

Anforderungsanalyse

Echtzeitsystemlabor – Vorlesung/Übung

Peter Ulrich
Wolfgang Schröder-Preikschat

Lehrstuhl für Informatik 4
Verteilte Systeme und Betriebssysteme
Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg

<http://www4.cs.fau.de/~{ulrich,wosch}>
{ulrich,wosch}@cs.fau.de



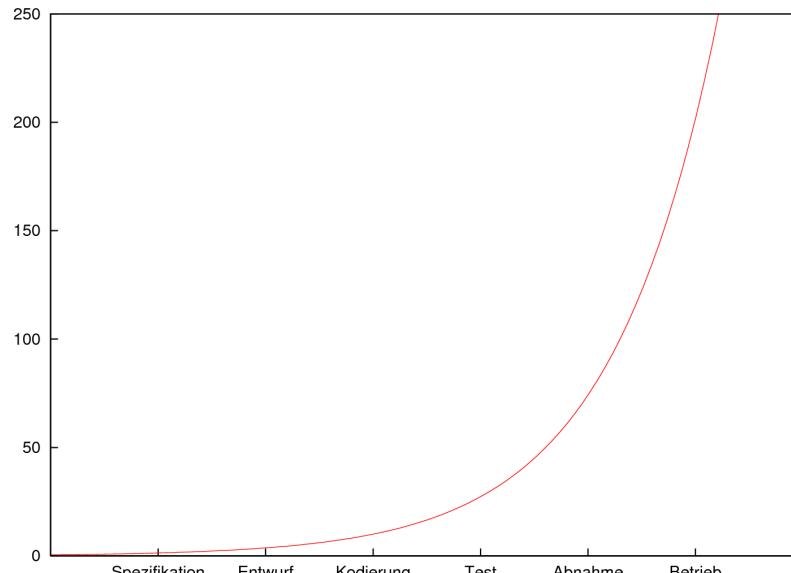
Übersicht

- Einleitung
- Aufgabenfelder
- Darstellungsmethoden
- Zusammenfassung

© {scheler,ulrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2011)

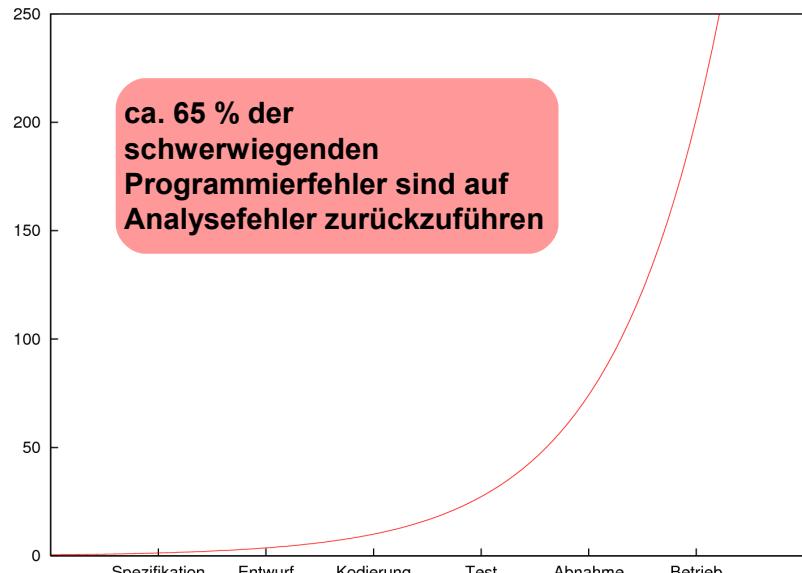
2

Wozu? - Relative Kosten von Fehlern



3

Wozu? - Relative Kosten von Fehlern



© {scheler,ulrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2011)

4

Analyse der Problemstellung

- methodisch gestütztes Aufstellen von Anforderungen
- **Anforderung** (engl. *requirements*)
 - Aussage über eine zu erbringende Leistung
 - eines Produkts oder eines Systems
 - eine Eigenschaft, die erfüllt sein muss,
 - damit ein bestimmter Vorgang gelingen kann
 - ein Leistungsmerkmal (nicht nur) von Software
- Zusammenfassung im **Lasten-/Pflichtenheft**
 - als Bestandteil eines zu erstellenden Anforderungsdokuments, das
 - die durch das System zu lösende Aufgabe beschreibt
 - die im Projekt zu erreichenden Ziele definiert
 - den Benutzerkreis des zu entwickelnden Systems festlegt
 - ... in **Zusammenarbeit mit dem Kunden**



© {scheler,ulbrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2011)

5

Anforderungen → Lasten & Pflichten

- **Lastenheft** (Anforderungsspezifikation)
 - beschreibt unmittelbare Anforderungen, Erwartungen, Wünsche
 - legt fest, **was** und **wofür** etwas gemacht werden soll
- **Pflichtenheft**
(Sollkonzept, Fachfeinkonzept, fachliche Spezifikation)
 - detaillierte Beschreibung einer zu erfüllenden Leistung
 - liegt am Ende als schwarzer Kasten (engl. *Black Box*) vor
 - enthält i.d.R. nicht die Problemlösung (**keine** Implementierung)
 - präzise, vollständige, nachvollziehbare Inhalte
 - gibt an, **wie** und **womit** etwas realisiert werden soll
 - verknüpft mit techn. Festlegungen der Betriebs-/Wartungsumgebung

Nach DIN 69905 enthält das **Pflichtenheft** die vom **Auftragnehmer** erarbeiteten **Realisierungsvorgaben**, die sich aus der Umsetzung des vom **Auftraggeber** vorgegebenen **Lastenheftes** ergeben haben.

Anforderungen → Lasten & Pflichten

- **Lastenheft** (Anforderungsspezifikation)
 - beschreibt unmittelbare Anforderungen, Erwartungen, Wünsche
 - legt fest, **was** und **wofür** etwas gemacht werden soll
- **Pflichtenheft**
(Sollkonzept, Fachfeinkonzept, fachliche Spezifikation)
 - detaillierte Beschreibung einer zu erfüllenden Leistung
 - liegt am Ende als schwarzer Kasten (engl. *Black Box*) vor
 - enthält i.d.R. nicht die Problemlösung (**keine** Implementierung)
 - präzise, vollständige, nachvollziehbare Inhalte
 - gibt an, **wie** und **womit** etwas realisiert werden soll
 - verknüpft mit techn. Festlegungen der Betriebs-/Wartungsumgebung



© {scheler,ulbrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2011)

6

Gliederung: Lasten- & Pflichtenheft

1. Allgemeines
 1. Einführung
 2. Referenzen
2. Systembeschreibung
 1. Funktionelles Zusammenwirken
 2. Funktionelle Arbeitsweise
 3. Aufteilung in Hard-/Software
3. Softwareanforderung
 1. Daten: Name, Typ, Struktur, Wertevorrat, Dimension, Genauigkeit, Zeitbedingungen, Bedeutung
 2. Funktionen: Ergebnis, Bedingungen, Initialisierung, Sonderfälle, Wiederholfrequenz/Durchlaufzeit, Bedeutung
4. Sonstiges: Programmiersprache, Verfahrensvorschriften



© {scheler,ulbrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2011)

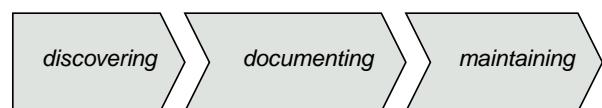
8



© {scheler,ulbrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2011)

7

Einzelschritte

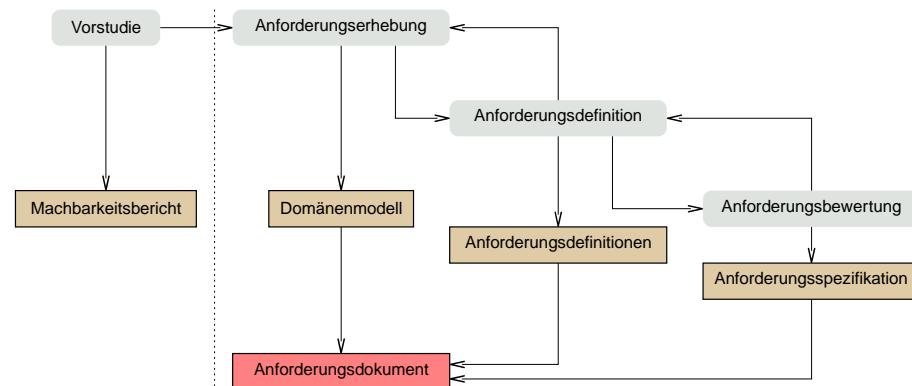


Sommerville & Sawyer



Nuseiheh & Easterbrook

Prozess der Anforderungsanalyse



© {scheler,ulbrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2011)

10

Anforderungsanalyse → Anforderungsdefinition

- **Anforderungstechnik** (engl. *req. engineering*, RE)
 - wichtige Voraussetzung zur Ermittlung von Anforderungen
 - Interessenvertreter identifizieren
 - d.h. die richtigen zu befragenden Institutionen/Personen ...
 - oft auch als Synonym zu *Anforderungsanalyse*
- **Anforderungspflege** (engl. *req. management*, RM)
 - umfasst die Anforderungsanalyse und geht darüber hinaus
 - Maßnahmen zur Anforderungssteuerung, -kontrolle und -verwaltung
 - d.h. Risiko-, Änderungs- und Umsetzungsmanagement
 - elementare Prozess der Software- und Systemreifegrad-Modelle
 - **CMMI** – Capability Maturity Model Integration
 - **SPICE** – Software Process Improvement and Capability Determination
 - auch bekannt als **Software Requirements Specification** (SRS)

9

Abgrenzung: RE vs. RM

- **Req. Engineering**
 - Erfassung
 - Analyse
 - Prüfung
 - Abstimmung
- **Req. Management**
 - Strukturierung
 - Bewertung
 - Verfolgung
 - Berichtswesen

11

© {scheler,ulbrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2011)

12

Abgrenzung: RE vs. RM

■ Req. Engineering

- Erfassung
- Analyse
- Prüfung
- Abstimmung

■ Req. Management

- Strukturierung
- Bewertung
- Verfolgung
- Berichtswesen

■ Generierung von Anforderungen

■ Verwaltung von Anforderungen



Einzelschritte

1. Anforderungserhebung

- Kriterien zur **Aufnahme** von Anforderungen
 - vollständig, eindeutig definiert/abgegrenzt, verständlich
 - atomar, identifizierbar, dokumentiert, notwendig
 - nachprüfbar, rück- und vorwärtsverfolgbar
- abschließende **Erfassung** der Anforderungen im Lastenheft

2. Anforderungsdefinition

- Kriterien zur **Strukturierung** der Anforderung
 - abhängig, zusammengehörig, rollenbezogen
 - funktional/nichtfunktional, fachlich/technisch motiviert
- abschließende **Abstimmung** zwischen Kunde und Entwickler

3. Anforderungsbewertung → Prüfung und Bewertung

- Qualitätssicherung der Anforderungen
 - korrekt, machbar, notwendig, priorisiert, nutzbar, benutzerfreundlich
- Ergebnis dieses Schritts ist Basis für das Pflichtenheft

Qualitätsmerkmale von Anforderungen

■ Adäquatheit

- beschreiben, was der Auftraggeber fordert, was benötigt wird

■ Vollständigkeit

- alles beschreiben, was der Auftraggeber fordert, was benötigt wird

■ Widerspruchsfreiheit

- ansonsten ist die Spezifikation nicht realisierbar

■ Verständlichkeit

- für den Auftraggeber und den Auftragnehmer

■ Eindeutigkeit

- um Fehler durch Fehlinterpretationen zu vermeiden

■ Prüfbarkeit

- ob das erstellte System den Anforderungen entspricht

Typen von Anforderungen (nach SRS)

1. funktionale Anforderungen

- Beschreibung des kompletten, deterministischen Systemverhaltens

2. externe Schnittstellen

3. Performanz (statisch/dynamisch)

4. logische Datenbasis

- Nutzungsfrequenz, Zugriffsfähigkeiten, Daten inkl. Beziehungen

5. Entwurfseinschränkungen

- Einhalten von Normen, Systemattributen (von Software)

6. Systemattribute von Software

- Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Sicherheit, Wartbarkeit, Übertragbarkeit

→ Anforderungen 2. - 6. gelten als **nicht funktional**



Typen von Anforderungen - Beispiele

- Name des Elements/Postens
- Gegenstandsbeschreibung
- Quelle der Eingabe und Ziel der Ausgabe
- Gültigkeitsbereich, Genauigkeit, Abweichung
- Maßeinheit
- Zeitvorgabe
- Beziehung zu anderen Ein-/Ausgaben
- Bildschirmformate/-organisation
- Fensterformate/-organisation
- Daten- und Befehlsformate



Formulieren

- ... des Problems und ggf. auch einer Lösungsidee
- **Analyse** (engl. *analysis*)
 - Grenze des Systems und Interaktion mit der Umgebung erläutern
 - ggf. verschiedene Sichten (engl. *viewpoint*) einnehmen
 - z.B. unterschiedliche Entwicklerrollen oder Beschreibungstechniken
 - widersprüchliche Anforderungen identifizieren und ggf. auflösen
- **Spezifikation** (engl. *specification*)
 - vollständige Menge zusammenhängender Anforderungen gestalten
 - Subsysteme/Komponenten definieren und Anforderungen zuordnen
- **Modellierung** (engl. *modelling*)
 - Systemeigenschaften durch **konzeptionelle Modelle** untersuchen
 - Daten-/Kontrollfluss-, Zustands-, Objekt-, Anwendungsfallmodelle
 - die operative Umgebung samt Daten und Kommunikation verstehen



Herausfinden

- ... was der Kunde will bzw. was machbar ist
- **Erhebung** (engl. *elicitation*)
 - Identifizierung von Anforderungen, Auflagen und Einschränkungen
 - Fragebögen, offene Interviews, Besprechungen
 - Wiederverwendung von Anforderungen aus früheren Projekten
- **Abstimmung** (engl. *negotiation*)
 - Auflösung bestehender Konflikte ...
 - zwischen Fähigkeiten und Einschränkungen
 - zwischen Anforderungen und Betriebsmitteln (Ressourcen)
 - wegen inkompatibler Merkmale verschiedener Interessenvertreter
 - Verhandlung mit den Interessenvertretern (Auftraggebern)
 - Konsensfindung, Kompromisswege/-lösungen herausarbeiten



Organisieren

- ... um die Problemkomplexität zu beherrschen
- **Dokumentation** (engl. *documenting*) → **Anforderungsdok.**
 - die Menge aller beschriebenen Anforderungen zusammenstellen
 - Lastenheft erzeugen, das später ins Pflichtenheft überführt wird
- **Strukturierung** (engl. *structuring*)
 - Anforderungen nach versch. Kriterien klassifizieren
 - Gruppierung nach z.B. Priorität (bei der Erfüllung der Gesamtziele), Herkunft, Gültigkeitsbereich, Stabilität usw. vornehmen
 - in funktional und nicht-funktionale Anforderungen einstufen
 - Attribute für jede Anforderung festlegen
 - Beschreibung, Grund, Urheber, Status, Akzeptanzkriterien, Implikationen, Abhängigkeiten, ...
 - dient u.a. auch der weiteren Gruppierung (s.o.)
 - den Anforderungen eindeutige Bezeichner zuordnen



Hinterfragen

- ... ob das Problem richtig verstanden wurde
- **Validierung** (engl. *validating*)
 - sicherstellen, dass das beschriebene System die ursprüngliche Intention (des Auftraggebers) adäquat wiedergibt
 - ein sich zu verschiedenen Prozesszeitpunkten wiederholender Vorgang
 - das Anforderungsdokument untersuchen, in Form von Inspektionen oder formalen Besprechungen durch Gutachtergruppen
 - Fehler, irrtümliche Annahmen, unklar bestimmte Begriffe, Abweichungen von üblichen Vorgehensweisen identifizieren
 - Gutachter sind u.a. auch Beauftragte der Benutzer des Systems
 - ggf. einen Prototypen zeigen, um die ursprüngliche Intention (s.o.) mit der eigenen Interpretation des Systems zu konfrontieren
 - manchmal genügen bereits einfache Papierskizzen



© {scheler,ulbrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2011)

21

Spezifikationstechniken

- allgemeine Klassifikation bzw. Ansätze
- **formal** (engl. *formal*)
 - rigorose, mathematische Grundlage → **formale Notation**
- **informell** (engl. *informal*)
 - wenn die **Transkription** („Umkodierung“) in eine formale Notation mit zugeordneten Regeln nur eingeschränkt möglich ist
 - z.B. ein Ablaufdiagramm (engl. *flowchart*)
 - bestenfalls werden Anforderungsverletzungen/-konflikte sichtbar
- **halbformlich** (engl. *semiformal*)
 - Ansätze, die formale und informelle Züge zeigen, z.B. UML:
 - das Zustandsdiagramm (engl. *statechart*) ist formal
 - andere Konzepte sind jedoch eher pseudomathematischer Natur

Echtzeitsysteme (mit strikt einzuhaltenen Anforderungen) **erfordern** eine **formale Begründung** der Leistungscharakteristiken von Anforderungen



© {scheler,ulbrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2011)

23

Vorbereiten

- ... für die Phasen der Systementwicklung danach
- weder **RE** noch **RM**
 - **Entwurf** (engl. *design*)
 - überlegen, wie die Anforderungen umgesetzt werden können
 - **Implementierung** (engl. *implementation*) und **Integration**
 - es tun, d.h. die Anforderungen umsetzen
 - **Verifikation** (engl. *verification*) und **Testen**
 - das Ergebnis mit dem ursprünglichen „Plan“ vergleichen
 - **Einführen** (engl. *rollout*)
 - das „Produkt“ ausliefern



© {scheler,ulbrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2011)

22

Natürliche Sprache

- weit verbreitete Technik
- Strukturierung durch Nummerierungs- und Gliederungsschemata
- Qualitätsverbesserung durch linguistische Methoden
 - Sätze mit Standardstruktur
 - kein Passiv
 - beschränkte Mengen von Verben mit festen Bedeutungen



© {scheler,ulbrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2011)

24

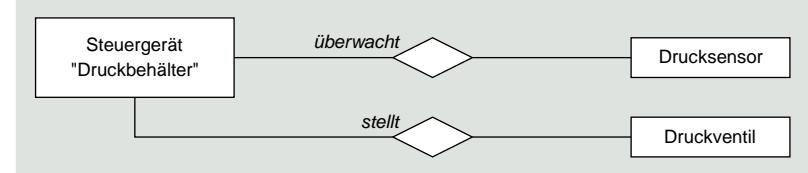
Natürliche Sprache

- weit verbreitete Technik
- Strukturierung durch Nummerierungs- und Gliederungsschemata
- Qualitätsverbesserung durch linguistische Methoden
 - Sätze mit Standardstruktur
 - kein Passiv
 - beschränkte Mengen von Verben mit festen Bedeutungen
- ✓ leicht zu lesen/schreiben, ausdrucksmächtig
- ✗ unübersichtlich, fehleranfällig, mehrdeutig
- ➔ ungeeignet als alleiniges Beschreibungsmittel



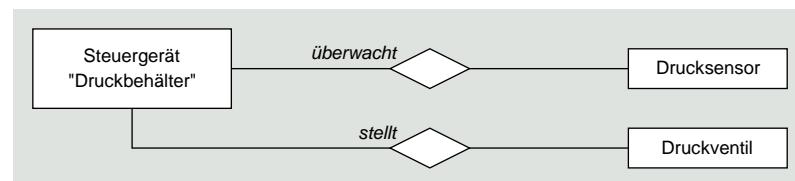
Datenmodellierung

- Grundlage ist der **Entity-Relationship**-Ansatz
- modelliert werden Ausschnitte der Realität durch ...
 - Gegenstandstypen (engl. *entity types*)
 - Beziehungstypen (engl. *relation types*)
 - Attribute (engl. *attributes*)



Datenmodellierung

- Grundlage ist der **Entity-Relationship**-Ansatz
- modelliert werden Ausschnitte der Realität durch ...
 - Gegenstandstypen (engl. *entity types*)
 - Beziehungstypen (engl. *relation types*)
 - Attribute (engl. *attributes*)

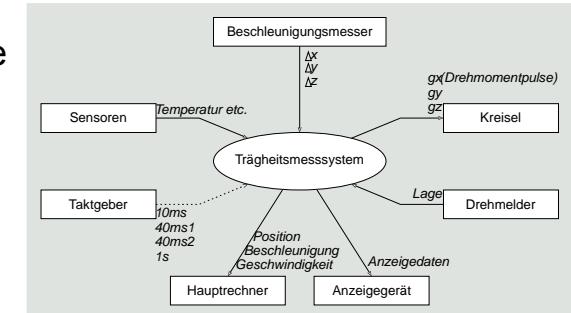


- ✓ vergleichsweise einfach und klar, ideal für Datenbanken
- ✗ weder Funktionalität noch Verhalten von Systemen
- keine Dekomposition bzw. Datenkapselung



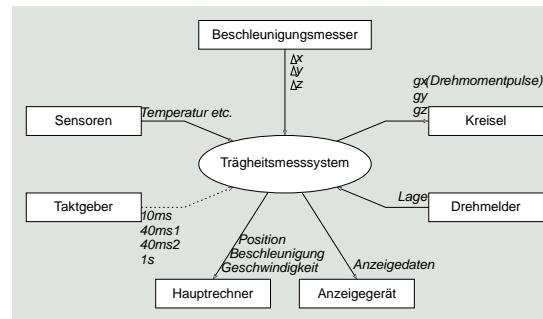
Strukturierte Analyse

- Grundlage: Datenflussdiagramme
- Modellierung von Systemfunktionalität
- Beschreibung des Systemkontextes
 - Interaktion
 - Ein-/Ausgabe



Strukturierte Analyse

- Grundlage: Datenflussdiagramme
- Modellierung von Systemfunktionalität
- Beschreibung des Systemkontextes
 - Interaktion
 - Ein-/Ausgabe



- ✓ vergleichsweise anschaulich, Dekomposition
- ✗ keine Lokalität, begrenzte Kapselungsfähigkeit, nicht-funkt. Eigenschaften nicht adäquat beschreibbar, „Strukturbruch“: Spezifikation ↔ Implementierung



Objektorientierte Spezifikation

- Modellierung der statischen Struktur eines Systems unter Verwendung von Objekt- und Klassendiagrammen
 - Objekte/Klassen beschreiben Daten, Funktionen und zeitliches Verhalten
-
- ✓ Beschreibung der Systemstruktur, Lokalität von Daten und Kapselung, motiviert strukturähnliche Implementierungen, Dekomposition
 - ✗ nicht-funkt. Anforderungen nicht adäquat beschreibbar



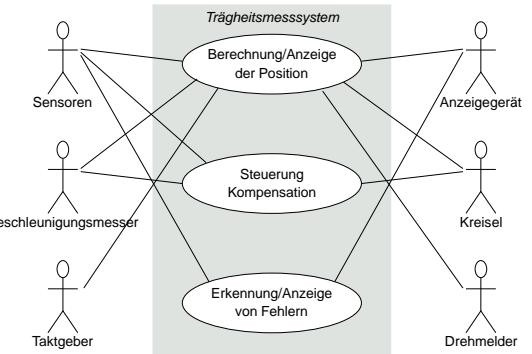
Objektorientierte Spezifikation

- Modellierung der statischen Struktur eines Systems unter Verwendung von Objekt- und Klassendiagrammen
- Objekte/Klassen beschreiben Daten, Funktionen und zeitliches Verhalten



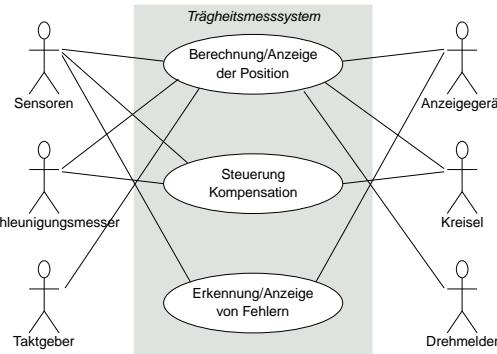
Szenarien und Anwendungsfälle

- Modellierung der Interaktion zwischen System und Umwelt
 - d.h. Akteure
- Interaktionssequenzen entsprechen Szenarien
 - Anwendungsfall
 - engl. use case



Szenarien und Anwendungsfälle

- Modellierung der Interaktion zwischen System und Umwelt
 - d.h. Akteure
- Interaktionssequenzen entsprechen Szenarien
 - Anwendungsfall
 - engl. *use case*



- ✓ leicht versteh- und prüfbar, modelliert Funktionalität aus Benutzersicht, Abgrenzung des Systems vom Kontext, Dekomposition
- ✗ keine Erfassung von Zusammenhängen/Abhängigkeiten von Szenarien, statische Struktur, keine Datenmodellierung

© {scheler,ulbrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2011)

33

Formale Methoden

- Grundlage bilden mathematische Formalismen
 - formal definierte Syntax und Semantik
 - große theoretische Vorteile, praktisch selten zu finden
 - punktueller Einsatz: [sicherheitskritische Systeme](#)
-
- ✓ Eindeutigkeit (formal definierte Semantik), Widerspruchsfreiheit, formal prüfbar, Nachweisbarkeit der Erfüllung von Anforderungen, Lösungsneutralität
 - ✗ aufwendige Erstellung, Prüfung der Adäquatheit schwierig, umfangreiche Spezifikation auch für Fachleute schwer verständlich

Formale Methoden

- Grundlage bilden mathematische Formalismen
 - formal definierte Syntax und Semantik
- große theoretische Vorteile, praktisch selten zu finden
 - punktueller Einsatz: [sicherheitskritische Systeme](#)

© {scheler,ulbrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2011)

34

Zusammenfassung

- **Einleitung**
 - Anforderung, Qualitätsmerkmal, Typen von Anforderungen
 - Anforderungsanalyse (-technik) vs. Anforderungspflege
 - Einzelschritte bzw. Prozess der Anforderungsanalyse
 - Anforderungsspezifikation: Lasten- und Pflichtenheft
- **Aufgabenfelder** → herausfinden, formulieren, organisieren, hinterfragen
 - Erhebung, Abstimmung
 - Analyse, Spezifikation, Modellierung
 - Dokumentation, Strukturierung
 - Validierung
- **Darstellungsmethoden**
 - formal, informell, halbförmliche Spezifikationstechniken
 - natürliche Sprachen, Datenmodellierung, strukturierte Analyse, objektorientierte Spezifikation, Anwendungsfälle, formale Methoden

© {scheler,ulbrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2011)

35