

Diplomarbeit

# **Vermittelbarkeit von Architektur am Beispiel eines Schulungskurses für WAM und JWAM**

Zentrum für Architektur und Gestaltung von IT-Systemen (AGIS)  
MIN-Fakultät, Department Informatik  
Universität Hamburg

Erstbetreuer: Prof. Dr.-Ing. Heinz Züllighoven  
Zweitbetreuer: Dr. Axel Schmolitzky

Felix Abraham  
Bockelpromenade 47  
25335 Elmshorn  
felix.abraham@hanse.net  
Matrikelnummer: 4931314



Ich danke Joachim Sauer für seine Unterstützung und Alexandra Weise für ihre Geduld.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung, Motivation und Überblick.....</b>	<b>1</b>
1.1 Einleitung.....	1
1.2 Motivation.....	2
1.3 Überblick.....	3
<b>2 Grundlagen.....</b>	<b>5</b>
2.1 Architektur.....	5
2.2 Architektur im Entwicklungsprozess.....	11
2.3 Vermittelbarkeit von Architektur.....	12
<b>3 Forschungsgegenstand.....</b>	<b>15</b>
3.1 Hypothese.....	15
3.2 Forschungsfragen.....	16
<b>4 Konzeptuelle Überprüfung der Hypothese.....</b>	<b>17</b>
4.1 Didaktik und Methodik.....	17
4.2 Sequenzierung von Lerninhalten.....	20
4.3 Zusammenfassung und Diskussion der konzeptuellen Analyse.....	22
<b>5 Empirische Überprüfung der Hypothese.....</b>	<b>25</b>
5.1 Interviews mit Lehrenden.....	25
5.1.1 Interview 1.....	26
5.1.2 Interview 2.....	28
5.1.3 Interview 3.....	30
5.1.4 Interview 4.....	33
5.1.5 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	37
5.2 Interviews mit Lernenden, Fragebögen an Lernende.....	40
5.2.1 Ein Schulungskurs als Laborsystem .....	40
5.2.2 Der Beispielschulungskurs.....	40
5.2.3 Repräsentativität des Beispielschulungskurses.....	45
5.2.4 Zu überprüfende Annahmen.....	47
5.2.5 Fragebögen.....	49
5.2.6 Überprüfung der Annahmen.....	50
5.2.7 Aussagen der Lernenden zu diesem Kurs.....	57
5.2.8 Aussagen des Lehrenden zu diesem Kurs.....	58
5.2.9 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	59
5.3 Zusammenfassung und Diskussion der empirischen Analyse.....	60

<b>6 Zusammenfassung, Fazit und Ausblick.....</b>	<b>65</b>
6.1 Zusammenfassung.....	65
6.2 Fazit und Ausblick.....	66
<b>7 Literaturverzeichnis.....</b>	<b>67</b>
<b>Anhang A: Methodik der Auswertung der Fragebögen.....</b>	<b>69</b>
<b>Anhang B: Fragebogen 1.....</b>	<b>73</b>
<b>Anhang C: Fragebogen 2.....</b>	<b>79</b>

# 1 Einleitung, Motivation und Überblick

Das erste Kapitel gibt in drei Abschnitten einen einleitenden Überblick über die Arbeit.

Abschnitt 1.1 stellt das Thema der Arbeit vor.

Abschnitt 1.2 zeigt die Motivation, sich mit dem Thema zu beschäftigen.

Abschnitt 1.3 gibt einen kurzen Überblick über die Inhalte der folgenden Kapitel.

## 1.1 Einleitung

Architekturen sind ein wichtiger Bestandteil bei der Entwicklung größerer Softwaresysteme. Mit ihrer Hilfe wird eine klare Strukturierung der Software sichergestellt und dadurch sowohl die Qualität verbessert als auch die Entwicklungszeit verkürzt. Architektur benennt die Elemente, aus denen ein Softwaresystem aufgebaut ist und sie beschreibt deren Eigenschaften und die Beziehungen zwischen ihnen ([Bas03], S. 21). Sie definiert die Regeln, nach denen ein Softwaresystem aus den Elementen und Beziehungen gebildet wird. Die Elemente, in die ein Softwaresystem durch eine Architektur aufgeteilt wird, übernehmen unterschiedliche Aufgaben im Softwaresystem. Die Aufteilung kann nach verschiedenen Kriterien erfolgen. Eine technisch motivierte Aufteilung zum Beispiel führt zu Elementen, die vor allem durch ihre Funktion im Softwaresystem charakterisiert sind. Eine fachlich motivierte Aufteilung führt zu Elementen, die Gegenstände oder Konzepte aus dem Anwendungskontext repräsentieren.

Architektur beschreibt Elemente auf unterschiedlichen *Abstraktionsniveaus*: ein *Architekturstil* beschreibt die grundlegenden Konzepte und Metaphern der Architektur. Eine *Modellarchitektur* benennt Klassen von Elementen und deren Zusammenhänge. Ein *Rahmenwerk* stellt eine Implementierung der Elemente in einer bestimmten Sprache zur Verfügung. Eine *Softwarearchitektur* beschreibt die Elemente eines konkreten Softwaresystems. Verschiedene Modellarchitekturen können den Konzepten eines Architekturstils folgen, verschiedene Rahmenwerke können den Regeln einer Modellarchitektur folgen und die Softwarearchitekturen verschiedener Softwaresysteme können mit demselben Rahmenwerk konstruiert werden.

Architektur bietet die Grundlage für die Kommunikation in der Softwareentwicklung. Entwickler können mit ihrer Hilfe einzelne Teile des Softwaresystems diskutieren, ohne das System als ganzes kennen zu müssen und sie können auf einem bestimmten Abstraktionsniveau über das Softwaresystem diskutieren, ohne alle Details berücksichtigen zu müssen.

Da Architekturstile, Modellarchitekturen und Rahmenwerke von konkreten Softwarearchitekturen abstrahieren, sind sie selbst wiederverwendbar. Sie müssen vermittelbar sein, um in weiteren Softwaresystemen eingesetzt werden zu können.

Um Architekturvorstellungen für ein Softwaresystem in relativ kurzer Zeit zu vermitteln, eignen sich Schulungskurse, in denen Softwareentwickler die für ihre Aufgabe notwendigen Kenntnisse über eine Architektur erlernen können. Schulungskurse können zum Beispiel in

## 1.1 Einleitung

---

Form von Vorträgen, unterstützt durch Übungen, oder als interaktive Kurse angeboten werden.

Grundlage eines solchen Schulungskurses sind die Beschreibung der Architektur, Schulungsmaterialien aus vorangegangenen Schulungskursen und gegebenenfalls die Dokumentation eines Rahmenwerkes. Diese Unterlagen sind aber zu unspezifisch für den aktuell zu gestaltenden Schulungskurs. Mit Hilfe eines Schulungskurses sollen bestimmte Inhalte vermittelt werden. Ein Schulungskurs richtet sich an eine bestimmte Zielgruppe, die sich für die Architektur auf einem bestimmten Abstraktionsniveau interessiert. Softwarearchitekten, Programmierer oder Manager zum Beispiel nehmen unterschiedliche Aufgaben in einem Projekt wahr. Sie benötigen unterschiedliche Informationen über die Architektur und sie benötigen diese Informationen auf unterschiedlichen Abstraktionsniveaus. Es ist notwendig, die zu vermittelnden Inhalte und Qualifikationen zu bestimmen und in Form von Schulungsinhalten gezielt aufzubereiten.

Eine Architektur beschreibt die Strukturelemente, aus denen ein Softwaresystem aufgebaut wird. Analog dazu teilt ein Schulungskurs den zu vermittelnden Inhalt in einzelne Schulungsinhalte auf. Wird eine Architektur in einem Schulungskurs vermittelt, dann ist all das Schulungsinhalt, was die Architektur definiert. Das sind die Strukturelemente der Architektur, die Beziehungen zwischen den Strukturelementen, die Regeln, nach denen sie in einer Struktur verknüpft werden und die Regeln, die den Umgang mit der Architektur beschreiben.

Ebenso wie die Strukturelemente einer Architektur miteinander in Beziehung stehen, gibt es auch Beziehungen zwischen den Schulungsinhalten eines Schulungskurses. So lassen sich Schulungsinhalte in einer zeitlichen Abfolge ordnen, und Schulungsinhalte können gruppiert werden. Überblicke und Zusammenfassungen lassen sich als Vergrößerung von darin behandelten Schulungsinhalten auffassen und detaillierte Schulungsinhalte bilden die Verfeinerungen von Überblicken und Zusammenfassungen.

Eine Architektur beinhaltet Regeln, nach denen die Strukturelemente verknüpft werden, so dass sie sich zu einem wohl geformten Exemplar der Architektur zusammenfügen. Auch für einen Schulungskurs sollten sich Regeln formulieren lassen, die die Struktur beschreiben, in der Schulungsinhalte sinnvoll zu einem Ganzen zusammengefügt werden.

Ein Schulungskurs hat eine Struktur, die ähnlich der Struktur einer Architektur ist. In beiden Strukturen gibt es Elemente, Beziehungen und Regeln. Da eine zu vermittelnde Architektur bereits eine definierte Struktur hat, kann man diese Struktur unter Umständen als Grundlage für den Schulungskurs verwenden.

## 1.2 Motivation

Bei der Entwicklung oder Weiterentwicklung eines Softwaresystems müssen diverse Arbeiten am Softwaresystem durchgeführt werden. Teile des Systems müssen geändert oder erweitert werden und neue Teile müssen in das bestehende System integriert werden. Für diese Arbeiten ist es notwendig, Wissen über das Softwaresystem zu vermitteln. Softwareentwickler müssen das Softwaresystem kennen, um es dann erweitern, ändern oder warten zu können.



Große Softwaresysteme aus einem professionellen, kommerziellen Kontext sind so komplex und so umfangreich, dass man sie nicht einfach durch Lesen des Quellcodes verstehen kann.

Die Gestaltung des Vermittlungsprozesses für Wissen über eine Architektur ist eine Arbeit, die jedes Mal aufs Neue erledigt werden muss, um individuelle Anforderungen an den Vermittlungsprozess zu berücksichtigen. Diese Anforderungen werden je nach Thema, Teilnehmern oder Zeitvorgaben variieren. Um den Aufwand für die Gestaltungsarbeit zu minimieren verwenden Lehrende, die Schulungskurse gestalten, häufig ein Repertoire von Präsentationen, Beispielen und Übungen, die mit relativ wenig Aufwand an jeweils aktuelle Anforderungen angepasst werden können. Ein Repertoire auf der Grundlage vergangener Schulungen kann aber nur die wiederverwendeten Bestandteile eines aktuellen Softwaresystems vermitteln, nicht aber die für das Softwaresystem einzigartigen Bestandteile. Es kann die Vermittlung von Architekturstilen, Modellarchitekturen oder Rahmenwerken unterstützen. Es ist für die Vermittlung der Softwarearchitektur eines konkreten Softwaresystems weniger hilfreich.

Es lässt sich Arbeit sparen, wenn beim Entwurf des Vermittlungsprozesses bereits existierende Strukturen als Basis für den neuen Entwicklungsprozess wiederverwendet werden können. Liefert die zu vermittelnde Architektur selbst diese Basis, dann führt das direkt zu einer individuell angepassten Lösung. Dient ein Repertoire als Basis, dann muss der Vermittlungsprozess erst noch an aktuelle Anforderungen angepasst werden. Beim Entwurf des Vermittlungsprozesses auf Basis der Architektur kann auch die Struktur des Vermittlungsprozesses für eine Softwarearchitektur auf der Struktur der Architektur basieren. Ein Repertoire bietet diese Möglichkeit nicht.

Diese Arbeit untersucht, ob eine Struktur einer zu vermittelnden Architektur als Grundlage für die Struktur des Vermittlungsprozesses eine Hilfe beim Konzipieren des Vermittlungsprozesses ist. Sie untersucht die Möglichkeiten und Einschränkungen, die eine Verwendung der Struktur der Architektur als Grundlage der Struktur des Vermittlungsprozesses mit sich bringt.

## 1.3 Überblick

Kapitel 2 klärt die wichtigsten Grundlagen, Begriffe und Konzepte aus dem Bereich Architektur. Das sind vor allem gängige Fachbegriffe und die damit verbundenen Konzepte. Hier wird das Architekturverständnis deutlich, das dieser Arbeit zugrunde liegt.

Kapitel 3 stellt die Hypothese vor und stellt einige Forschungsfragen auf. Die Forschungsfragen werden in den folgenden Kapiteln helfen, den Bezug zur Hypothese herzustellen.

Kapitel 4 enthält die konzeptuelle Überprüfung der Hypothese. Die konzeptuelle Analyse zeigt, wie ein Vermittlungsprozess abläuft, wie Inhalte vermittelt werden und zuletzt, wie Inhalte unter didaktischen Gesichtspunkten optimal strukturiert angeboten werden.

Kapitel 5 enthält die empirische Überprüfung der Hypothese. Die empirische Analyse zeigt, wie erfahrene Lehrende Vermittlungsprozesse strukturieren, und überprüft dann, ob sich an einem Beispielschulungskurs Hinweise für das Zutreffen der Hypothese finden lassen.

## 1.3 Überblick

---

Kapitel 6 fasst die Ergebnisse der konzeptuellen Analyse und der empirischen Analyse zusammen und gibt ein Fazit und einen Ausblick.

## 2 Grundlagen

Es gibt verschiedene Ansichten darüber, was Architektur ist, wie man sie beschreibt und wie man sie einsetzt. Dieses Kapitel soll das dieser Arbeit zugrunde liegende Architekturverständnis vorstellen. Hier werden die verwendeten Grundlagen, Begriffe und Konzepte aus dem Bereich Architektur erklärt. Das sind vor allem gängige Fachbegriffe und die damit verbundenen Konzepte.

Abschnitt 2.1 stellt einige Begriffe vor, die bei der Beschäftigung mit dem Thema Architektur genau definiert sein müssen.

Abschnitt 2.2 zeigt, wie Architektur den Entwicklungsprozess unterstützt.

Abschnitt 2.3 zeigt, wie wichtig Vermittelbarkeit für Architektur ist.

### 2.1 Architektur

Architektur ist ein wichtiger Bestandteil bei der Entwicklung größerer, objektorientierter Softwaresysteme. Durch die Entwicklung geeigneter Architekturen soll eine klare Strukturierung der Software gewährleistet werden und dadurch sowohl die Qualität verbessert, als auch die Entwicklungszeit verkürzt werden. In der Literatur finden sich viele unterschiedliche Definitionen von Architektur, beispielsweise die oft zitierte Definition von Bass, Clements und Kazman, oder die Definitionen von Garlan und Perry, von Booch, Rumbaugh und Jacobson oder von der IEEE:

*„The software architecture of a program or computing system is the structure of structures, which comprise software elements, the externally visible properties of those elements, and the relationships among them.“* ([Bas03], S. 21)

*„The structure of the components of a program / system, their interrelationships, and principles and guidelines governing their design and evolution over time.“* ([Gar95], S. 269)

*„An architecture is the set of significant decisions about the organization of a software system, the selection of the structural elements and their interfaces by which the system is composed, together with their behaviour as specified in the collaborations among those elements, the composition of these structural and behavioral elements into progressively larger subsystems, and the architectural style that guides this organisation – these elements and their interfaces, their collaborations, and their composition.“* ([Boo99], S. 31)

*„The fundamental organization of a system embodied in its components, their relationships to each other, and to the environment, and the principles guiding its design and evolution.“* ([IEE00], S. 9)

## 2.1 Architektur

---

Diese Definitionen stimmen zumindest in einem Punkt überein: Architektur beschreibt die Strukturelemente selbst und die Struktur, in der diese verbunden werden. Dieser und ähnlichen Definitionen liegt ein strukturorientiertes Architekturverständnis zugrunde, im Gegensatz zu einem konzeptorientierten Architekturverständnis, das am Ende dieses Abschnittes noch einmal aufgegriffen wird (siehe S. 9).

Viele Softwaresysteme sind so groß, dass kein Entwickler alleine das ganze System im Detail kennen kann. Eine Architektur unterstützt den Entwicklungsprozess, indem sie das Softwaresystem in handhabbare Teile, die *Strukturelemente*, zerlegt. Diese *Dekomposition* kann unter verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen, oft liegt eine strukturelle Sichtweise zugrunde. Die Strukturelemente der Architektur abstrahieren von konkreten Elementen des Softwaresystems. Alle Eigenschaften, die nicht die Benutzung eines anderen Elementes, die Benutzung durch ein anderes Element, die *Beziehung* zu einem anderen Element oder die Interaktion mit anderen Elementen betreffen, werden weggelassen, die übrig bleibenden Eigenschaften betreffen die Beziehungen der Elemente untereinander.

Es gibt immer mehrere Möglichkeiten, ein Softwaresystem in Strukturelemente aufzuteilen und durch Beziehungen miteinander zu verknüpfen. Die *Regeln* einer Architektur geben vor, wie diese Aufteilung erfolgen sollte. Sie definieren, wie ein nach den Regeln der Architektur wohl geformtes Exemplar der Architektur aussehen sollte. Dasselbe System kann von verschiedenen Aufteilungen und Strukturen beschrieben werden.

*„[...] systems can and do comprise more than one structure and [...] no one structure can irrefutably claim to be the architecture.“* ([Bas03], S. 21)

Die Strukturen ordnen die Elemente in der Regel hierarchisch an. Eine der möglichen Hierarchien und eine im Folgenden wichtige Hierarchie ist die Abstraktionshierarchie.

**Abstraktion.** Neben der bereits kurz angesprochenen Abstraktion der einzelnen Strukturelemente als Folge der strukturellen Sicht auf ein Softwaresystem, erfüllt Abstraktion auch eine wichtige Rolle im Entwicklungsprozess. Durch Abstraktion ist es möglich, ein Softwaresystem zu beschreiben, ohne auf die Details der Implementierung eingehen zu müssen. Vogel beschreibt die damit verbundene Reduktion der Komplexität so:

*„Ein wichtiges Charakteristikum von Architektur ist, dass sie Komplexität überschaubar und handhabbar macht, indem sie nur die wesentlichen Aspekte eines Systems zeigt, ohne zu sehr in die Details zu gehen, und es so ermöglicht, in relativ kurzer Zeit einen Überblick zu einem System zu erlangen.“* ([Vog05], S. 10)

Architektur kann so ein Mittel sein, um die Kommunikation im Entwicklungsprozess zu unterstützen, besonders in der Anfangsphase bevor eine konkrete Implementierung existiert.

**Abstraktionsniveau, Abstraktionshierarchie.** Bei der Betrachtung einer Architektur beschränkt man sich meist auf Elemente innerhalb eines bestimmten Abstraktionsniveaus und auf Beziehungen zwischen diesen Elementen. Ein kleinerer, aber detaillierter Ausschnitt des betrachteten Teils liegt dann in einer niedrigeren Abstraktionsebene, ein größerer, aber weniger detaillierter Ausschnitt, der den betrachteten Teil enthält, liegt auf einer höheren Abstraktionsebene. Vogel beschreibt die Zusammenhänge zwischen Abstraktionsebene und Detaillierung folgendermaßen:

*„Das Abstraktionsniveau sinkt dabei von der Organisationsebene hin zur Bausteinebene. Mit anderen Worten nimmt der Detaillierungsgrad im Hinblick auf ein zu realisierendes System respektive dessen Architektur von oben nach unten zu.“* ([Vog05], S. 106)

Die niedrigste Abstraktionsebene beschreibt programmiersprachliche Konstrukte, die höchste Abstraktionsebene beschreibt ganz grundlegende Ideen und Konzepte einer Architektur. Die Anordnung der Abstraktionsebenen ist die Abstraktionshierarchie. Im Folgenden werden einige wichtige Abstraktionsniveaus benannt.

**Architekturstil.** Die grundlegenden Prinzipien, die zu einer Architektur führen, werden als Architekturstil bezeichnet. Bass beschreibt die Abstraktionsebene des Architekturstils folgendermaßen:

*„An architectural pattern is a description of element and relation types together with a set of constraints on how they may be used.“* ([Bas03], S. 24)

Ein Architekturstil gibt Regeln vor, die für Softwaresysteme gelten müssen, die nach diesem Architekturstil entworfen werden.

**Modellarchitektur.** Die nächste Abstraktionsebene ist die Modellarchitektur. Bass beschreibt die Abstraktionsebene der Modellarchitektur folgendermaßen:

*„A reference architecture is a reference model mapped onto software elements (that cooperatively implement the functionality defined in the reference model) and the data flows between them.“* ([Bas03], S. 25)

Eine Modellarchitektur ist eine Abbildung der Prinzipien eines Architekturstils auf mögliche Elemente eines Softwaresystems und auf die Beziehungen zwischen den möglichen Elementen. Eine Architektur, die eine Modellarchitektur als Vorlage hat, kann man als „Exemplar“ dieser Modellarchitektur bezeichnen. Züllighoven definiert Modellarchitektur so:

*„Eine Modellarchitektur beschreibt die allgemeinen Prinzipien hinter einer Softwarearchitektur. Sie umfasst grundlegende Elemente, deren Verknüpfungen und die Regeln, die für eine Softwarearchitektur gelten. Eine Modellarchitektur gibt Anleitung bei der softwaretechnischen Realisierung eines Softwaresystems.“* ([Zül98], S. 325)

Die Modellarchitektur definiert die Klassen der Elemente, welche in einem Exemplar dieser Modellarchitektur vorkommen dürfen und welche Beziehungen zwischen diesen Elementen erlaubt sind.

Modellarchitekturen werden aus den Architekturen konkreter Softwaresysteme gewonnen. Die Architekturmerkmale, die sich als praktikabel und hilfreich erwiesen haben, werden Teil der Modellarchitektur. Modellarchitekturen enthalten das komprimierte Wissen aus vielen Softwaresystemen, und es ist in der Regel sinnvoll, bei der Konstruktion eines neuen Softwaresystems darauf zurückzugreifen. Andererseits sind Modellarchitekturen Ausdruck zugrunde liegender Konzepte aus der Ebene des Architekturstils. Auch diese Konzepte haben sich als sinnvoll erwiesen und werden jetzt in die Modellarchitektur übernommen.

## 2.1 Architektur

---

Das Übernehmen bewährter Konzepte und Architekturmerkmale bietet zwei Vorteile. Es fördert die Qualität der Architektur des Softwaresystems und die Arbeit, die bereits in die wiederverwendeten Konzepte und Architekturmerkmale eingegangen ist, muss beim Entwerfen der Modellarchitektur nicht noch einmal verrichtet werden.

Der Übergang zwischen Architekturstil und Modellarchitektur ist in der Literatur und anderen Arbeiten häufig unscharf. In dieser Arbeit bezieht sich der Begriff Architekturstil auf Konzepte und Prinzipien einer Architektur, der Begriff Modellarchitektur bezieht sich auf prototypisch definierte Elementarten und deren Beziehungen. Die Begriffsbildung folgt damit im Wesentlichen der von Bass ([Bas03], S. 24ff).

**Rahmenwerk.** Ein Rahmenwerk ist eine konkrete Implementation als Hilfsmittel zur Erstellung eines Softwaresystems. Das Rahmenwerk soll den Entwickler dadurch unterstützen, dass bereits vorhandene Softwareteile des Rahmenwerkes genutzt werden können und ausschließlich durch die Implementation variabler Softwareteile das zu erstellende Softwaresystem spezialisiert und vervollständigt werden kann. Ein Rahmenwerk liefert eine Sammlung von Strukturelementen, die eine Anwendungsarchitektur vorgeben. Ein konkretes Softwaresystem nutzt diese Strukturelemente, indem es sie implementiert oder wie bei Verwendung einer Klassenbibliothek benutzt. Im Unterschied zur Klassenbibliothek wird bei Verwendung eines Rahmenwerkes der Kontrollfluss der Anwendung durch das Rahmenwerk gesteuert.

*„Ein Rahmenwerk (Framework) ist eine Architektur aus Klassenhierarchien, die eine allgemeine generische Lösung für ähnliche Probleme in einem bestimmten Kontext vorgibt. Wiederverwendet werden dabei nicht einzelne Klassen, sondern die gesamte Konstruktion aus zusammenspielenden Komponenten. Ein Rahmenwerk gibt so den Kontrollfluss für die Anwendung vor. Ein Rahmenwerk wird zu einer konkreten Anwendung, indem dafür vorgesehene Klassen spezialisiert oder vorgegebene Parameterobjekte erzeugt werden.“* ([Wei97], zitiert nach [Zül98], S. 118)

Ein Rahmenwerk kann Ausdruck einer Modellarchitektur sein und unterstützt so die Wiederverwendung der Implementierungen der in der Modellarchitektur enthaltenen bewährten Architekturmerkmale. Ein besonderer Rahmenwerkstyp ist das *Anwendungsrahmenwerk*. Ein Anwendungsrahmenwerk stellt Lösungen für eine fachlich definierte Klasse von Anwendungen bereit.

*„Ein Anwendungsrahmenwerk (Application Framework) ist für die Entwicklung von Anwendungssoftware in einem fachlich eingegrenzten Anwendungsbereich gedacht. Es gibt die softwaretechnische Architektur und die relevanten fachlichen Abstraktionen in Form einer generischen Lösung vor.“* ([Zül98], S. 119)

**Softwarearchitektur.** Die Architektur eines konkreten Softwaresystems bezeichnet man als *Softwarearchitektur*. Eine Softwarearchitektur beschreibt den Aufbau des Systems, indem die einzelnen Elemente des Systems und ihre Beziehungen untereinander dargestellt werden. Auch für Softwarearchitektur gibt es eine Definition von Züllighoven:

*„Eine Softwarearchitektur bezeichnet die Modelle und die konkreten Komponenten eines Softwaresystems in ihrem statischen und dynamischen Zusam-*

*menspiel. Sie kann selbst als explizites Modell dargestellt werden. Eine Softwarearchitektur beschreibt ein konkretes System in seinem Anwendungskontext.” ([Zül98], S. 324)*

Während es in einer Modellarchitektur oft Alternativen gibt, welche Elemente der Architektur benutzt werden können, und wie sie verbunden werden können, wird in einer Softwarearchitektur genau festgelegt, welche Elemente im Softwaresystem existieren und wie sie verbunden sind. In einer Modellarchitektur sind die Elemente nach ihrem abstrakten, allgemeinen Zweck benannt. In einer Softwarearchitektur sind die Elemente nach ihrer Funktion im Anwendungskontext benannt.

Abbildung 2-1 zeigt die so gegebene Abstraktionshierarchie am Beispiel einer fiktiven Architektur. Die Abstraktionsebenen sind von links nach rechts angeordnet, vom Architekturstil über die Modellarchitektur und ein Rahmenwerk bis zur Softwarearchitektur.

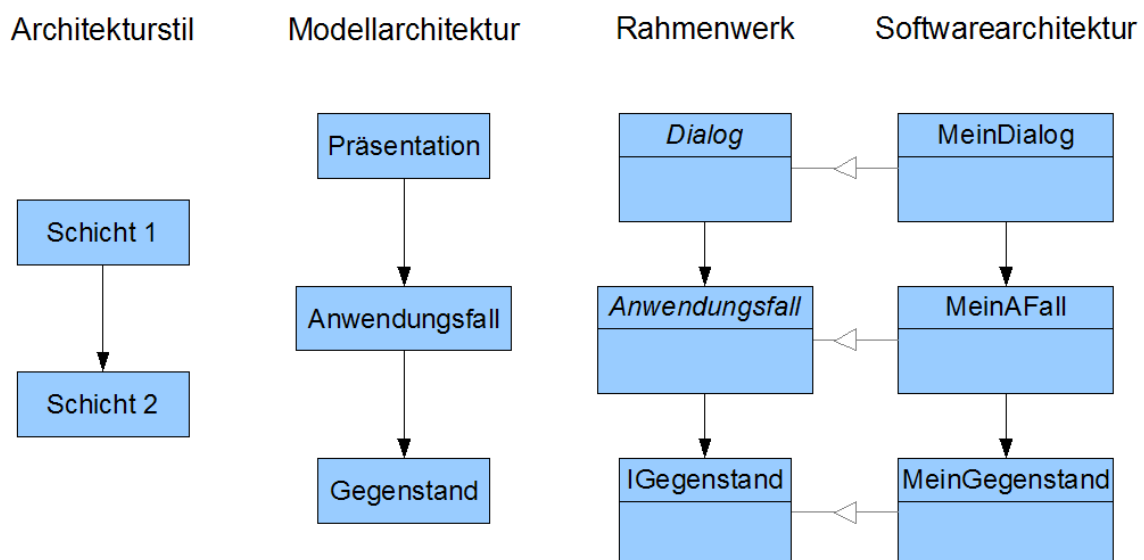


Abbildung 2-1: Abstraktionsebenen einer fiktiven Architektur

Die so gegebene Abstraktionshierarchie ist nur eine der möglichen Hierarchien, die in einer Architektur wichtig sein können. Weitere mögliche Hierarchien sind die Typhierarchie, die Vererbungshierarchie und die Kompositionshierarchie. Auf der Ebene der programmiersprachlichen Umsetzung, also auf den Ebenen eines Rahmenwerkes und einer Softwarearchitektur kann die Abstraktionshierarchie der Typhierarchie oder der Vererbungshierarchie entsprechen.

Eine Vererbungshierarchie oder eine Typhierarchie ist in der objektorientierten Softwareentwicklung eine Hierarchie von Strukturelementen, die unter Verwendung des Mechanismus der Vererbung gebildet wird. Bei einer Vererbungshierarchie steht das Erben von Attributen oder Methoden aus einer Basisklasse in einer abgeleiteten Klasse im Vordergrund. Bei einer Typhierarchie steht die Typisierung der Objekte im Vordergrund, zum Beispiel für ihre Verwendung als Parameter in Methoden.

## 2.1 Architektur

In einer Kompositionshierarchie wird ein übergeordnetes Ganzes in seine untergeordneten Bestandteile zerlegt. Zwischen den Elementen einer untergeordneten Ebene und den Elementen der ihr übergeordneten Ebene bestehen jeweils Teil-Ganzes-Relationen. Im Bereich der programmiersprachlichen Umsetzung können Kompositionshierarchien zum Beispiel in Java durch Packages gebildet werden.

Neben dem bisher betrachteten strukturorientierten Architekturverständnis kann auch das Vergegenständlichen von Konzepten als zentrales Anliegen einer Architektur betrachtet werden. Das Vergegenständlichen von Konzepten beschreibt zum einen eine Gegenrichtung zur bereits genannten Abstraktion. Durch das Vergegenständlichen abstrakter Konzepte entstehen konkrete Elemente auf einer darunter liegenden Abstraktionsebene.

Zum anderen bedeutet Vergegenständlichen von Architekturkonzepten aber auch, dass bewährte und benannte Konzepte auf allen Abstraktionsebenen Anhaltspunkte für eine sinnvolle Strukturierung bieten. Solche Konzepte werden spätestens beim Übergang von Architekturstil zu Modellarchitektur eingeführt und lassen sich in allen dann folgenden Abstraktionsebenen wiederfinden. Diese Aufteilung kann fachlich motiviert sein und organisiert eine Architektur „orthogonal“ zu den bereits genannten Hierarchien. Derart wichtige Konzepte einer Modellarchitektur werden häufig mit Metaphern benannt, zum Beispiel Werkzeug, Automat und Material der WAM-Modellarchitektur<sup>1</sup> oder Model, View und Controller aus MVC-Architekturen<sup>2</sup>.

Abbildung 2-2 zeigt diese Struktur anhand der aus Abbildung 2-1 bekannten fiktiven Architektur. Die im Bild gezeigten Konzepte der Modellarchitektur finden sich auch in den darunter liegenden Abstraktionsniveaus wieder.

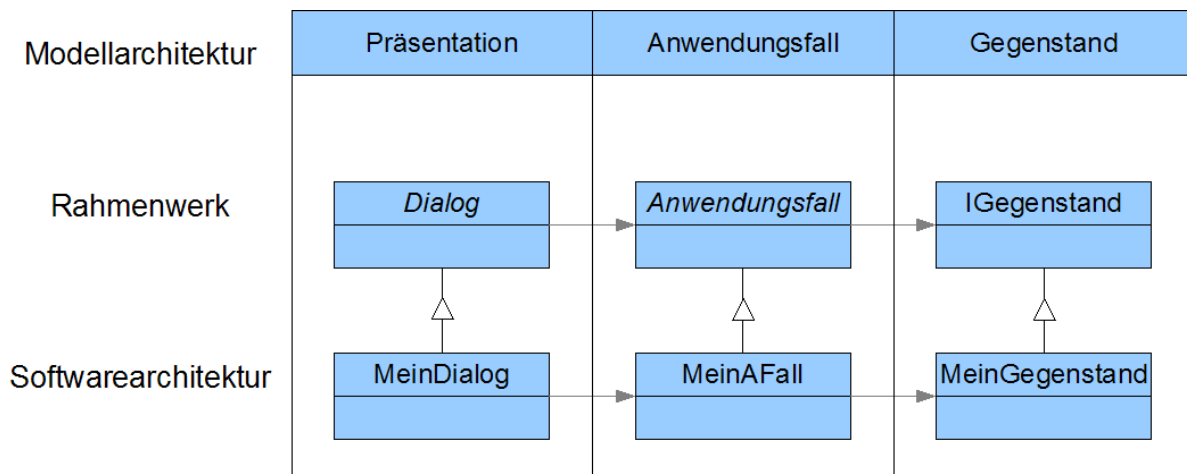


Abbildung 2-2: Vergegenständlichen von Architekturkonzepten

Grundsätzliche Eigenschaften und Funktionalität der vergegenständlichten Konzepte sind durch das Konzept selbst klar beschrieben, unabhängig vom Abstraktionsniveau. Wer das Konzept oder die beschreibende Metapher kennt, kann berechnete Annahmen über Eigen-

- 1 Eine genaue Beschreibung der WAM-Modellarchitektur findet sich im Objektorientierten Konstruktionshandbuch ([Zül98]).
- 2 Eine genaue Beschreibung der MVC-Architektur findet sich zum Beispiel in den Arbeiten von Reenskaug ([Ree79a] und [Ree79b]).



schaften und Funktionalität der daran beteiligten Elemente machen, auf jedem Abstraktionsniveau.

Architektur ermöglicht durch das Vergegenständlichen von Architekturkonzepten das Wiederfinden von konzeptuell und fachlich motivierten Elementen auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen, in unterschiedlichen Ausschnitten und mit unterschiedlichen Sichtweisen. Architektur erleichtert so das Verstehen eines Softwaresystems, das entsprechend der Architektur entwickelt wird.

## 2.2 Architektur im Entwicklungsprozess

Der letzte Abschnitt hat das in dieser Arbeit zugrunde liegende Architekturverständnis gezeigt. Dieser Abschnitt zeigt, wie Architektur im Entwicklungsprozess eingesetzt wird.

Da Architektur ein Softwaresystem in Strukturelemente gliedert, können Entwickler ihre Arbeit jeweils auf eine Auswahl dieser Strukturelemente beschränken. Sie müssen nicht das ganze System kennen, da sie ihre aktuell relevanten Strukturelemente in Bezug zum Softwaresystem als Ganzes auf einer Abstraktionsebene der Architektur diskutieren können. Durch Abstraktion und die dadurch erreichte Reduktion von Informationen werden Softwaresysteme überschaubar und handhabbar.

Architektur unterstützt Softwareentwickler dabei, ein Softwaresystem sinnvoll in Komponenten zu unterteilen. Diese Komponenten sind durch die Architektur so beschrieben, dass sie einzeln entwickelt und dann zu einem Ganzen zusammengesetzt werden können. Es ist notwendig, die Architektur zu dokumentieren, damit andere mit den Artefakten arbeiten können, die ein Entwickler erzeugt hat, und damit ein Entwickler selbst zu einem späteren Zeitpunkt seine Arbeit nachvollziehen kann.

*„Architecture is what makes the sets of parts work together as a successful whole. Architecture documentation is what tells developers how to make it so.“ ([Cle03], S.1)*

Nach Clements gibt es für dokumentierte Architektur drei wichtige Anwendungsbereiche im Softwareentwicklungsprozess ([Cle03], S. 10):

1. Dokumentierte Architektur dient der Ausbildung neuer Entwickler. Damit Entwickler im Sinne der Architektur einzelne Teile des Systems entwickeln oder Teile zu einem Ganzen zusammensetzen können, muss ihnen die Architektur bekannt sein. Die Dokumentation hilft ihnen, sich die erforderlichen Kenntnisse zu erarbeiten.
2. Dokumentierte Architektur liefert die Basis für die Kommunikation aller am Entwicklungsprozess Beteiligten. Die Beteiligten arbeiten in unterschiedlichen Rollen im Entwicklungsprozess, es gibt zum Beispiel Softwarearchitekten, Programmierer, Manager und noch einige andere. Architektur bietet allen Beteiligten eine gemeinsame Grundlage für die Kommunikation, da Architektur von den für einzelne Rollen spezifischen Details abstrahieren kann.
3. Dokumentierte Architektur liefert die Basis für Systemanalysen.

## 2.2 Architektur im Entwicklungsprozess

---

Bass benennt ganz ähnliche Aufgaben, die durch Architektur im Entwicklungsprozess unterstützt werden ([Bas03], S.26):

1. Kommunikation der Teilnehmer
2. Festhalten früher Designentscheidungen
3. Transfer der Abstraktion eines Systems

Auch Vogel zeigt ein Anwendungsmöglichkeit für Architektur im Entwicklungsprozess:

*Ein wichtiges Charakteristikum von Architektur ist, dass sie Komplexität überschaubar und handhabbar macht, indem sie nur die wesentlichen Aspekte eines Systems zeigt, ohne zu sehr in die Details zu gehen, und es so ermöglicht, in relativ kurzer Zeit einen Überblick zu einem System zu erlangen.“*  
([Vog05], S. 10)

Clements legt hier den Schwerpunkt auf die Dokumentation der Architektur. Bass legt den Schwerpunkt auf den Einsatz von Architektur im Entwicklungsprozess. Vogel konzentriert sich auf den Einsatz der Architektur als Grundlage für die Kommunikation.

Festzuhalten ist, dass Architektur nicht nur ein statisches Artefakt ist, das im Entwicklungsprozess erstellt wird. Architektur ist vielmehr auch ein im Entwicklungsprozess eingesetztes Mittel, das überall dort eingesetzt wird, wo Wissen über das Softwaresystem erzeugt oder transferiert wird.

## 2.3 Vermittelbarkeit von Architektur

Die Architektur muss den Entwicklern vermittelbar sein. Die Vermittelbarkeit der Architektur ist eine entscheidende Voraussetzung für Erfolg oder Misserfolg des Entwicklungsprozesses. Entwickler können nur so weit im Sinne der Architektur entwickeln, wie sie die Architektur verstanden haben. Vogel zeigt, weshalb Vermittelbarkeit ein entscheidendes Qualitätskriterium für Architektur ist:

*„Ein Architekt muss nicht nur eine Architektur entwerfen, sondern er muss sie ebenfalls den unterschiedlichen Interessenvertretern vermitteln. „Kommunizieren der Architektur“ hat somit das Ziel, den einzelnen Interessenvertretern (z. B. Projektleiter, Entwickler, Kunde etc.) ein möglichst gutes Verständnis der Architektur zu vermitteln. Dieses Verständnis ist dann wiederum Grundlage für die Tätigkeiten der einzelnen Interessenvertreter.“* ([Vog05], S. 276)

Für die verschiedenen Beteiligten am Entwicklungsprozess betrifft die Forderung nach Vermittelbarkeit verschiedene durch die Architektur definierte Elemente, von den kleinsten Einheiten bis hin zu den großen Strukturen. Bei den kleineren Einheiten ist Verständlichkeit als Voraussetzung für die Vermittelbarkeit ein anerkanntes Qualitätskriterium. So schreibt Meyer zum Beispiel über Verständlichkeit im modularen Entwurf:

*„A method favors Modular Understandability if it helps produce software in which a human reader can understand each module without having to know*

*the others, or, at worst, by having to examine only a few of the others.*“  
([Mey97], S. 43)

Auch für Strukturen größerer Granularität ist Vermittelbarkeit ein notwendiges Qualitätskriterium. Eine bereits erwähnte Möglichkeit, Vermittelbarkeit von Strukturen der Architektur zu gewährleisten, ist die Verwendung von griffigen Metaphern für wichtige Konzepte der Architektur. Das Vergegenständlichen von Architekturkonzepten erleichtert das Wiederfinden bekannter und benannter Konzepte auf jeder Ebene der Architektur. Es erleichtert das Verständnis und damit die Vermittelbarkeit.

Ein typisches Szenario für die Vermittlung einer Architektur ist ein Schulungskurs. In einem Schulungskurs werden die zu vermittelnden Inhalte in einzelne Schulungsinhalte aufgeteilt. Als Schulungsinhalt muss all das vermittelt werden, was eine Architektur ausmacht. Das sind die Strukturelemente der Architektur, die Beziehungen zwischen den Strukturelementen, die Regeln, nach denen sie in einer Struktur verknüpft werden und die Regeln, die den Umgang mit der Architektur beschreiben. Die Vermittelbarkeit der einzelnen Inhalte ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Vermittlung dieser Inhalte.



### 3 Forschungsgegenstand

Dieses Kapitel stellt die Hypothese dieser Arbeit vor und erläutert sie. Mit Hilfe einiger Forschungsfragen wird die Untersuchung der Hypothese in den nächsten Kapiteln veranschaulicht. Die Forschungsfragen stellen in den folgenden Kapiteln den Bezug zur Hypothese her.

Abschnitt 3.1 stellt die Hypothese der Arbeit vor und erläutert sie.

Abschnitt 3.2 stellt die Forschungsfragen vor, die sich aus der Hypothese ergeben. Die Forschungsfragen werden in den folgenden Kapiteln beantwortet.

#### 3.1 Hypothese

Sowohl Architektur als auch ein Vermittlungsprozess haben Strukturen. Schon in einer einfachen Gegenüberstellung der Strukturen werden Analogien zwischen den Strukturen deutlich. Wenn eine Architektur vermittelt werden soll, sollte es möglich sein, die Struktur des Vermittlungsprozesses von der Struktur der zu vermittelnden Architektur abzuleiten. Aus dieser Überlegung folgt die Hypothese:

**Die Struktur der Architektur bietet eine sinnvolle Grundlage für die Struktur des Vermittlungsprozesses. Aus den Regeln für die Struktur der Architektur lassen sich Regeln für die Struktur des Vermittlungsprozesses ableiten.**

Abbildung 3-1 veranschaulicht die Hypothese. Ist eine vorgegebene Architektur Gegenstand des Vermittlungsprozesses, dann gibt es bereits Elemente, Beziehungen, Regeln und Hierarchien der Architektur, die die Strukturen der Architektur ausmachen. Diese Teile der Architektur werden als Lerninhalte in den Vermittlungsprozess übernommen. Für einen vollständigen Vermittlungsprozess fehlt dann nur noch die Struktur, in der die Lerninhalte sinnvoll angeordnet sind.

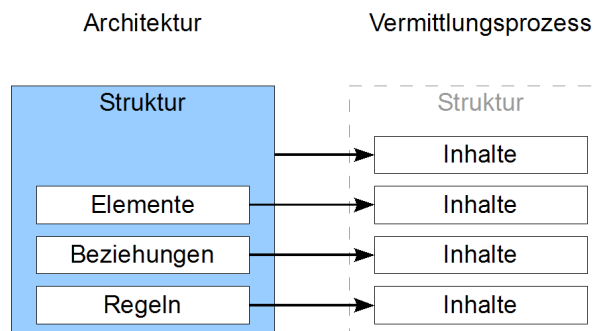


Abbildung 3-1: Architektur und Vermittlungsprozess

Nach der Hypothese liefert die Struktur der Architektur eine geeignete Grundlage, um daraus die Struktur des Vermittlungsprozesses aufzubauen. In den nächsten Kapiteln folgt eine Überprüfung, ob die Hypothese tatsächlich zutrifft und in welchen Grenzen sie zutrifft.

## 3.1 Hypothese

---

Mit Vermittlungsprozessen für Wissen im Allgemeinen beschäftigt sich als wissenschaftliche Disziplin die Didaktik. Eine erste, konzeptuelle Analyse in Kapitel 4 zieht Erkenntnisse der Didaktik zur Überprüfung der Hypothese heran. Die Analyse überprüft, wie ein Vermittlungsprozess für Architekturwissen nach didaktischen Regeln und Konzepten zu strukturieren ist, unter Berücksichtigung der Struktur der zu vermittelnden Architektur.

Eine zweite, empirische Analyse untersucht in Kapitel 5 Vermittlungsprozesse für Architekturwissen in der Praxis. Im Rahmen von Schulungskursen wird bereits Architekturwissen vermittelt. Die Analyse überprüft, wie Lehrende Architekturwissen für Schulungskurse strukturieren.

## 3.2 Forschungsfragen

Aus der Hypothese folgen die Forschungsfragen. Die Forschungsfragen dienen dazu, die mit der Hypothese verbundenen Fragestellungen zu veranschaulichen und deren Beantwortung in den Analysen der folgenden Kapitel zu dokumentieren. Die folgenden Kapitel werden Antworten auf die folgenden Forschungsfragen geben:

**Forschungsfrage 1 ( $Q_1$ ):** Wird die Struktur einer Architektur bei der Konzeption eines Vermittlungsprozesses berücksichtigt?

Diese Frage wird durch die folgenden zwei Fragen präzisiert:

$Q_{1.1}$ : Welche Strukturen einer Architektur werden bei der Konzeption eines Vermittlungsprozesses berücksichtigt?

$Q_{1.2}$ : Wie wird diese Struktur der Architektur bei der Konzeption eines Vermittlungsprozesses berücksichtigt?

**Forschungsfrage 2 ( $Q_2$ ):** Welche Analogien zwischen Strukturen einer Architektur und den Strukturen im dazugehörigen Vermittlungsprozess gibt es?

Diese Frage wird durch die folgende Frage präzisiert:

$Q_{2.1}$ : Welche Strukturen der Architektur lassen sich als Struktur im dazugehörigen Vermittlungsprozess wiederfinden?

**Forschungsfrage 3 ( $Q_3$ ):** Gibt es qualitative Unterschiede zwischen Vermittlungsprozessen, die sich an der Struktur der zu vermittelnden Architektur orientieren, und Vermittlungsprozessen, die das nicht tun?

Diese Frage wird durch die folgende Frage präzisiert:

$Q_{3.1}$ : Beeinflusst die Strukturähnlichkeit zwischen Architektur und Vermittlungsprozess die Qualität des Vermittlungsprozesses positiv?

## 4 Konzeptuelle Überprüfung der Hypothese

Mit Vermittlungsprozessen für Wissen im Allgemeinen beschäftigt sich als wissenschaftliche Disziplin die Didaktik. Die konzeptuelle Analyse nutzt Erkenntnisse der Didaktik zur Überprüfung der Hypothese.

Die Analyse überprüft, wie ein Vermittlungsprozess abläuft, wie Inhalte vermittelt werden und zuletzt, wie Inhalte unter didaktischen Gesichtspunkten optimal strukturiert angeboten werden. Dabei berücksichtigt die Analyse die speziellen Eigenschaften von Architekturwissen als zu vermittelndem Inhalt und prüft, inwieweit sich Strukturen einer Architektur in einem Vermittlungsprozess wiederfinden lassen.

Abschnitt 4.1 stellt das Thema Didaktik vor und zeigt, welche Bedeutung Didaktik im Zusammenhang mit der Vermittlung von Architektur hat.

Abschnitt 4.2 zeigt, wie ein Vermittlungsprozess für ein bestimmtes Thema gestaltet wird.

Abschnitt 4.3 fasst die Ergebnisse der vorangegangenen Abschnitte kurz zusammen und setzt sie in Bezug zur These und zu den Forschungsfragen.

### 4.1 Didaktik und Methodik

Es gibt viele verschiedene Ansichten, was *Didaktik* ist und ebenso viele Definitionen. Klafki fasst die wichtigsten Definitionen stellvertretend für die verschiedenen Richtungen der Didaktik zusammen:

1. „*Didaktik wird hier verstanden als Wissenschaft vom Lehren und Lernen in allen Formen und auf allen Stufen*“ ([Kla70], S. 64). Diese Definition des Begriffs Didaktik ist sehr umfassend, sie ist allerdings auch wenig präzise.
2. „*Die zweite Begriffsfassung versteht Didaktik als Theorie des Unterrichts*“ ([Kla70], S. 65). Didaktik in diesem Sinne befasst sich mit allen am Unterrichtsgeschehen beteiligten Faktoren, insbesondere mit der Motivation der Schüler. Das Ziel ist, eine Theorie zu liefern, die Lehrer bei der Unterrichtsplanung und Unterrichtsgestaltung unterstützt.
3. Eine dritte Richtung versteht „*Didaktik als Theorie der Bildungsinhalte und des Lehrplans*“ ([Kla70], S.66). Diese Richtung grenzt den Begriff Didaktik ein auf die Auswahl von Bildungsinhalten unter anderem auch unter gesellschaftlichen Zielvorstellungen. Der Bereich der Methodik wird hier nicht behandelt.
4. „*Didaktik als Theorie optimalen Lehrens und Lernens [...] als Theorie der Steuerung von Lehr- und Lernprozessen*“ ([Kla70], S.67). Diese Definition der Didaktik orientiert sich an der Kybernetik, und dort vor allem an der Informationspsychologie. Informationspsychologie beschäftigt sich mit den Vorgängen, durch die organische oder psychische Systeme Informationen aufnehmen, speichern und verarbeiten.

Didaktik in diesem Sinne beschränkt sich vor allem darauf, zu untersuchen, wie Inhalte präzise zu formulieren und in eine für den Lernvorgang zweckmäßige Anordnung zu bringen sind (siehe auch „*Ökonomik der Vermittlung*“ nach Theodor Wilhelm, [Wil69], S.276). Die Inhalte werden als gegeben angenommen.

Die erste Definition des Begriffs Didaktik ist sehr umfassend. Sie ist allerdings auch wenig präzise und bei der Überprüfung der Hypothese nicht weiter hilfreich.

Der Unterrichtsaspekt der zweiten Definition ist nur in einem schulischen Kontext relevant. Bei der Vermittlung von Architekturwissen spielt die für den Kontext der Schule spezifische Motivation der Schüler nur eine untergeordnete Rolle. Da Schulungen für Architekturwissen in einem professionellen oder kommerziellen Rahmen stattfinden, kann eine ausreichende Motivation der Teilnehmer unterstellt werden.

Der Bildungsaspekt der dritten Definition trifft bei der Vermittlung von Architekturwissen nicht zu. Es geht bei der Vermittlung von Architekturwissen ausschließlich darum, konkrete und bereits strukturierte Inhalte zu vermitteln, nämlich das Wissen über eine bestimmte Architektur. Eine Auswahl der Inhalte findet nicht statt, die Inhalte sind durch die bestimmte Architektur vorgegeben.

Die vierte Definition ist in den Erziehungswissenschaften umstritten, da sich Didaktik nach dieser Definition sehr mit Details beschäftigt und die Frage nach prinzipiellen Lernzielen und Inhalten ausklammert. Im Kontext der Vermittlung von Architekturwissen in der Softwareentwicklung ist sie dennoch aus mehreren Gründen zutreffend. Nach dieser Definition ist die Aufgabe der Didaktik, eine optimale Vermittlung der Inhalte zu finden. Bei der Gestaltung von Vermittlungsprozessen zur Vermittlung von Architekturwissen werden die Präzisierung von Inhalten und deren Anordnung im Vermittlungsprozess die wesentlichen Aufgaben sein.

Neben der Frage nach den Inhalten gibt es auch die Frage nach den Methoden im Vermittlungsprozess. Während sich die Didaktik vor allem damit beschäftigt, was vermittelt wird oder vermittelt werden soll, beschäftigt sich die Methodik mit der Frage, wie etwas vermittelt wird oder vermittelt werden soll.

*„Methodik ist also jene Teildisziplin [...], die sich mit den pädagogischen Verfahrensweisen beschäftigt.“* ([Kla70], S. 129)

In der Methodik geht es darum, unter didaktischen Gesichtspunkten gewählte Lehr- oder Lerninhalte in geeigneter Weise zu vermitteln. Die Trennung der Methodik zur Didaktik bleibt unscharf, da in der Didaktik bereits Fragen der Methodik vorweggenommen werden. Das gilt besonders beim bereits genannten Didaktikverständnis der „Didaktik als Theorie des optimalen Lehrens und Lernens“, da dort das formulierte Ziel der Optimierung der Vermittlung mit Mitteln der Methodik erreicht werden soll. Für den Zusammenhang zwischen Inhalt und Methode gibt es verschiedene Ansichten, die Meyer übersichtlich zusammenfasst:

1. „*Der Inhalt bestimmt die Methode*“ ([Mey94], S. 72). Dieses Methodenverständnis wird als *Abbild-Didaktik* bezeichnet oder treffender als *Abbild-Methodik*. Es setzt extern produzierte Inhalte voraus, die im Vermittlungsprozess an die Lernenden weitergegeben werden.



2. „Die Methode des Unterrichts bestimmt den Inhalt“ ([Mey94], S. 75). Dieses Methodenverständnis impliziert, dass die Inhalte beliebig sind, nur die Methode bestimmt, welche Fähigkeiten ein Lernender erwirbt. Unabhängig von den Inhalten werden Kompetenzen, Einstellungen, Fähigkeiten und Fertigkeiten vermittelt. Diese Methode setzt voraus, dass sich erworbene Fähigkeiten von einem Inhalt auf einen beliebigen anderen übertragen lassen.
3. „Unterrichtsinhalte und Unterrichtsmethoden stehen in Wechselwirkung miteinander“ ([Mey94], S. 77). Dieses Methodenverständnis baut auf einem konstruktivistischen Ansatz auf. Die Inhalte werden durch methodisches Handeln aller Beteiligten hergestellt. Diese Inhalte im Unterricht beziehen sich auf außerhalb des Unterrichts existierende Inhalte.

Die Methodik der Vermittlung von Architekturwissen wird durch das erstgenannte Methodenverständnis, die Abbild-Didaktik, schon weitgehend beschrieben. Die Architektur als zu vermittelnder Inhalt wird extern produziert und danach vermittelt. Hier bleibt die Anordnung der Inhalte als einzige wesentliche Gestaltungsmöglichkeit.

Die nach den anderen Methodenverständnissen zusätzlich zu den Inhalten entstehenden Kompetenzen, Fähigkeiten und Fertigkeiten existieren bei der Vermittlung von Architekturwissen nicht. Kompetenzen, Fähigkeiten und Fertigkeiten beziehen sich hier immer direkt auf die Inhalte selbst. In der Vermittlung von Architekturwissen wird zusätzlich zu jedem Inhalt nur die Fähigkeit vermittelt, diesen Inhalt bei der Entwicklung eines Softwaresystems einzusetzen.

Auch die Methoden selbst, mit denen Wissen vermittelt werden kann, werden von Meyer als *Inszenierungsmuster* klassifiziert. Der Begriff Inszenierungsmuster verdeutlicht, dass die Inhalte von allen Beteiligten gemeinsam erzeugt werden, als Ergebnis von an vorgegebenen Inhalten orientierter Arbeit, Interaktion und Kommunikation. Es gibt folgende Inszenierungsmuster ([Mey94], S. 81ff):

1. „Museumsbesichtigung“. Die Inhalte werden sinnvoll aufbereitet präsentiert.
2. „Lern-Werkstatt“. Die Inhalte werden durch das Handeln der Lernenden erarbeitet, durch Produzieren, Experimentieren, Vergleichen und Organisieren.
3. „Industrialisiert“. Die Inhalte werden in einem bis ins Detail genormten Prozess vermittelt.
4. „Expedition“. Das Thema wird nur sehr grob vorgegeben, die Aktionen der Lernenden bestimmen letztendlich die Inhalte.
5. „Drama“. Die Lernenden übernehmen Rollen, die durch das Thema vorgegeben sind. Es werden weniger Inhalte vermittelt, die Teilnehmer erwerben eher Fähigkeiten und Kompetenzen.

Bei der Vermittlung von Architekturwissen kommen vor allem die ersten beiden genannten Inszenierungsmuster zum Einsatz. Der im nächsten Kapitel vorgestellte Schulungskurs ist ein typisches Beispiel für die Vermittlung von Architekturwissen mit diesen beiden Inszenierungsmustern (siehe auch Abschnitt 4.1). Diese beiden Inszenierungsmuster finden sich auch häufig in Vorlesungen mit begleitenden Übungen im universitären Kontext.

Das erste Inszenierungsmuster „Museumsbesichtigung“ entspricht den bekannten Präsentationen, in denen ein Vortragender den Zuhörern Wissen anbietet. Das zweite Inszenierungsmuster „Lern-Werkstatt“ entspricht den Übungen, die häufig ergänzend zu Vorträgen angeboten werden.

Das dritte Inszenierungsmuster „Industrialisiert“ greift bei der Vermittlung von Architekturwissen nicht, da es sich vor allem für weniger anspruchsvolle Themen und größere Mengen einfach strukturierter Wissens eignet (zum Beispiel für den theoretischen Teil der Führerscheinprüfung). Das vierte und das fünfte Inszenierungsmuster „Expedition“ und „Drama“ eignen sich nicht, da mit ihnen in erster Linie nicht extern produzierte Inhalte vermittelt werden, sondern Inhalte im Vermittlungsprozess erzeugt werden.

## 4.2 Sequenzierung von Lerninhalten

Die durch die zu vermittelnde Architektur vorgegebenen Inhalte müssen in eine für den Vermittlungsprozess sinnvolle Anordnung gebracht werden. Schnotz beschreibt diese *Sequenzierung von Lerninhalten* folgendermaßen:

*„Die Sequenzierung von Lehrinhalten kann nicht nach einem feststehenden Rezept vorgenommen werden, sondern verlangt ein Abwägen mehrerer Aspekte. Jeder dieser Aspekte schränkt die Zahl der Sequenzierungsmöglichkeiten ein. Berücksichtigt man alle relevanten Aspekte, so bleiben im günstigen Fall nur wenige Möglichkeiten oder gar nur eine Sequenzierungsvariante übrig.“* ([Sch01])

Nach Schnotz gibt es mehrere Orientierungspunkte, nach denen Sequenzierungsentscheidungen getroffen werden können ([Sch01]):

1. Die Lernhierarchie. Die einzelnen Inhalte sind so anzuordnen, dass die vorangegangenen Inhalte die notwendigen Vorkenntnisse für die folgenden Inhalte vermitteln. Daraus folgt ein sehr einfaches und universell anwendbares Prinzip der Sequenzierung, die Anordnung vom Einfachen zum Komplexen. Die Attribute *einfach* und *komplex* bezeichnen hier weniger die dargestellten Sachverhalte als vielmehr die zum Verständnis notwendigen kognitiven Fähigkeiten.
2. Problemlösen. Diese Sequenzierung folgt der Logik beim Lösen eines Problems. Es wird erst das Problem gezeigt, dann wird die Lösung gesucht. Da Problem und Lösung frei gewählt werden können, gibt es zwei gegensätzliche Möglichkeiten, Inhalte anzuordnen: *induktiv*, von Beobachtungen zu Verallgemeinerungen, oder *deduktiv*, von Theorien und Hypothesen ausgehend zu deren Überprüfung.
3. Die Wissensstruktur: Die Sequenzierung findet auf Basis der Struktur der Inhalte statt. Es gibt dabei mehrere verschiedene Möglichkeiten, die Struktur der zu vermittelnden Inhalte auf die Sequenz der Inhalte abzubilden:
  - a) Die *realitätsorientierte Sequenzierung* bietet sich an, wenn den Inhalten räumlich oder zeitlich anzuordnende Dinge entsprechen.

- b) Die *konzeptorientierte Sequenzierung* bietet sich an, wenn eine systematische Ordnung von Inhalten im Vordergrund steht.
- c) Die *gebrauchsorientierte Sequenzierung* bietet sich an, wenn die zeitliche Abfolge von Handlungen im Vordergrund steht.
- d) Die *relevanzorientierte Sequenzierung* bietet sich an, wenn einzelne Inhalte deutlich wichtiger sind als andere.
- e) In der *elaborativen Sequenzierung* werden Inhalte zunächst grob in Überblicken behandelt und dann zunehmend detailliertere Ausschnitte betrachtet.

Wenn Architekturwissen vermittelt werden soll, sind die Ansätze zur Sequenzierung unterschiedlich hilfreich. In der Lernhierarchie (1) werden Inhalte vom Einfachen zum Komplexen angeordnet. Eine Analogie in der Struktur einer Architektur zu dieser Anordnung ist die Anordnung vom Abstrakten zum Konkreten. Das Abstrakte liefert zumindest einen Teil der für das Verständnis des Konkreten notwendigen Wissens. Eine weitere als Grundlage denkbare Struktur einer Architektur ist die Komplexionshierarchie<sup>3</sup>. Die in der Komplexionshierarchie beschriebene Anordnung in Teile und Ganzes ermöglicht es, erst einen einfachen Überblick über das Ganze zu geben und danach erst das komplexe Zusammenspiel der Teile zu behandeln.

Die Sequenzierung in Problem und Lösung (2) ist ein sehr etabliertes Konzept (siehe zum Beispiel [Aeb71], S. 69ff oder [Hub04], S. 67ff). Die Sequenzierung in Problem und Lösung beschreibt eher die Anordnung innerhalb eines Lehrinhalts und eignet sich weniger, um umfassendere Ausschnitte des Architekturwissens in Lerninhalten anzuordnen. Die Anordnung in Problem und Lösung liefert eine geeignete Motivation für Übungsaufgaben und sie ist gut geeignet, um einzelne kleinere Ausschnitte einer Architektur zu erklären. Entwurfsmuster lassen sich beispielsweise durch Teachlets<sup>4</sup> in so einer Anordnung der Lerninhalte vermitteln.

Die Sequenzierung auf Basis der Wissensstruktur (3) bietet sich bei der Vermittlung von Architekturwissen an, da Architektur vor allem Strukturen beschreibt und auch selbst klar strukturiert ist.

*„Ein wesentlicher Gesichtspunkt für die Sequenzierung von Lehrinhalten sind die Struktureigenschaften dieser Inhalte“ ([Sch01]).*

Architektur bietet durch Abstraktionshierarchien und Vererbungshierarchien oder Komplexionshierarchien systematische Ordnungen als Grundlage für eine konzeptorientierte Sequenzierung (3b). Im Fall der Vermittlung einer Architektur lässt sich die realitätsorientierte Sequenzierung (3a) nur schwer von der konzeptorientierten Sequenzierung abgrenzen, weil die Eigenschaften einer Architektur, die etwa einer topologischen Ordnung am nächsten kom-

---

3 Der Begriff „Komplexionshierarchie“ hat seinen Ursprung in der pädagogischen Psychologie (siehe zum Beispiel [Sch01]). Komplexion unterscheidet sich von der softwaretechnischen Komposition dadurch, dass hier Teil und Ganzes immer auf verschiedenen Ebenen liegen. Bei der Komposition hingegen können Teil und Ganzes auch auf einer Ebene liegen, zum Beispiel bei der Objekttaggregation.

4 Teachlets sind eine Methode, um Entwurfsmuster zu vermitteln. Anhand von ausführbarem Quelltext wird ein Problem interaktiv und gemeinsam von Lernenden und Lehrenden gelöst (siehe [Sch05a], S. 332ff oder [Sch05b]).

## 4.2 Sequenzierung von Lerninhalten

---

men, genau die konzeptuell bedingten Strukturen sind, die auch Grundlage der konzeptorientierten Sequenzierung sind.

Das Vergegenständlichen von Architekturkonzepten liefert die strukturelle Grundlage für eine gebrauchtorientierte oder relevanzorientierte Sequenzierung (3c, 3d). In einer Architektur werden genau die Konzepte vergegenständlicht, die zur ersten groben Aufteilung eines Softwaresystems führen, und die zum Beispiel durch griffige Metaphern das Verständnis der Strukturierung der Architektur erleichtern. Diese Konzepte stehen an erster Stelle in einer gebrauchtorientierten oder relevanzorientierten Sequenzierung.

Eine Abstraktionshierarchie oder Komplexionshierarchie bietet auch eine Grundlage für die elaborative Sequenzierung (3e). Bei der elaborativen Sequenzierung werden die Inhalte vom Einfachen zum Komplexen angeordnet. In Architekturen entspricht dieser Anordnung die Abstraktionshierarchie mit der Ordnung vom Abstrakten zum Konkreten, da die höheren Abstraktionsniveaus von den Details der niedrigeren Niveaus abstrahieren. Oder ihr entspricht die Komplexionshierarchie mit der Ordnung vom Ganzen zu den Teilen. Hier gibt es erst einen einfachen Überblick über das Ganze und danach erst eine komplexere Detailansicht der Teile.

Der Abstraktionshierarchie kann im Bereich der programmiersprachlichen Umsetzung eine Vererbungshierarchie oder eine Typhierarchie entsprechen. In allen Sequenzierungen, in denen eine Abstraktionshierarchie geeignete Grundlage ist, kann im Bereich der programmiersprachlichen Umsetzung auch eine Typhierarchie oder Vererbungshierarchie ein geeigneter Orientierungspunkt für Sequenzierungsentscheidungen sein.

Unterschiedlichen Architekturen liegen unterschiedliche Schwerpunkte bei ihrer Strukturierung zugrunde. Deshalb sind unterschiedliche Architekturen unterschiedlich gut als Grundlage für die verschiedenen Sequenzierungsarten geeignet. Bei technisch motivierten Architekturen, in denen etwa Typhierarchien und Abstraktionshierarchien im Vordergrund stehen, wird eher eine realitätsorientierte oder konzeptorientierte Sequenzierung Anwendung finden. Bei anwendungsfachlich motivierten Architekturen, in denen das Vergegenständlichen von Architekturkonzepten im Vordergrund steht, wird eher eine gebrauchtorientierte oder relevanzorientierte Sequenzierung Anwendung finden.

## 4.3 Zusammenfassung und Diskussion der konzeptuellen Analyse

Diese Zusammenfassung zeigt, welche der Forschungsfragen in der konzeptuellen Analyse in diesem Kapitel beantwortet wurden, und sie fasst die gefundenen Antworten zusammen.

Die konzeptuelle Überprüfung der Hypothese untersucht vor allem die Forschungsfragen  $Q_1$ ,  $Q_2$  und  $Q_{2.1}$ . Die Fragen  $Q_{1.1}$  und  $Q_{1.2}$  und die Fragen nach der Qualität  $Q_3$  und  $Q_{3.1}$  werden im nächsten Kapitel in der empirischen Analyse beantwortet.

**Forschungsfrage 1 ( $Q_1$ ):** Wird die Struktur einer Architektur bei der Konzeption eines Vermittlungsprozesses berücksichtigt?

Die konzeptuelle Analyse zeigt, dass die Strukturen einer Architektur eine geeignete Grundlage für die Strukturierung eines Vermittlungsprozesses sind, in dem diese Architektur vermittelt wird. Die von Schnotz ([Sch01]) genannte Wissensstruktur als möglicher Orientierungspunkt für Sequenzierungsentscheidungen bedeutet, dass jeder strukturierte Inhalt eine geeignete Grundlage für die Strukturierung eines Vermittlungsprozesses ist. Das gilt umso mehr, je umfassender und klarer strukturiert ein zu vermittelnder Inhalt ist. Da Architekturen besonders umfassend und klar strukturiert sind, sind die Strukturen einer Architektur besonders gut geeignet als Grundlage zur Strukturierung des Vermittlungsprozesses.

**Forschungsfrage 2 ( $Q_2$ ):** Welche Analogien zwischen Strukturen einer Architektur und den Strukturen im dazugehörigen Vermittlungsprozess gibt es?

Diese Frage wird durch die folgende Frage präzisiert:

**$Q_{2.1}$ :** Welche Strukturen der Architektur lassen sich als Struktur im dazugehörigen Vermittlungsprozess wiederfinden?

Architekturen liefern eine Vielzahl unterschiedlicher Strukturen. Die verschiedenen Strukturen einer Architektur sind alle geeignet als Grundlage für die Strukturierung des Vermittlungsprozesses. Besonders geeignet sind Abstraktionshierarchien und die Aufteilung als Folge des Vergegenständlichens von Architekturkonzepten. Die Abstraktionshierarchie kann eine besonders umfassende Struktur der Architektur sein, die auf den Ebenen der programmiersprachlichen Umsetzung weitere Hierarchien wie die Typhierarchie oder die Vererbungshierarchie mit einschließen kann. Die Strukturierung als Folge des Vergegenständlichens von Architekturkonzepten ist auch eine umfassende Struktur. Die Konzepte sollen auf allen Ebenen der Architektur wieder erkennbar sein. Die zu vergegenständlichen Konzepte werden so gewählt, dass sie die Verständlichkeit der Architektur fördern. Sie sind in einem Vermittlungsprozess, der die Verständlichkeit des zu vermittelnden Inhalts voraussetzen muss, besonders als Grundlage für die Strukturierung des Vermittlungsprozesses geeignet. Welche Struktur letztendlich die wichtigeren Orientierungspunkte für Sequenzierungsentscheidungen liefert, hängt von der Architektur ab, da unterschiedliche Architekturen die Schwerpunkte bezüglich der in ihnen zu findenden Strukturen auch unterschiedlich setzen.

Es bleibt die Frage, ob die in der konzeptuellen Untersuchung gewonnenen Ergebnisse auch in der Praxis Relevanz haben. Das nächste Kapitel geht dieser Frage nach.



## 5 Empirische Überprüfung der Hypothese

Die empirische Überprüfung der Hypothese in diesem Kapitel untersucht die mit der Hypothese verbundenen Fragen in der Praxis. Gegenstand des ersten Teils der Analyse sind Interviews mit mehreren Lehrenden, die Architektur und verwandte Themen der Softwaretechnik schulen. Das Ziel dieses ersten Teils der Analyse ist, einen Bezug zwischen der Struktur der Inhalte und der Struktur des Vermittlungsprozesses zu finden. Der zweite Teil der Analyse befasst sich mit Fragebögen an Lernende und Interviews mit Lernenden, die Teilnehmer einer Schulung waren. Das Ziel dieses zweiten Teils der Analyse ist, einen Bezug zwischen der Struktur eines Vermittlungsprozesses und der Qualität der Vermittlung zu finden.

Abschnitt 5.1 befasst sich mit Interviews mit Lehrenden.

Abschnitt 5.2 befasst sich mit Interviews mit Lernenden und mit Fragebögen für Lernende in einem Beispielschulungskurs.

Abschnitt 5.3 fasst die Ergebnisse noch einmal übersichtlich zusammen.

### 5.1 Interviews mit Lehrenden

Die Überprüfung der Hypothese in diesem Abschnitt basiert auf Interviews mit Lehrenden, die Architektur und verwandte Themen der Softwaretechnik schulen. Die Interviews sollen Antworten auf zwei Fragen liefern.

Das ist zum einen die Frage, wie Lehrende Schulungskurse bzw. Vermittlungsprozesse konzipieren. Hier interessiert besonders, ob die Struktur eines zu vermittelnden Inhaltes und insbesondere die Struktur einer Architektur bei der Konzeption eines Vermittlungsprozesses eine Rolle spielt ( $Q_1$ ,  $Q_{1.1}$ ,  $Q_{1.2}$ ).

Die zweite Frage ist, wie die Struktur eines Vermittlungsprozesses in einer typischen Schulung aussieht und ob diese Struktur auch typisch ist für Schulungen, in denen die Vermittlung von Architekturwissen im Mittelpunkt steht. Hier interessiert besonders, ob die Struktur einer Architektur sich in der resultierenden Struktur des Vermittlungsprozesses wiederfinden lässt ( $Q_2$ ,  $Q_{2.1}$ ).

Die Interviewpartner in den folgenden Interviews sind vier Lehrende, die alle für eine Firma tätig sind oder waren, die unter anderem professionelle Schulungen zu verschiedenen Themen der Softwaretechnik anbietet. Der zweite interviewte Lehrende schult aktuell nicht mehr im kommerziellen Umfeld, sondern an einer Universität. Die Interviews mit den Lehrenden befassen sich nicht nur mit Schulungen, in denen Architekturthemen im Mittelpunkt stehen, sondern jeweils auch mit Themen, die aktuell in Schulungen der Lehrenden wichtig sind.

Die Interviews basieren auf einem semistrukturierten Interviewleitfaden. Die Fragen lassen sich drei verschiedenen Teilen zuordnen: Fragen zum typischen Schulungskontext des Lehrenden, Fragen zur Konzeption von Schulungen und Fragen zur daraus resultierenden Struk-

tur des Vermittlungsprozesses. In den Interviews lassen sich die Antworten nicht mehr einzelnen Fragen zuordnen. Die Fragen sind deshalb im Folgenden nicht extra aufgeführt.

Die Interviews haben jeweils in Form einer persönlichen Befragung stattgefunden, mit einer Dauer von jeweils etwa 90 Minuten. Die Aussagen der Interviewpartner wurden in einer einfachen Niederschrift des Gesprächs festgehalten. Die folgenden Zusammenfassungen der Interviews geben die Aussagen der Interviewpartner wieder.

### 5.1.1 Interview 1

Der Lehrende im ersten Interview führt einen Schulungskurses durch, der im Folgenden als Beispielschulungskurs noch Gegenstand weiterer Analysen sein wird. Das erste Interview unterscheidet sich von den anderen Interviews dadurch, dass es sich sehr auf diesen einen Schulungskurs bezieht. Die folgende Zusammenfassung des Interviews umfasst nur die Aussagen, die nicht spezifisch für den Beispielschulungskurs sind. Aussagen, die nur im Kontext des Beispielschulungskurses sinnvoll sind, werden in einem späteren Abschnitt zusammengefasst, in dem der Beispielschulungskurs selbst das Thema ist.

Der hier betrachtete Schulungskurs findet in einem kommerziellen und professionellem Kontext statt. Der Schulungskurs behandelt viele verschiedene Themen der Softwaretechnik. Die Teilnehmer des Schulungskurses sind vor allem Softwareentwickler, die die vermittelten Kenntnisse zukünftig einsetzen sollen. Begleitend zum Schulungskurs entwickeln Lehrende und Lernende den Prototypen eines Softwaresystems, der nach der Schulung von den geschulten Mitarbeitern weiterentwickelt werden soll und dessen hier entwickelte Architektur Grundlage weiterer zu entwickelnder Softwaresysteme sein soll.

Das Konzipieren dieses Schulungskurses folgt der selben Vorgehensweise wie das Konzipieren aller Schulungskurse. Es gibt ein Folienarchiv, in dem es in der Regel bereits Folien zum aktuell zu gestaltenden Thema gibt. Aus diesen Folien werden einige ausgewählt, gegebenenfalls angepasst und zu einem neuen Foliensatz zusammengestellt. Der resultierende Foliensatz wird wieder Teil des Folienarchivs, dadurch ändern sich Inhalte und Struktur eines Foliensatzes im Archiv im Lauf der Zeit.

Die Änderungen am Schulungskurs sind Ausdruck sich ändernder Rahmenbedingungen für den Schulungskurs, zum Beispiel des gewünschten Umfangs, und sie sind Ausdruck der Erfahrungen, die ein Lehrender sammelt.

Es gibt eine Standardvorgehensweise für Schulungen, die sich bewährt hat, und die sich in den Folien aus dem Folienarchiv manifestiert hat:

1. Begrüßung. Dieser Teil der Schulung umfasst die Vorstellung der Teilnehmer, einen groben Zeitplan und einige formale Punkte ohne Bezug zu den Inhalten und Themen des Schulungskurses.
2. Ziele. Hier werden die Themen des Schulungskurses kurz benannt. Anhand einer Gliederung wird der Zeitplan präzisiert.



3. Wiederholung. Falls dem Schulungskurs eine andere Schulung mit verwandten Themen voraus ging, werden diese Themen hier kurz wiederholt. Andernfalls entfällt dieser Punkt.
4. Präsentation. In diesem Teil der Schulung werden auf Folien die zu vermittelnden Inhalte präsentiert. Hat die Schulung mehrere Themen, dann gibt es für jedes Thema eine eigene Präsentation.
5. Übung. In diesem Teil bekommen die Teilnehmer eine Übungsaufgabe, in der sie die in der vorangegangenen Präsentation gelernten Inhalte in der Praxis anwenden sollen. Die gelernten Inhalte werden so gefestigt, außerdem hat der Lehrende hier die Möglichkeit, den Lernerfolg zu kontrollieren. Hat die Schulung mehrere Themen, dann gibt es für jedes Thema eine eigene Übungsaufgabe, die auf die Präsentation zu dem Thema folgt.
6. Feedback. Am Ende des Kurses haben die Teilnehmer die Möglichkeit, Feedback abzugeben. Das Feedback gibt dem Lehrenden Hinweise, wie der Schulungskurs in einer möglichen weiteren Iteration gegebenenfalls verbessert werden kann.

Je nach Zielgruppe kann es notwendig sein, die Aufteilung der Themen anzupassen. Je fortgeschrittener die Teilnehmer sind, desto ausführlicher können die Präsentationen zu einzelnen Themen sein. Sind die Teilnehmer weniger fortgeschritten, dürfen nur wenige Inhalte in einer Präsentation gezeigt werden, bevor das Gelernte in einer Übung gefestigt wird. Präsentation und Übung sollten zeitlich etwa im Verhältnis 1 : 2 stehen. In langfristig angelegten Schulungen liegt in den ersten Terminen der Schwerpunkt auf der Präsentation, gegen Ende gibt es fast ausschließlich Übungen. Das Verhältnis von 1 : 2 wird dann ungefähr im Durchschnitt aller Schulungstermine erreicht.

Die zu vermittelnden Inhalte und deren Aufteilung stammen in der Regel auch aus dem Folienarchiv. Sie sind fast immer vom Abstrakten zum Konkreten hin angeordnet, wenn sie sich denn so anordnen lassen. Das gilt sowohl für die Themen innerhalb des Schulungskurses, als auch die Teilschritte innerhalb der einzelnen Themen. Grundlage dieser Anordnung ist nicht eine definierte Abstraktionshierarchie einer zu vermittelnden Architektur, sondern nur die Erfahrung, dass es besser ist, erst ein abstraktes Konzept zu schulen und dann die konkrete Umsetzung. Die resultierende Struktur im Vermittlungsprozess kann einer Abstraktionshierarchie einer zu vermittelnden Architektur ähnlich sein, das muss sie aber nicht zwingend.

Die Inhalte sind so zugeschnitten und angeordnet, dass alle Teilnehmer in jedem behandelten Thema mindestens eine gemeinsame Grundlage an Vorkenntnisse aus vorangegangenen Themen haben. Am Ende der Behandlung jeden Themas müssen Lösungen präsentiert werden, damit alle Teilnehmer den Inhalt des Themas verstanden haben. Im nächsten Thema sind diese Inhalte Grundlage für das Verständnis und ihre Kenntnis muss bei allen Teilnehmern vorausgesetzt werden können. Dadurch entsteht eine Hierarchie aufeinander aufbauender Inhalte.

Obwohl der jeweils nächste Schritt in dieser Hierarchie den Inhalt des aktuellen Schrittes konkretisiert, liefert er in der Regel kein geeignetes Beispiel, um den Inhalt des aktuellen Schrittes zu veranschaulichen. Stattdessen stammen die Beispiele entweder aus dem Kontext der Schulungsteilnehmer oder sie sind Standardbeispiele aus dem Folienarchiv. Diese Bei-

spiele begleiten den Schulungskurs durch so viele Themen wie möglich. Beispiele aus dem Kontext der Kursteilnehmer hätten den Vorteil, dass den Teilnehmern die fachlichen Aspekte des Beispiels geläufig sind. Sie sind aber häufig problematisch, wenn kleinere fachliche Unstimmigkeiten oder richtige fachliche Fehler von den eigentlich zu vermittelnden Inhalten ablenken. Ein sehr typisches Beispiel ist das Bankbeispiel<sup>5</sup> aus Schulungen zur WAM oder JWAM.

### 5.1.2 Interview 2

Der Interviewpartner im zweiten Interview ist ein Lehrender an einer Universität, der regelmäßig Studenten diverse Themen der Softwaretechnik vermittelt. Die Veranstaltungen, in denen das passiert, sind nicht unbedingt wie ein Schulungskurs aufgebaut. Statt einige wenige ganze Tage am Stück beschäftigen sich die Lernenden wöchentlich für jeweils etwa zwei Stunden mit den Themen. Aktuelle Veranstaltungen zum Zeitpunkt des Interviews sind Seminare, zum Beispiel *Rahmenwerkstechnologien* oder *Klassiker der Softwaretechnik* im Hauptstudium und *Softwareentwicklung 1* (SE1) und *Softwareentwicklung 2* (SE2) im Grundstudium. SE1 und SE2 sind vor allem durch didaktische Überlegungen strukturiert, aber die Inhalte haben durchaus auch Struktur. Zum Beispiel werden Vererbungskonzepte oder die unterschiedlichen Verwendungsmöglichkeiten von Interfaces behandelt. Ziel von SE1 und SE2 ist eher die Vermittlung von Fähigkeiten, weniger die Vermittlung von Wissen.

SE1 und SE2 werden mittlerweile in der vierten Iteration angeboten. Es gibt einen bewährten Foliensatz, der nur noch geringfügig überarbeitet wird. Bei früheren Iterationen war mehr Arbeit zum Anpassen notwendig. Vor der zweiten Iteration zum Beispiel mussten etwa 50% der Folien überarbeitet werden. Es gibt drei Gründe, die eine Anpassung der Folien notwendig machen:

1. Die Folien stammen aus der vorangegangenen Veranstaltung, hier zum Beispiel aus *Praktische Informatik 2* (P2). Die Inhalte aus P2 werden heute in SE1 oder SE2 vermittelt. Werden Folien aus dem Foliensatz für P2 in der Foliensatz für SE1 oder SE2 übernommen, dann müssen gegebenenfalls Beispiele ausgetauscht werden, damit durchgehend das selbe Beispiel verwendet wird.
2. Die Inhalte müssen neu gewichtet oder neu geordnet werden, weil die Vermittlung bei einzelnen Inhalten nicht den Erwartungen entspricht.
3. Der „rote Faden“ durch die ganze Veranstaltung wird präzisiert, die Folien müssen daran angepasst werden.

Zusätzlich kann es notwendig werden, Folien neu zu erstellen, wenn ein neues Thema in einer nächsten Iteration behandelt werden soll. Neue Themen basieren für gewöhnlich inhaltlich auf Quellen aus der Literatur. Da der Lehrende bei neuen Themen noch keine Erfahrungen aus einer Vermittlung dieser Inhalte hat, werden auch die Didaktik und Struktur der Ver-

---

<sup>5</sup> Das Bankbeispiel ist eine sehr einfache Anwendung, in der grundlegende Operationen mit einem Bankkonto durchgeführt werden können, wie zum Beispiel das Einzahlen oder Auszahlen von Beträgen. Das Beispiel stammt aus einem fachlichen Kontext, der von jedem verstanden werden kann, der ein Konto hat. Die Anwendung kann bereits mit minimaler Funktionalität als Beispiel für bestimmte Themen benutzt werden und lässt sich leicht erweitern, um einen Schulungskurs auch in weiteren Themen zu begleiten.

mittlung aus den Quellen für den neuen Foliensatz übernommen. In weiteren Iterationen können die Folien dann überarbeitet werden, um den Vermittlungsprozess zu optimieren.

Grundsätzlich lassen sich Inhalte in „Komplexitätsstufen“ ordnen, im Thema *Objektorientierung* zum Beispiel verschiedene Implementierungen von Interfaces in einer Komplexitätsstufe und Subtyping in der nächsten Stufe. Die Komplexitätsstufen bauen aufeinander auf. Es können völlig neue Inhalte in weiteren Komplexitätsstufen vermittelt werden, oder Inhalte aus vorangegangenen Komplexitätsstufen werden wiederholt und erweitert. Das Ordnen der Inhalte in Komplexitätsstufen basiert in erster Linie auf Erfahrungen, welche Inhalte aufeinander aufbauen. Es gibt sehr viele Kriterien, die bestimmen, wie sehr ein Inhalt auf einem anderen aufbaut, und die zu einer sinnvollen Anordnung der Inhalte führen.

In SE1 und SE2 gibt es vier Komplexitätsstufen, die jeweils etwa vier Wochen dauern bei einer Übung und einer Vorlesung pro Woche. Damit entspricht eine Komplexitätsstufe vom zeitlichen Umfang her etwa einem Tag in einer herkömmlichen Schulung.

Innerhalb der Komplexitätsstufe stehen didaktische Überlegungen bei der Anordnung der Inhalte im Vordergrund. Bewährt hat sich die Vorgehensweise „erst konsumieren, dann produzieren“. Damit lassen sich so genannte Henne-Ei-Probleme<sup>6</sup> lösen. In SE1 können die Lernenden mit BlueJ<sup>7</sup> Exemplare von Klassen „konsumieren“, bevor sie Klassen „produzieren“. So können schon Inhalte wie Methoden, Attribute, etc. vermittelt werden, bevor die Lernenden lernen, wie Klassen konstruiert werden.

Im Rahmenwerksseminar dagegen haben die einzelnen Themen häufig nur wenig Bezug zueinander. Die Reihenfolge der Themen ergibt sich aus der Terminplanung der Teilnehmer und ist unter Umständen didaktisch wenig sinnvoll.

Im Seminar *Klassiker der Softwaretechnik* werden Texte verschiedener wichtiger Autoren zu Themen der Softwaretechnik behandelt. Die Themen sind chronologisch geordnet und reichen von Texten aus „*On the Criteria to Be Used in Decomposing Systems into Modules*“ von David Parnas ([Par72]) bis zu Texten aus „*Entwurfsmuster – Elemente wiederverwendbarer objektorientierter Software*“ von Erich Gamma ([Gam96]). Die historische Entwicklung führt dazu, dass die Themen aufeinander aufbauen, aber auch hier ist die resultierende Anordnung häufig didaktisch wenig sinnvoll.

In einem fiktiven, frei zu gestaltendem Kurs ohne störende Rahmenbedingungen wäre eine Strukturierung nach den folgenden Gesichtspunkten denkbar und sinnvoll:

1. „Bottom-Up“. Erst werden elementare Inhalte geschult, danach kann man darauf aufbauen. Im Kontext einer Schulung für WAM oder JWAM würden zum Beispiel erst Fachwerte, dann Materialien geschult.
2. Erst Erfahrungen sammeln, dann davon abstrahieren. Das bedeutet aber nicht, dass dann eine Abstraktionshierarchie umgekehrt abgebildet wird. Es sollten vielmehr bei

---

6 Henne-Ei-Probleme sind Probleme durch zyklisch aufeinander aufbauende Inhalte. Die Behandlung beider Inhalte setzt Kenntnisse des jeweils anderen Inhaltes voraus. Die Anordnung der Inhalte nach benötigten Vorkenntnissen ist deshalb nicht ohne weiteres möglich.

7 BlueJ ist eine interaktive und integrierte Umgebung für in Java geschriebene Objekte. BlueJ wurde entwickelt, um die Vermittlung objektorientierter Konzepte mit Java zu unterstützen. Eine Einführung in BlueJ findet sich zum Beispiel im BlueJ Tutorial ([Köl07]).

der Behandlung eines Themas sehr früh schon anschauliche Beispiele als konkrete Inhalte präsentiert werden. Danach kann der eigentliche Lerninhalt als Abstraktion des Beispiels vermittelt werden.

3. Umfangreichere Themen sollten erst in Form eines Überblicks grob skizziert werden. Die Lernenden sollten dann „Hands-On“ Erfahrungen sammeln, die dann im letzten Schritt reflektiert werden.
4. Bei zunehmender Komplexität der Inhalte, wenn keine einfachen Beispiele mehr möglich sind, sollte man ein bestehendes System als Beispiel parallel zum Schulungskurs weiterentwickeln. Dann ist das bestehende Beispiel bekannt und man kann sich auf die Erweiterungen des Beispiels konzentrieren. Es muss nicht zu viel Nebensächliches erklärt werden. Das begleitende Beispiel kann die sinnvolle Reihenfolge der Themen beeinflussen.

Strukturen der Architektur wie zum Beispiel eine Abstraktionshierarchie sind weniger geeignet als Grundlage für die Strukturierung des Vermittlungsprozesses. Die oben genannten anderen Punkte sind wichtiger. Im Bereich der programmiersprachlichen Umsetzung entspricht die aus der Abstraktionshierarchie folgende Anordnung der Strukturelemente den Anordnungen, die aus der Typhierarchie oder der Vererbungshierarchie folgen. Diese Anordnung kann dann auch eine der Überlegungen sein, die zur resultierenden Anordnung von Themen oder Teilschritten von Themen führt. Die Verwendbarkeit solcher Hierarchien als Grundlagen für die Strukturierung des Vermittlungsprozesses beschränkt sich dann aber auch auf den durch eine programmiersprachliche Umsetzung bestimmten Bereich eines Themas.

Wie gut ein Vermittlungsprozess funktioniert, der durch die hierarchische Struktur des zu vermittelnden Inhalts geprägt ist, ist vermutlich von den Vorkenntnissen der Teilnehmer abhängig. Eine Abstraktionshierarchie als Grundlage führt eher zu einem „Top-Down“-Vorgehen bezüglich der Abstraktionshierarchie. Je mehr Vorkenntnisse die Teilnehmer haben, desto besser funktioniert „Top-Down“, je weniger Vorkenntnisse die Teilnehmer haben, desto besser funktioniert „Bottom-Up“. In den Veranstaltungen SE1 oder SE2 haben die Teilnehmer in der Regel eher weniger gute Vorkenntnisse. Hier funktioniert ein „Bottom-Up“-Vorgehen mit einer nicht auf einer Abstraktionshierarchie basierten Struktur besser.

### 5.1.3 Interview 3

Der dritte interviewte Lehrende führt Schulungskurse in einem ähnlichen Kontext durch, wie der Interviewpartner des ersten Interviews. Die Schulungen dieses Lehrenden sind in der Regel kürzer als der Beispielschulungskurs des ersten Interviewpartners und in der Regel sind Architekturthemen in diesen Schulungen weniger wichtig als im Beispielschulungskurs.

Eine typische Schulung vermittelt Kenntnisse zu bestimmten Themen, zu denen die Teilnehmer überhaupt keine Vorkenntnisse haben. Optimal begleiten Schulungen ein Projekt und die vermittelten Kenntnisse sollen im Projekt eingesetzt werden. In diesem Fall kann das Projekt den Kontext liefern für ein die Schulung begleitendes Beispiel. Das Beispiel wird dann im Laufe der Schulung erweitert und verdeutlicht jeweils das aktuelle Thema. Gibt es kein

begleitendes Projekt oder eignet es sich nicht als Beispiel, dann gibt es Standardbeispiele, etwa das bereits erwähnte Bankbeispiel.

Es gibt fast nie Schulungen, die sich ausschließlich mit Architekturthemen beschäftigen. Nur selten spielen ausgewählte Architekturthemen eine wichtige Rolle. Architekturen sind eher schwer zu vermitteln und benötigen viel Zeit. Die meisten Schulungen sind dafür nicht lang genug. Schulungen zu Modellarchitekturen wie WAM oder Rahmenwerken wie JWAM sind in letzter Zeit eher seltener geworden. WAM oder JWAM eignen sich in erster Linie für Rich-Clients. Aktuelle Schulungen begleiten eher Projekte, in denen Webanwendungen entwickelt werden.

Es gibt ein Folienrepertoire, aus dem fertige Foliensätze genommen werden, oder aus dem einzelnen Folien zu neuen Foliensätzen zusammengesetzt werden. Die Folien müssen in der Regel überarbeitet werden. Das betrifft durchschnittlich etwa 5% der Inhalte oder 30 Minuten pro zu überarbeitender Folie. Insgesamt ergeben sich etwa drei Tage Vorbereitung für einen Tag Schulung. Es gibt mehrere Gründe für Anpassungen (sortiert nach Priorität):

1. Es werden neue Themen in eine Schulung aufgenommen, zum Beispiel ein neues Web-Framework, das vorher noch nie geschult wurde.
2. Es gibt Änderungen an bestehenden Inhalten, zum Beispiel durch den Wechsel von Java 1.4 zu Java 1.5.
3. Die Didaktik innerhalb der Themen muss optimiert werden. Existierende Folien waren nicht verständlich genug, oder die Behandlung der Themen im Umfang nicht der Schwierigkeit des Themas angemessen.

Die Inhalte werden in Blöcken angeordnet. Ein Block dauert selten länger als zwei Stunden und entspricht im Umfang etwa einer zweistündigen Vorlesung aus dem Uni-Kontext im zweiten Interview. Pro Tag gibt es meistens etwa vier Blöcke oder eine Gesamtdauer der Schulung von acht Stunden am Tag. Ein Block entspricht oft ungefähr einem Thema, einfache Beispiele zum Thema sind dann Teil des Blocks. Es gibt aber auch die Möglichkeit, Theorie- und Praxisblöcke zu trennen, wenn das Thema komplizierter ist. Diese Trennung kann auch sinnvoll sein, wenn das Beispiel wichtiger ist, weil die Schulung ein konkretes Projekt begleitet.

Beim Erstellen eines neuen Blocks oder von Schulungsunterlagen zu einem neuen Thema haben sich folgende Quellen bewährt (sortiert nach Priorität):

1. Das Repertoire der Foliensätze. Gegebenenfalls kann es sinnvoll sein, auch ähnliche Themen zu suchen und aktuelle Foliensätze darauf zu basieren. Dann können Teile der Inhalte und die Struktur übernommen werden.
2. Literatur. Die Behandlung eines Themas in der Literatur ist meistens schon didaktisch einigermaßen sinnvoll strukturiert, diese Struktur und die Inhalte können übernommen werden.
3. Spezifikationen. Spezifikationen zu einem Thema können nur die zu vermittelnden Inhalte liefern, nicht aber die Struktur, in der diese anzuordnen sind.

Bei der Anordnung der Themen und Blöcke ist die Hierarchie der Vorkenntnisse entscheidend. Es ist wichtig, dass ein Block keine Vorkenntnisse voraussetzt, die nicht durch vorangegangene Blöcke bereits vermittelt wurden.

Architektur selbst wird in Schulungen kaum thematisiert, selbst nicht in Schulungen zu bestimmten Modellarchitekturen oder Softwarearchitekturen. Meistens stehen Fragen zur Anwendung und Benutzung im Zentrum des Interesses, seltener Fragen zur Technik, und fast nie Fragen zu Konzepten. Die Frage nach der Benutzung „Wie kann ich das benutzen?“ ist wichtiger als die Frage nach der Technik „Wie funktioniert das?“ und als die Frage nach dem Konzept „Warum wird das so gemacht?“. Abstraktion ist fast nie ein Thema, selbst bei klar durch eine Abstraktionshierarchie strukturierten Inhalten, wie zum Beispiel beim Thema Fachwerte aus WAM.

Abstraktion als Eigenschaft einer Architektur oder eines Rahmenwerkes ist ein zu schwieriges Thema, um in der verfügbaren Zeit einer typischen Schulung sinnvoll behandelt zu werden. Deshalb wird es nicht als Inhalt behandelt, der zu vermittelnde Inhalt ist dann nicht mehr durch eine Abstraktionshierarchie beschrieben.

Für die Vermittlung eines Themas innerhalb eines Blocks hat sich die folgende Struktur bewährt:

1. Als erstes wird der Kontext kurz erklärt. Worum geht es?
2. Dann werden wichtige Konzepte kurz erklärt.
3. Danach gibt es eine Aufgabe zum Thema.
  - a) Das abstrakte Problem wird kurz beschrieben.
  - b) Es gibt eine ausführliche konkrete Lösung des Problems. Dieser Teil sollte mit Abstand den größten Teil an der Behandlung des Themas ausmachen.
4. Zuletzt wird das Gelernte wieder in den Kontext eingeordnet. Das Thema ist dann beendet.

Ein Thema wird in der Regel nicht iterativ nach dem oben genannten Vorgehen erweitert. Wegen der Kürze der meisten Schulungen sind auch die einzelnen Themen innerhalb der Schulungen eher kurz. Ein nächstes Thema kann auf dem Thema aufbauen, aber das Thema selbst wird nicht nochmal behandelt. Zum Beispiel folgt auf das Thema *Werkzeugkonstruktion mit JWAM* das Thema *Kombi- und Subwerkzeuge* als zweites Thema. Es gibt aber keine Erweiterung der bereits im ersten Thema vermittelten Inhalte, es gibt nur darauf aufbauende Inhalte des zweiten Themas.

Die Reihenfolgen von Themen und Blöcken sind meistens durch das Repertoire vorgegeben und haben sich bewährt. Die Anordnung der Blöcke ist oft wenig stringent, da die Blöcke in sich geschlossen sein sollten, und es wenig Abhängigkeiten zwischen den Blöcken geben sollte. Eine Ausnahme sind Theorie- und Praxisblock, auf einen Theorieblock folgt immer der dazugehörige Praxisblock.

Auch innerhalb eines Blocks gibt es die Notwendigkeit einer sinnvollen Anordnung. Eine typische Anordnung der Teilschritte ist folgende:

1. Am Anfang steht eine Übersicht über die im Block geplanten Inhalte.
2. Die zu vermittelnden Inhalte werden in Gruppen thematisch zusammenhängender Inhalte geordnet. Diese Gruppen werden so angeordnet, dass sie jeweils die benötigten Vorkenntnissen aus vorangegangenen Gruppen voraussetzen können. Eine solche thematisch zusammenhängende Gruppe umfasst meistens nur eine oder seltener einige wenige Folien.
3. Ist ein Gruppe thematisch zusammenhängender Inhalte umfangreicher, dann können ihre Inhalte noch einmal wie oben beschrieben gruppiert und angeordnet werden, bis sich eine Struktur aus Einheiten mit einer gut zu vermittelnden Größe ergeben.
4. Am Ende eines Blocks steht eine Zusammenfassung der vermittelten Inhalte.

Bewährte Anordnungen wie die eben genannte finden sich im Repertoire der Schulungsunterlagen. Bei Bedarf können sie aus dem Repertoire übernommen werden.

#### 5.1.4 Interview 4

Der vierte interviewte Lehrende führt auch Schulungskurse in einem ähnlichen Kontext durch, wie die Interviewpartner des ersten und des dritten Interviews. Die Schulungen dieses Lehrenden sind in der Regel kürzer als der Beispielschulungskurs des ersten Interviewpartners.

Eine durchschnittliche Schulung behandelt Themen aus einem Bereich von einfachen Themen wie *Objektorientierte Programmierung* bis zu komplizierteren Themen wie *Mehrschichtige Rahmenwerke*. Es gibt Standardschulungskurse zu häufiger gefragten Themenbereichen: *Objektorientierung*, *Java für Anfänger*, *Java für Fortgeschrittene*, *J2EE Webanwendungen* und *J2EE Frameworks*. Diese Schulungskurse haben feste Inhalte, die im Einzelfall nur minimal angepasst werden müssen.

Ein Schulungskurs hat meistens vier bis fünfzehn Teilnehmer, im Durchschnitt sind es etwa acht Teilnehmer. Schulungen mit mehr als acht Teilnehmern werden überproportional anstrengender und weniger effektiv. Etwa die Hälfte der Teilnehmer hat keine Vorkenntnisse, die andere Hälfte hat rudimentäre Vorkenntnisse, zum Beispiel einfache Vorkenntnisse in Java.

Die Schulungskurse sind in der Regel losgelöst von konkreten Projekten, auch wenn die Teilnehmer Fähigkeiten und Kenntnisse für ein konkreteres Projekt erwerben sollen. In der Regel wird kein Prototyp für das Projekt im Rahmen der Schulung entwickelt und der Anwendungskontext der Teilnehmer liefert auch nicht die begleitenden Beispiele. Etwa 90% der Schulungen benutzen als begleitendes Beispiel das bereits genannte Bankbeispiel, die restlichen Schulungen benutzen ein Beispiel aus dem fachlichen Kontext der Teilnehmer oder ein anderes Beispiel als das Bankbeispiel, das sich für einen bestimmten zu vermittelnden Inhalt besser eignet.

Es gibt ein Repertoire von Folien und Übungsaufgaben, aus dem für eine aktuelle Schulung die Unterlagen zusammengestellt werden. Oft gibt es bereits einen fertigen Satz Folien für ein

## 5.1 Interviews mit Lehrenden

---

zu vermittelndes Thema, der nur minimal angepasst werden muss. Es gibt mehrere Gründe, die eine Anpassung notwendig machen:

1. Die Inhalte sind nicht auf dem aktuellen Stand. Die Folien müssen zum Beispiel von Java 1.4 auf Java 1.5 umgestellt werden.
2. Es gibt neue Inhalte.
3. Es gibt Korrekturen an Inhalten. Inhalte waren fachlich falsch oder didaktisch nicht sinnvoll.
4. Die Schulung muss an andere Rahmenbedingungen angepasst werden, vor allem an neue Zeitvorgaben.

Eine Anpassung an die Teilnehmer findet nicht statt. Die Zusammensetzung der Teilnehmer ist fast immer zu heterogen, als dass man den Kurs an die Teilnehmer anpassen könnte.

Das Erstellen von Vermittlungsprozessen für neue Themen läuft immer nach demselben Muster ab und ist unabhängig vom zu vermittelnden Inhalt:

1. Kollegen fragen. Meistens hat einer der Kollegen selbst ausreichende Kenntnisse zu dem Thema oder kennt zumindest geeignete Quellen, auf denen die Schulung aufbauen kann.
2. Foren und ähnliche Quellen im Internet sind besonders hilfreich, wenn Kenntnisse zu Technologien vermittelt werden sollen.
3. Die Inhalte werden dann auf Folien aufgeschrieben und sinnvoll angeordnet.
4. Korrekturlesen durch Kollegen. Kollegen, die mit den Inhalten wenigstens einigermaßen vertraut sind, lesen die Folien und bemängeln fachliche Fehler.
5. Die Inhalte auf den Folien werden ergänzt um Beispielaufgaben und Musterlösungen.

Das Anpassen oder Erstellen der Schulungsunterlagen nimmt in etwa eine Stunde für je drei oder vier Stunden Schulung in Anspruch.

In Schulungen gibt es häufig die Notwendigkeit, dynamisch zu reagieren und Inhalte und Aufgaben während der Schulung an die Gegebenheiten in der Schulung anzupassen. Wenn zum Beispiel Diskussionen entstehen, muss man das diskutierte Thema als Lehrender aufgreifen und in die Schulung einbauen. Die Behandlung des zusätzlichen Themas kann improvisiert werden. Das zusätzliche Thema dient aber mindestens als Überleitung zum nächsten geplanten Thema.

Vermittlungsprozesse lassen sich häufig grob durch die Struktur der Inhalte strukturieren. Ist zum Beispiel eine Webanwendung Thema einer Schulung, ergibt sich oft eine Strukturierung in Analogie zum folgenden Beispiel:

1. Webanwendungen (allgemein)
2. MVC
3. Struts
4. konkrete Anwendung



Die einzelnen Teile bestehen jeweils aus einer Präsentation und einer Übung und dann gegebenenfalls noch aus einer Pause, dann kommt der nächste Teil, wieder mit Präsentation, Übung und Pause. In jeder Iteration dieser zyklischen Vorgehensweise wird ein neuer Teil eines Themas oder ein neues Thema behandelt. Eine Diskussion am Ende der Übung bietet die Gelegenheit zur Überleitung zum nächsten theoretischen Teil.

Insgesamt ergibt sich für das ganze Thema eine Länge von etwa acht Stunden, die einzelnen Teile können eine sehr unterschiedliche Länge haben.

Wichtig ist, dass am Ende des Tages ein logischer Abschluss gefunden wird, dass nicht mitten in einem Thema unterbrochen wird. Beim Finden der logischen Abschlüsse ist Erfahrung sehr wichtig. Besonders beim Anpassen von Foliensätzen zu Themen ist es wichtig, diesen logischen Abschluss zu bewahren und nicht durch die Änderungen aufzuheben.

Die kleinste strukturierte Einheit der Vermittlung in einem Schulungskurs entspricht vom Umfang her ungefähr einer Folie. Zwei solcher Einheiten teilen sich nie eine Folie, *Struts-Actions* und *Struts-Beans* zum Beispiel werden immer auf getrennten Folien behandelt.

Wenn Themen zu groß sind, um sie sinnvoll in einer Einheit zu behandeln, dann muss man sie aufteilen. Zum Beispiel könnten die Collections in Java dann wie folgt behandelt werden:

1. Überblick
2. verkettete Listen
3. indizierte Listen
4. Zusammenfassung

Die Aufteilung wird vor allem durch organisatorische und zeitliche Gründe notwendig. Die Inhalte bieten eine Teilung an, große Themen sind in der Regel schon von sich aus so strukturiert, dass eine Teilung leicht zu finden ist.

Die abstrakten Grundlagen eines Themas sind wichtig. Es macht keinen Sinn, mit der Implementierung anzufangen. Bei der Ausbildung von Studenten der Informatik an der Universität kann es Sinn machen, bei der Implementierung anzufangen und dann davon zu abstrahieren (zum Beispiel mit Teachlets<sup>8</sup>). Bei den typischen Teilnehmern einer Schulung funktioniert diese Vorgehensweise gar nicht. Ein Minimum an Kontext und Konzept ist aber absolut notwendig, damit die Lernenden mit einer konkreten Implementierung sinnvoll arbeiten können. Ein durchschnittliches Thema besteht zu etwa 50% aus Grundlagen und Konzept ohne programmiersprachlichen Teil und zu 50% aus einem implementierenden Teil.

Größere Themen werden häufig in Iterationen behandelt, die das Thema schrittweise um Inhalte ergänzen. Die einzelnen Iterationen bauen aufeinander auf, jede Iteration ist sinnvolle Grundlage für die nächste. Eine einzelne Iteration besteht fast immer aus Konzept und Implementierung.

---

8 Ein Teachlet ist eine interaktive Lehrinheit, in der ein lauffähiges Stück Software um eine klar definierte Funktionalität erweitert werden soll, um ein Entwurfsmuster oder ein Programmiersprachkonzept zu veranschaulichen. Ein Moderator motiviert mit Hilfe eines Rechners und eines Beamers das Ausgangssystem sowie die vorzunehmende Erweiterung und lässt sich dann von den Teilnehmern anleiten, die dazu notwendigen Änderungen am Quelltext vorzunehmen (siehe [Sch05a], S. 332ff oder [Sch05b]).

## 5.1 Interviews mit Lehrenden

---

Ist ein Thema mit einer komplexen Hierarchie zu vermitteln, kann das die Reihenfolge der Teile bestimmen. Zum Beispiel ergibt sich für den Themenkomplex WAM und JWAM folgende Reihenfolge:

1. Objektorientierung
2. WAM
3. JWAM
4. konkrete Anwendung

Diese Anordnung wird gegebenenfalls ergänzt durch einen Einschub mit Entwurfsmustern, die für JWAM vorausgesetzt werden. So eine komplexe Hierarchie ist aber eher selten. In einer typischen Schulung ist die Reihenfolge daher meistens weniger strikt vorgegeben.

Wichtig ist hierbei auch der Zeitpunkt, an dem ein so komplexes Thema behandelt wird. Wird es gegen Ende einer Schulung behandelt und sind dann viele Grundlagen bereits bekannt, dann kann das komplexe Thema ohne die Grundlagen sehr kompakt behandelt werden. Werden Teile aus der Behandlung des komplexen Themas herausgenommen, da sie als Grundlagen schon bekannt sind, sind die verbleibenden Teile in ihrer Anordnung viel weniger festgelegt.

Normalerweise hängen je zwei Inhalte miteinander zusammen oder es werden mehrere Alternativen behandelt, die dann in beliebiger Reihenfolge behandelt werden können. Daraus folgt eine größere Freiheit bei der Anordnung der Inhalte als bei dem oben genannten Beispiel mit der zugrunde liegenden Hierarchie.

Mindestens genauso wichtig wie die sinnvolle Reihenfolge der Themen ist, dass jeweils am Tagesende und zum Beispiel vor einem Wochenende der bereits genannte logische Abschluss gefunden wird.

Wird ein komplexes Thema wie zum Beispiel WAM und JWAM relativ früh behandelt oder ausschließlich behandelt, dann muss es umfassend behandelt werden und Teile des Themenkomplexes können nicht als bereits bekannt vorausgesetzt werden. Der Themenkomplex ist dann so groß, dass er in einzelne Teile aufgeteilt werden muss. Große Themen sind meistens schon selbst so strukturiert, dass diese Aufteilung in der Schulung übernommen werden kann. Bei WAM und JWAM zum Beispiel wären das die zu vergegenständlichen Konzepte wie *Werkzeuge*, *Materialien*, *Fachwerte* und *Automaten*. Die so entstandenen Teilthemen müssen weiter zerteilt werden, bis man vermittelbare Einheiten mit einem angemessenen Umfang erhält. Das Thema *Werkzeuge* zum Beispiel lässt sich wie folgt weiter zerteilen:

1. Konzept
2. Werkzeuge in WAM
3. Werkzeuge in JWAM
4. Ein konkretes Werkzeug im Softwaresystem

Alternativ wäre auch folgende Aufteilung möglich:

1. Funktionskomponente

2. Interaktionskomponente

3. GUI

Die erste beschriebene Aufteilung wäre eine Zerlegung nach der Abstraktionshierarchie, die zweite beschriebene Aufteilung wäre eine Zerlegung und Anordnung nach der Relevanz der Teile und eine Anordnung nach den Benutzt-Beziehungen der Teile. So komplexe Themen sind selten, und wenn sie tatsächlich vermittelt werden, dann werden sie auf dieser Ebene fast immer relevanzorientiert strukturiert und nicht nach der Abstraktionshierarchie.

Die Aufteilung wird so lange wiederholt, bis ein Thema wie zum Beispiel „Interaktionskomponente“ entsteht, das in etwa 45 Minuten Präsentation und etwa 20 Minuten Übung behandelt werden kann.

Die entstehenden Themen sind dann schon nach Relevanz sortiert, weniger relevante Teile am Ende der Schulung können gegebenenfalls weggelassen werden, wenn relevantere Teile länger dauern. Das Ziel ist nicht, dass die Teilnehmer alle Themen gehört haben, sondern dass sie alle behandelten Themen verstanden haben.

Großen Themen lassen sich fast immer analog zu der oben beschriebenen Aufteilung von WAM und JWAM aufteilen.

Die so entstehenden Themen sind wegen ihrer Größe didaktisch sinnvoll, da dann schneller und für jedes Thema einzeln Diskussionen geführt werden können und die Teilnehmer Feedback geben können. Die Überleitungen zum jeweils nächsten Thema, die aus den Diskussionen folgen, geben den Teilnehmern den Eindruck, dass sie selbst die Schulung steuern, indem sie das nächste Thema wählen. Das ist eine für den Lernerfolg wichtige Bestätigung. Außerdem bietet die Überleitung die Möglichkeit, darauf einzugehen, warum ein Thema behandelt wird. Die damit verbundene Einordnung in den Kontext ist auch wichtig für einen Lernerfolg.

### **5.1.5 Zusammenfassung der Ergebnisse**

Alle Interviewpartner haben eigene Vorgehensweisen beschrieben, nach denen sie Schulungskurse und die darin vorkommenden Vermittlungsprozesse gestalten. Auch die aus der Vorgehensweise bei der Gestaltung eines Schulungskurses resultierende Struktur beschreiben sie entsprechend unterschiedlich. Trotzdem gibt es sowohl bei der Vorgehensweise als auch bei der resultierenden Struktur große Übereinstimmungen. Tabelle 5-1 zeigt eine Übersicht der wichtigsten Punkte der Interviews.

## 5.1 Interviews mit Lehrenden

<b>Interview 1</b>	<b>Interview 2</b>	<b>Interview 3</b>	<b>Interview 4</b>
Es gibt ein Folienarchiv mit Foliensätzen, die iterativ weiterentwickelt werden.	Es gibt einen Foliensatz, der iterativ weiterentwickelt wird.	Es gibt ein Folienarchiv mit Foliensätzen, die iterativ weiterentwickelt werden.	Es gibt ein Folienarchiv mit Foliensätzen, die iterativ weiterentwickelt werden.
Anordnung der Themen vom Abstrakten zum Konkreten, die Themen bauen so aufeinander auf	Anordnung in Komplexitätsstufen aufeinander aufbauender Inhalte	Anordnung in Blöcke im Zeitplan der Schulung unter organisatorischen Gesichtspunkten	Aufteilung und Anordnung der Themen entsprechend der Aufteilung des zu vermittelnden Inhalts, zusätzlich unter organisatorischen Gesichtspunkten
Standardvorgehen mit Anordnung der Themen in Präsentation und Übung	Anordnung innerhalb der Themen in Problem und Lösung		Anordnung der Themen in Präsentation und Übung

*Tabelle 5-1: Die wichtigsten Punkte der Interviews*

Die Vorgehensweisen aller Interviewpartner stimmen vor allem in der Nutzung eines Folienarchivs als Grundlage für aktuell zu gestaltende Schulungen überein:

1. Es gibt ein Repertoire in Form eines Folienarchivs, aus dem Folien für aktuelle Schulungskurse genommen werden können. Foliensätze werden neu zusammengestellt und dann präsentiert.
2. Die Folien werden gegebenenfalls angepasst und dann wieder in das Folienarchiv zurückgestellt. Weil Schulungen zu einzelnen Themen wiederholt gehalten werden, werden auch die Folien im Folienarchiv iterativ weiterentwickelt.
3. Folien zu einem neuen Thema werden ins Folienarchiv übernommen. Sie stehen dann als Grundlage für folgende Schulungen zu dem Thema zur Verfügung.
4. Die Inhalte müssen definiert, in geeignete Einheiten gruppiert und sinnvoll angeordnet werden. Das Folienarchiv enthält bereits sinnvoll strukturierte Vermittlungsprozesse.

Die größten Abweichungen von diesen Gemeinsamkeiten finden sich bei Schulungskursen, die selbst am weitesten von der typischen Schulung abweichen, hier bei Schulungen zu besonders komplexen Architekturthemen. Die typischen Schulungskurse sind vergleichsweise kurze Standardschulungen, deren Inhalte weitgehend feststehen. Diese Schulungskurse brauchen weniger Vorbereitung als individuell erstellte Schulungskurse zu weniger gängigen Themen oder konkreten Projekten. Die Unterschiede in den zu haltenden Kursen führen bei den interviewten Lehrenden zu sehr unterschiedlichen Abschätzungen bezüglich des Aufwands zum Anpassen eines Schulungskurses an die aktuellen Anforderungen.

Auch beim Aufteilen und Anordnen der Inhalte legen die Interviewpartner unterschiedliche Kriterien zugrunde, und sie geben den Kriterien unterschiedliche Prioritäten. Gemeinsames Ziel ist, die Inhalte in einer für den Vermittlungsprozess optimierten Struktur anzuordnen. Es

lassen sich in den Interviews folgende Kriterien für die Strukturierung finden, sortiert nach ihrer Relevanz:

1. Die Themen müssen didaktisch sinnvoll aufeinander aufbauen. Themen werden in Komplexitätsstufen angeordnet oder wenigstens so, dass vorangegangene Themen die Grundlagen für das Verständnis weiterer Themen liefern. Diese Vorgehensweise findet sich in allen Interviews, besonders deutlich im zweiten.
2. Ebenfalls didaktisch motiviert ist eine Anordnung der Themen, so dass die Lernenden möglichst schnell selbst Erfahrungen mit vermittelten Inhalten sammeln können. Es gibt zu einem Thema in der Regel einen Theorieteil und darauf folgend einen Praxis-Teil. Ein Thema kann dann iterativ um die Behandlung weiterer theoretischer und praktischer Teile erweitert werden und so vertieft werden.
3. Die Themen müssen so aufgeteilt und angeordnet werden, dass sie in den zeitlichen Rahmen der Schulung passen. Am Ende eines Schulungsblocks, am Ende eines Tages und vor jeder Pause muss ein logischer Abschluss der bis dahin geschulten Themen gefunden werden. Themen können aber nicht beliebig auf die verfügbare Zeit im Schulungszeitraum verteilt werden, die Hierarchie der Vorkenntnisse muss eingehalten werden. Dieses Kriterium zur Anordnung der Themen findet sich vor allem im dritten und im vierten Interview.
4. Die Aufteilung und Anordnung der Themen kann sich an der Struktur der Inhalte orientieren. Eine Modellarchitektur zum Beispiel sollte bereits sinnvoll aufgeteilt sein und beschreibt dann vermittelbare Teile oder Teile von vermittelbarer Größe und Komplexität. Diese Aufteilung kann dann im Vermittlungsprozess übernommen werden. Eine Architektur kann verschiedene Strukturen haben, die als Grundlage für die Strukturierung des Vermittlungsprozesses genutzt werden können. Im ersten Interview steht die Abstraktion als strukturierende Eigenschaft der Architektur im Mittelpunkt, im vierten Interview das Vergegenständlichen von Konzepten der Architektur.

In verschiedenen Schulungen sind die Strukturen der zu vermittelnden Architekturen unterschiedlich gut als Grundlage für die Struktur des Vermittlungsprozesses geeignet. Je mehr ein konkreter Prototyp oder ein konkretes Softwaresystem im Mittelpunkt des Interesses steht, desto eher beschränkt sich die Behandlung der Themen im Schulungskurs auf die programmiersprachliche Umsetzung. Ziel solcher Schulungskurse ist eher ein kurzfristiges Lernergebnis, das dann bei der Entwicklung des Prototypen oder des Softwaresystems eingesetzt werden kann. Strukturen wie die Abstraktionshierarchie, die einen größeren Bereich der Architektur abdecken, sind dann weniger gut als Grundlage für die Struktur des Vermittlungsprozesses.

In besonders langen Schulungskursen wie dem im ersten Interview oder im universitären Kontext im zweiten Interview ist die Behandlung der Themen nicht auf die programmiersprachliche Umsetzung konzentriert. Ziel solcher Schulungskurse ist eher ein langfristiges Lernergebnis. Hier gibt es dann auch Raum, um abstrakte Konzepte zu behandeln.

Die Interviews zeigen, dass die Struktur einer Architektur bei der Konzeption eines Vermittlungsprozesses berücksichtigt werden kann ( $Q_i$ ). Die Strukturen der Architektur, die dabei Verwendung finden, sind die Abstraktionshierarchie und die Aufteilung durch das Vergegen-

ständlichen von Architekturkonzepten ( $Q_{1.1}$ ). Die im Vermittlungsprozess wichtige Ordnung nach benötigten Vorkenntnissen lässt sich in der Architektur in den Abhängigkeiten der Strukturelemente wiederfinden ( $Q_2, Q_{2.1}$ ).

## 5.2 Interviews mit Lernenden, Fragebögen an Lernende

Die Überprüfung der Hypothese in diesem Abschnitt basiert auf Fragebögen an Lernende und auf Interviews mit Lernenden. Die Analyse der Interviews und der Fragebögen untersucht die Frage, ob ein nach der Hypothese strukturierter Vermittlungsprozess besser oder mindestens gleichwertig sein kann wie ein herkömmlich strukturierter Vermittlungsprozess ( $Q_3, Q_{3.1}$ ). Die Lernenden sind die Teilnehmer des Beispielschulungskurses, der in den folgenden Abschnitten kurz beschrieben wird.

### 5.2.1 Ein Schulungskurs als Laborsystem

Um belastbare Aussagen über die Zusammenhänge zwischen der Strukturen einer Architektur und der Strukturen ihrer Vermittlung machen zu können, müssten eigentlich viele verschiedene Vermittlungsprozesse Gegenstand der Analyse sein. Aus Zeitgründen ist so eine Analyse zumindest im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich.

Alternativ kann die Analyse in einem Laborsystem stattfinden. Eine typische Form der Vermittlung für Architektur ist ein Schulungskurs und Schulungskurse bieten eine für die Analyse geeignete Laborsituation. Bei möglichst vielen Konstanten wie Projekt, Architektur, Trainer oder Teilnehmer ist die Struktur des Schulungskurses die einzige Variable. Neben der kontrollierten Umgebung bieten Schulungskurse auch die notwendige Rückkopplung der Teilnehmer für die Evaluation. Da sich der analysierte Schulungskurs mit einem realen System beschäftigt, lassen sich Schlussfolgerungen von der Laborsituation auf andere reale Systeme übertragen.

### 5.2.2 Der Beispielschulungskurs

Der Beispielschulungskurs wird vom bereits vorgestellten ersten Interviewpartner durchgeführt. Der Beispielschulungskurs hat eine für Schulungskurse ungewöhnlich lange Dauer von etwa 50 Tagen, von denen jeweils bis zu fünf an einem Termin stattfinden. Die einzelnen Termine liegen dann etwa einen Monat auseinander. Der Schulungskurs begleitet die Entwicklung eines Prototypen für ein Softwaresystem (DABR-E), das nach den Regeln der WAM-Modellarchitektur und mit Hilfe des JWAM-Rahmenwerkes entwickelt wird. Im Rahmen des Schulungskurses werden eine Vielzahl von Themen behandelt, der Schwerpunkt liegt aber auf Themen aus WAM und JWAM.

Der Schulungskurs hat acht Teilnehmer, von denen im Zeitraum der Analyse sechs Teilnehmer durchgehend anwesend waren. Die Teilnehmer haben sehr unterschiedliche Vorkennt-

nisse aus der Zeit vor der Schulung. Bezüglich der Teilnehmer entspricht der Beispielschulungskurs damit ziemlich exakt einem in den Interviews skizzierten typischen Schulungskurs.

Die empirische Analyse untersucht zwei aufeinander folgende Termine mit jeweils zwei beziehungsweise drei Schulungstagen, an denen vergleichbare Inhalte vermittelt werden. Die beiden Termine liegen am Ende des Schulungskurses. Die Inhalte sollten aus den vorangegangenen Schulungsterminen größtenteils bekannt sein und werden an den analysierten Schulungsterminen wiederholt und vertieft.

**Themen am ersten Schulungstermin.** Am ersten der beiden analysierten Schulungstermine werden die Kernthemen von WAM und JWAM, sowie Java und Entwurfsmuster behandelt. Das sind die folgenden Themen:

1. Java 1.5
2. JWAM
3. Fachwerte
4. Werkzeugkonstruktion in JWAM
5. Materialien
6. Die Umgebung in JWAM
7. Werkzeugkonstruktion in JWAM (Subwerkzeuge)
8. Entwurfsmuster
9. Kommunikationsmechanismen
10. Fachliche Dienstleister

In den folgenden Abschnitten werden die Themen genauer beschrieben.

**Java 1.5.** Hier werden die Neuerungen von Java 1.5 gegenüber Java 1.4 vorgestellt, da einige dieser Neuerungen im Prototypen eingesetzt werden. Relevant für die Schulung sind vor allem *Generics*<sup>9</sup> und der *Enhanced-For-Loop*<sup>10</sup>. Das Thema wird ohne jeden Bezug zu WAM oder JWAM behandelt und betrifft nur am Rande die Umsetzung in DABR-E.

**JWAM.** Das Thema ist nur eine Einführung für die folgenden Themen. In einem ersten Teil werden die WAM zugrunde liegenden Konzepte kurz angesprochen, vor allem die Anwendungsorientierung. In einem zweiten Teil werden die in JWAM benutzten Konstruktionsprinzipien, unter anderem Verbergen der Implementation, Lose Kopplung und Schichten vorgestellt.

**Fachwerte.** Fachwerte sind fachliche Behälter, die dort benutzt werden, wo elementare Datentypen nicht ausreichen, um fachlich begründete Eigenschaften oder Operationen anzubieten. Fachwerte werden durch Klassen realisiert. Bei der Implementierung der Klassen muss aber sichergestellt werden, dass die Exemplare dieser Klassen der Wertsemantik genü-

---

<sup>9</sup> *Generics* sind eine Neuerung im JDK 1.5. Generics erlauben es, von Typen zu abstrahieren und dadurch zum Beispiel typsichere Container-Klassen zu erstellen. Viele dieser typsicheren Container finden sich in den Collection-Klassen aus Java. (Siehe auch [Bra04])

<sup>10</sup> Der *Enhanced-For-Loop* ist eine weitere Neuerung im JDK 1.5. Der Enhanced-For-Loop vereinfacht die Syntax für das Iterieren über Container.

gen und nicht der üblichen Referenzsemantik (siehe [Zül98], S. 316ff). Das Thema wird umfassend behandelt. Es beinhaltet die folgenden Teilschritte:

1. Das Konzept
2. Die Umsetzung der Wertsemantik mit objektorientierter Programmierung
3. Das *Flyweight Pattern*
4. Fachwerte in JWAM als abstrakte Umsetzung im Rahmenwerk
5. Fachwerte in DABR-E als konkrete Umsetzung im Softwaresystem

Die Reihenfolge der Teilschritte entspricht der Abstraktionshierarchie. Es werden immer erst die abstrakteren Inhalte vermittelt und dann die konkreteren. Die Reihenfolge der Teilschritte entspricht auch der durch die benötigten Vorkenntnisse bedingten Ordnung. Jeder Teilschritt ist die Grundlage für den nächsten Teilschritt.

Im dritten Schritt wird das *Flyweight Pattern*<sup>11</sup> erklärt, obwohl es nicht Teil der Abstraktionshierarchie ist. Es wird im folgenden Schritt *Fachwerte in JWAM* gebraucht und ist eine Lösung für genannte Probleme bei der Umsetzung in OOP.

**Werkzeugkonstruktion in JWAM.** Werkzeuge sind eins der wichtigsten Konzepte aus WAM. Einzelne Werkzeuge bieten einen fachlich motivierten Ausschnitt des gesamten Funktionsumfangs eines Softwaresystems an, mit Werkzeugen lassen sich in der Regel Arbeitsmaterialien bearbeiten (siehe [Zül98], S. 171ff). Das Thema wird ausführlich behandelt (wenn auch nicht so vollständig wie das Thema *Fachwerte*). Es beinhaltet die folgenden Teilschritte:

1. Definition und Merkmale (Werkzeuge in WAM)
2. Monotools<sup>12</sup>
3. IAK/FK-Trennung

Der Punkt *IAK/FK-Trennung* wird nur kurz erwähnt, weil er praktisch nicht mehr relevant ist. Eine Trennung in Interaktionskomponente (IAK) und Funktionskomponente (FK) ist nur bei sehr großen Werkzeugen sinnvoll. Bei kleineren Werkzeugen sind *Monotools* ausreichend, bei großen Werkzeugen hat sich eine Aufteilung in Kombi- und Subwerkzeuge mehr bewährt, als eine Aufteilung in IAK und FK.

Bei den anderen beiden Punkten entspricht die Reihenfolge der durch die Abstraktionshierarchie bestimmten Reihenfolge und der durch die benötigten Vorkenntnisse bedingten Ordnung. Es werden immer erst die abstrakteren Inhalte vermittelt und dann die konkreteren. Jeder Teilschritt liefert die Grundlage für das Verständnis des nächsten Teilschritts.

**Materialien.** Materialien sind ein weiteres sehr wichtiges Konzept aus WAM. Materialien vergegenständlichen die Arbeitsgegenstände aus dem Anwendungskontext. Das Thema wird nur kurz erwähnt. Es ist aus vorangegangenen Schulungsterminen hinreichend bekannt.

---

11 Das Flyweight Pattern (Fliegengewicht) ist ein Strukturmuster, das es ermöglicht Objekte kleinster Granularität gemeinsam zu nutzen. So kann der Speicherbedarf für große Mengen gleicher Exemplare verringert werden. (Siehe [Gam96], S. 223)

12 Monotools sind eine Umsetzung für einfache Werkzeuge in JWAM. Eine Aufteilung in Interaktionskomponente und Funktionskomponente findet in Monotools nicht statt.



**Die Umgebung in JWAM.** Hier werden die Kernkonzepte aus WAM wie etwa Werkzeug, Automat oder Material und deren Umsetzung und Einbindung in das JWAM-Framework vorgestellt. Das Thema wird nur kurz erwähnt.

**Werkzeugkonstruktion in JWAM (Subwerkzeuge).** Kombi- und Subwerkzeuge bieten die Möglichkeit, ein Werkzeug unter fachlichen Gesichtspunkten zu strukturieren. In mehreren Werkzeugen nutzbare Teile können als Subwerkzeuge in mehreren Kombiwerkzeugen wiederverwendet werden. Das Thema wird umfassend behandelt. Es beinhaltet die folgenden Teilschritte:

1. Konzept und Motivation
2. Kombi- und Subwerkzeuge in JWAM
3. Kombi- und Subwerkzeuge in DABR-E

Hier werden die Kommunikationsmechanismen *Event*<sup>13</sup> und *Request*<sup>14</sup> und die dazu gehörenden Entwurfsmuster *Observer*<sup>15</sup> und *Chain of Responsibility*<sup>16</sup> nicht erklärt. Sie werden später in den eigenständigen Schulungsthemen *Kommunikationsmechanismen* und *Entwurfsmuster* behandelt. Die Kommunikationsmechanismen wären hilfreich für das Verständnis des Schrittes *Kombi- und Subwerkzeuge in JWAM*.

In allen Punkten entspricht die Reihenfolge der durch die Abstraktionshierarchie bestimmten Reihenfolge und der durch die benötigten Vorkenntnisse bedingten Ordnung. Es werden immer erst die abstrakteren Inhalte vermittelt und dann die konkreteren. Jeder Teilschritt liefert die Grundlage für das Verständnis des nächsten Teilschritts

**Entwurfsmuster.** Hier werden einige Entwurfsmuster vorgestellt, die in der Werkzeugkonstruktion nicht benötigt werden. Das Thema wird umfassend behandelt, hat aber keinen Bezug zu WAM und JWAM. Im Rahmen von WAM und JWAM benötigte Entwurfsmuster werden entweder im Thema *Fachwerte* behandelt (*Flyweight Pattern*) oder im Thema *Kommunikationsmechanismen* (*Chain of Responsibility* und *Observer*).

**Kommunikationsmechanismen.** Hier werden die beiden Kommunikationsmechanismen *Event* und *Request* vorgestellt, die im vorangegangenen Thema *Werkzeugkonstruktion in JWAM (Subwerkzeuge)* angesprochen wurden. Die Behandlung des Themas umfasst auch die beiden Entwurfsmuster *Chain of Responsibility* und *Observer*.

---

13 Mit einem *Event* benachrichtigt eine Funktionskomponente eine Interaktionskomponente eines Werkzeugs über eine Zustandsänderung eines Materials (Siehe [Zül98], S. 246ff). Ein *Event* ist eine Umsetzung des *Observer* Musters.

14 Mit *Requests* werden Anforderungen von untergeordneten Komponenten wie Subwerkzeuge an übergeordnete Komponenten wie Kontextwerkzeuge weitergeleitet (Siehe [Zül98], S. 280ff). Der *Request*-Mechanismus in JWAM ist eine Umsetzung des *Chain of Responsibility* Musters.

15 *Observer* (Beobachter) ist ein Verhaltensmuster, das das Benachrichtigen eines oder mehrerer Objekte als Reaktion auf die Änderung des Zustandes eines beobachteten Objektes ermöglicht. Das Muster verhindert die gegenseitige Abhängigkeit von beobachtendem und beobachtetem Objekt. (Siehe [Gam96], S. 287)

16 *Chain of Responsibility* (Zuständigkeitskette) ist ein Verhaltensmuster, das die Kopplung des Auslösers einer Anfrage an den Empfänger verhindert und mehr als einem Empfänger ermöglicht, die Anfrage zu bearbeiten. (Siehe [Gam96], S. 410)

**Fachliche Dienstleister.** Hier wird die Verwendung fachliche Dienstleister motiviert und es werden Lösungen für die Umsetzung von fachlichen Dienstleitern in Softwaresystemen vorgestellt. Das Thema wird nur kurz angesprochen.

Die grobe Struktur der relevanten Themen an diesem Schulungstermin ist folgende: Ein Thema wird in Teilschritten präsentiert. Die einzelnen Schritte entsprechen Ebenen der Abstraktionshierarchie, die Schritte werden in der Reihenfolge der Abstraktionshierarchie präsentiert, vom Abstrakten zum Konkreten. Der jeweils vorangegangene Schritt liefert einen Kontext und Vorkenntnisse für den jeweils aktuellen Schritt. Es werden gegebenenfalls zusätzliche Inhalte vermittelt, wenn diese Inhalte für das Verständnis eines Schrittes notwendig sind. Die zusätzlichen Inhalte werden in einem Fall genau vor dem Teilschritt präsentiert, in dem sie benötigt werden, oder im anderen Fall im Rahmen eines späteren Themas. Die Reihenfolge der Teilschritte entspricht damit genau der durch die benötigten Vorkenntnisse bedingten Ordnung oder sie entspricht im zweiten Fall mit Ausnahme eines Teilschrittes der durch die benötigten Vorkenntnisse bedingten Ordnung der Teilschritte.

Der Vermittlungsprozess am ersten analysierten Schulungstermin hat eine Struktur, die sich im Sinne der Forschungsfrage  $Q_3$  an der Struktur der zu vermittelnden Architektur orientiert. Die Struktur des Vermittlungsprozesses ist im Sinne von Forschungsfrage  $Q_{3.1}$  der Struktur der Architektur sehr ähnlich.

**Themen am zweiten Schulungstermin.** Am zweiten der beiden analysierten Schulungstermine werden die folgenden Themen in Übungsaufgaben behandelt:

1. Zusammengesetzte Fachwerte und Validierung dieser in der GUI
2. Werkzeughierarchien und Werkzeugabstraktionen
3. Werkzeug-Fachlogik

In den folgenden Abschnitten werden die Themen genauer beschrieben.

**Zusammengesetzte Fachwerte und Validierung dieser in der GUI.** Der Inhalt entspricht dem des Themas *Fachwerte* aus dem ersten Schulungstermin. Die Behandlung des Themas ist beschränkt auf eine Übungsaufgabe zur Umsetzung des Themas im Softwaresystem.

**Werkzeughierarchien und Werkzeugabstraktionen.** Der Inhalt entspricht dem des Themas *Einfache Werkzeuge* aus dem ersten Schulungstermin. Die Behandlung des Themas ist beschränkt auf eine Übungsaufgabe zur Umsetzung des Themas im Softwaresystem.

**Werkzeug-Fachlogik.** Der Inhalt entspricht dem des Themas *Einfache Werkzeuge* aus dem ersten Schulungstermin. Die Behandlung des Themas ist beschränkt auf eine Übungsaufgabe zur Umsetzung des Themas im Softwaresystem.

Die Behandlung der Themen an diesem Schulungstermin beschränkt sich auf die programmiersprachliche Umsetzung. Es wird vor allem der letzte Schritt bezüglich der Abstraktionshierarchie behandelt, zusätzlich gibt es einzelne kurze Erklärungen zu JWAM. Benötigte Vorkenntnisse werden kurz erwähnt, aber nicht behandelt. Vorangegangene Schritte aus der Abstraktionshierarchie oder Schritte zur Erklärung benutzter Mechanismen fehlen in der Behandlung der Themen am zweiten Schulungstermin. Der zweite Schulungstermin baut hier auf den vorangegangenen Terminen auf.

Der Vermittlungsprozess am zweiten analysierten Schulungstermin hat eine Struktur, die sich im Sinne der Forschungsfrage  $Q_3$  nicht an der Struktur der zu vermittelnden Architektur orientiert. Die Struktur des Vermittlungsprozesses ist im Sinne von Forschungsfrage  $Q_{3.1}$  der Struktur der Architektur nicht sehr ähnlich. Die Struktur des Vermittlungsprozesses am zweiten Schulungstermin dient in der folgenden Analyse als Kontrast zur Struktur des Vermittlungsprozesses am ersten Schulungstermin.

### 5.2.3 Repräsentativität des Beispielschulungskurses

Die drei Themen des Beispielkurses, die Gegenstand der Analyse werden können, sind *Fachwerte*, *Einfache Werkzeuge* und *Kombi- und Subwerkzeuge*. Das sind die Themen, die am ersten Schulungstermin in ausreichender Vollständigkeit präsentiert werden, und die sowohl am ersten als auch am zweiten Schulungstermin behandelt werden. Sie können nur dann sinnvoller Gegenstand der Analyse sein, wenn ihre Struktur repräsentativ ist für die Vermittlung von Architekturwissen im Kontext von WAM und JWAM. Ein Vergleich mit den Strukturen entsprechender Themen aus dem Konstruktionshandbuch und mit den Strukturen entsprechender Themen aus vorangegangenen Schulungsterminen wird zeigen, ob die Strukturen dieser Themen im Schulungskurs repräsentativ sind. Basis des Vergleichs ist jeweils die vollständige Behandlung der Themen am ersten Schulungstermin.

**Fachwerte im Konstruktionshandbuch.** Das Thema *Fachwerte* wird im Konstruktionshandbuch in den folgenden Teilschritten behandelt (Siehe [Zül98], S. 317ff):

1. Problem, Kontext und Lösung
2. Umsetzung der Wertsemantik mit Objekten
3. Hilfreiche Muster für die Umsetzung der Wertsemantik mit Objekten, unter anderem das *Flyweight Pattern*.

Die ersten beiden Punkte *Fachliche Behälter* und *Problem, Kontext und Lösung* entsprechen dem Punkt *Konzept* in der Behandlung des Themas im Schulungskurs. Der dritte Punkt *Umsetzung der Wertsemantik mit Objekten* entspricht dem Punkt *Umsetzung mit OOP* in der Behandlung des Themas im Schulungskurs. Der vierte Punkt entspricht dem Punkt *Flyweight Pattern* in der Behandlung des Themas im Schulungskurs.

JWAM und DABR-E werden im Konstruktionshandbuch nicht behandelt. Im Konstruktionshandbuch übernimmt das Rahmenwerk des GEBOS-Projektes<sup>17</sup> die Rolle von JWAM im Schulungskurs und die Beispiele GEBOS und Pausenplaner<sup>18</sup> die Rolle von DABR-E im Schulungskurs. GEBOS und das GEBOS Rahmenwerk werden nach dem Thema *Fachwerte* behandelt. Hier werden gelegentlich *Fachwerte* erwähnt und ihre Kenntnis vorausgesetzt, sie werden aber nicht weiter erläutert. Der Pausenplaner wird als Kontext für Beispiele genutzt, er stellt aber im Gegensatz zu DABR-E keine eigenständige Stufe der Abstraktionshierarchie

---

17 GEBOS (Genossenschaftliches Bürokommunikations- und Organisationssystem) ist das erste große Anwendungssystem nach dem Werkzeug & Material Ansatz.

18 Der Pausenplaner ist ein kleines Softwaresystem, das als begleitendes Beispiel im Konstruktionshandbuch verwendet wird. Die Kernfunktionalität des Pausenplaners besteht darin, Aufsichtspersonen sinnvoll auf Pausen und Pausenorte zu verteilen. (Siehe [Zül98], S. 15)

dar. Er ist vielmehr begleitendes Beispiel und wird benutzt, um auf bestimmten Stufen der Abstraktionshierarchie die zu vermittelnden Inhalte anschaulich zu präsentieren.

In der Schnittmenge der behandelten Inhalte entsprechen sich die Inhalte des Themas Fachwerte und deren Reihenfolge im Schulungskurs und im Konstruktionshandbuch.

**Fachwerte in anderen Schulungen.** An vorangegangenen Schulungsterminen wurde das Thema *Fachwerte* genau so behandelt, wie am ersten Schulungstermin. Die Schulungsunterlagen für das Thema stammen aus dem Repertoire an Foliensätzen, sie wurden nur minimal an den aktuellen Schulungskurs angepasst. Sowohl die Inhalte als auch deren Reihenfolge entsprechen im aktuellen Schulungskurs genau den Inhalten und deren Reihenfolge in vorangegangenen Schulungskursen.

**Einfache Werkzeuge im Konstruktionshandbuch.** *Einfache Werkzeuge* sind mit der wichtigste Bestandteil der WAM Architektur, sie werden deshalb an verschiedenen Stellen im Konstruktionshandbuch behandelt und nicht als ein abgeschlossenes Thema wie im Schulungskurs. Diese Stellen sind vor allem:

1. Werkzeuge als Entwurfsmetapher<sup>19</sup> (Siehe [Zül98], S. 83)
2. WAM-Konzeptionsmuster<sup>20</sup> (Siehe [Zül98], S. 171)
3. WAM-Entwurfsmuster<sup>21</sup> (Siehe [Zül98], S. 200ff)
4. Rahmenwerkbasierte Modellarchitektur (Siehe [Zül98], S. 324ff)

Das Konstruktionshandbuch führt dabei vom Abstrakten zum Konkreten. Der Inhalt der ersten drei Punkte entspricht dem Teilschritt *Definition und Merkmale* in der Behandlung des Themas im Schulungskurs.

JWAM und DABR-E werden im Konstruktionshandbuch nicht behandelt. Wie bereits beim Thema *Fachwerte* wird im Konstruktionshandbuch das Thema *Werkzeugkonstruktion* auf der Abstraktionsebene des Rahmenwerkes mit Hilfe von GEBOS veranschaulicht. GEBOS wird im Konstruktionshandbuch auch auf der Abstraktionsebene eines Softwaresystems behandelt, allerdings ohne auf das Thema *Werkzeugkonstruktion* auf dieser Ebene einzugehen.

Im Konstruktionshandbuch liegt der Schwerpunkt auf abstrakten Konzepten. In der Regel entspricht die Behandlung im Konstruktionshandbuch den ersten Teilschritten der Behandlung eines Themas in Schulungskursen. Spätere Teilschritte beziehen sich meist auf JWAM oder ein konkretes Softwaresystem. Diese Teile werden nicht ausführlich im Konstruktionshandbuch behandelt, wenn sie oder vergleichbare Teile im Konstruktionshandbuch erwähnt werden, dann nur zum Veranschaulichen der ausführlich behandelten abstrakten Konzepte.

---

19 „Eine Entwurfsmetapher ist eine bildhafte, gegenständliche Vorstellung, die ein Leitbild fachlich und konstruktiv ausgestaltet, d.h. konkretisiert.“ ([Zül98], S. 79)

20 „Konzeptionsmuster sind für Entwickler gedacht und unterstützen die Modellierung des Anwendungsbereichs. Sie basieren auf den für alle Beteiligten verständlichen Entwurfsmetaphern und sind auf einen begrenzten Anwendungsbereich ausgerichtet.“ ([Zül98], S. 105)

21 „Entwurfsmuster (Design Patterns) verbinden die fachlichen Aussagen der Konzeptionsmuster mit den konstruktiven Anforderungen eines objektorientierten Entwurfs.“ ([Zül98], S. 107)

In der Schnittmenge der behandelten Inhalte entsprechen sich die Inhalte im Schulungskurs und im Konstruktionshandbuch. Sowohl Schulungskurs als auch Konstruktionshandbuch führen in Schritten vom Abstrakten zum Konkreten.

**Einfache Werkzeuge in anderen Schulungen.** An vorangegangenen Schulungsterminen wurde das Thema *Einfache Werkzeuge* genau so behandelt, wie am ersten Schulungstermin. Die Schulungsunterlagen für das Thema stammen aus dem Repertoire an Foliensätzen, sie wurden nur minimal an den aktuellen Schulungskurs angepasst. Sowohl die Inhalte als auch deren Reihenfolge entsprechen im aktuellen Schulungskurs genau den Inhalten und deren Reihenfolge in vorangegangenen Schulungskursen.

**Kombi- und Subwerkzeuge im Konstruktionshandbuch.** *Kombi- und Subwerkzeuge* stellen eine Erweiterung der einfachen Werkzeuge dar und werden durch das WAM-Entwurfsmuster *Werkzeugkomposition* beschrieben. Der Inhalt, der über den des Themas *Einfache Werkzeuge* hinausgeht, entspricht dem Teilschritt *Konzept und Motivation* in der Behandlung des Themas *Kombi- und Subwerkzeuge* im Schulungskurs. Genau wie beim Thema *Einfache Werkzeuge* findet eine Behandlung des Themas auf einem JWAM oder DABR-E entsprechenden Abstraktionsniveaus nicht statt.

**Kombi- und Subwerkzeuge in anderen Schulungen.** An vorangegangenen Schulungsterminen wurde das Thema mit der folgenden Reihenfolge der Teilschritte behandelt:

1. Konzepte und Definitionen (Kontextwerkzeug, Subwerkzeug)
2. Rückkopplung mit Events
3. Rückkopplung mit Requests
4. GUI-Handhabung (Dieser Teilschritt beinhaltet eine Zusammenfassung des Ganzen und den Übergang vom Theorieteil zum Praxisteil.)

Hier werden die Kommunikationsmechanismen behandelt, die am ersten untersuchten Schulungstermin fehlen. Die Werkzeugkonstruktion in JWAM wird mit Hilfe der Kommunikationsmechanismen im zweiten und dritten Schritt vermittelt, und die verwendeten Mechanismen *Chain of Responsibility* und *Request* werden hier im jeweiligen Teilschritt behandelt. Die Vorgehensweise hier entspricht der beim *Flyweight Pattern* im Thema *Fachwerte* am ersten analysierten Schulungstermin.

Das nachträgliche Behandeln der Kommunikationsmechanismen im Thema *Kombi- und Subwerkzeuge* im ersten Schulungskurs ist nicht repräsentativ, in vorangegangenen Schulungskursen wird dieser Inhalt an der Stelle vermittelt, an der der nächste Schritt den Inhalt als Vorkenntnisse benötigt.

## 5.2.4 Zu überprüfende Annahmen

Die Hypothese und die Forschungsfragen implizieren, dass die Vermittlung eines Themas dann am besten ist, wenn die Struktur der Vermittlung des Themas ähnlich der Struktur der zu vermittelnden Architektur ist ( $Q_3$ ). Die folgenden Annahmen verdeutlichen diese Implikation für einige repräsentative Themen des Beispielskurses. Die Annahmen werden in den folgenden Abschnitten am Beispielschulungskurs überprüft.

**Annahme A<sub>1</sub>:** Der Vermittlungsprozess beim Thema *Fachwerte* hat am ersten Termin eine Struktur, die der Struktur des Themas *Fachwerte* in der Architektur sehr ähnlich ist. Diese Struktur ist vor allem gekennzeichnet durch die Abstraktionshierarchie. Die Behandlung des Themas beginnt bei den abstrakten Konzepten und wird dann schrittweise konkreter, über die Modellarchitektur, über das Rahmenwerk bis zur Umsetzung im Softwaresystem. Am zweiten Schulungstermin entspricht die Struktur des Vermittlungsprozesses keiner Struktur der Architektur. Nach der Hypothese müsste die Vermittlung des Themas *Fachwerte* am ersten Schulungstermin deshalb effektiver und effizienter sein, als am zweiten Termin.

**Annahme A<sub>2</sub>:** Der Vermittlungsprozess beim Thema *Werkzeugkonstruktion in JWAM* hat am ersten Termin eine Struktur, die der Struktur des Themas in der Architektur ähnlich ist. Die Ähnlichkeit entspricht der beim vorangegangenen Thema *Fachwerte*, ist aber weniger deutlich ausgeprägt. Am zweiten Schulungstermin entspricht der Struktur des Vermittlungsprozesses keine Struktur der Architektur. Nach der Hypothese müsste die Vermittlung des Themas *Werkzeugkonstruktion in JWAM* am ersten Schulungstermin deshalb effektiver und effizienter sein, als am zweiten Termin. Der Unterschied zwischen der Vermittlungsqualität der beiden Themen sollte weniger deutlich ausfallen als in der vorangegangenen Annahme A<sub>1</sub>.

**Annahme A<sub>3</sub>:** Der Vermittlungsprozess beim Thema *Fachwerte* hat am ersten Termin eine Struktur, die der Struktur des Themas *Fachwerte* in der Architektur sehr ähnlich ist. Der Vermittlungsprozess beim Thema *Werkzeugkonstruktion in JWAM* hat am ersten Termin eine Struktur, die der Struktur des Themas in der Architektur weniger ähnlich ist. Nach der Hypothese müsste die Vermittlung des Themas *Fachwerte* am ersten Schulungstermin deshalb effektiver und effizienter sein, als die Vermittlung des Themas *Werkzeugkonstruktion in JWAM*. Ein Vergleich verschiedener Themen ist grundsätzlich schwierig, da die Unterschiede der Themen selbst einen größeren Einfluss haben können als die Unterschiede der Struktur ihrer Vermittlung. Hier ist der Vergleich möglich, da durch das Wiederholen der Themen an diesem und an vorangegangenen Schulungsterminen beide Themen an diesem Schulungstermin den gleichen Schwierigkeitsgrad haben. Der Umfang der Erweiterung des Themas in der jeweils aktuellen Iteration ist bei beiden Themen etwa gleich.

**Annahme A<sub>4</sub>:** Der Vermittlungsprozess beim Thema *Fachwerte* hat am ersten Termin eine Struktur, die der Struktur des Themas *Fachwerte* in der Architektur sehr ähnlich ist. Der Vermittlungsprozess beim Thema *Kombi- und Subwerkzeuge* hat am ersten Termin eine Struktur, die der Struktur des Themas in der Architektur weniger ähnlich ist. Nach der Hypothese müsste die Vermittlung des Themas *Fachwerte* am ersten Schulungstermin deshalb effektiver und effizienter sein, als die Vermittlung des Themas *Kombi- und Subwerkzeuge*. Der Unterschied zwischen der Vermittlungsqualität der beiden Themen sollte weniger deutlich ausfallen als in der vorangegangenen Annahme A<sub>3</sub>, da beim Thema *Kombi- und Subwerkzeuge* benötigte Vorkenntnisse ausgelassen wer-

den und der Vermittlungsprozess deshalb hier etwas weniger gut sein müsste, als beim Thema *Werkzeugkonstruktion in JWAM*.

Die in den Annahmen erwähnte Qualität des Vermittlungsprozesses bezeichnet vor allem die Effektivität und die Effizienz des Vermittlungsprozesses. Nach Klafki ([Kla70], S.69) sind das die Qualitätskriterien, die ausschlaggebend sind für einen Lernprozess mit einem Höchstmaß an Wirksamkeit. Effektivität ist das primäre Qualitätskriterium und gibt an, ob das Wissen bei den Teilnehmern angekommen ist. Effizienz ist das sekundäre Qualitätskriterium und bezeichnet das Maß, das angibt, wie schnell oder einfach den Teilnehmern das Wissen vermittelt werden konnte. Hierfür ist vor allem die Nachvollziehbarkeit wichtig und der angemessene Schwierigkeitsgrad.

Nachvollziehbarkeit bezeichnet das Maß, in dem die Kursteilnehmer in der Lage sind, der Schulung zu folgen. Die Analyse versucht, von den einzelnen Lernenden und Lehrenden zu abstrahieren und nur in der Struktur des Schulungskurses begründete Einflüsse auf die Nachvollziehbarkeit zu berücksichtigen. Nachvollziehbarkeit wird vor allem durch ausreichende Vorkenntnisse erreicht.

Die Teilschritte und Aufgaben müssen einen angemessenen Schwierigkeitsgrad haben. Sie sollten weder zu einfach noch zu schwierig sein. Der angemessene Schwierigkeitsgrad steht in Bezug zum angemessenen Umfang. Schwierigere Themen sollten in größerem Umfang behandelt werden, einfachere Themen sollten in geringerem Umfang behandelt werden. Ob die Lernenden den Schwierigkeitsgrad und Umfang von Teilschritten als angemessen empfinden, kann Hinweise darauf geben, ob die Aufteilung eines Themas in Teilschritte für den Schulungskurs gut gewählt ist.

### 5.2.5 Fragebögen

Die Untersuchung der Hypothese in der Praxis in diesem Abschnitt basiert vor allem auf Fragebögen an Lernende. Dieser Abschnitt stellt die Fragebögen vor, mit deren Hilfe die bereits genannten Annahmen überprüft werden. Die Kursteilnehmer haben die Fragebögen jeweils gegen Ende eines der beiden analysierten Schulungstermine ausgefüllt.

Ein Teil der Fragen dient dazu, die Erfahrungen der Kursteilnehmer am jeweiligen Schulungstermin zu erfassen. Die Fragen, wie viel die Teilnehmer gelernt haben und wie leicht ihnen das Lernen gefallen ist, geben wichtige Hinweise für die Einschätzung der Qualität des Vermittlungsprozesses.

Der zweite Teil der Fragen dient dazu, die Strukturen der Vermittlungsprozesse verschiedener Themen miteinander zu vergleichen. Gegenstand der Vergleiche sind gleiche Themen an verschiedenen Schulungsterminen und verschiedene Themen ähnlicher Komplexität am selben Schulungstermin. Die verglichenen Themen haben Strukturen, die sich unterschiedlich stark an der Struktur der zu vermittelnden Architektur orientieren. Wenn es Unterschiede in der Qualität der Schulungen zu den Themen gibt, sollte sich eine Verbindung zwischen der Ähnlichkeit der Strukturen und der Qualität der Schulung zeigen lassen.

## 5.2 Interviews mit Lernenden, Fragebögen an Lernende

---

In Anhang B ist der Fragebogen des ersten Schulungstermins wiedergegeben, in Anhang C ist der Fragebogen des zweiten Schulungstermins wiedergegeben. Tabelle 5-2 zeigt das im Folgenden benutzte Schema zur Darstellung der Ergebnisse.

Nr.	Fragestellung			
	Antwort 1	Antworten pro Abstufung	Antwort 2	Ergebnis

*Tabelle 5-2: Schema der Darstellung der Ergebnisse*

Das wiedergegebene Ergebnis ist der gewichtete und normalisierte Mittelwert der Antworten. Das Ergebnis liegt auf einer Skala von -1 bis +1 zwischen Antwort 1 und Antwort 2. Ein Betrag des Ergebnisses von mindestens 0,25 bedeutet ein eindeutiges Ergebnis zugunsten einer der beiden Antworten. Bei so einem Ergebnis hätten sich etwa die Hälfte der Befragten für eine bestimmte Abstufung als Antwort entschieden statt für eine benachbarte Abstufung. Ein Betrag des Ergebnisses von weniger als 0,125 bedeutet ein nicht mehr signifikantes Ergebnis. Bei so einem Ergebnis hätten sich nur ein oder maximal zwei der Befragten für eine bestimmte Abstufung als Antwort entschieden statt für eine benachbarte Abstufung. In Anhang A ist die Methodik der Auswertung der Fragebögen ausführlicher erklärt.

### 5.2.6 Überprüfung der Annahmen

In diesem Abschnitt findet die Überprüfung der Annahmen auf Basis der Fragebögen statt. Die folgenden vier Vergleiche überprüfen die Annahmen  $A_1$  bis  $A_4$ .

**Vergleich des Themas *Fachwerte* an beiden Schulungsterminen.** Am ersten Schulungstermin entspricht die Struktur des Vermittlungsprozesses im Wesentlichen der Struktur der Architektur, im zweiten Schulungskurs nicht. Am zweiten Schulungstermin ist die Behandlung des Themas auf den letzten Teilschritt aus der Behandlung des Themas am ersten Schulungstermin beschränkt. Trifft die Hypothese zu, sollten die Ergebnisse des Fragebogens eine bessere Vermittlung in der ersten Schulung als in der zweiten zeigen ( $A_1$ ).

Tabelle 5-3 zeigt die Fragen des Fragebogens vom zweiten Schulungstermin, die in diesem Vergleich für die Annahme sprechen, jeweils mit den Anzahlen der Antworten und dem berechneten Ergebnis.



1.4	Woher stammen Ihre Vorkenntnisse?								
1.4.3	Aus dem letzten Schulungsblock (16. bis 18.10.2006)								
	Ja, ausschließlich	0	0,5	3,5	1	1	0	Nein, gar nicht	<b>-0,08</b>
1.4.4	Aus diesem Schulungsblock (13. bis 14.11.2006)								
	Ja, ausschließlich	0	0	4	0	2	0	Nein, gar nicht	<b>0,00</b>
1.5	Das Thema <i>Fachwerte</i> wurde im letzten Schulungsblock (16. bis 18.10.2006) bereits behandelt.								
1.5.1	In welchem Schulungsblock war die Vermittlung der Inhalte besser?								
	16. bis 18.10.2006	0	1	5,5	0,5	0	0	13. bis 14.11.2006	<b>-0,33</b>

*Tabelle 5-3: Fragen zum Vergleich des Themas Fachwerte an beiden Schulungsterminen*

Der Vergleich der Ergebnisse der Fragen 1.4.3 und 1.4.4 zeigt, dass die Teilnehmer ihre Kenntnisse eher am ersten Schulungstermin als am zweiten Schulungstermin erworben haben. Dieser Vergleich liefert aber kein ausreichend signifikantes Ergebnis. Das Ergebnis der Frage 1.5.1 zeigt deutlich, dass die Teilnehmer die Vermittlung der Inhalte am ersten Schulungstermin als besser empfunden haben.

Tabelle 5-4 zeigt die Fragen des zweiten Fragebogens, die in diesem Vergleich gegen die Annahme sprechen oder die die bereits genannten Punkte für die Annahme relativieren.

1.4	Woher stammen Ihre Vorkenntnisse?								
1.4.2	Aus der Schulung (ohne diesen und den vorherigen Schulungsblock)								
	Ja, ausschließlich	3	3	1	0	0	0	Nein, gar nicht	<b>-0,76</b>
1.5.4	In welchem Schulungsblock haben Sie mehr gelernt?								
	16. bis 18.10.2006	0	1	2,5	0,5	3	0	13. bis 14.11.2006	<b>0,10</b>
1.5.5	In welchem Schulungsblock ist Ihnen das Verständnis der Inhalte leichter gefallen?								
	16. bis 18.10.2006	0	1	1	4	1	0	13. bis 14.11.2006	<b>0,19</b>

*Tabelle 5-4: Fragen zum Vergleich des Themas Fachwerte an beiden Schulungsterminen*

Das Ergebnis der Frage 1.4.2 relativiert das ohnehin wenig deutliche Ergebnis des Vergleiches der Fragen 1.4.3 und 1.4.4. An beiden untersuchten Schulungsterminen haben die Teilnehmer im Vergleich mit vorangegangenen Schulungsterminen keine oder fast keine Kenntnisse mehr erworben. Der Unterschied zwischen den untersuchten Schulungsterminen ist im Vergleich mit vorangegangenen Schulungsterminen bedeutungslos. Die Fragen 1.5.4 und 1.5.5 deuten an, dass der Vermittlungsprozess am zweiten Schulungstermin besser war, als am ersten Schulungstermin. Das widerspricht dem Ergebnis von Frage 1.5.1, die Ergebnisse der Fragen 1.5.4 und 1.5.5 sind aber nicht ausreichend signifikant, um das Ergebnis der Frage 1.5.1 zu widerlegen.

Dieser Vergleich zeigt eine schwache aber erkennbare Unterstützung für die Annahme  $A_1$ .

## 5.2 Interviews mit Lernenden, Fragebögen an Lernende

**Vergleich des Themas *Werkzeuge* an beiden Schulungsterminen.** Am ersten Schulungstermin entspricht die Struktur der Vermittlung des Themas eher der Struktur der Architektur als am zweiten Schulungstermin. Am zweiten Schulungstermin ist die Behandlung des Themas auf den letzten Teilschritt aus der Behandlung des Themas am ersten Schulungstermin beschränkt. Trifft die Hypothese zu, sollten die Ergebnisse des Fragebogens eine bessere Vermittlung am ersten Schulungstermin als am zweiten Schulungstermin zeigen, allerdings etwas weniger deutlich ausgeprägt als im Vergleich zum Thema *Fachwerte* ( $A_2$ ).

Tabelle 5-5 zeigt die Fragen des Fragebogens vom zweiten Schulungstermin, die in diesem Vergleich für die Annahme sprechen, jeweils mit den Anzahlen der Antworten und dem berechneten Ergebnis.

2.4	Woher stammen Ihre Vorkenntnisse?								
2.4.3	Aus dem letzten Schulungsblock (16. bis 18.10.2006)								
	Ja, ausschließlich	0	1	3	1	1	1	Nein, gar nicht	<b>0,05</b>
2.4.4	Aus diesem Schulungsblock (13. bis 14.11.2006)								
	Ja, ausschließlich	0	1	2	2	1	1	Nein, gar nicht	<b>0,14</b>
2.5	Das Thema <i>Werkzeuge</i> wurde im letzten Schulungsblock (16. bis 18.10.2006) bereits behandelt.								
2.5.1	In welchem Schulungsblock war die Vermittlung der Inhalte besser?								
	16. bis 18.10.2006	0	1	4,5	1,5	0	0	13. bis 14.11.2006	<b>-0,24</b>

Tabelle 5-5: Fragen zum Vergleich des Themas *Werkzeuge* an beiden Schulungsterminen

Der Vergleich der Ergebnisse der Fragen 2.4.3 und 2.4.4 zeigt, dass die Teilnehmer ihre Kenntnisse eher am ersten Schulungstermin als am zweiten Schulungstermin erworben haben. Dieser Vergleich liefert aber kein ausreichend signifikantes Ergebnis. Das Ergebnis der Frage 2.5.1 zeigt ziemlich deutlich, dass die Teilnehmer die Vermittlung der Inhalte am ersten Schulungstermin als besser empfunden haben.

Tabelle 5-6 zeigt die Fragen des zweiten Fragebogens, die in diesem Vergleich gegen die Annahme sprechen oder die die bereits genannten Punkte für die Annahme relativieren.

2.4	Woher stammen Ihre Vorkenntnisse?								
2.4.2	Aus der Schulung (ohne diesen und den vorherigen Schulungsblock)								
	Ja, ausschließlich	1	6	0	0	0	0	Nein, gar nicht	<b>-0,71</b>
2.5	Das Thema <i>Werkzeuge</i> wurde im letzten Schulungsblock (16. bis 18.10.2006) bereits behandelt.								
2.5.5	In welchem Schulungsblock ist Ihnen das Verständnis der Inhalte leichter gefallen?								
	16. bis 18.10.2006	0	1	2	3	1	0	13. bis 14.11.2006	<b>0,05</b>

Tabelle 5-6: Fragen zum Vergleich des Themas *Werkzeuge* an beiden Schulungsterminen

Das Ergebnis der Frage 2.4.2 relativiert das ohnehin schwache Ergebnis des Vergleiches der Fragen 2.4.3 und 2.4.4. An beiden untersuchten Schulungsterminen haben die Teilnehmer im

Vergleich mit vorangegangenen Schulungsterminen keine oder fast keine Kenntnisse mehr erworben. Der Unterschied zwischen den untersuchten Schulungsterminen ist im Vergleich mit vorangegangenen Schulungsterminen bedeutungslos. Die Frage 2.5.5 deutet an, dass der Vermittlungsprozess am zweiten Schulungstermin besser war, als am ersten Schulungstermin. Das widerspricht dem Ergebnis von Frage 2.5.1, das Ergebnis der Frage 2.5.5 ist aber nicht ausreichend signifikant, um das Ergebnis der Frage 2.5.1 zu widerlegen.

Dieser Vergleich zeigt eine schwache aber erkennbare Unterstützung für die Annahme  $A_2$ .

**Vergleich der Themen *Fachwerte* und *Einfache Werkzeuge* am ersten Schulungstermin.** Im ersten Thema entspricht die Struktur des Vermittlungsprozesses im Wesentlichen der Struktur der Architektur, im zweiten Thema weniger. Trifft die Hypothese zu, sollten die Ergebnisse des Fragebogens eine etwas bessere Qualität der Vermittlung beim ersten Thema zeigen ( $A_3$ ).

Tabelle 5-7 zeigt die Fragen des Fragebogens vom ersten Schulungstermin, die in diesem Vergleich für die Annahme sprechen, jeweils mit den Anzahlen der Antworten und dem berechneten Ergebnis.

3.1	Welches der Themen war in der Schulung schwieriger nachzuvollziehen?							
	Fachwerte	0	1	5	2	0	Einfache Werkzeuge	<b>0,06</b>
3.2	Bei welchem der Themen war die Vermittlung der Inhalte besser?							
	Fachwerte	0	1	7	0	0	Einfache Werkzeuge	<b>-0,06</b>
3.3	Die Schulung zu Fachwerten führt Schritt für Schritt von Abstrakten zum Konkreten und kommt erst ganz zum Schluss zu JWAM und zu Beispielen aus DABR-E. Die Schulung zu einfachen Werkzeugen beschäftigt sich fast ausschließlich mit JWAM und Beispielen aus DABR-E. Sollte nicht lieber jedes der Themen so geschult werden, wie das andere?							
	<i>Fachwerte sollte so geschult werden wie Einfache Werkzeuge</i>	0	0	4	3	1	<i>Einfache Werkzeuge sollte so geschult werden wie Fachwerte</i>	<b>0,25</b>

Tabelle 5-7: Fragen zum Vergleich der Themen *Fachwerte* und *Einfache Werkzeuge* am ersten Schulungstermin

Das Ergebnis der Frage 3.1 zeigt, dass die Teilnehmer das Thema *Fachwerte* etwas leichter nachvollziehen konnten als das Thema *Einfache Werkzeuge*. Das Ergebnis der Frage 3.2 zeigt, dass sie die Vermittlung beim Thema *Fachwerte* als etwas besser empfunden haben als beim Thema *Einfache Werkzeuge*. Sowohl das Ergebnis der Frage 3.1 als auch das Ergebnis der Frage 3.2 sind nicht ausreichend deutlich. Das Ergebnis der Frage 3.3 zeigt, dass die Teilnehmer die Art der Vermittlung des Themas *Fachwerte* der Art der Vermittlung des Themas *Einfache Werkzeuge* vorziehen.

Die Fragestellung in Frage 3.3 kann suggestiv aufgefasst werden und dadurch das Ergebnis beeinflussen. Da die Fragestellung aber keine der möglichen Antworten bevorzugt, lässt sich an den Antworten ablesen, welchen der beiden Vermittlungsprozesse die Kursteilnehmer bevorzugt haben.

## 5.2 Interviews mit Lernenden, Fragebögen an Lernende

Tabelle 5-8 zeigt die Fragen des ersten Fragebogens, die in diesem Vergleich gegen die Annahme sprechen oder die die bereits genannten Punkte für die Annahme relativieren.

1.2	Haben Sie den Eindruck, dass Sie jetzt genug über Fachwerte wissen, um Fachwerte einzusetzen?								
		Ja	1	4	2	0	1	Nein	<b>-0,25</b>
1.3	Das Thema <i>Fachwerte</i> wird in der Schulung in mehreren Schritten vermittelt. Bitte bewerten Sie diese Schritte nach ihrem Schwierigkeitsgrad.								
1.3.1	Das grundlegende Konzept für Fachwerte								
		einfach	3	4	1	0	0	schwierig	-0,63
1.3.2	Die Umsetzung der Wertsemantik mit Objekten								
		einfach	0	2	5	0	0	schwierig	-0,14
1.3.3	Das <i>Flyweight Pattern</i>								
		einfach	0	3	2	2	0	schwierig	-0,07
1.3.4	Fachwerte in JWAM2								
		einfach	0	4	4	0	0	schwierig	-0,25
1.3.5	Fachwerte in DABR-E								
		einfach	0	5	3	0	0	schwierig	-0,31
	Durchschnitt								<b>-0,28</b>
2.2	Haben Sie den Eindruck, dass Sie jetzt genug über einfache Werkzeuge wissen, um sie einzusetzen?								
		Ja	0	6	1	0	1	Nein	<b>-0,25</b>
2.3	Das Thema <i>Einfache Werkzeuge</i> wird in der Schulung in mehreren Schritten vermittelt. Bitte bewerten Sie diese Schritte nach ihrem Schwierigkeitsgrad.								
2.3.1	Die Metapher <i>Werkzeug</i>								
		einfach	2	5	1	0	0	schwierig	-0,56
2.3.2	Die Umsetzung der Werkzeugmetapher in JWAM (Monotools)								
		einfach	0	7	1	0	0	schwierig	-0,44
2.3.3	Verwendung von Monotools in DABR-E								
		einfach	0	5	3	0	0	schwierig	-0,31
	Durchschnitt								<b>-0,44</b>

Tabelle 5-8: Fragen zum Vergleich der Themen *Fachwerte* und *Einfache Werkzeuge* am ersten Schulungstermin

Die Fragen 1.3 und 2.3 zeigen, dass die Teilschritte des Themas *Einfache Werkzeuge* im Durchschnitt einfacher waren als die des Themas *Fachwerte*. Die in Frage 3.1 festgestellte bessere Nachvollziehbarkeit des Themas *Fachwerte* kann aus der Einfachheit des Themas folgen oder aus den größeren Vorkenntnissen und muss nicht zwingend mit der Gestaltung

des Vermittlungsprozesses zusammenhängen. Der Vergleich der Fragen 1.2 und 2.2 zeigt, dass die Teilnehmer bei beiden Themen genau den gleichen Eindruck haben, dass sie danach genug wissen, um die vermittelten Inhalte anzuwenden. Bei einem Unterschied in der Qualität der Vermittlungsprozesse beider Themen wäre hier auch ein Unterschied zu erwarten gewesen.

Es lässt sich so noch nicht zeigen, dass die Vermittlung an einem der beiden Schulungstermine besser war.

**Vergleich der Themen *Fachwerte* und *Kombi- und Subwerkzeuge* am ersten Schulungstermin.** In der Behandlung des ersten Themas entspricht die Struktur der Vermittlung im Wesentlichen der Struktur der Architektur. In der Behandlung des zweiten Themas ähneln sich die Strukturen weniger. In der Schulung zum zweiten Thema fehlt ein für das Verständnis hilfreicher Schritt. Trifft die Hypothese zu, sollten die Ergebnisse des Fragebogens eine bessere Vermittlung im ersten Thema zeigen. Der Unterschied in der Qualität der Vermittlung sollte deutlicher ausgeprägt sein, als im Vergleich zwischen den Themen *Fachwerte* und *Monotools*.

Tabelle 5-9 zeigt die Fragen des Fragebogens vom ersten Schulungstermin, die in diesem Vergleich für die Annahme sprechen, jeweils mit den Anzahlen der Antworten und dem berechneten Ergebnis.

1.2	Haben Sie den Eindruck, dass Sie jetzt genug über Fachwerte wissen, um Fachwerte einzusetzen?							<b>-0,25</b>
	Ja	1	4	2	0	1	Nein	
1.3	Das Thema <i>Fachwerte</i> wird in der Schulung in mehreren Schritten vermittelt. Bitte bewerten Sie diese Schritte nach ihrem Schwierigkeitsgrad.							
1.3.1	Das grundlegende Konzept für Fachwerte							-0,63
	einfach	3	4	1	0	0	schwierig	
1.3.2	Die Umsetzung der Wertsemantik mit Objekten							-0,14
	einfach	0	2	5	0	0	schwierig	
1.3.3	Das <i>Flyweight Pattern</i>							-0,07
	einfach	0	3	2	2	0	schwierig	
1.3.4	Fachwerte in JWAM2							-0,25
	einfach	0	4	4	0	0	schwierig	
1.3.5	Fachwerte in DABR-E							-0,31
	einfach	0	5	3	0	0	schwierig	
	Durchschnitt							<b>-0,28</b>
4.2	Haben Sie den Eindruck, dass Sie jetzt genug über Kombi- und Subwerkzeuge wissen, um sie einzusetzen?							<b>0,06</b>
	Ja	0	3	2	2	1	Nein	

## 5.2 Interviews mit Lernenden, Fragebögen an Lernende

4.3	Das Thema <i>Kombi- und Subwerkzeuge</i> wird in der Schulung in mehreren Schritten vermittelt. Bitte bewerten Sie diese Schritte nach ihrem Schwierigkeitsgrad.								
4.3.1	Konzept und Motivation								
	einfach	0	3	4	1	0	schwierig	-0,13	
4.3.2	Kombi- und Subwerkzeuge in JWAM								
	einfach	0	3	4	1	0	schwierig	-0,13	
4.3.3	Kombi- und Subwerkzeuge in DABR-E								
	einfach	0	3	4	1	0	schwierig	-0,13	
	Durchschnitt								<b>-0,13</b>
5.1	Welches der Themen war in der Schulung schwieriger nachzuvollziehen?								
	Fachwerte	0	1	0	5	0	Kombi- und Subwerkzeuge	<b>0,33</b>	
5.3	Die Schulung zu Fachwerten erklärt zunächst alle verwendeten Konzepte und Mechanismen (insbesondere das Flyweight-Pattern) und zeigt erst dann, wie das alles in JWAM eingesetzt wird. Die Schulung zu Kombi- und Subwerkzeugen beschäftigt sich fast sofort mit der Umsetzung in JWAM und spricht die Konzepte hinter den verwendeten Mechanismen Event und Request nur kurz an. (Die werden ja später in „Kommunikationsmechanismen“ im Detail erklärt.) Sollte nicht lieber jedes der Themen so geschult werden, wie das andere?								
	<i>Fachwerte sollte so geschult werden wie Kombi- und Subwerkzeuge</i>	0	0	6	2	0	<i>Kombi- und Subwerkzeuge sollte so geschult werden wie Fachwerte</i>	<b>0,13</b>	

Tabelle 5-9: Fragen zum Vergleich der Themen *Fachwerte* und *Kombi- und Subwerkzeuge* am ersten Schulungstermin

Das Ergebnis der Frage 5.1 zeigt, dass das Thema *Kombi- und Subwerkzeuge* schwieriger nachzuvollziehen war als das Thema *Fachwerte*. Der Vergleich der Ergebnisse der Fragen 1.3 und 4.3 zeigt, dass die Teilschritte des Themas *Fachwerte* im Durchschnitt einfacher sind, als die des Themas *Kombi- und Subwerkzeuge*. Der Vergleich der Ergebnisse der Fragen 1.2 und 4.2 zeigt, dass die Teilnehmer beim Thema *Fachwerte* deutlich stärker den Eindruck haben, dass sie danach genug wissen, um die vermittelten Inhalte anzuwenden. Beim Thema *Kombi- und Subwerkzeuge* haben sie eher nicht den Eindruck, dass sie genug wissen. Das Ergebnis von Frage 5.3 zeigt, dass die Teilnehmer der Ansicht sind, das Thema *Kombi- und Subwerkzeuge* sollte eher so geschult werden wie das Thema *Fachwerte*. Das Thema *Fachwerte* sollte nicht so geschult werden wie das Thema *Kombi- und Subwerkzeuge*.

Die Fragestellung in Frage 5.3 kann suggestiv aufgefasst werden und dadurch das Ergebnis beeinflussen. Da die Fragestellung aber keine der möglichen Antworten bevorzugt, lässt sich an den Antworten ablesen, welchen der beiden Vermittlungsprozesse die Kursteilnehmer bevorzugt haben.

Tabelle 5-10 zeigt die Fragen des ersten Fragebogens, die in diesem Vergleich gegen die Annahme sprechen oder die die bereits genannten Punkte für die Annahme relativieren.

1.1	Das, was Sie jetzt über Fachwerte wissen, haben Sie ...							
	schon alles vorher gewusst	0	6	0	2	0	alles gestern hier gelernt	<b>-0,25</b>
4.1	Das, was Sie jetzt über Kombi- und Subwerkzeuge wissen, haben Sie							
	schon alles vorher gewusst	0	3	3	2	0	alles gestern hier gelernt	<b>-0,06</b>
5.2	Bei welchem der beiden Themen war die Vermittlung der Inhalte besser?							
	Fachwerte	0	2	4	2	0	Kombi- und Subwerkzeuge	<b>0,00</b>

Tabelle 5-10: Fragen zum Vergleich der Themen Fachwerte und Kombi- und Subwerkzeuge am ersten Schulungstermin

Der Vergleich der Ergebnisse der Fragen 1.1 und 4.1 zeigt, dass die Teilnehmer beim Thema *Fachwerte* bereits mehr Vorkenntnisse hatten als beim Thema *Kombi- und Subwerkzeuge*. Die empfundene Schwierigkeit der Aufgaben wird davon beeinflusst worden sein. Das Ergebnis der Frage 5.2 zeigt, dass die Teilnehmer die Vermittlung der Inhalte in beiden Themen als genau gleich gut empfunden haben. Nach der Annahme ( $A_4$ ) hätte die Vermittlung der Themen *Fachwerte* als besser befunden werden sollen.

Hier überwiegen die Punkte, die für die Annahme  $A_4$  sprechen. Der Unterschied zwischen den Themen *Fachwerte* und *Kombi- und Subwerkzeuge* fällt hier wie erwartet deutlicher aus, als beim Vergleich zwischen den Themen *Fachwerte* und *Einfache Werkzeuge*.

### 5.2.7 Aussagen der Lernenden zu diesem Kurs

Zusätzlich zu den Fragebögen sollten Interviews mit den Lernenden Erkenntnisse für die Analyse der Annahmen liefern. Die Interviews basieren auf einem semistrukturierten Interviewleitfaden und die Fragen versuchen Schwierigkeiten und Erfolge beim Lernen einzelnen Themen zuzuordnen. An den Interviews haben die selben Kursteilnehmern teilgenommen, die bereits die Fragebögen ausgefüllt haben. Die Interviews finden jeweils in Form einer persönlichen Befragung statt, mit einer Dauer von je etwa 30 bis 45 Minuten. Die Aussagen der Interviewpartner werden in einer einfachen Niederschrift des Gesprächs festgehalten.

Die Interviewpartner haben ganz überwiegend Probleme benannt, die nichts mit der Strukturierung des Vermittlungsprozesses zu tun haben. Die wichtigsten davon sind hier stichpunktartig aufgeführt:

1. Das Fehlen an einzelnen Terminen führt zu fehlenden Vorkenntnissen.
2. Die sonstige Arbeit der Kursteilnehmer zwischen den Schulungsterminen bietet keine Gelegenheit, Schulungsinhalte einzusetzen. Das verhindert das Reflektieren der Schulungsinhalte.
3. Im Rahmen eines Schulungskurses sind nur einfache Beispiele möglich. Erst größere Systeme lassen die Vorteile geschulter Inhalte und damit die Motivation für diese Inhalte erkennen.

Es gibt nur sehr wenige Aussagen der Kursteilnehmer mit Bezug zur Strukturierung des Vermittlungsprozesses. Die Kursteilnehmer haben die Unterteilung in Teilschritte nicht als inhaltlich motiviert wahrgenommen. Die Strukturierung in Teilschritte wurde von den Kursteilnehmern ausschließlich als Orientierungshilfe, als Überblick über kommende Teilschritte verstanden und erfüllt dann nur noch die Aufgabe eines Inhaltsverzeichnis oder einer Agenda. Für die Überprüfung der Annahmen sind die folgenden zwei Punkte interessant:

Aus Sicht der Kursteilnehmer sind aufeinander aufbauende Teilschritte wichtig für die Nachvollziehbarkeit der zu erlernenden Inhalte. Die benötigten Vorkenntnisse für einen Teilschritt eines Themas müssen am aktuellen Schulungstermin vermittelt werden oder zumindest aufgefrischt werden. Wenn Themen auf anderen Themen aufbauen, die an vorangegangenen Schulungsterminen behandelt wurden, dann müssen diese Grundlagen wiederholt werden. Wenn Teilschritte auf vorangegangenen Teilschritten aufbauen, dann müssen diese Teilschritte präsent sein. Aus Sicht der Kursteilnehmer wäre eine Behandlung der Themen wünschenswert, in der die Lernhierarchie vollständig erkennbar ist.

Darüber hinaus bereitet den Kursteilnehmern der Übergang von der Theorie zur Praxis größere Schwierigkeiten. Das betrifft besonders Themen, die einen größeren abstrakten Teil haben, zum Beispiel das Thema *Fachwerte*. Beim Thema *Werkzeuge* ist dieses Problem weniger stark ausgeprägt, da das Thema *Werkzeuge* durch die Umsetzung im Rahmenwerk einen weniger abrupten Übergang von der Theorie zur Praxis beinhaltet. Die Behandlung von Werkzeugen in JWAM enthält eine Anleitung zur Umsetzung auf der programmiersprachlichen Ebenen, die beim Thema *Fachwerte* fehlt.

### 5.2.8 Aussagen des Lehrenden zu diesem Kurs

An einem weiteren Schulungstermin nach den beiden analysierten Terminen sollten die Teilnehmer des Schulungskurses eine kleine Anwendung mit drei Teilanwendungen schreiben. Die Anwendung sollte mit agilen Methoden entwickelt werden, und unabhängig vom DABR-E sein, aber auf Basis des im DABR-E angelegten Anwendungsframeworks implementiert werden. Dieser Schulungstermin hat es dem Lehrenden ermöglicht, den Lernerfolg an den vorangegangenen Terminen abzuschätzen. Im Folgenden sind die Aussagen des Lehrenden zu diesem Schulungstermin wiedergegeben.

Die Teilnehmer sind gut mit JWAM zurechtgekommen, die durch JWAM propagierten Elemente waren bekannt und auch der Umgang damit, zum Beispiel das Erzeugen und Registrieren von Werkzeugen in der Umgebung war kein Problem.

**Fachwerte.** Die abstrakteren Teilschritte, wie das zugrunde liegende Konzept oder die Umsetzung mit den Mitteln der Objektorientierung sowie das *Flyweight Pattern*, waren für die Aufgaben eher nicht so wichtig, da alle Lösungen auf JWAM oder dem Anwendungsrahmenwerk aus dem DABR-E System aufsetzen.

Fachwerte in JWAM waren besonders wichtig, da eine Teilaufgabe sich mit spezielleren Eigenschaften von Fachwerten beschäftigt hat (ein Fachwert soll auch undefiniert sein können). Das hierfür notwendige Wissen geht über die Kenntnis des DABR-E Anwendungsrahmenwerkes hinaus. Das Wissen zu JWAM war bei den Teilnehmern präsent, nicht zuletzt weil



das Thema Fachwerte in JWAM im Schulungsrückblick noch einmal kurz wiederholt wurde. Das Wissen zum Thema Fachwerte in DABR-E war etwas weniger präsent.

**Werkzeugkonstruktion (Monotools).** Eine Trennung in Monotools und Kombi- und Subwerkzeuge im Sinne von JWAM findet im DABR-E System nicht statt. Alle Werkzeuge in DABR-E sind Subwerkzeuge und können mit Mechanismen des Anwendungsrahmenwerkes aus dem DABR-E Systems dynamisch erzeugt und im Kontextwerkzeug angezeigt werden.

Für Aufgaben notwendiges Wissen aus diesem Themengebiet beschränkt sich im Wesentlichen auf den Teilbereich *JWAM*.

**Werkzeugkonstruktion (Subwerkzeuge).** Die wichtigsten Themen aus dem Bereich *Umgebung* wurden im Schulungsrückblick wiederholt (Erzeugen, Einbinden, Starten von Werkzeugen etc.). Die Teilnehmer hatten mit diesen Inhalten in den Aufgaben in Folge dessen keine nennenswerten Probleme mehr.

Die für die Aufgaben notwendigen Inhalte zu diesem Bereich stammen aus dem Themengebiet *Werkzeugkonstruktion in DABR-E. Konzept und Motivation (WAM)* ist hier unwichtig, Kommunikationsmechanismen wurden in der Vergangenheit mehr als genügend geschult, so dass die Teilnehmer hier keine Probleme hatten. JWAM ist hier deutlich weniger wichtig als DABR-E, da die Kenntnis des DABR-E Anwendungsrahmenwerkes für die Lösung der Aufgaben ausreicht.

Insgesamt hatten die Teilnehmer mindestens die erwarteten Kenntnisse der behandelten Themen aus den vorangegangenen Schulungsterminen.

### 5.2.9 Zusammenfassung der Ergebnisse

Es gibt in der Analyse der Fragebögen einige Punkte, die die Hypothese unterstützen. Der Vergleich des Themas *Fachwerte* an beiden Schulungsterminen und der Vergleich des Themas *Werkzeuge* an beiden Schulungsterminen zeigen beide eine schwache Unterstützung der Annahmen  $A_1$  und  $A_2$ . Der Vergleich des Themas *Fachwerte* mit dem Thema *Kombi- und Subwerkzeuge* zeigt eine deutliche Unterstützung der Annahme  $A_4$ . Nur der Vergleich des Themas *Fachwerte* mit dem Thema *Einfache Werkzeuge* spricht weder für noch gegen die Annahme  $A_3$ .

Punkte aus Vergleichen unterschiedlicher Themen in der selben Schulung sind problematisch, da verschiedene Themen auch verschiedene Schwierigkeitsgrade, verschieden gute Präsentationen und andere Unterschiede haben können, die die Ergebnisse beeinflussen. Diese Unterschiede werden weitgehend dadurch ausgeglichen, dass die Schulungen zu den Themen sehr oft wiederholt wurden und die Menge der Neuerungen in allen untersuchten Themen an den beiden untersuchten Schulungsterminen ungefähr gleich ist.

Bei Vergleichen der selben Themen in verschiedenen Schulungsterminen gibt es diese Beeinflussung der Ergebnisse nicht, die Analysen gerade dieser Vergleiche können die These aber nicht deutlich genug unterstützen. Die Analysen zeigen kaum einen qualitativen Unterschied zwischen den verschiedenen Vermittlungsprozessen. Es gibt bei beiden Vergleichen aus die-

sem Bereich jeweils einen Punkt, der die Annahmen unterstützt, und es gibt jeweils einen Punkt der die Bedeutung des anderen Punktes deutlich relativiert.

Die Interviews mit den Teilnehmern des Schulungskurses haben ergeben, dass die Lernenden die Strukturierung in Teilschritte nicht wahrgenommen haben. Das gilt besonders am zweiten Schulungstermin, an dem die Behandlung des Themas im Wesentlichen auf den Teilschritt beschränkt war. Der fehlende Überblick über den Umfang des benötigten Wissens am zweiten Schulungstermin kann die Einschätzung der Qualität des Vermittlungsprozesses am zweiten Schulungstermin verfälschen. Ohne diese verfälschte Wahrnehmung wären die Annahmen vermutlich deutlicher zu bestätigen.

Bei einem Vergleich verschiedener Themen am selben Schulungstermin gleichen sich die Punkte für und gegen die Annahme einmal ungefähr aus, bei dem anderen Vergleich überwiegen die Punkte für die Annahme deutlich.

Insgesamt sprechen in der empirischen Analyse des Beispielschulungskurses mehr Punkte für die Hypothese als dagegen. Dieses Ergebnis wird relativiert durch Aussagen der Kursteilnehmer. Es gibt offenbar externe Faktoren, die einen viel größeren Einfluss haben, als die strukturellen Unterschiede der Vermittlungsprozesse. Die Interviews unterstützen diese Einschätzung, die Interviewpartner haben fast ausschließlich solche Faktoren genannt.

Sowohl die Interviews mit den Lernenden als auch das Interview mit dem Lehrenden zeigen, dass die Strukturierung des Vermittlungsprozesses entsprechend der Struktur des zu vermittelnden Inhaltes nicht der wichtigste Punkt beim Erstellen eines möglichst optimalen Vermittlungsprozess ist. Viel wichtiger ist die Lernhierarchie, in der die Lerninhalte entsprechend der benötigten Vorkenntnisse angeordnet sind. Themen oder Teilschritte, die Vorkenntnisse für andere Themen oder Teilschritte liefern, müssen unbedingt rechtzeitig wiederholt oder vermittelt werden.

## 5.3 Zusammenfassung und Diskussion der empirischen Analyse

Die Überprüfung der Hypothese betrifft drei Teilgebiete, die sich in den drei großen Forschungsfragen wiederfinden. Diese Zusammenfassung zeigt, welche der Forschungsfragen in der empirischen Analyse beantwortet wurden, und sie fasst die gefundenen Antworten zusammen.

Die Forschungsfragen  $Q_1$  und  $Q_2$  wurden bereits in der konzeptuellen Analyse untersucht. In der empirischen Analyse finden sich auch Antworten auf diese Fragen. Die präzisierenden Fragen  $Q_{1.1}$ ,  $Q_{1.2}$  und  $Q_{2.1}$  und die Fragen nach der Qualität  $Q_3$  und  $Q_{3.1}$  werden nur hier in der empirischen Analyse beantwortet.

**Forschungsfrage 1 ( $Q_1$ ):** Wird die Struktur einer Architektur bei der Konzeption eines Vermittlungsprozesses berücksichtigt?

Diese Frage wird durch die folgenden zwei Fragen präzisiert:

**$Q_{1.1}$ :** Welche Strukturen einer Architektur werden bei der Konzeption eines Vermittlungsprozesses berücksichtigt?

**$Q_{1.2}$ :** Wie wird diese Struktur der Architektur bei der Konzeption eines Vermittlungsprozesses berücksichtigt?

Die Forschungsfrage  $Q_1$  und die damit verbundenen Teilfragen  $Q_{1.1}$  und  $Q_{1.2}$  untersuchen die Vorgehensweise, mit der ein Vermittlungsprozess für die Vermittlung von Architekturwissen konzipiert wird. Antworten auf diese Fragen finden sich in der empirischen Analyse vor allem in den Interviews mit den Lehrenden. Im folgenden sind die wichtigsten Aussagen der Interviews noch einmal kurz zusammengefasst, die diese Fragen betreffen.

Beim Konzipieren eines Schulungskurses erstellen die Lehrenden in der Regel keine neuen Unterlagen. Stattdessen werden Schulungskurse fast immer mit Hilfe eines Repertoires von bereits existierenden Unterlagen erstellt. So lässt sich der Aufwand für das Erstellen der Unterlagen für einen Schulungskurs reduzieren. Nur wenn sich im Repertoire keine Unterlagen für ein Thema finden lassen, muss der Vermittlungsprozess für das Thema neu konzipiert werden.

Die Unterlagen im Repertoire werden bei jeder Schulung iterativ weiterentwickelt. Beim Konzipieren eines neuen Vermittlungsprozesses oder beim Ändern eines existierenden Vermittlungsprozesses kann eine Struktur der Architektur eine geeignete Grundlage für die Struktur des Vermittlungsprozesses sein. Das Repertoire ist kein Widerspruch zum Erstellen des Vermittlungsprozesses auf Basis der Strukturen der Architektur. Ein auf Basis der Strukturen der Architektur erstellter Vermittlungsprozess wird Teil des Repertoires.

Die Hypothese propagiert Strukturen der Architektur als Grundlage für die Struktur des Vermittlungsprozesses. Die Interviews mit den Lehrenden zeigen, dass es weitere, wichtigere Grundlagen für die Strukturierung eines Vermittlungsprozesses gibt. Die Grundlagen für die Struktur eines Vermittlungsprozesses sind in Reihenfolge ihrer Relevanz:

1. Die Lernhierarchie. Die Anordnung der Teilschritte muss didaktisch sinnvoll sein. Vorangegangene Teilschritte müssen die benötigten Vorkenntnisse für den aktuellen Teilschritt liefern.
2. Problemlösen. Problemlösen ist auch ein didaktisch motivierter Punkt. Es muss immer erst das Problem vermittelt werden, bevor die Lösung behandelt wird. Ohne diese Anordnung fehlt die Motivation, nur in dieser Anordnung wird der Sinn einer Lösung klar.
3. Organisation. Der Vermittlungsprozess muss unter organisatorischen Gesichtspunkten strukturiert werden. Die Themen und Teilschritte müssen sich in einen Zeitplan einordnen lassen. Am Ende von zeitlich begründeten Schulungsblöcken muss ein thematisch sinnvoller Abschluss der Inhalte gefunden werden.

4. Inhalt. Strukturierte Inhalte liefern eine Grundlage für die Strukturierung des Vermittlungsprozesses.

Bei der Vermittlung von Architekturthemen sind das die durch das Vergegenständlichen von Konzepten gebildeten Strukturen und Hierarchien wie die Abstraktionshierarchie, die Kompositionshierarchie, die Typhierarchie oder die Vererbungshierarchie. Besonders gut als Grundlage geeignet ist das Vergegenständlichen von Konzepten. In einer Architektur werden genau die Konzepte vergegenständlicht, die zur ersten groben Aufteilung eines Softwaresystems führen, und die zum Beispiel durch griffige Metaphern das Verständnis der Strukturierung der Architektur erleichtern.

**Forschungsfrage 2 ( $Q_2$ ):** Welche Analogien zwischen Strukturen einer Architektur und den Strukturen im dazugehörigen Vermittlungsprozess gibt es?

Diese Frage wird durch die folgende Frage präzisiert:

**$Q_{2.1}$ :** Welche Strukturen der Architektur lassen sich als Struktur im dazugehörigen Vermittlungsprozess wiederfinden?

Die Forschungsfrage  $Q_2$  und die damit verbundene Teilfrage  $Q_{2.1}$  untersuchen die resultierende Struktur eines Vermittlungsprozesses. Antworten auf diese Fragen finden sich in der empirischen Analyse vor allem in Interviews mit Lehrenden, aber auch in der Untersuchung anhand des Beispielschulungskurses.

In den Interviews mit den Lehrenden wird deutlich, dass sich die Vorgehensweise nur schwer von der resultierenden Struktur trennen lässt. Eine Struktur der Architektur, die beim Erstellen eines Vermittlungsprozesses berücksichtigt wird, wird sich auch im resultierenden Vermittlungsprozess wiederfinden lassen. Die Antwort auf die Forschungsfrage  $Q_{2.1}$  ähnelt daher der für die Forschungsfragen  $Q_{1.1}$ . Die Strukturen der Architektur, die sich im Vermittlungsprozess wiederfinden lassen, sind die Strukturen, die durch das Vergegenständlichen von Konzepten entstehen, und es sind die Hierarchien, die Abstraktionshierarchie, die Typhierarchie, die Vererbungshierarchie oder die Kompositionshierarchie.

**Forschungsfrage 3 ( $Q_3$ ):** Gibt es qualitative Unterschiede zwischen Vermittlungsprozessen, die sich an der Struktur der zu vermittelnden Architektur orientieren, und Vermittlungsprozessen, die das nicht tun?

Diese Frage wird durch die folgende Frage präzisiert:

**$Q_{3.1}$ :** Beeinflusst die Strukturähnlichkeit zwischen Architektur und Vermittlungsprozess die Qualität des Vermittlungsprozesses positiv?

Die Forschungsfragen  $Q_3$  und  $Q_{3.1}$  untersuchen die qualitativen Unterschiede verschiedener Strukturen im Vermittlungsprozess. Die Untersuchung basiert in der empirischen Analyse auf den Fragebögen zum Beispielschulungskurs.

Die Auswertung der Fragebögen zeigt, dass es Unterschiede gibt zwischen Vermittlungsprozessen, die sich unterschiedlich stark an den Strukturen der Architektur orientieren. Die Ver-

mittlung ist dann geringfügig besser, wenn sich die Struktur des Vermittlungsprozesses an der Struktur der Architektur orientiert.

Wie schon bei den Forschungsfragen  $Q_1$ ,  $Q_{1.1}$  und  $Q_{1.2}$  zeigt sich hier besonders deutlich, dass es andere Faktoren gibt, die wichtiger sind, als die Struktur der Inhalte. Die Analyse zeigt, dass im Beispielschulungskurs Themen dann besonders gut vermittelt werden können, wenn die Teilschritte entsprechend der benötigten Vorkenntnisse angeordnet sind. Darüber hinaus erkennen die Kursteilnehmer fast nur externe Faktoren, die nichts mit der Struktur Vermittlungsprozess zu tun haben.

Die empirische Untersuchung der Hypothese zeigt, dass eine Struktur einer Architektur eine sinnvolle Grundlage für die Struktur des Vermittlungsprozesses sein kann. Die empirische Untersuchung der Hypothese zeigt aber auch, dass es zum Beispiel mit der Anordnung entsprechend der benötigten Vorkenntnisse weitere didaktisch motivierte Strukturierungsansätze für einen Vermittlungsprozess gibt, die deutlich wichtiger sind, als eine Strukturierung auf Grundlage einer Struktur der Architektur.



## 6 Zusammenfassung, Fazit und Ausblick

Dieses Kapitel setzt die Ergebnisse der beiden Überprüfungen der Hypothese in Bezug zueinander. In den letzten beiden Abschnitten findet sich ein Fazit und ein Ausblick.

Abschnitt 6.1 fasst die Ergebnisse der konzeptuellen und der empirischen Analyse kurz zusammen.

Abschnitt 6.2 zieht ein Fazit und liefert einen Ausblick.

### 6.1 Zusammenfassung

Die Hypothese dieser Arbeit sagt aus, dass eine Struktur einer Architektur eine sinnvolle Grundlage bietet für die Struktur eines Vermittlungsprozesses, in dem die Architektur vermittelt wird. Die beiden Analysen in dieser Arbeit haben die Hypothese einmal konzeptuell und einmal empirisch untersucht. Beide Analysen kommen zu dem Ergebnis, dass eine Struktur einer Architektur eine geeignete Grundlage für die Strukturierung des Vermittlungsprozesses sein kann. Beide Analysen identifizieren zum einen Abstraktionshierarchien, zum anderen die durch das Vergegenständlichen von Architekturkonzepten entstehenden Strukturen als geeignete Grundlagen. Die durch diese Strukturen bestimmte Aufteilung in Strukturelemente der Architektur und die Hierarchien der Strukturelemente lassen sich im Vermittlungsprozess in der Aufteilung in Lerninhalte und in der Anordnung der Lerninhalte wiederfinden.

Beide Analysen zeigen, dass es neben der Strukturierung des Vermittlungsprozesses auf der Grundlage der Strukturen der Architektur noch weitere Möglichkeiten der Strukturierung gibt. Die Mehrzahl dieser Überlegungen ist didaktisch motiviert. Ein besonders wichtiges Prinzip ist die Lernhierarchie, in der die Lerninhalte so angeordnet sind, dass die vorangegangenen Lerninhalte die Vorkenntnisse für den aktuellen Lerninhalt liefern.

Die konzeptuelle Analyse lässt nicht erkennen, dass eine der verschiedenen Strukturierungsmöglichkeiten wichtiger als eine andere ist. Im Gegensatz dazu zeigt die empirische Analyse eine Anordnung der verschiedenen Möglichkeiten. Die Lehrenden nutzen die Strukturierungsmöglichkeiten in der Reihenfolge dieser Anordnung, bis ein Thema ausreichend strukturiert ist. An erster Stelle dieser Anordnung steht hier die bereits genannte Lernhierarchie. Die Strukturierung des Vermittlungsprozesses auf der Grundlage der Struktur der zu vermittelnden Architektur wird von Lehrenden als weniger wichtig eingeschätzt. Die Analyse des Beispielschulungskurses bestätigt diese Einschätzung.

## 6.2 Fazit und Ausblick

In dieser Arbeit konnten einige Ergebnisse gewonnen werden, die die Hypothese unterstützen. Vor allem die konzeptuelle Analyse zeigt den in der Hypothese genannten Nutzen der Struktur der Architektur als Grundlage der Strukturierung des Vermittlungsprozesses.

Das Ergebnis der empirischen Analyse fällt weniger deutlich zugunsten der Hypothese aus als erwartet. Zum einen ist in der Praxis der Zusammenhang zwischen der Struktur eines Inhaltes und der Struktur des Vermittlungsprozesses offenbar nicht so wichtig. Vom zu vermittelnden Inhalt unabhängige didaktische Überlegungen und organisatorische Zwänge geben den wesentlichen Teil der Struktur des Vermittlungsprozesses vor.

Zum anderen ist die Grundlage für eine empirischen Analyse mit den Interviews der Lehrenden und den Fragebögen an die Lernenden außerordentlich knapp bemessen. Offenbar sind umfangreiche Schulungen zu Architekturthemen eher selten. Obwohl die Lehrenden mit sehr vielen Informationen viel zur empirischen Analyse beigetragen haben, konnten sie relativ wenig zur Vermittlung von Architekturthemen sagen. Der Beispielschulungskurs ist hier eine Ausnahme, aber für eine empirische Auswertung mit statistisch belastbaren Aussagen ist die Anzahl der Teilnehmer und die Anzahl vergleichbarer Themen zu gering.

Bei der Vermittlung komplexerer Architekturen ist ein evolutionärer Ansatz für den Vermittlungsprozess denkbar, in dem Architekturwissen iterativ erweitert wird. Durch die Beschränkung auf nur zwei Schulungstermine in der Analyse des Schulungskurses ist eine Überprüfung dieses Ansatzes hier nicht möglich.

Da die offen gebliebenen Punkte vor allem aus den Schwächen der empirischen Analyse resultieren, könnte eine weitere empirische Analyse mit einer umfangreicheren Basis klarere Ergebnisse liefern.



## 7 Literaturverzeichnis

- [Aeb71] Hans Aebli: *Grundformen des Lehrens*, Klett Verlag, 1971
- [Bas03] Len Bass, Paul Clements, Rick Kazman: *Software Architecture in Practice*, Addison-Wesley, 2003
- [Boo99] G. Booch, I. Jacobson, J. Rumbaugh: *The Unified Modeling Language User Guide*, Addison-Wesley, 1999
- [Bra04] Gilad Bracha: *Generics in the Java Programming Language*, 2004, [java.sun.com/j2se/1.5/pdf/generics-tutorial.pdf](http://java.sun.com/j2se/1.5/pdf/generics-tutorial.pdf) (Abgerufen September 2007)
- [Cle03] Paul Clements et al.: *Documenting Software Architectures*, Addison-Wesley, 2003
- [Gam96] Erich Gamma et al.: *Entwurfsmuster – Elemente wiederverwendbarer objektorientierter Software*, Addison-Wesley, 1996
- [Gar95] D. Garlan, D. Perry: *Introduction to the Special Issue on Software Architecture*, IEEE Transactions on Software Engineering, 1995
- [Hub04] Peter Hubwieser: *Didaktik der Informatik - Grundlagen, Konzepte, Beispiele*, Springer Verlag, 2004
- [IEE00] IEEE: *Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems*, IEEE Standard No. 1471-2000, 2000
- [Kla70] W. Klafki: *Erziehungswissenschaft 2*, Fischer Verlag, 1970
- [Köl07] Michael Kölling: *The BlueJ Tutorial*, 2007, [www.bluej.org/tutorial/tutorial-201.pdf](http://www.bluej.org/tutorial/tutorial-201.pdf) (Abgerufen September 2007)
- [Mey94] Hilbert Meyer: *Unterrichtsmethoden, 1. Theorieband*, Cornelsen, 1994
- [Mey97] Bertrand Meyer: *Object-Oriented Software Construction*, SAMS, 1997
- [Par72] David Parnas: *On the Criteria to Be Used in Decomposing Systems into Modules*, Communications of the ACM, Vol. 15, No. 12, 1972
- [Ree79a] Trygve Reenskaug: *Thing - Model - View - Editor - An Example from a planning-system*, Xerox PARC technical note, 1979
- [Ree79b] Trygve Reenskaug: *Models - Views - Controllers*, Xerox PARC technical note, 1979
- [Sch01] Wolfgang Schnotz: *Einführung in die pädagogische Psychologie*, 2001, Universität Koblenz Landau, FB Psychologie, [www.paeps.de/lehrrmaterial/einfuehrung/start.htm](http://www.paeps.de/lehrrmaterial/einfuehrung/start.htm) (Abgerufen September 2007)
- [Sch05a] Axel Schmolitzky: *A laboratory for teaching object-oriented language and design concepts with teachlets*, OOPSLA Companion 2005, 2005

- [Sch05b] Axel Schmolitzky: *Eine Werkstatt zum Vermitteln objektorientierter Entwurfs- und Sprachkonzepte mit Teachlets*, in Klaus-Peter Löhr: *Software Engineering im Unterricht der Hochschulen (SEUH)*, dpunkt Verlag, 2005
- [Vog05] O. Vogel et al.: *Software-Architektur, Grundlagen - Konzepte - Praxis*, Spektrum Akademischer Verlag, 2005
- [Wei97] U. Weiß: *Konzeptionelle und technische Weiterentwicklung eines objektorientierten Frameworks nach der Werkzeug-Material-Metapher*, Diplomarbeit, Universität Hamburg, Fachbereich Informatik, Arbeitsbereich Softwaretechnik, 1997
- [Wil69] Theodor Wilhelm: *Theorie der Schule*, Metzler Verlag, 1969
- [Zül98] Heinz Züllighoven: *Das objektorientierte Konstruktionshandbuch*, dpunkt Verlag, 1998

## Anhang A: Methodik der Auswertung der Fragebögen

Die empirische Untersuchung der Hypothese in Kapitel 5 basiert zu einem großen Teil auf der Auswertung von Fragebögen, die die Kursteilnehmer des Beispielschulungskurses jeweils gegen Ende der beiden Schulungstermine ausgefüllt haben. Im Folgenden ist die Methodik der Auswertung der Fragebögen erklärt.

Die Fragen des ersten Fragebogens haben jeweils fünf mögliche Abstufungen zwischen gegensätzlichen Antworten (zum Beispiel *ja* und *nein* oder *einfach* und *schwierig*), die Fragen des zweiten Fragebogens haben jeweils sechs mögliche Abstufungen. Bei der Auswertung des ersten Fragebogens hat sich gezeigt, dass die Teilnehmer übermäßig oft die neutrale Mitte beim Beantworten einer Frage gewählt haben. Durch die gerade Anzahl der Abstufungen im zweiten Fragebogen soll das verhindert werden. Abbildung 1 zeigt eine Frage des ersten Fragebogens.

1.2 Haben Sie den Eindruck, jetzt genug über Fachwerte zu wissen, um Fachwerte einzusetzen?

Ja                                                Nein

Abbildung 1: Beispielfrage im ersten Fragebogen

Abbildung 2 zeigt eine Frage des zweiten Fragebogens.

2.2 Hatten Sie ausreichende Vorkenntnisse, um die Aufgabe zu lösen?

Ja                                                 Nein

Abbildung 2: Beispielfrage im zweiten Fragebogen

Bei der Bewertung der Fragen berücksichtigt die Anzahl der gegebenen Antworten pro Abstufung und die Gewichtung der einzelnen Abstufungen. Abbildung 3 zeigt die Anzahlen der abgegebenen Antworten pro Abstufung für die Beispielfrage des ersten Fragebogens.

1.2 Haben Sie den Eindruck, jetzt genug über Fachwerte zu wissen, um Fachwerte einzusetzen?

Ja                      **1 4 2 0 1**                      Nein

Abbildung 3: Anzahl der abgegebenen Antworten pro Abstufung im ersten Fragebogen

Abbildung 4 zeigt die Anzahlen der abgegebenen Antworten pro Abstufung für die Beispielfrage des zweiten Fragebogens.

2.2 Hatten Sie ausreichende Vorkenntnisse, um die Aufgabe zu lösen?

Ja                      **1 2 2 2 0 0**                      Nein

Abbildung 4: Anzahl der abgegebenen Antworten pro Abstufung im zweiten Fragebogen

Bei einzelnen Fragen haben einzelne Teilnehmer zwei direkt nebeneinander liegende Felder angekreuzt. Diese Auswertung interpretiert das als Versuch einen Wert zwischen den gegebenen Wahlmöglichkeiten zu wählen, zum Beispiel um die neutrale Mitte bei den Fragen des zweiten Fragebogens zu wählen. Solche Antworten gehen mit einem Wert von  $\frac{1}{2}$  für jede der beiden angekreuzten Abstufungen in die Auswertung mit ein.

Die gewichteten Anzahlen der Abstufungen werden aufsummiert und mit der Anzahl der abgegebenen Antworten und dem maximalen Betrag der Gewichtung normalisiert. Die Tabelle 1 veranschaulicht das für die Beispielfrage aus dem ersten Fragebogen.

A	Anzahl der abgegebenen Antworten pro Abstufung	1	4	2	0	1
B	Gewichtung pro Abstufung	-2	-1	0	1	2
C	Gewichtete Anzahl der Antworten ( $A_i \times B_i$ )	-2	-4	0	0	2
D	Summe der gewichteten Anzahlen ( $\sum C_i$ )	-4				
E	Maximum der Gewichtung	2				
F	Anzahl der Antworten	8				
	Ergebnis (D / E / F)	-0,25				

Tabelle 1: Berechnung der Auswertung der Beispielfrage im ersten Fragebogen

Tabelle 2 veranschaulicht die Berechnung des gewichteten und normalisierten Ergebnisses für die Beispielfrage aus dem zweiten Fragebogen.

A	Anzahl der abgegebenen Antworten pro Abstufung	1	2	2	2	0	0
B	Gewichtung pro Abstufung	-3	-2	-1	1	2	3
C	Gewichtete Anzahl der Antworten ( $A_i \times B_i$ )	-3	-4	-2	2	0	0
D	Summe der gewichteten Anzahlen ( $\sum C_i$ )	-7					
E	Maximum der Gewichtung	3					
F	Anzahl der Antworten	7					
	Ergebnis (D / E / F)	-0,33					

Tabelle 2: Berechnung der Auswertung der Beispielfrage im zweiten Fragebogen

Das errechnete Ergebnis gibt an, wie die Teilnehmer im Durchschnitt die Frage beantwortet haben. Da das Ergebnis normalisiert ist, hat es für jede Frage und unabhängig von der Anzahl der Abstufungen einen möglichen Wertebereich von -1 bis +1. Ein Ergebnis von -1 bedeutet in beiden Beispielfragen „Ja“, ein Ergebnis von +1 bedeutet in beiden Beispielfragen „Nein“.

Die Ergebnisse von -0,25 und -0,33 der beiden Beispielfragen bedeuten also beide ein ausreichend deutliches „Ja“.

Ein Betrag des Ergebnisses von mindestens 0,25 bedeutet ein eindeutiges Ergebnis zugunsten einer der beiden Antworten. Bei so einem Ergebnis hätten sich etwa die Hälfte der Befragten für eine bestimmte Abstufung als Antwort entschieden statt für eine benachbarte Abstufung. Ein Betrag des Ergebnisses von weniger als 0,125 bedeutet ein nicht mehr signifikantes Ergebnis. Bei so einem Ergebnis hätten sich nur ein oder maximal zwei der Befragten für eine bestimmte Abstufung als Antwort entschieden statt für eine benachbarte Abstufung.

Da das Ergebnis normalisiert ist, können Ergebnisse von Fragen verschiedener Fragebögen mit unterschiedlicher Anzahl der Abstufungen miteinander verglichen werden. Tabelle 3 zeigt das in der Analyse der Fragebögen benutzte Schema zur Darstellung der Ergebnisse.

Nr.	Fragestellung				Ergebnis
	Antwort 1	Antworten pro Abstufung	Antwort 2		

Tabelle 3: Schema der Darstellung der Ergebnisse

Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse der Beispielfrage aus dem ersten Fragebogen in diesem Schema.

1.2	Haben Sie den Eindruck, jetzt genug über Fachwerte zu wissen, um Fachwerte einzusetzen?							
	Ja	1	4	2	0	1	Nein	<b>-0,25</b>

Tabelle 4: Ergebnisse der Beispielfrage aus dem ersten Fragebogen

Tabelle 5 zeigen die Ergebnisse der Beispielfrage aus dem zweiten Fragebogen in diesem Schema.

2.2	Hatten Sie ausreichende Vorkenntnisse, um die Aufgabe zu lösen?								
	Ja	1	2	2	2	0	0	Nein	<b>-0,33</b>

Tabelle 5: Ergebnisse der Beispielfrage aus dem zweiten Fragebogen



## Anhang B: Fragebogen 1

Im Folgenden ist der erste Fragebogen wiedergegeben, mit dessen Hilfe die Qualität unterschiedlicher Vermittlungsprozesse im Beispielschulungskurs analysiert wird. Der Fragebogen bezieht sich ausschließlich auf den ersten Schulungstermin. Die Teilnehmer des Beispielschulungskurses haben diesen Fragebogen gegen Ende des ersten Schulungstermins ausgefüllt.

Fragebogen 1  
zur Pilotsystem-Schulung  
Bundesamt für den Zivildienst  
16. bis 18.10.2006  
Felix Abraham

Architekturen sind ein wichtiger Bestandteil bei der Entwicklung größerer Softwaresysteme. Die Vermittlung des Wissens über eine Architektur an die beteiligten Entwickler ist mindestens genauso wichtig. In meiner Diplomarbeit untersuche ich die Zusammenhänge zwischen den Strukturen einer Architektur und den Strukturen des Schulungskurses, mit dem die Architektur vermittelt wird.

### 1. Fachwerte

1.1 Das, was Sie jetzt über Fachwerte wissen, haben Sie ...

schon alles vorher gewusst.            alles gestern hier gelernt.

1.2 Haben Sie den Eindruck, dass Sie jetzt genug über Fachwerte wissen, um Fachwerte einzusetzen?

Ja            Nein

1.3 Das Thema Fachwerte wird in der Schulung in mehreren Schritten vermittelt. Bitte bewerten Sie diese Schritte nach ihrem Schwierigkeitsgrad. Ist die Gewichtung der einzelnen Schritte in der Schulung dem Schwierigkeitsgrad angemessen?

1.3.1 Das grundlegende Konzept für Fachwerte

Einfach            Schwierig  
Zu kurz            Zu lang

1.3.2 Die Umsetzung der Wertsemantik mit Objekten

Einfach            Schwierig  
Zu kurz            Zu lang

1.3.3 Das Flyweight-Pattern

Einfach	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Schwierig
Zu kurz	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Zu lang

1.3.4 Fachwerte in JWAM2

Einfach	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Schwierig
Zu kurz	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Zu lang

1.3.5 Fachwerte in DABR-E

Einfach	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Schwierig
Zu kurz	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Zu lang

1.4 Welcher der Teilschritte hat Ihnen am meisten beim Verständnis des Ganzen geholfen?

---

**2. Einfache Werkzeuge (Monotools)**

2.1 Das, was Sie jetzt über einfache Werkzeuge wissen, haben Sie ...

schon alles vorher gewusst.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	alles gestern hier gelernt.
-----------------------------	--	-----------------------------

2.2 Haben Sie den Eindruck, dass Sie jetzt genug über einfache Werkzeuge wissen, um sie einzusetzen?

Ja	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Nein
----	--	------

2.3 Das Thema „Einfache Werkzeuge“ wird in der Schulung in mehreren Schritten vermittelt. Bitte bewerten Sie diese Schritte nach ihrem Schwierigkeitsgrad. Ist die Gewichtung der einzelnen Schritte in der Schulung dem Schwierigkeitsgrad angemessen?

2.3.1 Die Metapher „Werkzeug“

Einfach	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Schwierig
Zu kurz	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Zu lang

2.3.2 Die Umsetzung der Werkzeugmetapher in JWAM (Monotools)

Einfach	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Schwierig
Zu kurz	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Zu lang

---



2.3.3 Verwendung von Monotools in DABR-E

Einfach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Schwierig
Zu kurz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Zu lang

2.4 Welcher der Teilschritte hat Ihnen am meisten beim Verständnis des Ganzen geholfen?

**3. Vergleich der Themen „Fachwerte“ und „Einfache Werkzeuge“**

3.1 Welches der Themen war in der Schulung schwieriger nachzuvollziehen?

Fachwerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Einfache Werkzeuge
-----------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------

3.2 Bei welchem der beiden Themen war die Vermittlung der Inhalte besser?

Fachwerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Einfache Werkzeuge
-----------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------

3.3 Die Schulung zu Fachwerten führt Schritt für Schritt von Abstrakten zum Konkreten und kommt erst ganz zum Schluss zu JWAM und zu Beispielen aus DABR-E. Die Schulung zu einfachen Werkzeugen beschäftigt sich fast ausschließlich mit JWAM und Beispielen aus DABR-E. Sollte nicht lieber jedes der Themen so geschult werden, wie das andere?

„Fachwerte“ sollte so geschult werden, wie „Einfache Werkzeuge“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	„Einfache Werkzeuge“ sollte so geschult werden, wie „Fachwerte“
---	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---

**4. Kombi- und Subwerkzeuge**

4.1 Das, was Sie jetzt über Kombi- und Subwerkzeuge wissen, haben Sie ...

schon alles vorher gewusst.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	alles heute hier gelernt.
-----------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------

4.2 Haben Sie den Eindruck, dass Sie jetzt genug über Kombi- und Subwerkzeuge wissen, um sie einzusetzen?

Ja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Nein
----	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	------

4.3 Das Thema „Kombi- und Subwerkzeuge“ wird in der Schulung in mehreren Schritten vermittelt. Bitte bewerten Sie diese Schritte nach ihrem Schwierigkeitsgrad. Ist die Gewichtung der einzelnen Schritte in der Schulung dem Schwierigkeitsgrad angemessen?

4.3.1 Konzept und Motivation

Einfach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Schwierig
Zu kurz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Zu lang

4.3.2 Kombi- und Subwerkzeuge in JWAM

Einfach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Schwierig
Zu kurz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Zu lang

4.3.3 Kombi- und Subwerkzeuge in DABR-E

Einfach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Schwierig
Zu kurz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Zu lang

4.4 Welcher der Teilschritte hat Ihnen am meisten beim Verständnis des Ganzen geholfen?

---

**5. Vergleich der Themen „Fachwerte“ und „Kombi- und Subwerkzeuge“**

5.1 Welches der Themen war in der Schulung schwieriger nachzuvollziehen?

Fachwerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kombi- und Subwerkzeuge
-----------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------

5.2 Bei welchem der beiden Themen war die Vermittlung der Inhalte besser?

Fachwerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kombi- und Subwerkzeuge
-----------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------

5.3 Die Schulung zu Fachwerten erklärt zunächst alle verwendeten Konzepte und Mechanismen (insbesondere das Flyweight-Pattern) und zeigt erst dann, wie das alles in JWAM eingesetzt wird. Die Schulung zu Kombi- und Subwerkzeugen beschäftigt sich fast sofort mit der Umsetzung in JWAM und spricht die Konzepte hinter den verwendeten Mechanismen Event und Request nur kurz an. (Die werden ja später in „Kommunikationsmechanismen“ im Detail erklärt.) Sollte nicht lieber jedes der Themen so geschult werden, wie das andere?

„Fachwerte“ sollte so geschult werden, wie „Kombi- und Subwerkzeuge“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	„Kombi- und Subwerkzeuge“ sollte so geschult werden, wie „Fachwerte“
--	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--

Vielen Dank

Im Folgenden ist eine Ergänzung zum erste Fragebogen wiedergegeben. Auch die Ergänzung des Fragebogens bezieht sich ausschließlich auf den ersten Schulungstermin. Die Teilnehmer des Beispielschulungskurses haben diesen Fragebogen gegen Ende des ersten Schulungstermins ausgefüllt.

Fragebogen 2  
zur Pilotsystem-Schulung  
Bundesamt für den Zivildienst  
16. bis 18.10.2006  
Felix Abraham

Architekturen sind ein wichtiger Bestandteil bei der Entwicklung größerer Softwaresysteme. Die Vermittlung des Wissens über eine Architektur an die beteiligten Entwickler ist mindestens genauso wichtig. In meiner Diplomarbeit untersuche ich die Zusammenhänge zwischen den Strukturen einer Architektur und den Strukturen des Schulungskurses, mit dem die Architektur vermittelt wird.

### 1. Kombi- und Subwerkzeuge

1.1 Hier wurden Kommunikationsmechanismen nur kurz angesprochen, mit einem Hinweis auf die später folgende ausführlichere Präsentation. Hatten Sie in der Präsentation der Kombi- und Subwerkzeuge ausreichend Vorkenntnisse zu Kommunikationsmechanismen?

Ja                Nein

1.2 Wie wichtig sind Vorkenntnisse zu Kommunikationsmechanismen an dieser Stelle?

Sehr wichtig                Nicht wichtig

### 2. Kommunikationsmechanismen

2.1 Die Kommunikationsmechanismen in JWAM basieren auf den Entwurfsmustern „Beobachter“ und „Zuständigkeitskette“.

2.1.1 Hatten Sie in der Aufgabe zu Kommunikationsmechanismen ausreichend Vorkenntnisse zu Entwurfsmustern?

Ja                Nein

2.1.2 Wie wichtig sind Vorkenntnisse zu Entwurfsmustern an dieser Stelle?

Sehr wichtig                Nicht wichtig

2.1.3 Welche Vorkenntnisse waren oder wären Ihnen am wichtigsten?

2.2 Die Kommunikation findet vor allem zwischen Werkzeugen und Teilen von Werkzeugen statt.

2.2.1 Hatten Sie in der Aufgabe zu Kommunikationsmechanismen ausreichend Vorkenntnisse zur Konstruktion von Werkzeugen mit JWAM?

Ja                Nein

2.2.2 Wie wichtig sind Vorkenntnisse über Werkzeuge an dieser Stelle?

Sehr wichtig                Nicht wichtig

2.2.3 Welche Vorkenntnisse waren oder wären Ihnen am wichtigsten?

Vielen Dank

## Anhang C: Fragebogen 2

Im Folgenden ist der zweite Fragebogen wiedergegeben, mit dessen Hilfe die Qualität unterschiedlicher Vermittlungsprozesse im Beispielschulungskurs analysiert wird. Der Fragebogen vergleicht vor allem Themen, die sowohl am ersten als auch am zweiten Schulungstermin behandelt wurden. Die Teilnehmer des Beispielschulungskurses haben den Fragebogen gegen Ende des zweiten Schulungstermins ausgefüllt.

Fragebogen  
zur Pilotsystem-Schulung  
Bundesamt für den Zivildienst  
13. bis 14.11.2006  
Felix Abraham

### 1. Zusammengesetzte Fachwerte und Validierung dieser in der GUI

1.1 Bitte bewerten Sie den Schwierigkeitsgrad der Übungsaufgabe.

Einfach             Schwierig

1.2 Hatten Sie ausreichend Vorkenntnisse, um die Aufgabe zu lösen?

Ja             Nein

1.3 Hatten Sie ausreichend Vorkenntnisse zu den folgenden Teilbereichen?

1.3.1 Das grundlegende Konzept für Fachwerte

Ja             Nein

1.3.2 Fachwerte in objektorientierter Programmierung

Ja             Nein

1.3.3 Fachwerte in WAM

Ja             Nein

1.3.4 Fachwerte in JWAM

Ja             Nein

1.3.5 Die Umsetzung von Fachwerten im DABR-E System

Ja             Nein

1.4 Woher stammen Ihre Vorkenntnisse?

1.4.1 Von vor der Schulung oder von außerhalb der Schulung

Ja, ausschließlich             Nein, gar nicht

1.4.2 Aus der Schulung (ohne diesen und den vorherigen Schulungsblock)

Ja, ausschließlich             Nein, gar nicht

1.4.3 Aus dem letzten Schulungsblock (16. bis 18.10.2006)

Ja, ausschließlich             Nein, gar nicht

1.4.4 Aus diesem Schulungsblock (13. bis 14.11.2006)

Ja, ausschließlich             Nein, gar nicht

1.5 Das Thema „Fachwerte“ wurde im letzten Schulungsblock (16. bis 18.10.2006) bereits behandelt.

1.5.1 In welchem Schulungsblock war die Vermittlung der Inhalte besser?

16. bis 18.10.2006             13. bis 14.10.2006

1.5.2 In welchem Schulungsblock war die Übungsaufgabe zu diesem Thema schwieriger

16. bis 18.10.2006             13. bis 14.10.2006

1.5.3 In welchem Schulungsblock waren die Inhalte besser auf die erforderlichen Kenntnisse für die Übungsaufgabe abgestimmt?

16. bis 18.10.2006             13. bis 14.10.2006

1.5.4 In welchem Schulungsblock haben Sie mehr gelernt?

16. bis 18.10.2006             13. bis 14.10.2006

1.5.5 In welchem Schulungsblock ist Ihnen das Verständnis der Inhalte leichter gefallen?

16. bis 18.10.2006             13. bis 14.10.2006

1.5.6 In welchem Schulungsblock hatten Sie vorher schon mehr oder bessere Vorkenntnisse?

16. bis 18.10.2006             13. bis 14.10.2006

**2. Werkzeughierarchien und Werkzeugabstraktionen**

2.1 Bitte bewerten Sie den Schwierigkeitsgrad der Übungsaufgabe.

Einfach                 Schwierig

2.2 Hatten Sie ausreichend Vorkenntnisse, um die Aufgabe zu lösen?

Ja                 Nein

2.3 Hatten Sie ausreichend Vorkenntnisse zu den folgenden Teilbereichen?

2.3.1 Die Metapher „Werkzeug“ (WAM)

Ja                 Nein

2.3.2 Werkzeuge in JWAM

Ja                 Nein

2.3.3 Konstruktion von Werkzeugen im DABR-E System

Ja                 Nein

2.4 Woher stammen Ihre Vorkenntnisse?

2.4.1 Von vor der Schulung oder von außerhalb der Schulung

Ja, ausschließlich                 Nein, gar nicht

2.4.2 Aus der Schulung (ohne diesen und den vorherigen Schulungsblock)

Ja, ausschließlich                 Nein, gar nicht

2.4.3 Aus dem letzten Schulungsblock (16. bis 18.10.2006)

Ja, ausschließlich                 Nein, gar nicht

2.4.4 Aus diesem Schulungsblock (13. bis 14.11.2006)

Ja, ausschließlich                 Nein, gar nicht

2.5 Das Thema „Werkzeuge“ wurde im letzten Schulungsblock (16. bis 18.10.2006) bereits behandelt.

2.5.1 In welchem Schulungsblock war die Vermittlung der Inhalte besser?

16. bis 18.10.2006                 13. bis 14.10.2006

2.5.2 In welchem Schulungsblock war die Übungsaufgabe zu diesem Thema schwieriger

16. bis 18.10.2006             13. bis 14.10.2006

2.5.3 In welchem Schulungsblock waren die Inhalte besser auf die erforderlichen Kenntnisse für die Übungsaufgabe abgestimmt?

16. bis 18.10.2006             13. bis 14.10.2006

2.5.4 In welchem Schulungsblock haben Sie mehr gelernt?

16. bis 18.10.2006             13. bis 14.10.2006

2.5.5 In welchem Schulungsblock ist Ihnen das Verständnis der Inhalte leichter gefallen?

16. bis 18.10.2006             13. bis 14.10.2006

2.5.6 In welchem Schulungsblock hatten Sie vorher schon mehr oder bessere Vorkenntnisse?

16. bis 18.10.2006             13. bis 14.10.2006

Vielen Dank



Ich versichere hiermit, diese Arbeit selbstständig und nur unter ausschließlicher Zuhilfenahme der in der Arbeit aufgeführten Hilfsmittel erstellt zu haben.

Felix Abraham