Kapitel 4
Recovery

Vorlesung: PD Dr. Peer Kröger

Skript © 2009 Matthias Schubert

Dieses Skript basiert auf dem Skript zur Vorlesung Datenbanksysteme II von Prof. Dr. Christian Böhm gehalten im Sommersemester 2007 an der LMU München und dem Skript von Dr. Peer Kröger gehalten im Sommersemester 2008

http://www.dbs.ifi.lmu.de/cms/Datenbanksysteme_II_10

4 Recovery

Übersicht

4.1 Einleitung

4.2 Logging-Techniken

4.3 Abhängigkeiten zu anderen Systemkomponenten

4.4 Sicherungspunkte

4.1 Einleitung

Fehler- und Recovery-Arten

- Transaktions-Recovery

  - ***Transaktionsfehler***: Lokaler Fehler einer noch nicht festgeschriebenen TA, z.B. durch
    - Fehler im Anwendungsprogramm
    - Expliziter Abbruch der TA durch den Benutzer (`ROLLBACK`)
    - Verletzung von Integritätsbedingungen oder Zugriffsrechten
    - Rücksetzung aufgrund von Synchronisationskonflikten

  - Behandlung durch ***Rücksetzen***
    - *Lokales UNDO*: der ursprüngliche DB-Zustand wie zu BOT wird wiederhergestellt, d.h. Rücksetzen aller Aktionen, die diese TA ausgeführt hat
    - Transaktionsfehler treten relativ häufig auf
      → Behebung innerhalb von Millisekunden notwendig

4.1 Einleitung

Fehler- und Recovery-Arten (cont.)

- Crash Recovery

  - ***Systemfehler***: Fehler mit Hauptspeicherverlust, d.h. permanente Speicher sind *nicht* betroffen, z.B. durch
    - Stromausfall
    - Ausfall der CPU
    - Absturz des Betriebssystems, …

  - Behandlung durch ***Crash Recovery*** (Warmstart)
    - *Globales UNDO*: Rücksetzen aller noch nicht abgeschlossenen TAs, die bereits in die DB eingebracht wurden
    - *Globales REDO*: Nachführen aller bereits abgeschlossenen TAs, die noch nicht in die DB eingebracht wurden
    - Systemfehler treten i.d.R. im Intervall von Tagen auf
      → Recoverydauer einige Minuten

4.1 Einleitung

Fehler- und Recovery-Arten (cont.)

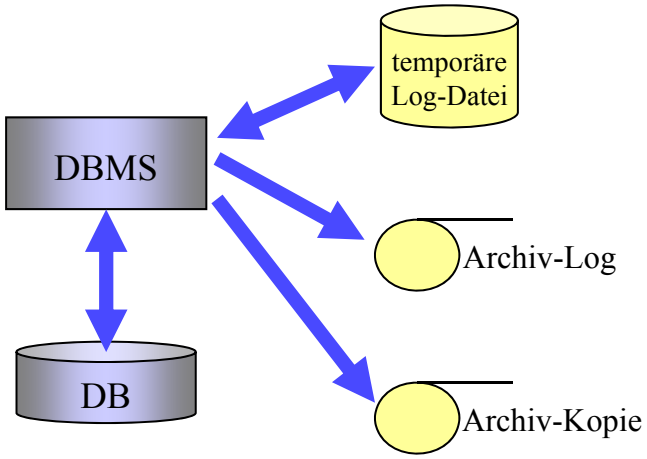
- Geräte-Recovery

  - ***Medienfehler***: Fehler mit Hintergrundspeicherverlust, d.h. Verlust von permanenten Daten, z.B. durch
    - Plattencrash
    - Brand, Wasserschaden, …
    - Fehler in Systemprogrammen, die zu einem Datenverlust führen

  - Behandlung durch ***Geräte-Recovery*** (Kaltstart)
    - Aufsetzen auf einem früheren, gesicherten DB-Zustand (Archivkopie)
    - *Globales REDO:* Nachführen aller TAs, die nach dem Erzeugen der Sicherheitskopie abgeschlossenen wurden
    - Medienfehler treten eher selten auf (mehrere Jahre)
      → Recoverydauer einige Stunden / Tage
    - Wichtig: regelmäßige Sicherungskopien der DB notwendig

4.1 Einleitung

Systemkomponenten der DB-Recovery



– Behandlung von Transaktions- und Systemfehlern

DB + temporäre Log-Datei → DB

– Behandlung von Medienfehlern

Archiv-Kopie + Archiv-Log → DB

4 Recovery

Übersicht

4.1 Einleitung

4.2 Logging-Techniken

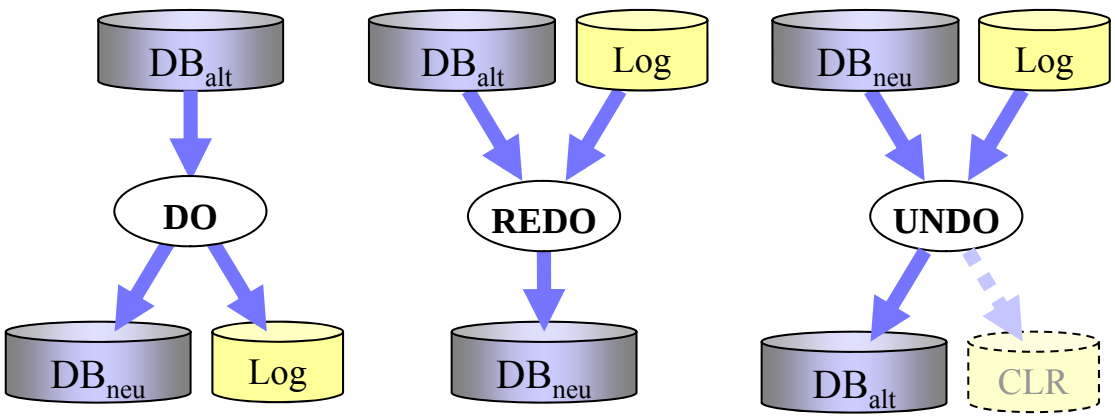
4.3 Abhängigkeiten zu anderen Systemkomponenten

4.4 Sicherungspunkte

4.2 Logging-Techniken

Aufgaben des Logging

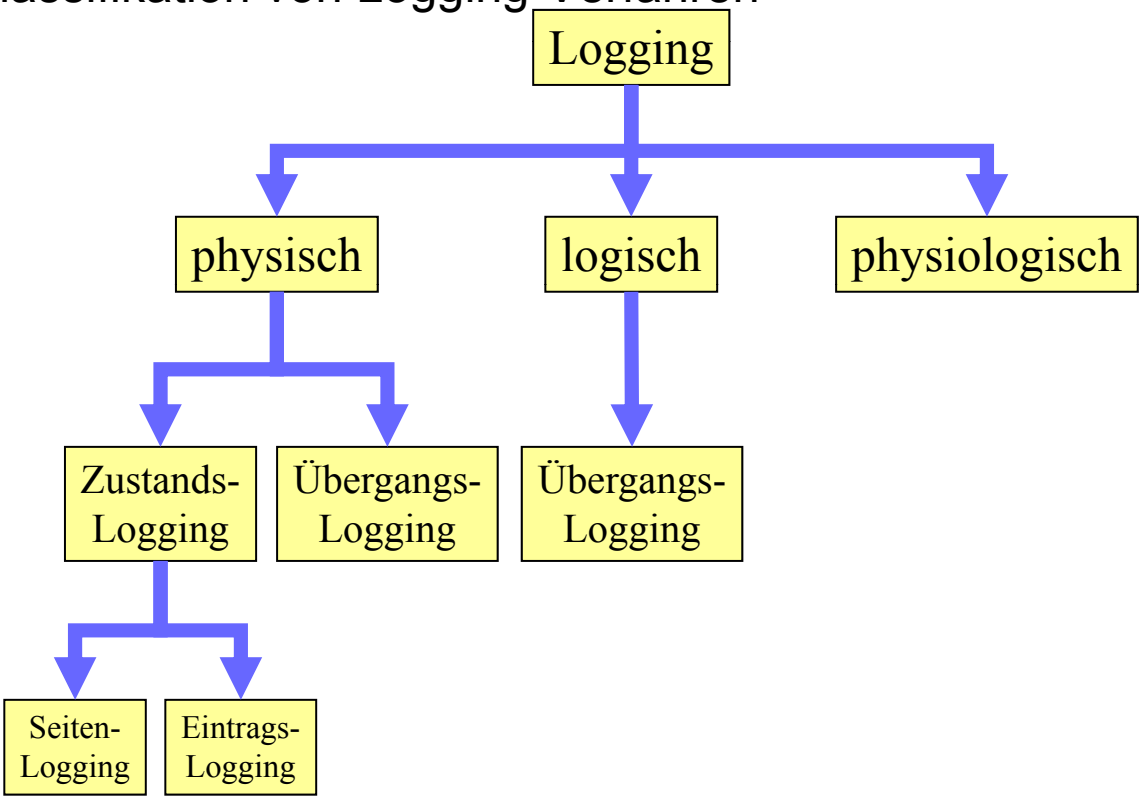
- Für jede Änderungsoperation auf der Datenbank im Normalbetrieb (**DO**) benötigt man Protokolleinträge für
  - **REDO**: Information zum Nachvollziehen der Änderungen erfolgreicher TAs
  - **UNDO**: Information zum Zurücknehmen der Änderungen unvollständiger TAs



CLR = Compensation Log Record (zur Behandlung von Fehlern während der Recovery)

4.2 Logging-Techniken

Klassifikation von Logging-Verfahren



4.2 Logging-Techniken

Physisches Logging

- Protokoll auf der Ebene der physischen Objekte (Seiten, Datensätze, Indexeinträge)

- **Zustandslogging**
  - Protokollierung der Werte vor und nach jeder Änderung:
  - Alte Zustände *BFIM* (Before-Images) und neue Zustände *AFIM* (After-Images) der geänderten Objekte werden in die Log-Datei geschrieben

4.2 Logging-Techniken

Physisches Logging (cont.)

- **Zustandslogging auf Seitenebene**
  - vollständige Kopien von Seiten werden protokolliert
  - Recovery sehr einfach und schnell, da Seiten einfach zurückkopiert werden
  - sehr großer Logumfang und hohe I/O-Kosten auch bei nur kleinen Änderungen
  - Seitenlogging impliziert Seitensperren → hohe Konfliktrate bei Synchronisation

4.2 Logging-Techniken

Physisches Logging (cont.)

- **Zustandslogging auf Eintragsebene**
  - statt ganzer Seiten werden nur tatsächlich geänderte Einträge protokolliert
  - kleinere Sperrgranulate als Seiten möglich
  - Protokollgröße reduziert sich typischerweise um mindestens eine Größenordnung
  - Log-Einträge werden in Puffer gesammelt → wesentlich weniger Plattenzugriffe
  - Recovery ist aufwändiger: zu ändernde Datenbankseiten müssen vollständig in den Hauptspeicher geladen werden, um die Log-Einträge anwenden zu können

4.2 Logging-Techniken

Physisches Logging (cont.)

- **Übergangslogging**
  - Protokollierung der Zustandsdifferenz zwischen *BFIM* und *AFIM*
  - Aus *BFIM* muss *AFIM* berechenbar sein (u.u.)
  - Realisierbar durch *XOR*-Operation $\oplus$ (eXclusive-OR)[1]:

	Zustands-Logging	**Übergangs-Logging**
DO Änderung $A_{alt} \rightarrow A_{neu}$	Protokollierung von $BFIM = A_{alt}$, $AFIM = A_{neu}$	Protokollierung von $D = A_{alt} \oplus A_{neu}$
REDO (in DB liegt A_{alt})	Überschreibe A_{alt} mit *AFIM*	$A_{neu} = A_{alt} \oplus D$
UNDO (in DB liegt A_{neu})	Überschreibe A_{neu} mit *BFIM*	$A_{alt} = A_{neu} \oplus D$

[1] XOR-Operation:

XOR:
$0 \oplus 0 = 0$
$0 \oplus 1 = 1$
$1 \oplus 0 = 1$
$1 \oplus 1 = 0$

4.2 Logging-Techniken

Logisches Logging

- Spezielle Form des Übergangs-Logging: nicht physische Zustandsänderungen protokollieren, sondern Änderungs-operationen mit ihren aktuellen Parametern
- **Vorteil**: Protokoll auf hoher Abstraktionsebene ermöglicht kurze Log-Einträge
- **Probleme für *REDO***
  Änderungen umfassen typischerweise mehrere Seiten (Tabelle, Indexe)
  - Atomares Einbringen der Mehrfachänderungen schwierig.
  - Logische Änderungen sind aufwändiger durchzuführen als physische Änderungen

4.2 Logging-Techniken

Logisches Logging (cont.)

- **Probleme für *UNDO***
  Mengenorientierte Änderungen können sehr aufwändige Protokolleinträge verursachen:
  - Bsp. `DELETE FROM Products WHERE Group = 'G1'`
    => *UNDO* erfordert viele Einfügungen, falls Produktgruppe G1 umfangreich ist
  - Bsp. `UPDATE Products SET Group = 'G2' WHERE Group = 'G1'`
    => *UNDO* muss alte und neue Produkte der Gruppe G2 unterscheiden

4.2 Logging-Techniken

Physiologisches Logging

- Kombination von physischem und logischem Logging:
  Protokollierung von *elementaren Operationen innerhalb einer Seite*
- **Physical-to-a-page**
  - Protokollierungseinheiten sind geänderte Seiten
  - gut verträglich mit Pufferverwaltung und direktem (atomarem) Einbringen
- **Logical-within-a-page**
  - logische Protokollierung der Änderungen auf einer Seite

Physiologisches Logging (cont.)

- Bewertung
  - Log-Einträge beziehen sich nicht auf mehrere Seiten wie bei logischem Logging
  - Dadurch einfachere Recovery als bei logischem Logging
  - Log-Datei ist länger als bei logischem Logging aber kürzer als bei physischem Logging
  - Flexibler als physisches Logging wegen variabler Objektpositionen auf Seiten.

Die Log-Datei

- **Art der Protokolleinträge**
  - Beginn, Commit und Rollback von Transaktionen
  - Änderungen des DB-Zustandes durch Transaktionen
  - Sicherungspunkte (Checkpoints)

4.2 Logging-Techniken

Die Log-Datei (cont.)

- **Struktur der Log-Einträge für Änderungen**

  (LSN, TA-Id, Page-Id, REDO, UNDO, PrevLSN)

  - *LSN* (*Log Sequence Number*): eindeutige Kennung des Log-Eintrags in chronologischer Reihenfolge
  - *TA-Id*: eindeutige Kennung der TA, die die Änderung durchgeführt hat
  - *Page-Id* : Kennung der Seite auf der die Änderungsoperation vollzogen wurde (ein Eintrag pro geänderter Seite)
  - *REDO*: gibt an, wie die Änderung nachvollzogen werden kann
  - *UNDO*: beschreibt, wie die Änderung rückgängig gemacht werden kann
  - *PrevLSN*: Zeiger auf vorhergehenden Log-Eintrag der jeweiligen TA (Effizienzgründe)

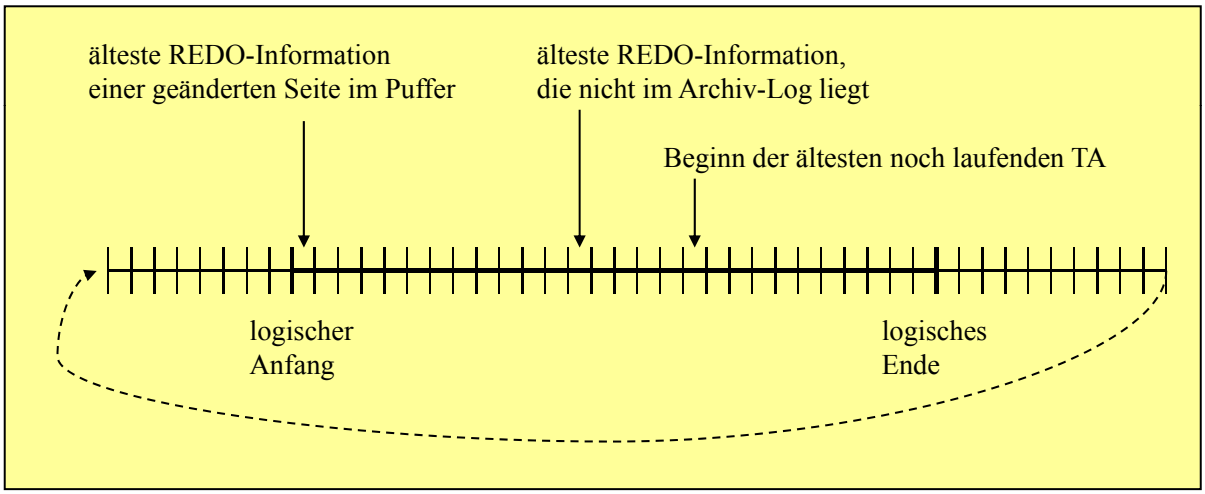
4.2 Logging-Techniken

Die Log-Datei (cont.)

- Die Log-Datei ist eine **sequentielle** Datei: Schreiben neuer Protokolldaten an das aktuelle Dateiende
- Log-Daten sind für **Crash-Recovery** nur begrenzte Zeit relevant:
  - *UNDO*-Sätze für erfolgreich beendetete TAs werden nicht mehr benötigt
  - Nach Einbringen der Seite in die DB wird *REDO*-Information nicht mehr benötigt
- REDO-Information für **Geräte-Recovery** ist im Archiv-Log zu sammeln

Die Log-Datei (cont.)

- **Ringpuffer-Organisation** der Log-Datei



Die Log-Datei: Beispiel

Ablauf T_1	**Ablauf T_2**	**Log-Eintrag** *(LSN, TA-Id, Page-Id, REDO, UNDO, PrevLSN)*
begin		(#1, T_1, begin, 0)
read(A, a_1)		
	begin	(#2, T_2, begin, 0)
	read(C, c_2) //80	
$a_1 := a_1 - 50$		
write(A, a_1)		(#3, T_1, p_A, A-=50, A+=50, #1)
	$c_2 := 100$	
	write(C, c_2)	(#4, T_2, p_C, C=100, C=80, #2)
read(B, b_1) //70		
$b_1 := 50$		
write(B, b_1)		(#5, T_1, p_B, B=50, B=70, #3)
commit		(#6, T_1, commit, #5)
	read(A, a_2)	
	$a_2 := a_2 - 100$	
	write(A, a_2)	(#7, T_2, p_A, A-=100, A+=100, #4)
	commit	(#8, T_2, commit, #7)

(hier: logisches Logging)