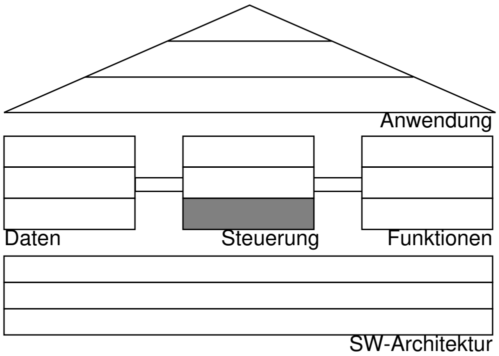
8. Workflow-Management

- **GBIS-Rahmen: Einordnung**



- **Aspekte von Workflows**
  - Was, Wer, Womit, Wann
  - Aspektorientierte Modellierung

- **Zusammenspiel der Komponenten**
  - Workflow-System
  - Workflow-Referenzmodell der WfMC
  - Ausführung von Workflows

- **Anforderungen an ein WfMS**

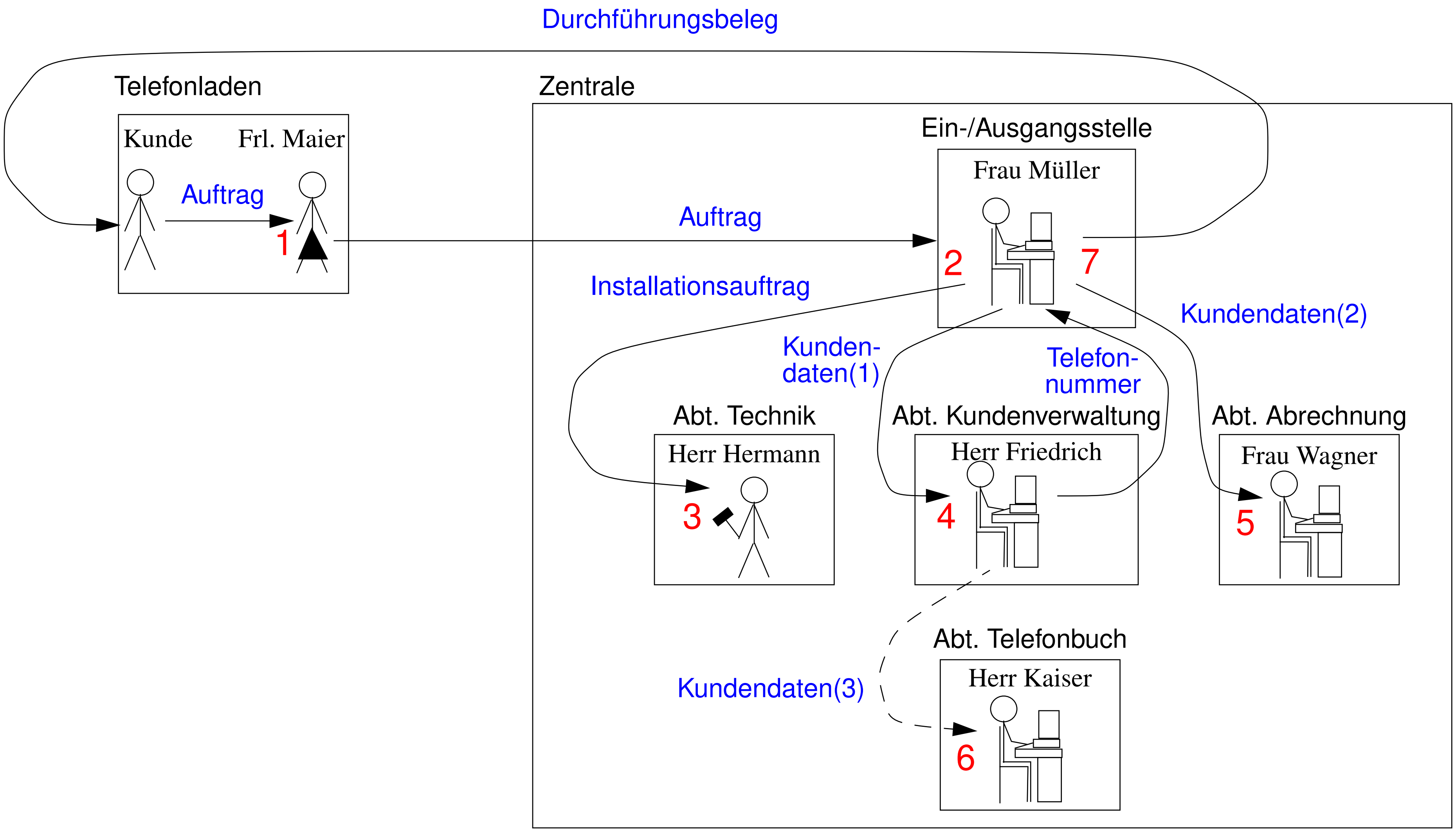
- **Funktionale Architektur eines WfMS**
  - Aspekte von Workflows
  - Komponenten der WfMS-Ausführungskomponente

- **Transaktionen und Workflows**
  - Einsatz persistenter Warteschlangen
  - Transaktionsgestützte Wf-Ausführung

- **Beziehungen zwischen den grundlegenden Begriffen**

Workflows

- **Beispiel: Telefonanschluß**



Workflows (2)

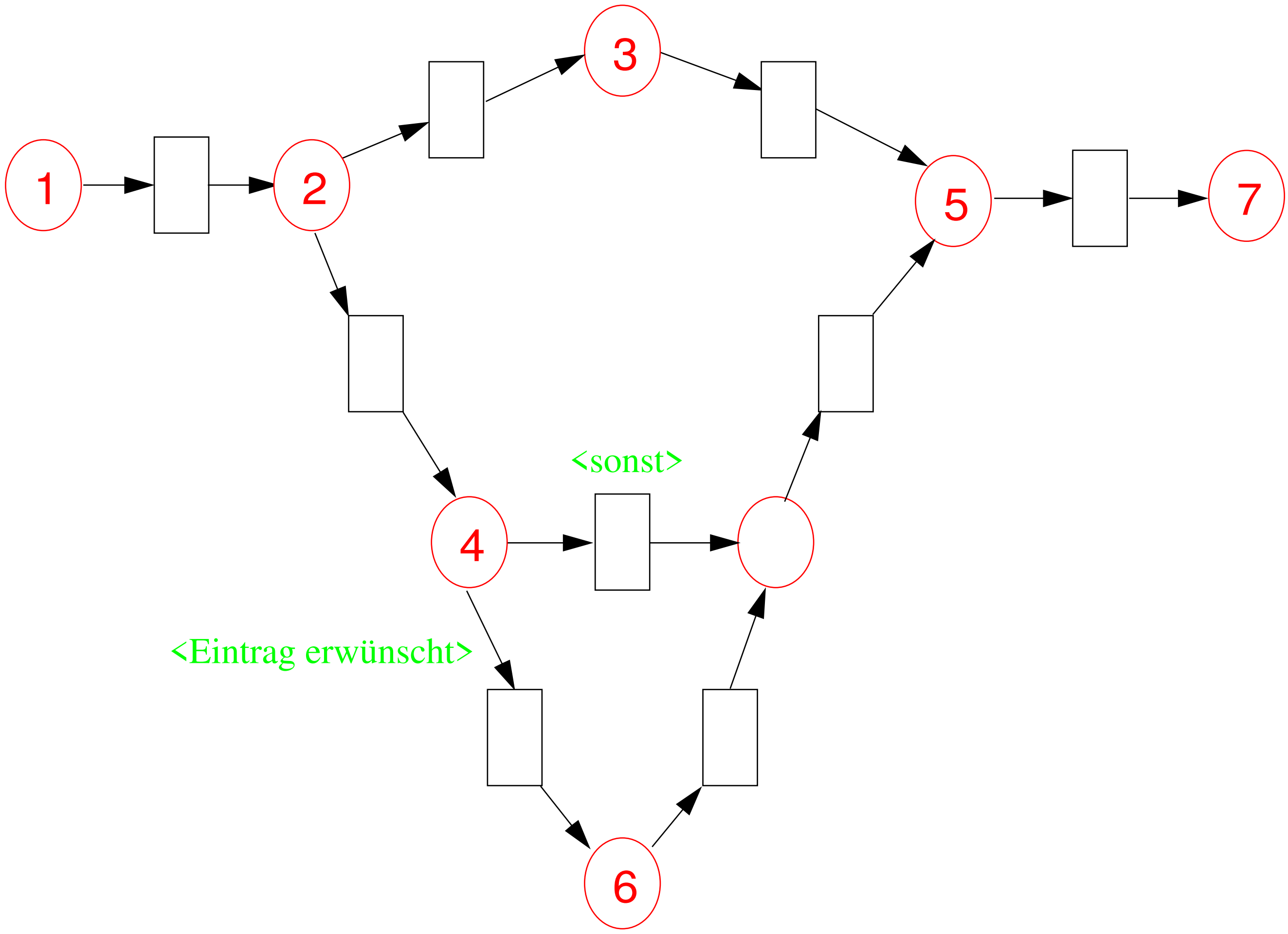
- **WAS ?**
  - Kunden betreuen (1)
  - eingehende Aufträge bearbeiten (2)
  - Installation durchführen (3)
  - Telefonnummer zuteilen / Kundendaten aufnehmen (4)
  - Abrechnungsdaten erfassen (5)
  - Kundendaten für Telefonbuch aufnehmen (6)
  - Kundenmitteilung erstellen (7)

- **WER ?**
  - Kundenbetreuerin (Frl. Maier) (1)
  - Beschäftigter der Ein-/Ausgangsstelle (Frau Müller) (2)
  - Techniker (Herr Hermann) (3)
  - Sachbearbeiter "Neukunden" (Herr Friedrich) (4)
  - Sachbearbeiter "Abrechnung" (Frau Wagner) (5)
  - Sachbearbeiter "Telefonbuch" (Herr Kaiser) (6)
  - Beschäftigter der Ein-/Ausgangsstelle (Frau Müller) (7)

- **WOMIT ?**
  - (1) → (2) Auftrag
  - (2) → (3) Installationsauftrag
  - (2) → (4) Kundendaten1
  - (2) → (5) Kundendaten2
  - (4) → (6) Kundendaten3

Workflows (3)

- **WANN ?**



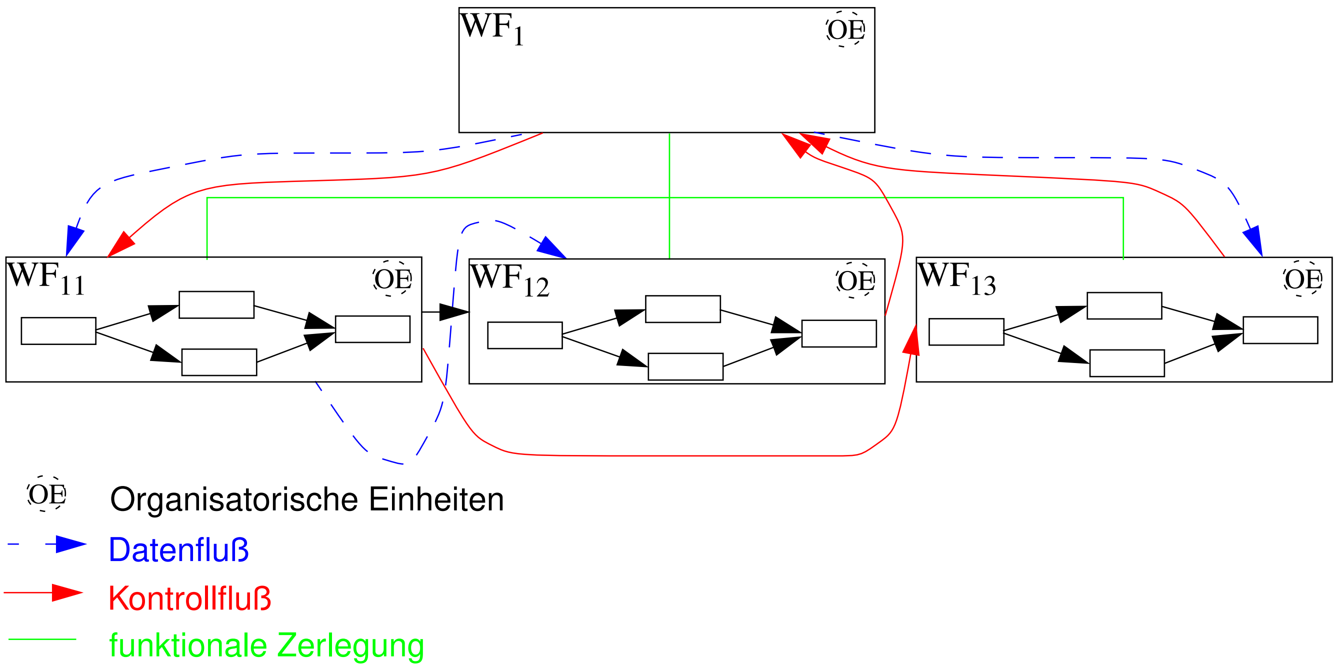
- Graph beschreibt zeitliche Abhängigkeiten zwischen einzelnen Tätigkeiten
- Parallelausführung verschiedener Tätigkeiten möglich
- optionale Ausführung von Tätigkeiten möglich
- Datenfluß i. allg. verschieden von Kontrollfluß

Aspektorientierte Modellierung

- **Betrachtung des Prozesses aus verschiedenen Perspektiven (Aspekte nach Jablonski)**

  - funktional — was wird ausgeführt?
  - verhaltensbezogen — wann wird ausgeführt?
  - datenbezogen — was wird wo benötigt?
  - organisatorisch — wer führt aus?

- **Beziehung zwischen Aspekten**

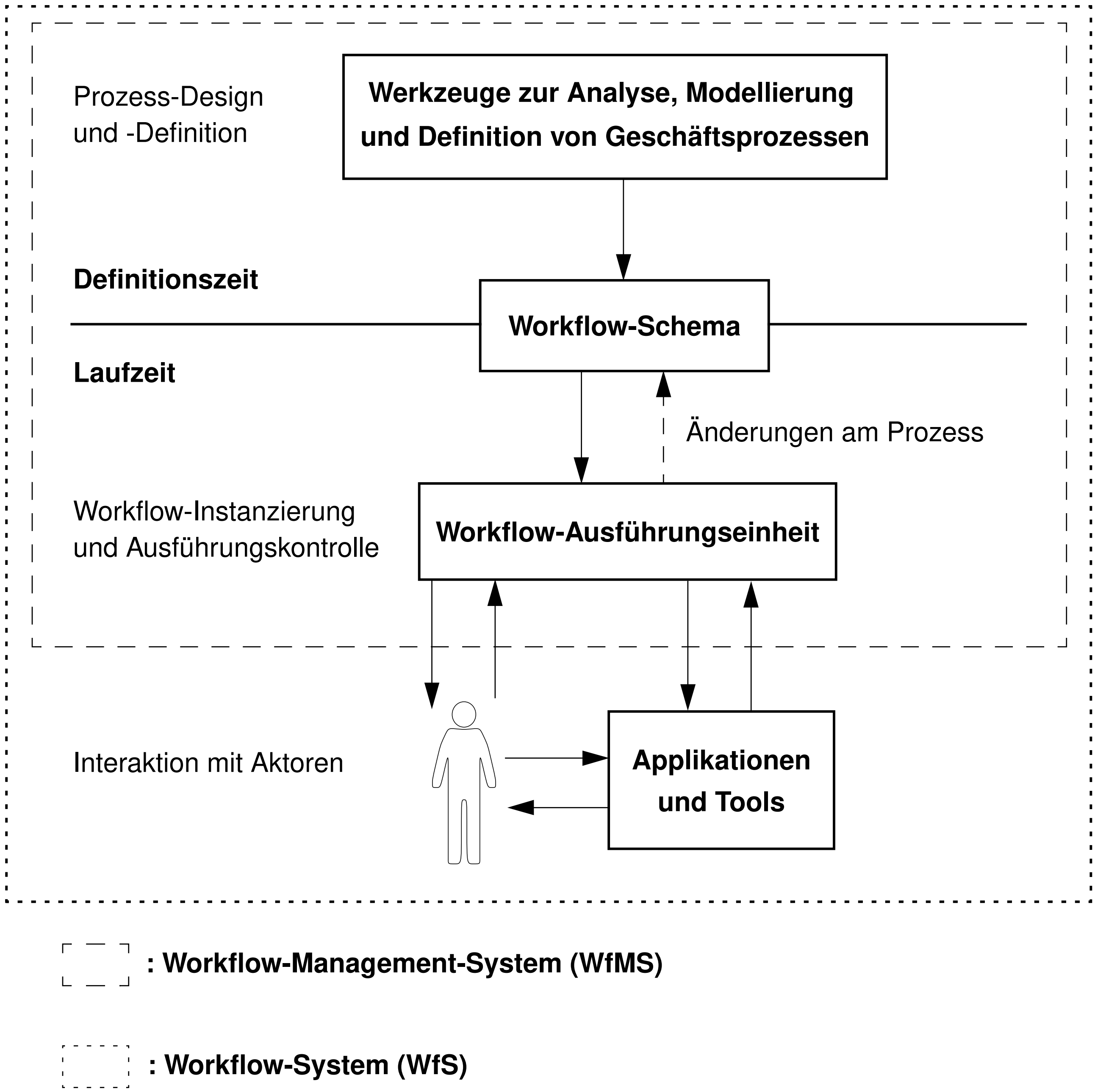


- Funktionaler Aspekt gibt grundlegende Struktur vor (Zerlegung in Sub-Workflows)
- Daten- und Kontrollfluß weitestgehend unabhängig voneinander modellierbar
- Elementare Sub-Workflows erfordern Zusammenführen der Aspekte

Workflow-System als Gesamtsystem

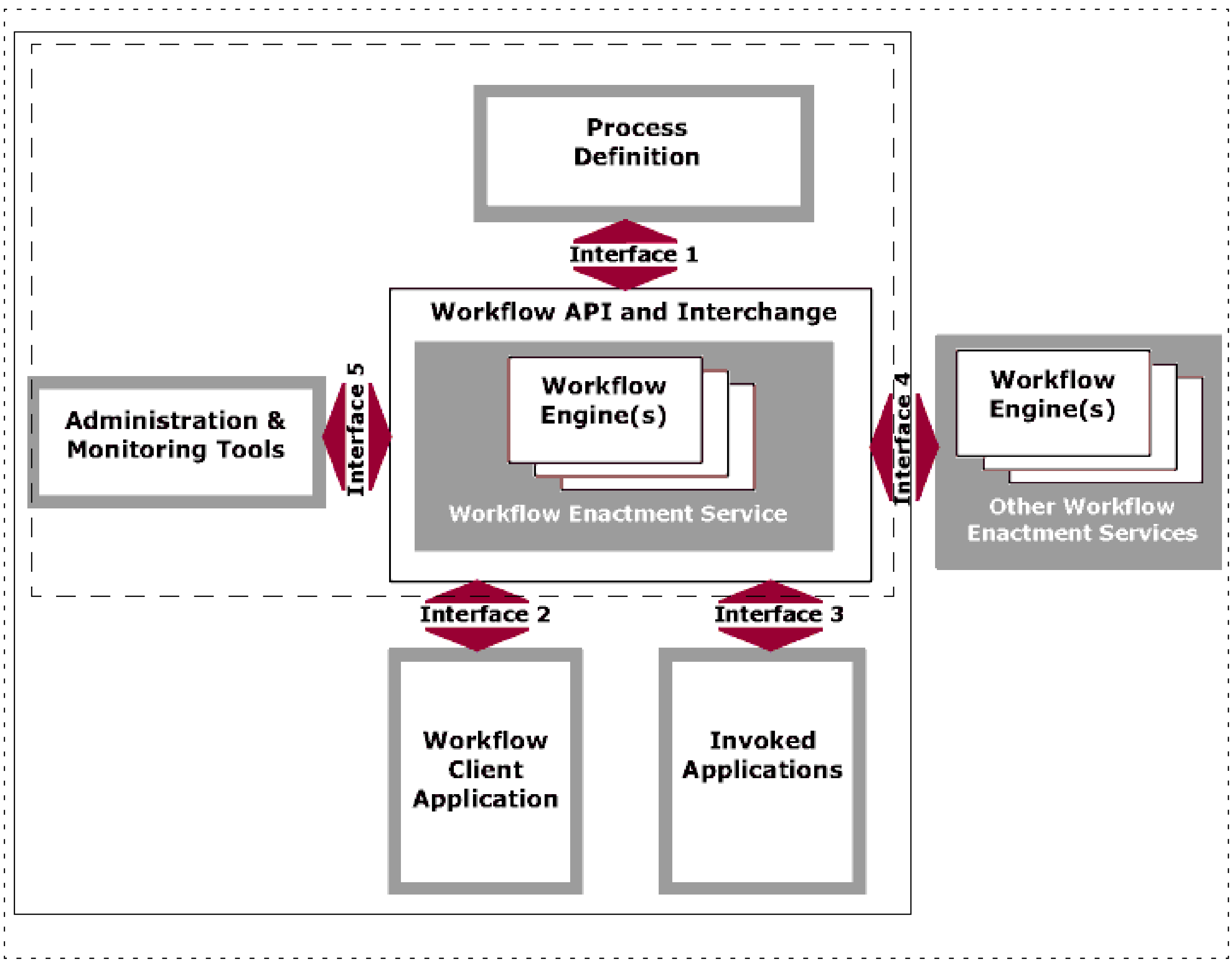
- **Workflow-System (WfS)**
  - besteht aus WfMS, Aktoren und allen zur Aktorenanbindung benötigten Komponenten
  - WfMS besitzt Komponenten für die **Definitionszeit** und für die **Laufzeit**
  - Wf-Ausführungseinheit wird auch als **Workflow-Engine** bezeichnet; sie kann durch mehrere Workflow-Engines realisiert sein

- **Funktionsbereiche eines WfS**



Workflow-Referenzmodell der WfMC

- **Workflow Management Coalition (WfMC)**
  - beschreibt eine generische WfS-Architektur
  - definiert die Schnittstellen und Komponenten
  - Kern des Systems: Wf-Ausführungseinheit (Wf Enactment Service)
  - Schnittstellen 1 und 5 trennen unterschiedliche Funktionschichten im WfMS
  - Schnittstellen 2, 3 und 4 beschreiben die Grenzen des WfMS-Kontrollbereichs



: WfMS

: WfS

: Verteiltes WfS, bei dem Sub-Workflows auf eigenständigen WfMS ausgeführt werden

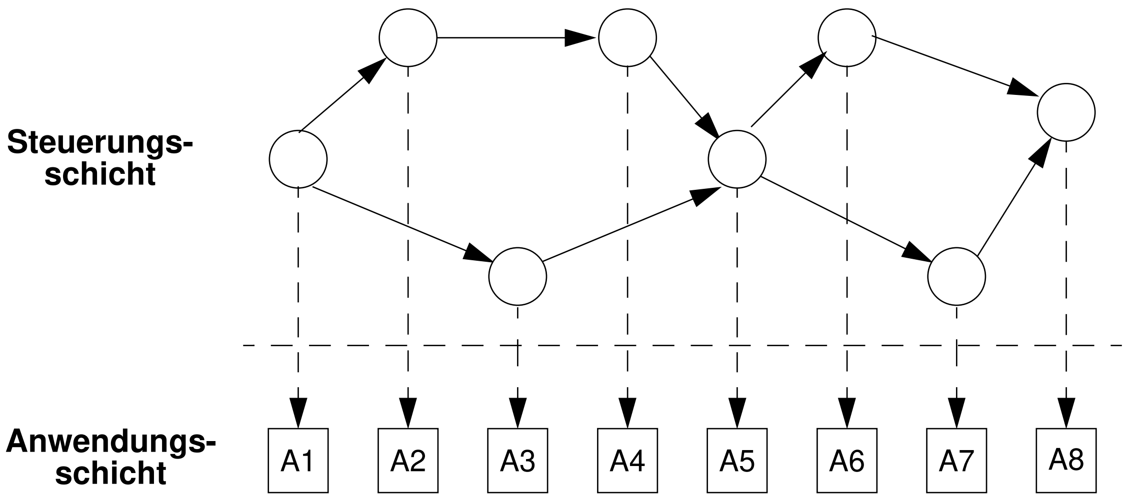
Transaktionen - Erinnerung

- **Transaktionskonzept**
  - führt ein neues Verarbeitungsparadigma ein
  - ist Voraussetzung für die Abwicklung betrieblicher Anwendungen (*mission-critical applications*)
  - erlaubt „Vertragsrecht“ in rechnergestützten IS zu implementieren

- **Welche Eigenschaften von Transaktionen sind zu garantieren? (ACID-Paradigma)**
  - **Atomicity (Atomarität)**
    - TA ist kleinste, nicht mehr weiter zerlegbare Einheit
    - Entweder werden alle Änderungen der TA festgeschrieben oder gar keine („alles-oder-nichts“-Prinzip)
  - **Consistency**
    - TA hinterläßt einen konsistenten DB-Zustand, sonst wird sie komplett (siehe Atomarität) zurückgesetzt
    - Zwischenzustände während der TA-Bearbeitung dürfen inkonsistent sein
    - Endzustand muß die Integritätsbedingungen des DB-Modells erfüllen
  - **Isolation**
    - Nebenläufig (parallel, gleichzeitig) ausgeführte TA dürfen sich nicht gegenseitig beeinflussen
    - Alle anderen parallel ausgeführten TA bzw. deren Effekte dürfen nicht sichtbar sein
  - **Durability (Dauerhaftigkeit)**
    - Wirkung einer erfolgreich abgeschlossenen TA bleibt dauerhaft in der DB erhalten
    - TA-Verwaltung muß sicherstellen, daß dies auch nach einem Systemfehler (HW- oder System-SW) gewährleistet ist
    - Wirkungen einer erfolgreich abgeschlossenen TA kann nur durch eine sog. kompensierende TA aufgehoben werden

Ausführung von Workflows

- **Eigenschaften von Workflows**
  - verteilt, parallel, heterogen, hierarchisch organisiert, langlebig
  - Aktionen auf getrennten und gemeinsamen Datenbereichen (Wf- und AW-spezifisch)
  - Kooperation zwischen unabhängigen Komponenten (z. B. als Ressourcen-Mgr (RM) realisiert)



- **Sicherung durch TA-Konzept?**
  - Workflows als globale Transaktionen? - nicht erreichbar, aber auch nicht wünschenswert
  - ACID zumindest selektiv erforderlich
  - kritische Kooperationen erfordern Transaktionsschutz durch spezielle RM-Protokolle

- **Konsequenzen für die WF-Ausführung**
  - frühzeitige, aber trotzdem kontrollierte Freigabe von Änderungen auf gemeinsamen Daten
  - Verwaltung der Ausführungshistorie und der Kontextdaten erlauben Unterbrechbarkeit sowie oft eine Wiederholbarkeit von Aktivitäten
  - persistente Zwischenergebnisse und Nachrichten

Anforderungen an ein WfMS

- **AW-bezogene Anforderungen**
  - Einsatz als Middleware-Komponente
  - Unterstützung verschiedenster Anwendungsgebiete (Flexibilität)
  - Erweiterbarkeit des Wf-Modells
  - Offenheit des Wf-Modells
    (neue Einsatzbereiche, Integration von Altsystemen)
  - dynamische Anpaßbarkeit von Wfs an neue AW-Situationen
    (Versions- und Konfigurationsverwaltung)

- **Systembezogene Anforderungen**
  - allgemeine Systemeigenschaften:
    Zuverlässigkeit, Wartbarkeit, Korrektheit, . . .
  - Integration verteilter und heterogener Plattformen
  - Portabilität der WfMS-Implementierung
  - . . .

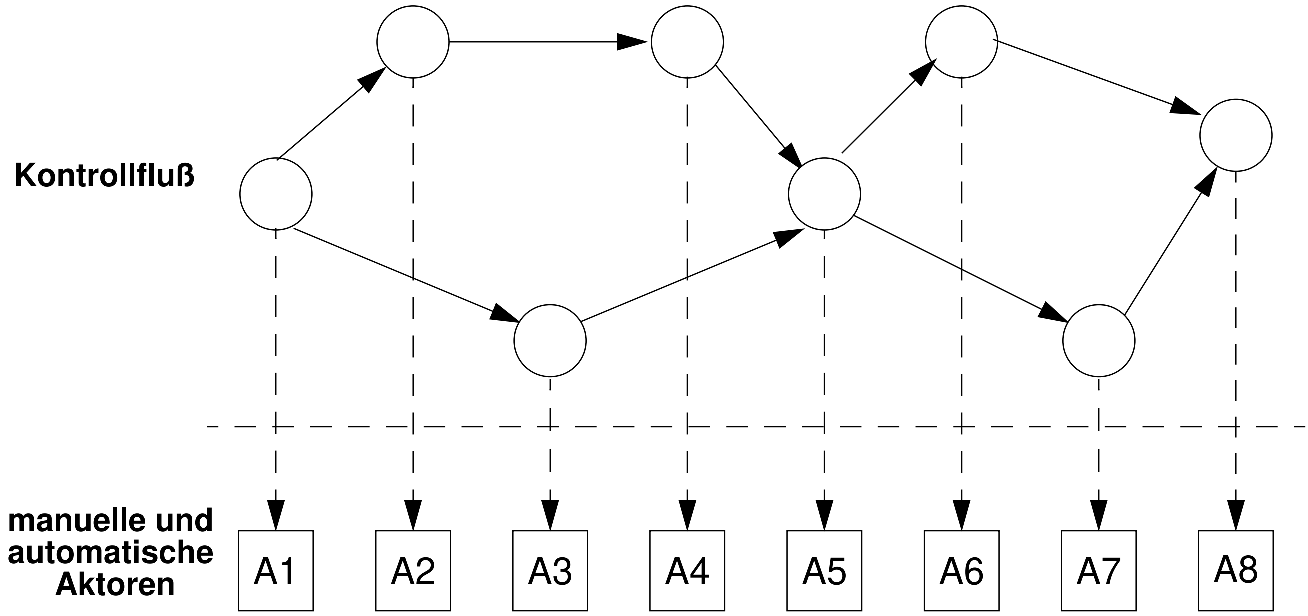
- **Zwei Arten von Datenhaltung erforderlich**
  - Kontrolldaten
  - Produktionsdaten (durch WfMS oder Anwendung verwaltet)

- **Systemdienste für die TA-orientierten Verarbeitung**
  Gewährleistung der ACID-Eigenschaften für DB-Daten und auch für andere Betriebsmittel (BM wie persistente Warteschlangen, Nachrichten)

  ➥ Weitere Funktionalität erforderlich neben den beiden Arten der Datenverwaltung, geschützt durch TA-Mgr

Anforderungen an ein WfMS (2)

- **Zwei Arten von Datenhaltung erforderlich**



- **Anforderungen an die Wf-Ausführung**
  - Kosteneffektivität, Verlustminimierung im Fehlerfall
  - einfache ACID-Transaktionssemantik ist nicht anwendbar

    ➥ semantisch reichhaltigere Fehlerbehandlungsmodelle zwingend erforderlich

  - frühzeitige Freigabe von Betriebsmitteln (v.a. Daten), Recovery im Fehlerfall

    ➥ Semantik der Wf-Ausführung?

- **Einsatz eines TP-Monitors** (siehe Kap. 9)
  - Scheduling in Wfs - Ausführung von AW-Funktionen:
    TA-orientiertes BM-Scheduling
    (kurzfristige Aspekte, Allokation von Ressourcen für Anforderungen)
  - Verantwortung für Korrektheit der verteilten TA-Verarbeitung und für einheitliche Fehlersemantik (zusammen mit TA-Mgr)

    ➥ alle TP-Monitor-Aufgaben fallen bei jeder Anforderung an:
    Authentifikation, Autorisierung, Prozeß-, Speicher-Allokation

Funktionale Architektur von WfMS

- **WfMS benötigt persistente Daten**
  - die die Struktur der Workflows spezifizieren (Workflow-Schemata)
  - die den aktuellen Zustand der instanzierten Workflows verkörpern und deren Ausführungshistorie aufzeichnen (Laufzeitdaten)
  - zur Haltung von Kontexten für AW-Funktionen (Aktoren)
  - zur Speicherung von Beschreibungs- und Zustandsinformationen für die weiteren WfMS-Aspekte

    ➥ Diese Daten erfordern den Einsatz eines DBS
  - Aktualisierung der Kontrolldaten muß transaktionsgestützt erfolgen

    ➥ Kontrolle durch einen WfMS-TA-Mgr

- **AW-Funktionen benötigen persistente Daten**
  - alle Daten der AW-Miniwelt sind persistent und konsistent zu halten, was den Einsatz eines DBS impliziert (Schemakonsistenz)
  - ihre Aktualisierung muß transaktionsgestützt erfolgen

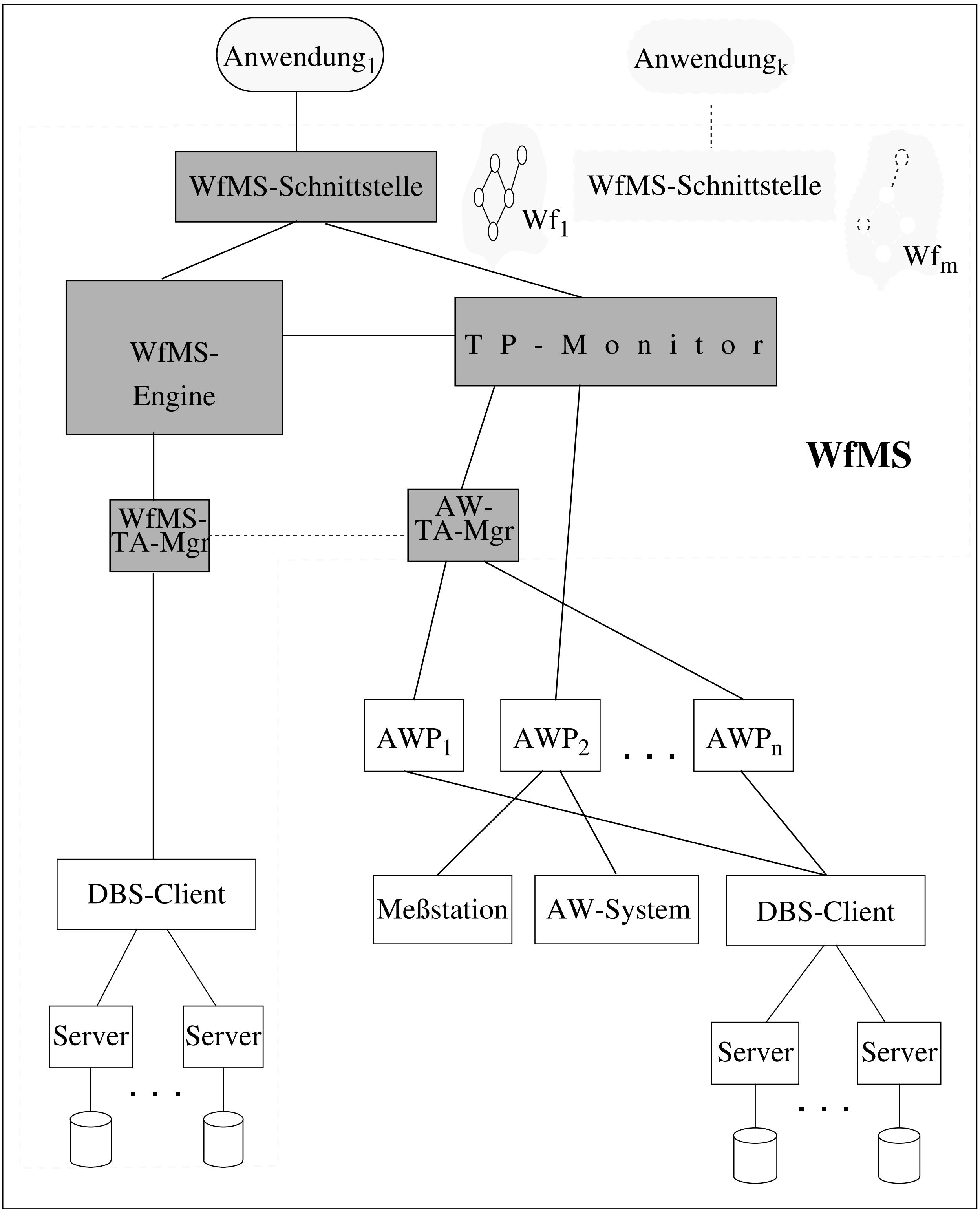
    ➥ Kontrolle durch einen AW-TA-Mgr

- **Synchronisation der Wf-Ausführung**
  - die Zustände von WfMS- und AW-DBS müssen konsistent gehalten werden und dem Wf-Ablauf entsprechen
  - jede “relevante” Datenaktualisierung erfordert spezielle Abstimmung (Zwei-Phasen-Commit-Protokoll)

    ➥ Kooperation der TA-Mgr von WfMS und AW

Funktionale Architektur von WfMS (2)

- **Funktionale Architektur im Überblick**



Aspekte von Workflows

- **Essentielle Strukturelemente eines Workflows**
  - **funktionaler Aspekt:**
    Wie sieht die Struktur des auszuführenden Wf aus?
    Beschreibung der funktionalen Einheiten, Zusammenhänge, Abhängigkeiten
  - **verhaltensbezogener Aspekt:**
    Wann sollen die Aktivitäten ausgeführt werden?
    Kontrollfluß zur Abwicklung und Steuerung des Wf
  - **datenbezogener Aspekt:**
    Wie sind die am Wf beteiligten Daten definiert und wo werden sie gebraucht?
    Datenfluß von Kontroll- und Produktionsdaten (Bereitstellung und Sicherung)
  - **organisatorischer Aspekt:**
    Wer führt die Aktivitäten aus?
    Zuordnung von organisatorischen Einheiten (z.B. Personen) zu Rollen
  - **operationaler Aspekt:**
    Wie werden die Aktoren in einen Wf eingebunden?
  - **Sicherheitsaspekt:**
    Wer ist zur Wf-Ausführung berechtigt? (Authentifikation und Autorisierung)

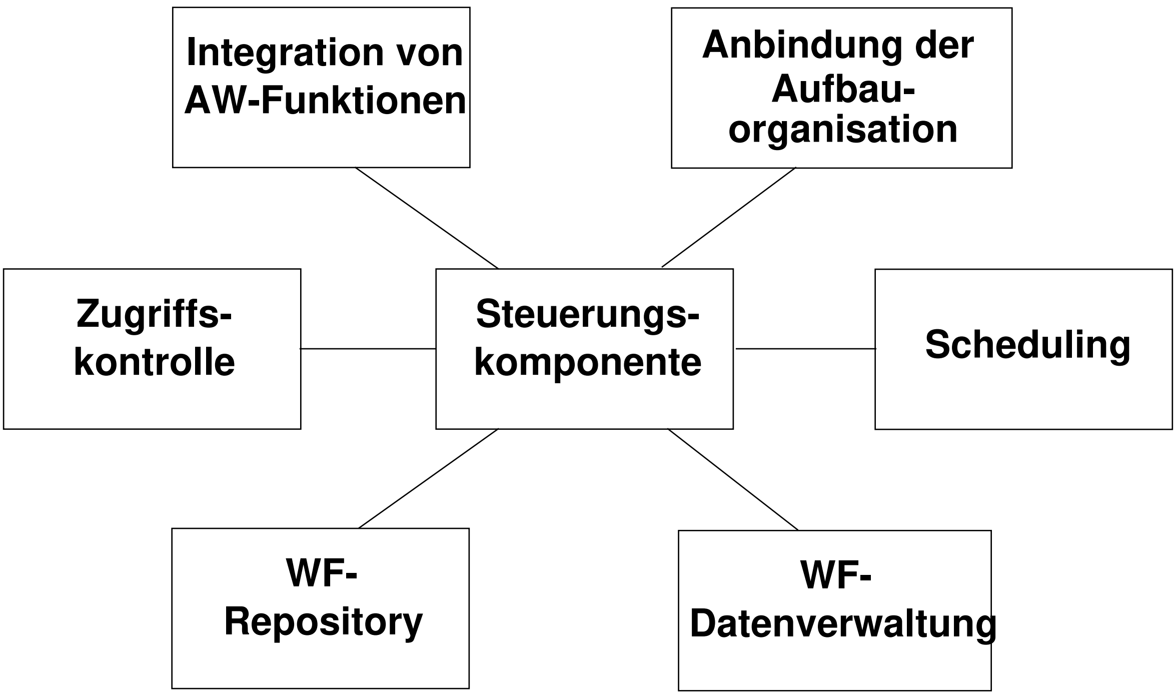
  ➥ Sie konstituieren notwendige Aspekte einer allgemeinen WfMS-Architektur

  ➥ Realisierung durch WfMS-Engine

- **Technische Aspekte der Wf-Ausführung**
  - **transaktionaler Aspekt**:
    Wie wird erreicht, daß Aktivitäten und logisch zusammengehörige Folgen von Aktivitäten atomar und persistent ausgeführt werden?
  - **historischer Aspekt:**
    Welche Information existiert zu bereits abgeschlossenen Workflow-Ausführungen? (Nachweis, Optimierung)

Funktionale Architektur von WfMS (3)

- **Funktionen der WfMS-Engine**



- **Integration von manuellen und automatischen Aktivitäten**
  (operationaler Aspekt)
  - Schnittstellendefinitionen zu externen Aktoren
  - Fehlerüberwachung und -behandlung
  - . . .

- **Anbindung der Aufbauorganisation**
  (organisatorischer Aspekt)
  - Beschreibung organisatorischer Zuordnungen
  - dynamische Zuordnung von Rollen zu „organisatorischen Elementen” (z.B. Personen)
  - Einhaltung von „Business Rules“

Funktionale Architektur von WfMS (4)

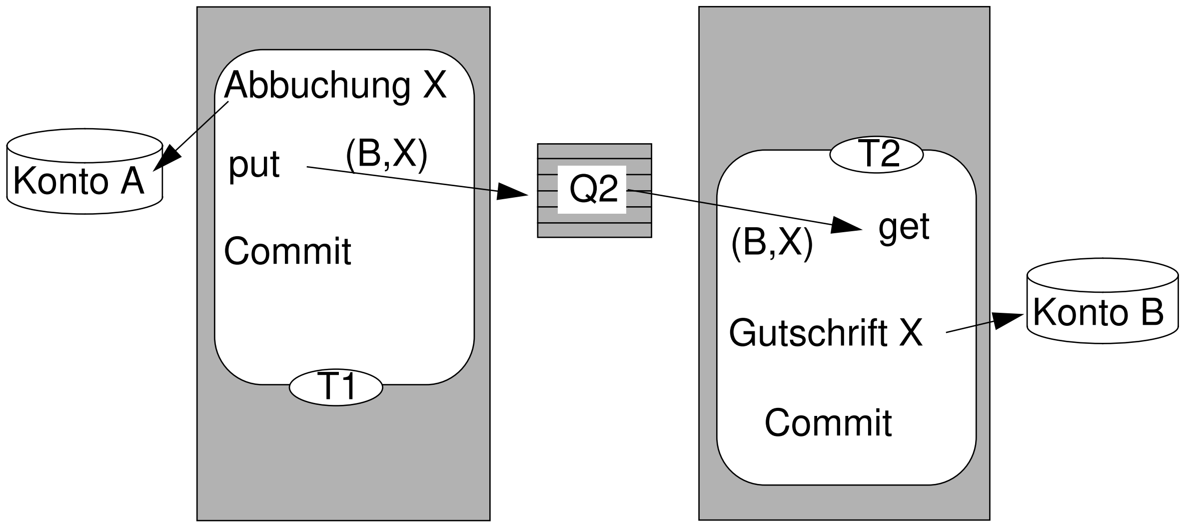
- **Scheduling von Wfs**
  (verhaltensbezogener Aspekt)
  - Auswahl der Wfs
  - Aktivierung des Kontrollflusses zwischen Wfs
  - Zeitüberwachung, Deaktivierung/Aktivierung
- **Wf-Datenverwaltung**
  (datenbezogener Aspekt)
  - Datenversorgung der Wf-Instanzen
  - Verwaltung persistenter Nachrichten (Wf-Ergebnisdaten / -Parameter)
  - Speicherung ggf. persistenter Kontexte
  - Sicherung der Ablaufhistorie (historischer Aspekt)
- **Wf-Repository**
  (funktionaler Aspekt)
  - Verwaltung der Wf-Schemata und Integritätsbedingungen
  - Definition der Abhängigkeiten zwischen Wf-Schritte
  - wenn möglich/erforderlich: (transaktionaler Aspekt)
    - Definition atomarer Ablaufeinheiten
    - Definition der Kompensationssphären und -einheiten
- **Zugriffskontrolle**
  (Sicherheitsaspekt)
  - Authentifikation und Autorisierung
  - spezifische Sicherheitsanforderungen der Wf-Ausführung
  - Kontrolle des Rechtetransfers

Transaktionen und Workflows

- **Workflow als eine globale Transaktion T**
  - Einfluß auf Durchsatz und Leistungsverhalten des Systems
  - ACID-Eigenschaft, daß alle Operationen zur gleichen Zeit erfolgreich beendet werden, aus AW-Sicht oft nicht erforderlich

  ➥ Garantie ausreichend, daß nach erfolgreicher Beendigung einiger Operationen die restlichen „irgendwann“ erfolgreich ausgeführt werden

- **Einsatz von „Persistenten Warteschlangen“ (recoverable messaging)**



Zerlegung der globalen Transaktion
“Buchung von Konto zu Konto”

- **Semantisch reichhaltigere Fehlermodelle**
  - Kombination von ungeschützten Aktionen und Transaktionen
  - Wiederanlauf: persistente Warteschlangen erlauben Wiederholung von TA und Vorwärts-Recovery
  - Scheitern des WF:
    Rücksetzen und Kompensation von TA-Ergebnissen

Transaktionen und Workflows (2)

- **AW-orientierte Zerlegung von Transaktion T**
  - in $T_1, ..., T_n$
  - mit persistenten Warteschlangen $Q_1, ..., Q_n$
  - lineare Reihenfolge nicht zwingend

- **Einsatz von persistenten Warteschlangen**
  - zeitliche Unabhängigkeit der Funktionsausführung

  ➥ höhere Unabhängigkeit der Komponenten,
  höhere Verfügbarkeit des Gesamtsystems

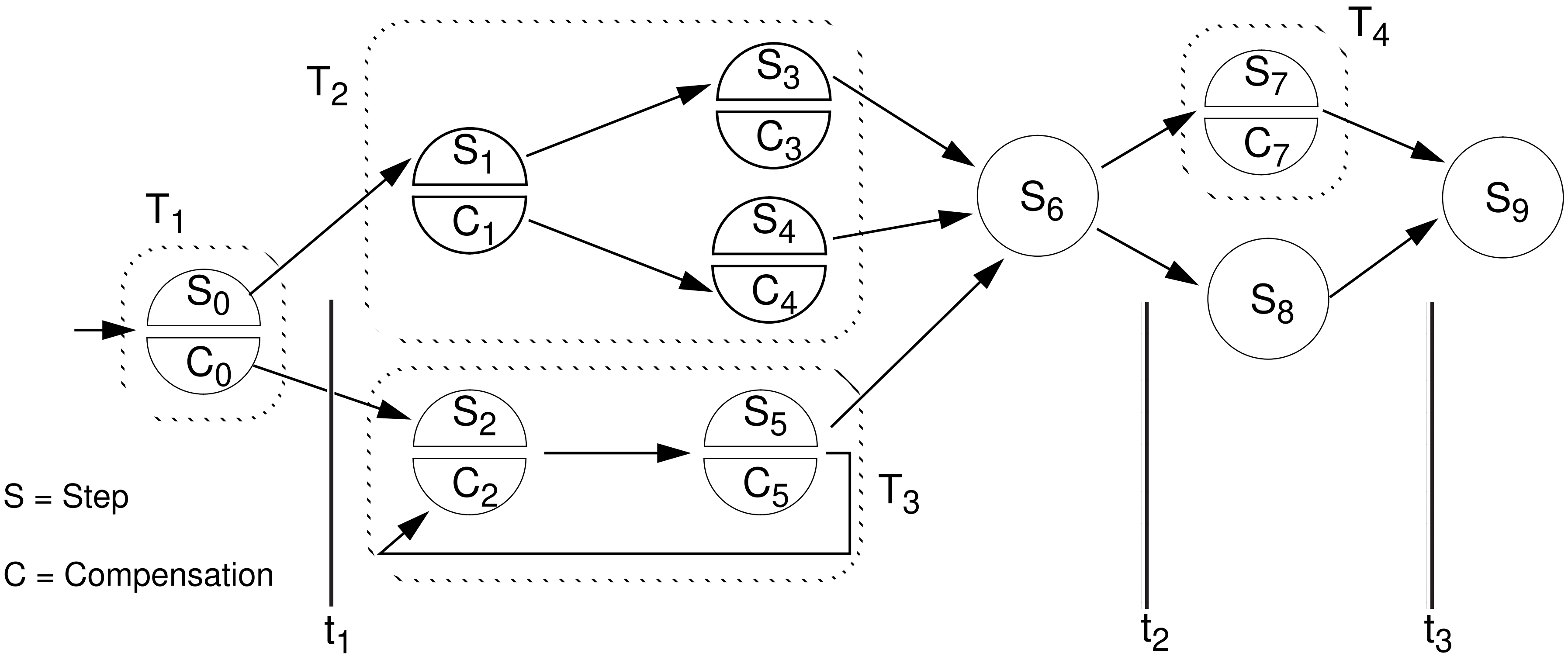
- **Ausführung der Transaktion T**
  - T_i schreibt in Q_{i+1}, T_{i+1} liest aus Q_{i+1}
  - Verkettung der T_i durch spezielles Protokoll (XA-Protokoll von X/Open)
  - jede T_i macht unabhängig Commit
  - es soll sichergestellt werden, daß alle Transaktionen T_i in T erfolgreich beendet werden

  ➥ Voraussetzung: alle aktualisierten Ressourcen
  (auch Nachrichten) sind wiederherstellbar

- **Scheitern der Transaktion T**
  - zunächst Vorwärts-Recovery bei Crash
  - Weiterführung scheitert auch bei wiederholten Versuchen
  - Rücksetzen offener T_i
  - Kompensation erfolgreich beendeter T_i

Transaktionen und Workflows (3)

- **Transaktionsgestütztes Workflow-Szenario**



➥ **Recovery-Aktionen bei**

- Rücksetzen von T_2
- Crash bei t_1, t_2, t_3
- Einsatz von persistenten Warteschlangen

Zusammenfassung - Workflow-System

- **Beziehungen zwischen den grundlegenden Begriffen (nach WfMC)**