2. Client/Server-Systeme

- **Ziel: Darstellung von Systemaufbau und -dynamik**
  - Modellhafte Darstellung der Systemarchitekturen
  - Zusammenspiel der Komponenten

➥ **Transaktionssysteme sind meist Client/Server-Systeme!**

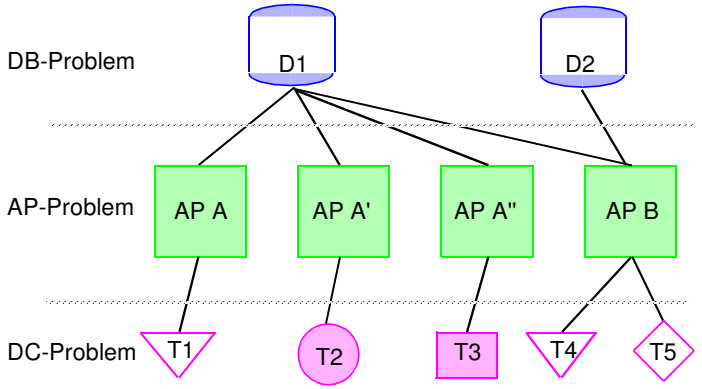
- **Sicht des Endbenutzers**
  Dialogschritt, Transaktion, Vorgang
- **Entwurfsaufgaben**
  - Zerlegung/Kooperation der Komponenten
  - Komponentenzuordnung in verteilter Umgebung
- **Client/Server-Modell**
  - Unterscheidende Eigenschaften
  - Eigenschaften von zwei- und dreistufigen C/S-Systemen
- **Wie macht man Server effizient?**
  - Server-Strukturen und -Techniken
  - Prozess- und Programmverwaltung
- **TP-Monitor**[1]
  - Eigenschaften und Funktionalität
  - Einsatz in C/S-Umgebungen
- **Aufbau eines DB-Servers**
  Drei-Schichten-Architektur
- **Ablaufbeispiel**
  - Wie kommen die Antwortzeiten zustande?
  - Optimierungsmöglichkeiten
- **Client/Server-Verarbeitung in offenen Systemen**
- **Zusammenfassung – Vielfalt an Bezeichnungen**

1. Gray, J., Reuter, A.: Transaction Processing: Concepts and Techniques, Morgan Kaufmann, 1993

AW-Entwicklung – allgemeine Probleme

- **Problem**

  Komplexität der Kommunikations- und Verarbeitungsbeziehungen
  - K E/A-Stationen (Terminals, PCs, ...)
  - M Anwendungen
  - N Dateien
- **Herkömmliche (statische) Struktur**



- **Generelle Aufgaben**
  - Ablaufkontrolle
  - Betriebsmittelzuteilung
  - Synchronisation und Sicherung der Datei-Zugriffe
  - Verwaltung und Abbildung von Dateistrukturen
  - Steuerung der Kommunikationsbeziehungen

➥ **Wer hält alles zusammen?**

AW-Entwicklung – allgemeine Probleme (2)

- **DB-Problem**

  Individuelle Datenverwaltung führte zu

  - umständlichem Zugriff
  - geringer Flexibilität
  - Redundanz
  - Konsistenzverlust

- **AP-Problem**

  Individuelle Programmentwicklung führte zu

  - „amorphen“ Strukturen
  - komplexer Ablaufkontrolle und Betriebsmittel-Verwaltung
  - Redundanz

- **DC-Problem**

  Individuelle Terminalverwaltung führte zu

  - Typ-Abhängigkeit
  - geringer Flexibilität
  - Redundanz

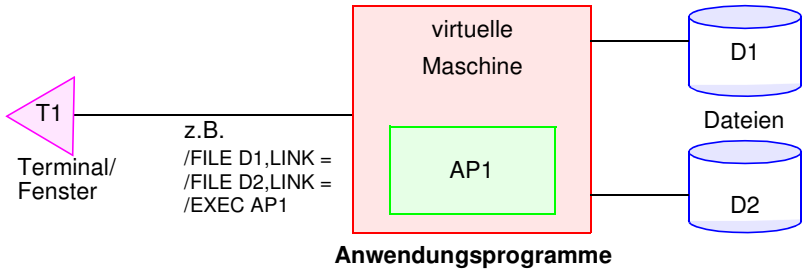
- **Zusätzliche Probleme**

  - Verteilung
  - Heterogenität
  - offene Systeme / Interoperabilität
  - . . .

➥ **Client/Server-basiertes TA-System soll alles lösen!**

Sicht des Endbenutzers

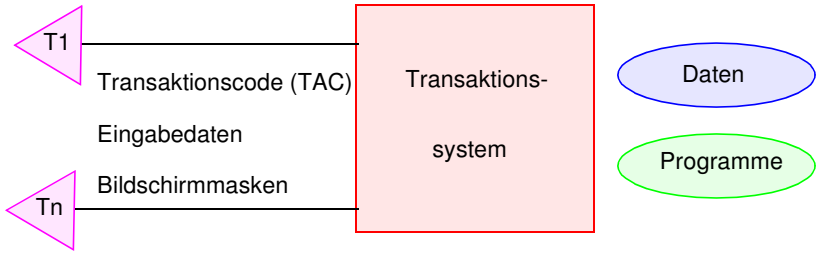
- **Benutzerschnittstelle für TA-Systeme?**



  - komplexe BS-Schnittstelle
  - Kenntnis aller Dateien
  - Kenntnisse aller Programme

➥ Wie kommt das System mit n Benutzern (mit separaten Prozessen) zurecht?

- **besser:** TA-System **„führt“** den Benutzer



  - problembezogene Funktionen
  - einfache Bedienung
  - Datenunabhängigkeit
  - Programmunabhängigkeit

➥ **System kann Ressourcen (Zeit, Speicher, Programme, Daten, ...)**
besser zuteilen

Sicht des Endbenutzers (2)

- **Einfachster Fall: Vorgang** = Dialogschritt = Transaktion
  - Eingabe: TAC + Daten („Parameter“; oft mehrere Formulare)
  - Ausgabe: Rückmeldung (Bestätigung oder Fehler)
    + „Bitte neue Funktion eingeben“

z. B. Formular AUSZAHLUNG wird **am Bildschirm** ausgefüllt:

Textfeld Eingabefeld mit vorgegebenem Inhalt

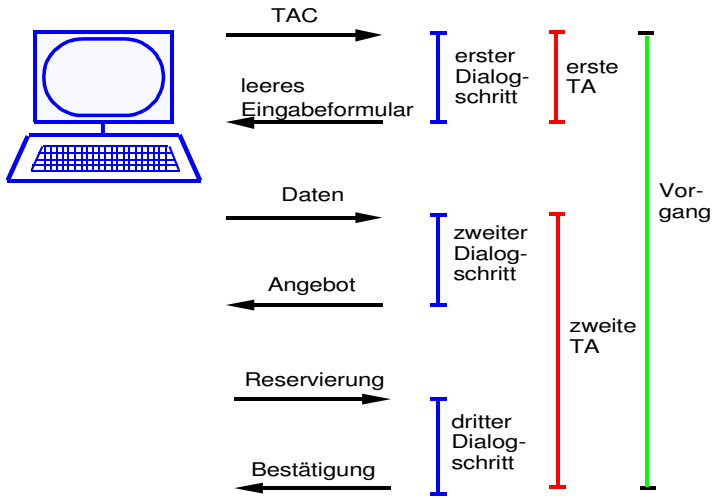
```
Funktion: Auszahlung

Zweigstelle: KSK KL1      Datum 30/05/2003

Schalter: 17              Konto-Nr: __________

Geldbetrag bitte ankreuzen:

100 €            ( )       400 €            ( )

200 €            ( )      1000 €            ( )

                           anderer Betrag    ( )
```

- **Transaktionsprogramm „Auszahlung“:**

Read message (kontonr, schalternr, zweigstelle, betrag) from Terminal;
BEGIN TRANSACTION
UPDATE Konto
SET kontostand = kontostand - *betrag*
WHERE konto_nr = *kontonr* and kontostand >= *betrag*
. . .
UPDATE Schalter
SET kontostand = kontostand - *betrag*
WHERE schalter_nr = *schalternr*
UPDATE Zweigstelle
SET kontostand = kontostand - *betrag*
WHERE zweig_stelle = *zweigstelle*
INSERT INTO Ablage (zeitstempel, werte)
COMMIT TRANSACTION;
Write message (kontonr, kontostand, . . .) to Terminal

Sicht des Endbenutzers (3)

- **Standardfall: Mehr-Schritt-Vorgänge**
- **Beispiel: Reservierung**
  - erst zeigen, was frei ist, dann reservieren
  - Abwicklung/Ausführung einer Funktion im Dialog



- Dialogschritt ≤ Transaktion ≤ Vorgang
  Sind n Dialogschritte in einer Transaktion akzeptabel?
- **Typische Interaktionsmuster**
  - zwei Dialogschritte: Angebot – Auswahl
  - n Dialogschritte: z. B. Buchung mit allen Einzelposten
  - wenig Auswahlmöglichkeiten für den Benutzer
- **Fehlerbehandlung**
  - Anwendungsfehler, Systemausfall, ... verborgen für den Client
  - Benutzer erwartet von einem Dialogschritt: **Alles oder nichts!**
    (d. h. ACID-Transaktion)

Begriffe

- **Eingabenachricht**

  Übertragungseinheit vom Client / Terminal an das Transaktionssystem; ein einzelner Auftrag

- **Ausgabenachricht**

  Übertragungseinheit vom Transaktionssystem an Client / Terminal; Ergebnis eines einzelnen Auftrags

- **Dialogschritt (Transaktionsschritt)**

  Zusammenfassung aller Verarbeitungsschritte im Transaktionssystem vom Eintreffen einer Eingabenachricht bis zum Absenden der dazugehörenden Ausgabenachricht; Abwicklung eines einzelnen Auftrags

- **Transaktionscode (TAC)**

  Aufrufname einer Funktion, meist vier oder acht Zeichen lang oder kurzer charakterisierender Begriff

- **Vorgang**

  Zusammenfassung aller Dialogschritte, die zur Abwicklung einer Funktion notwendig sind

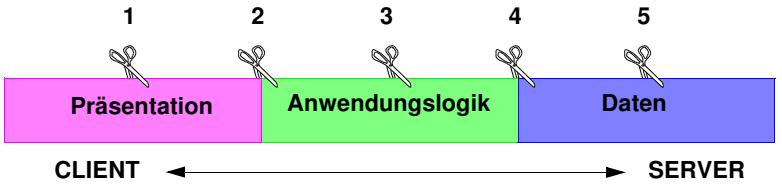
- **Transaktion**
  - unteilbarer (atomarer) Übergang des Transaktionssystems von einem konsistenten Zustand in den nächsten
  - besteht aus einem oder mehreren Dialogschritten
  - Achtung: Viele Transaktionssysteme erlauben **keine Dialogschritt-übergreifenden Transaktionen!**

Entwurfsaufgaben

- **Allgemeine Fragen**
  - Aus welchen Komponenten ist es aufgebaut?
  - Wie und wo arbeiten diese Komponenten zusammen?

- **Applikationen in betrieblichen Informationssystemen**
  - lassen sich häufig grob durch folgende Funktionalität charakterisieren:
    - Präsentation oder Benutzerschnittstelle: oft als GUI (*graphical user interface*) ausgeprägt
    - Applikationslogik (*business logic*) und
    - Datenhaltung
  - werden typischerweise durch verteilte Client/Server-Systeme realisiert

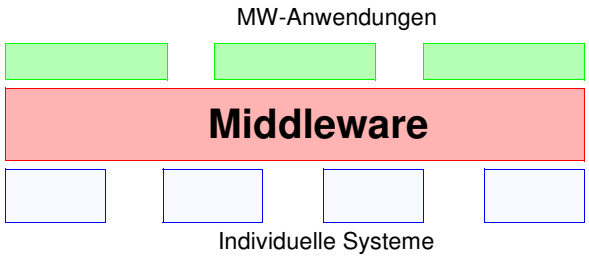
- **Logische Strukturierung/Zerlegung** kann auf verschiedene Weise erfolgen



- **Zuordnung in C/S-Systemen**
  - 2-stufige Architektur (*2-tier*) ---> ein Schnitt
    - Spektrum vom „thin client“ zum „fat server“ und umgekehrt
    - Gibt es einen „goldenen Schnitt“?
  - 3-stufige Architektur (*3-tier*) ---> zwei Schnitte
    - bessere Gliederungs-/Skalierungsmöglichkeiten
    - Ist die Zerlegung offensichtlich?
  - allgemein: n-stufige Architektur (*n-tier*)

Entwurfsaufgaben (2)

- **Kooperation der Komponenten**
  - Ablauf in heterogenen Umgebungen (Plattformen, Kommunikationsprotokolle)
  - Wie werden die Komponenten wieder „zusammengeklebt“?
  - Einsatz von Verteilungsplattformen
    - Sie bieten eine integrierte Sicht auf die Dienste der individuellen Systeme
    - sog. Middleware implementiert die integrierte Sicht
    - „/“ von C/S
- **Verteilungsplattform** garantiert transparente Verteilung



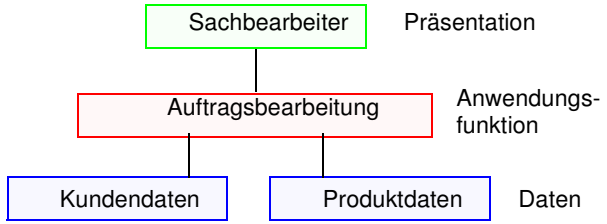
➥ Vielzahl an Protokollen zur Unterstützung der Interaktion zwischen verteilt ablaufenden Anwendungskomponenten

- **Verbergen von Entwurfs- und Ablaufentscheidungen**
  - Unterschiedliche Transparenzanforderungen für
    - Sachbearbeiter
    - AW-Programmierer
    - Systemadministrator
  - Einsatzspektrum: lokal, weltweit verteilt

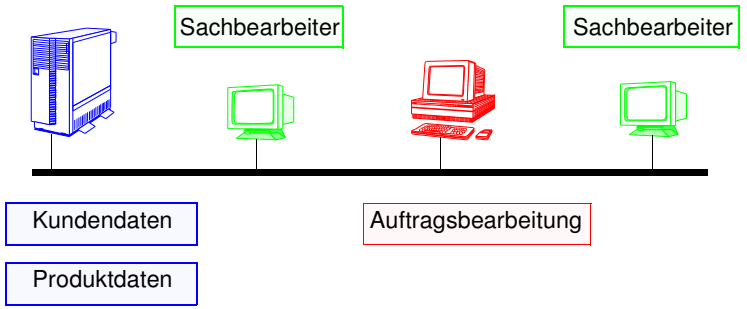
    ➥ **Ortstransparenz** ist besonders wichtig

Entwurfsaufgaben (3)

- **Zuordnung**
  - Client/Server-Systeme sind nicht an eine bestimmte HW- und SW-Konfiguration gebunden (z. B. Mainframe und PCs)
  - Sie implizieren nicht bestimmte SW-Funktionen bei Client oder Server
- **Beispiel:** SW-Module einer einfachen Client/Server-Anwendung



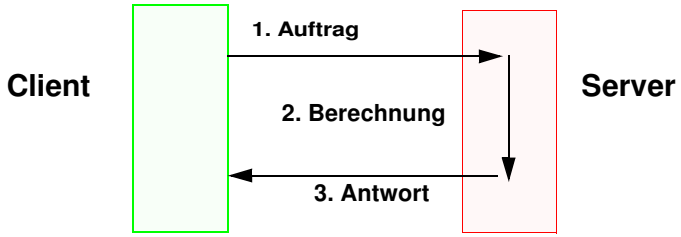
➥ **Mögliche Abbildung** auf ein konkretes Rechnersystem (Konfigurationsproblem)



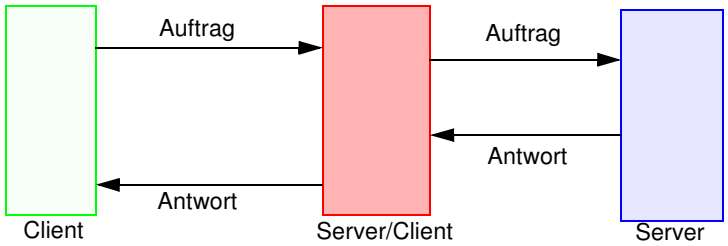
➥ Die Bewertung einer gegebenen Konfiguration und die Bestimmung der optimalen Lösung sind i. Allg. sehr schwierige Probleme (wird nicht vertieft)

Client/Server-Modell

- **Grundschema der Kooperation:**



- **Eigenschaften**
  - Initiative zur Interaktion geht vom Client aus
  - Server veröffentlicht Bereitschaft, Aufträge entgegenzunehmen
  - Ein Auftrag wird als ein Funktionsaufruf kontextfrei verarbeitet
  - Client/Server-Modell legt Rollen der Beteiligten und die zeitliche Abfolge der Interaktionsschritte fest (inhärente Asymmetrie der Rollen)
  - Es existiert i. Allg. eine n:m-Beziehung zwischen Clients und Servern
  - Die Rollen von Client und Server können wechseln



- **Kommunikation**
  - Typischerweise wird ein logischer Funktionsaufruf unterstellt
  - Modell bezieht sich auf logische Verteilungen (lokal, entfernt)

Client-/Server-Modell (2)

- **Grobe Definition**

  Client und Server sind separate logische Einheiten, die (über ein Netzwerk) zusammenarbeiten, um eine Aufgabe durchzuführen.[2]

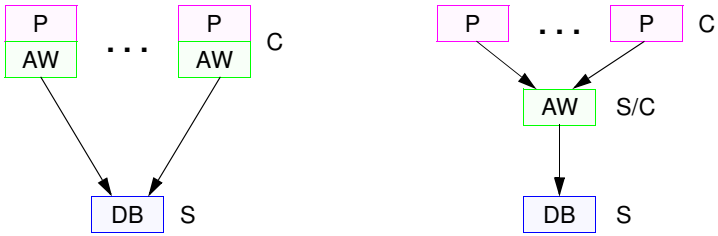
- **Verfeinerung der Eigenschaften**

  - **Dienste (*Services*)**

    C/S verkörpert primär Beziehung zwischen Prozessen. C/S bewirkt klare Funktionstrennung, die durch Nutzung von Diensten erzielt wird.

  - **Gemeinsame Betriebsmittel (Ressourcen)**

    Server kann gleichzeitig viele Clients „bedienen“ und deren Zugriffe auf gemeinsame Betriebsmittel steuern und überwachen.



AW-Code im Client oder im Server?

  - **Asymmetrische Protokolle** ((1:n)-Beziehung in beiden Richtungen)

    Server bieten (passiv) Dienste an, während Clients sie (aktiv) anfordern.

  - **Ortstransparenz**

    Die C/S-Software „maskiert“ gewöhnlich den Ort des Servers vor den Clients und leitet Dienstaufrufe, falls erforderlich, um.

2. In no way does internet computing replace client/server computing. That's because it already is client/server computing (Herb Edelstein).

Client-/Server-Modell (3)

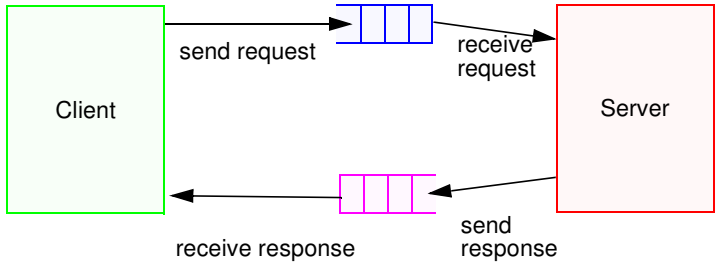
- **Verfeinerung der Eigenschaften (Forts.)**

  - **Plattformunabhängigkeit**

    C/S-Software ist unabhängig von HW- oder BS-Plattformen.

  - **Nachrichtenbasierter Austausch** (*message-passing mechanisms*)

    Clients und Server sind lose gekoppelte Systeme. Nachrichten für Dienstanforderung und Ergebnisbereitstellung: synchron, asynchron.



Anforderungs- und Ergebnis-WS sind oft persistente Objekte

➥ Wichtige Infrastrukturen

- **MOM:** Message-Oriented Middleware (z. B. MQ-Series)
- **CORBA:** architektur- und sprachunabhängig
- **DCOM:** Distributed Component Object Model

  - **Kapselung von Diensten**

    Server erkennt aus Nachricht, welcher Dienst angefordert wird.
    Wie der Dienst erbracht wird, bestimmt allein der Server.

  - **Integrität**

    Programme und Daten eines Servers sollten zentral gewartet werden, (kosteneffektiv, höhere Datenintegrität).

Client-/Server-Modell (4)

- **Verfeinerung der Eigenschaften (Forts.)**

  - **Skalierbarkeit**

    Horizontale Skalierbarkeit: Mehr Clients ohne Leistungsbeeinflussung.

    Vertikale Skalierbarkeit: Größere/schnellere Server (Server-Klasse)

- **Server-Aspekte: verallgemeinert**

  - Auftrag — Berechnung — Ergebnis (Request — Response)
  - Verschiedenste Protokolle
    - Fernaufruf (Remote Procedure Call, RPC)
    - HTTP, RMI, ...
  - verbindungsorientiert oder verbindungslos
  - Ein wichtiges zusätzliches Konzept: **„Session“**
    - Zusammenhang zwischen aufeinanderfolgenden Aufträgen
    - Server muss **Kontext** verwalten und benutzen
    - Berechnung meldet mit Antwort: Session geht weiter oder nicht

- **Server: Erscheinungsformen (Namen ändern sich, Probleme nicht!)**

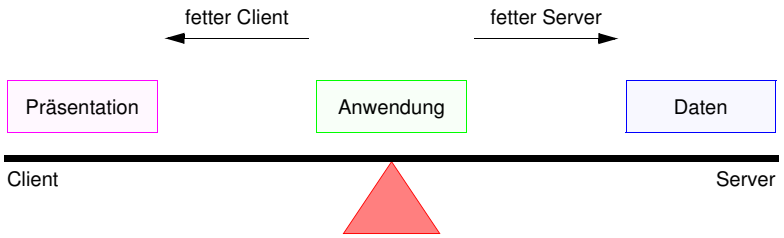
  - Transaktionssystem („OLTP“)
  - Datei-Server (NFS, ...)
  - RPC-Server („Client-Server-Betrieb“)
  - Datenbank-Server (SQL-Server, Sybase, ...)
  - Objekt-Server (CORBA)
  - Web-Server
  - Applikations-Server,
  - EJB Container
  - Web Services[3], ...

3. Web services are application functionalities supporting direct interaction by responding to service requests based on open Internet Standards (SAP-Def.).
   A Web service is a software application identified by a URL, whose interfaces and binding are capable of being defined, described, and discovered by XML artifacts, and supports direct interactions with other software applications using XML-based messages via Internet-based protocols (W3C-Definition).
   Eingesetzte Technologien und Standards: XML, WSDL, UDDI, SOAP, HTTP

Zweistufige C/S-Architekturen

- **Möglichkeit der Unterscheidung**

  Wie ist die verteilte Anwendung dem Client und Server zugeordnet?
  (fat client vs. fat server)



- **Fette Clients**
  - traditionelle Form von C/S, **Einfachheit**
  - Größter Lastanteil fällt auf Client-Seite an
  - Anwendungen: benutzerbezogene SW, Entscheidungsunterstützung
  - Flexibilität bei der AW-Entwicklung und Nutzung von Front-End-Tools

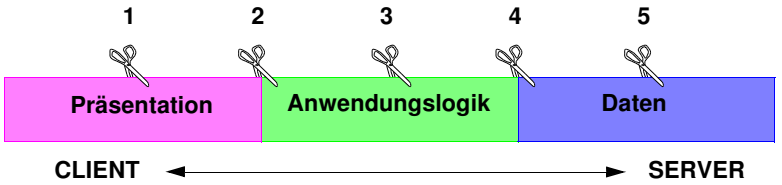
- **Fette Server**
  - sind leichter zu verwalten und zu installieren
  - minimieren den Netzverkehr, indem sie mächtigere Dienste anbieten (**höhere Abstraktionen bei den Diensten**, Export von Prozeduren/Methoden)
  - Client bietet GUI und kooperiert mit Server über RPC oder RMI

➥ **Beide C/S-Modelle haben ihre Vorteile. Sie komplementieren sich und koexistieren oft in einer Anwendung**

Zweistufige C/S-Architekturen (2)

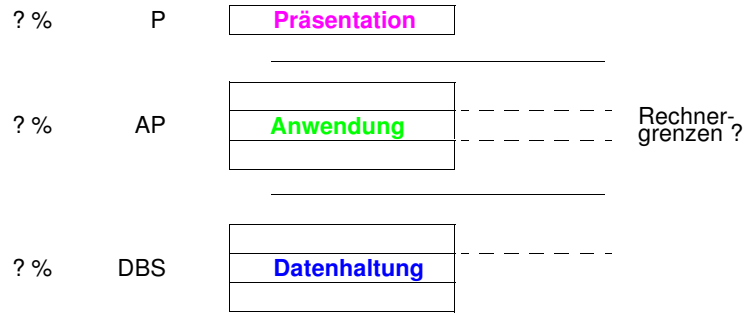
- **Umsetzung von C/S-Architekturen**
  - C/S ist nicht an eine bestimmte HW- und SW-Konfiguration gebunden (z. B. Mainframe und PCs)
  - Sie implizieren nicht bestimmte SW-Funktionen bei Client oder Server
  - Welche Aspekte spielen bei der Umsetzung eine Rolle?

- **Fünf prinzipiell mögliche Trennlinien**



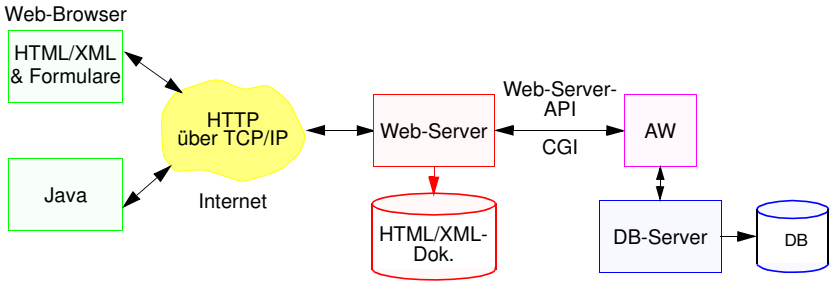
- **Mögliche C/S-Schnittstellen**

Aufwandsanteile zur Abwicklung einer kurzen TA



Zweistufige C/S-Architekturen (3)

- **Web-Server**
  - WWW ist die erste wirklich „intergalaktische“ C/S-Anwendung
  - In der einfachsten Form kommunizieren Browser (*thin, portable, „universal“ clients*) mit Web-Servern (*superfat servers*)
  - Kommunikation wird über ein RPC-ähnliches Protokoll durchgeführt: HTTP (*hypertext transfer protocol*)
  - HTTP ist zustandslos und definiert eine einfache Menge von Anweisungen; Parameter werden als Strings und ohne Typbindung übertragen
  - Es werden zunehmend mehr Formen der Interaktivität eingeführt
  - DB-Anschluss erlaubt die Bereitstellung „dynamischer” Dokumente (**4-stufiges C/S**)



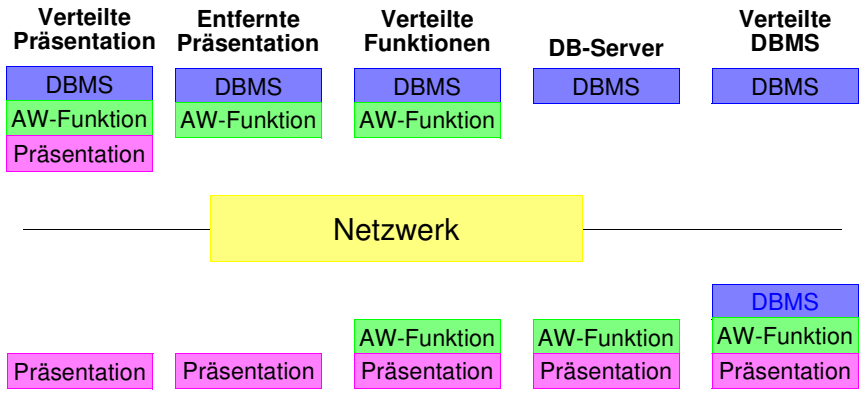
  - Betrieb weist alle Merkmale eines TA-Systems auf (siehe Kap. 1) (Benutzungsart, TA-Typen, gemeinsame DBs, ...)

➥ Web-Server ist **ein TA-System**! (eingeschränkte ACID-Eigenschaften!)

Zweistufige C/S-Architekturen — Beispiele

- **Architekturvorschläge**
  (unterschiedlicher praktischer Relevanz)

Server-Seite



Client-Seite

- **Verteilte Präsentation** (Schnitt 1)
  (Bsp. X-Window-System)
  - X-Server läuft auf Rechner des Benutzers, verwaltet Fenster seiner Clients und ist für direkte Bildschirm-E/A zuständig
  - Er erhält Aufträge von einem oder mehreren X-Clients, die jeweils ihre eigenen Fenster steuern
  - Anwendungen fungieren als X-Clients

  Bem.: Am Bildschirm kann mit mehreren AW gleichzeitig gearbeitet werden (Datenaustausch mit Cut-and-Paste)

- **Entfernte Präsentation** (Schnitt 2)
  - Aufgabenverteilung wie bei traditioneller Terminal-Host-Konfiguration
  - Beispiel: reine Terminalemulation auf einem PC

➥ ebenso wie bei der verteilten Präsentation wird eine vergleichsweise geringe Entlastung der Server-Seite erzielt

Zweistufige C/S-Architekturen — Beispiele (2)

- **Verteilte Funktionen** (Schnitt 3)

  Kennzeichnend ist die Verteilung der Moduln der AW-Funktionen auf verschiedene Rechner (distributed function model).

  Aufteilung der Moduln ist leistungskritisch; sie muss die Art der Datenzugriffe und ggf. Lokalität bei (wiederholten) Datenreferenzen berücksichtigen.

  Bei kurzen Transaktionen empfiehlt sich folgende Aufteilung:

  - **Server**
    - gesamte Datenhaltung
    - transaktionsbezogener Teil der Anwendung (gesamte Datenmanipulation, Commit)
  - **Client**
    - lokale Anwendungsverarbeitung
    - Steuerung der graphischen Benutzeroberfläche

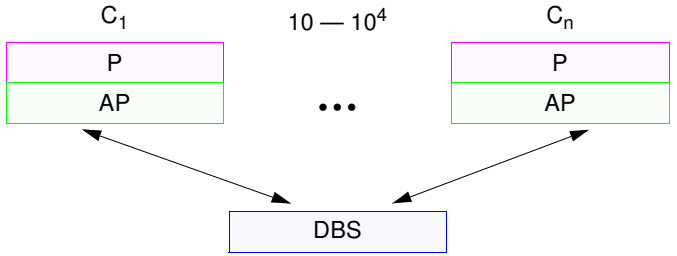
  ➥ Trend: neuentwickelte Anwendungssysteme basieren auf dieser **kooperativen Verarbeitung“**

- **DB-Server und verteiltes DBMS** (Schnitt 4 und 5)

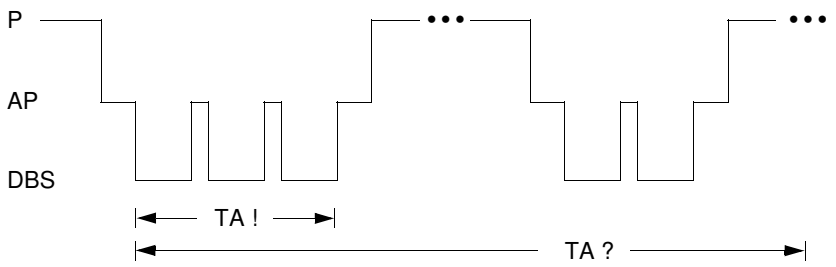
  - Daten sind „entfernt“ und werden von einem dedizierten Datei- oder DB-Server verwaltet. Bei Verteilung der Daten ist ein verteiltes Dateisystem oder ein VDBS einzusetzen.
  - Server-seitig wird keine AW-bezogene Verarbeitung durchgeführt
  - Beispiel:
    Datei-Server speichert gemeinsame Daten für PC-Anwendungen

Zweistufige C/S-Architekturen (4)

Fat Clients



- **Zeitlicher Ablauf einer Transaktion**



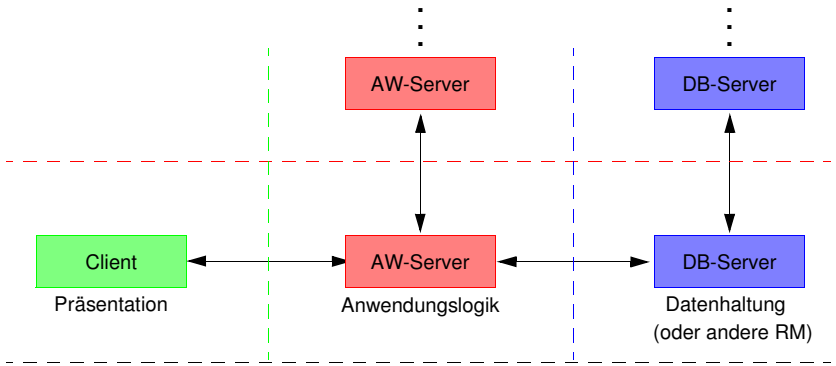
- **Eigenschaften**
  - Datentransport zum C_i
  - Zurückschreiben von Änderungen
  - lange Sperrzeiten!
  - für kurze TA (Kontenbuchung) sehr schlecht!
  - sinnvoll bei TAs mit häufiger Rereferenz der Daten! (Planung, CAx, ...)
  - Achtung: Präsentationslogik sollte nicht im TA-Pfad durchlaufen werden

Dreistufige C/S-Architekturen

- **Bisher: 2-stufige C/S-Architekturen**
  - Erfolgreicher Einsatz bei abteilungsbezogenen Anwendungen (begrenzte Reichweite, beschränkte Anzahl von Benutzern)
  - **Praxiserfahrung**
    - mangelnde Skalierbarkeit
    - unzureichende Zuverlässigkeit bei komplexeren Anwendungen, insbesondere bei Anwendungskomponenten auf Client-Seite

    ➥ **aber:** unternehmensweite C/S-Anwendungen und weltweite e-Commerce-Anwendungen gefordert

- **Abhilfe: 3-stufige C/S-Architekturen**



  - Unterstützung von komplexen und **verteilten** Anwendungen
  - Anwendungslogik (*middle tier*) läuft in eigenen Prozessen ab
  - Leichte Konfigurierbarkeit der Prozesse („first-class citizens“)
  - Verbesserte Skalierbarkeit, Sicherheit, Zuverlässigkeit, . . .

    ➥ heterogene Systeme: **Standardisierung** der Schnittstellen

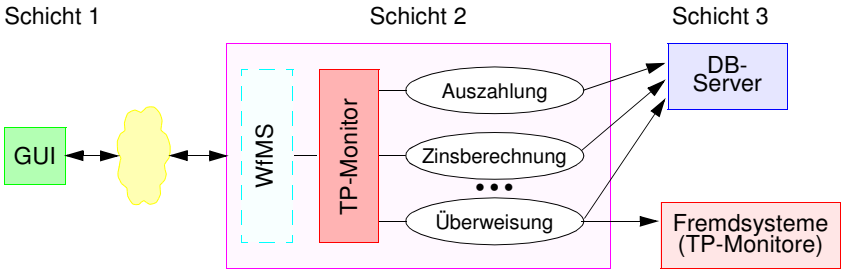
Dreistufige C/S-Architekturen (2)

- **Komponentenumgebung** *(Framework)*
  - Schnelle Entwicklung neuer Anwendungen durch API-Standardisierung (zusätzliche Funktionen, neue Clients, ...)
  - Einsatz „vorgefertigter“ Komponenten; Vorteile der Nutzung von Standard-SW
  - Einfacher und sicherer Daten- und Funktionszugriff
    - Komponenten kapseln die AW-Logik als Transaktionsprogramm (TAP)
    - Client sieht nur „abstrakte Dienste“, die er über ihren Namen (TAC) aufruft

    ➥ **Programm- und Datenunabhängigkeit**
  - Vorkehrungen für Betrieb und Administration

    ➥ **Wer liefert den „Klebstoff“?**

- **Dienste-basierte Applikation**
  - Dienste sind Komponenten (TAPs), die Geschäftsfunktionen kapseln
  - Applikation besteht aus einer (relativ kleinen) Menge solcher Dienste
  - Einsatz (optional) von WfMS zur Steuerung/Verknüpfung von Diensten



- **zusätzliche Programme („Middleware“)**
  - TP-Monitor
  - WfMS
  - Container, Dispatcher, ...

➥ **TP-Monitor dirigiert und kontrolliert!**

Dirigent und Kontrolleur - Wie kommt man zu einer effizienten Realisierung oder welche Aufgaben sind zu lösen?

- **Beobachtung**
  - „Java (EJB, ...) ist ja so langsam!“
  - „Aber CICS ist inzwischen ganz schön schnell!“

➥ **„Was ist CICS?“ ;)**

- **Wie macht man den Server effizient?**
  - Tausende von Anfragen
  - Tausende von Kontexten

- **Prozess-Strukturen im Betriebssystem (BS)**
  - Verwaltungsaufwand?
  - Prozess[4] wird (klassischerweise) durch zwei Merkmale charakterisiert:
    - **Ressourcenbesitz:**
      Virtueller Adressraum zur Aufnahme des Prozessabbilds,
      Zuordnung von Ressourcen, Ausübung einer Schutzfunktion
    - **Ablaufplanung/Ausführung:**
      Er hat Ausführungszustand (aktiv, bereit, usw.),
      eine Zuteilungspriorität und ist Einheit der Ablaufplanung

➥ Wie wird **kurzfristige, verteilte, klein-granulare** BM-Zuteilung erreicht?

- **Programmierung der Anwendungen**
  - so einfach wie möglich
  - transaktionale Zusicherungen!

4. (Virtual memory) process is domain of **addressing, protection, scheduling!** Bei einigen BS hat die Unterscheidung der Konzepte Ressourcenbesitz und Ausführung zur Entwicklung des Thread-Konzeptes geführt. Für die Unterscheidung der beiden Merkmale wird die Einheit der Zuteilung oft als Thread oder Leichtgewichtsprozess und die Einheit des Ressourcenbesitzes als Prozess bezeichnet

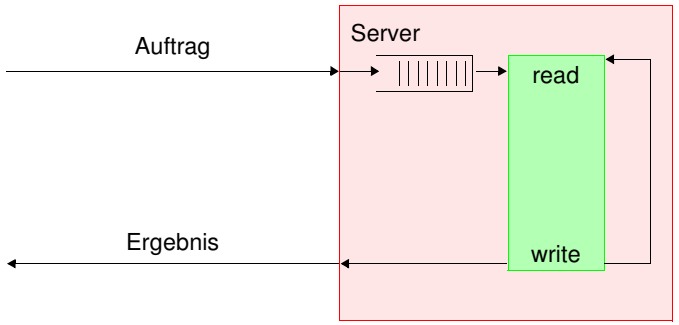
Server-Programmierung

- **Wie schreibt man die Programme, die**
  - einen Auftrag entgegennehmen,
  - die Berechnung durchführen und
  - die Antwort mit dem Ergebnis zurücksenden?

- **Zugeständnisse an die Effizienz**
  - Kontext anders behandeln als lokale Variablen
  - mehrere kooperierende Programme schreiben für eine Aufgabe
  - Mehrfachausführung des Programms berücksichtigen („Threads“ erzeugen)
  - Synchronisation von Zugriffen auf gemeinsame Daten

- **oder nichts von alledem?**
  - wenn die Middleware das alles übernimmt ...

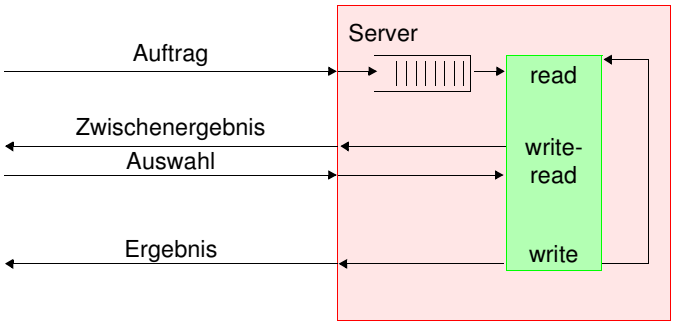
- **Ausführungsmodell 1**
  - Wie führt man die Programme aus?
  - einfachste Lösung:



➥ Achtung: Prozess-Struktur wird hier nicht berücksichtigt (Server ~ Prozess)!

Server-Programmierung (2)

- **Ausführungsmodell 1**
  - read und write charakterisieren Nachrichten vom/zum Client
  - Berücksichtigung des Kontextes:



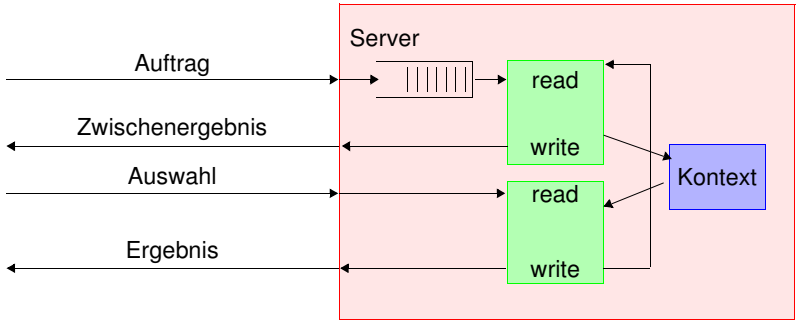
- **Einfachste Art der Programmierung**
  - immer nur ein Auftrag zur Zeit
  - Kontext direkt im Programm

- **Ineffizient!**
  - Wartezeit auf nächste Eingabe („Auswahl“) ungenutzt
  - Wartezeiten während der Bearbeitung
    - Ein-/Ausgabe
    - Aufträge an andere Server (!)

    ebenfalls ungenutzt

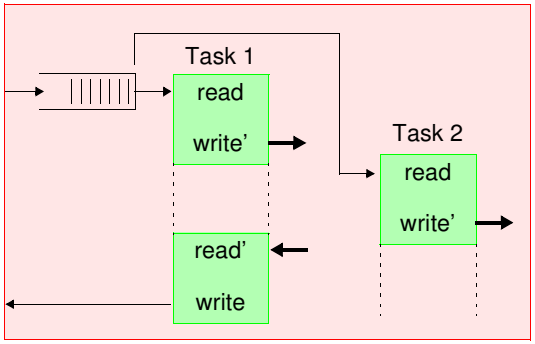
Server-Programmierung (3)

- **Ausführungsmodell 2**
  - Kontext separieren und Programme verketten
  - explizite Verwaltung der Kontexte:



➥ Programmierung wird aufwendiger!
Welche Anforderungen ergeben sich für die Kontextverwaltung?

- **Ausführungsmodell 3**
  - zusätzlich: Wartezeiten in der Berechnung nutzen
  - read’ und write’ charakterisieren Nachrichten von/zu weiteren Servern
  - **Multi-Tasking:**



➥ Wer programmiert das?

Prozesse

- **Ausführungsmodell von Prozessen**
  - soweit ein Prozess pro Server
    - auf Prozessebene überschaubar
    - komplexe interne Programmstrukturen
    - braucht hohe Priorität
    - bei Seitenfehler oder
      Zeitscheibenende wird der gesamte Server inaktiv
  - ein Prozess pro Auftrag?
    - CGI, ...
    - Verwaltungsaufwand zu hoch
  - **mehrere Prozesse pro Server (10 — 100)**
    - skalierbar
    - Prozesskommunikation: Kontexte müssen „wandern“
    - interne Programmstrukturen einfach
    - Verwaltungsaufwand mittelmäßig

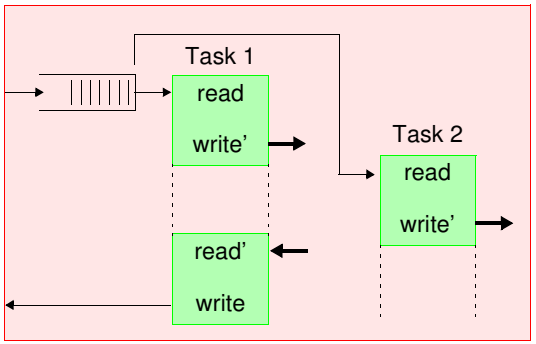
Prozesse (2)

- **Ausführungsmodell von Threads**
  - Ablaufeinheit innerhalb eines Prozesses (leichtgewichtiger Prozess)
    - **Trennung von**
      - **Ressourcenbesitz**
        (Virtueller Adressraum, Schutzfunktion) und
      - **Ablaufplanung/Ausführung**
        (Ausführungszustand, Zuteilungspriorität)
    - Verwalten deutlich einfacher als beim Prozess
    - Erzeugen und Vernichten oder Thread-Pool bereithalten
  - **Scheduling zweiter Stufe**
    - BS oder Subsystem, z. B. TP-Monitor oder DBMS
    - Umschalten
      - bei Ein-/Ausgabe und Aufruf anderer Server,
      - evtl. auch bei Seitenfehler, aber
      - nicht bei Zeitscheibenablauf (Merkmal Ausführung)
    - gleicher Adressraum (Merkmal Ressourcenbesitz)
    - effizienter Datenaustausch (Kontexte)
    - Synchronisation in vielen Fällen durch Scheduling
  - bessere Bezeichnung wäre: **Task**[5]
    (wird im folgenden benutzt)

5. Bei Threads erfolgt ihre Freigabe typischerweise explizit durch spezielle Anweisungen im abzuwickelnden Programm. Da TAPs unabhängig von ihrer Ablaufumgebung geschrieben werden, muss die Thread-Freigabe und damit das Scheduling auf zweiter Stufe auf eine „semantische“ Art erfolgen (z. B. write-Anweisung). Deshalb bezeichnen wir die Einheiten der Ausführung innerhalb eines Prozesses als Tasks.

Programmverwaltung

- **Ausführungsmodelle für Programme**
  - Kombination mit Ausführungsmodell 3

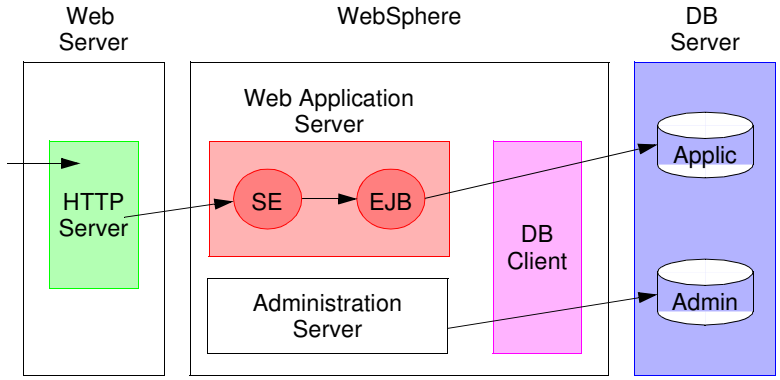


Annahme: Task 1 und Task 2 führen „Auszahlung“ aus

  - Mehrere Tasks führen das gleiche Programm aus
    - zur gleichen Zeit (z. B. Kontenbuchung)
    - Jeder erzeugt einen **„Thread“** durch ein Programm
  - einfachste Variante
    - Jeder Task erhält **eigene Kopie** („Single-Threading“)
    - hoher Speicherplatzbedarf (Seitenwechselrate steigt)
  - besser:
    - **Mehrere Tasks** benutzen **gemeinsame Kopie** („Multi-Threading“)
    - geht nur unter bestimmten Voraussetzungen:
      - alle Variablen im Kontext,
        Trennung von Daten- und Code-Segment
      - keine Code-Modifikation
        (Code ist „reentrant“ oder „ablaufinvariant“)
    - Aufgabe des Compilers

Ein praktisches Beispiel

- **Java im transaktionalen Umfeld**
  - Java ist zu langsam für die Verwendung in TA-Systemen!
  - Woran liegt das?
- **Einsatzkontext**

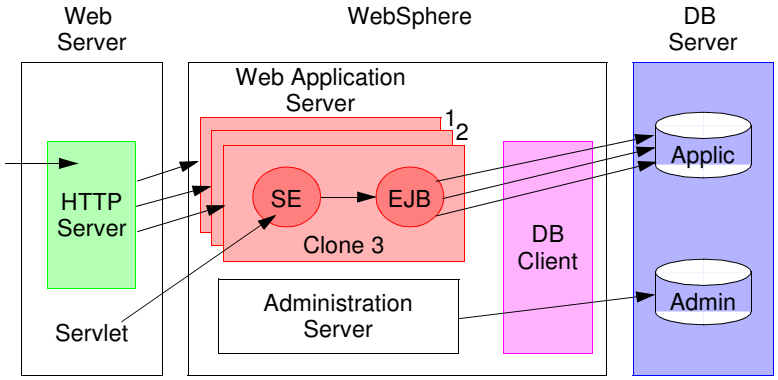


  - Zugriff erfolgt durch HTTP-Clients, die durch einen normalen HTTP-Server (z. B. Apache) bedient werden
  - Wichtigste Komponente von WebSphere: Java Web Application Server mit Servlet Engine (SE) und EJB-Container (EJB)
  - SE und EJB laufen unter einer gemeinsamen Java Virtual Machine (JVM); (EJB-Methodenaufrufe durch Servlet-Klassen nicht über RMI oder RMI/IIOP!)
  - Nutzung von Java-Threads für die TA-Verarbeitung ist problematisch[6]
  - Komponenten wie Web-Server, ORB und Administration können auch in der gleichen JVM laufen
  - Der DB-Server läuft typischerweise auf einem separaten Rechner oder als isolierter Prozess in einem eigenen virtuellen Adressraum auf dem gleichen Rechner wie WebSphere

6. The existing application isolation mechanisms, such as class loaders, do not guarantee that two arbitrary applications executing in the same instance of the JVM will not interfere with one another. Such interference can occur in many places. For instance, mutable parts of classes can leak object references and can allow one application to prevent the others from invoking certain methods. The internalized strings introduce shared, easy to capture monitors. Sharing event and finalization queues and their associated handling threads can block or hinder the execution of some application. Monopolizing of computational resources, such as heap memory, by one application can starve the others.

Ein praktisches Beispiel (2)

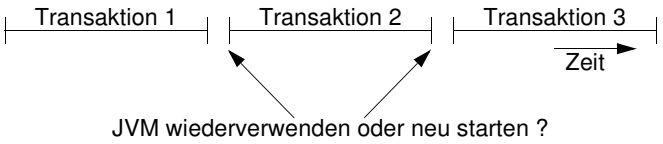
- **Weitergehende Schwächen des EJB-Modells**
  - Monopolisierung von Ressourcen bei komplexen TA-Umgebungen
  - Verbesserung des Isolation mittels Class-Loader-Hierarchien oder mittels modifiziertem JVM (auch Java Operating System genannt)
  - Trotzdem: nur sehr wenige unternehmenskritische Java-TA-Anwendungen haben „Produktionsstatus“
- **Cloning in WebSphere**
  - Identische Instanzen des Java Web Application Server werden als getrennte Prozesse in getrennten virtuellen Adressräumen gefahren (Multi-Process)
  - Jeder Prozess hat eigene JVM und verarbeitet immer nur eine TA
  - Nach Commit / Rollback steht der Prozess für eine weitere TA zur Verfügung



- **Wiederverwendung einer JVM für aufeinanderfolgende TA?**
  - JVM wird innerhalb eines Prozesses erstellt, um eine Anwendung zu laden und auszuführen
  - Der Prozess wird durch den Scheduler des BS-Kernels aktiviert, läuft in der Regel in einem eigenen virtuellen Adressraum und gestattet die Ausführung von Threads (Tasks)
  - Normale JVM startet und terminiert mit der Anwendung

Ein praktisches Beispiel (3)

- **Zentrales Problem von JVMs bei der TA-Verarbeitung**
  - Wenn ein Java-Programm lange läuft (sec, min), ist der Aufwand für Start und Initialisierung einer JVM vergleichsweise gering[7]
  - Aber: Wie erreicht man KTPS von kurzen TAs bei EJBs (z. B. im CICS-Umfeld)?

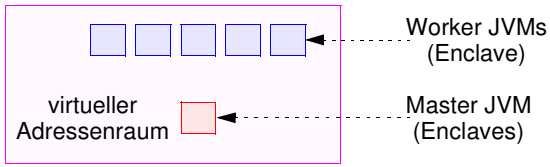


  - Nahe liegende Idee: existierende JVM wird für mehrere aufeinander folgende TAs wiederverwendet
  - Serial-Reuse-Transaktionsmodell
    - System- und Middleware-Klassen werden nur einmal geladen
    - aber: Single-Tasking!
    - Wer garantiert „sauberen“ JVM-Zustand? (Es ist grundsätzlich möglich, dass eine TA für die Folge-TA den Zustand der JVM ändert und ACID gefährdet).
- **Optimierung durch PRJVM**
  - Persistent Reusable JVM erreicht die gewünschte Zuverlässigkeit und TA-Sicherheit durch erweiterte Reset-Funktionalität (in z/OS)
    - Ist Reset nicht möglich, wird JVM als unsauber (dirty) erklärt und vernichtet
    - Saubere JVMs fahren sofort mit der nächsten TA fort

7. Die Ausführung einer Java-Anwendung erfordert die Erstellung und Initialisierung einer eigenen JVM-Instanz mit Hilfe eines Bootstrap Class Loader, welcher als Teil des Startvorgangs einer JVM die elementaren Java-Klassen lädt. Dieser wird durch einen externen Prozess aufgerufen (z.B. durch einen JNI-Call) und initialisiert sich anschließend, wobei unter anderem Systemklassen geladen werden, um den Kontext der JVM aufzusetzen. Das Hoch- und Herunterfahren einer JVM hat jedoch einen erheblichen Zeitaufwand zur Folge. Eine Studie der Java-Anwendungen unter OS/390 Unix System Services hat ergeben, dass bei jeder Initialisierung einer JVM etwa 60 Systemklassen geladen sowie 700 Array-Objekte und über 1000 Non-Array-Objekte allokiert und angelegt werden müssen. Die Pfadlänge kann "between 20 and 100 million instructions, dependent on the underlying platform" betragen. Daher erreicht man mit dieser Vorgehensweise nur sehr geringe Transaktionsraten.

Ein praktisches Beispiel (4)

- **Virtueller Adressraum mit mehreren JVMs**
  - Aufteilung des Initialisierungs- und Steuerungsaufwandes durch Master- und Worker-JVMs



  - Bei Programmierung in Java können Enclaves mehrere JVMs in einem Adressraum kontrollieren: in dieser als Open Transaction Environment (OTE) bezeichneten Umgebung läuft jede JVM als selbständiger Thread
  - Master JVM ist ausschließlich für Laden und Binden der erforderlichen Systemklassen zuständig (~60 Systemklassen für Initialisierung einer JVM)

- **Drei alternative Testkonfigurationen** (in einem IBM-Projekt)

Normale JVM	Normale JVM	PRJVM
zLinux	z/OS	z/OS

- **Leistungsvergleich bei TPC-A-ähnlichem Benchmark**

Normale JVM zLinux Tx/s	normale JVM z/OS Tx/s	Verhältnis zLinux zu z/OS	PRJVM z/OS Tx/s	Verhältnis PRJVM zu normale JVM
1,223	0,796	1,54	261,04	327,94

  - Multi-Tasking von Java-TAs leidet unter fehlenden Isolationseigenschaften des derzeitigen JVM-Standards
  - PRJVM strebt Multi-Process / Multi-Tasking an

Zuordnungen — Namen

- **Server-Klasse**
  - n:m-Beziehung mit Netzknoten
  - 1:n-Beziehung mit Servern
  - Eine Server-Klasse auf mehreren Netzknoten bedeutet: Server sind austauschbar ➥ **Lastbalancierung**
  - kann durch URL adressiert werden

- **Funktion (Dienst, Service)**
  - n:1-Beziehung mit Server-Klasse

- **Server**
  - 1:n-Beziehung mit Prozessen
  - Prozess bietet Single-Tasking oder Multi-Tasking (wird manchmal auch als Threading bezeichnet)
  - Task führt Programm aus und erzeugt dabei einen Thread durch das Programm

- **Programm**
  - n:m-Beziehung mit Funktionen
  - extern nicht sichtbar
  - interne Zuordnung von Programmen zu Funktionen oder auch nur Teilen (Abschnitten) davon
  - Abwicklung durch Tasks unter **Single-Threading oder Multi-Threading**

- **Zahlreiche externe Dienste verfügbar**
  - X.500, LDAP, Jini, UDDI, ...

Transaktionen

- **Transaktionale Zusicherungen**
  - bisher: nur ACID-Garantie für DB-Daten
  - Fehler und Ausfälle berücksichtigen (nicht nur im DB-Server!)
    - Berechnung im Server begonnen, aber noch nicht vollständig
    - Client kann diesen Zwischenzustand weder verstehen noch verlassen
    - manueller Eingriff durch Server-Administration?
  - **„Transaktion“** als Dienstleistung des Servers (Ressourcen-Mgr) (und der Middleware)
    - Alles oder nichts — vom System gewährleistet:
      - unvollständige Berechnungen rückgängig machen, so dass der Client den Auftrag wiederholen kann
      - vollständige Berechnungen wiederherstellen
    - nicht der Programmierung überlassen, sondern in der Middleware anbieten
  - Beispiel:
    - EJB als Server-seitige Komponententechnik erlaubt die Erstellung von (J2EE)-Anwendungen unabhängig von Systemdiensten wie Transaktionsverwaltung und persistente Datenhaltung.
    - Dienste werden deklarativ spezifiziert und auf Wunsch von der Laufzeitumgebung (sog. EJB Container) integriert (Deployment)

➥ Middleware erlaubt Trennung von Anwendungslogik und Infrastruktur

Resümee zu Server-Strukturen und -Techniken

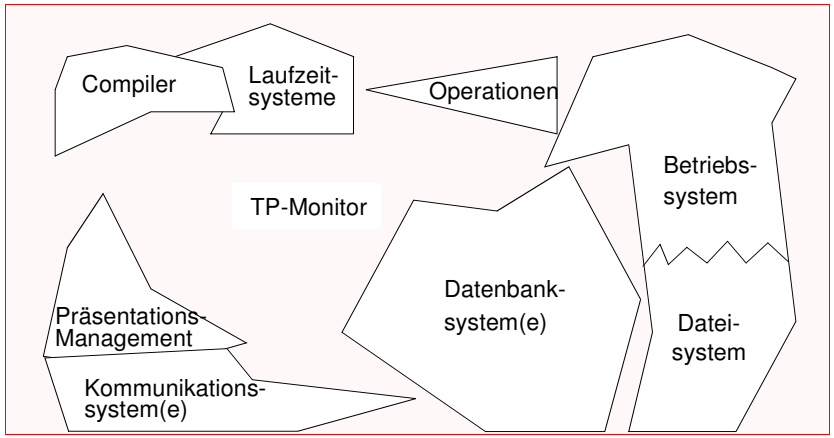
- **Ziel**
  - Einsatz aller genannten Techniken zur Steigerung der Effizienz
    - Programmverkettung
    - Multi-Tasking
    - Multi-Threading
    - ablaufinvariante Programme
  - Programmierung dennoch so einfach wie möglich
    - einen Auftrag bearbeiten
    - Kontext = lokale Variablen
    - Isolierung: gleichzeitig laufende Aktivitäten nicht sichtbar
    - Ablaufinvarianz des Codes ist Sache des Compilers
  - Aufgabe der Middleware
    - insbesondere: Strategien änderbar (optimierbar)

- **Allgemeine Nutzung**
  - Sie sind einsetzbar für:
    - Transaktionssysteme (Flug-, Konto-Buchung, SAP/R3-AW)
    - Datei-Server
    - RPC-Server („Client-Server-Betrieb“)
    - Datenbank-Server
    - Web-Server
    - Applikations-Server
    - EJB Container
    - Web Services
    - ...
  - und werden dort (teilweise) eingesetzt
  - Bedarf an Leistungssteigerung ist ungebrochen
  - Trotzdem: **Trennung von Anwendungslogik und Infrastruktur!**

Was sind TP-Monitore?

- **TP-Monitore (Transaction Processing Monitor)**
  - bieten schon seit ~ 1970 auf Mainframes robuste Laufzeitumgebungen für große OLTP-Anwendungen (*on-line transaction processing*)
  - liefern den „Klebstoff“ für das Zusammenwirken vieler Komponenten, Betriebsmittel (BM), Protokolle usw. bei der TA-Abwicklung
  - realisieren und optimieren Funktionen, die von BS typischerweise nur sehr schlecht oder gar nicht unterstützt werden
  - verwalten Prozesse und starten/überwachen TAPs. Sie erlauben die Integration unabhängiger Dienste und ihre Abwicklung als TAs

- **TP-Monitor[8] und zugeordnete Systemkomponenten**



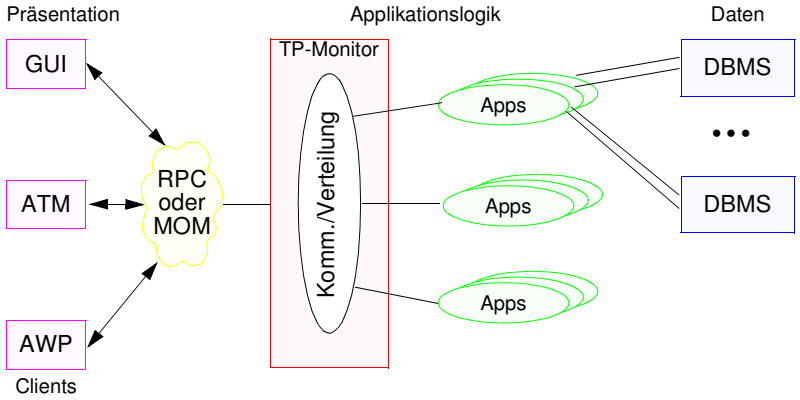
Der TP-Monitor integriert verschiedenartige Systemkomponenten, um gleichförmige Schnittstelle für Anwendungen und Operationen mit demselben Verhalten im Fehlerfall (*failure semantics*) zu bieten.

8. “In a contest for the least well-defined software term, TP-Monitor would be a tough contender” (J. Gray)

Was sind TP-Monitore? (2)

- **Neue TP-Monitor-Generation[9]**
  - ist „offen“ (standardisierte Schnittstellen zu Plattformen, Kommunikation, Benutzern)
  - lässt sich auf mehreren BS (Rechnerplattformen) einsetzen
  - ist Client-/Server-basiert

- **Was tun TP-Monitore in C/S-Umgebungen?**
  - Sie verwalten Transaktionen und koordinieren ihren Ablauf im System
  - Sie kontrollieren die Kommunikationsflüsse zwischen Tausenden von Clients und Hunderten von Servern
  - Sie ergreifen Maßnahmen zur Lastbalancierung und verbessern das Leistungsverhalten
  - Sie sind für den Wiederanlauf nach Fehlern (*Restart*) verantwortlich
  - Sie stellen sicher, dass Transaktionen die ACID-Eigenschaften einhalten

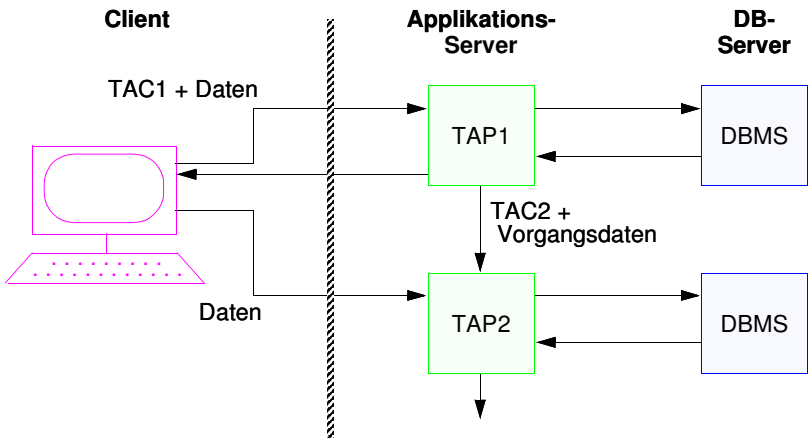


9. TP-Monitors are like the Rolling Stones – been around for a long time, but still drawing large crowds (David Linthicum)

Was sind TP-Monitore? (3)

- **Wie sind TP-Monitor-basierte Anwendungen aufgebaut?**
  - TP-Monitor bietet ein vordefiniertes Framework für Entwicklung, Betrieb und Administration von C/S-Applikationen
  - Auf der **Client-Seite** sind Tools zur Entwicklung/Definition von GUIs (Fenster, Formulare, Masken usw.) verfügbar
  - Auf der **Server-Seite** lassen sich modulare, wiederbenutzbare Dienste entwickeln, die von Ressourcen-Mgr (RM) gekapselt werden.
  - TP-Monitore stellen **allgemeine Server-Klassen** zur Verfügung, für die Prozesse erzeugt werden können, in denen die Dienste der Applikation abgewickelt werden (ein oder mehrere Prozesse pro Server-Klasse)
  - Sie führen auf Server-Seite einen **ereignisgetriebenen Programmierstil** ein (TACs initiieren TAPs)

- **Prinzipieller Ablauf eines Vorgangs**



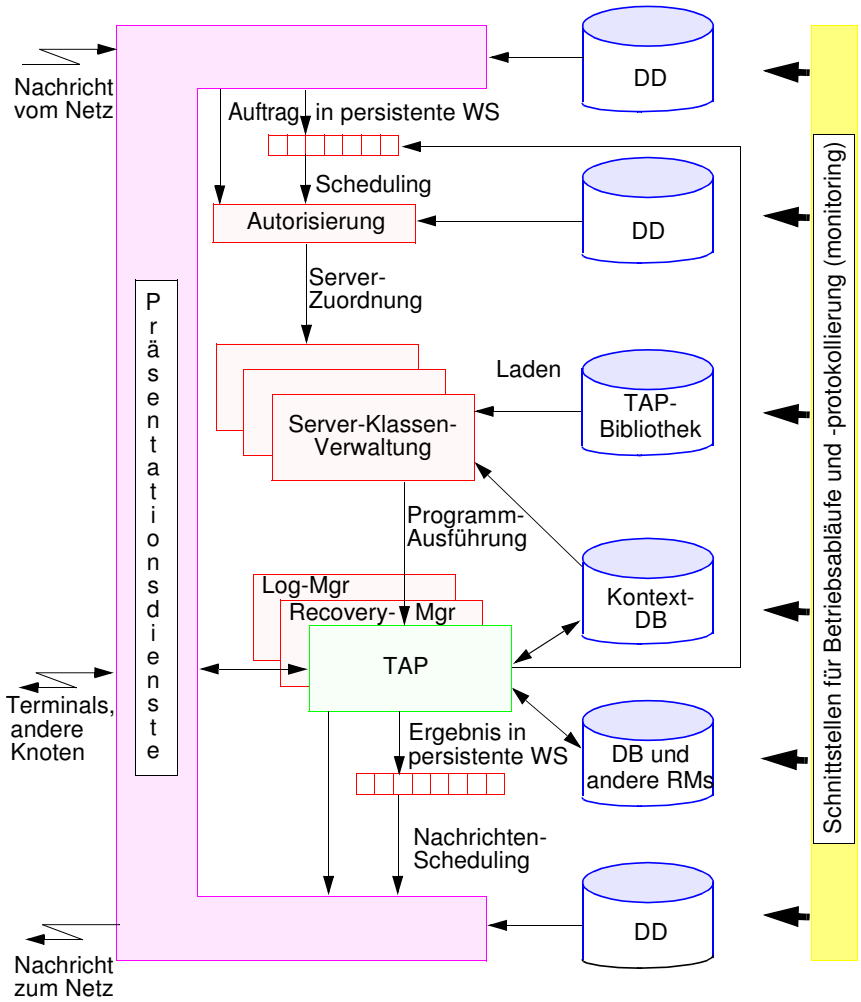
Was sind TP-Monitore? (4)

- **Was ist nun genau ein TP-Monitor?**
  - Er lässt sich als BS für transaktionsgeschützte Applikationen auffassen
  - Er ist ein Framework für Applikations-Server
  - **Er erledigt drei Aufgaben extrem gut:**
    - **Prozessverwaltung:**
      Sie schließt das Starten von Server-Prozessen,
      das Initiieren von TAPs,
      das Kontrollieren ihres Ablaufs und
      die Lastbalancierung ein
    - **Transaktionsverwaltung**[10]**:**
      Sie garantiert die ACID-Eigenschaften von allen Programmen, die unter ihrem „Schutz“ ablaufen.
      Dazu muss sie im Normalbetrieb Logging (z. B. Protokollieren von Nachrichten) durchführen, um im Fehlerfall Recovery-Maßnahmen ergreifen zu können
    - **C/S-Kommunikationsverwaltung**:
      Es ist Client/Server- und Server/Server-Kommunikation zu unterstützen.
      Sie erlaubt den Client- und Server-Programmen, die an einer Anwendung beteiligten Dienste und Komponenten auf verschiedene Weise aufzurufen: RPCs, Konversationen, asynchrone Nachrichten über persistente Warteschlangen (MOM: *message-oriented middleware*), Broadcasts, ...

10. The Standish Group estimates that the world electronically processes 68 million transactions every second. 53 million of the 68 million use a TP Monitor (Jim Johnson, Oct. 1998)

Struktur eines TP-Monitors

- **Kontrollfluss durch einen TP-Monitor** (vereinfacht)



➥ Diagramm repräsentiert die wichtigsten Grundfunktionen für TAP-Verwaltung und -Ausführung

Struktur eines TP-Monitors (2)

- **Präsentationsdienste**
  - bilden die Schnittstellen zwischen dem TAP und den E/A-Geräten
  - bieten Geräteunabhängigkeit (Terminaltyp, Formatkontrolle, *Scrolling*) und Kommunikationsprotokollunabhängigkeit

    ➥ wegen vieler verschiedener Präsentationsdienste (Window-Protokolle, Graphikstandards) implementieren oft eigene RM diese Dienste

- **Warteschlangenverwaltung**
  - WS-Dienste müssen transaktionsorientiert sein: Auftrag in WS wird genau einmal ausgeführt (‘exactly once’)
  - Nur bei Commit der Server-TA kommt Ergebnis in Ausgabe-WS
  - Abhängig von Anwendung und Inhalt der Nachricht können für Auslieferung verschiedene Zusicherungen vereinbart werden: ‘at least once’, ‘at most once’ oder ‘exactly once’

    ➥ WS-Mgr ist oft als RM implementiert, der zum TP-Monitor gehört

- **Server-Klassen-Verwaltung**
  - Zuständig dafür, dass für jedes TAP eine Server-Klasse definiert und aktiv ist
  - Aktivierung der Server entweder ‘by default’ oder ‘on demand’
  - Aufgaben: Erzeugen von Prozessen und WS, Laden der TAP-Codes, Besorgen der Zugriffsrechte für die WS-Zugriffe, Festlegen der Server-Prioritäten u.a.

    ➥ Aufgaben fallen auch in die Verantwortlichkeit der Lastbalancierung. Sie sind deshalb in enger Kooperation zu lösen.

    ➥ Funktionen wie Prozesserzeugung und TAP-Ausführung werden vom BS zur Verfügung gestellt.

Struktur eines TP-Monitors (3)

- **Scheduling von Aufträgen**
  - die am **häufigsten angeforderte Funktion** des TP-Monitors
  - Bestimmung des angeforderten Dienstes:
    lokal oder entfernter Knoten.
  - Weiterleitung des Auftrags an den Server.

- **Autorisierung der Aufträge**
  - Teil der systemweiten Sicherheitsvorkehrungen
  - Spektrum der Lösungen: von einfacher, statischer Autorisierung bis zu wertabhängiger, dynamischer Autorisierung

    ➥ Wegen spezifischer Betriebscharakteristika von TA-Systemen ist dynamische Autorisierung für individuelle Aufträge sehr wichtig

- **Kontextverwaltung**
  - 1. Speicherung von Verarbeitungskontexten, die **über TA-Grenzen** gehalten werden sollen (Mehr-TA-Vorgänge)

    ➥ Kontext-DB hat alle ACID-Eigenschaften und könnte durch ein SQL-DBS implementiert werden

  - 2. Unterstützung der Kontextnutzung **innerhalb einer TA**:
    Weitergabe von Zwischenergebnissen einer TA über Nachricht beim Server-Aufruf zu aufwendig; Kontextverwaltung speichert die Daten zwischen und erlaubt nachfolgende Server Zugriff auf die Daten

    ➥ Diese Zugriffe erfolgen innerhalb einer TA; deshalb sind keine persistenten Kontexte erforderlich

Struktur eines TP-Monitors (4)

- **Metadatenverwaltung**

  Annahme: globales Repository (DD, Data Dictionary)

  ➥ Je mehr der TP-Monitor tun soll, desto genauer/umfangreicher müssen die Metadaten sein

- **Metadaten-Übersicht:** Beschreibung der
  - zum verteilten TA-System gehörigen Knoten: Namen, Adressen, ...
  - lokalen Komponenten der TA-Dienste wie Log-Mgr, Recovery-Mgr, Kommunikations-Mgr, ...
  - Geräte und HW-Komponenten, die der TP-Monitor kennen muss, wie Terminals, Controller, physische Verbindungen, ...
  - TAPs und RMs, die am betreffenden Knoten installiert sind
  - Autorisierungsinformation
    - Zugriffskontrollisten für TAPs und RMs
    - über die dem System bekannten Benutzer
    - Autorisierungs-Codes (Passwörter), Sicherheitsprofile, ...
  - Konfigurationsdaten
    - für Server-Klassen über Prozesse, Tasks, Prioritäten
    - über Betriebs- und Administrations-Schnittstellen
    - für Wiederanlauf und spezielle Abläufe
      (Restart-Reihenfolge der RMs)

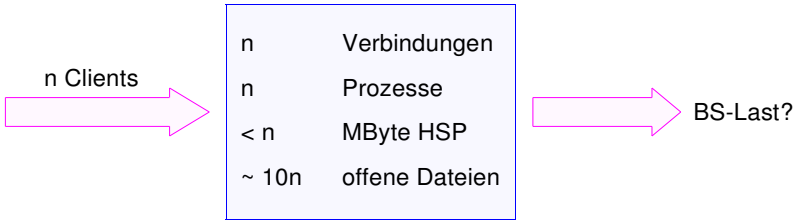
  ➥ Inhalt diese Kataloge wird gewartet und aktualisiert über System-TAs.
  Beim Restart wird die hier hinterlegte Konfiguration „hochgefahren"

Ablauf in dreistufigen C/S-Architekturen

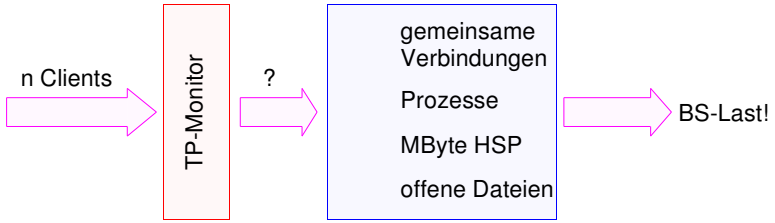
- **Typischer BM-Bedarf pro Client auf einem Server**
  - eine Kommunikationsverbindung
  - 0.5 — 1 MByte Hauptspeicher (RAM)
  - 1 oder 2 Prozesse
  - ~ 10 offene Dateikontrollblöcke (file handle)

➥ Soll jeder Client seine eigenen BM statisch zugeordnet bekommen (virtueller Prozessor)?

- **Herkömmliche BS-Abbildung**



- **Einsatz eines TP-Monitors**[11]

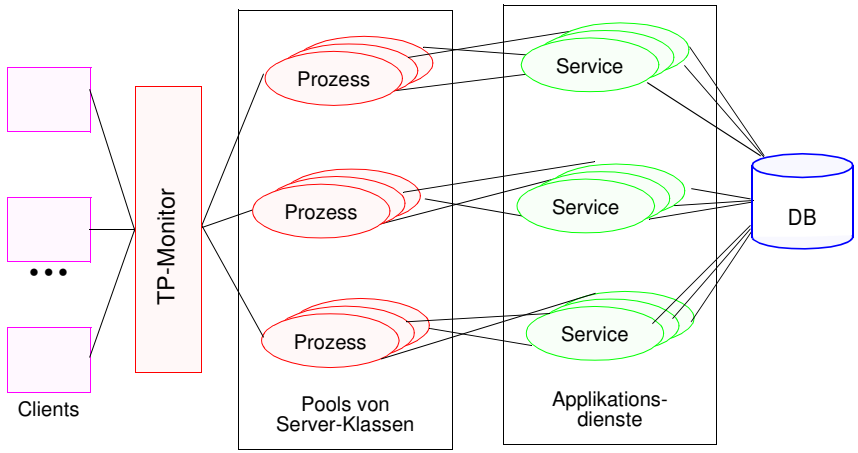


11. "TP-Monitor: The 3-Tier Workhorse" (Jeri Edwards)

Ablauf in dreistufigen C/S-Architekturen (2)

- **BM-Zuteilung erfolgt auftragsbezogen**
  - OLTP-Applikation besteht aus einer Menge von Diensten (TAPs)
  - Server-Klasse besteht aus Pool von (statisch erzeugten) Prozessen (mit Tasks/Threads), welche vorab geladene TAPs abwickeln können. TP-Monitor kann dynamisch neue Prozesse starten

    ➥ Lastbalancierung
  - Applikation kann eine oder mehrere Server-Klassen besitzen
  - TP-Monitor weist Server-Klasse ankommenden Auftrag (TAC) zu; nach Abwicklung Freigabe der auftragsbezogenen BM. TP-Monitor leitet die Antwort an den Client weiter

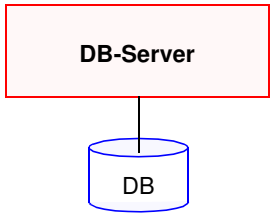


- **Bildung von Server-Klassen**
  - nach Prioritätsaspekten für die TAP-Ausführung
  - nach Applikationstypen
  - nach Antwortzeitvorgaben
  - nach Fehlertoleranzanforderungen, ...

Aufbau des DB-Servers

- **Wie werden die Anforderungen an den DB-Server technisch umgesetzt?**
  - Komplexität des DBS
  - Modularität, Portabilität, Erweiterbarkeit, Zuverlässigkeit, ...
  - Laufzeiteigenschaften (Leistung[12], Betriebsverhalten, Fehlertoleranz, ...)
- **Ist ein monolithischer Ansatz sinnvoll?**
  - Mengenorientierte Operationen auf abstrakten Objekten (Tabellen) müssen „auf einmal“ umgesetzt und abgewickelt werden!
  - DBS-Schnittstelle: Beispiel

```
Select *
From    ANGESTELLTER P, ABTEILUNG A, ...
Where   P.GEHALT > 5000 AND ALTER < 25 AND P.ANR = A.ANR ...
```

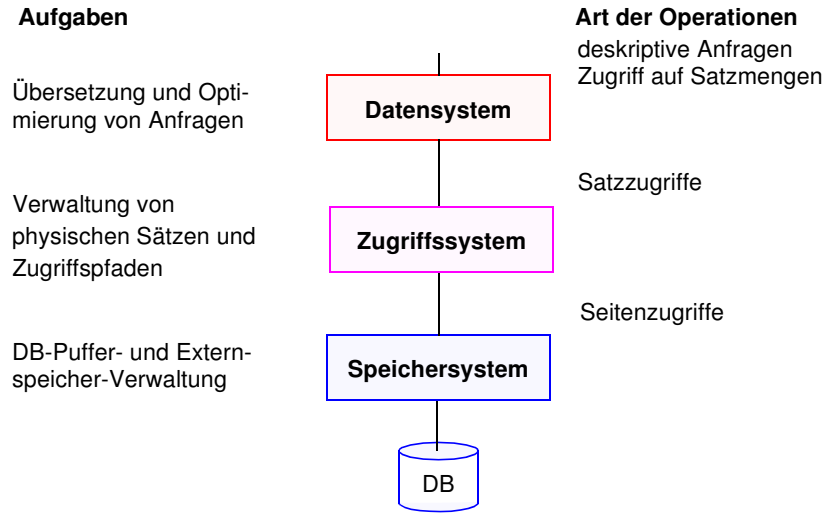


  - Schnittstelle zum Externspeicher: Lesen und Schreiben von Seiten
- **Außerdem: Alles ändert sich ständig!**
  - DBS-Software hat eine Lebenszeit von > 20 Jahren
  - permanente Evolution des Systems
    - wachsender Informationsbedarf: Objekttypen, Integritätsbedingungen, ...
    - neue Speicherungsstrukturen und Zugriffsverfahren, ...
    - schnelle Änderungen der eingesetzten Technologien: Speicher, ...

12. Denn für DBS und ihre Anwendungen gilt folgender populäre Spruch in besonderer Weise: „Leistung ist nicht alles, aber ohne Leistung ist alles nichts“.

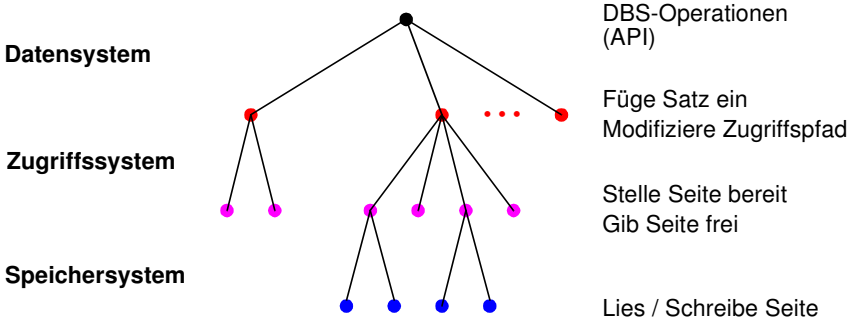
Aufbau des DB-Servers (2)

- **Deshalb als wichtigstes Entwurfsziel: datenunabhängiges DBS**
- **Vereinfachtes Schichtenmodell**



Achtung: Schichtung verkörpert „benutzt“-Hierarchie!
Warum sind das keine C/S-Beziehungen?

- **Dynamischer Kontrollfluss einer Operation im DBS**



Ablaufbeispiel

- **Transaktionsprogramm „Auszahlung“:**

  Read message (kontonr, schalternr, zweigstelle, betrag) from Terminal;
  BEGIN TRANSACTION
  UPDATE Konto

  SET kontostand = kontostand - *betrag*
  WHERE konto_nr = *kontonr* and kontostand >= *betrag*

  . . .
  UPDATE Schalter

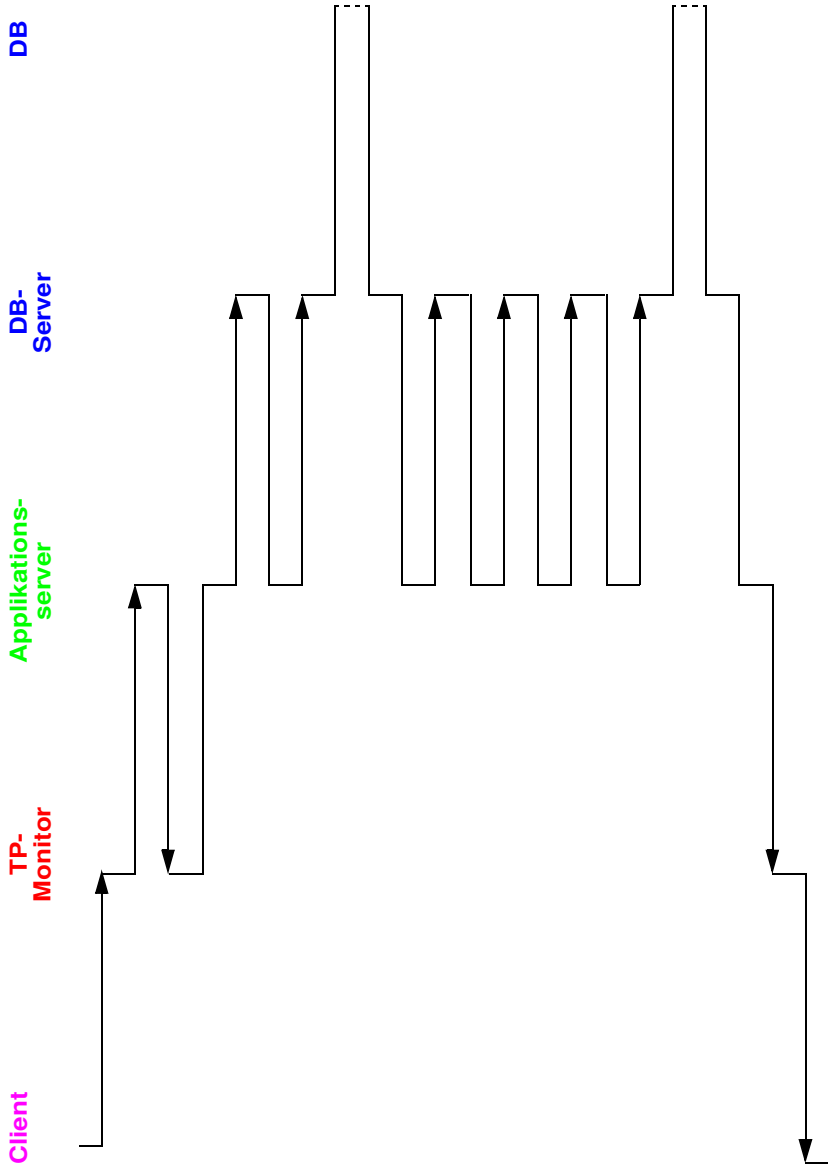
  SET kontostand = kontostand - *betrag*
  WHERE schalter_nr = *schalternr*

  UPDATE Zweigstelle

  SET kontostand = kontostand - *betrag*
  WHERE zweig_stelle = *zweigstelle*

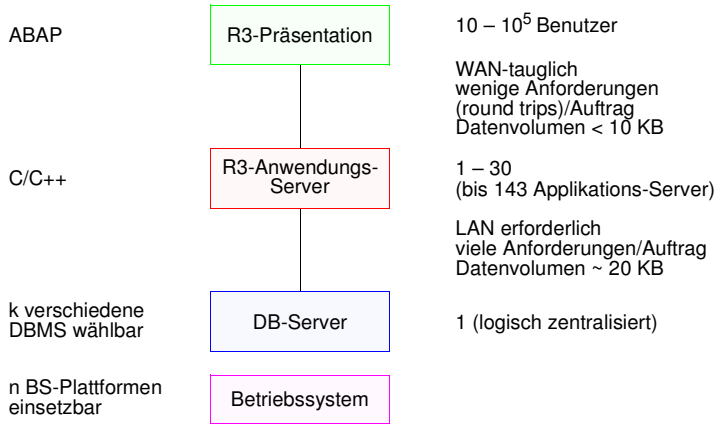
  INSERT INTO Ablage (zeitstempel, werte)
  COMMIT TRANSACTION ;
  Write message (kontonr, kontostand, . . .) to Terminal

- **Annahmen**
  - Alle Indexstrukturen (B*-Bäume) können im DB-Puffer gehalten werden
  - Es gibt sehr viele Objekte vom Typ **Konto**. Sie müssen immer vom Externspeicher geholt werden
  - Alle Objekte der Typen **Schalter** und **Zweigstelle** (kleine Mengen) sind bereits im DB-Puffer
  - Alle Änderungen (UPDATE) werden „später” verdrängt
  - Alle Log-Daten werden bei Commit auf einmal geschrieben



Dreistufige C/S-Architektur (SAP/R3)

- **Realisierung in**



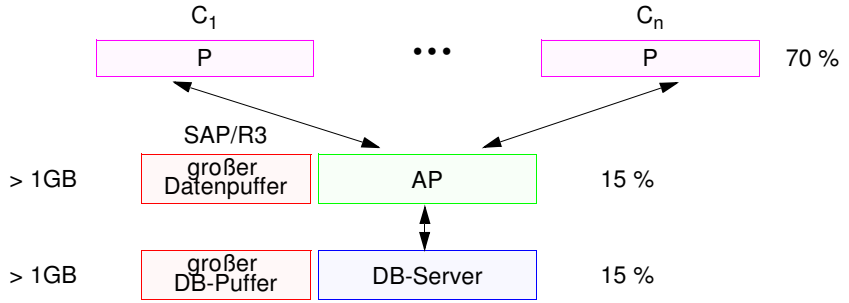
- **Funktionen in der mittleren Schicht (M)**
  - ABAP-Interpreter
  - TP-Monitor
  - AW-Systeme
  - Caching von DB-Daten
  - DBMS-Schnittstelle

➥ Unternehmensintegration über eine einzige DB, Skalierbarkeit sehr wichtig

- **Zahlen**
  - DB-Schema: > 15 000 Tabellen (Relationen)
    200 000 Spalten (Attribute)
  - > 40 M LOCs Anwendungsprogramme
  - Wachstumsrate pro größerer Version: + 30%
  - Systemgröße (leer) auf Platte: 8 GB (*foot print*)
  - Unterstützung von mehr als 20 Sprachen

Dreistufige C/S-Architektur (SAP/R3)

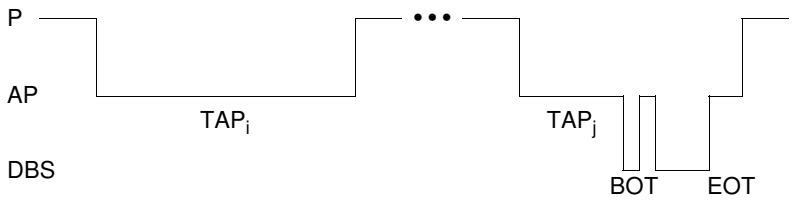
- **Einsatz von großen Puffern**



- **Ziele**
  - Anwendungsdaten sollen in der Nähe der Anwendung gehalten werden (lokal im AP-Puffer)
  - Ausnutzung von Anwendungswissen bei der Zugriffssynchronisation auf Ebene des AP-Servers

➥ AP-Server enthält TP-Monitor-Funktionalität und muss viel DBS-Funktionalität reimplementieren

- **Zeitlicher Ablauf einer Transaktion**



- **Eigenschaften**
  - Präsentation mit GUI ist sehr aufwendig; Präsentationslogik (Benutzerinteraktion) sollte nicht im TA-Pfad liegen!
  - Mengenorientierter Zugriff (SQL) auf AP-Puffer ist sehr restriktiv
  - Hauptsächlich genutzte DBS-Funktionalität: **Datenspeicher und Logging/Recovery**

TA-Verarbeitung in offenen Systemen

- **Idee der Client/Server-Verarbeitung korrespondiert mit dem Konzept von Offenen Systemen.**

  Definition von IEEE im Rahmen der POSIX-Aktivität:

  Ein **offenes System** ist

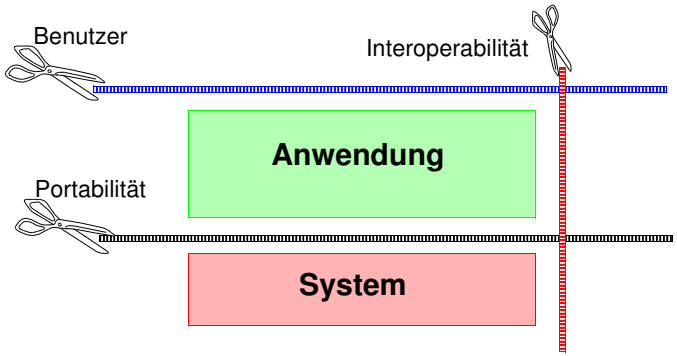
  „ein System, das in ausreichendem Maße offengelegte Spezifikationen für Schnittstellen und dazugehörige Formate implementiert, damit entsprechend gestaltete Anwendungssoftware

  - auf eine **Vielzahl verschiedener Systeme portiert** werden kann (mit Anpassungen),
  - mit anderen **Anwendungen lokal und entfernt** interoperabel ist,
  - mit Benutzern in einer Art interagiert, die das **Wechseln der Benutzer zwischen Systemen erleichtert**".

  ➥ Diese Anforderungen spiegeln sich z. T. auch in den Zielvorstellungen von Client/Server-Systemen wider.

- **Offenheit impliziert Standardisierung**

  - Definition und Veröffentlichung von Schnittstellen



  - **Systemschnittstellen** gewährleisten die Portabilität der AW-Software
  - **Aufrufschnittstellen** erlauben die Interoperabilität zwischen AWs und zwischen Systemen
  - **Benutzerschnittstellen** regeln einen einheitlichen Benutzerzugang

TA-Verarbeitung in offenen Systemen (2)

- **Standards zur TA-Verwaltung**[13]

  TP-Monitore benötigen Standards, weil sie letztendlich den „Klebstoff" verkörpern, der die unterschiedlichen und heterogenen SW-Komponenten zusammenfügt.

  - Ihre AW laufen auf verschiedenartigen Plattformen und
  - haben Zugriff zu verschiedenen DBs und RMs
  - Die AW haben absolut kein Wissen voneinander

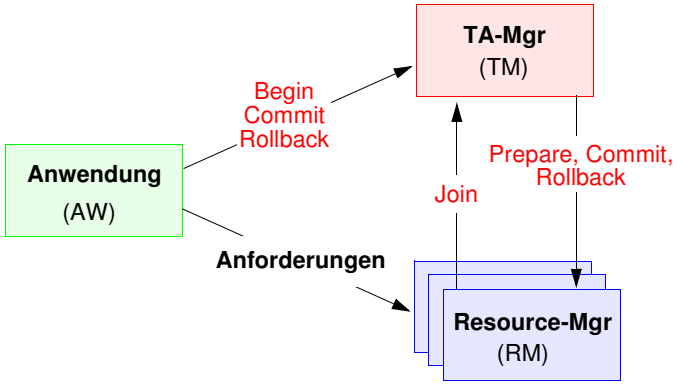
  ➥ Einziger Weg zur Verknüpfung: „**Offene Standards**"
  Bereitstellung von Schnittstellen zwischen TP-Monitor und RMs, TP-Monitor untereinander und TP-Monitor und AW

- **Standards kommen aus zwei Quellen**

  - **ISO:**
    OSI-TP spezifiziert die Nachrichtenprotokolle zur Kooperation von TP-Monitoren
  - **X/OPEN** definiert den allgemeinen Rahmen für TA-Verarbeitung
    X/Open DTP (distributed transaction processing) stellt eine SW-Architektur dar, die mehreren AWP erlaubt, gemeinsam Betriebsmittel mehrerer RMs zu nutzen und die Arbeit der beteiligten RMs durch globale Transaktionen zusammenzufassen.

13. „May all your transactions commit and never leave you in doubt!" (Jim Gray)

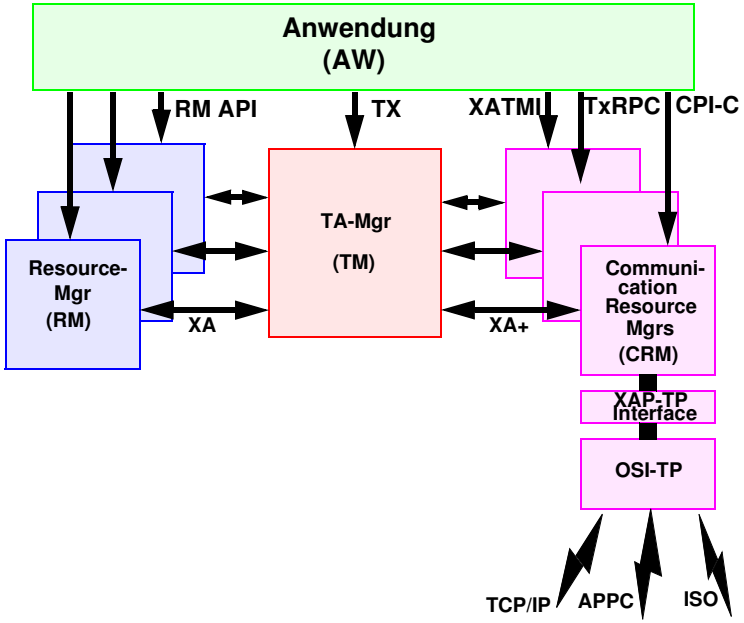
TA-Verarbeitung in offenen Systemen (3)



- **X/Open DTP (1991)** für die lokale Zusammenarbeit von Anwendung (AW), TA-Mgr (TM) und Resource-Mgrs (RMs)
- **Standardisierung**
  - Schnittstelle zur Transaktionsverwaltung (TX: AW — TM)
  - Schnittstelle zwischen TM und RMs
    (XA: zur TA-Verwaltung und ACID-Kontrolle)
  - zusätzlich: Anforderungsschnittstellen (API, z. B. SQL)
- **TA-Ablauf**
  - Die AW startet eine TA, die vom lokalen TA-Mgr verwaltet wird
  - RMs melden sich bei erster Dienst-Anforderung beim lokalen TA-Mgr an (Join)
  - Wenn AW Commit oder Rollback ausführt (oder zwangsweise zurückgesetzt wird), schickt TA-Mgr Ergebnis zu den RMs (über Broadcast)

➥ **hier sorgen die RMs für Synchronisation und Logging**
in ihrem Bereich (private Lock-Mgr und Log-Mgr) — Warum?

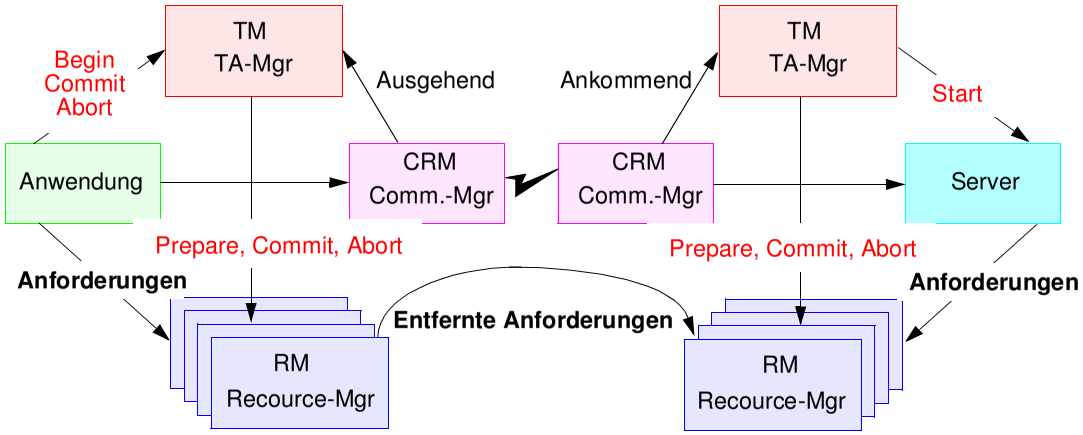
TA-Verarbeitung in offenen Systemen (4)



- **X/Open DTP (1993)** standardisiert die verteilte TA-Verarbeitung.
  - Es kommt der „Communication Resource Manager“ (CRM) hinzu.
  - XA+ erweitert Schnittstelle XA für den verteilten Fall.
- **Definition von Schnittstellen auf der AW-Ebene**
  - TxRPC definiert transaktionalen RPC. Seine TA-Eigenschaften können ausgeschaltet werden (optional)
  - CPI-C V2 ist Konversationsschnittstelle (peer-to-peer), welche die OSI-TP-Semantik unterstützen soll
  - XATMI ist Konversationsschnittstelle für Client/Server-Beziehungen

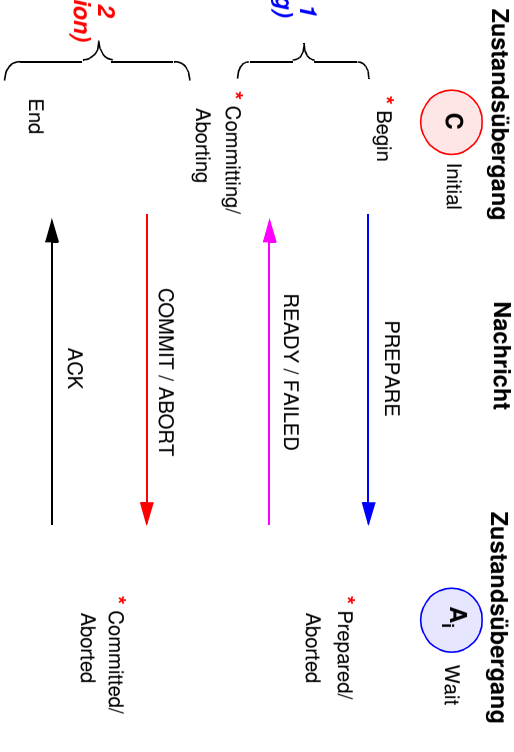
➥ Sind drei Schnittstellen-Standards erforderlich? Kompromisslösung für drei existierende Protokolle (DCE, CiCS, Tuxedo)

Transaktionsverarbeitung in offenen Systemen (5)



- **TA-Ablauf**
  - AW startet TA, die vom lokalen TA-Mgr verwaltet wird
  - Wenn die AW oder der RM, der für die AW eine Anforderung bearbeitet, eine entfernte Anforderung durchführen, informieren die CRMs an jedem Knoten ihre lokalen TA-Mgr über die ankommende oder ausgehende TA
  - TA-Mgr verwalten an jedem Knoten jeweils die TA-Arbeit am betreffenden Knoten
  - Wenn die AW COMMIT oder ROLLBACK durchführt oder scheitert, kooperieren alle beteiligten TA-Mgr, um ein atomares und dauerhaftes Commit zu erzielen.

Zentralisiertes Zweiphasen-Commit



- **Protokoll (Basic 2PC)**
  - Folge von Zustandsänderungen für Koordinator und für Agenten
    - Protokollzustand auch nach Crash eindeutig: synchrones Logging
    - Sobald C ein NO VOTE (FAILED) erhält, entscheidet er ABORT
    - Sobald C die ACK-Nachricht von allen Agenten bekommen hat, weiß er, dass alle Agenten den Ausgang der TA kennen

  ➥ C kann diese TA vergessen, d. h. ihre Log-Einträge im Log löschen!

  - Warum ist das 2PC-Protokoll blockierend?

- **Aufwand im Erfolgsfall:**
  - Nachrichten:
  - Log-Ausgaben (forced log writes):

2PC-Protokoll in TA-Bäumen

- **Typischer AW-Kontext: C/S-Umgebung**
  - Beteiligte: Clients (PCs), Applikations-Server, DB-Server
  - unterschiedliche *Quality of Service* bei Zuverlässigkeit, Erreichbarkeit, Leistung, ...

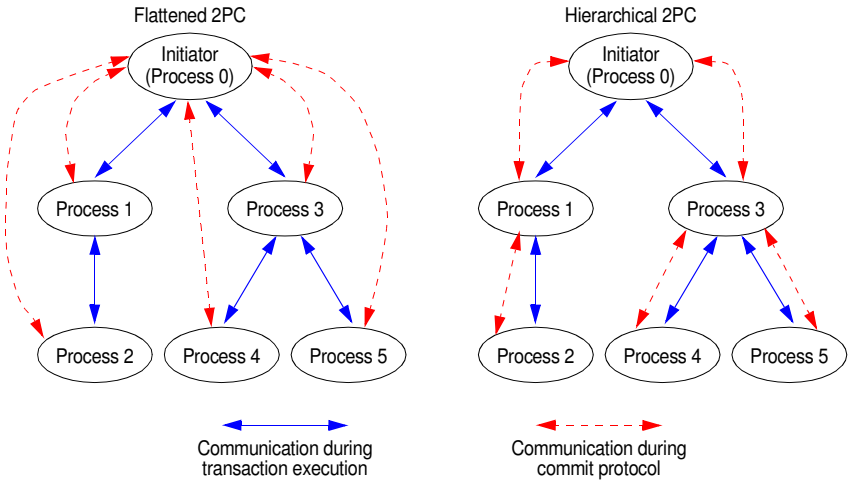
- **Wer übernimmt die Koordinatorrolle? – wichtige Aspekte**
  - TA-Initiator
  - Zuverlässigkeit und Geschwindigkeit der Teilnehmer
    - Anzahl der Teilnehmer
    - momentane Last
    - Geschwindigkeit der Netzwerkverbindung
  - Kommunikationstopologie und -protokoll
    - sichere/schnelle Erreichbarkeit
    - im LAN: Netzwerkadressen aller Server sind bekannt; jeder kann jeden mit Datagrammen oder neu eingerichteten Sitzungen erreichen
    - im WAN: „transitive“ Erreichbarkeit; mehrere Hops erforderlich; Initiator kennt nicht unbedingt alle (dynamisch hinzukommenden) Teilnehmer (z. B. im Internet)
  - Im einfachsten Fall: TA-Initiator übernimmt Koordinatorrolle

➥ sinnvoll, wenn Initiator ein zuverlässiger, schneller und gut angebundener Applikations-Server ist!

2PC-Protokoll in TA-Bäumen

- **Drei wichtige Beobachtungen**
  - Während der TA-Verarbeitung formen die involvierten Prozesse einen (unbalancierten) Baum mit dem Initiator als Wurzel. Jede Kante entspricht einer dynamisch eingerichteten Kommunikationsverbindung
  - Für die Commit-Verarbeitung kann der Baum „flachgemacht“ werden
    - Der Initiator kennt die Netzwerkadressen aller Teilnehmerprozesse bei Commit (durch „piggybacking“ bei vorherigen Aufrufen)
    - Nicht möglich, wenn die Server die Information, welche Server sie aufgerufen haben, kapseln

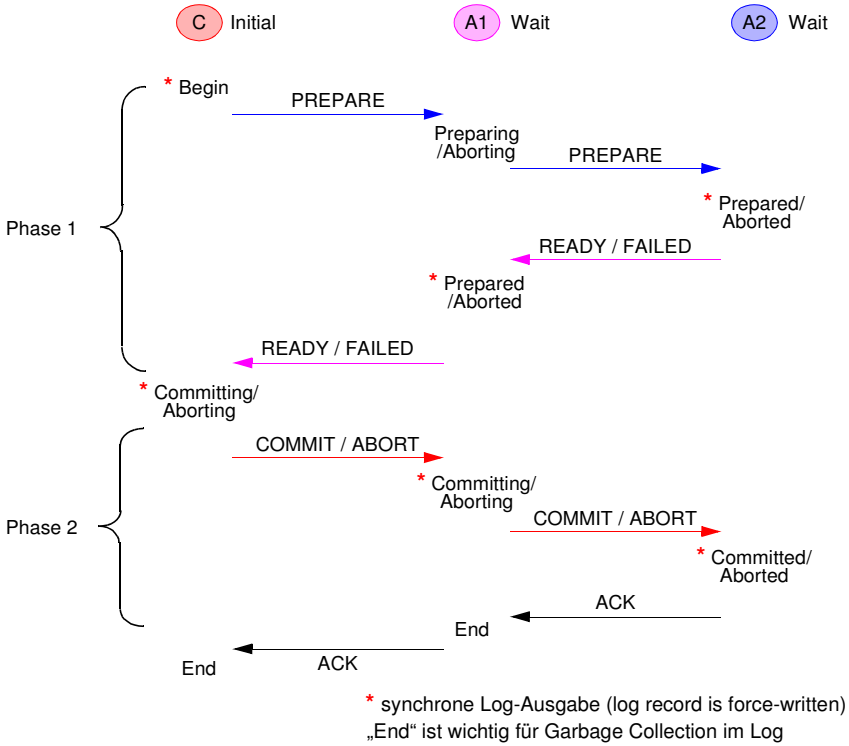
Initiator = Coordinator



  - „Flachmachen“ kann als spezieller Fall der Restrukturierung der C/S-Aufrufhierarchie gesehen werden
    - Es könnte auch ein zuverlässiger innerer Knoten als Koordinator ausgewählt werden
    - „Rotation“ der Aufrufhierarchie um den neu gewählten Koordinatorknoten

Hierarchisches 2PC

- **Allgemeineres Ausführungsmodell**
  - beliebige Schachtelungstiefe, angepasst an Client/Server-Modell
  - Modifikation des Protokolls für “Zwischenknoten”



* synchrone Log-Ausgabe (log record is force-written)
„End“ ist wichtig für Garbage Collection im Log

- **Aufwand im Erfolgsfall:**
  - Nachrichten:
  - Log-Ausgaben (forced log writes):
  - Antwortzeit steigt mit Schachtelungstiefe
- **Problem Koordinator- / Zwischenknotenausfall ➥ Blockierung möglich!**

Optimierte Protokolle für 2PC

- **Bisherige Optimierungsüberlegungen**
  - erfordern Änderungen der API oder sind unpraktisch
  - „belästigen“ C eine sehr lange Zeit
  - sind – bis auf die Leseroptimierung – nicht allgemein einsetzbar

- **Allgemeine Optimierungsdimensionen**

1. Weniger Nachrichten und (synchrone) Log-Ausgaben
   - Keine absolute Notwendigkeit, den „Begin“-Eintrag synchron in den Log von C zu schreiben:
     a) C könnte vorher „Prepare“ für sich durchführen und diese Log-information als 2PC-Beginn interpretieren (nach Crash-Recovery) oder
     b) nach einem Crash diese TA einfach vergessen (ABORT)
   - Einführung spezifischer Konventionen (Default-Reaktionen), falls zur Behandlung einer Situation keine explizite Information mehr gefunden wird[14]
   - so genanntes „Presumed“-Verhalten für T_i, falls beispielsweise C seine Log-Einträge für T_i schon gelöscht hat

2. Kürzerer kritischer Pfad, bis die Sperren freigegeben werden können
   - 1) dient ganz allgemein diesem Ziel
   - Leser-Optimierung für Teilbäume
   - Wahl eines zuverlässigen oder schnellen Servers als Koordinator (Koordinator-Transfer)

3. Reduzierung des Blockierungspotenzials
   - alle Maßnahmen von 1) und 2) helfen implizit, die Blockierungs-Wahrscheinlichkeit zu reduzieren
   - Verkürzung der Protokolldauer verkleinert das Zeitfenster für eine mögliche Blockierung (Crash order Nicht-Erreichbarkeit von C)

14. Basic 2PC = PN-Protokoll (presumed nothing), da keine Default-Reaktionen spezifiziert sind

PA-Protokoll

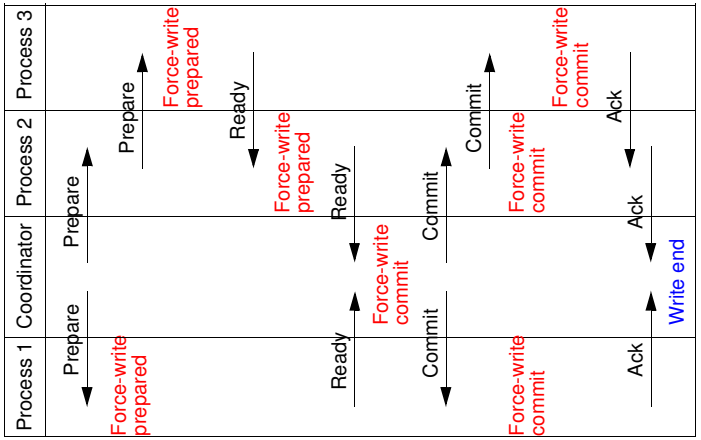
- **Kandidaten für die Protokoll-Optimierung**
  Abschwächung bzw. Weglassen von
  - synchronem Logging von „Begin“ durch C
  - synchronem Logging der Commit/Abort-Einträge durch die A_i
  - ACK-Nachrichten der A_i

- **„Presumed Abort“ erlaubt die Nutzung aller drei Möglichkeiten für Verlierer-TA**
  - „Begin“ stellt keine Probleme dar
  - Falls der Commit/Abort-Eintrag eines Agenten A für T_i verlorengeht, kann er diese Information von C erfragen (nach Restart von A)
  - Weglassen von ACK führt keine neuen Probleme ein, wenn C ein „unendlich langes Gedächtnis“ hat
  - Wenn C die Log-Einträge von T_i löscht (Garbage Collection), kann später der korrekte Ausgang von T_i durch „Presumed Abort“ gefolgert werden
  - Da der Abort-Fall keine „persistente“ Information mehr benötigt, kann auch C bei Abort-Entscheidungen auf ein Force-Write verzichten

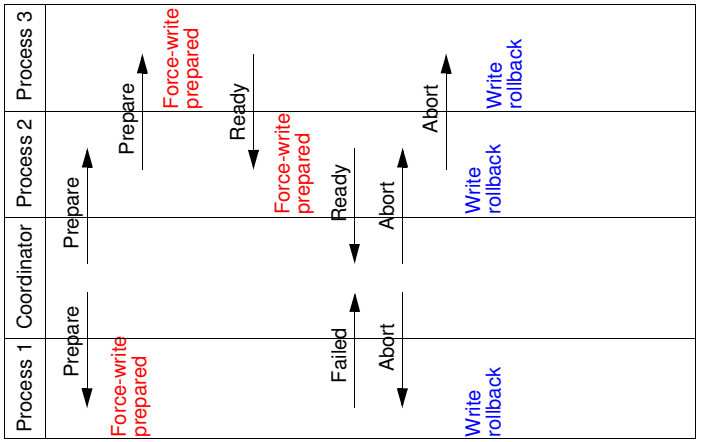
- **PA ist nicht „symmetrisch“ für Gewinner-TA**
  - Gleiche Optimierung würde für Gewinner viel mehr einsparen
  - Abort einer TA ist ein destruktiver Akt, Commit jedoch ein konstruktiver!

  ➥ **fundamentale Asymmetrie zwischen Abort und Commit!**

  - deshalb:
    - alle Teilnehmer müssen bei Commit-Entscheidung synchrones Logging durchführen
    - und ACK an C schicken, um ihren Commit-Abschluss zu bestätigen



Case 2: Transaction commit



Case 1: Transaction abort

PC-Protokoll

- **Wie muss Presumed Commit gestaltet werden?**

  Annahme: PC-Protokoll schreibt die Commit-Log-Einträge nicht synchron aus und enthält keine ACK-Nachrichten:

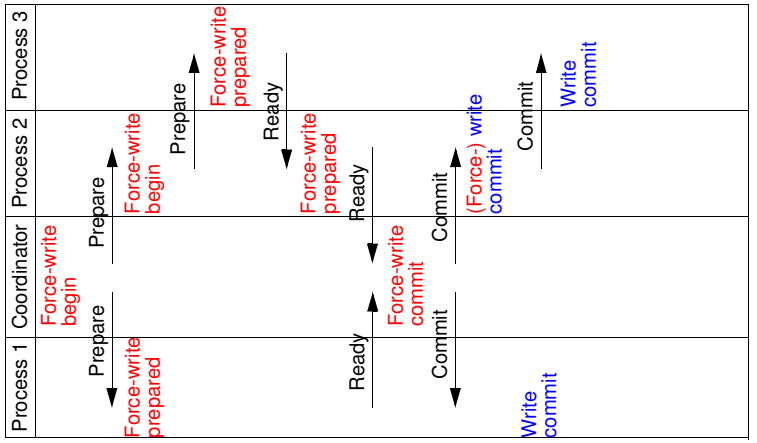
  - Wenn A_j nach seinem Restart feststellt, dass er im Prepare-Zustand ist und bei C den Ausgang von T_i erfragt, kann C in einer von drei Phasen (Zuständen) sein:
    - in der 1. Phase, bevor der Commit-Log-Eintrag von C geschrieben ist
    - in der 2. Phase, in der ein persistenter Log-Eintrag von C vorhanden ist
    - in der 3. Phase, in der die Log-Einträge von T_i bereits gelöscht sind
  - In diesem Fall kann C nicht zwischen 1. und 3. Phase unterscheiden. Die erforderliche Entscheidungen (Phase 1: Abort und Phase 3: Commit) sind jedoch miteinander unverträglich
  - Als Entscheidungshilfe: synchrones Logging vom Begin-Eintrag ist jetzt ein Muss für die Protokoll-Korrektheit

- **Charakteristische Eigenschaften von PC**

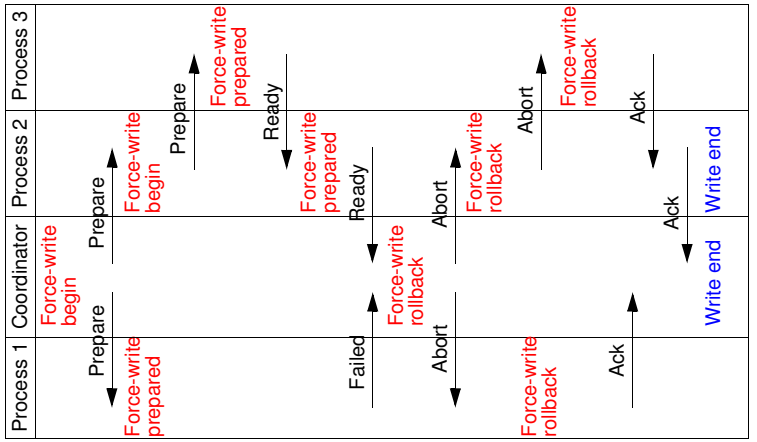
  - synchrones Logging der Begin- und Commit/Abort-Log-Einträge für C
  - keine ACK-Nachrichten für Gewinner-TA und damit auch kein synchrones Logging der lokalen Commit-Einträge für A_i

    ➥ **signifikante Einsparung von Logging-Kosten!**

  - Force-Write der Commit-Einträge bei Zwischenknoten kann eingespart werden, da Information bei C nachgefragt werden kann
  - jedoch explizite ACK-Nachrichten für Verlierer-TA und damit vorheriges synchrones Logging der Abort-Einträge für A_i



Case 2: Transaction commit



Case 1: Transaction abort

PC- und PA-Protokolle – Einsparungen

- **PA-Variante von 2PC spart**
  - für Verlierer-TAs
    - N Nachrichten (ACKs)
    - N+2 synchrone Log-Ausgaben (einschließlich „Begin“ von C)
  - für Gewinner-TAs : Nichts!
- **PC-Variante von 2PC spart**
  - für Gewinner-TAs
    - N Nachrichten (ACKs)
    - N synchrone Log-Ausgaben (für „Commit“ von A_i)
  - für Verlierer-TAs : Nichts!

➥ **geringfügig höhere Einsparungen bei PA:**
Es optimiert jedoch den weit weniger häufigen Fall!

- **Beide Protokoll-Varianten können weiter optimiert werden**
  - insbesondere mit der häufig möglichen Leser-Optimierung für Teilbäume
  - Behandlung der Zwischenknoten bringt wesentlichen Vorteil für die PA-Variante[15]

    ➥ **PA wurde für den ISO/OSI XA-Standard ausgewählt:**
    Hierarchisches PA-2PC
  - PC ist jedoch die attraktivere Variante für „flattened 2PC“
- **Presumed-Any-Protokoll**
  PA, PC und PN können in derselben Föderation von Servern koexistieren:
  Falls einzelne Server jedoch nicht alle Varianten unterstützen, müssen PA, PC und PN in einer TA zusammenwirken

15. implementiert in: R* von IBM, TMF von Tandem, VAX/VMS von DEC, Transarc von Encina, Tuxedo usw.

Zusammenfassung

- **Wichtige Server-Eigenschaften**
  - Auftrag — Berechnung — Antwort (Ergebnis)
  - Verschiedenste Kommunikationsprotokolle
  - verbindungsorientiert oder verbindungslos
  - Ein wichtiges zusätzliches Konzept: **„Session“**
- **Bewertung des Client/Server-Ansatzes**
  im Vergleich zu zentralen Systemstrukturen
  - Er bietet eine Reihe von Vorteilen insbesondere bei Kosten, Wachstum, Flexibilität, Offenheit, Dezentralisierungsmöglichkeit usw.
  - Prinzipielle Nachteile liegen vor allem in der höheren Komplexität bei der Wartung und Verwaltung großer, heterogener Client/Server-Systeme sowie im Fehlen eines „single system image“
- **Zusammenfassung der Vor- und Nachteile**

Pro	Contra
Kosten von Hard- und Software	höhere Komplexität durch Verteilung und Heterogenität
Herstellerunabhängigkeit	Gesamtkosten schwer zu überschauen
attraktive Funktionalität	komplexe Netzinfrastrukturen
Ergonomie der Benutzeroberfläche von PCs und Workstations	unausgereifte Managementlösungen
Flexibilität und Skalierbarbeit	unausgereifte Sicherheitsmechanismen
Entkopplung durch Dezentralisierung	Trainingsaufwand
Entsprechung organisatorischer Strukturen	wichtige Anwendungen nicht verfügbar

Zusammenfassung (2)

- **C/S-Architekturen**
  - 2-stufig: fette Clients vs. fette Server, keine Skalierung
  - 3-stufig: gute Skalierbarkeit, usw.
  - n-stufig: meist Einbezug von Web-Komponenten
- **Server-Strukturen und -Techniken**
  - Zur Steigerung der Effizienz: Einsatz von Programmverkettung, Multi-Tasking, Multi-Threading, ablaufinvarianten Programmen
  - Programmierung dennoch so einfach wie möglich: Einen Auftrag bearbeiten, Kontext = lokale Variablen, Isolierung, Code-Ablaufinvarianz durch Compiler
  - Aufgabe der Middleware insbesondere: Strategien änderbar (optimierbar)
- **TP-Monitore**
  - liefern den „Klebstoff“ in komplexen C/S-Umgebungen
  - erlauben die Umsetzung des Transaktionskonzeptes als Grundlage zur Realisierung zuverlässiger verteilter Systeme
  - sind Spezialisten für Prozess-, Transaktions- und C/S-Kommunikations-Verwaltung
- **X/OPEN DTP**
  - Interoperabilität über standardisierte Schnittstellen und Protokolle
  - für die lokale Zusammenarbeit von Anwendung, TA-Mgr und RMs
  - und für die verteilte TA-Verarbeitung mit hierarchischen 2PC
- **Kandidaten für die 2PC-Protokoll-Optimierung**
  Abschwächung bzw. Weglassen von
  - synchronem Logging von „Begin“ durch C
  - synchronem Logging der Commit/Abort-Einträge durch die A_i
  - ACK-Nachrichten der A_i
  - „Presumed Abort“ erlaubt die Nutzung aller drei Möglichkeiten für Verlierer-TA

C/S-Architekturen – Vergleich

- **Vergleich der Anwendungscharakteristika**
  Intergalaktisches C/S vs. abteilungsbezogenes C/S

Anwendungscharakteristika	abteilungsbezogenes C/S	intergalaktisches C/S
Anzahl von Clients pro AW	< 100	> 10^6
Anzahl von Servern pro AW	1 oder 2 homogene Server	10^5 ++ (viele heterogene Server in verschiedenen Rollen)
Geographie	Campus	global
Interaktionen zwischen Servern	nein	ja
Middleware (Verteilungsplattform)	SQL und stored procedures	Komponenten im Internet und in Intranets
C/S-Architektur	2-stufig	3-stufig
transaktionsgeschützte Änderungen	selten	sehr häufig
Multimedia-Inhalt	gering	hoch
Mobile Agenten	keine	zunehmend mehr
Client-Front-Ends	fette Clients (GUIs)	On-demand-Clients, Web-Tops, komplexe Dokumente
Zeitrahmen	1985 — heute	1997 — 2007 und danach

Zusammenfassung - Vielfalt an Bezeichnungen

- **RPC-basierte Systeme:**
  Ein RPC ermöglicht die synchrone Kommunikation zwischen einem Client und einem Server, der sich auf einem anderen Rechner befindet. Aus der Sicht eines aufrufenden Programms (Client) sieht der RPC wie ein gewöhnlicher Prozeduraufruf aus. **Synchrone Kommunikation** bedeutet, dass der Client beim Aufruf des RPC den Programmfluss unterbricht und auf die Ergebnisse der Prozedur wartet. Der RPC verbirgt also die Etablierung eines Kommunikationskanals durch die Bereitstellung einer **standardisierten Programmierschnittstelle**. RPC-basierte Systeme bilden heute die Grundlage für fast jede Form von Middleware. So stellt beispielsweise auch das SOAP-Protokoll (Simple Object Access Protocol), das eine Interaktion zwischen Web Services unterstützt, im Wesentlichen eine Möglichkeit dar, RPC-Aufrufe auf XML-Nachrichten abzubilden.

- **TP-Monitore:**
  TP-Monitore stellen die älteste Form von Middleware dar und gleichzeitig die stabilste und zuverlässigste. Ein TP-Monitor ist ein Steuerungsprogramm zur transaktionsorientierten Verwaltung von Anwendungsprogrammen, insbesondere OLTP-Anwendungen (Online Transaction Processing). Letztlich basiert auch ein TP-Monitor auf dem RPC, der hier jedoch **transaktionsgeschützt** abläuft. Ein so genannter **Transaktionaler RPC (TRPC)** gewährleistet die Einhaltung der ACID-Eigenschaften von Transaktionen, die entfernte Prozeduraufrufe tätigen.[16]

- **Objekt-Broker:**
  Rein implementierungstechnisch unterscheiden sich Objekt-Broker kaum von anderen RPC-basierten Systemen. Der wesentliche Fortschritt gegenüber dem traditionellen RPC, der auf den Programmierparadigmen imperativer Programmiersprachen beruht, ist der **Bezug zur objektorientierten Programmierung**. Objekt-Broker unterstützen den entfernten Zugriff auf Objekte. Als wichtigste Vertreter dieser Form der Middleware sind die auf COBRA (Common Object Request Broker Architecture) basierenden Objekt-Broker zu nennen.

16. Die hier beschriebene Middleware des TP-Monitors stellt eine 3-tier-Architektur dar, die auch als „TP-heavy“ bezeichnet wird. Unter „TP-lite“ versteht man eine 2-tier-Architektur, bei der die Anwendungslogik (zumindest zum Teil) in Form so genannter „stored procedures“ auf der Seite der Ressourcen-Mgr angesiedelt wird.

Zusammenfassung - Vielfalt an Bezeichnungen (2)

- **Objekt-Monitore:**
  Der Trend hin zur objektorientierten Programmierung hat dazu geführt, dass die gut erprobte Funktionalität von TP-Monitoren, die zunächst für imperative Programmierumgebungen ausgelegt war, auch im Kontext verteilter objektorientierter Systeme gewünscht wurde. Objekt-Monitore sind somit das Resultat der **Konvergenz zwischen TP-Monitoren und Objekt-Brokern**. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um **TP-Monitore mit objektorientierten Schnittstellen**.

- **Nachrichtenorientierte Middleware – Message-Oriented Middleware (MOM):**
  Eine nachrichtenorientierte Middleware ist speziell für die Unterstützung einer **asynchronen Kommunikation auf der Basis persistenter Warteschlangen** ausgerichtet. Viele Anwendungen erfordern keine synchrone Kommunikation, für diese wäre ein RPC also ein unnötiger Aufwand. Im Rahmen der umfassenden Funktionalität von TP-Monitoren wurden daher bereits asynchrone Kommunikationsmechanismen, wie der asynchrone RPC und persistente Warteschlagen, zur Verfügung gestellt. Durch die persistente Zwischenspeicherung der Nachrichten wird eine bessere Entkopplung von Sender und Empfänger erreicht, da die Nachricht auch dann noch sicher zugestellt werden kann, wenn der Empfänger zwischenzeitlich nicht erreichbar war. Eine nachrichtenorientierte Middleware stellt typischerweise verschiedene Operationen zum Umgang mit persistenten Warteschlangen zur Verfügung. Dazu gehört **insbesondere ein transaktionsgeschützter Zugriff auf Warteschlangen**.

  Eine besondere Form der asynchronen Kommunikation, die mit Hilfe persistenter Warteschlangen und MOM umgesetzt werden kann, stellen so genannte **Publish/Subscribe-Systeme** dar. Auch hierdurch wird eine Entkopplung von Sender und Empfänger erreicht: Ein Sender stellt Informationen ohne Angabe des Empfängers zur Verfügung (Publish), die dann von interessierten Abonnenten bezogen werden können (Subscribe).

Zusammenfassung - Vielfalt an Bezeichnungen (3)

- **Message Broker**

  stellen eine spezielle Form der MOM dar. Die Besonderheit hierbei ist, dass Nachrichten nicht nur einfach vermittelt werden, sondern dass der **Message Broker zusätzlich die Möglichkeit bietet, Nachrichten zu filtern und gemäß vorgegebener Regeln zu transformieren**. Auf diese Weise können beispielsweise die Empfänger einer Nachricht dynamisch aufgrund des Inhalts der Nachricht bestimmt werden. Die Möglichkeit zur Transformation ist hilfreich zur Abbildung verschiedener Datenformate auf Sender und Empfängerseite. Diese Form der Middleware lässt sich im Zusammenhang mit der Integration heterogener IT-Systeme hilfreich einsetzen.

- **Application Server**

  unterscheiden sich in ihrer Kernfunktionalität nicht wesentlich von den bereits vorgestellten Middleware-Ansätzen. Der **Hauptunterschied besteht darin, dass Application Server darauf ausgerichtet sind, das Web als Zugriffskanal für die implementierten Middleware-Dienste nutzbar** zu machen. Damit verbunden ist vor allem eine Ausrichtung auf den dokumentenorientierten Informationsaustausch mittels HTTP (HyperText Transfer Protocol). Zur Ergänzung herkömmlicher Middleware-Plattformen benötigen Application Server daher vor allem Mechanismen zur **dynamischen Erzeugung und Verwaltung von Hypertext-Dokumenten**. Damit wird die nunmehr Web-orientierte Präsentationsebene wieder mit der Anwendungsebene verknüpft. Als Programmierschnittstellen (API) für Application Server haben sich im Wesentlichen zwei Ansätze herausgebildet: der von SUN propagierte Java-basierte Ansatz J2EE und der von Microsoft propagierte Ansatz .Net. Über diese APIs werden vielfältige Middleware-Dienste, die von TP-Monitoren, Objekt-Brokern und nachrichtenbasierter Middleware bereits bekannt sind, im Rahmen einer einheitlichen Schnittstelle für Anwendungsprogrammierer verfügbar gemacht.

Zusammenfassung - Vielfalt an Bezeichnungen (4)

- **Workflow-Management-Systeme (WfMS)**

  haben ihren Ursprung in der Büroautomation, wo es darum ging, gut strukturierbare Abläufe, die bisher auf Papierbasis stattfanden, durch den Einsatz der IT zu automatisieren. Viele der administrativen Workflows, die zunächst im Fokus waren, werden heute im Rahmen von Dokumenten-Management-Systemen (DMS) umgesetzt. DMS bilden damit letztlich eine spezielle Form von WfMS. Ein wesentliches Ziel der WfMS ist die Durchgängigkeit von der Geschäftsprozessmodellierung bis hin zur Ausführung von Workflows. Verschiedene Methoden zur Spezifikation von Workflows lassen sich unterscheiden: **Kommunikationsbasierte Methoden** sind in erster Linie für die Spezifikation von Dialogen mit menschlichen Akteuren geeignet. **Aktivitätsorientierte Methoden** betrachten die im Rahmen eines Geschäftsprozesses zu leistende Arbeit, indem sie sich auf die Aktivitäten und die Abhängigkeiten zwischen ihnen konzentrieren (z. B. Petri-Netze, Ereignis-Prozessketten (EPK)). **Entitätenbasierte Methoden** fokussieren auf die Modellierung von Objekten, die während des Anwendungsprozesses erzeugt, bearbeitet und verbraucht werden (z. B. UML). Die meisten WfMS basieren allerdings – zumindest hinsichtlich ihrer Benutzerschnittstelle – auf gerichteten Graphen (aktivitätsorientierten Modellierungsmethoden). Der Unterschied zu herkömmlichen Programmiersprachen besteht vor allem darin, dass WfMS langlaufende Abläufe mit vielen verschiedenen Beteiligten in einer verteilten Ausführungsumgebung unterstützen müssen. Das hat vor allem zur Folge, das WfMS komplexe Techniken zur Fehlerbehandlung vorzusehen haben, die für die Abwicklung kurzer Transaktionen nicht nötig wären. Für die Ausführung von Workflows ist eine „Workflow Engine“ zuständig. Diese verwaltet Instanzen von Workflows, die im Sinne eines Schedulers schrittweise abgearbeitet werden: Die Workflow Engine bestimmt, welche ausführenden Komponenten im Rahmen des Workflows wann aufgerufen werden. Mit zunehmender Reife der WfMS und mit dem wachsenden Bedarf nach durchgängig IT-unterstützten Geschäftsprozessen wurden WfMS immer mehr auch als Werkzeuge zur Integration heterogener Anwendungssysteme angesehen. WfMS bilden damit Werkzeuge zur Unterstützung der „**Programmierung im Großen**“. Die Idee besteht darin, große Software-Module als Komponenten in die Spezifikation einer übergreifenden Geschäftsprozesslogik einzubinden. Dies erfordert allerdings eine Kombination mit herkömmlichen Middleware-Plattformen, die notwendig sind, um einen transparenten Zugriff auf heterogene Komponenten zu ermöglichen.