

# Softwareanforderungsanalyse

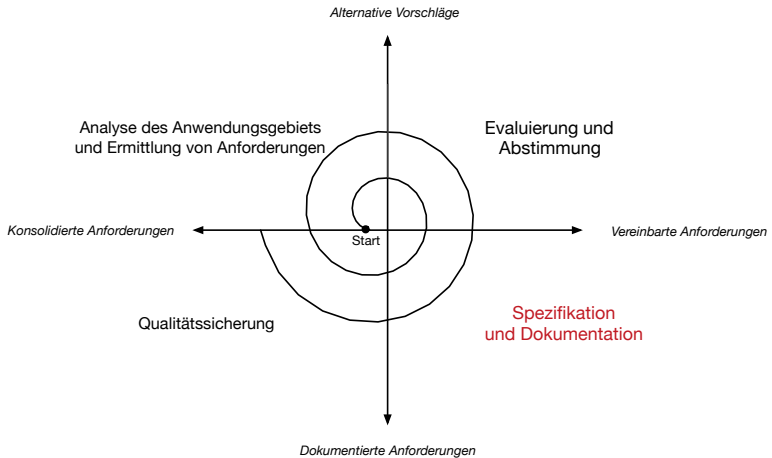
## Spezifizieren und Dokumentieren von Anforderungen

Burkhardt Renz

THM, Fachbereich MNI

Wintersemester 2018/19

# Spezifikation und Dokumentation von Anforderungen



# Übersicht

## Was spezifizieren und dokumentieren?

- Gliederung für Anforderungsspezifikation
- Problem Frames

## Wie spezifizieren und dokumentieren?

- Natürliche Sprache
- Modellbasierte Darstellung
- Formale Spezifikation

# Erwartungen an eine Anforderungsspezifikation

- vollständig
- konsistent
- adäquat
- eindeutig
- verständlich, gut strukturiert
- prüfbar
- relevant, risikogerecht
- verfolgbar

# Übersicht

- Was spezifizieren und dokumentieren?
  - Aufbau und Gliederung der Anforderungsspezifikation
  - Problem Frames
- Spezifikation in natürlicher Sprache
- Modellbasierte Spezifikationen
- Formale Spezifikationen

# Gliederung der Anforderungsspezifikation

- ISO/IEC/IEEE Standard 29148:2011  
*Systems and software engineering – Life cycle processes – Requirements engineering*  
enthält in Kapitel 8.4 Beispiel für die Gliederung des **Software requirements specification document**
- Im deutschen Sprachraum oft Unterscheidung
  - **Lastenheft**  
„Vom Auftraggeber festgelegte Gesamtheit der Forderungen an die Lieferungen und Leistungen eines Auftragsnehmers innerhalb eines Auftrags“
  - **Pflichtenheft**  
„... vom Auftragnehmer erarbeitete Realisierungsvorgaben aufgrund der Umsetzung des vom Auftraggeber vorgegebenen Lastenhefts“

# Mustergliederung nach ISO 29148:2011 I

## 1. Einführung

1.1 Anlass und Ziele

1.2 Einsatzbereich

1.3 Produktübersicht

1.3.1 Kontext

1.3.2 Funktionen des Produkts

1.3.3 Art der Benutzer

1.3.4 Annahmen und Einschränkungen

## 2. Referenzen

## 3. Einzelanforderungen

3.1 Externe Schnittstellen

3.2 Funktionen

3.3 Anforderungen an die Benutzbarkeit

3.4 Anforderungen an die Leistungsfähigkeit

3.5 Anforderungen bzgl. des logische Datenmodells

3.6 Entwurfsbedingungen und -einschränkungen

3.7 Weitere Qualitätsmerkmale

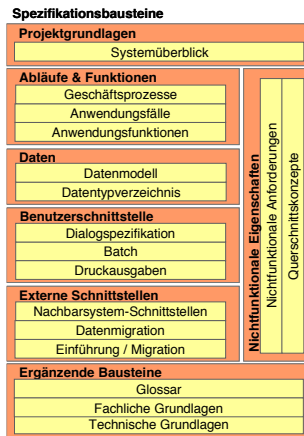
3.8 Wartungs- und Supportinformationen

# Mustergliederung nach ISO 29148:2011 II

- 4. Verifikation (bzgl. aller Unterpunkte von 3.)
- 5. Anhang
  - 5.1 Annahmen und Abhängigkeiten
  - 5.2 Akronyme und Abkürzungen



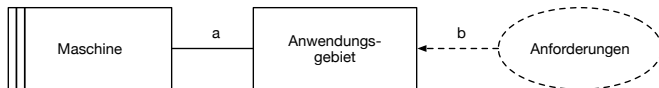
# Spezifikationsbausteine von sd&m



Quelle: Andreas Birk *Anforderungsspezifikationen in großen IT-Projekten*, in: Jahrestagung der GI-Fachgruppe Requirements Engineering, Kaiserslautern 2004.

# Problem Frames

## Die Grundidee



## Grundlegende Problem Frames

<http://homepages.thm.de/~hg11260/mat/saa-pf-bh.pdf>

# Übersicht

- Was spezifizieren und dokumentieren?
- Spezifikation in natürlicher Sprache
  - Sprachliche Regeln
  - Blaupausen für die Formulierung von Anforderungen
  - Glossar
- Modellbasierte Spezifikationen
- Formale Spezifikationen

# Spezifikation in natürlicher Sprache

- wird am häufigsten für Spezifikation von Anforderungen verwendet, warum?
- ausdrucksmächtig
- für jeden ohne Spezialkenntnisse schreibbar und lesbar
- aber:
  - inhärent mehrdeutig
  - fehlerträchtig
  - schwierig zu prüfen
  - je umfangreicher desto unübersichtlicher

# Verbesserung der Qualität natürlichsprachlicher Spezifikationen

Man kann die Qualität von Anforderungsspezifikationen in natürlicher Sprache verbessern durch

- geeignete **Gliederung** und Strukturierung des Dokuments
- **Sprachliche Regeln** für Formulierungen bis hin zu
- **Blaupausen** für die Formulierung von Einzelanforderungen
- klare Definition und Verwendung von Bezeichnungen durch ein **Glossar**

# Sprachliche Regeln: Struktur der Sätze

- Vollständige Satzstruktur bilden
- Im Aktiv formulieren
- Anforderungen in Hauptsätzen, Nebensätze nur zur Erläuterung etc.
- Bei Vergleichen Bezugspunkt angeben
- Bei Alternativen und/oder Fallunterscheidungen alle Möglichkeiten berücksichtigen

# Sprachliche Regeln: Vage Bezeichnungen vermeiden

- **Unspezifische** Nomen durch präzise Angaben ersetzen  
nicht: „die Daten werden. . .“  
sondern: „die Daten des aktuellen Auftrags. . .“
- **Verben**, die Prozesse, Funktionen oder Abläufe beschreiben,  
präzise definieren  
„Daten werden übertragen“  
welche Daten? wohin übertragen?

# Sprachliche Regeln: Nominalkonstruktionen

- **Nominalkonstruktionen** sind Nomen, die aus Verben gebildet werden  
z.B. „Initialisierung, Neustarten des Systems“
- Oft verbergen sich hinter Nominalkonstruktionen **unvollständig spezifizierte Abläufe**

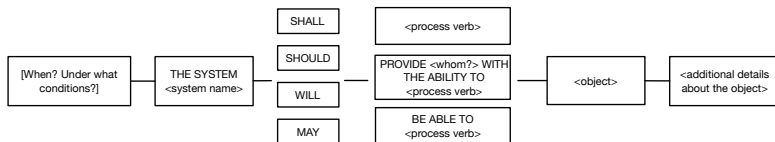


# Sprachliche Regeln: Quantoren und Ausschlüsse

- **Allquantoren** hinterfragen, weil sie in Umgangssprache oft implizit kontextabhängig verwendet werden  
z.B. „auf dem Dialog werden alle Daten angezeigt“  
z.B. „der Vorgang kann jederzeit abgebrochen werden“
- **Existenzquantoren** durch explizites Angeben des Exemplars präzise verwenden  
z.B. „Es gibt eine Einstellung für die Schriftgröße“  
welche? wo?
- **Ausschlüsse** nach Ausnahmen hinterfragen  
z.B. „Es ist nicht möglich, dass. . .“  
wirklich?

# Blaupausen für die Formulierung von Anforderungen

## Vorlage für Bildung präziser Formulierung von Anforderungen



Quelle: Klaus Pohl, Chris Rupp *Requirements Engineering Fundamentals*, Kapitel 5.2

# Modus von Äußerungen

Michael Jackson kritisiert den Einsatz von Zeitformen (Tempus) wie in „shall“ und „will“, weil Zeiten keinen Modus angeben, sondern eher zweideutig sind.

Besser die präzise Unterscheidung:

- **Optativ** – Wunschform = drückt aus, was gewünscht wird zu erreichen, was *vorgeschrieben* wird, **präskriptiv**
- **Indikativ** – Wirklichkeitsform = drückt aus, was im Anwendungsgebiet *ist*, unabhängig von dem zu konstruierenden System, *beschreibend*, **deskriptiv**
- **Definition** – Festlegung einer präzisen Sprechweise für Konzepte etc.

# Glossar

- **Verzeichnis der Begriffe und Bezeichnungen** des Anwendungsgebiets
- **Präzise** Definition der Begrifflichkeiten – hilft Mehrdeutigkeiten zu vermeiden
- erfordert genaues **Verstehen** des Anwendungsgebiets
- Basis der **Kommunikation** zwischen Fachexperten und Softwareentwicklern
- Regeln:
  - Hintergrund der Begriffsbildung festhalten
  - Agreement bei allen Beteiligten herstellen
  - Konsistente Struktur festlegen
  - Zentral zugänglich
  - Über die Laufzeit des Projekts gepflegt
  - Verwendung der Begriffe des Glossars ist verpflichtend

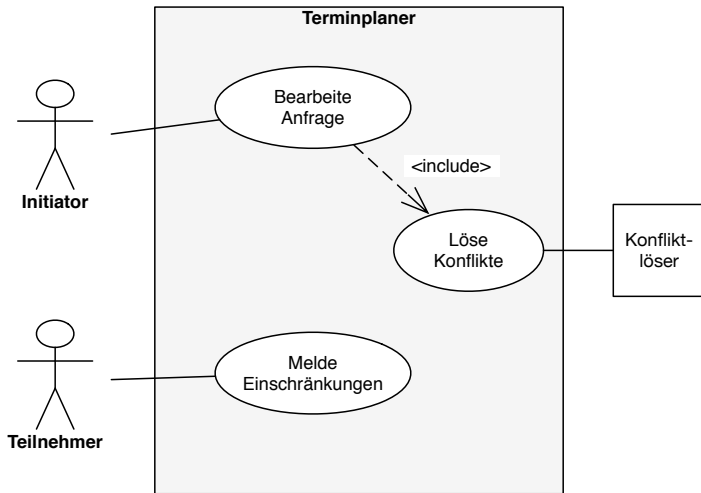
# Übersicht

- Was spezifizieren und dokumentieren?
- Spezifikation in natürlicher Sprache
- **Modellbasierte Spezifikationen**
  - Anwendungsfälle
  - Drei Perspektiven
  - Datenperspektive
  - Perspektive der Funktionalität
  - Perspektive des Verhaltens
- Formale Spezifikationen

# Use-Case-Diagramm

- Anwendungsfall: Interaktionssequenz eines Akteurs mit dem System zur Erreichung eines Zieles
- Use-Case-Diagramm: Übersicht über die Anwendungsfälle
- und ihre Beziehungen zur Systemumgebung
- sowie untereinander
- Nicht viel mehr als eine graphisch dargestellte Liste der Anwendungsfälle

# Beispiel Use-Case-Diagramm



# Spezifikation des Anwendungsfalls

- Oft werden Blaupausen für textuelle Darstellung verwendet, z.B. Alistair Cockburn: *Writing Effective Use Cases*
- Aktivitätendiagramm zur Darstellung der Interaktionen
- Sequenzdiagramm zur Darstellung der Interaktionen



# Kritik der Ansatzes mit Anwendungsfällen

*Use cases are a popular albeit fairly fuzzy form of operational specification. As their specification does not convey much, use cases are not really amenable to useful forms of analysis.*

*However, they provide an outline view of the operations that an agent has to perform; such a view may prove useful for elicitation and communication with stakeholders.*

– van Lamsweerde S. 277

# Drei Perspektiven für Anforderungen

- **Datenperspektive**

Welche Daten benötigt man für die Aufgabe?

Wie hängen sie zusammen?

Welche Daten speichert und/oder liefert das System?

- **Perspektive der Funktionalität**

Welche Transformation von Daten macht das System?

Welche Aktionen in der Umgebung löst es aus?

- **Perspektive des Verhaltens**

Welche Zustände hat das System?

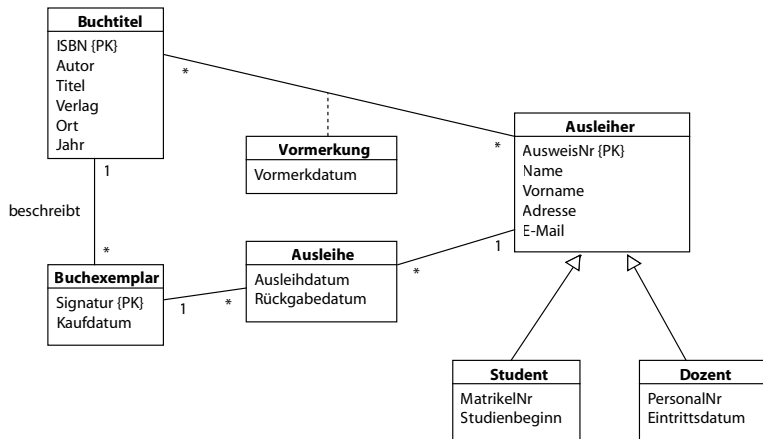
Wie reagiert es auf Ereignisse in bestimmten Zuständen?

Welche Zustandsübergänge macht es dann?

# Entity-Relationship-Modellierung

- Entitäten und Entitätstypen
- Attribute
- Beziehungen und Assoziationen (Beziehungstypen)
- Multiplizitäten
- Diagrammdarstellung in Chen-Notation oder UML-Notation

# Beispiel: Bibliotheksverwaltung



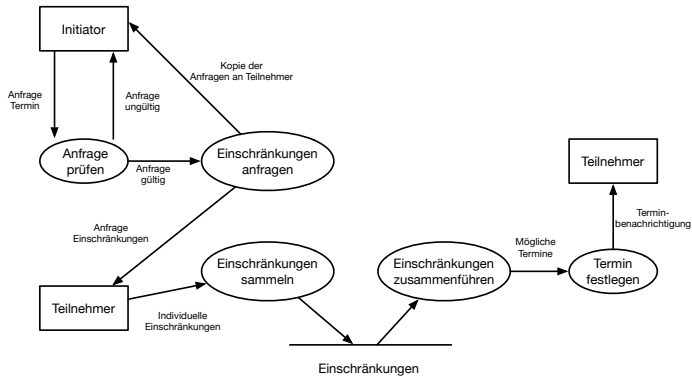
# UML-Klassendiagramm

- Weiterentwicklung der Entity-Relationship-Modellierung
- im Wesentlichen kommen Methoden hinzu
- zugeschnitten (und basierend) auf objekt-orientierte Programmiersprachen – etwas andere Semantik als ER-Modelle

# Strukturierte Analyse

- Spezifikationsmethode aus den 80er Jahren
- Aktivitätsdiagramm: Prozesse/Funktionen mit Input- und Output-Daten
- Datenflussdiagramm:
  - Datenspeicher  
dargestellt durch parallele Linien
  - Datenfluss  
dargestellt durch Pfeil
  - Prozess/Funktion  
dargestellt durch Oval
  - Akteur  
dargestellt durch Rechteck
- wird heute nicht mehr viel verwendet

# Beispiel: Terminplaner



# UML-Diagramme

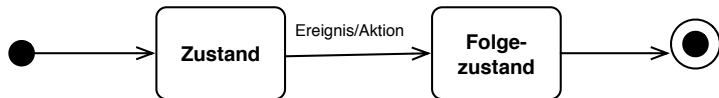
- Aktivitätendiagramm  
Aktivitäten, Kontrollfluss, Entscheidungsknoten,  
Synchronisation nebenläufiger Ausführung, ...
- Sequenz- bzw. Interaktionsdiagramm  
Beteiligte Rollen, Lebenslinie, Nachrichten/Methodenaufruf,  
...



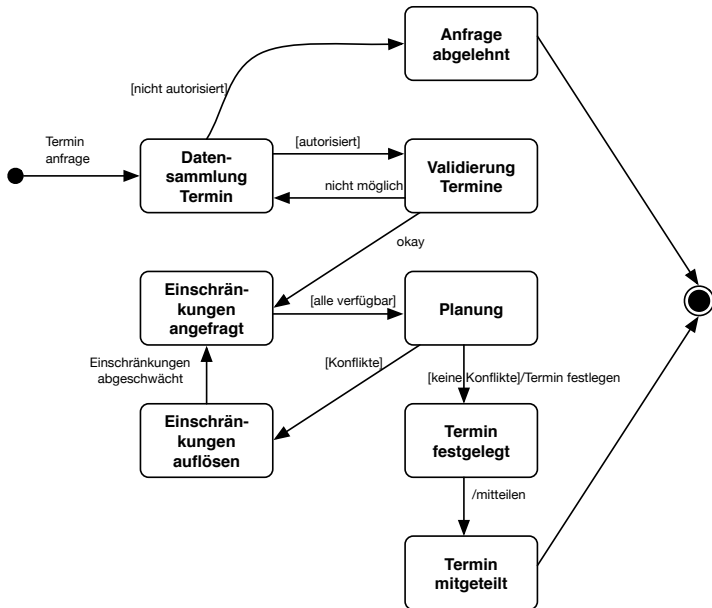
# Statecharts bzw. UML-Zustandsdiagramm

- Statechart von David Harel 1984
- Zustandsdiagramm der UML

## Prinzip



# Beispiel: Terminplaner



# Übersicht

- Was spezifizieren und dokumentieren?
- Spezifikation in natürlicher Sprache
- Modellbasierte Spezifikationen
- **Formale Spezifikationen**
  - Logik
  - Beispiel: Z
  - Beispiel: Alloy
  - Diskussion formaler Methoden

# Grundlagen formaler Spezifikationen

- **Aussagenlogik**

Atomare Aussagen, die wahr oder falsch sein können  
Komplexe Aussagen gebildet durch  $\neg, \wedge, \vee, \rightarrow, \dots$

- **Prädikatenlogik**

Terme bezeichnen Objekte des Universums, Funktionen  
Prädikate sind Beziehungen der Objekte, die wahr oder falsch sein können

Aussage gebildet durch aussagenlogische Operatoren sowie die Quantoren über Variablen  $\forall x, \exists y$

- **Temporale Logik**

Folge von Zuständen, in denen bestimmte atomare Aussagen wahr oder falsch sein können

Temporale Operatoren  $\diamond$  später mal,  $\square$  immer,  $\bigcirc$  im nächsten Zustand

# Die Spezifikationssprache Z

- Z ist eine Sprache zur formalen Beschreibung mathematischer Sachverhalte
- dient der Beschreibung von Software und auch Hardware
- entwickelt an der Universität Oxford von Jean-Raymond Abrial
- 2002 durch ISO als Standard 13568 standardisiert
- Name kommt von Ernst Zermelo, Axiome der Mengenlehre nach Zermelo-Fraenkel (ZF, ZFC)
- in der Praxis verbreiteste formale Spezifikationssprache
- Literatur: Jonathan Jacky *The Way of Z: Practical Programming with Formal Methods*, CUP 1997

# Grundelemente von Z, 1

- Eine Z-Spezifikation besteht aus **Mengen**, **Typen**, **Axiomen** und **Schemata**
- **Typen**, wie  $[Datum], \mathbb{N}$
- **Mengen** haben einen Typ, wie  $Personen : \mathbb{P} \text{ Name}, Zaehler : \mathbb{N}$
- **Axiome** definieren globale Variablen und Invarianten, wie

$$\begin{array}{|l} limit : \mathbb{N} \\ \hline limit \leq 65535 \end{array}$$

# Grundelemente von Z, 2

**Schemata** bilden einen eigenen Namensraum und gliedern die Spezifikation, sie bestehen aus:

- Name
- Deklaration von Zustandsvariablen
- Invarianten
- Beziehungen
- Operationen, die Zustand ändern

# Beispiel: Bibliotheksverwaltung

## Bestand an Büchern

*Bibliothek*

*Bestand* :  $\mathbb{P} Buch$

*Benutzer* :  $\mathbb{P} Person$

*ausgeliehen* :  $Buch \rightarrow Person$

$\text{dom } ausgeliehen \subseteq Bestand$

$\text{ran } ausgeliehen \subseteq Benutzer$



# Beispiel: Bibliotheksverwaltung

## Ausleihen von Büchern

*Ausleihen*

$\Delta$ *Bibliothek*

*auszuleihendesBuch?* : *Buch*

*Ausleiher?* : *Person*

*auszuleihendesBuch?*  $\in$  *Bestand* \ dom *ausgeliehen*

*Ausleiher?*  $\in$  *Benutzer*

*ausgeliehen'* = *ausgeliehen*  $\cup$   $\{(auszuleihendesBuch?, Ausleiher?)\}$

*Bestand'* = *Bestand*

*Benutzer'* = *Benutzer*

# Alloy

- Spezifikationssprache entwickelt von Daniel Jackson MIT
- basiert auf Mengen, Relationen und relationaler Logik
- hat interaktiven Alloy-Analyzer, der Modelle zur Spezifikation findet und so interaktives Entwickeln einer Spezifikation erlaubt
- Alloy = Legierung, weil Verschmelzung von Z mit Model Checking
- verwendet oft für (kritische) Ausschnitte einer Spezifikation
- Literatur: Daniel Jackson *Software Abstractions: Logic, Language, and Analysis*, MIT Press 2012
- Literatur: Burkhardt Renz und Nils Asmussen *Kurze Einführung in Alloy*, THM 2014

# Beispiel mit Alloy

Demo Zugsegmente und Sicherheitsrichtlinie (nach D. Jackson)

# Diskussion: formale Methoden

## Stärken

- Immer eindeutig (da Semantik formal definiert)
- Konsistenz formal prüfbar
- Erfüllung wichtiger Eigenschaften beweisbar und/oder automatisiert testbar
- Formale Verifikation von Programmen/Code möglich
- Modelle simulierbar/animierbar, z.B. Alloy

## Schwächen

- sehr aufwändig
- Nachweis der Vollständigkeit schwierig
- Große Spezifikationen schwer zu verstehen, profunde Ausbildung notwendig
- Aspekte von Benutzerschnittstellen schwierig darstellbar