# Vorlesung "Software-Engineering"

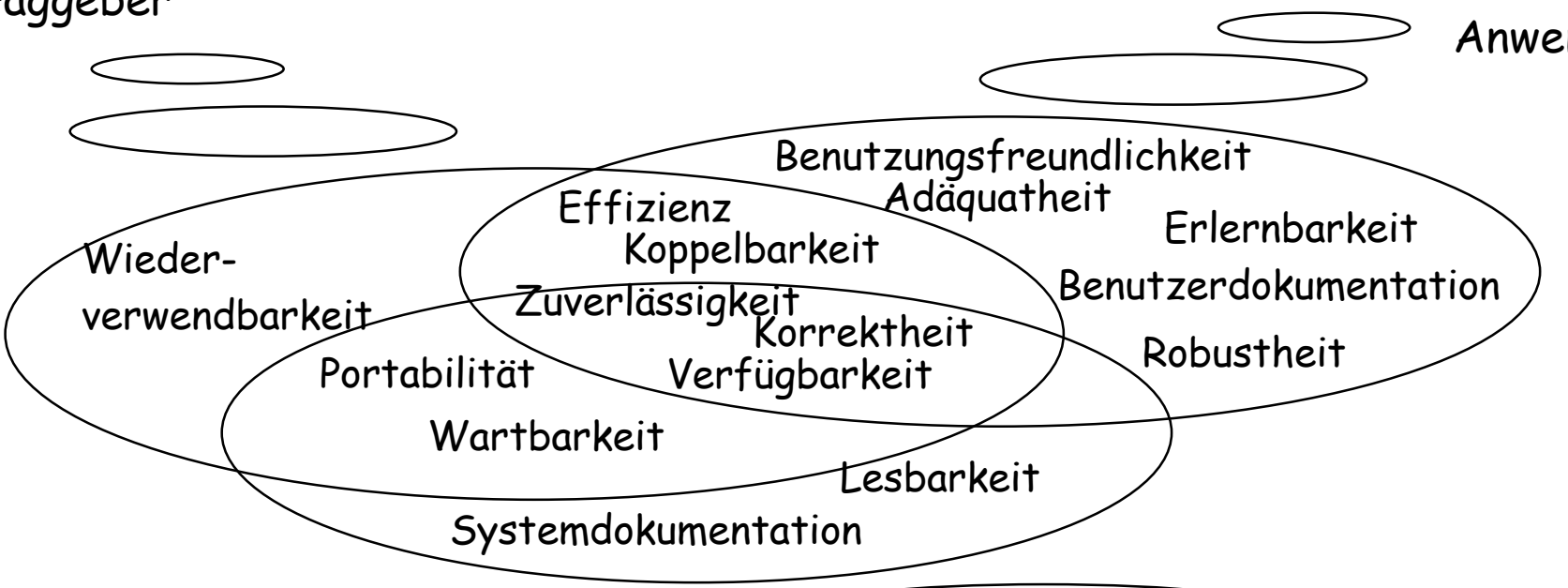
Prof. Ralf Möller, TUHH, Arbeitsbereich STS

- Vorige Vorlesung
  - Einführung in die durch Software-Engineering gelösten Probleme
  - Charakterisierung von Software-Qualität
- Heute
  - Fortsetzung: Qualitätsmerkmale
  - Produkte und Leistungen
  - Projektphasen und Vorgehensmodelle

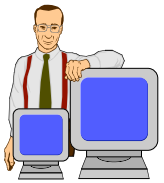
# Software-Qualität: Perspektiven

Auftraggeber

Anwender




Software-
Betreuer



# Qualitätsmerkmale für die Anwendung (1)

- Korrektheit
  - Übereinstimmung zwischen funktioneller Spezifikation und Programmfunktionalität
  - Korrektheit in der Praxis schwer nachweisbar
  - Korrektheitsbeweise mit Programmverifikation nur für kleine Teilalgorithmen möglich
  - Vollständige Tests aller Programmzustände zu aufwendig
  - Korrektheit ist ein wichtiger aber vielfach theoretischer Anspruch
  - Korrektheit in umfangreichen Programmsystemen besonders problematisch

# Qualitätsmerkmale für die Anwendung (2)

- Effizienz
  - Bestimmt den Bedarf an Betriebsmitteln
  - Effizientes Programm: kein unnötiger Verbrauch an Betriebsmitteln
  - Unterscheidung von Speichereffizienz und Laufzeiteffizienz
  - Konflikte zu Änderbarkeit, Testbarkeit, Portierbarkeit

# Qualitätsmerkmale für die Anwendung (3)

- Robustheit
  - Definierte und sinnvolle Reaktion des Programms bei beliebiger externer Kommunikation
  - Verhindern von undefinierten Systemzuständen und "Systemabstürzen"
  - Besonders wichtig: Abfangen fehlerhafter Benutzereingaben
  - Beseitigung der Fehlersymptome, nicht der Ursachen
  - Spektrum von sinnvollen Reaktionsmöglichkeiten, abhängig von der Situation

# Qualitätsmerkmale für die Anwendung (4)

- Verfügbarkeit
  - Wahrscheinlichkeit, daß ein System zu einem gegebenen Zeitpunkt funktionsfähig ist
  - Kennwert in der Praxis:

$$V = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

MTBF: Mean Time Between Failures
MTTR: Mean Time To Repair

# Qualitätsmerkmale für die Anwendung (5)

- Zuverlässigkeit
  - Zusammenspiel von Korrektheit, Robustheit und Verfügbarkeit
  - Auftreten von Fehlern im Zeitablauf
  - Berücksichtigung von Reparaturzeiten und Fehlerqualitäten
  - Wahrscheinlichkeit, daß ein System seine Funktion während eines Zeitintervalls korrekt erfüllt
  - Festlegung in den Spezifikationen

# Qualitätsmerkmale für die Anwendung (6)

- Benutzungsfreundlichkeit
- Spezielles Forschungsgebiet: Software-Ergonomie
- Speziellere Merkmale der Benutzungsfreundlichkeit (nach DIN 66234 Teil 8 und DIN EN ISO 9241):
  - Aufgabenangemessenheit
  - Selbstbeschreibungsfähigkeit
  - Steuerbarkeit
  - Erwartungskomformität
  - Fehlerrobustheit

# Qualitätsmerkmale für die Anwendung (7)

- Datensicherheit / Datenschutz
  - Schutz gegen unerwünschte bzw. unerlaubte Verfälschung/Zerstörung bzw. Preisgabe von Daten
  - Problem durch Dezentralisierung/Vernetzung der DV verschärft
  - Behandlung von Ausnahmesituationen (z.B. Stromausfall, Systemabsturz)
  - Restartfähigkeit (Möglichkeit zum Wiederaufsetzen)
  - Kombination von software-technischen und organisatorischen Maßnahmen

# Qualitätsmerkmale für Entwicklung u. Wartung (1)

- Verständlichkeit/Lesbarkeit
  - Maß für den Aufwand, ein (fremdes) Software-Produkt zu verstehen
  - Vielfältige Maßnahmen zur Erhöhung der Verständlichkeit möglich
  - Voraussetzung für Änderbarkeit und Reparierbarkeit

# Qualitätsmerkmale für Entwicklung u. Wartung (2)

- Änderbarkeit
  - Möglichkeiten zur Anpassung von (korrekter) Software an veränderte Einsatzbedingungen und Anforderungen
  - Begrenzung des Aufwandes bei Änderungen
  - Berücksichtigung bereits bei Software-Entwicklung
  - Weitgehend abhängig von einer geeigneten Modularisierung der Software

# Qualitätsmerkmale für Entwicklung u. Wartung (3)

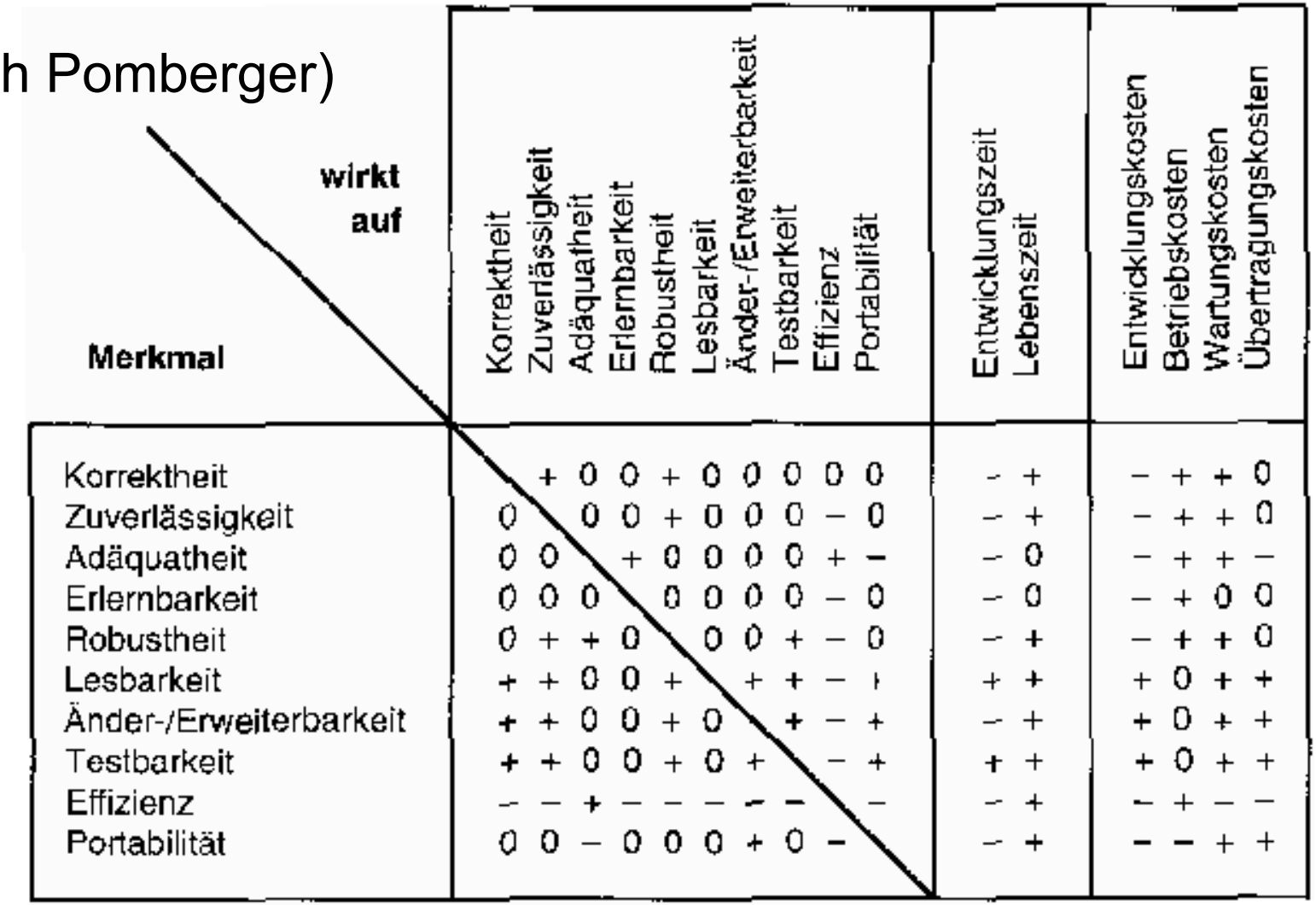
- Prüfbarkeit/Testbarkeit
  - Möglichkeiten zum Testen eines Programms hinsichtlich Korrektheit, Robustheit und Zuverlässigkeit
  - Wesentlich abhängig von Modularität und Strukturierung
  - Parallelentwicklung von Testumgebungen

# Qualitätsmerkmale für Entwicklung u. Wartung (4)

- Wiederverwendbarkeit/Portabilität
  - Aspekt der Allgemeinheit der Software
  - Verlängerung der Lebensdauer von Software
  - Aufbau von Software-Bibliotheken und Nutzung objektorientierter Ansätze
  - Notwendigkeit zu ausführlicher Dokumentation
  - Ziel: Senkung von Entwicklungskosten

# Zusammenhänge zwischen Qualitätsmerkmalen und Kosten

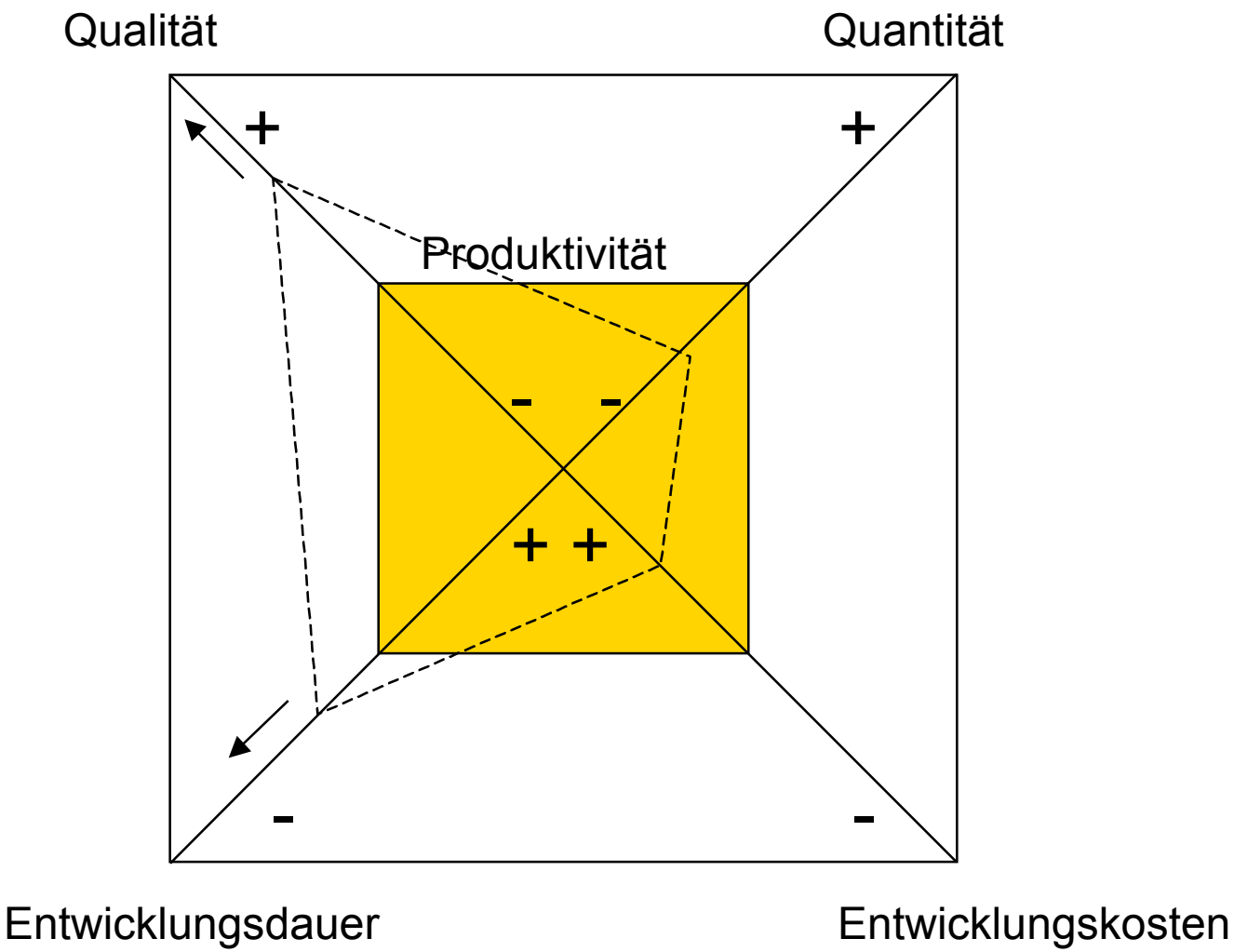
- (nach Pomberger)



| Merkmal \ wirkt auf | Korrektheit | Zuverlässigkeit | Adäquatheit | Erlernbarkeit | Robustheit | Lesbarkeit | Änder-/Erweiterbarkeit | Testbarkeit | Effizienz | Portabilität | Entwicklungszeit | Lebenszeit | Entwicklungskosten | Betriebskosten | Wartungskosten | Übertragungskosten |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Korrektheit | | + | 0 | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | + | - | + | + | 0 |
| Zuverlässigkeit | 0 | | 0 | 0 | + | 0 | 0 | 0 | - | 0 | - | + | - | + | + | 0 |
| Adäquatheit | 0 | 0 | | + | 0 | 0 | 0 | 0 | + | - | - | 0 | - | + | + | - |
| Erlernbarkeit | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | - | 0 | - | + | 0 | 0 |
| Robustheit | 0 | + | + | 0 | | 0 | 0 | + | - | 0 | - | + | - | + | + | 0 |
| Lesbarkeit | + | + | 0 | 0 | + | | + | + | - | - | + | + | + | 0 | + | + |
| Änder-/Erweiterbarkeit | + | + | 0 | 0 | + | 0 | | + | - | + | - | + | + | 0 | + | + |
| Testbarkeit | + | + | 0 | 0 | + | 0 | + | | - | + | + | + | + | 0 | + | + |
| Effizienz | - | - | + | - | - | - | - | - | | - | - | + | - | + | - | - |
| Portabilität | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 | + | 0 | - | | - | + | - | - | + | + |

+ = positive Wirkung, - = negative Wirkung, 0 = keine Wirkung

# Qualität kann nicht isoliert betrachtet werden



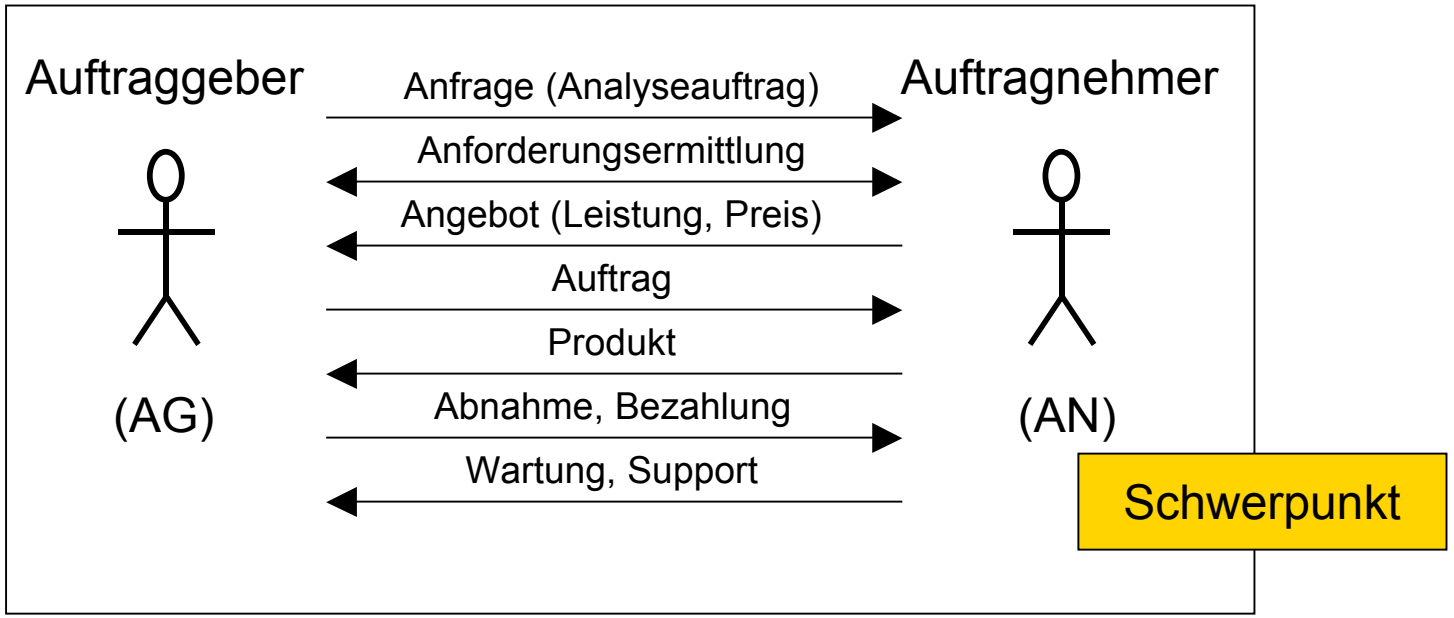
# Projektmanagement

- Aufgaben und Phasen der Softwareentwicklung
  - Projektplan, Meilenstein
  - Prozeßmodelle (auch Vorgehensmodelle genannt) Wasserfall-, V-, Prototypen-, Evolutionäres-, Inkrementelles-, Spiral-, *Objectory*-Modell

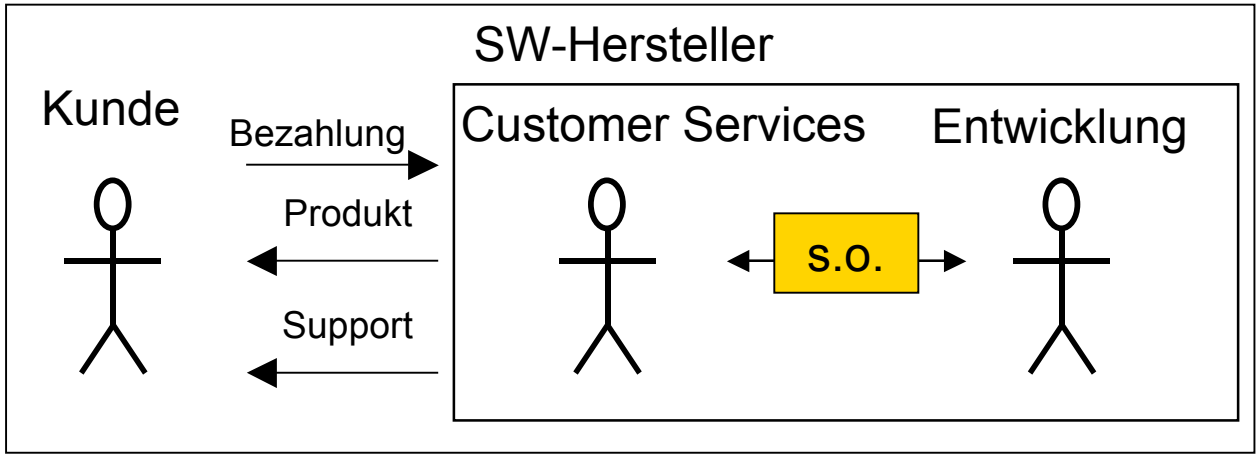
- **Lernziele**
  - Prozeßnotation, -modell und -plan unterscheiden können.
  - Hauptaufgaben beim Prozeßmanagement wiedergeben können.
  - Prozeßmodelle wiedergeben können.

# Projektablauf

**Individualsoftware**




**Standardsoftware**



# SW-Engineering als kooperative Aktivität (1)

Aufgaben überlappen sich!

Arbeitsaufteilung größerer Software-Entwicklungsteams in verschiedene **Ebenen**:

- **Programmierung**: Programmierer, Entwickler, Kodierer, Datenbank-Administrator (DBA), Mediendesigner, ...
  - Implementierung und Anpassung von Komponenten

technische Kompetenz

- **Softwarearchitektur**: Software- / System-Architekt
  - Analyse und Design
  - Definition von Komponenten und Protokollen

Abstraktions- und Kommunikations-fähigkeiten

- **Projektmanagement**: Projekt-, Gruppen- und Abteilungsleiter
  - Anforderungsermittlung
  - Kostenplanung, Ressourcenverteilung
  - Projektplanung und Controlling
  - Gruppenkommunikation und Führung

betriebswirtschaftliche und soziale Kompetenz

# Von Handarbeit zur Ingenieursdisziplin

- **Historisch:** implizite, informelle, anonyme, “zufällige” SW-Architekturen
  - Projekt- und Produktgetrieben
- **Ziel: Erhöhung der Produktivität und Planungssicherheit großer Softwareprojekte** durch explizite, formale, benannte und geprüfte Vorgehensweisen:
  - Verbesserte Kommunikation im Projekt-Team
  - Erhöhtes Wissen am Ende der Software-Engineering-Ausbildung
  - Verfügbarkeit eines Katalogs von Vorgehensmodellen (Handbuchartiges Wissen; vgl. Knuth / Sedgewick bei Algorithmen)
  - (Formale Modelle zum Testen, Verifizieren, Nutzen und Messen von Modellen).
- **Hindernisse**
  - Altsysteme („*legacy*“), bestehendes (veraltetes) Wissen, Personal, Organisation, ...
  - Schneller Fortschritt der Technik und Anwendungen
- **Status:** Software-Engineering als sich entwickelnde Disziplin, die sich dem Reifegrad anderer Ingenieursdisziplinen annähert.

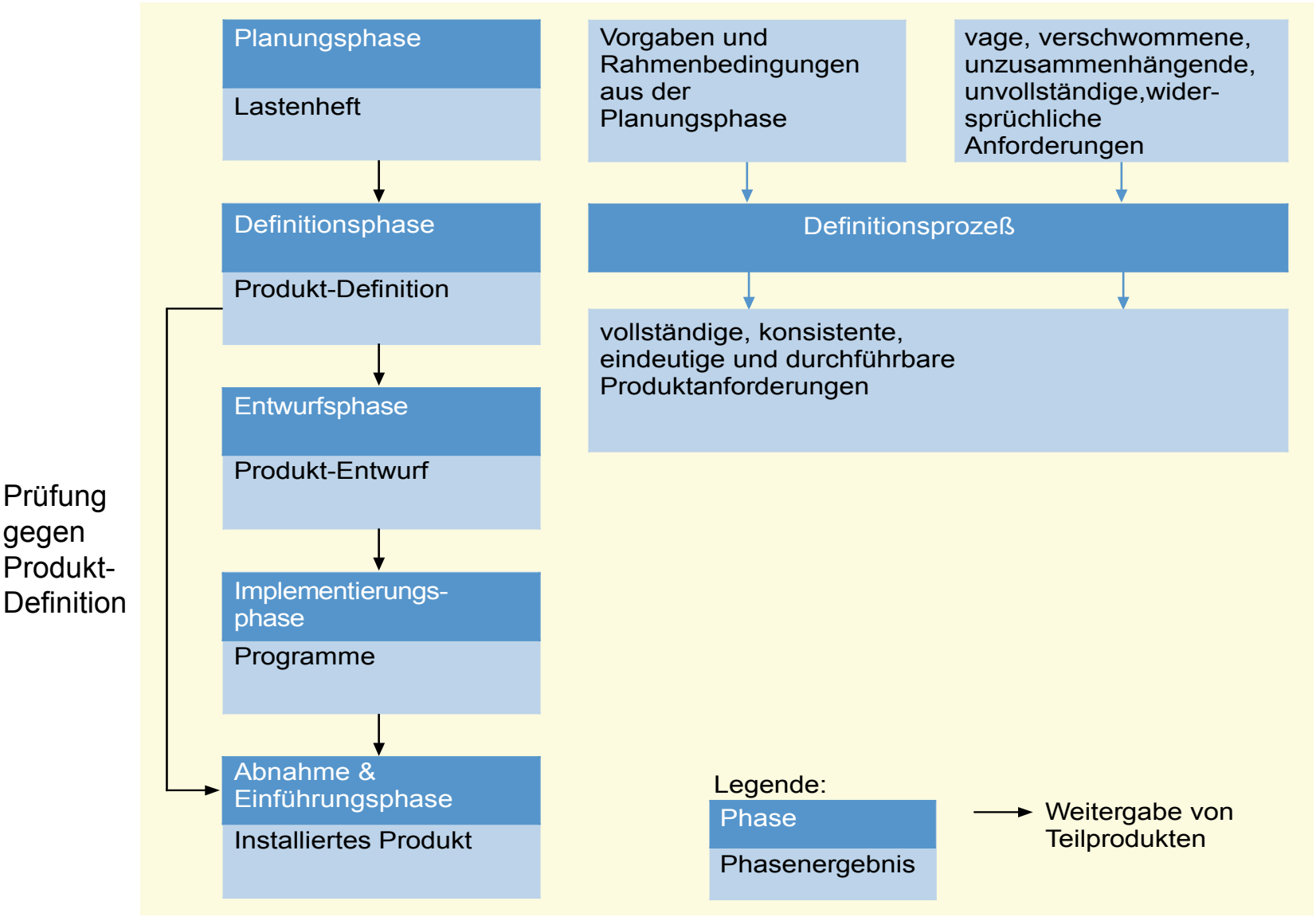
# Evolution einer Ingenieursdisziplin


- Virtuosen und talentierte Amateure
- Intuition und “brute force”
- Zufälliger Fortschritt
- Fallweiser Austausch
- Extravagante Benutzung vorhandener Materialien
- Handarbeit für Benutzung statt Verkauf

- Erfahrene Handwerker
- Etablierte Verfahren
- Pragmatische Verbesserungen
- Ökonomische Aspekte: Kosten und Materialien
- Handarbeit für den Verkauf

- Ausgebildete Profis
- Analyse und Theorie
- Fortschritt basiert auf Wissenschaft
- neue Anwendungen durch Analyse
- Markt-Segmentierung und Produktvielfalt

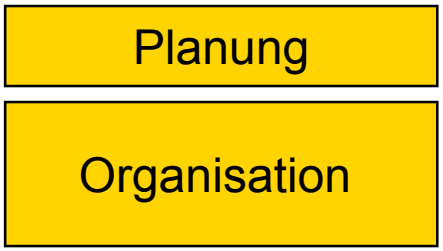
# Phasen der Softwareentwicklung




aus [Balzert]

# Aufgaben beim Software-Projektmanagement

- Erstellung eines Projektplans
- Auswahl einer Prozeßnotation
- Auswahl eines Prozeßmodells



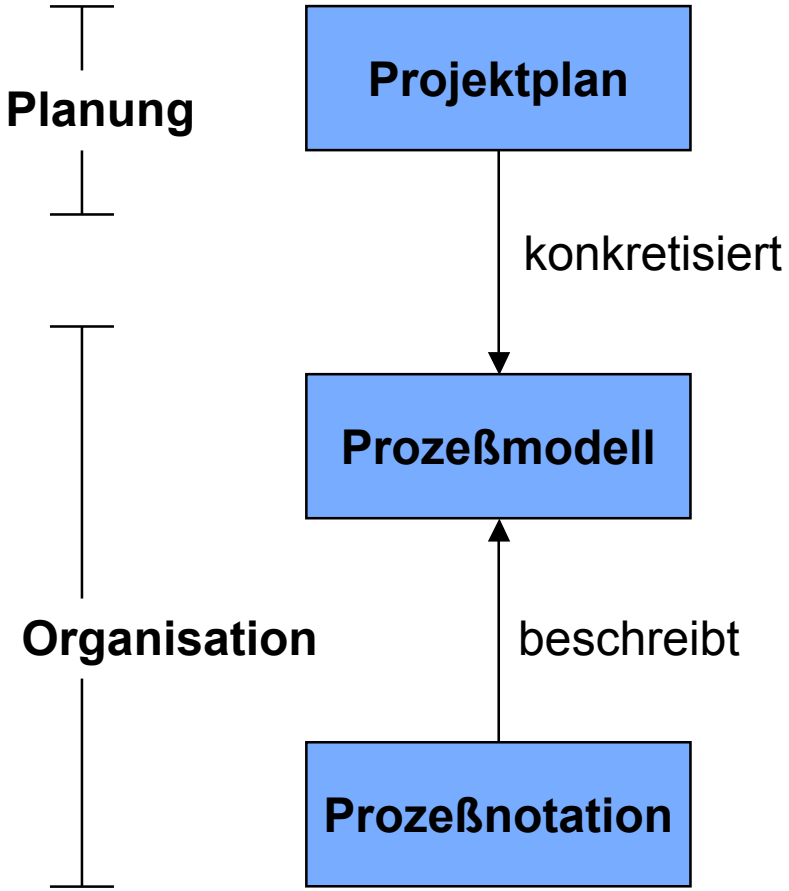

## Definitionen

- **Software-Entwicklungsprozeß**: Aktivitäten, Methoden und Verfahren zur Entwicklung und Überprüfung von Software.

- **Planung**: „Planung ist Entscheiden im voraus, was zu tun ist, wie es zu tun ist, wann es zu tun ist und wer es zu tun hat.“ [~ Koontz, O‘Donnell 72]

# Begriffe der Prozeßmodellierung

## 3 Abstraktionsebenen




Wird für jedes konkrete Software-Projekt erstellt (Projektleiter).
Beispiel: „Projektkalender“

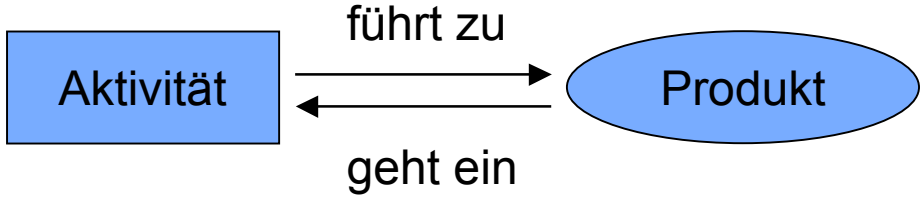
Generelles Vorgehen (z.B. einer Firma) zum Entwickeln eines Software-Produkts.
Auch: **Vorgehensmodell.**
Beispiel: Wasserfall-Modell, Unified Process

Sprache zur Spezifikation des Ablaufs von Software-Entwicklungen.
Beispiel: EPK

# Ausgewählte Prozeßmodelle

- **Prozeßmodell** definiert:
  - durchzuführende Aktivitäten
  - Definition der Teilprodukte
  - Fertigstellungskriterien
  - Mitarbeiterqualifikationen
  - Verantwortlichkeiten und Kompetenzen
  - Standards, Richtlinien, Methoden und Werkzeuge

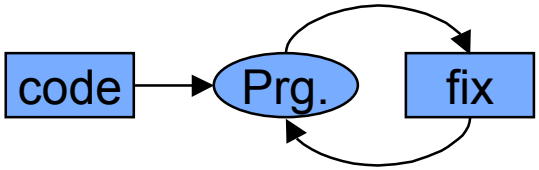
- **Hier verwendete Notation: „Boxes and Arrows“**




- häufig auch ohne Produkte (Dokumente) dargestellt

# „Naives“ SWT-Grundmodell: Code & Fix

- **Grundmodell** aus den Anfängen der Softwaretechnik: ***Code & Fix***
  1. Schreibe ein Programm.
  2. Finde und behebe die Fehler im Programm.



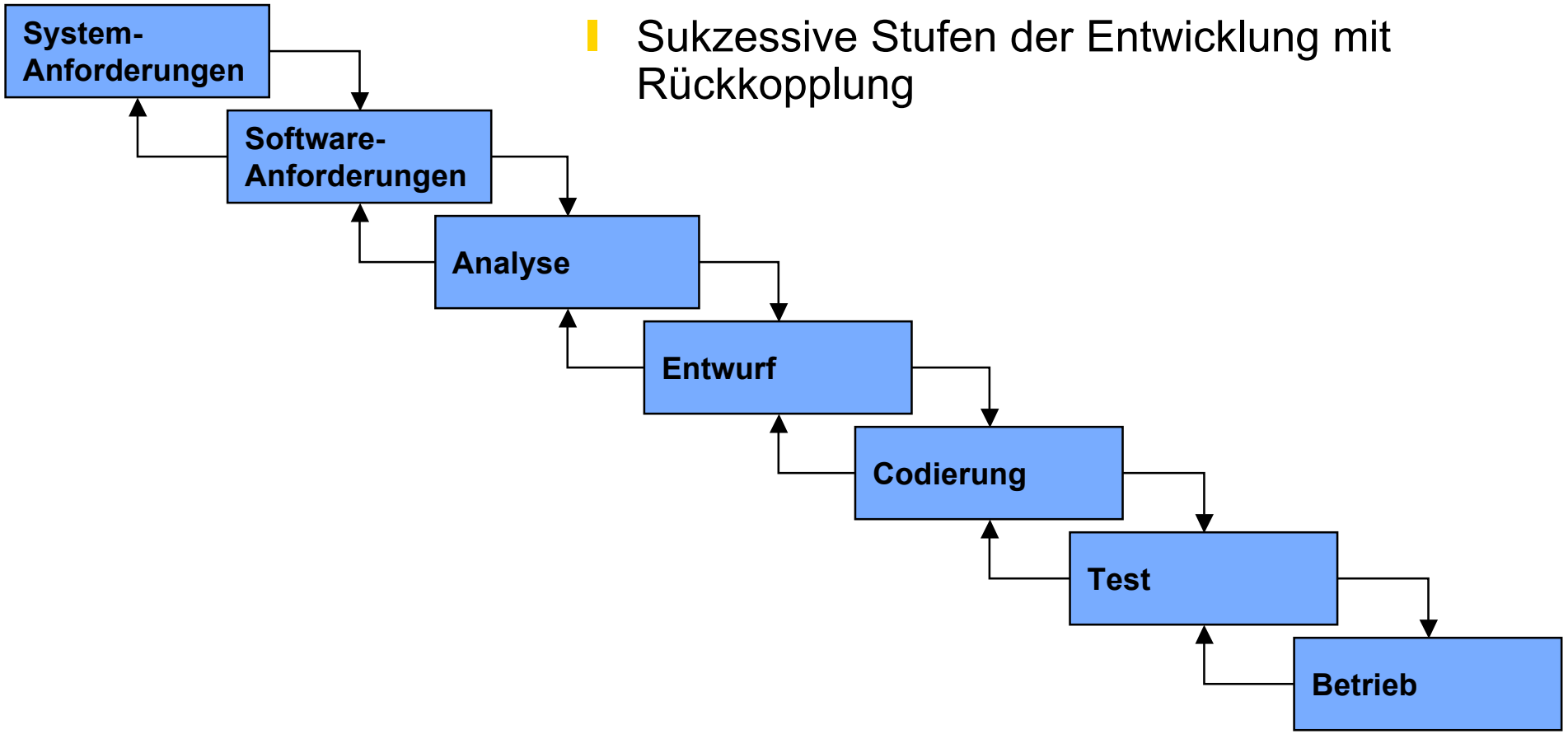

- **Nachteile**
  - Fehlerbehebung strukturiert Programm so um, daß weitere Fehlerbehebungen und die Weiterentwicklung immer teurer werden.
    ➡ **Entwurfsphase** wird nötig.
  - Selbst gut entworfene Software wird von den Benutzern oft nicht akzeptiert.
    ➡ **Definitionsphase** vor dem Entwurf wird nötig.
  - Fehler sind schwer zu finden, da Tests schlecht vorbereitet und Änderungen unzureichend durchgeführt wurden.
    ➡ Separate **Testphase** wird nötig.
- **Folge:** Entwicklung einer Reihe von besseren Modellen.

# Vorgehensmodelle im Überblick

- Wasserfallmodell
- V-Modell
- Prototypmodell
- Evolutionsmodell
- Spiralmodell
- (Rational) Unified Process

# Das Wasserfallmodell (1)

- Weiterentwicklung des stufenorientierten Modells
- Sukzessive Stufen der Entwicklung mit Rückkopplung



# Das Wasserfallmodell (2)

- **Charakteristika**
  - Aktivitäten sind in der richtigen Reihenfolge und vollen Breite durchzuführen
  - Am Ende jeder Aktivität steht ein Dokument (**dokumentgetriebenes Modell**)
  - Entwicklungsablauf ist **sequentiell**, vorhergehende Aktivität muß beendet werden, bevor die nächste beginnt
  - Orientiert am **Top-down**-Vorgehen
  - Einfach, verständlich, wenig Managementaufwand
  - Benutzerbeteiligung nur in der Definitionsphase
- **Nachteile**
  - Notwendige „Kurskorrekturen“ nicht frühzeitig erkennbar
  - Sequentialität nicht immer nötig
  - Gefahr, daß Dokumente wichtiger als das System werden
  - Risikofaktoren werden u.U. zu wenig berücksichtigt

# Das V-Modell (1)

- Erweiterung des Wasserfall-Modells, das **Qualitätssicherung** integriert
- **Verifikation** und **Validation** werden Bestandteile des Modells

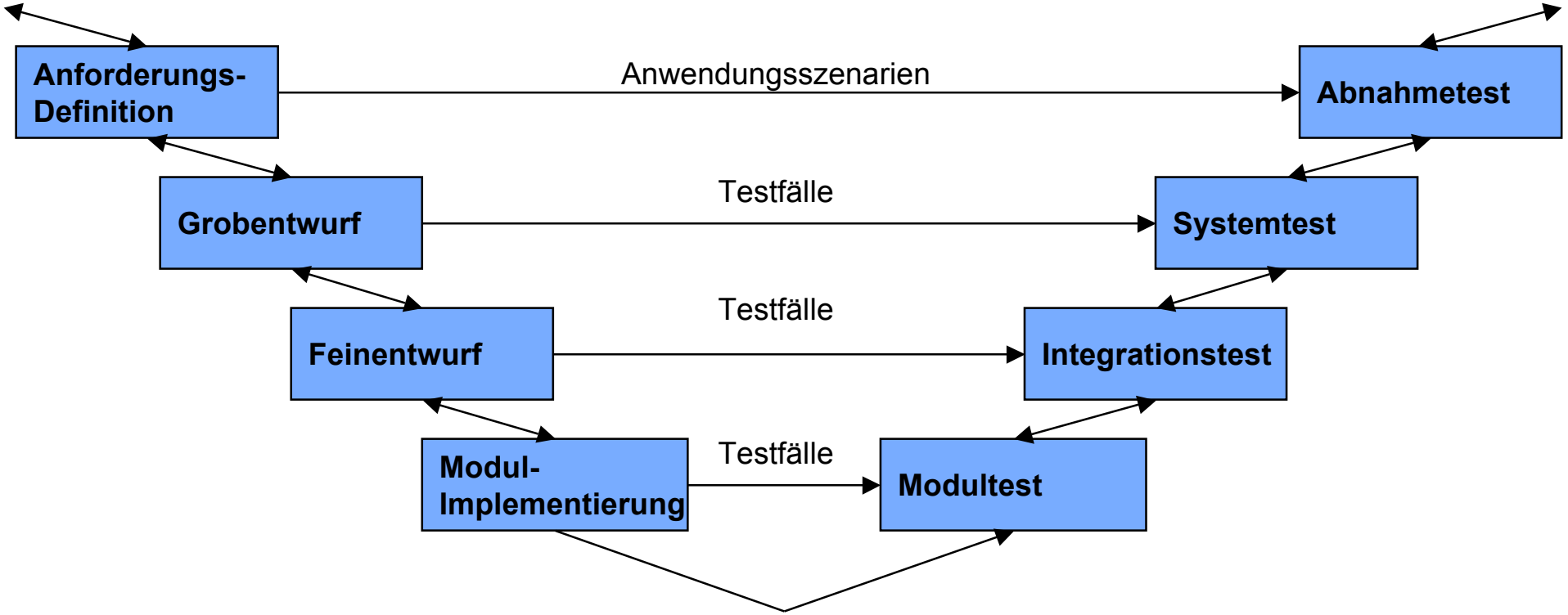
„Are we building the product right?“

  - **Verifikation**: Überprüfung der Übereinstimmung zwischen Software-Produkt und seiner Spezifikation

„Are we building the right product?“

  - **Validation**: Eignung bzw. Wert eines Produkts bezogen auf seine Einsatzzweck

# Das V-Modell (2)




- Entwickelt ab ~1990 für Bundeswehr und später für weitere Behörden (Bundesverwaltung).
- Submodelle für Systemerstellung (SE), Qualitätssicherung (QS), Konfigurationsmanagement (KM) und Projektmanagement (PM).
- Ursprünglich für eingebettete Systeme entwickelt.

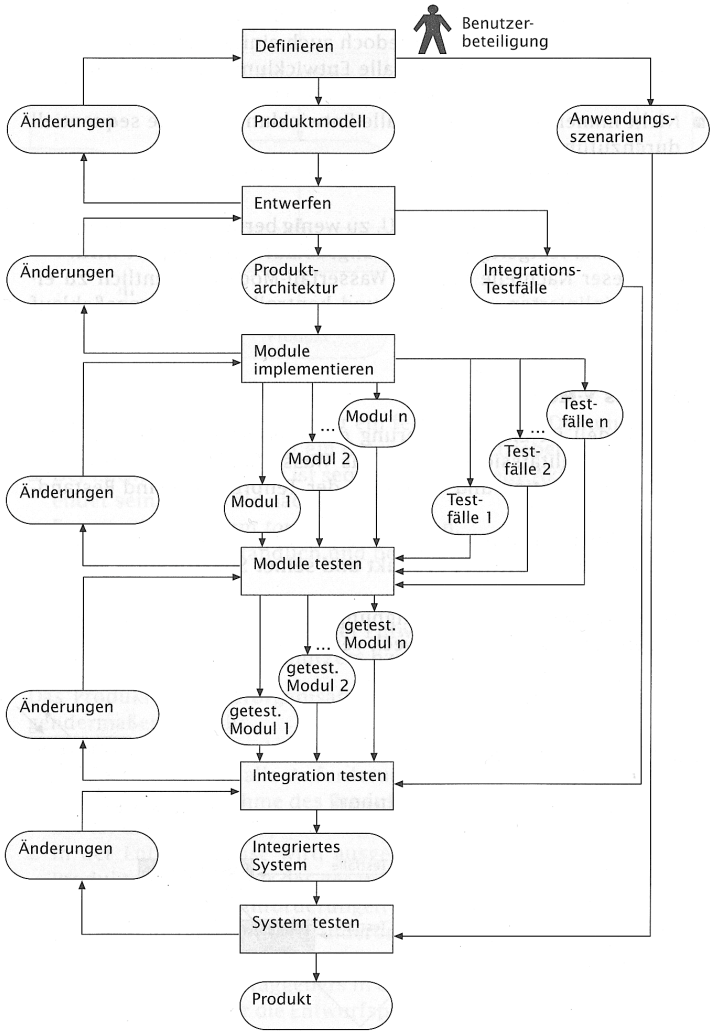
# Das V-Modell: Bewertung (3)

## Vorteile

- Integrierte, detaillierte Beschreibung von Systemerstellung, Qualitätssicherung, Konfigurationsmanagement und Projektmanagement
- Generisches Vorgehensmodell
- Gut geeignet für große Projekte

## Nachteile

- Unkritische Übernahme der Konzepte, die für eingebettete Systeme entwickelt wurden, für andere Anwendungstypen
- Software-Bürokratie bei kleinen & mittleren Projekten
- Ohne CASE-Unterstützung nicht handhabbar



# Das Prototypen-Modell (1)

- **Probleme traditioneller Modelle**:
  - Auftraggeber / Endbenutzer können oft **Anforderungen nicht vollständig / explizit formulieren**. Dies ist aber in klassischen Definitionsphasen nötig!
  - **Kooperation zwischen Anwendern und Entwicklern endet mit der Definitionsphase**: Entwicklungsabteilungen ziehen sich nach Definitionsphase zurück und präsentieren erst nach Fertigstellung das Ergebnis; wünschenswerte Koordination zum Lernen von den jeweils anderen unterbleibt
  - Oft existieren **unterschiedliche Lösungswege**, die besser experimentell erprobt werden und mit dem Auftraggeber diskutiert werden können.
  - Manche **Anforderungen lassen sich theoretisch nicht garantieren** (z.B. Echtzeitanforderungen). Vor dem Abschluß der Definitionsphase muß also ggf. einiges **ausprobiert** werden.
  - Das **Überzeugen des Auftraggebers** von der prinzipiellen Durchführbarkeit oder Handhabung einer Idee während der Akquisitionsphase wird nicht unterstützt (Folge für Verantwortungsteilung, Mittelfluss, etc).

# Das Prototypen-Modell (2)

- **Begriffsbestimmung Software-Prototyp**:

  (im Gegensatz zum Begriff in anderen Ingenieursdisziplinen)

  Ein Software-Prototyp...

  - ... ist nicht das erste Muster einer großen Serie (beliebig kopierbar, Massenfertigung)
  - ... ist keine Simulation, sondern zeigt ausgewählte Eigenschaften des Zielprodukts im praktischen Einsatz (vgl. z.B. Windkanal oder Architekturmodell)
  - ... dient zum Klären von relevanten Anforderungen oder Entwicklungsproblemen.
  - ... dient als Diskussionsbasis für Entscheidungen.
  - ... dient zu experimentellen Zwecken und Sammeln von praktischen Erfahrungen.

Vorgehensweise:

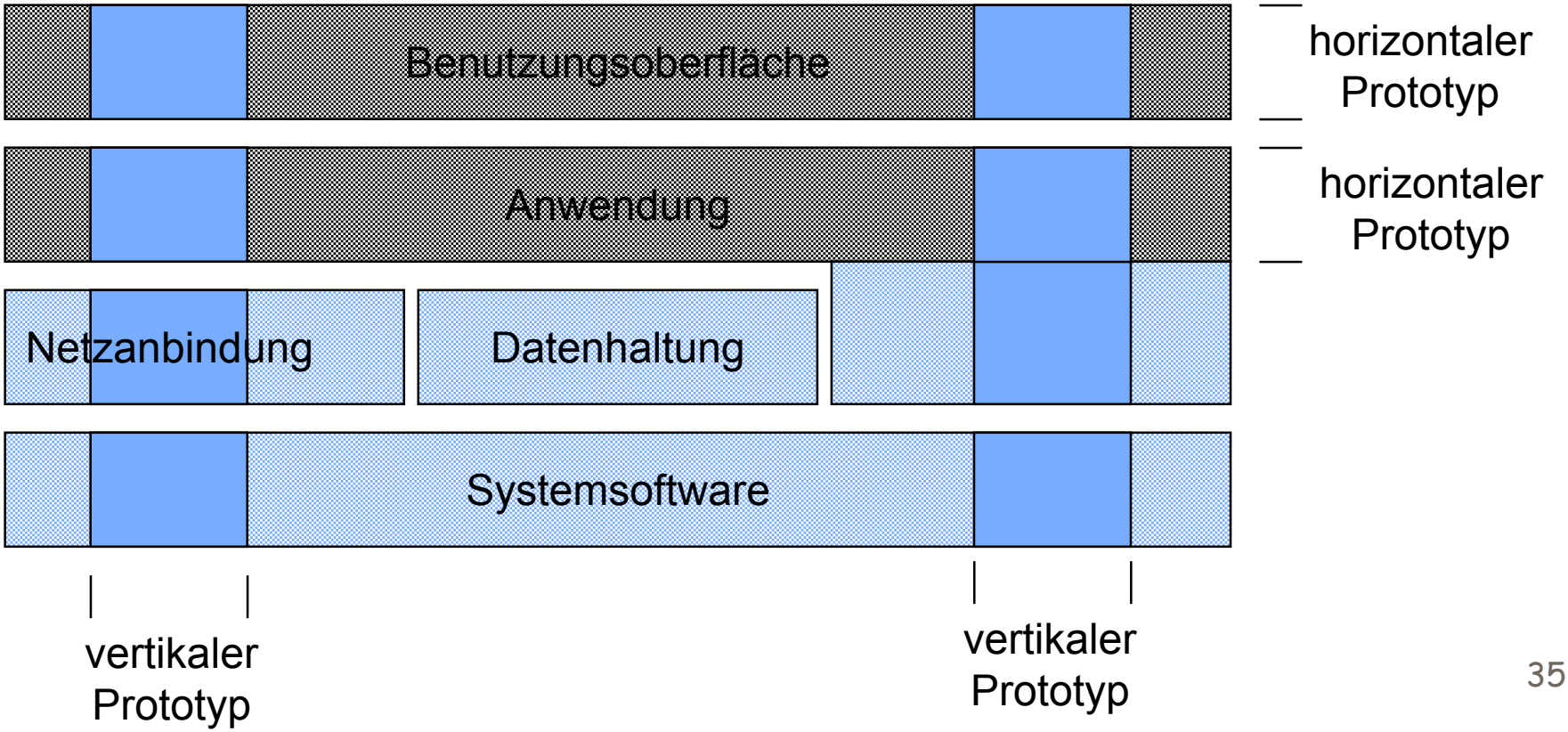
***„prototyping“***

# Das Prototypen-Modell (3)

- **Arten von Software-Prototypen**:
  - **Demonstrationsprototyp**: Dient zur Auftragsakquisition; verschafft Eindruck, wie das Produkt aussehen kann. Wichtig: Wird später weggeworfen!
  - **Prototyp im engeren Sinne**: Wird parallel zur Modellierung des Anwendungsbereiches erstellt, um Aspekte der Benutzungsschnittstelle oder Teile der Funktionalität zu veranschaulichen. Dient zur Analyse.
    (**Exploratives** Prototyping)
  - **Labormuster**: Dient zur Beantwortung konstruktionsbezogener Fragen und Alternativen.
    (**Experimentelles** Prototyping)
  - **Pilotsystem**: Dient nicht nur zur experimentelle Erprobung oder Veranschaulichung, sondern ist schon Kern des Produkts. Unterscheidung zwischen Prototyp und Produkt verschwindet später. Die Weiterentwicklung erfolgt in Zyklen unter Beteiligung der Benutzer. Es ist ein wesentlich sorgfältigerer Entwurf nötig, da der Prototyp später weiterbenutzt wird! Benutzerdokumentation wird ebenfalls nötig.
    (**Evolutionäres** Prototyping)
    Prototyp □ Pilot □ Produkt

# Das Prototypen-Modell (4)

- Ein fertiges Software-Produkt besteht aus vielen Komponenten und Ebenen.
- Unterscheidung zwischen **horizontalen** und **vertikalen Prototypen**:



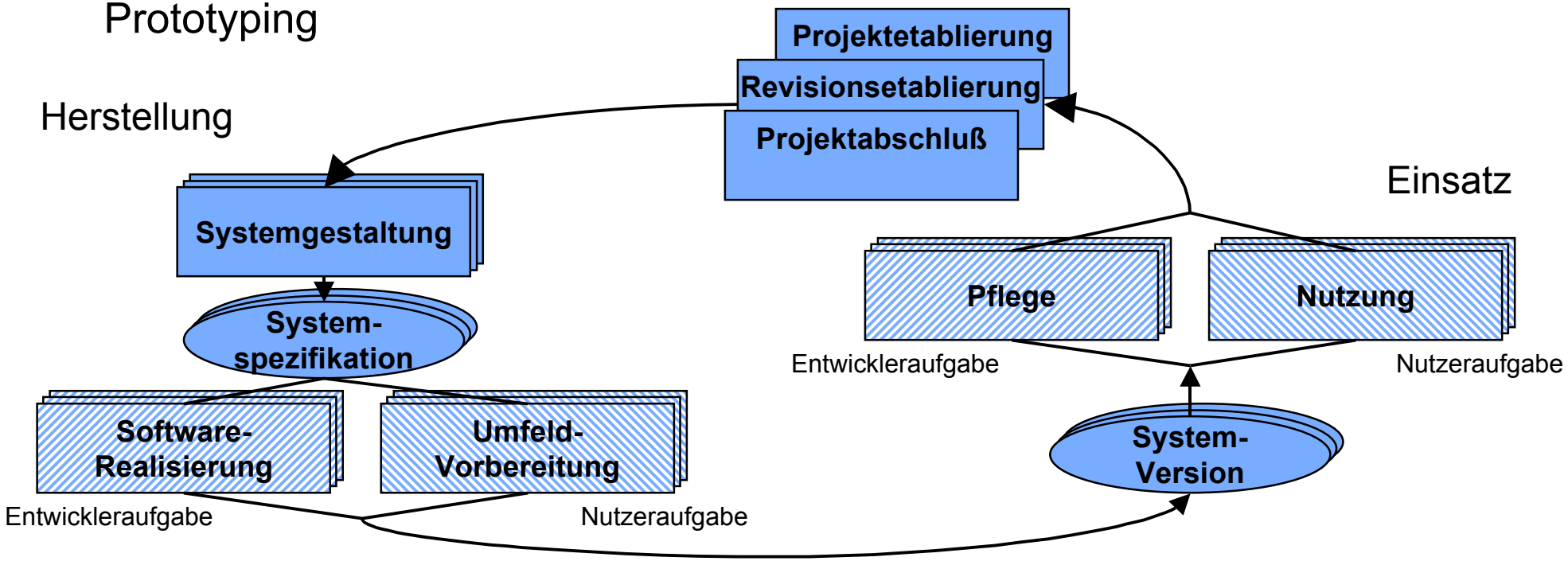
# Das Prototypen-Modell: Bewertung

- **Vorteile**:
  - Reduktion des Entwicklungsrisikos durch frühzeitige/stärkere Rückkopplung.
  - Sinnvoll in andere Prozeßmodelle integrierbar.
  - Prototypen sind durch geeignete Werkzeuge schnell erstellbar.
    → „**Rapid Prototyping**“
- **Nachteile**
  - Höherer Entwicklungsaufwand.
  - Gefahr, daß ein „Wegwerf“-Prototyp nicht weggeworfen wird.
  - Prototypen werden oft als Ersatz für Dokumentation angesehen.

# Das evolutionäre/inkrementelle Modell

- **Beobachtung:** Software-(Weiter) Entwicklung unterliegt Änderungen
- Lernen zwischen Entwicklern und Anwendern nötig, da
  - Veränderungen im technischen und Einsatzkontext stattfinden
  - sich durch den Einsatz des Systems neue Anforderungen ergeben

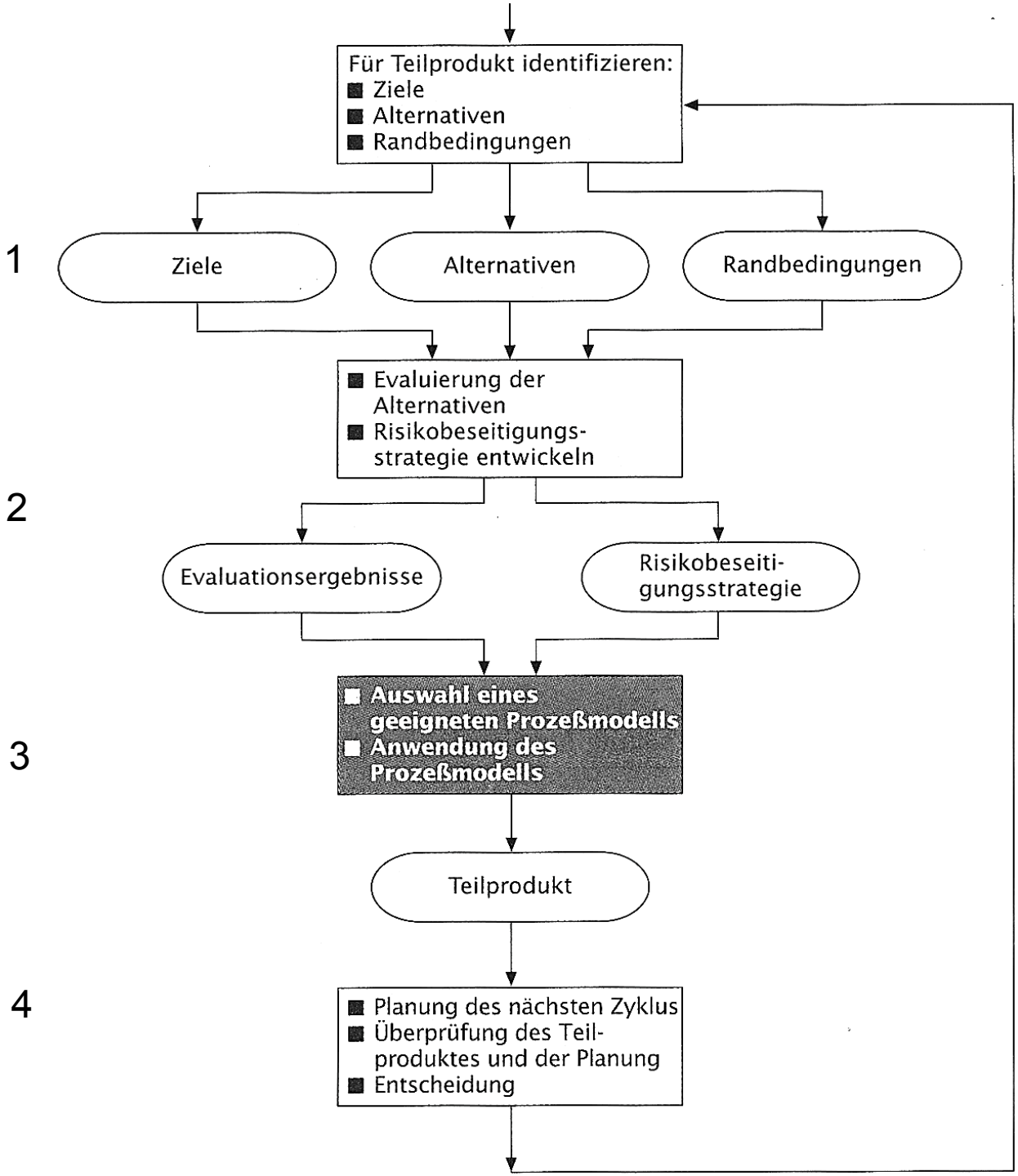
→ Systementwicklung in Ausbaustufen, inkrementelle Entwicklung, Prototyping



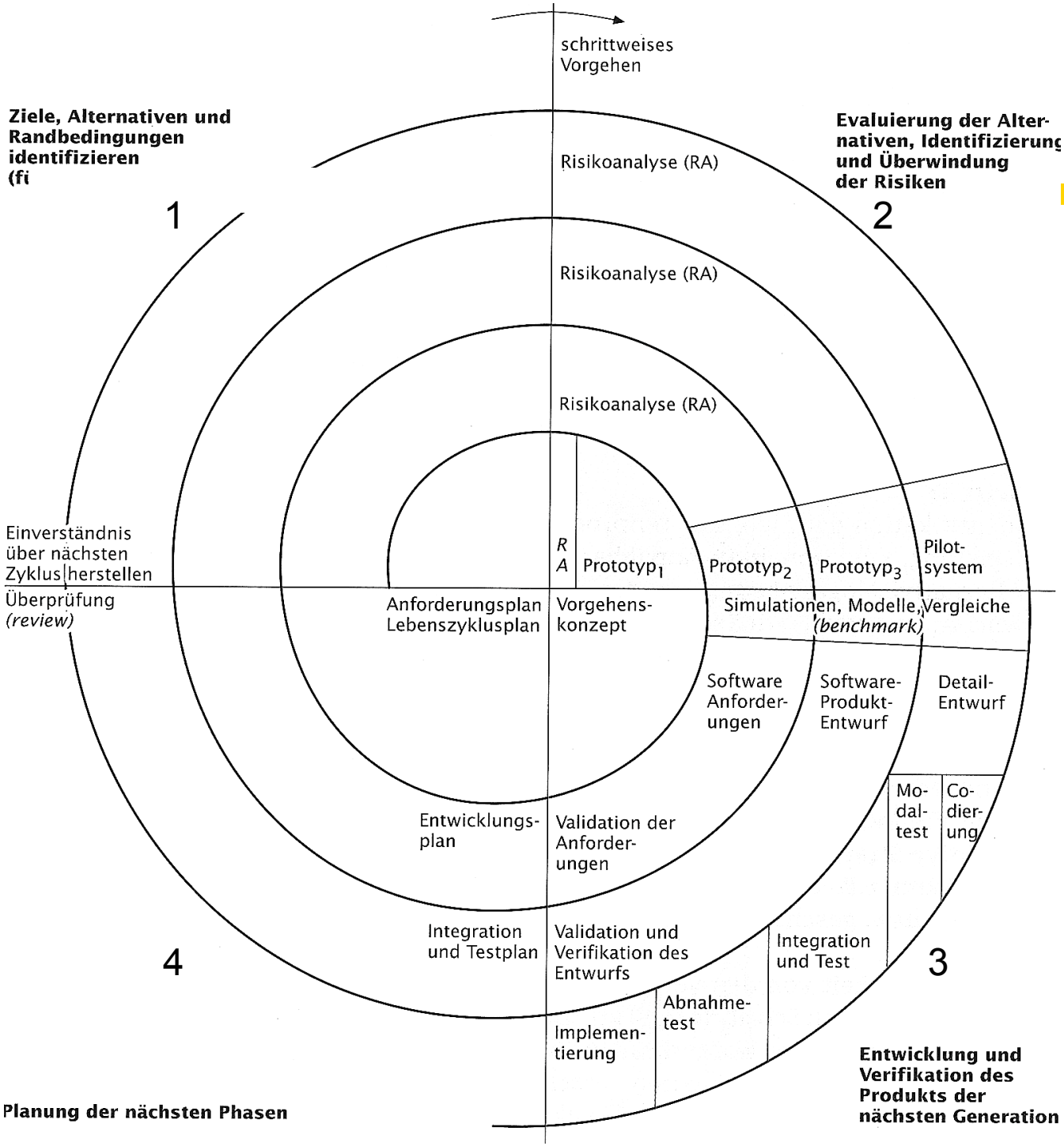
# Das Spiralmodell (1)

- Das Spiralmodell ist eigentlich ein **Modell höherer Ordnung**
- Für jedes (Teil-)Produkt sind zyklisch vier Schritte zu durchlaufen:
- **Schritt 1:**
  - Identifizierung der Ziele des Teilprodukts (Leistung, Funktionalität, Anpaßbarkeit, ...)
  - Alternative Möglichkeiten zur Realisierung des Teilprodukts finden.
  - Randbedingungen bei verschiedenen Alternativen finden
- **Schritt 2:**
  - Evaluierung der Alternativen unter Berücksichtigung aller Alternativen
  - Identifizieren und ggf. Überwinden von Risiken (durch Prototypen, Simulation, ...)
- **Schritt 3:**
  - Abhängig vom Risiko wird ein Prozeßmodell festgelegt (oder eine Kombination).
  - Anwendung des Modells
- **Schritt 4:**
  - Planung des nächsten Zyklus, Überprüfung der nächsten 3 Schritte im nächsten Zyklus, Einverständnis mit Beteiligten sichern.

# Das Spiralmodell (2)



# Das Spiralmodell (3)

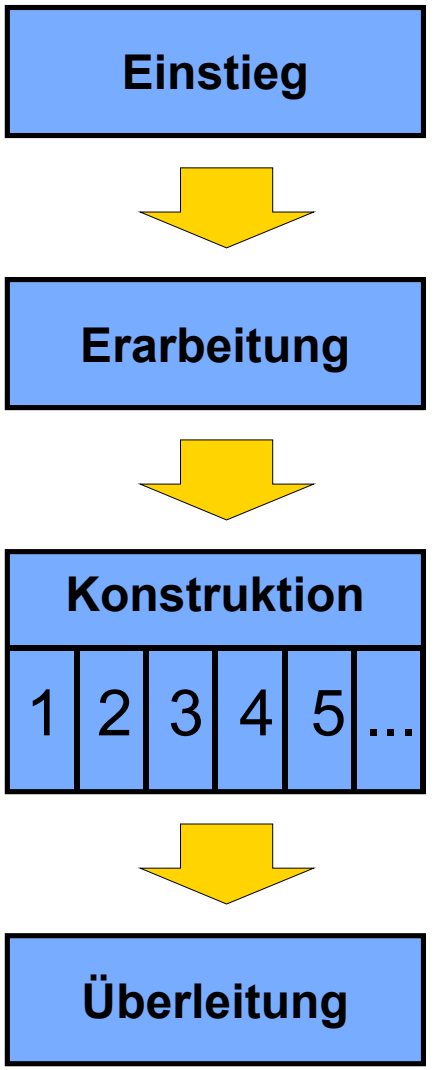


# Das Spiralmodell (4)

- **Eigenschaften**
  - **Risikogetriebenes** Modell, da Hauptziel die Minimierung des Risikos ist.
  - Ziel: Beginne im Kleinen, halte die Spirale so eng wie möglich und erreiche das Ziel mit minimalen Kosten.
- **Vorteile**:
  - Periodische Überprüfung und ggf. Neufestlegung des Prozeßmodells
  - Prozeßmodell ist nicht für die gesamte Dauer des Projekts festgelegt.
  - Flexibel, leichtere Umsteuerung
  - Erleichtert Wiederverwendung von Software durch Betrachtung von Alternativen.
- **Nachteile**:
  - Hoher Managementaufwand
  - Für kleine und mittlere Projekte weniger gut geeignet.
  - Wissen über Identifizierung und Management von Risiken ist noch nicht sehr verbreitet.

# OO-Modell: *Unified Process* (1)

- ***Unified Process***:
  Der UML-Software-Entwicklungsprozeß:
  - Der Einstieg etabliert das Geschäftsziel und legt den Umfang des Projektes fest.
  - In der **Erarbeitungsphase** werden detaillierte **Anforderungen gesammelt**, **Analyse** betrieben und **Entwurf** grundsätzliche Architekturentscheidungen getroffen sowie der **Plan** für die Konstruktion gemacht.
    (use case diagrams)
  - Die Konstruktion ist ein **iterativer** und **inkrementeller** Prozeß. Jede Iteration dieser Phase baut Software-**Prototypen** mit Produktqualität, die getestet werden und einen Teil der Anforderungen des Projekts umsetzen.
    (use-case driven)
  - Die Überleitungsphase enthält den **Beta-Test, Leistungssteigerung** und Benutzer-**Training**.



# OO-Modell: *Unified Process* (2)