

Anforderungsanalyse

Echtzeitsystemlabor – Vorlesung/Übung

Peter Ulbrich
Fabian Scheler
Wolfgang Schröder-Preikschat

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

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



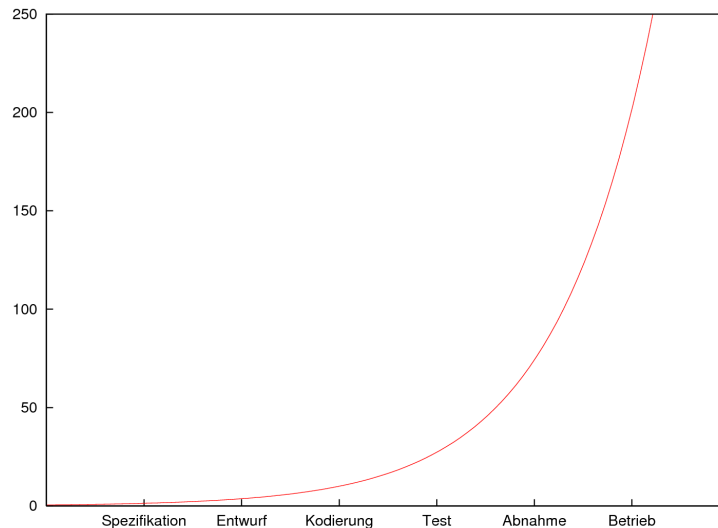
Übersicht

- Einleitung
- Aufgabenfelder
- Darstellungsmethoden
- Zusammenfassung

© {scheler,ulbrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2010)

2

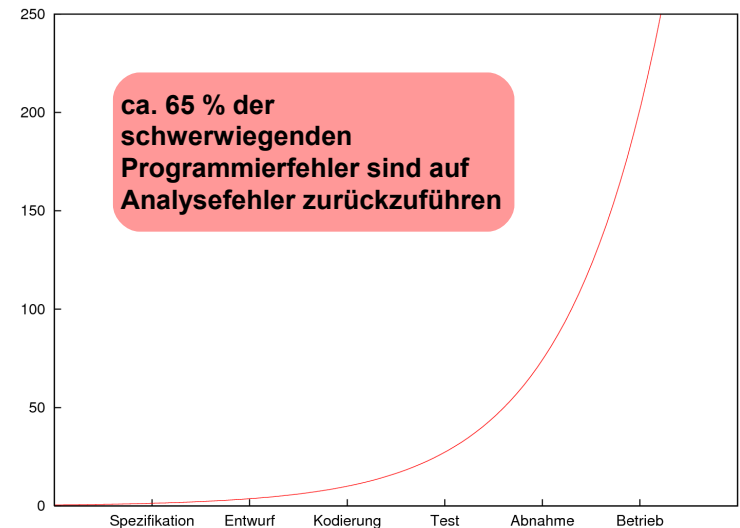
Wozu? - Relative Kosten von Fehlern



© {scheler,ulbrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2010)

3

Wozu? - Relative Kosten von Fehlern



**ca. 65 % der
schwerwiegenden
Programmierfehler sind auf
Analysefehler zurückzuführen**

© {scheler,ulbrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2010)

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**



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



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.

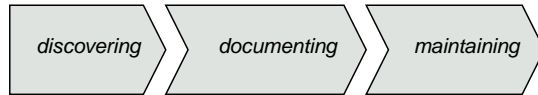


Gliederung: Lasten- & Pflichtenheft

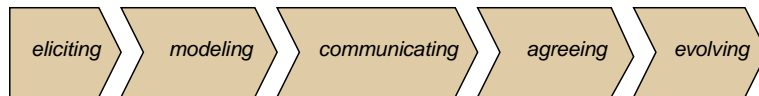
1. Allgemeines
 1. Einführung
 2. Referenzen
2. Systembeschreibung
 1. Funktionelles Zusammenwirken
 2. Funktionelle Arbeitsweise
 3. Aufteilung in Hard-/Software
3. Softwareanforderung
 1. Daten: Name, Typ, Struktur, Wertevorrat, Dimension, Genauigkeit, Zeitbedingungen, Bedeutung
 2. Funktionen: Ergebnis,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



Einzelschritte



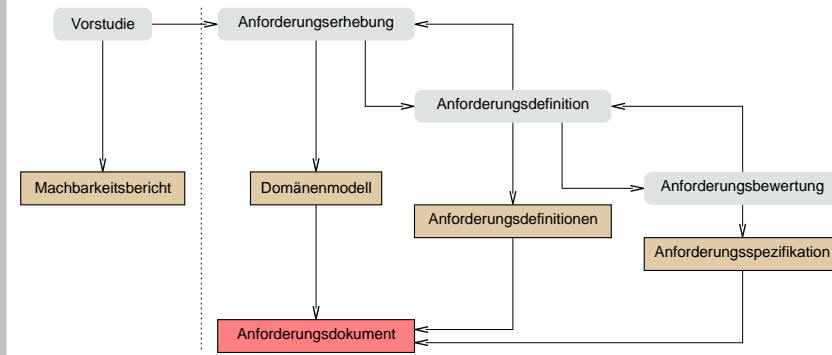
Sommerville & Sawyer



Nuseiher & Easterbrook



Prozess der Anforderungsanalyse



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. managment*, 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)



Abgrenzung: RE vs. RM

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Req. Engineering <ul style="list-style-type: none"> ▪ Erfassung ▪ Analyse ▪ Prüfung ▪ Abstimmung | <ul style="list-style-type: none"> ■ Req. Management <ul style="list-style-type: none"> ▪ Strukturierung ▪ Bewertung ▪ Verfolgung ▪ Berichtswesen |
|--|--|



Abgrenzung: RE vs. RM

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">■ Req. Engineering<ul style="list-style-type: none">▪ Erfassung▪ Analyse▪ Prüfung▪ Abstimmung | <ul style="list-style-type: none">■ Req. Management<ul style="list-style-type: none">▪ Strukturierung▪ Bewertung▪ Verfolgung▪ Berichtswesen |
| <ul style="list-style-type: none">■ Generierung von Anforderungen | <ul style="list-style-type: none">■ 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



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



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



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



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



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
- **halbförmlich** (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 einzuhaltenden Anforderungen) **erfordern** eine **formale Begründung** der Leistungscharakteristiken von Anforderungen



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



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

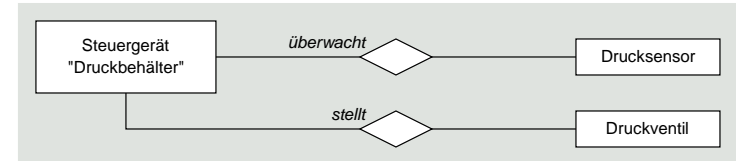
✓ leicht zu lesen/schreiben, ausdrucksmächtig
 ✗ unübersichtlich, fehleranfällig, mehrdeutig

→ ungeeignet als alleiniges Beschreibungsmittel



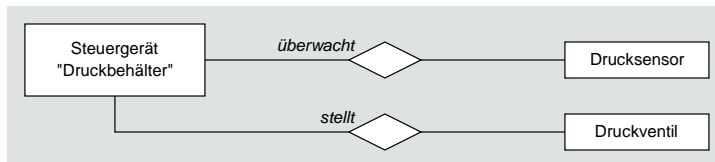
Datenmodellierung

- 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*)

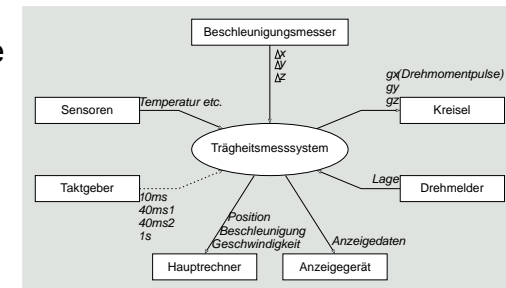


✓ vergleichsweise einfach und klar, ideal für Datenbanken
 ✗ weder Funktionalität noch Verhalten von Systemen
 keine Dekomposition bzw. Datenkapselung



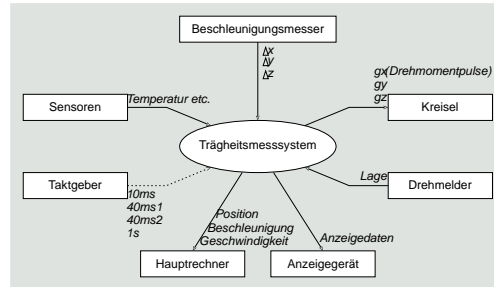
Strukturierte Analyse

- 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

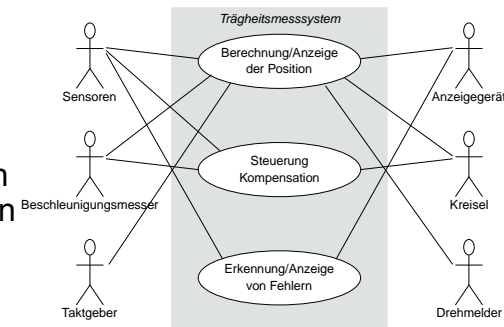
Objektorientierte Spezifikation

- 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

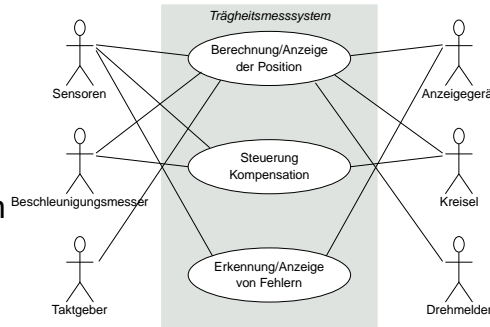
Szenarien und Anwendungsfälle

- 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

Formale Methoden

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

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

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, halbformelle Spezifikationstechniken
 - natürliche Sprachen, Datenmodellierung, strukturierte Analyse, objektorientierte Spezifikation, Anwendungsfälle, formale Methoden