sind, konkretisierte Anforder-

rungen in Bezug auf ihre Zugehörigkeit zu den verschiedenen Domänen aufzuteilen, d. h. nach Hardware, Software und Dienstleistung.

- *Anforderung 6:* Bereitstellung von Methoden zur Nachvollziehbarkeit von Anforderungen. Die Nachvollziehbarkeit einer Anforderung muss vom initialen Zustand, über die Verfeinerung und Aufteilung nach Domänen, erfolgen.
- *Anforderung 7:* Bereitstellung von Methoden und Techniken zur Analyse von Auswirkungen von Änderungen von initialen Anforderungen. Initiale Anforderungen können geändert, aktualisiert oder ergänzt werden. In diesem Fall ist es wichtig, die Auswirkungen von Änderungen von initialen Anforderungen auf konkretisierte Anforderungen zu analysieren.
- *Anforderung 8:* Bereitstellung von Methoden und Techniken zur Analyse von Auswirkungen von Änderungen von konkretisierten Anforderungen. Auch konkretisierte Anforderungen können sich ändern, was wiederum zu Änderungen sowohl bei weiteren konkretisierten Anforderungen als auch bei Kundenanforderungen und Komponenten führen kann. Ähnlich, wie unter Anforderung 7 beschrieben, sind diese Änderungen zu analysieren und dem Entwicklungsprozess zur Verfügung zu stellen.
- *Anforderung 9:* Bereitstellung von Methoden und Techniken zur Priorisierung von Anforderungen. Es muss die Möglichkeit geschaffen werden, Anforderungen nach ihrer Wichtigkeit zu bewerten und somit deren Umsetzung zu steuern.
- *Anforderung 10:* Bereitstellung von Methoden zur Feststellung von Abhängigkeiten zwischen den konkretisierten Anforderungen. Die Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Anforderungen müssen im Bezugsrahmen berücksichtigt werden.
- *Anforderung 11:* Bereitstellung von Methoden zur Identifikation und Auflösung von Konflikten zwischen den Anforderungen. Die Konfliktsuche und Konfliktauflösung sollen zwischen den konkretisierten Anforderungen erfolgen und mögliche Rückschlüsse sollen auf initiale Anforderungen übertragen werden.
- *Anforderung 12:* Bereitstellung von Methoden zur Validierung von konkretisierten Anforderungen. Der Bezugsrahmen muss in der Lage sein, zu überprüfen, ob die konkretisierten Anforderungen den initialen Anforderungen entsprechen.

## 4 Ein Bezugsrahmen für das Requirements Engineering

Die oben aufgestellten Anforderungen legen die Basis für die Konzeption eines Bezugsrahmens für RE für hybride Produkte. Wie die Anforderungen gezeigt haben, ist es wichtig, nicht nur ein Vorgehensmodell für das Requirements Engineering hybrider Produkte und die darin enthaltenen Aktivitäten genau zu definieren, sondern auch die Schnittstellen für die Kundenintegration ins Requirements Engineering, sowie die Kooperation zwischen den Domänen zu unterstützen. Abbildung 1 zeigt, welche Bestandteile der Bezugsrahmen enthalten kann, um die

oben angeführten Anforderungen zu erfüllen. Dabei besteht der Bezugsrahmen aus einem Artefaktmodell, einem Prozessmodell und einem Methodenbaukasten. Die einzelnen Bestandteile des Bezugsrahmens werden nachfolgend beschrieben. Der Bezugsrahmen definiert die nötige Struktur des RE für hybride Produkte, dessen konkrete Ausgestaltung in der zukünftigen Forschung anhand der oben vorgestellten Anforderungen entwickelt wird.

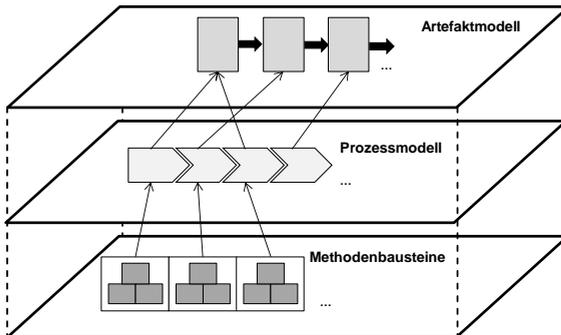


Abbildung 1: Bezugsrahmen für Requirements Engineering hybrider Produkte

#### 4.1 Artefaktmodell

Ein Artefakt kann als eine Sammlung von Anforderungen, die ähnliche Eigenschaften aufweisen, definiert werden und es resultiert aus der Durchführung einer Aktivität des Requirements Engineering. Ein Beispiel für ein Artefakt ist eine abgeschlossene Menge von Kundenanforderungen, die genau darstellbar und abgrenzbar ist. Im Beispiel des Kapitels 1 können die Anforderungen der Kunden an die Lösung zu einem Artefakt zusammengefasst werden. Ein Artefaktmodell beschreibt die im Rahmen des RE hybrider Produkte zu erarbeitenden Modellierungs- und Spezifikationsergebnisse von Anforderungen und deren Beziehungen untereinander. Die einzelnen Artefakte werden im Artefaktmodell in strukturierter Form und basierend vom Entwicklungsfortschritt vom Abstrakten zum Konkreten in verschiedenen Abstraktionsebenen zusammengestellt (Gorschek und Wohlin 2006). Darüber hinaus lassen sich die einzelnen Artefakte zur Kommunikation sowohl mit dem Kunden als auch mit den Vertretern verschiedener Domänen einsetzen. Sie schaffen Schnittpunkte im RE Prozess und geben an, welche Aktivitäten wann eingesetzt werden sollen. Ein Artefaktmodell ermöglicht eine Gliederung von Anforderungen in problemlöseorientierte Anforderungsklassen und stellt ein Klassifikationsschema für Anforderungen bereit (Geisberger 2005). Dadurch findet eine schrittweise Verfeinerung von Anforderungen über die Phasen des RE hinweg statt, die durchgängig in den Entwicklungsprozess integriert werden können (Gorschek und Wohlin 2006, Geisberger 2005, Pohl 2007). Das Artefaktmodell stellt schon zu Beginn der Entwicklung Artefakte bereit, die sich

auf initiale Anforderungen beziehen. Diese Artefakte werden im Laufe der Aktivitäten des RE präzisiert und erweitert, bis die Anforderungen, die in den einzelnen Artefakten enthalten sind, auf die einzelnen Komponenten und dadurch die Domänen, die sie entwickeln, aufgeteilt werden. Ein Artefaktmodell soll flexibel anpassbar sein, d.h. abhängig von der Art des zu entwickelnden hybriden Produktes werden die verschiedenen Artefakte entsprechend ausgewählt. Zwischen den Artefakten existieren Beziehungen, die die Abhängigkeiten zwischen ihnen darstellen und die Nachvollziehbarkeit gewährleisten. Wenn sich eine Anforderung ändert, können durch die identifizierten Beziehungen und Abhängigkeiten mögliche Änderungen bei weiteren Anforderungen sowie die daraus resultierenden Änderungen an die Komponenten des Systems identifiziert und analysiert werden.

Unterschiedliche Lebenszyklen von Komponenten hybrider Produkte, wie Hardware, Software und Dienstleistung, unterschiedliche Lebensdauer von Anforderungen, wie gesetzliche Anforderungen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt sich ändern können, sowie mehrere Iterationen des Entwicklungsprozesses, die zum Beispiel von einer Vorentwicklung mit dem Ergebnis eines Prototyps zu einer Entwicklung mit dem Ergebnis eines finalen Produktes, Änderungen an Anforderungen in der Nutzungsphase, nachdem die Entwicklung abgeschlossen ist, führen zu teilweise neuen oder aktualisierten Anforderungen, die im Artefaktmodell zu berücksichtigen sind. Für das Beispiel aus Kapitel 1 bedeutet das, dass sich z. B. die Anforderungen an die Wartung ändern oder neue Anforderungen wie z. B. die Kosten für die Wartung minimiert werden müssen. In diesem Fall soll das Artefaktmodell dynamisch sein, d. h. das Modell soll in der Lage sein einen Abgleich zwischen den in den Artefakten enthaltenen und den geänderten oder neuen Anforderungen zu schaffen und dadurch entweder die von den Änderungen betroffenen Anforderungen entsprechend zu ändern oder die neue Anforderung zu analysieren, in das Artefaktmodell aufzunehmen und entsprechend alle in Verbindung mit der geänderten oder neuen Anforderung stehenden Artefakte zu aktualisieren.

## 4.2 Prozessmodell

Das Prozessmodell soll die Aktivitäten des RE für hybride Produkte beschreiben und an das Artefaktmodell angelehnt sein. Dabei soll das Prozessmodell den RE Aktivitäten die nötige Struktur vorgeben, damit sie effektiv ausgeführt werden können und dabei in den Entwicklungsprozess integrierbar werden. Ein Prozessmodell beschreibt „welche Aktivitäten in welcher Reihenfolge von welchen Personen erledigt werden und welche Ergebnisse – im Folgenden Artefakte (artifacts) genannt – dabei entstehen“ (Balzert 2000). Eine Aktivität bezeichnet dabei eine Tätigkeit, die im Rahmen des RE auszuführen ist. Zu jeder Aktivität gehört eine Aktivitätsbeschreibung, die darstellt, wie die Aktivität auszuführen ist.

Das Prozessmodell soll gewährleisten, dass Aktivitäten des RE, wie Ermittlung, Analyse und Vereinbarung, Dokumentation, Validierung, Änderungsmana-

gement und Nachvollziehbarkeit von Anforderungen durchgeführt werden. Im Rahmen dieser Aktivitäten werden Anforderungsartefakte hergestellt, aktualisiert und ergänzt (Gorschek und Wohlin 2006). Die iterative Ausführung von Aktivitäten hängt vom Präzisionsgrad der Artefakte ab, d. h. in wie weit die Artefakte konkretisiert werden sollen und wie oft die Aktivitäten des RE wiederholt werden sollen. Eine Aktivität im Rahmen eines Prozessmodells kann dabei (in Anlehnung an Balzert (1998)) ein Artefakt erstellen, den Zustand eines Artefakts ändern und den Inhalt eines Artefakts ändern oder aktualisieren.

### 4.3 Methodenbaukasten

Das Prozessmodell benötigt Methoden, die zur Durchführung von Aktivitäten im Rahmen des Requirements Engineering eingesetzt werden können. Als ein Methodenbaukasten wird eine systematisch geordnete Sammlung von Methoden definiert, die zur Durchführung von Aktivitäten eines Prozesses eingesetzt werden können (Ehrlenspiel 2002). Dabei soll ein Methodenbaukasten laut Naefe (2008) eine Verknüpfung zwischen der Aktivität und der geeigneten Methode schaffen, die Methode beschreiben, Auswahlkriterien für die Methode angeben und didaktische Unterstützung für das Erlernen und das spätere Anwenden der Methode zur Verfügung stellen. Ein Methodenbaukasten soll Kriterien enthalten, die eine Auswahl einer Methode unterstützen (Naefe 2008):

- Leistungsumfang der Methoden (was soll die Methode unterstützen oder leisten, wann genau die Methode eingesetzt werden soll, wie genau die Methode sein soll, gibt es alternative Methoden etc.),
- Erfüllung der erforderlichen Rahmenbedingungen (sind alle benötigten Informationen vorhanden oder können beschafft werden, kann die Methode aus finanziellen Gründen umgesetzt werden etc.).

Die vom Methodenbaukasten angebotenen Methoden sollen im Prozessmodell die Aktivitäten des RE durchführen und zur Erstellung, Änderung oder Aktualisierung von Artefakten eingesetzt werden können.

Abbildung 2 zeigt ein Klassendiagramm zur Realisierung eines Bezugsrahmens. Dabei besteht ein Artefaktmodell aus mehreren Artefakten, die über Beziehungen miteinander verbunden sind. Ein Prozessmodell enthält Aktivitäten des RE, die Artefakte produzieren, aktualisieren oder ändern. Ein Methodenbaukasten besteht aus Methoden, die im Prozessmodell eingesetzt werden.

## 5 Realisierung der Anforderungen gemäß des Bezugsrahmens

In diesem Abschnitt wird beschrieben auf welche Weise die Anforderungen aus Kapitel 3 durch den in Kapitel 4 beschriebene Bezugsrahmen realisiert werden.

- Anforderung 1: Das Artefaktmodell gibt eine einheitliche Struktur und Terminologie vor. Zusätzlich ermöglicht die Definition von verschiedenen Artefakten, dass unterschiedliche Sichten auf die Anforderungen gebildet werden können. Dadurch wird die domänenübergreifende Kommunikation erleichtert.

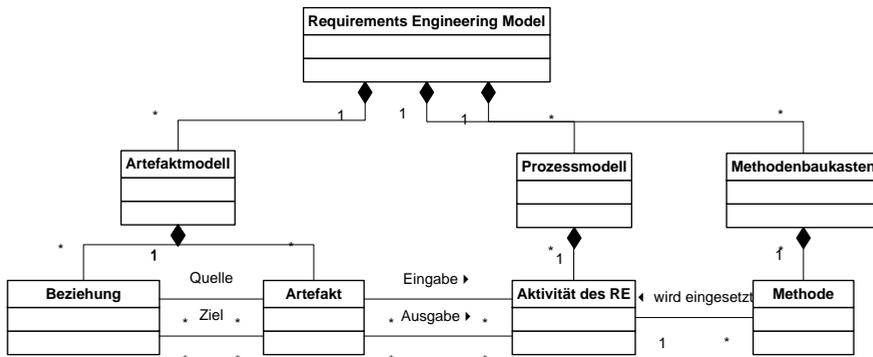


Abbildung 2: Bestandteile des Bezugsrahmens und Beziehungen zwischen denen

- Anforderung 2 und 4: Durch die Vorgabe von geeigneten Artefakten im Artefaktmodell wird gewährleistet, dass alle Stakeholder berücksichtigt werden und somit alle potentiellen Quellen erschlossen werden. Zusätzlich wird so für einzelne Stakeholder vorgegeben, welche Informationen von ihnen gesammelt werden müssen. Das Prozessmodell und der Methodenbaukasten müssen geeignete Methoden bereitstellen, um die Kommunikation mit Kunden zu ermöglichen.
- Anforderung 3: Das Prozessmodell und der Methodenbaukasten müssen geeignete Methoden zur Übersetzung der Anforderungen bereitstellen. Diese Methoden werden durch die klaren Strukturvorgaben des Artefaktmodells unterstützt. Die Artefakte geben vor, wie sie voneinander abgeleitet werden müssen, wodurch auch die Nachvollziehbarkeit gewährleistet wird.
- Anforderung 5: Das Artefaktmodell gibt einzelne Artefakte vor, die die Verfeinerung von initialen Anforderungen darstellen und direkt einzelnen Domänen zugeordnet werden. Durch das Artefaktmodell werden auch die Abhängigkeiten zwischen diesen Anforderungen festgehalten. Der Methodenbaukasten stellt Methoden bereit um zu entscheiden, wie die Artefakte den Domänen zugeteilt werden.
- Anforderung 6: Das Artefaktmodell hält Verfeinerungsbeziehungen zwischen Anforderungen fest, so dass Nachvollziehbarkeit in beiden Richtungen besteht.
- Anforderung 7 und 8: Zur Analyse von Auswirkungen von Änderungen an Anforderungen müssen geeignete Methoden im Methodenbaukasten angeboten werden. Die Bereitstellung solcher Methoden wird durch die im Artefaktmodell gewährleistete Nachvollziehbarkeit wesentlich unterstützt.

- Anforderung 9: Zur Priorisierung von Artefakten müssen geeignete Methoden im Methodenbaukasten angeboten werden.
- Anforderung 10: Die Abhängigkeiten zwischen konkretisierten Anforderungen werden im Artefaktmodell definiert, während der Methodenbaukasten Methoden bereitstellt, um konkrete Abhängigkeiten zu ermitteln.
- Anforderung 11: Basierend auf den Abhängigkeiten, muss der Methodenbaukasten Methoden zum Finden von Konflikten bereitstellen. Das Finden von Konflikten basiert auf den im Artefaktmodell vorgeschlagenen Modellierungstechniken.
- Anforderung 12: Der Methodenbaukasten muss Methoden bereitstellen, um die Design-Artefakte des Artefaktmodells mit den Kundenwünschen zu vergleichen.

## 6 Verwandte Arbeiten

Im Bereich des RE wurden Artefaktmodelle vorgeschlagen. Auf diese wurde im Kapitel 4.1 an den entsprechenden Stellen verwiesen. Zwei wichtige Artefaktmodelle in der Literatur werden von Gorschek und Wohlin (2006) und Geisberger (2005) vorgestellt. Auch im Bereich der Prozesssicht auf das RE wurden vielfältige Prozesse und Methoden vorgeschlagen, auf die im Kapitel 4.2 verwiesen wurde. In Kapitel 2 wurde anhand bekannter Ansätze aus der Literatur die Aufgabe des RE verdeutlicht. Diese Ansätze stellen jedoch isolierte Arbeiten dar, welche die Verbindung zwischen Artefakten und Prozessen nicht explizit herstellen. In der vorliegenden Arbeit wird verdeutlicht, dass alle Prozesse und Methoden an die Artefakte angepasst werden müssen. Das bedeutet, dass die Methoden Artefakte als Eingabe benötigen und als Ausgabe bestehende Artefakte modifizieren oder neue erstellen.

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Hybride Produkte, die integrierte und kundenindividuelle Bündel von Hardware-, Software- und Dienstleistungskomponenten darstellen, sind ein wichtiger Trend auf dem Markt. Eine wichtige Rolle bei der Entwicklung hybrider Produkte spielt das Requirements Engineering, das sich mit der Ermittlung und Verwaltung von Anforderungen befasst. Aufgrund der unterschiedlichen Lebenszyklen von Komponenten hybrider Produkte, Integration mehrerer Domänen mit teilweise unterschiedlichem Hintergrundwissen und Vorstellungen über die Anforderungen sowie einer starken Kundenorientierung stellt sich eine Reihe von Anforderungen an das RE. Diese Anforderungen werden basierend auf den Eigenschaften hybrider Produkte sowie der Definition von RE identifiziert und dienen als Grundlage für das Aufstellen eines Bezugsrahmens für das RE hybrider Produkte.

So ein Bezugsrahmen soll in der Lage sein, die Aktivitäten des RE zu unterstützen und dabei eine ganzheitliche und domänenübergreifende Sicht auf das RE zu verschaffen. Der Bezugsrahmen besteht deswegen aus einem Artefaktmodell zur Abbildung der einzelnen Ergebnisse der RE Aktivitäten, einem Prozessmodell zur Beschreibung von RE Aktivitäten, und einem Methodenbaukasten zur Darstellung von im Prozessmodell eingesetzten Methoden.

Der nächste Schritt im Rahmen unserer Forschung besteht darin, die Modelle des Bezugsrahmens genau zu definieren und zu vertiefen. Die Inhalte der einzelnen Modelle stammen zum einen aus der bekannten Literatur zum RE und sollen mit Hilfe des Bezugsrahmens zu einem einheitlichen Ansatz integriert werden, zum anderen werden neue Ansätze für die speziellen Bedürfnisse hybrider Produkte basierend auf dem Bedarf der Praxis entwickelt. Zur Validierung des Bezugsrahmens werden parallel vertiefende Fallstudien in der Praxis durchgeführt. Auf diese Weise kann gezeigt werden, dass unser Ansatz die Probleme der domänenübergreifenden Zusammenarbeit lösen kann.

## Literatur

- Balzert H (1998) Lehrbuch der Software-Technik, Software-Management, Software-Qualitätssicherung und Unternehmensmodellierung. Spektrum Akademischer Verlag.
- Balzert H (2000) Lehrbuch der Software-Technik, Software-Entwicklung. (2 Aufl.), Spektrum Akademischer Verlag.
- Berkovich M, Esch S, Leimeister JM, Krcmar H. (2009a) Requirements engineering for hybrid products as bundles of hardware, software and service elements – a literature review. 9. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik, Wien, Österreich.
- Berkovich M, Leimeister JM, Krcmar H (2009b) An empirical exploration of requirements engineering for hybrid products. Proceedings of the XVIIth European Conference on Information Systems (ECIS), Verona, Italy.
- Berkovich M, Leimeister JM, Krcmar H (2009c) Suitability of Product Development Methods for Hybrid Products as Bundles of Classic Products, Software and Service Elements. ASME 2009 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE San Diego, USA
- Boehm B, Basili VR (2001) Top 10 list [software development]. Computer, 34 (1): 135 - 137.

- Böhm T, Krcmar H (2007) Hybride Produkte: Merkmale und Herausforderungen. In: Wertschöpfungsprozesse bei Dienstleistungen: Forum Dienstleistungsmanagement. Hrsg.: Bruhn, M., Stauss, B. Gabler, 2007: 240-255.
- Böhm T, Langer P, Schermann M (2008) Systematische Überführung von kundenspezifischen IT-Lösungen in integrierte Produkt-Dienstleistungsbausteine mit der SCORE-Methode. *Wirtschaftsinformatik*, 50(3).
- Brooks FP Jr. (1987) No Silver Bullet: Essence and Accidents of Software Engineering. *Computer*, 20(4): 10 - 19.
- Ebert C (2005) Systematisches Requirements Management. (1 Aufl.), Dpunkt Verlag.
- Ehrlenspiel K (2002) Integrierte Produktentwicklung (2 Aufl.), Hanser Fachbuchverlag.
- Galbraith JR (2002) Organizing to Deliver Solutions. *Organizational Dynamics*, 31(2): 194-207.
- Geisberger E (2005) Requirements Engineering eingebetteter Systeme - ein interdisziplinärer Modellierungsansatz (Vol. 1), Shaker.
- Gorschek T, Wohlin C (2006) Requirements Abstraction Model. *Requirements Engineering*, 11(1): 79-101.
- Hall T, Beecham S, Rainer A (2002) Requirements problems in twelve software companies: an empirical analysis. *IEEE Proceedings Software*, 149: 153 - 160.
- Jung C (2006) Anforderungsklä rung in interdisziplinärer Entwicklungsumgebung, Dr. Hut.
- Knackstedt R, Pöppelbuß J, Winkelmann A (2008) Integration von Sach- und Dienstleistungen – Ausgewählte Internetquellen zur hybriden Wertschöpfung. *Wirtschaftsinformatik*, 50(3).
- Leimeister J.M., Glauner C. (2008) Hybride Produkte – Einordnung und Herausforderungen für die Wirtschaftsinformatik. *Wirtschaftsinformatik*, 3.
- Leimeister JM, Knebel U, Krcmar H (2009) Hybrid Value Creation in the Sports Industry - the Case of the Mobile Sports Companion. *International Journal of Information Systems in the Service Sector (IJISS)*.
- Naefe P (2008) Einführung in das Methodische Konstruieren: Für Studium und Praxis. (1 Aufl.), Vieweg+Teubner.
- Pohl K (2007) Requirements Engineering. Grundlagen, Prinzipien, Techniken (1 Aufl.), Dpunkt Verlag.

- Sommerville I, Kotonya G (1998) Requirements Engineering: Processes and Techniques (1 Aufl.), Wiley & Sons.
- Spath D, Demuß L (2003) Entwicklung hybrider Produkte – Gestaltung materieller und immaterieller Leistungsbündel. In: Service Engineering - Entwicklung und Gestaltung innovativer Dienstleistungen. Hrsg.: Bullinger, H.-J., Scheer, A.-W. Springer, Berlin, Heidelberg, New York 2003.
- Sturm F, Bading A (2008) Investitionsgüterhersteller als Anbieter industrieller Lösungen – Bestandsaufnahme des Wandels anhand einer Umfrage. Wirtschaftsinformatik, 50(3).
- Tuli KR, Kohli AK, Bharadwaj, S.G. (2007) Rethinking Customer Solutions: From Product Bundles to Relational Processes. Journal of Marketing, 71(3):1-17.