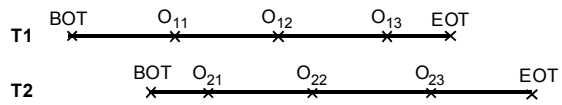
Kapitel 2
Verteilte Transaktionsverwaltung

Inhalt:
- Grundlagen (Wdhlg.)
- TP-Monitore
- Zusammenfassung

Transaktionskonzept - ACID

- Transaktion: Ablaufkontrollstruktur in (zentralisierten) DBS

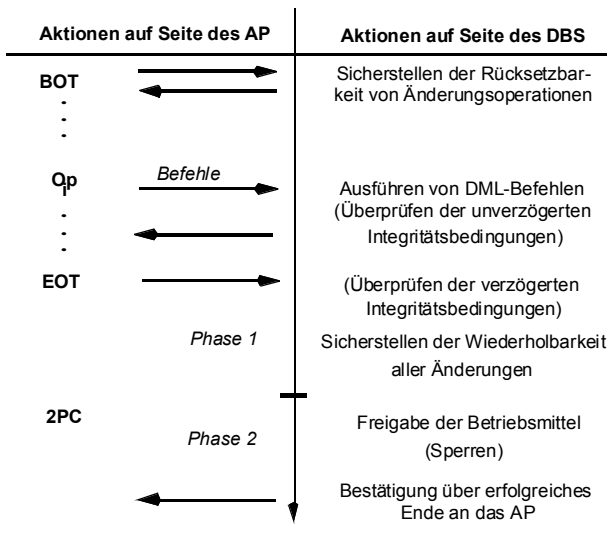


- ACID-Eigenschaften
  - **A**tomicity (Atomarität)
    - TA ist kleinste, nicht mehr weiter zerlegbare Einheit
    - „alles-oder-nichts"-Prinzip
  - **C**onsistency
    - TA hinterlässt einen konsistenten DB-Zustand
    - Zwischenzustände dürfen inkonsistent sein
    - Endzustand muss Integritätsbedingungen erfüllen

Transaktionskonzept – ACID (2)

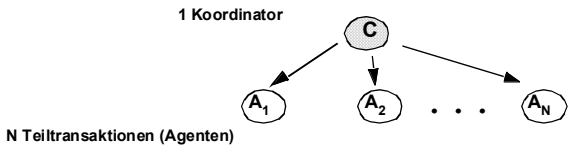
- ACID-Eigenschaften (Forts.)
  - **I**solation
    - nebenläufige TA dürfen sich nicht gegenseitig beeinflussen
  - **D**urability (Dauerhaftigkeit)
    - Wirkung erfolgreich abgeschlossener TA bleibt dauerhaft in der DB
    - TA-Verwaltung muss sicherstellen, dass dies auch nach einem Systemfehler gewährleistet ist
    - Wirkung einer erfolgreich abgeschlossenen TA kann nur durch eine sog. kompensierende TA aufgehoben werden

Kommunikation zwischen TA-Programm und DBS



Verteilte Transaktionen

- Ein *verteiltes (Informations-)System*
  - besteht aus autonomen Subsystemen, die koordiniert zusammenarbeiten, um eine gemeinsame Aufgabe zu erfüllen
  - Beispiele
    - Client/Server-Systeme
    - Mehrrechner-DBS
    - . . .
- Verteilte Transaktionen (Primär-,Teiltransaktionen)

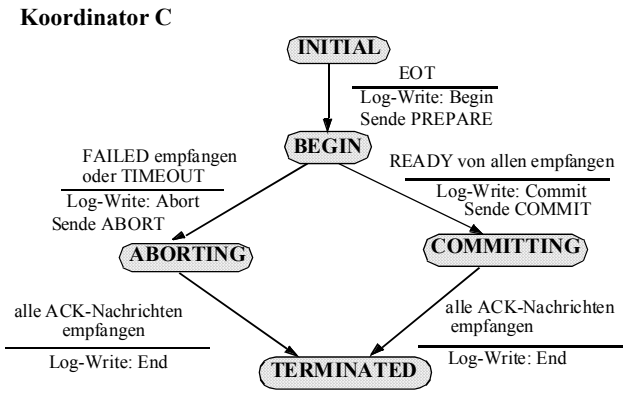


Verteilte Transaktionen (2)

- rechnerübergreifendes (mehrphasiges) Commit-Protokoll
  - Sicherstellen der Atomizität einer globalen Transaktion
  - Anforderungen an geeignetes Commit-Protokoll:
    - geringer Aufwand (#Nachrichten, #Log-Ausgaben)
    - minimale Antwortzeitverlängerung (Nutzung von Parallelität)
    - Robustheit gegenüber Rechnerausfällen und Kommunikationsfehlern
  - Erwartete Fehlersituationen
    - i. allg. partielle Fehler (z.B. Verbindung fällt aus, ...)
    - Transaktionsfehler
    - Systemfehler (Crash)
    - Gerätefehler
  - Fehlererkennung z. B. über Timeout

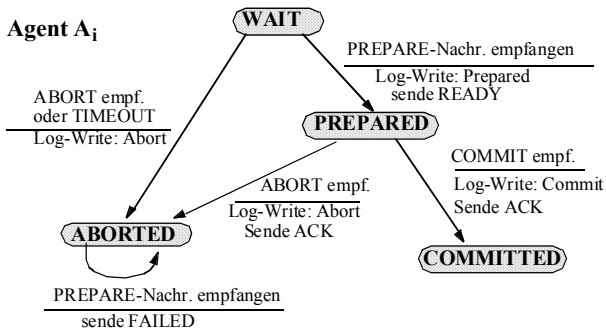
Zweiphasen-Commit

- Prepare-Phase, Commit/Abort-Phase
- erfordert Folge von Zustandsübergängen, die sicher (Log) vermerkt werden müssen



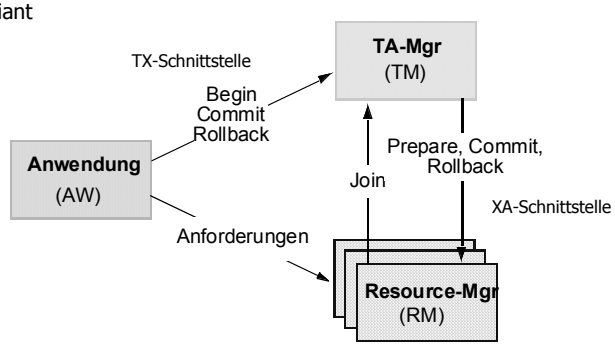
Zweiphasen-Commit (2)

- Zustandsübergänge (Forts.)



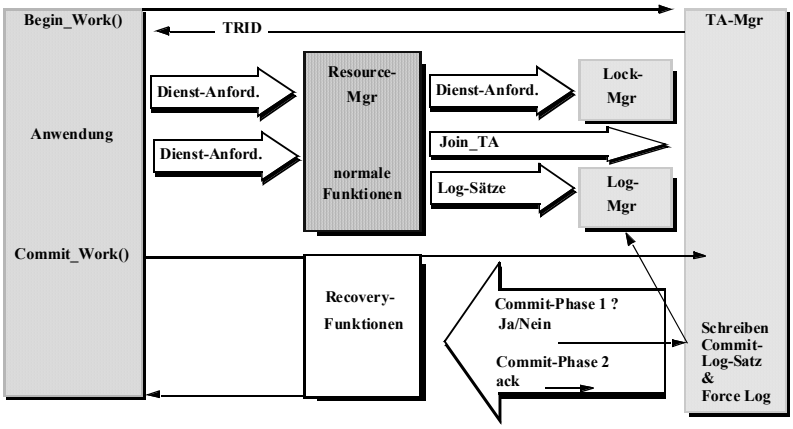
Verteilte Transaktionsverwaltung nach X/OPEN DTP

- unabhängige TA-Mgr
- Resource Manager
  - recoverable
  - XA-compliant

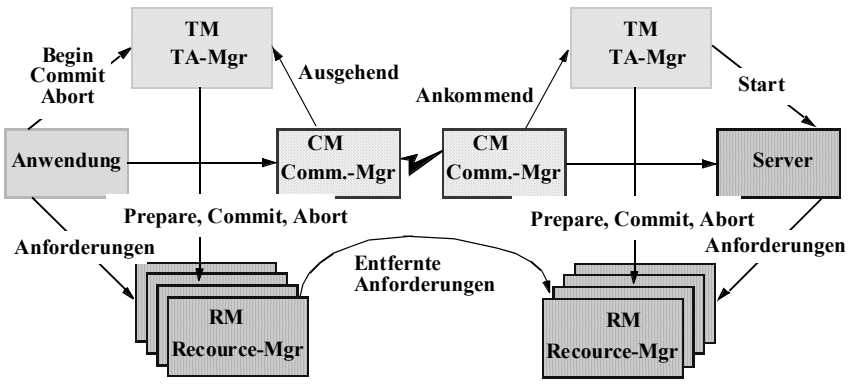


Zentrale Transaktionsdienste

- Rolle der zentralen Transaktionsdienste



Verteilte Transaktionsverwaltung nach X/OPEN DTP (2)

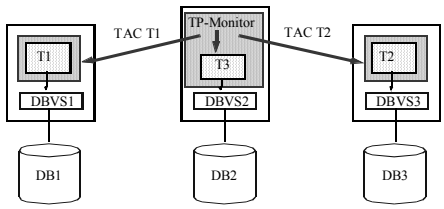


Verteilung unter Kontrolle des TP-Monitors

- TP-Monitor verbirgt weitgehend Heterogenität bezüglich Kommunikationsprotokollen, Netzwerken, BS und Hardware
- DBS bleiben weitgehend unabhängig (keine Kooperation zwischen DBS)
- heterogene DBS möglich
- geringe Implementierungskomplexität
- 3 wesentliche Alternativen:
  - Transaction Routing
    - Einheit der Verteilung ist die Transaktion
  - Programmierte Verteilung
    - Einheit der Verteilung ist die Teil-Transaktion
  - Verteilung von DB-Operationen
    - Einheit der Verteilung ist die DB-Anfrage

Transaction Routing

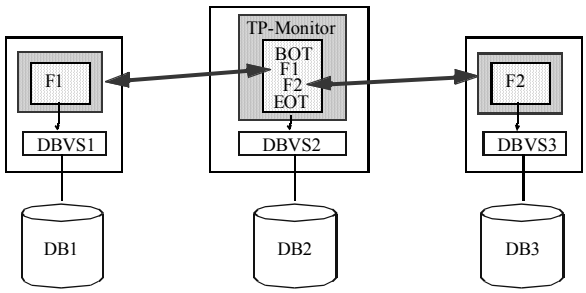
- Prinzip
  - jeder TA-Typ ist einem Rechner fest zugeordnet
  - TP-Monitor kennt TA-Typ-Zuordnung: Erkennung und Weiterleitung des TAC (→ Ortstransparenz)
  - lokale Transaktionsausführung innerhalb eines Rechners
  - Ausgabenachricht muss ggf. über Zwischenrechner an Benutzer zurückgesendet
- keine Kooperation zwischen DBVS
  - pro Rechner eigene DB/Schemata
  - heterogene DBS möglich
- als alleiniges Verteilgranulat zu inflexibel
  - keine echt verteilte Transaktionsausführung



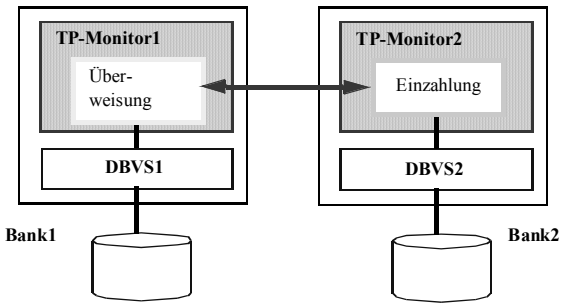
Programmierte Verteilung

- Verteilung auf Ebene von Anwendungsprogrammen
  - Zugriff auf externe DB durch Aufruf eines Teilprogramms (RPC) auf dem betreffenden Rechner
  - jedes Teilprogramm greift nur auf lokale DB zu (mit jeweiliger Anfragesprache)
- Transaktionsverwaltung
  - TP-Monitor koordiniert verteiltes Commit-Protokoll
  - DBS müssen Aufrufe von nicht-lokalen Transaktionen akzeptieren sowie am Commit-Protokoll teilnehmen
  - Auflösung globaler Deadlocks über Timeout
- Ortstransparenz kann prinzipiell durch TP-Monitor erreicht werden

Programmierte Verteilung (2)



Programmierte Verteilung (3)



Programmierte Verteilung (4)

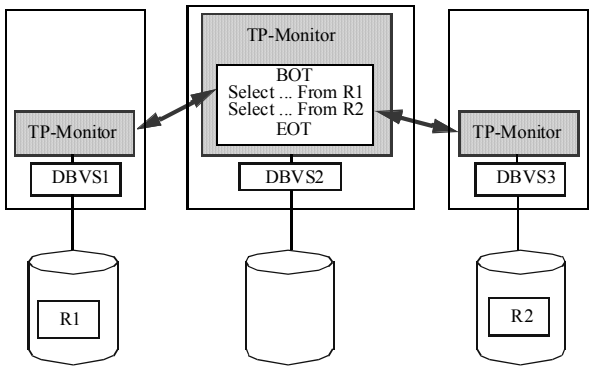
```
Eingabenachricht (Parameter) lesen
BEGIN WORK
{ Zugriff auf lokale DB zur Abhebung
      des Betrags }
        UPDATE ACCOUNT
        SET BALANCE = BALANCE - :S
        WHERE ACCT_NO = :K1;
        • • •
CALL EINZAHLUNG (Bank2, S, K2)
COMMIT WORK
Ausgabenachricht ausgeben
```

```
Parameter übernehmen
        • • •
UPDATE GIROKTO
SET KSTAND := KSTAND+ :S
WHERE KNUMMER = :K2;
        • • •
Ausführung zurückmelden
```

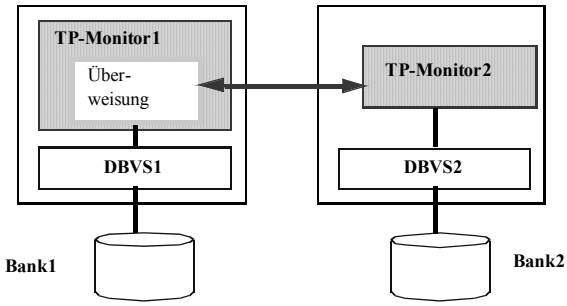

Verteilung von DB-Operationen

- DB-Operationen als Verteileinheiten
  - AP können auf entfernte Datenbanken zugreifen
  - Programmierer sieht mehrere Schemata; jede Operation muß innerhalb eines Schemas (DB-Partition) ausführbar sein
  - gemeinsame Anfragesprache wünschenswert
  - Ort der Verteilung kann für AP prinzipiell transparent gehalten werden
  - Transaktionsverwaltung im Prinzip wie bei Programmierter Verteilung

Verteilung von DB-Operationen (Forts.)



Verteilung von DB-Operationen (Forts.)



Verteilung von DB-Operationen (Forts.)

```
Eingabenachricht (Parameter) lesen
BEGIN WORK
CONNECT TO R1.DB1 ...
    UPDATE  ACCOUNT
    SET  BALANCE = BALANCE - :S
    WHERE  ACCT_NO = :K1;
CONNECT TO R2.DB2 ...
    UPDATE  GIROKTO
    SET  KSTAND := KSTAND+ :S
    WHERE  KNUMMER = :K2;
     • • •
COMMIT WORK
DISCONNECT ...
Ausgabenachricht ausgeben
```


Bewertung

- Verteilung unter Kontrolle des TP-Monitors – Bewertung
  - Transaction Routing
    - sehr einfach, ...
    - in heterogenen Umgebungen mit HTTP/HTML
    - sehr starr, keine knotenübergreifenden Transaktionen
  - Programmierte Verteilung
    - sehr hohe Unabhängigkeit
    - Unterstützung von heterogenen DBS
    - geringe Kommunikationshäufigkeit
    - Nutzung bestehender Anwendungsfunktionen möglich
    - gute Administrierbarkeit
    - von vielen Systemen unterstützt
    - geringe Flexibilität des Datenzugriffs (Aufruf bestehender Anwendungsfunktionen, keine Ad-hoc-Anfragen)
    - keine rechnerübergreifenden DB-Operationen
    - geringes Maß an Verteilungstransparenz

Bewertung

- Verteilung unter Kontrolle des TP-Monitors – Bewertung
  - Verteilung von DB-Operationen
    - größere Freiheitsgrade für DB-Zugriff
    - Verteilungstransparenz, Administrierbarkeit und Kommunikationshäufigkeit schlechter als bei programmierter Verteilung
    - schwierige Programmierung (mehrere DB-Schemata)
    - Bereitstellung einer einheitlichen Programmierschnittstelle (API) für DB-Zugriff und Kommunikation erforderlich

Zusammenspiel der Transaktionsdienste

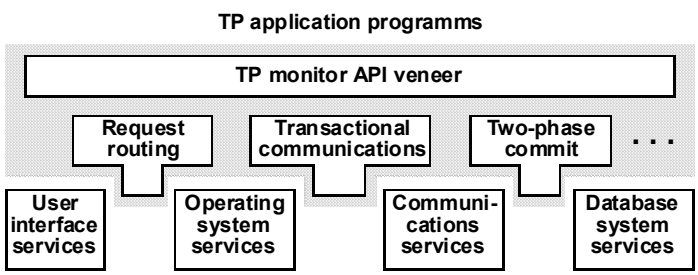
- strikte Unterscheidung zwischen TP-Monitor und TA-Mgr
  - viele Systembenutzer benötigen den TP-Monitor nicht: Stapel-AW, Ad-hoc-Anfragen über eine direkte SQL-Schnittstelle
  - spezielle AW-Systeme (z. B. CAD) haben ihre eigene Terminalumgebung
  - alle Aktivitäten brauchen jedoch Transaktionsunterstützung
- eine Konsequenz ist die Trennung der Komponenten zur Durchführung
  - der Transaktionskontrolle (TA-Mgr) und
  - des transaktionsorientierten Betriebsmittel-Scheduling (TP-Monitor)

TP-Monitore

- Anforderungen (an die Realisierung eines TP-Monitors)
  - große Anzahl angeschlossener Terminals (10^2 - 10^4)
  - konkurrierende Ausführung vieler Funktionen
  - Zugriff auf gemeinsame Daten mit
    - größtmöglicher Aktualität
    - Erhaltung der Konsistenz
    - Zugriffskontrolle
  - hohe Verfügbarkeit
    - kurze Antwortzeiten
    - Ausfallsicherheit
  - flexible Reaktion auf stochastisches Verkehrsaufkommen
  - Unterstützung der Administration bei:
    - Systeminstallation
    - Änderungen und Ergänzungen
    - Leistungsüberwachung und Tuning

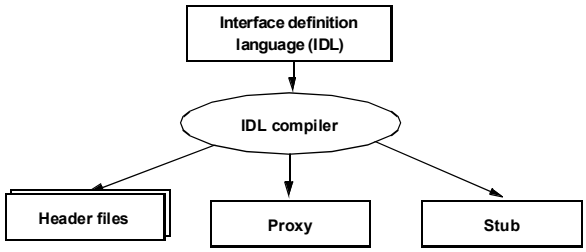
Aufgaben des TP-Monitors

- Bewältigung der Heterogenität
- Kontrolle der Kommunikation
- Verwaltung der Terminals
- Präsentationsdienste
- Kontextverwaltung
- Start/Restart
- Programmverwaltung
- Konfigurationsverwaltung
- Lastbalancierung
- Autorisierung
- Bereitstellung von Administrationsschnittstellen

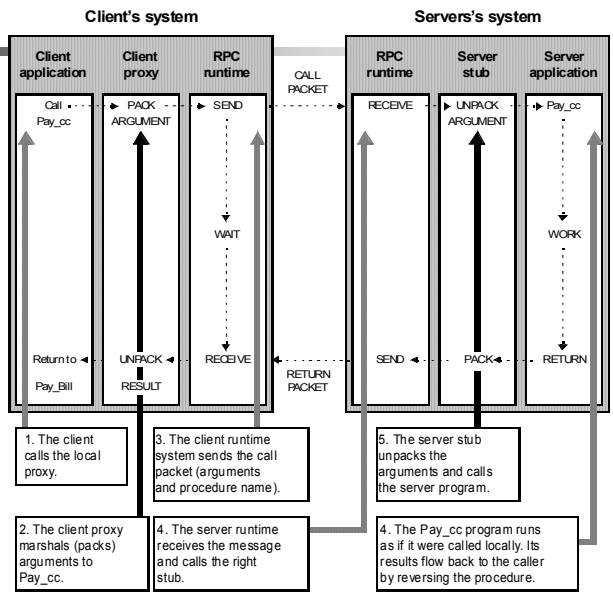


Kommunikation

- Garantie der ACID-Eigenschaften für verteilte Abläufe
- auch Systemkomponenten sind RMs
- Kommunikation zwischen RMs:
  - (Transaction) Remote Procedure Calls (TRPC)
  - Peer-To-Peer-Messaging
  - Message Queuing
- Beispiel: RPC



RPC



Transaktionaler RPC

- TRPC
  - Server sind RMs
  - TRPC-Stub
    - wie RPC-Stub
    - zusätzlich jedoch als ***Agent des TP-Monitors*** verantwortlich für die TA-orientierte Kommunikation
  - TRPC erfordert folgende TP-Monitor-Aktivitäten
    - Binden von RPC an Transaktionen durch ihre Kennzeichnung mit TRID
    - Informieren des TA-Mgr über den RM-Aufruf, wenn der TP-Monitor diesen verschickt (Registrieren der Teilnehmer an einer Transaktion)
    - Binden der Prozesse an Transaktionen: im Fehlerfall (Crash) kann der TP-Monitor den TA-Mgr über den Ausfall des Prozesses informieren

Zusammenfassung

- **Middleware-Aspekte**
  - TA-Konzept als Basis für (DB-)Middleware
    - TA-Schutz für verteilte Abläufe notwendig
    - damit sind die Prinzipien der Verteilten Transaktionsverwaltung grundlegend für jede Art der Middleware-Integration
    - TA-Manager/TP-Monitor als notwendige Komponente jeder DB-Middleware
  - TP-Monitor selbst gehört zur DB-Middleware
    - Integration von verteilten, heterogenen RM
    - Herstellung von globalen Sichten (TA-Routing, Vert. Progr., Vert. v. DB-Ops.)
    - jedoch kein integriertes Schema und keine verteilte Bearbeitung einzelner DB-Operationen
- Der **TP-Monitor ist ein RM,**
  - der andere RM und Ressourcen wie Prozesse, Tasks, Zugriffsrechte, Programme und Kontexte verwaltet