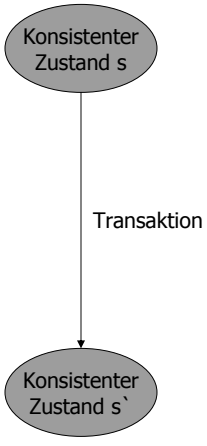
Verteilte Systeme

14. Transaktionen

Motivation

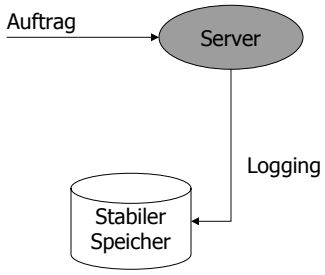
- Sicherung konsistenter Systemzustände
- Beispiele
  - Amnesieproblematik bei zustandsbehafteten Servern
  - Sicherung des Primaries (Primary-Backup-Approach)
  - Aktive Fehlertoleranz?
  - Concurrency Control
- Transaktionen
  - Von konsistenten Zuständen in konsistente Zustände überführen
  - Auch im Fehlerfall
  - Auch in Konkurrenz zu parallel ausgeführten Transaktionen



Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 14.2

Beispiel: Konsistentes Logging

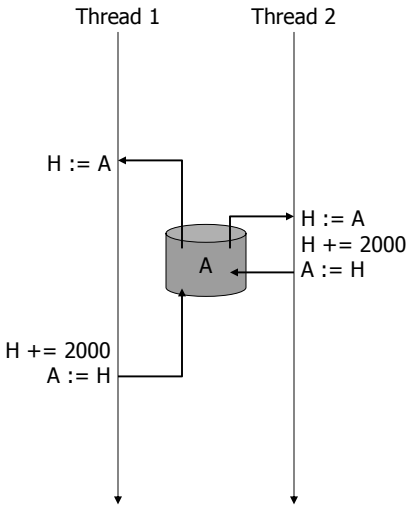
- Realisierung At-Most-Once-Semantik
  - Sicherung der Replies
- Primary-Backup-Approach
  - Datenzustände
- Anforderungen
  - Sicherung der Zustandsänderungen
  - Wiederherstellbarkeit von Zuständen
  - Wiederholen von Aufträgen
  - Undo von angebrochenen Aufträgen
  - „Alles oder nichts"



Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 14.3

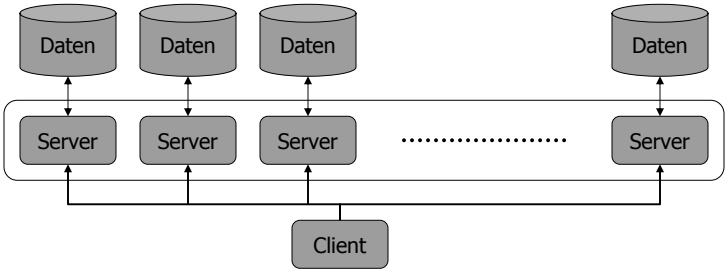
Beispiel: Concurrency Control

- Inkonsistenzen durch zeitlich verschränkte Zugriffe
- Lösungsmöglichkeiten
  - Kritische Abschnitte
- Anwendungsspezifische Definition atomarer Aktionen
  - `BAA;`
    `...`
    `EAA;`
- Transaktionen
  - Konsistenz gemeinsam benutzter Variablen



Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 14.4

Beispiel: Replikation von Zuständen



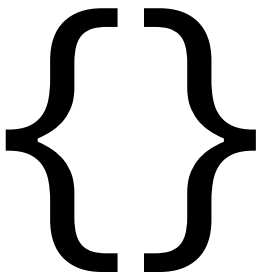
- Dateisysteme, Namensdienst, Ensemble
- Konsistente Aktualisierung aller Replikate
- Serverabstürze während der Aktualisierung

Transaktionen

- **A**tomic
  - Jede Transaktion ist unteilbar (alles oder nichts)
- **C**onsistency
  - Jede Transaktion überführt einen konsistenten Zustand in einen konsistenten Zustand
- **I**solation (Serialisierbarkeit)
  - Die konkurrente Ausführung mehrerer Transaktionen ist identisch zu einer sequentiellen Ausführungsreihenfolge
- **D**urability
  - Erfolgreich beendete Transaktionen überleben nachfolgende Fehler

Bemerkungen

- Anwendungsunabhängig realisierbar
  - Atomarität
  - Isolation
  - Dauerhaftigkeit
- Konsistenz ist anwendunsgspezifisch
- Klammerung
  - Beginn einer Transaktion: BOT
  - Ende einer Transaktion: EOT
    - Erfolgreich: Commit
    - Nicht erfolgreich: Abort
- Einmal Commit, immer Commit?



Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 14.7

Realisierungsvarianten

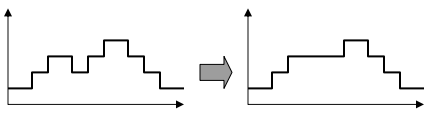
- Zeitpunkt der Sichtbarkeit von Zustandsänderungen
- Pessimistische Systeme
  - Sichtbarkeit, wenn erfolgreich beendet und gesichert
  - Einschränkung der Parallelität (Sperren)
- Optimistische Systeme
  - Alle Änderungen sofort sichtbar
  - Nachträgliche Überprüfung auf Konflikte bei EOT und ggf. Zurücknahme der Änderungen
  - Höhere Parallelität (Keine Sperren)
  - Gefahr sogenannter Abort-Kaskaden

Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 14.8

14.1 Pessimistische Systeme

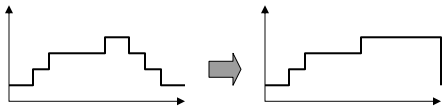
2-Phasen-Sperren

- Gängiges Verfahren
- Daten, auf die eine Transaktion zugreift, werden gesperrt
  - Andere Transaktionen können nicht darauf zugreifen
  - Änderungen erst nach dem Commit sichtbar (Aufheben der Sperren)
- Unterschiedliche Sperrgranulate
  - Lesen und Schreiben
  - Vgl. Reader/Writer
  - Verstärkung und Abschwächung von Sperren
- 2 Phasen
  - Anforderungsphase
  - Freigabephase



Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 14.10

Striktes 2-Phasen-Sperren



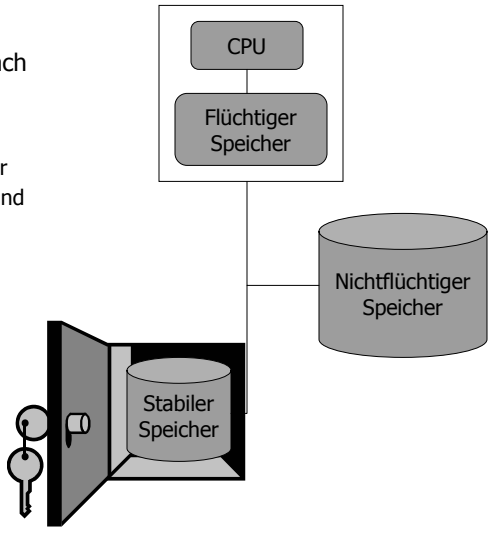
- Freigabe aller Sperren erst bei EOT
  - Sperren länger als notwendig (Einschränkung der Parallelität)
- Warum?
- Deadlockgefahr
  - Ausschließen (Prevention)
    - Sperren aufsteigend anfordern
    - Sperren länger als notwendig
  - Auflösen (Detection)
    - Erkennen verteilter Deadlocks
    - Aufbrechen des Deadlocks (Ist das schwer?)

14.2 Optimistisch Systeme

14.3 Recovery

Recovery

- Wiederherstellung des konsistenten Zustands nach Fehler
- 3 Speicherklassen
  - Flüchtiger Hauptspeicher
  - Nicht-flüchtige Platten und Bänder
  - Stabiler Speicher
- Recovery-Stufen
  - Abbruch einer Transaktion
  - Systemabsturz
  - Plattenfehler
  - Katastrophe



Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 14.14

Abbruch einer Transaktion

Update-in-place

- Update
  - Speicherung eines UNDO-Satzes
  - Aktualisierung der Originaldaten
- Read
  - Lesen der Originaldaten
- Commit
  - UNDO-Sätze löschen
- Abort
  - Änderungen mit Hilfe der UNDO-Sätze rückgängig machen

Deferred-Write

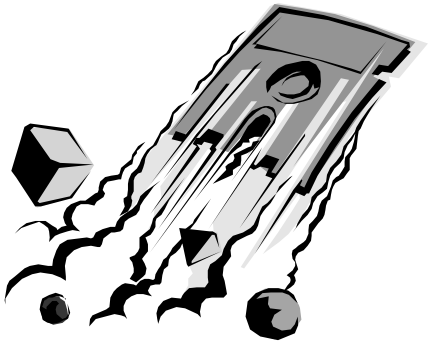
- Update
  - Änderungen in REDO-Liste speichern
- Read
  - Letzter Wert (REDO-Liste rückwärts durchsuchen bis Originaldaten)
- Commit
  - Änderungen mittels REDO-Liste nachziehen
- Abort
  - REDO-Liste löschen

Systemabsturz

- Updates (UNDO- und REDO-Listen) sowie Commit oder Abort werden auf einem sequentiellen Logfile im nicht-flüchtigen Speicher gesichert
- Redo-Rule
  - Commit muß im Logfile stehen (physisch), bevor Transaktion als erfolgreich beendet gilt
- Undo-Rule (Write-ahead log rule)
  - UNDO-Satz muß im Logfile stehen (physisch), bevor Originaldaten geändert werden dürfen
- Beschränkung der Logfile-Größe
  - Invalidierung von UNDO- und REDO-Einträgen
  - Checkpointing

Plattenfehler

- Archivkopie der Daten einschließlich einem Archiv-Log
- Archivkopie n-fach replizieren
  - Größe von n?
- Konsistentes Archiv
  - System einfrieren
  - Nachteil: Lange Auszeiten
  - Fuzzy Dumps



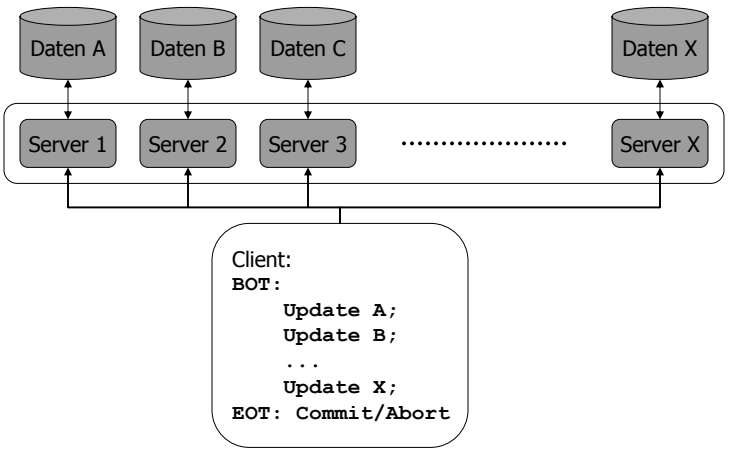
Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 14.17

Katastrophe

Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 14.18

14.4 Verteilte Transaktionen

Verteilte Transaktion



Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 14.20

Commit-Protokolle

- Jeder Rechner kann lokal für Commit und Abort entscheiden
- Eine Entscheidung ist nach dem Publizieren nicht mehr änderbar
- Agreement
  - Alle Rechner kommen zur gleichen Entscheidung
  - Commit, wenn alle Rechner sich für Commit entscheiden
  - Abort, wenn mindestens ein Rechner für Abort entscheidet
- Commit-Protokolle
  - Agreement auch im Fehlerfall herbeiführen

2-Phasen-Commit

- Koordinator
  - Z.B. Knoten, auf dem Transaktion begonnen wurde
- Phase 1
  - Koordinator sendet Commit-Request an alle
  - Teilnehmer antworten mit Ja oder Nein
- Phase 2
  - Koordinator sammelt Antworten
  - Entscheidung
    - Commit: Alle haben mit Ja geantwortet
    - Abort: Mindestens einer hat mit Nein geantwortet
  - Ergebnis allen Teilnehmern mitteilen

Fehlerfälle

- Commit-Request kommt nicht an
  - Teilnehmer warten angemessene Zeit (Timeout) und entscheiden sich bei Ausbleiben für Abort
- Teilnehmerantwort kommt nicht an
  - Koordinator entscheidet nach Timeout für Abort
- Ergebnis des Koordinators kommt nicht an
  - Lokale Entscheidung Nein: Okay
  - Lokale Entscheidung Ja: Gossip
  - Blockadesituation !

Übungsaufgaben

1. Versuchen Sie, ein nicht-blockierendes Commit-Protokoll zu definieren.