

# Software Engineering & PM Vorlesung

## Qualitätssicherung

Institut für Information Systems Engineering  
Stefan Biffl

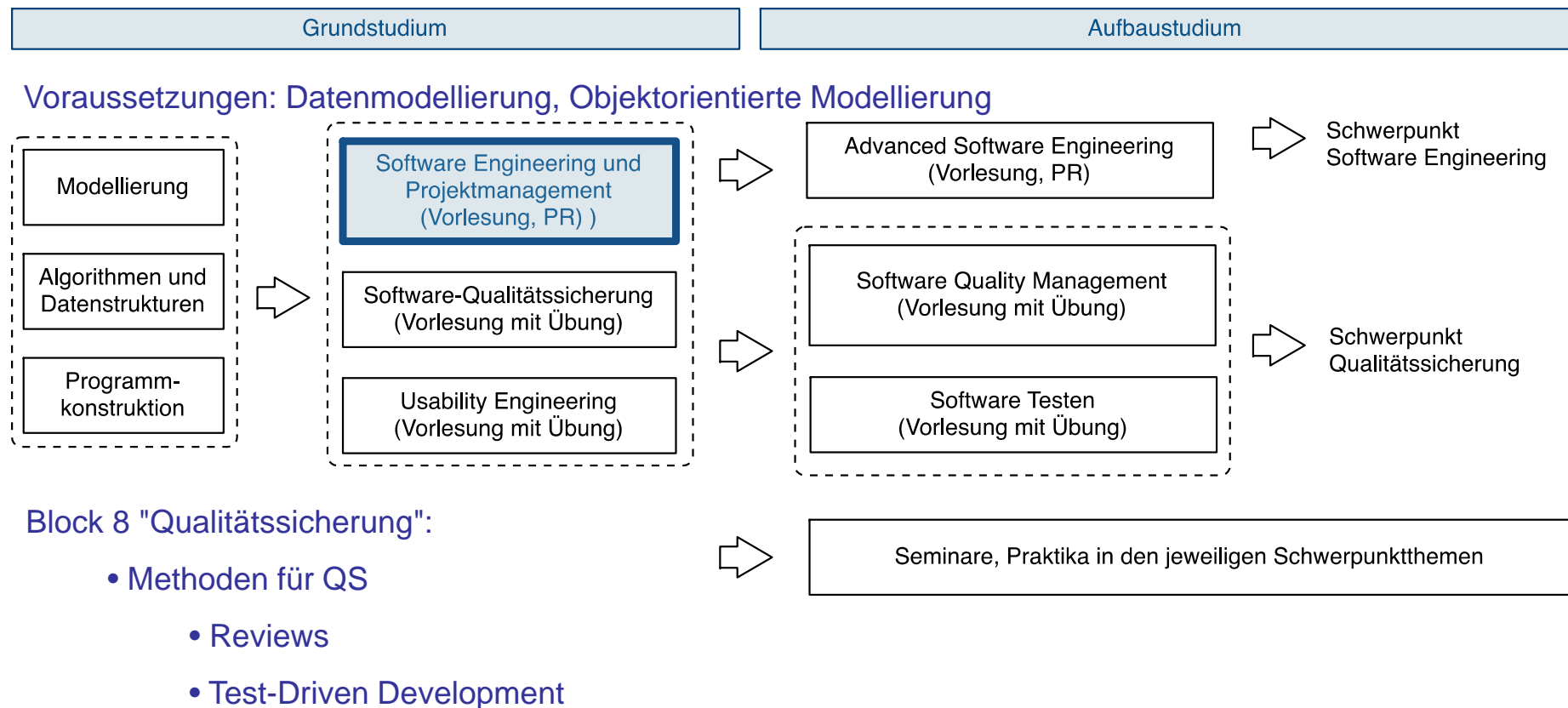
Inhalt:

- Qualitätssicherung in SEPM
  - Grundlagen der QS
- SEPM PR: Kernmethoden und deren Anwendung
  - Review: Anforderungen – Modelle (ER, IDEF0, UML)
  - Testen: Erstellen, Beurteilen, Anwenden von Testfällen
  - Test-Driven Development
- SEPM VO: Prüfungsbeispiel "Restaurant,,
- BPSE Buch, Kapitel 5





# Software Engineering im Studium





# Überblick Block 8: Qualitätssicherung



## 1. Qualitätssicherung in SEPM-Projekten

- Grundlagen, Begriffe
- Typische SE-Modelle und deren Verwendung für QS
- Testfälle, Test-Driven Development

## 2. Statische Methoden der QS in SEPM

- Definition und Arten von Reviews
- Anwendungsbeispiel “Restaurant”
  - Überprüfung der Anforderungen
  - Aus den Anforderungen abgeleitete Modelle
- Reviews von Anforderungen mit ER/UML/IDEF0 Diagrammen

## 3. Testansätze, Test-Driven Development

- Testen in der Qualitätssicherung und SE Prozessen
- Teststufen und Testarten
- JUnit, Test-Driven Development
- Beurteilung der Güte von Testfällen





## Qualitätssicherung in SEPM-Projekten

- Grundlagen, Begriffe
  - Qualität, Qualitätssicherung
  - Verifikation und Validierung
- Typische SE-Modelle und deren Verwendung für QS
  - Anwendungsszenarien, Datenmodelle, Zustandsdiagramme (UML)
  - Daten-/Kontrollflussmodelle (IDEF0, UML)
- Testfälle, Test-Driven Development
  - Herstellen von Testfällen vor der Implementierung
  - Ablauffähige Testfälle für automatischen Re-Test neuer Code-Teile
  - Frühe Review missionskritischer Akzeptanztestfälle



# Motivation - Ziel



- Software-Entwicklung erfordert die **Herstellung konsistenter Sichten** auf Anforderungen und Entwurf eines Systems.
- Modelle helfen den **Überblick** zu bekommen und zu behalten.
  - Grundlage für effektives und effizientes **Arbeiten im Team**.
  - **Gemeinsame Notation** mit konsistenter Bedeutung.
- Reviews überprüfen die Korrektheit und Konsistenz von Artefakten an wohldefinierten Punkten des Entwicklungsprozesses.
  - Review der Anforderungen nach Änderungen
  - Review später hergestellter Dokumente gegen die aktuell gültigen Anforderungen
- Herausforderung: Konsistente Verwendung unterschiedlicher Modelle.
  - **Systemstruktur**: Subsysteme, Komponenten, Schnittstellen.
  - **Verhalten** von Komponenten; **Interaktion** zwischen Komponenten.
- Anforderungen → Modelle → **Daten/Komponenten/Testspezifikationen**.
- Tests überprüfen das Laufzeitverhalten von Systemteilen
  - **Funktionen**, **Modelle** und **Qualitätsmerkmale**
  - Ausgangsbasis: Anforderungen, Ein-/Ausgangsparameter des Systems, innere Systemstruktur



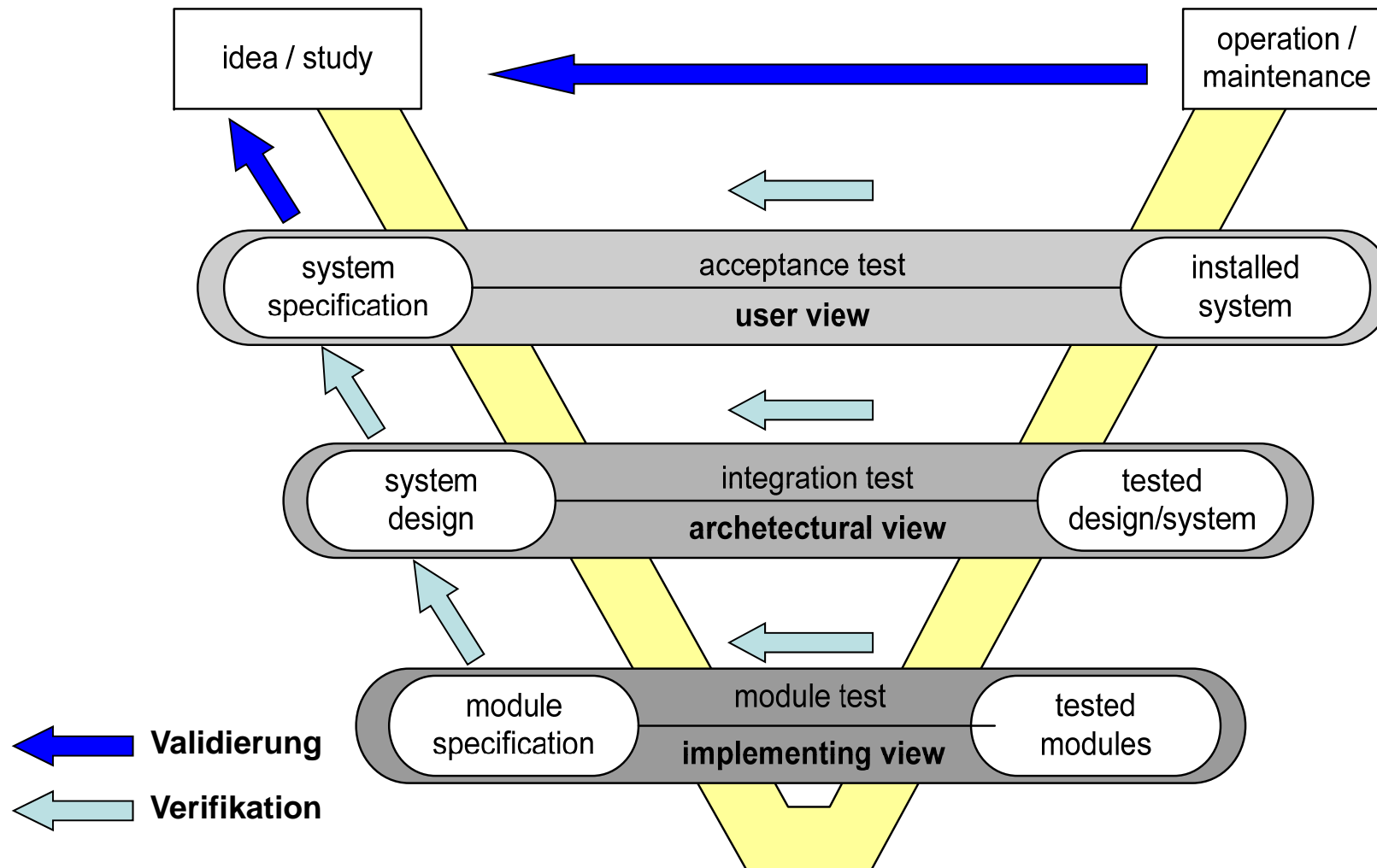
# Qualität und Qualitätssicherung



- **Qualität** ist die Eignung zur Erfüllung **vordefinierter Anforderungen**.
  - Beispiele für **Qualitätsfaktoren** (IEEE):
    - Korrektheit, Effizienz, Verwendbarkeit, Testbarkeit, Wartbarkeit
  - Qualität ist keine Eigenschaft, die später hinzugefügt werden kann.
  - Qualität muss während der Entwicklung gesichert werden.
- Qualitative hochwertige Software-Produkte sind
  - termingerecht und im Rahmen des Budgets erstellt.
  - für den **Anwender** verwendbar.
  - für den **Professionisten** verständlich und änderbar.
  - für den **Betreiber** effizient und administrierbar.
- **Qualitätssicherung** (QS) besteht in der Durchführung von **Verifikation** und **Validierung** in jeder Phase der Software-Herstellung
- Für die Umsetzung in SEPM sind daher notwendig:
  - Testbare Anforderungen
  - Verfolgbare Entwicklung der Anforderungen (mit Modellen) in testbare Produkte.

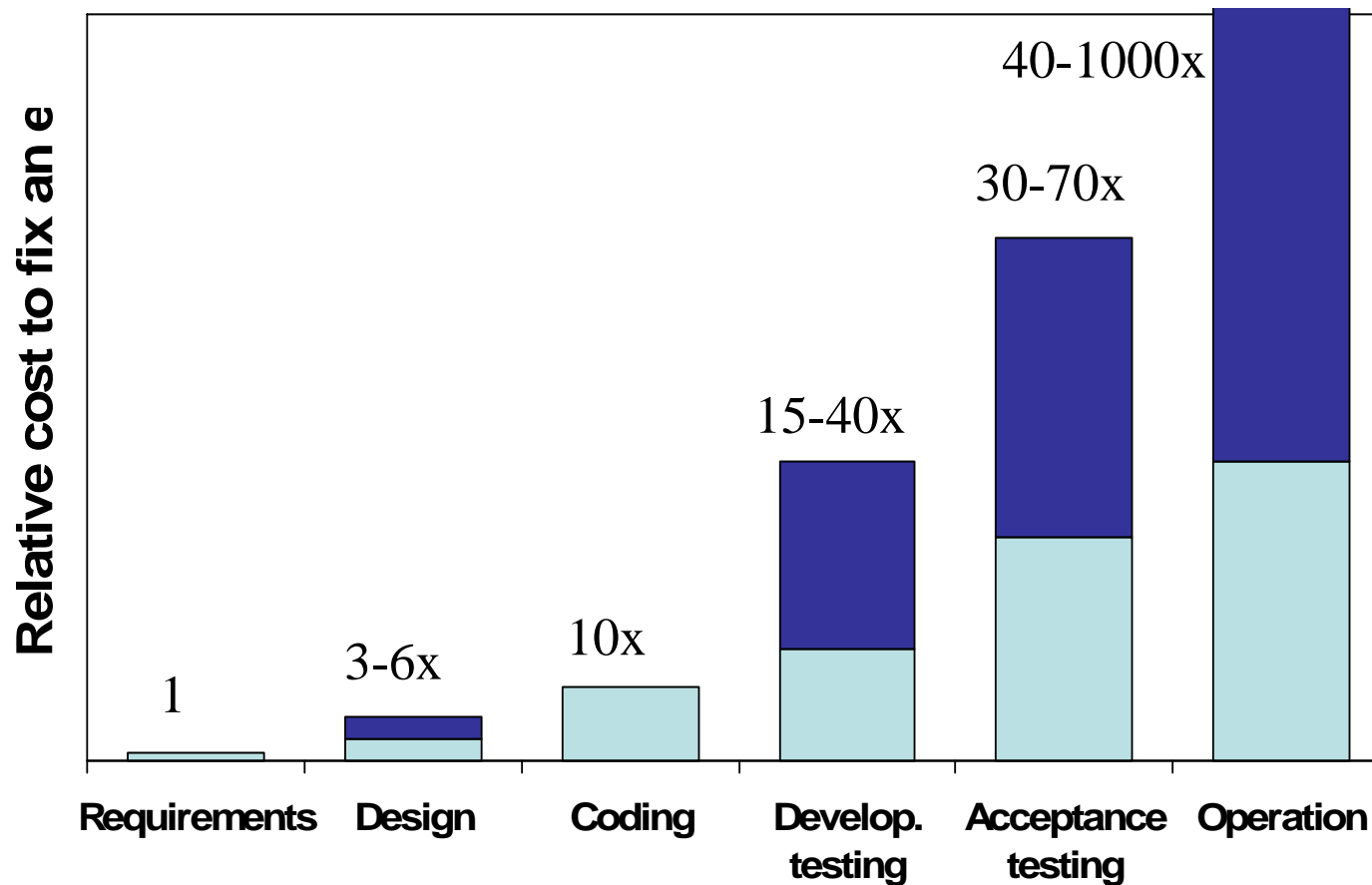


# Testen im V-Modell





# Software Development Rework Effort



**The cost of fixing errors escalates as we move the project towards field use.**

From an analysis of 63 projects cited in Boehm Barry, „Software Engineering Economics“, Prentice-Hall, 1981



# Typische Fehler im Software Engineering

## SEPM PR Projekte



- Datenmodellierung, Reports
  - Schlüsselwerte nicht eindeutig, Fehlende Attribute
  - Fehler bei Beziehungen, z.B. 1:1 Relation im ER sehr selten
- Entwurf: Ergebniswerte von Methoden
  - Typkonversion falsch (z.B. Integer/Real)
- Initialisierung von Variablen
  - Fehlende Zuweisung: nicht eindeutiger Wert
  - Keyword `static` falsch verwendet: Klasse/Objekt (UML Rollen)
- Bedingungen
  - `Logische Fehler`; falsche Ausdrücke (und/oder)
- Schleifen
  - Anzahl Durchläufe nicht korrekt; z.B. Endlosschleifen
- Testfälle
  - `Unzureichende Überdeckung` (Auslassen von Anwendungsfällen, Programmteilen, GUI-Elementen, Datenzuständen)
  - Überflüssige Testfälle (gleiche Äquivalenzklasse)



- Für die Umsetzung von Qualität und QS in SEPM sind daher notwendig:
  - Testbare Anforderungen (Definition der Funktionen und Qualitäten)
  - Verfolgbare Entwicklung der Anforderungen (mit Modellen) in testbare Produkte.
- Typische SE-Modelle und deren Verwendung als Basis für die QS
  - Anwendungsszenarien (etwa Anwendungsfälle)
  - Datenmodelle (Relationenmodell(ER), Domänenmodell)
  - Datenflussmodelle (UML, IDEF0)
  - Kontrollflussmodelle (UML, Pseudocode)
  - Zustandsdiagramme, Sequenzdiagramme (UML)
  - Testfallspezifikationen
- Test-Driven Development
  - Herstellen von Testfällen vor der Implementierung
  - Ablauffähige Testfälle für automatischen Re-Test neuer Code-Teile
  - Frühe Review missionskritischer Akzeptanztestfälle



## Statische Methoden der QS in SEPM

- Definition und Arten von Reviews
  - Rollen bei Reviews
  - Ablauf von Reviews
  - Richtlinien für technische Reviews
- Anwendungsbeispiel “Restaurant”
  - Überprüfung der Anforderungen
  - Aus den Anforderungen abgeleitete Modelle
    - Datenmodelle: Entity Relationship
    - Aktivitätsdiagramme: Datenfluss und Kontrollfluss
    - Zustandsdiagramm: State Machine Diagram
  - Reviews von Anforderungen mit ER/UML/IDEF0 Diagrammen

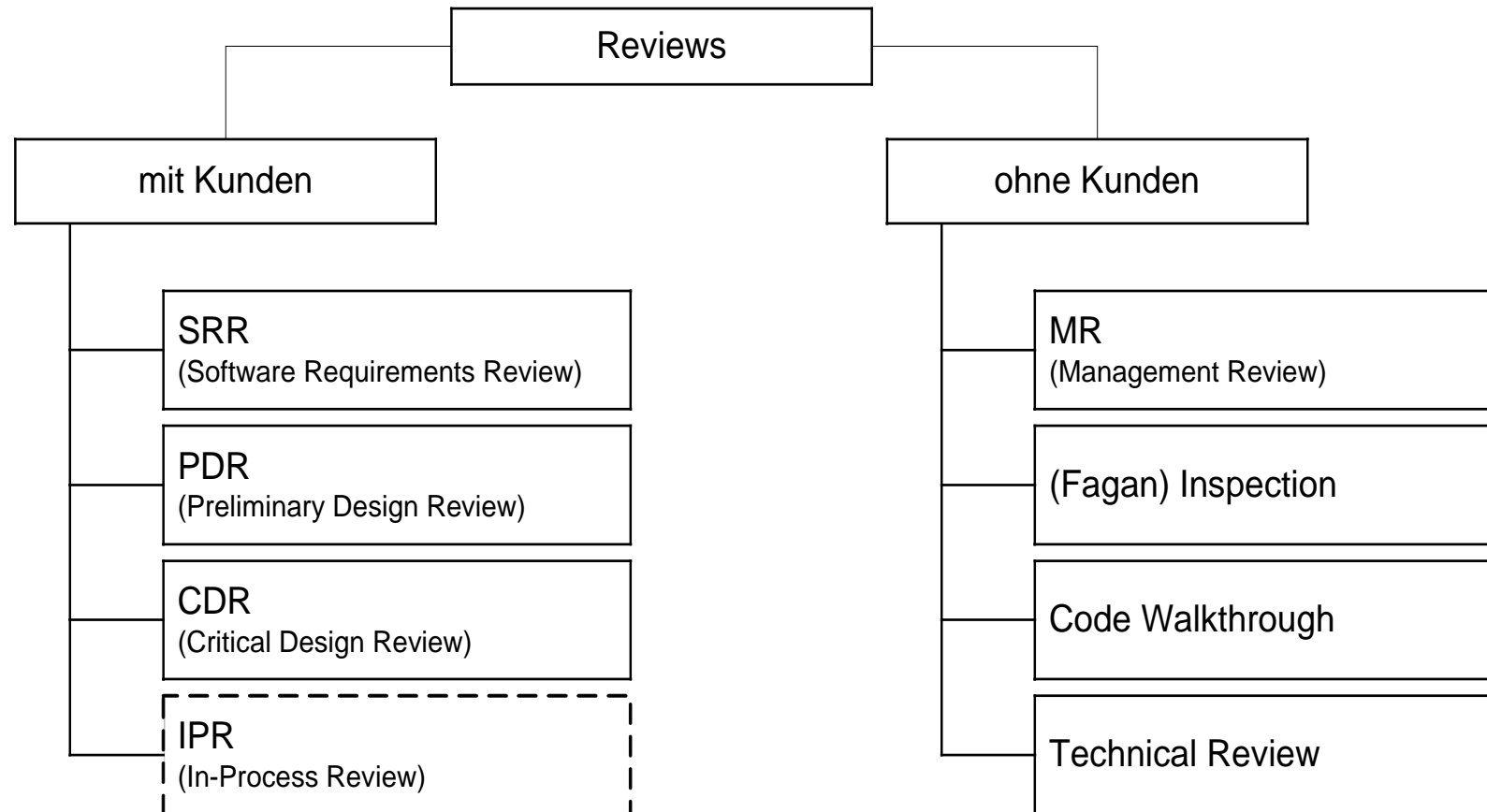


## Definition

- „Ein Review ist ein [...] formal geplanter und **strukturierter Analyse- und Bewertungsprozess**, in dem Projektergebnisse einem **Team von Gutachtern** präsentiert und von diesen kommentiert oder genehmigt werden.“  
[IEEE Std 610, Wallmüller 2001]
- Reviews dienen vor allem zur **qualitativen Beurteilung** von Produkten und Prozessen,  
die quantitativ nur schwer oder gar nicht beurteilt werden können (z.B. Modelle, Dokumente)
- Zentral ist die **Beurteilung des Produktes** und nicht des Autors!
- Unterschiedliche Ausprägungen von Reviews zielen auf unterschiedliche Ziele ab.
- In einen Reviewprozess sind definierte Rollen mit zugeordneten Aufgaben involviert.



# Arten von Reviews [Thaller, 2000]





# Reviews: ... und verwandte Tätigkeiten

- Inspektion
    - Ziel: Behebung von konkreten Mängeln
    - Bed.: Leser ist nicht Autor
    - Unb.: Alternativen, Stil
  - Walkthrough
    - Ziel: Behebung von konkreten Mängeln
    - Bed.: Autor ist Leser & Moderator
    - Bed.: Alternativen, Stil
- 
- Audit
    - Ziel: Überblickende Kontrolle
    - Bed.: Planung durch externe Personen
    - Bed.: Projektmitarbeiter nur als Information



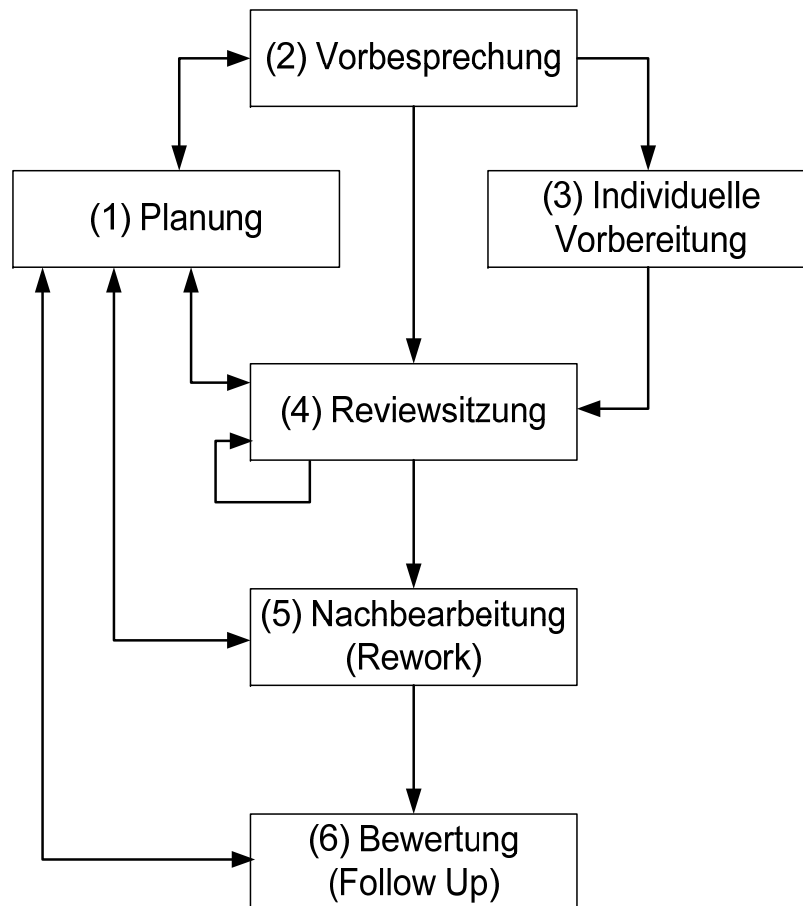
# Rollen bei Reviews



- Die typische Größe eines Reviewteams liegt (abhängig von Projektart, -größe, usw.) im Bereich 3 bis 6 Personen, die sich auf folgende **Rollen** aufteilen:
  - **Moderator** („keeper of the process“)  
Leiter des Reviews
  - **Leser** („keeper of focus and pace“)
  - **Gutachter** („Reviewer“)  
Kommentierung des Reviewobjektes.
  - **Schreiber** („preserver of knowledge“)  
Protokollschreiber verfasst Protokoll  
(Notizen während der Reviewsitzung)
  
  - **Autor** („author“)  
Klärung von offenen Fragen.  
Keine Kommentierung und Rechtfertigung der Lösungen.



# Ablauf einer Review



- **Planung:** Objekt, Prüfziele, Auslösekriterien (Einstiegsriterien), Teilnehmer, Ort, Zeit.
- **Vorbesprechung:** Vorstellung des Prüfobjekts bei komplexen und neuen Produkten.
- **Intensive Einzeldurcharbeitung**
- **Durchführung:** Gemeinsames Lesen, Aufzeichnung von Mängeln; während des Reviews sollen **Mängel entdeckt, nicht korrigiert** werden.
- In der **Nachbearbeitung** werden dokumentierte Mängel korrigiert und in der **Bewertung** überprüft.
- **Berichterstattung.**
- **Wiederholungen von Reviews** sind möglich.
- **Checklisten** unterstützen Reviews.
- Typische Dauer: **2h**



# Durchführung von Reviews



Um brauchbare Ergebnisse zu erzielen, ist der Ablauf einer Review klar definiert und umfasst folgende Phasen:

- Planung („planning phase“)
- Initialisierung („initialisation phase“)
- Vorbereitung („preparation phase“)
- Reviewsitzung („review“)
- Sammlung im Team („meeting“)
- Reviewbericht („reporting“)
- Nacharbeit („re-work“)



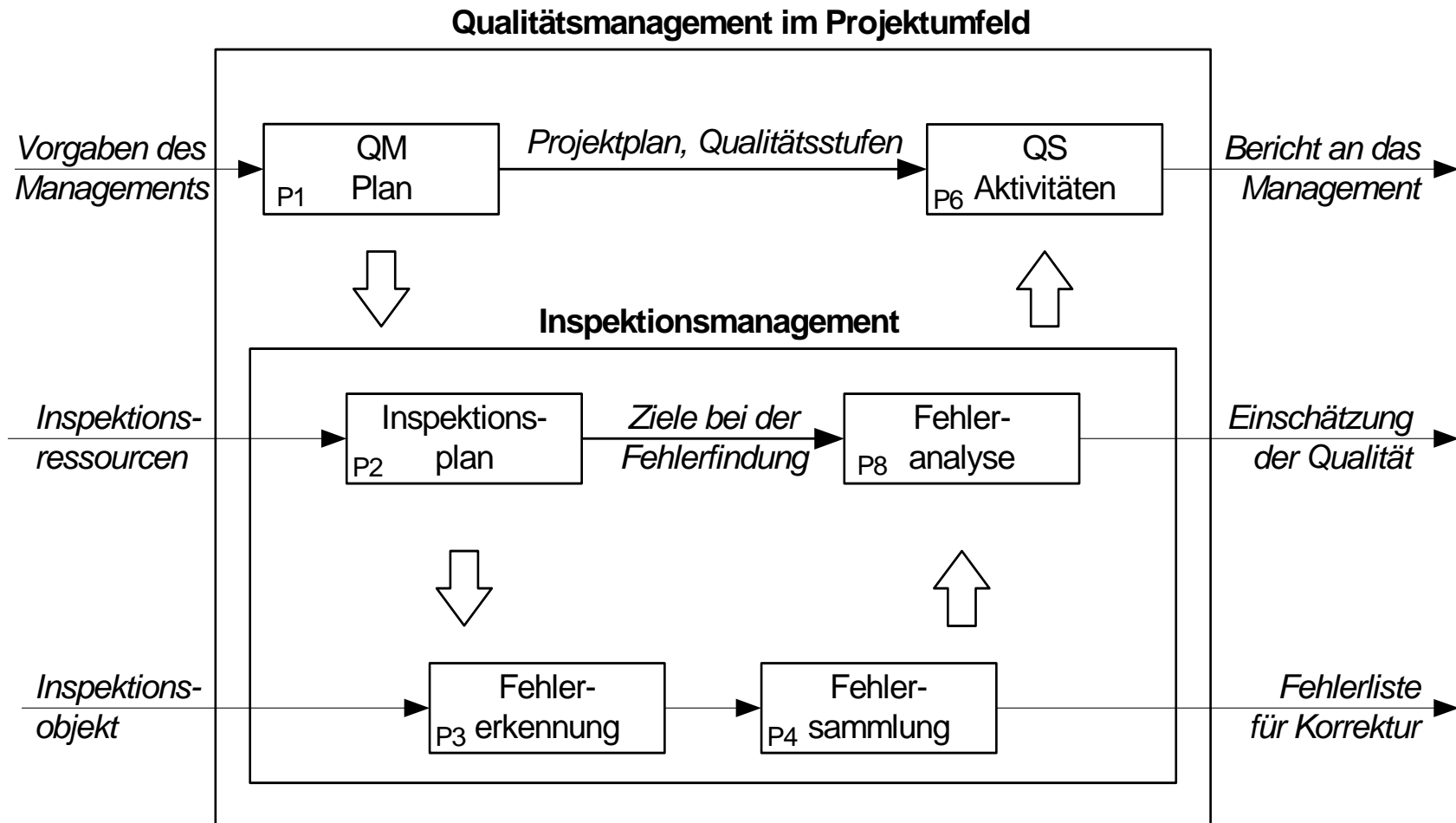
# Richtlinien für technische Reviews



1. Das **Produkt** reviewen, nicht den Autor.
2. Verwenden Sie einen **Arbeitsplan**.
3. **Diskussionen** sachlich und kurz halten.
4. **Problembereiche** identifizieren, aber nicht jedes Problem gleich lösen.
5. Schriftliche **Aufzeichnungen** führen.
6. Anzahl der Teilnehmer begrenzen; gute **Vorbereitung** aller Teilnehmer.
7. Für jedes Produkt eine passende **Checkliste** verwenden.
8. Ausreichende Ressourcen und Zeitbudget zur Verfügung stellen.
9. Vorab Training für alle Reviewer.
10. Reviews im Nachhinein **beurteilen** für Verbesserung der Reviews.



# Inspektionsplanung und Kontrolle





# Qualitätsdefinition: Beispiel "Restaurant"



- Mögliche Formen der Anforderungen
  - Texte, Modelle, Referenzdokumente (z.B. Standards)
  - Liste mit Aussagen
  - Anwendungsszenarien
  - Text Beschreibung enthält **Akteure**, **Entitäten** und **Aktivitäten/Operationen**.
- Anforderungen beschreiben **Funktionen** und **Qualitäten**
  - Überprüfung der operativen Definition der Funktionen und Qualitäten.
- Auflisten von Kandidaten für Funktionen und Qualitäten
- Falls eine Funktion oder Qualität nicht vollständig testbar erscheint, Vorschlag für **operativ testbare Variante** machen.



- Kriterien für brauchbare Anforderungen
  - Notwendige Kriterien
    - Typ (z.B. FURPS)
    - Testbarkeit: Erfüllung einer Anforderung durch ein System muß eindeutig testbar sein (Messvorschrift: was ist wie zu messen? Z.B. Dauer eines Ablaufs).
    - Widerspruchsfrei unter einander
  - Erstrebenswerte Kriterien
    - Klare, knappe Beschreibung
    - Umsetzbarkeit
    - Konsistent mit bekannten Interessen der Stakeholder (richtig, „komplett“, relevant)
- Wichtig: Darstellung, die eine systematische Bearbeitung unterstützt
  - Vor der weiteren Verwendung (z.B. von Prosatext) kann eine Transformation die Verwendung der Anforderungen erleichtern; z.B. Herstellung einer Liste von Anforderungen.

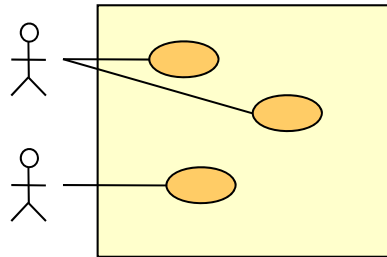


# Von Anforderungen abgeleitete Modelle



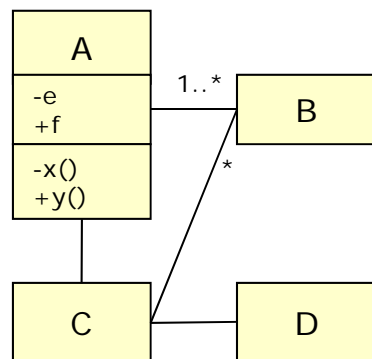
- Anforderungen → Modelle → Datenbank, Business Logic, GUI
  - Datenbanken: **Datenmodellierung**, Entity Relationship
  - Business Logic: Teilsysteme, **Daten- und Kontrollfluss**
  - **Schnittstellen** zwischen Teilsystemen und Benutzern
  
- Anforderungen → **Qualitätsdefinition**; Modelle
  - > **Qualitätssicherung**: Review, Testen
    - Anforderungen beschreiben Funktionen und Qualitäten
    - Zur operativen Definition sind die Qualitäten testbar zu beschreiben.
  
- Fokus: **Test-Driven Development** (TDD) Testfälle
  - Herstellen von ablauffähigen Testfällen **vor** der Implementierung
  - TDD überprüft die Spezifikation vor dem detaillierten Entwurf





## ■ Anwendungsfälle

- die Benutzer und Nützlichkeit eines Systems
- definiert durch Akteure und Hauptszenario



## ■ Klassen

- Menge gleichartiger Objekte
- definiert durch Attribute, Operationen, und Beziehungen zu anderen Klassen
- auch ein Datenbankschema kann in UML Klassendiagrammnotation modelliert werden.



- Anwendungsfälle
  - Software Requirement Review
  - Jeder Anwendungsfall muss in den Anforderungen beschrieben werden
  - **Akteure + Operationen** in den Anforderungen führen zu den Anwendungsfällen
- Klassendiagramme
  - Preliminary Design Review
  - Die Daten welche in den Anforderungen zu finden sind werden von Model-Klassen gekapselt
  - **Operationen + Entities** in den Anforderungen führen zu Klassen
  - Aber auch: GUI Klassen, Support-Klassen für Internationalisierung, ...



# Beispiel für UML Entity Relationship (Restaurant, unvollständig)

- Entitäten

- Eine Tabelle pro Entität

- Beziehungen

- Vielfachheiten

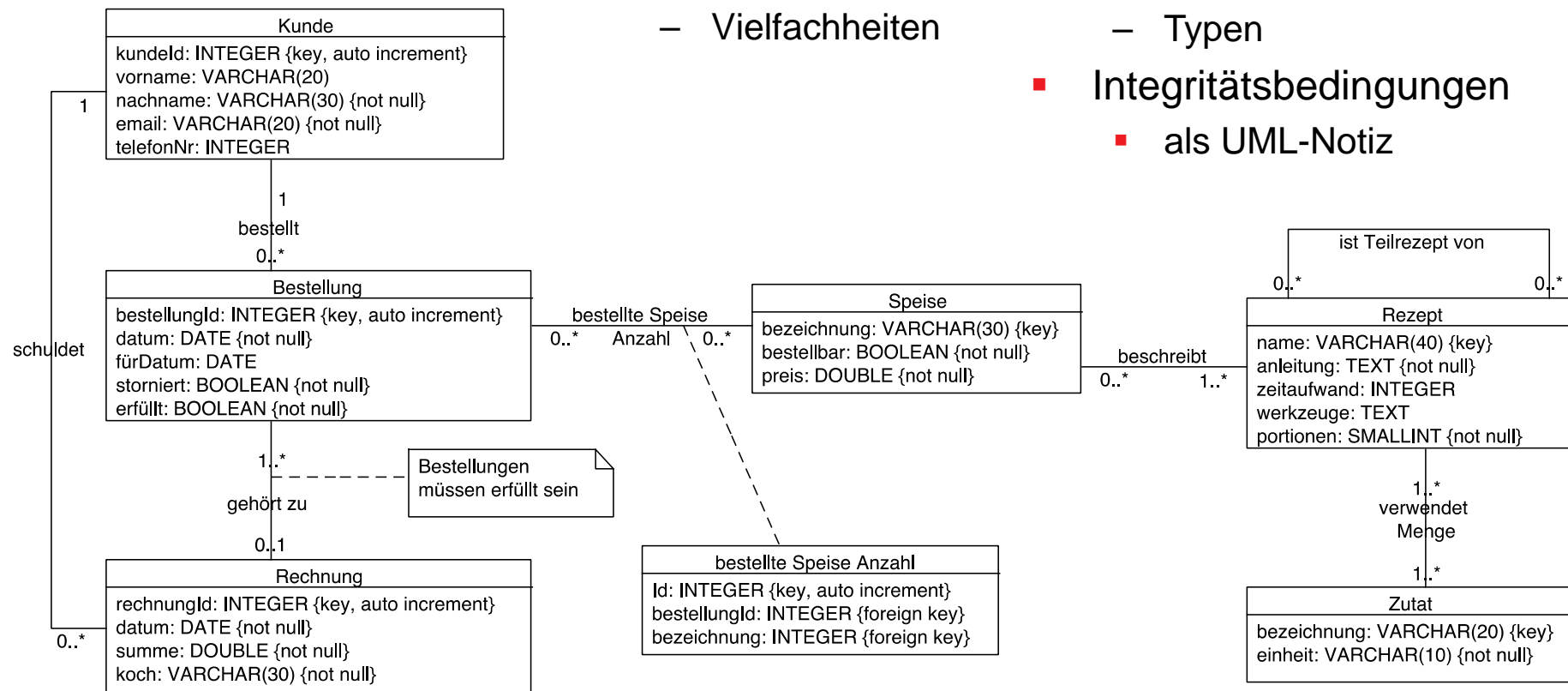
- Attribute

- Schlüssel
  - Eigenschlüssel
  - Fremdschlüssel

- Typen

- Integritätsbedingungen

- als UML-Notiz





# Überprüfung Datenbankrelationen

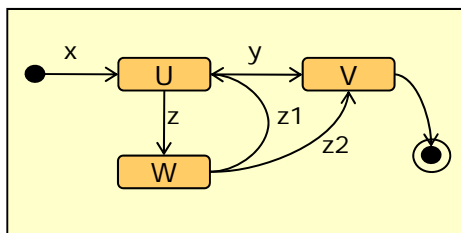
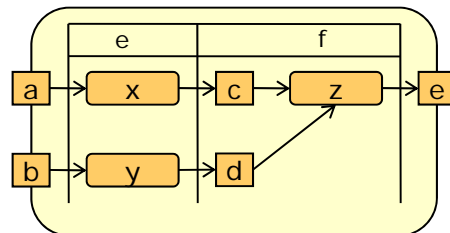
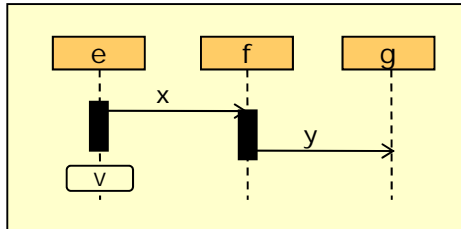
## Review mit ER und Anforderungen



- Anforderungen strukturiert darstellen, z.B. als Liste.
- Anforderungen mit ER-Model reviewen und konsistent machen.
- ER-Modell systematisch durchgehen
  - Datenbanktabellen zu Entitäten und Beziehungen finden ([markieren](#)).
  - Schlüsselattribute auf [Eindeutigkeit](#) überprüfen
  - Attribute: Typen und Optionen überprüfen
    - Sind weitere Entitäten notwendig? ([3. Normalform/Relational](#))
  - [Integritätsbedingungen](#) zu Attributen überprüfen bzw. ergänzen
    - Einzelne Attribute
    - Für Anforderungen relevante Bedingungen über mehrere Attribute
- Datenbanktabellen systematisch durchgehen.
  - Nicht markierte Elemente auf Sinnhaftigkeit überprüfen



# Überprüfung dynamischer Aspekte in UML



## ■ Sequenz

- ge- bzw. verbotene **Interaktionsszenarien**
- definiert durch Folgen von Nachrichtenaustauschen zwischen Interaktionspartnern

## ■ Aktivität

- in sich geschlossenes, **pro-aktives Verhalten**
- definiert durch Aktionen, **Kontroll- und Datenfluss** sowie evtl. Zuständigkeiten

## ■ Zustandsautomat

- **reaktives Verhalten**
- definiert durch Zustände, Ereignisse und Transitionen



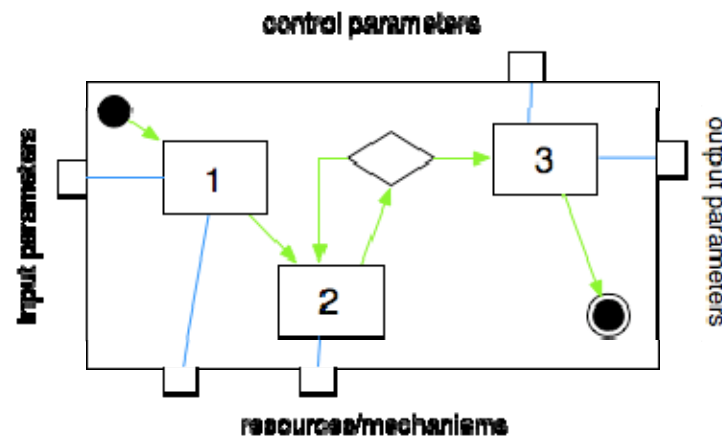
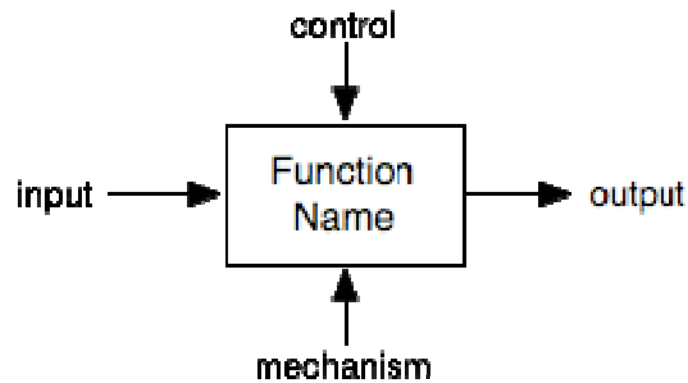
# Aktivitätsdiagramm: Überprüfbare Aspekte von Daten- und Kontrollflüssen



- Basierend auf **Anwendungsszenario**
  - Rollen und Aktivitäten
- **Detailgrad** von Prozessen
  - System und Teilsysteme: Schnittstellen
  - Teilsystem und Aktionen: Detaillierter Kontrollfluss
- **Ableitung** von Prozessen
  - Datenfluss
    - Eingangs- und Ausgangsparameter
  - Kontrollfluss: Logische Darstellung eines Ablaufes
    - Entscheidungen und Schleifen



# Überprüfung von Prozess- und Datenflussanalyse (IDEFØ)

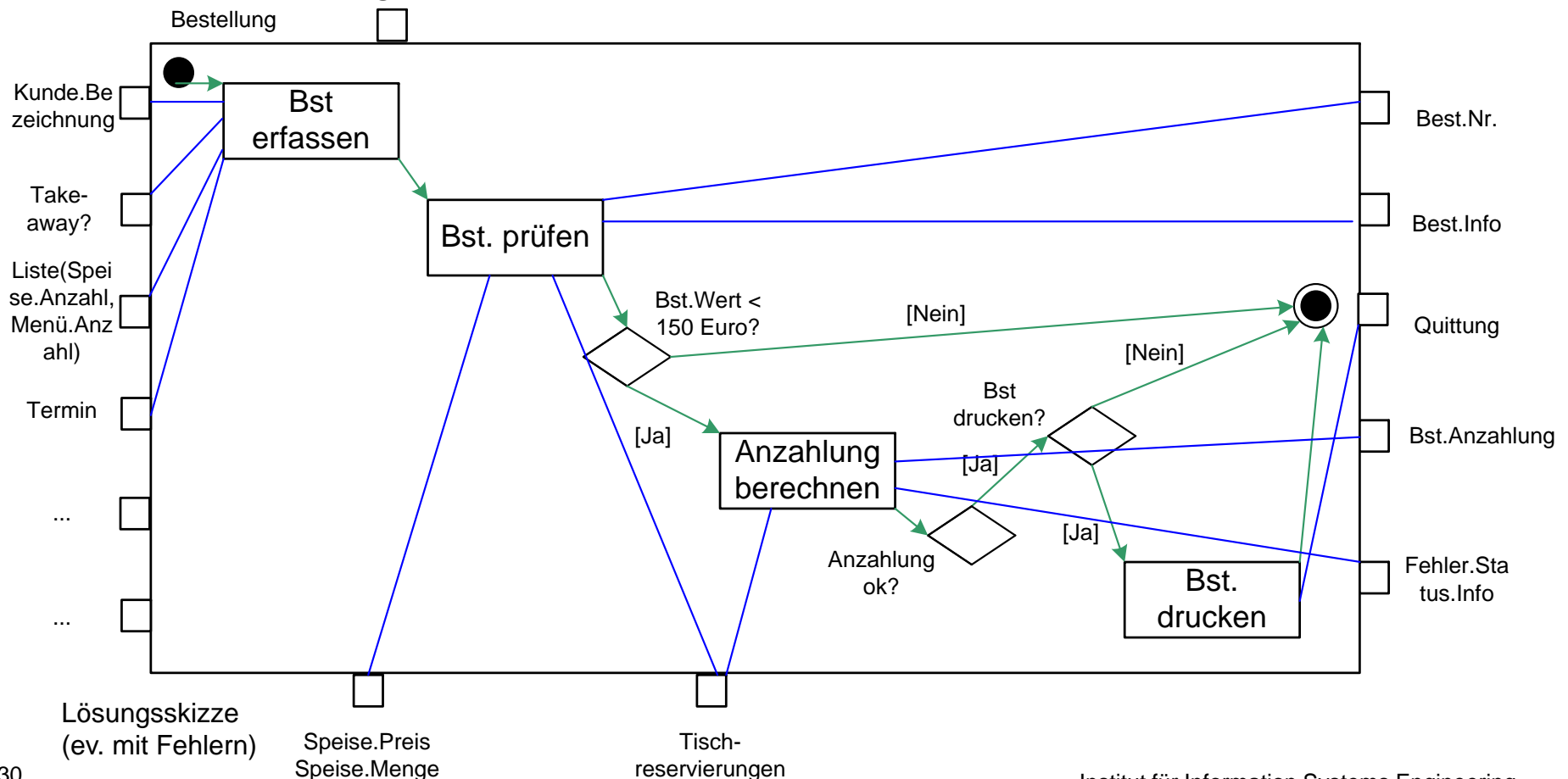


- Top-Down Modell
- Modellierung des Problembereichs
- Hilft neue Aufgabenbereiche zu erfassen und zu strukturieren
- Datenfluss (Daten-Token)
- Kontrollfluss (Kontroll-Token)
- ergänzt um Start- und Endpunkt



# Beispiel: Restaurant.Bestellung

- Datenfluss (**Daten-Token**)
- Ergänzt um Kontrollfluss (**Kontroll-Token**), Start, Ende;
- Entscheidungen
- Geltungsbereich von Daten-Token (lokal, global)
- Initialisierung aller Variablen
- Konsistenter Abschluss





# Überprüfung Kontrollflussdiagramm

## Review mit Anforderungen & Datenfluss



- Anforderungen strukturiert darstellen, z.B. als Liste.
- Anforderungen mit Datenfluss-Modell reviewen und konsistent machen.
  - Im Datenfluss-Modell **Elemente markieren**, die helfen sollen, die aktuellen Anforderungen zu erfüllen.
- Kontrollfluss-Modell systematisch durchgehen
  - **Startpunkt(e)** identifizieren
  - **Entscheidungspunkte** überprüfen: logische Bedingungen zu Entscheidungsvarianten
  - **Endpunkt(e)** identifizieren
- Überprüfung
  - Alle **Alternativen** des Anwendungsszenarios (Use Case) zur Aktivität sind abgebildet
  - An **Endpunkten** müssen **Ausgangsparameter** gültige Werte haben (entsprechend der Spezifikation der Aktivität)
  - Alle **Knoten und Kanten** können einer Alternative des Anwendungsszenarios zugeordnete werden.



# Zustandsdiagramm

## Einführung



- Ein Zustandsdiagramm (State Machine Diagram) beschreibt die möglichen **Folgen von Zuständen** eines **Modell-elements**, i.A. eines Objekts einer bestimmten Klasse
  - Während seines **Lebenslaufs** (Erzeugung bis Destruktion)
  - Während der **Ausführung** einer **Operation** oder **Interaktion**
- Modelliert werden
  - Die **Zustände**, in denen sich die Objekte einer Klasse befinden können
  - Die möglichen **Zustandsübergänge** (Transitionen) von einem Zustand zum anderen
  - Die **Ereignisse**, die Transitionen auslösen
  - **Aktivitäten**, die in Zuständen bzw. im Zuge von Transitionen ausgeführt werden

Aus: OO Modellierung, BIG, 2006

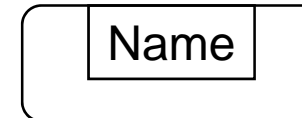
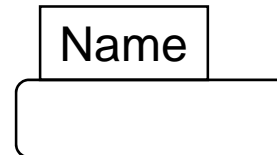
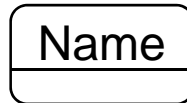


# Zustandsdiagramm

## Basiskonzepte – Zustand

- Zustand (state)

- Zustand i.e.S.
- Endzustand



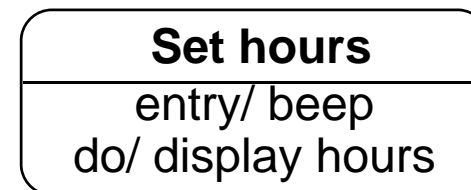
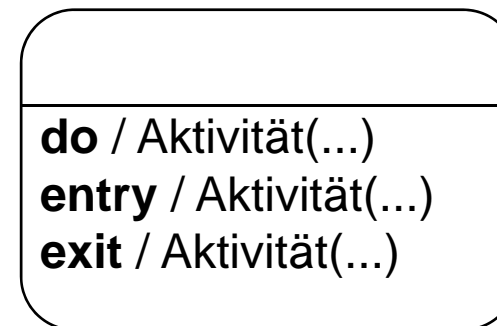
- Pseudozustände (weil transient)

- Initialzustand
- History-Zustand, Synch-Zustand, Gabelung, Vereinigung, etc.



- Aktivität innerhalb eines Zustands

- **entry** / *aktivität*  
Aktivität wird beim Eingang in den Zustand ausgeführt
- **exit** / *aktivität*  
Aktivität wird beim Verlassen des Zustands ausgeführt
- **do** / *aktivität*  
Aktivität wird ausgeführt, Parameter sind erlaubt
- **event** / *aktivität*  
Aktivität behandelt Ereignis innerhalb des Zustands



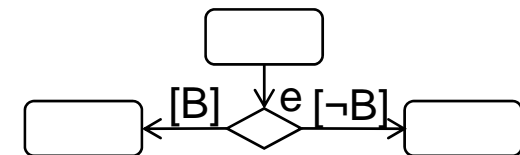
Aus: OO Modellierung, BIG, 2006



# Zustandsdiagramm

## Basiskonzepte – Zustandsübergang

- Ein Zustandsübergang (state transition) erfolgt, wenn
  - das **Ereignis** eintritt – eine evt. noch andauernde **Aktivität** im Vorzustand wird **unterbrochen!**
  - und die **Bedingung** (guard) erfüllt ist – bei Nicht-Erfüllung geht das nicht »konsumierte« Ereignis **verloren**
- Durch entsprechende Bedingungen können **Entscheidungsbäume** modelliert werden
- Standardannahmen
  - **Fehlendes Ereignis** entspricht dem Ereignis »Aktivität ist abgeschlossen«
  - **Fehlende Bedingung** entspricht der Bedingung [true]
- **Aktionen** auf Zustandsübergängen möglich
  - Spezielle Aktion: Nachricht an anderes Objekt senden  
send empfänger.nachricht()
  - Beispiel:  
right-mouse-down (loc) [ loc in window ]  
/ obj:= pick-obj (loc); send obj.highlight()

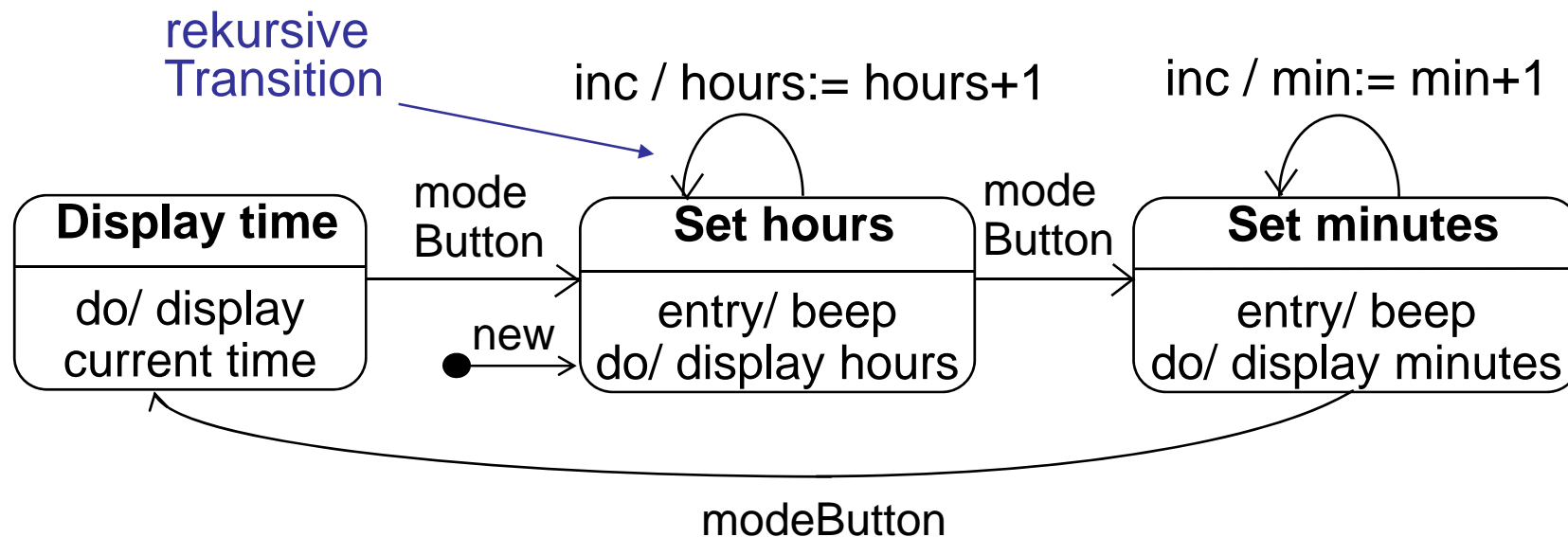
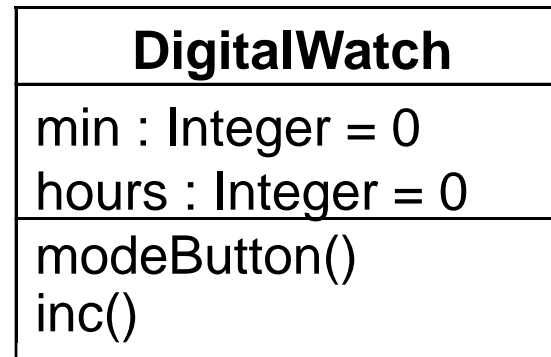


Aus: OO Modellierung, BIG, 2006



# Zustandsdiagramm

## Basiskonzepte – Beispiel: Klasse DigitalWatch



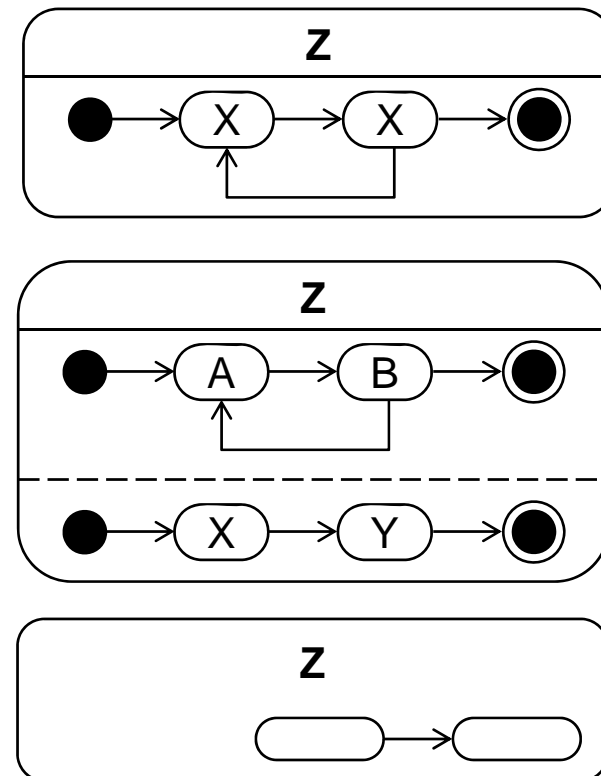
Aus: OO Modellierung, BIG, 2006



# Zustandsdiagramm

## Strukturierung – ODER- vs. UND-Verfeinerung

- Verfeinerung eines **komplexen Zustands** (composite state) — geschachteltes Zustandsdiagramm
- **ODER-Verfeinerung**
  - Disjunkte Sub-Zustände, d.h. **genau ein Subzustand ist aktiv**, wenn der komplexe Zustand aktiv ist
- **UND-Verfeinerung**
  - Nebenläufige Sub-Zustände, d.h. **alle Subzustände sind aktiv**, wenn der Superzustand aktiv ist
  - Die Subzustände werden i.A. ihrerseits Oder-verfeinert
- Hinweis auf **ausgeblendete Verfeinerung**
  - Diese kann an anderer Stelle dargestellt werden



Aus: OO Modellierung, BIG, 2006



# Ablauf Zustandsübergangsdiagramm



- Entitäten und deren **Zustände** identifizieren
- Parallele Zustände aufteilen
  
- Für jede Entität
  - Initialzustand bestimmen
- **Zustandsübergänge** einzeichnen
  - Ereignis(se) bestimmen, die den Übergang anstoßen
  - Wo sinnvoll: **Bedingungen** für Übergänge bestimmen
  
- Überprüfung
  - **Abläufe** des Anwendungsszenarios durchspielen
  - Testfälle durchspielen
  - Überdeckung: Alle **Knoten und Kanten** abdecken.



# Überprüfung Zustandsübergangsdiagramm Review mit Anforderungen



- Anforderungen strukturiert darstellen, z.B. als Liste.
- Anforderungen systematisch durchgehen
  - Im Zustandsübergang-Modell Elemente markieren, die helfen sollen, die aktuelle Anforderung zu erfüllen.
    - Zustände
    - Übergänge
- Zustandsübergang-Modell systematisch durchgehen
  - Nicht markierte Elemente auf Sinnhaftigkeit überprüfen
  - **Startpunkt(e)** identifizieren
  - **Entscheidungspunkte** überprüfen: logische Bedingungen zu Entscheidungsvarianten
  - **Endpunkt(e)** identifizieren
- Überprüfung
  - Alle **Alternativen** des Anwendungsszenarios (Use Case) zur Aktivität sind abgebildet.
  - Alle **Knoten und Kanten** können einer Alternative des Anwendungsszenarios zugeordnete werden.



## Testansätze, Test-Driven Development

- Testen in der Qualitätssicherung und SE Prozessen
- Teststufen und Testarten
  - Unit, Modul, System Stufen
  - Black-Box, White-Box Testarten
- JUnit, Test-Driven Development
- Beurteilung der Güte von Testfällen
- Anwendungsbeispiel “Restaurant”
  - Ableitung von Testfällen aus Anforderungen, Modellen und Entwürfen



Verschiedene Teststufen:

- Unit-Test
- Modultest (Integrationstest)
- Systemtest
- Alphatest
- Betatest
- ...

Abhängig von der Testebene und dem aktuellen Anwendungsfall verfolgen Tests unterschiedliche Ziele:

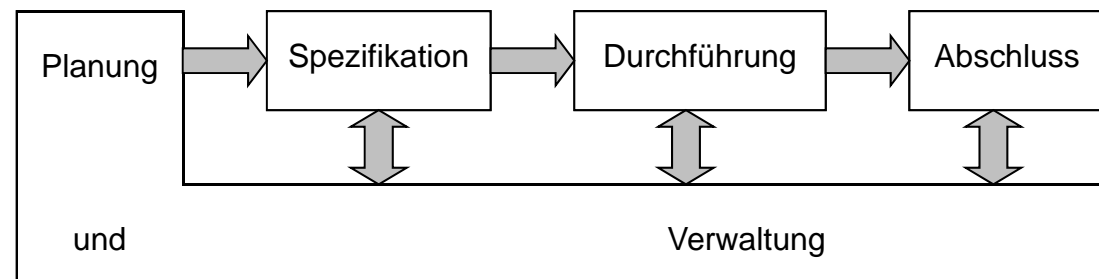
- Funktion (Funktionstest)
- Last (Lasttest)

Je nachdem, ob beim Testen die innere Struktur der Software berücksichtigt wird oder nicht, spricht man von White Box oder Black Box testen



# Testen im SE Prozess

- Was tun Sie, wenn Sie die Aufgabe bekommen, ein Programm zu testen?
  - „Unter Testen versteht man den Prozess des *Planens*, der *Vorbereitung* und der *Messung*, mit dem Ziel, die *Eigenschaften eines IT-Systems* festzustellen und den Unterschied zwischen dem tatsächlichen und dem erforderlichen Zustand aufzuzeigen.“ [Pol et al., 2000]
- Phasen in der Softwareentwicklung
  - Planung und Verwaltung
  - Spezifikation
  - Durchführung
  - Abschluss





- Alle Teammitglieder sind auch Testverantwortliche.
  - Test sind **Dokumentation** ("living documentation")
  - Artefakt **Testplan** zeigt wie Testfälle implementiert werden.
  - Eine gute Abstimmung der Rollen und Fähigkeiten im Team wird benötigt.
  
- Rollenbeitrag zur Qualität der Tests
  - Technische Architekten:
    - Testbarer Code („kleine“, eigenständige Programme)
    - Klassendiagramme, Systemarchitektur
  - Tester:
    - In den Anfangsphasen, Black-Box Tests der Interfaces (Modul-/Integrationstests welche Anwendungsszenarien abdecken)
    - Auf Verwendung von Test-Driven Development achten. (Unit-Tests)
    - System-Tests durchführen



# Ablauf Testfälle bestimmen



- Ziel aus Testplan bestimmen
  - Z.B. **Normal-, Sonder- und Fehlerfälle** in einem Anwendungsszenario abdecken
  - Z.B. Alle Knoten und Kanten in einem Kontrollflussgraphen abdecken
- Fälle bestimmen
  - **Eingabeparameter**
  - **Entscheidungen** im Ablauf (Wahl der Entscheidung festhalten)
- **Erwartetes Ergebnis** bestimmen



# Äquivalenzklassenzerlegung



- Zerlegung einer Menge von Daten (Input oder Output) in Untermengen (Klassen), die **äquivalente Ergebnisse oder Auswirkungen** produzieren.
- Jede Klasse(nkombination) sollte mindestens einmal getestet werden.
- Dadurch sinkt die Anzahl der Testfälle und somit der Testaufwand.

Vorgehensweise:

- Finde zu testende Funktionen.
- Finde **Eingabe-Vektor** (A, B, C, ...) (= Faktoren) je Funktion.
  - **Explizite**: Parameter.
  - **Implizite**: globale Variablen, Systemzustand (Objekte, Datenbank), ...
- Finde für jeden Faktor seine un-/gültigen Äquivalenzklassen (Klassen A1, A2, ...; B1, B2, ...; ...) und wähle je einen Wert aus jeder Klasse.
- Wahl der Kombinationen: (A1, B1), (A1, B2), ... bestimmt Intensität.



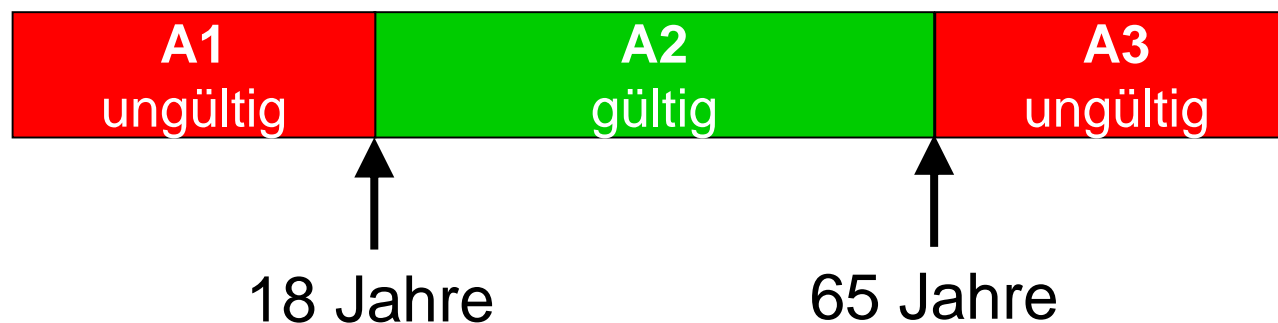
# Äquivalenzklassenzerlegung

- Anforderung:  $18 < \text{Alter} \leq 65 \rightarrow$  drei Äquivalenzklassen

- A1:  $\text{Alter} \leq 18$  (ungültig)
- A2:  $18 < \text{Alter} \leq 65$  (gültig)
- A3:  $\text{Alter} > 65$  (ungültig)

→ Auswahl eines Repräsentanten einer Äquivalenzklasse,

→ Drei Testfälle:  $x \in A1$ , z.B. 10,  $x \in A2$ , z.B. 35,  $x \in A3$ , z.B. 70





# Grenzwertanalyse

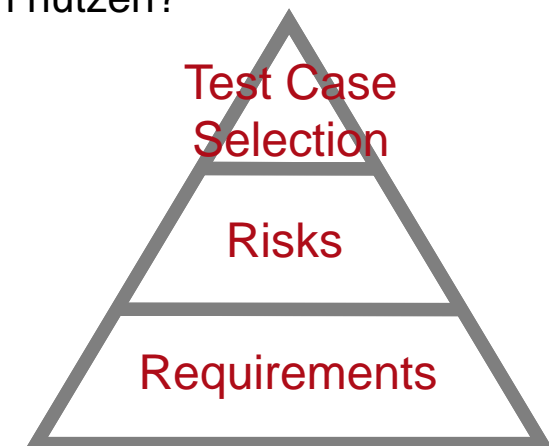
- Erweiterung der Äquivalenzklassenzerlegung für bessere Überdeckung.
- Grenzwerte werden als Klassenrepräsentanten gewählt  
→ je Klassengrenze ein Testfall.
- Beispiel: Anforderung:  $18 < \text{Alter} \leq 65$ 
  - 18 (ungültig), 19 (gültig), 65 (gültig) and 66 (ungültig)
  - Ev. mehrere Testfälle je Klassengrenze:  $\text{Alter} \leq 18$
  - 17 (gültig), 18 (gültig) and 19 (ungültig)  
Bedenke Tippfehler:  $\text{Alter} = 18!$





# Wertbeitrag von Software Testen

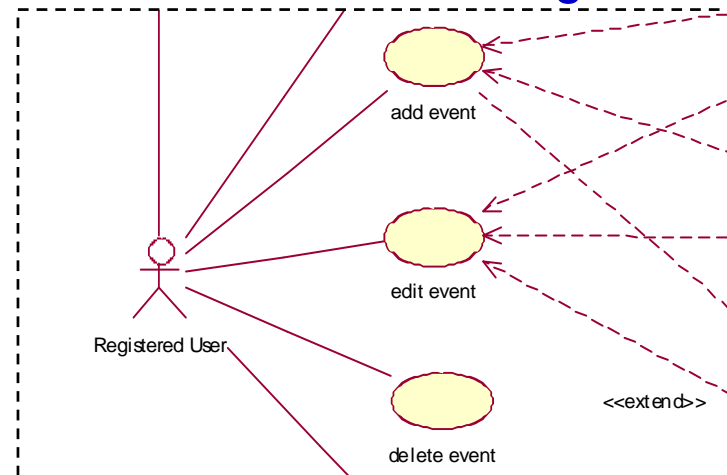
- Zentrale Fragestellung: Ist jeder Testfall, jeder Fehler, jede Anforderung gleich viel „wert“?
- Beispiel: 10 unterschiedliche Bezahlverfahren einer Online-Plattform, wobei 80% des Umsatzes immer über dasselbe Verfahren abgewickelt wird.
- Die Antwort: NEIN => [Value-Based Testing](#).
- [Requirements-Based testing](#)
  - Welche Anforderungen bringen dem Kunden den meisten nutzen?
- [Risk-Based testing](#)
  - Welche Risiken gefährden diesen Nutzen?
- [Test case selection techniques](#)
  - Welche Testfälle adressieren dieses Risiko?





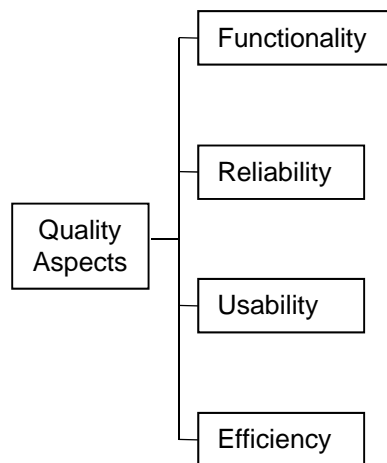
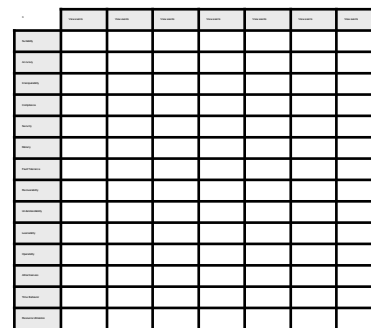
# Beispiel: Risk-Based Testing (1)

## Features / Anwendungsfälle



Risikoeinschätzung:  
A ... Critical,  
B ... Important,  
C ... Less important

## Quality Criteria

Feature	View events	View details	Add event	Edit event	Attach document	Set properties	Delete event
Security aspect							
General identity	B	B	C	C	C	C	C
Message content authenticity	B	B	C	C	C	C	C
Message content origin	C	C	B	B	B	A	B
Integrity	C	C	A	A	A	A	
Secrecy and privacy	B	B	C	B	C	C	C
Accountability			B	B	B	B	B



# Beispiel für Testfallbeschreibung

## "Bestellung von Menü durchführen"

- **Beschreibung** ist die Komponente im System und eine Funktion (Ablauf aus Anforderungen)
- **Vorbedingungen** existieren oder eben nicht
- **Eingabewerte** sind konkrete Parameterbeschreibungen (Äquivalenzklassen)
- **Aktionen** sind Aktivitäten zur Eingabe der Werte
- **Erwartete Ergebnisse** sind Zustände und Ausgabeparameter
- **Ergebnisse** zeigen Abweichungen zum **Tatsächlichen Ergebnis**.
- **OK/NOK** zeigt ob der Test erfolgreich durchläuft.

N r.	Typ	Beschreibung	Vorbedingungen	Eingabewerte	Aktionen	Erwartete Ergebnisse	Ergebnisse	OK / NOK
34	NF	Bestellung von Menü durchführen	(Programm gestartet) (in die Bestellungsübersicht gewechselt) Min. ein Menü mit preis<250 Euro muss vorhanden sein. Menü muss bestellbar sein.	-Bestellung. take_away -Bestellung. fürDatum -Menu.id -Menü Anzahl = 1	-Neue Bestellung erzeugen. Angabe wann die Bestellung konsumiert wird und ob "take away". -Menü wird aus einer Liste ausgewählt -Anzahl angeben -Bestellung speichern	Bestellung ist in der Datenbank gespeichert und enthält genau ein Menü. Das Attribut Bestellung.storniert ist auf den Booleanwert 'false' gesetzt, der Primärschlüssel von Bestellung wird von der DB automatisch belegt.	Bestellung ist in der DB gespeichert, jedoch wird bei der Abfrage dessen kein Primärschlüssel mitgeliefert.	NOK

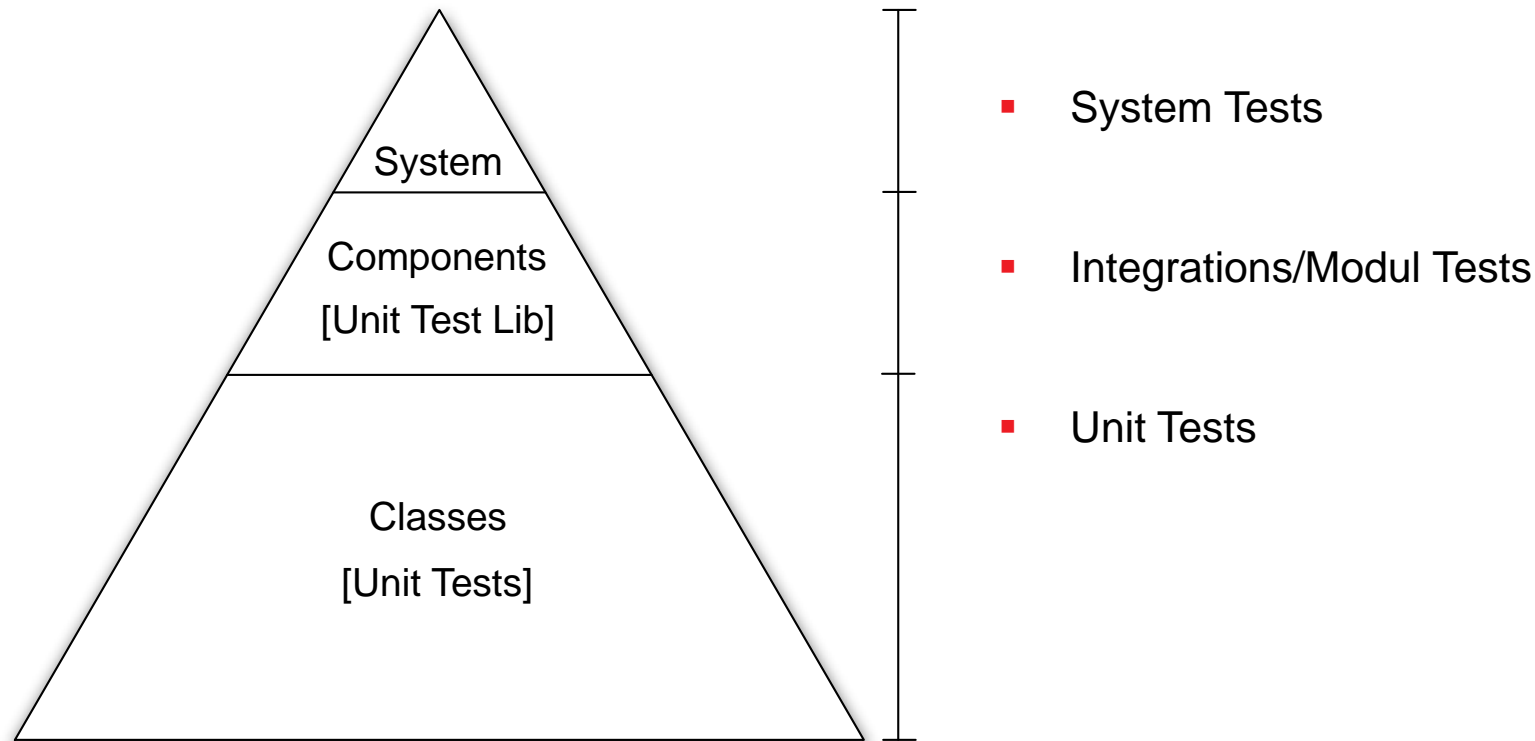


- Strukturierte Anweisungen zur **Generierung von Testfällen**
- Vorteile gegenüber zufälliger Testfalldefinition
  - **Höhere Qualität** der Testfälle
  - Machen Qualität und Intensität eines Tests transparent
  - Erreichen gewünschte **Abdeckung** für jeden Teil der Applikation
  - Effektiver für gegebene Fehlertypen
  - Tests werden **nachvollziehbar**
  - Testprozess wird unabhängig von Personen
  - Testfall-Spezifikationen werden übertragbar und aktualisierbar
  - Testprozess wird besser plan- und steuerbar
- „Nachteile“
  - Fundiertes Wissen der Tester notwendig



# Testen - Gesamtsystem

- Die Fläche des Pyramidenabschnitts ist proportional zu der Anzahl der jeweiligen Tests welche bei Auslieferung vorhanden sein sollten.





# Unit Tests

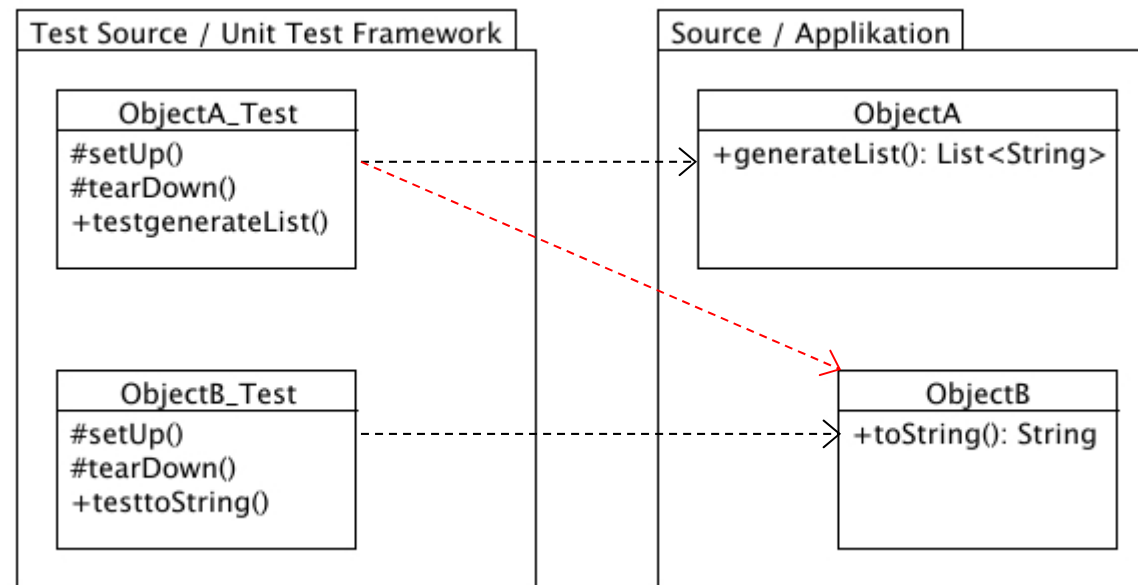


- Ziel: **Dokumentation** von Klassen
- **Units** werden jeweils einzeln gegen ihre **Spezifikation** getestet: Übergabe von Daten, Prüfung des Outputs.
- Unittests erlauben eine **genaue Lokalisierung** und **frühe Erkennung** von **Implementierungsfehlern**.
- Unittests können bei größeren Systemen **sehr aufwendig** werden; daher ist bei größeren Tests besonderer Wert auf **strukturiertes Vorgehen** und **Dokumentation des tatsächlichen Vorgehens** zu legen.
- Automatisierung **essentiell** da häufige **Regressionstest** nach Änderungen notwendig



# Unit Testing

- Bei einem Unit-Test in einer OO Sprache liegt der Fokus auf einer Klasse oder eine Methode (Unit == Klasse)
- Alle benötigten Daten passen in den Arbeitsspeicher
- Unit-Tests müssen schnell durchlaufen (Regression-Library)





- Ein Modul hat folgende Eigenschaften
  - Es ist das Werk eines Entwicklers
  - Es hat eine dokumentierte Spezifikation (API)
  - Es ist ein sichtbares, identifizierbares Produkt mit expliziter Integration ins Gesamtsystem (z.B. mit Interfaces)
  - Es kann kompiliert/interpretiert und getrennt von anderen Modulen getestet werden (z.B. mit Mocking)
  - Es ist notwendig



- Ziel: Aufspürung von Fehlern in der Implementierung
- Module werden jeweils einzeln gegen ihre Spezifikation getestet:  
Übergabe von Daten, Prüfung des Outputs
- Modultests erlauben eine genaue Lokalisierung und frühe Erkennung von (Implementierungs-)Fehlern
- Modultests können v.a. bei größeren Systemen sehr aufwendig werden, weshalb sie dann unstrukturiert und undokumentiert gestaltet werden – das ist falsch!



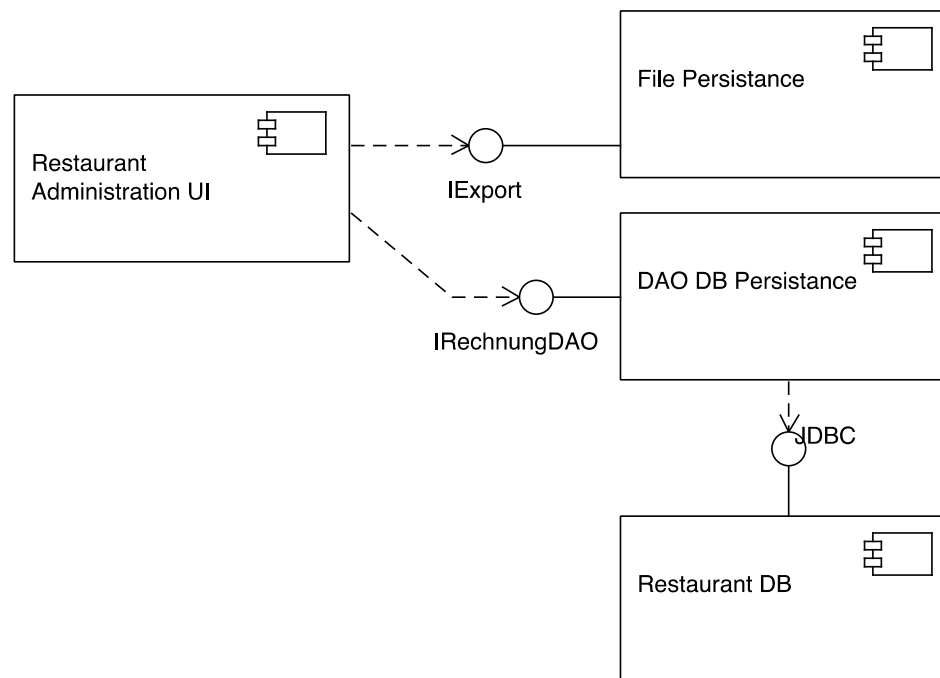
# Integrationstests



- Ziel: Test der **Interaktion zwischen Modulen**
- Zusammenführung von Modulen zu größeren Strukturen
  - „Big Bang“
  - Inkrementell: Top-Down oder Bottom-Up
- Häufig: Zusammenführung durch Entwickler, Test durch Tester
- **Inkrementelles Testen** ist vorzuziehen
  - Weniger Aufwand (weniger Stubs/Treiber nötig)
  - Frühere Erkennung von Schnittstellenfehlern
  - Fehler-Lokation besser eingrenzbar (leichteres Debugging)
  - Weniger Gefahr der Überdeckung von Fehlern in einem Modul durch Fehler in einem anderen Modul.



# Beispiel für Module Komponentendiagramm

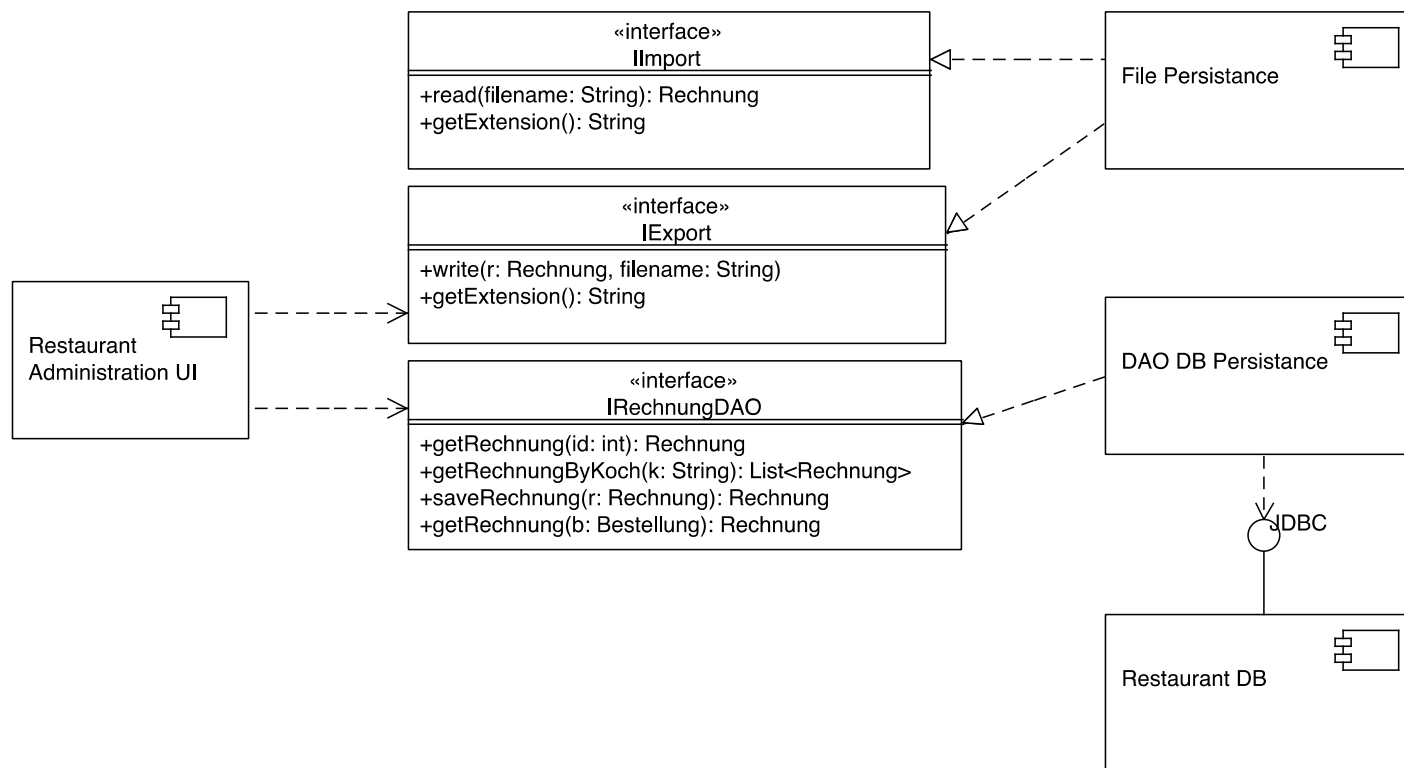


- Komponenten bieten Interfaces an (**provides**)
- Komponenten erfordern andere Interfaces (**requires**)
- Dies macht Komponenten zu abstrakten, austauschbaren **Modulen**



# Komponentendiagramm

## Alternativnotation

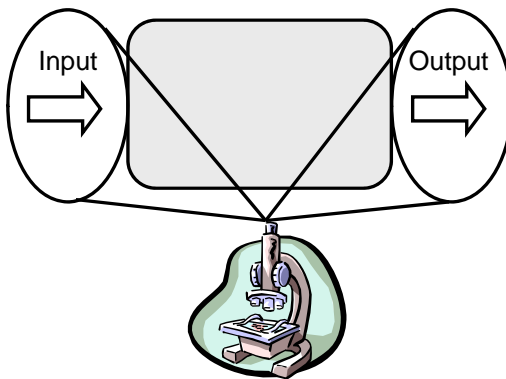




# Black Box vs. White Box

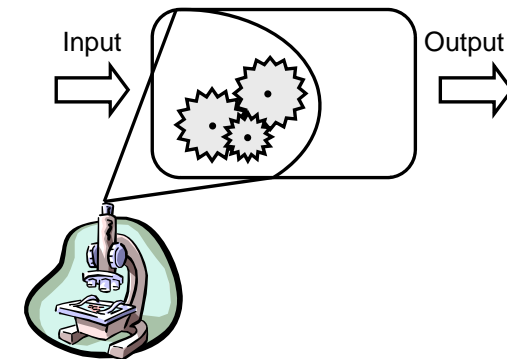
## ■ Black Box

- Basiert auf **Spezifikation**
- Wissen über innere Struktur wird ignoriert
- Daten-getriebene, Input-Output-getriebene Tests
- Anforderungsüberdeckung
- Partitionierung der Eingabe-Daten



## ■ White Box (Glass Box)

- Basiert auf Struktur von **Code bzw. SE-Modellen**
- Wissen über innere Struktur notwendig
- Logik-getriebene Tests
- **Überdeckung** von Knoten, Kanten, Pfaden
- Partitionierung von Daten für Bedingungsawwertung





# Teststufen und Testarten in SE



- Teststufe (Unit, Modul, System)
  - Je nach Teststufe ist meist ein anderes Testframework vorzuziehen
  - Jedoch können mit JUnit auch Modul Tests geschrieben werden
  - System Tests (z.B. GUI Tests) sehr mühsam
- Testart (Black-/Whitebox)
  - Unit Tests werden meist als Blackbox ausprogrammiert (TDD)
  - Whiteboxtests sind meist Modul oder Systemtests, sind jedoch visuell kaum von Blackboxtests zu unterscheiden



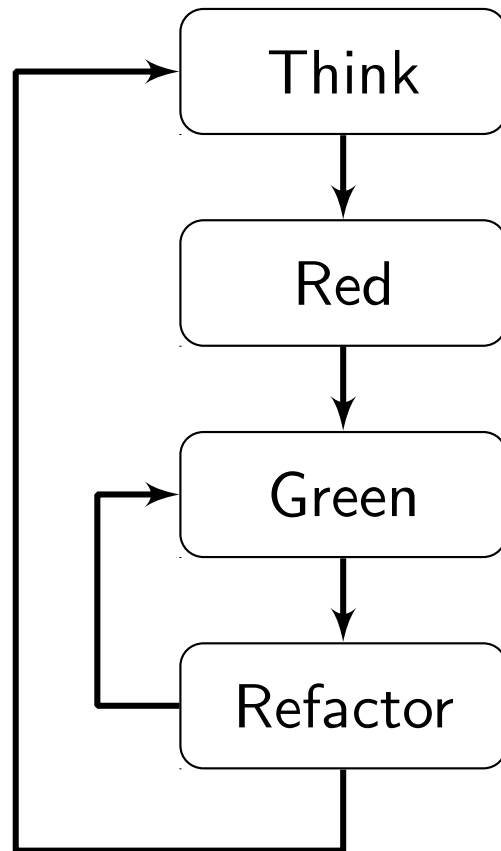
# Test-Driven Development



- Unit Tests: **Ablauffähige Testfälle** erstellen
- **Assertions** für „korrekte“ Durchführung des Testfalls ableiten  
(= erwartetes Ergebnis)
  - Normalfall soll nicht fehlschlagen
  - „Korrekt“ Fehlerfall muss auch wirklich fehlschlagen  
-> Exception
- Brauchbare Modellierung unterstützt  
das Herstellen **effektiver und effizienter Testfälle**
  - Datenmodellierung (Datenbank)
  - Datenfluss und Kontrollfluss (Business Logic)
  - Zustandsübergangsmodelle (GUI)



# Test-Driven Development Prozess



1. *Think*: Spezifikation des Tests
2. *Red*: Implementierung des Tests
  - Test schlägt fehl!
3. *Green*: Implementierung der zu-testenden Klasse oder Komponent.
  - Test ist erfolgreich!
4. *Refactor*: Veränderung einer Implementation -> Funktionalität bleibt erhalten -> Test sollte nie wieder fehl schlagen!
  - Lernen aus Test, Veränderung des Prozess



- Eine gute Abstimmung der Rollen im Team wird benötigt
- Die Zeit für viele Unit Tests ist wohl investiert da sie die Integrations-Tests wesentlich vereinfachen. (bottom-up testing)
- Technische Architekten:
  - „kleine“ Programme, „kleine“ Methoden
  - Eigenständig Instanzierbare Klassen
    - Dependency Injection Pattern!
  - Klassendiagramme, Sequenzdiagramme
- Tester:
  - Testet die Objekte so wie sie nachher im Programm verwendet werden



- Entwickler erstellt Test-Methoden (Testfälle) während oder sogar vor der Programmierung
- Testfall: Aufruf von Methoden mit bestimmten Parametern, Überprüfung von Ergebniswerten bzw. –zuständen
- Herstellung eines Ausgangszustands innerhalb des Testfalls oder durch andere Testfälle
- Framework erlaubt einfache Erstellung, Ausführung und Auswertung der Testfälle
- somit einfache Wiederholung von Tests z.B. nach Änderungen und Korrekturen möglich (Regressionstests)



- Die Zeit für viele Unit Tests ist wohl investiert, da die Unit Tests die Integrationstests wesentlich vereinfachen (bottom-up testing).
  - Test Cases sind „living documents” - sie unterstützen die Kommunikation innerhalb des Teams.
  - Formuliert einen wesentlichen Testfall eures eigenen Projektes aus. Wie kann dieser Testfall mit JUnit implementiert werden?
- 
- <http://junit.sourceforge.net/doc/testinfected/testing.htm>
  - <http://www.junitdoclet.org/>



# Beurteilung von Testfällen



- Ziel aus Testplan bestimmen (Referenz auf Modell)
  - Z.B. **Normal-, Sonder- und Fehlerfälle** in einem Anwendungsszenario abdecken
  - Z.B. Alle Knoten und Kanten in einem Kontrollflussgraphen abdecken
- Erreichung des Testziels mit Menge der spezifizierten Testfälle überprüfen.



# Beispiel Testfälle Cashmaschine



- I. Prüfung Abhebewunsch
  - Äquivalenzklassen der Parameter
  - Mögliche Ergebnisse
- II. Berechnung des Geldbetrags







# Zusammenfassung

- **Test-Driven Development** als Basis für zielorientierte Software-Entwicklung (Implementierung und QS)
- Brauchbare Modelle unterstützen das Herstellen effektiver und effizienter Testfälle
  - **Datenmodellierung** (Datenbank)
  - **Datenfluss und Kontrollfluss** (Business Logic)
  - **Zustandsübergangsmodelle** (z.B. GUI)
- Reviews helfen, die Anforderungen und Modelle vorab zu überprüfen, um eine solide Basis für Testfälle herzustellen.





# Referenzen

## Bücher und Skripten

- „Objektorientierte Modellierung“; Unterlagen zur Vorlesung; Business Informatics Group (BIG), TU Wien, 2006.
- „Datenmodellierung“; Unterlagen zur Vorlesung; TU Wien, Inst. f. DB & AI, 2006.
- „Testen als Entwickler“, Unterlagen zur Vorlesung Qualitätssicherung, Inst. f. Softwaretechnik und Interaktive Systeme; 2006
- Kemper A., Eickler A.; „Datenbanksysteme“; 6. Auflage, Oldenbourg, 2007.
- Martin Pol, Tim Koomen, Andreas Spillner: “Management und Optimierung des Testprozesses: ein praktischer Leitfaden für erfolgreiches Testen von Software, mit TPI und TMap”, dpunkt.verlag, 2000, ISBN 3-932588-65-7
- [Somm10] Sommerville I.; Software Engineering; 9th ed., Addison Wesley, 2010.
- Spillner et al., "Basiswissen Software-Test", dPunkt, 2003
- Thaller, "Software-Test", dPunkt, 2002
- [Wall11] Wallmüller, E.; Software Quality Engineering; 3. Auflage, Hanser, 2011.

## Web Ressourcen

- SEPM Tuwel: <https://tuwel.tuwien.ac.at/course/view.php?id=33>
  - Prüfungsordner
- Sommerville book companion website: [www.pearsoned.co.uk/sommerville](http://www.pearsoned.co.uk/sommerville)
  - Case studies

