Datenbanksysteme 2011

Kapitel 13:
Transaktionsverwaltung

Vorlesung vom 28.06.2011

Oliver Vornberger

Institut für Informatik
Universität Osnabrück

Transaktion

Bündelung mehrerer Datenbankoperationen

- Mehrbenutzersynchronisation
- Recovery

Überweisung von 50 €

```
read(A,a);
a := a - 50;
write(A, a);
read(B, b);
b := b + 50;
write(B, b);
```

Operationen einer Transaktion

- **begin of transaction (BOT):**
  Anfang einer Transaktion.

- **commit:**
  Ende einer Transaktion. Alle Änderungen seit dem letzten BOT werden festgeschrieben.

- **abort:**
  Abbruch einer Transaktion. Die Datenbasis wird in den Zustand vor Beginn der Transaktion zurückgeführt.

- **define savepoint:**
  zusätzlicher Sicherungspunkt.

- **backup transaction:**
  Setzt die Datenbasis auf den jüngsten Sicherungspunkt zurück

Abschluss einer Transaktion

BOT op_1; op_2; ... op_n; COMMIT

BOT op_1; op_2; ... op_n; ABORT

BOT op_1; op_2; ... op_n; <FEHLER>

Eigenschaften von Transaktionen: ACID

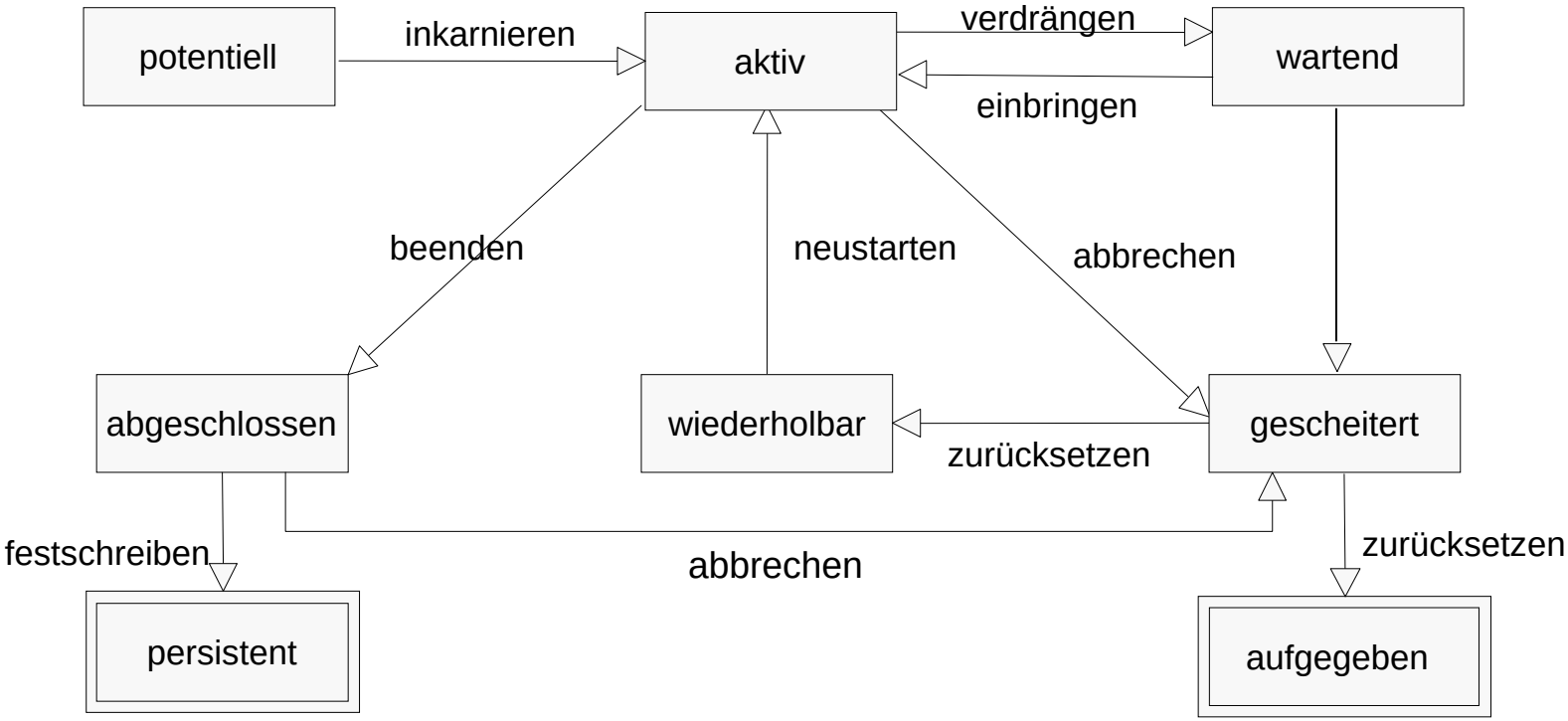
- Atomicity:
  nicht weiter zerlegbare Einheit (*alles-oder-nichts)*

- Consistency:
  Nach Abschluß: Konsistenz,
  während der Transaktion: ggf. Inkonsistenzen.

- Isolation:
  keine Beeinflussung durch nebenläufig ausgeführte Transaktionen

- Durability:
  Erfolgreich abgeschlossene Transaktion bleibt dauerhaft in der Datenbank (auch nach einem späteren Systemfehler)

Zustandsübergänge



Transaktionsverwaltung in SQL

```
start transaction
update Studenten
set Semester=Semester+1
select * from Studenten
commit

start transaction
update Studenten
set Semester=Semester-1
select * from Studenten
commit
```

2. Transaktion ist blockiert, bis 1. Transaktion commit sagt

MySQL Workbench

Datenbanksysteme 2011

Kapitel 14:

Recovery

Fehlerklassen

- lokaler Fehler in einer noch nicht festgeschriebenen Transaktion
- Fehler mit Hauptspeicherverlust
- Fehler mit Hintergrundspeicherverlust

Lokaler Fehler in einer Transaktion

Grund:	Fehler im Anwendungsprogramm Abort systemgesteuerter Abbruch einer Transaktion
Behebung:	Änderungen der abgebrochenen Transaktion rückgängig machen (lokales undo)
Frequenz:	minütlich
Aufwand:	Millisekunden

Fehler mit Hauptspeicherverlust

Grund:	Stromausfall, Hardwareausfall, Betriebssystemproblem
Behebung:	alle durch nicht abgeschlossene Transaktionen schon in die materialisierte Datenbasis eingebrachten Änderungen müssen rückgängig gemacht werden (*globales undo*)
	alle noch nicht in die materialisierte Datenbasis eingebrachten Änderungen durch abgeschlossene Transaktionen müssen nachvollzogen werden (*globales redo*).
Frequenz:	täglich
Aufwand:	Minuten

Fehler mit Hintergrundspeicherverlust

Grund:	head crash Feuer/Erdbeben Betriebssystemproblem
Behebung:	Archivkopie + Logarchiv
Frequenz:	jährlich
Aufwand:	Stunden

Lokales Zurücksetzen einer Transaktion

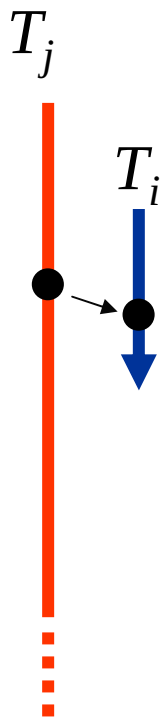
Transaktion T_j schreibt etwas,
was von T_i gelesen wird.

Sekunden später:

T_i : commit

T_j : abort

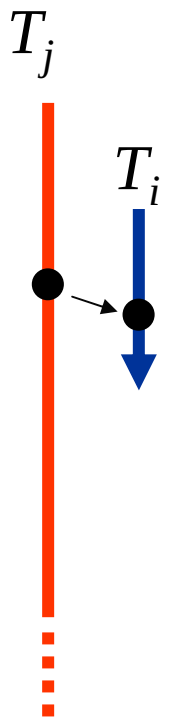
Problem: T_i hat Wert verarbeitet,
der "offiziell" nie existiert hat.



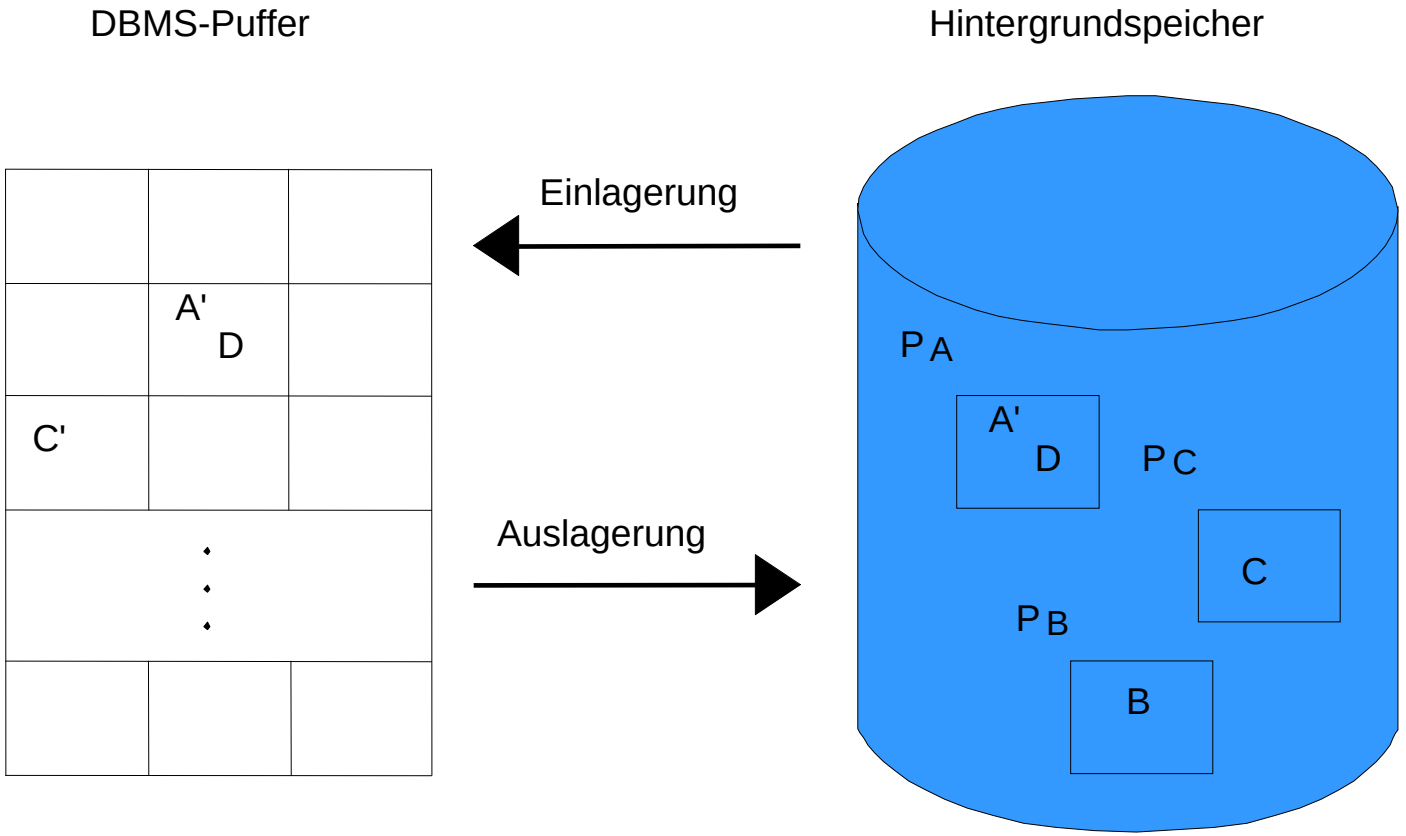
Rücksetzbare Historien

Eine Historie heißt *rücksetzbar*, falls immer
die schreibende Transaktion T_j
vor der lesenden Transaktion T_i
ihr **commit** ausführt.

Eine Transaktion darf erst dann
ihr **commit** durchführen,
wenn alle Transaktionen,
von denen sie gelesen hat,
beendet sind.



Speicherhierarchie



Für die Dauer eines Zugriffs wird die Seite im Puffer *fixiert*.

Fixierte Seiten werden nicht verdrängt.

Werden Daten geändert, so wird die Seite als *dirty* markiert.

Ersetzen von Pufferseiten

Bei Platzbedarf (wegen Einlagern):

¬*steal*:

Die Ersetzung von Seiten, die von einer noch aktiven Transaktion modifiziert wurden, ist ausgeschlossen.

steal:

Jede nicht fixierte Seite darf ausgelagert werden.

Zurückschreiben von Pufferseiten

Bei Transaktionsende:

force:

Beim **commit** einer Transaktion werden alle von ihr modifizierten Seiten in die materialisierte Datenbasis zurückkopiert.

¬*force*:

Modifizierte Seiten werden nicht unmittelbar nach einem **commit**, sondern ggf. auch später, in die materialisierte Datenbasis zurückkopiert.
(z.B. weil Seite heftig genutzt wird).

Kombinationsmöglichkeiten

	force	¬force
¬ steal	Kein Redo kein Undo	Redo kein Undo
steal	Kein Redo Undo	Redo Undo

Quiz zu Recovery-Varianten

Welche Aktionen sind nötig bei "steal" & "force" ?

A ¬ redo ¬ undo

25.0 %

B ¬ redo undo

25.0 %

C redo ¬ undo

25.0 %

D redo undo

25.0 %

Anzahl der Stimmen: 0

Abstimmung läuft...

Einbringstrategie

- update-in-place

  Jeder eingelagerten Seite P entspricht eine Seite P im Hintergrundspeicher

- Twin-Block-Verfahren

  Jeder eingelagerten Seite P werden zwei Seiten P^0 und P^1 im Hintergrundspeicher zugeordnet mit dem letzten und vorletzten Zustand.

  Zurückschreiben erfolgt jeweils auf den vorletzten Zustand.

Systemkonfiguration

- *steal*
- ¬*force*
- *update-in-place*
- *Kleine Sperrgranulate*

  Seiten können Änderungen von abgeschlossenen und nicht abgeschlossenen Transaktionen enthalten

Struktur der Log-Einträge

- *LSN (Log Sequence Number)*
- *Transaktionskennung TA*
- *PageID*
- *Redo*-Information
- *Undo*-Information
- *PrevLSN*

Beispiel einer Log-Datei

T_1	T_2	[LSN, TA, PageID, Redo, Undo, PrevLSN]
BOT		**[#1, T_1, BOT, 0]**
r(A, a_1)		
	BOT	**[#2, T_2, BOT, 0]**
	r(C, c_2)	
a_1 := a_1 - 50		
w(A, a_1)		**[#3, T_1, P_A, A-=50, A+=50, #1]**
	c_2 := c_2 + 100	
	w(C, c_2)	**[#4, T_2, P_C, C+=100, C-=100, #2]**
r(B, b_1)		
b_1 := b_1 + 50		
w(B, b_1)		**[#5, T_1, P_B, B+=50, B-=50, #3]**
commit		**[#6, T_1, commit, #5]**
	r(A, a_2)	
	a_2 := a_2 - 100	
	w(A, a_2)	**[#7, T_2, P_A, A-=100, A+=100, #4]**
	commit	**[#8, T_2, commit, #7]**

Logische versus physische Protokollierung

Logische Protokollierung:
Notiere *Undo*-Operation, um vorherigen Zustand zu erzeugen
Notiere *Redo*-Operation, um Nachfolgezustand zu erzeugen

Physische Protokollierung:
Notiere *Before-Image* des Datenobjekts statt Undo-Operation
Notiere *After-Image* des Datenobjekts statt Redo-Operation

Before-Image = *Undo*-Code angewendet auf *After-Image*
After-Image = *Redo*-Code angewendet auf *Before-Image*

Before or After, that is the question

- Problem: In der Recovery-Phase ist zunächst unklar, bis zu welcher Einzelaktion eine Transaktion bereits ihre Effekte in die Datenbank geschrieben hat.

- Beim Anlegen eines Log-Eintrages wird die neu generierte LSN in einen reservierten Bereich der Seite geschrieben.

- Beim Auslagern wird LSN mitkopiert.

- Wenn die LSN der Seite im Hintergrundspeicher einen kleineren Wert als die LSN des Log-Eintrags enthält, handelt es sich um das *Before-Image*.

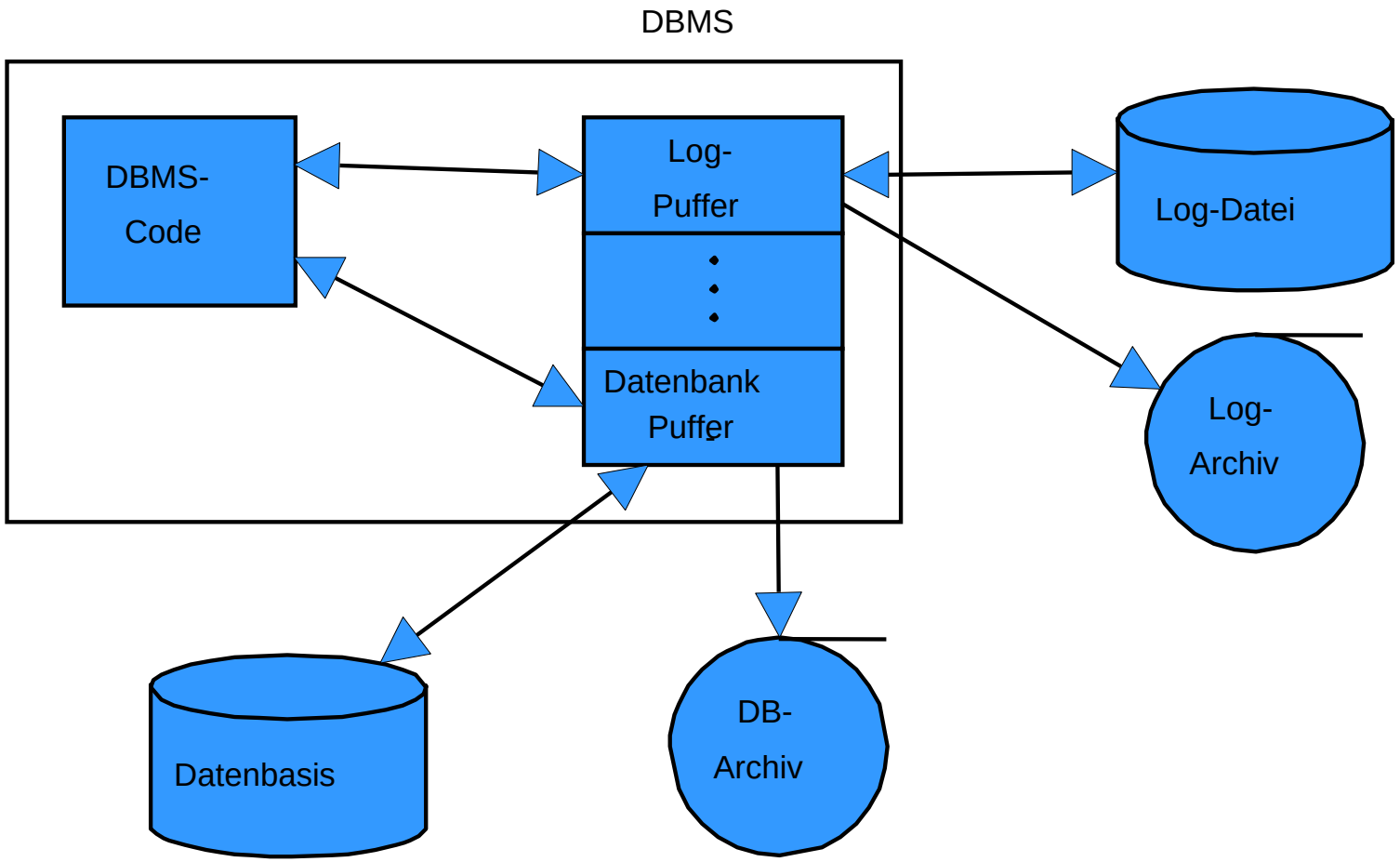
- Ist die LSN der Seite im Hintergrundspeicher größer oder gleich der LSN des Log-Eintrags, dann wurde bereits das *After-Image* auf den Hintergrundspeicher propagiert.

WAL-Prinzip (Write Ahead)

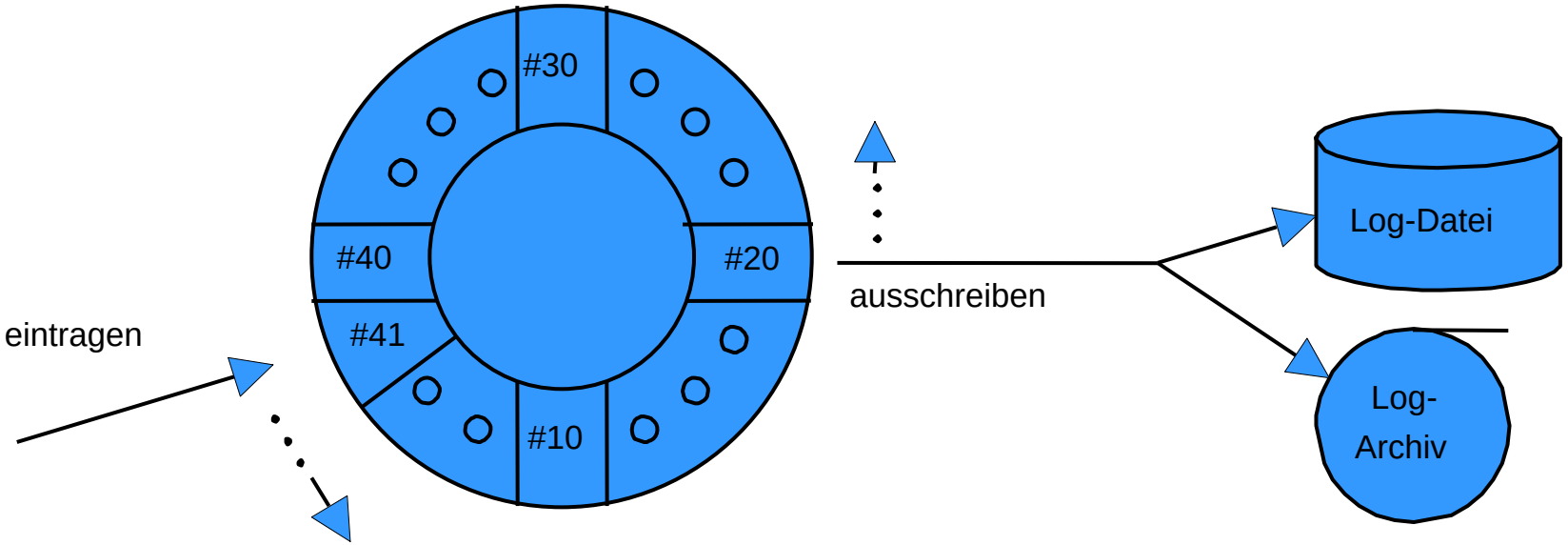
- Bevor eine Transaktion festgeschrieben (**committed**) wird, müssen alle zu ihr gehörenden Log-Einträge geschrieben werden.
  (wegen Redo)

- Bevor eine modifizierte Seite ausgelagert werden darf, müssen alle Log-Einträge, die zu dieser Seite gehören, in die Log-Datei geschrieben werden.
  (wegen Undo)

Speicherhierarchie zur Datensicherung



Log-Ringpuffer



Wiederanlauf nach einem Fehler

Transaktion T_1 ist ein *Winner* und verlangt ein *Redo*.

Transaktion T_2 ist ein *Loser* und verlangt ein *Undo*.

1. Analyse: *Winner* und *Loser* ermitteln (commit !)
2. Log-Datei vorwärts: *Redo, falls erforderlich (LSN !)*
3. Log-Datei rückwärts: *Undo*

Redo für Winner & Loser

- Logdatei vorwärts durchlaufen
- Referierte Seite aus Hintergrundspeicher holen
- Update durchführen, falls erforderlich (LSN)
- LSN updaten
- Seite zurückschreiben.

Undo für Loser

- Logdatei rückwärts durchlaufen
- Referierte Seite aus Hintergrundspeicher holen
- Update durchführen
- [Compensation Log Records schreiben]
- Seite zurückschreiben.

Winner & Loser

[LSN,	TA,	PageID,	Redo,	Undo,	PrevLSN]

```
[#1,  T1, BOT, 0]
[#2,  T2, BOT, 0]
[#3,  T1, PA, A-=50,  A+=50,  #1]
[#4,  T2, PC, C+=100, C-=100, #2]
[#5,  T1, PB, B+=50,  B-=50,  #3]
[#6,  T1, commit,             #5]
[#7,  T2, PA, A-=100, A+=100, #4]
```

Fehlertoleranz des Wiederanlaufs

Absturz bei Recovery:

Forderung: Redo-Phase und Undo-Phase müssen *idempotent* sein:

undo(undo(…undo(a))…)) = undo(a)

redo(redo(…redo(a))…)) = redo(a)

Idempotenz der Redo-Phase durch LSN:

Doppeltes redo wird verhindert.

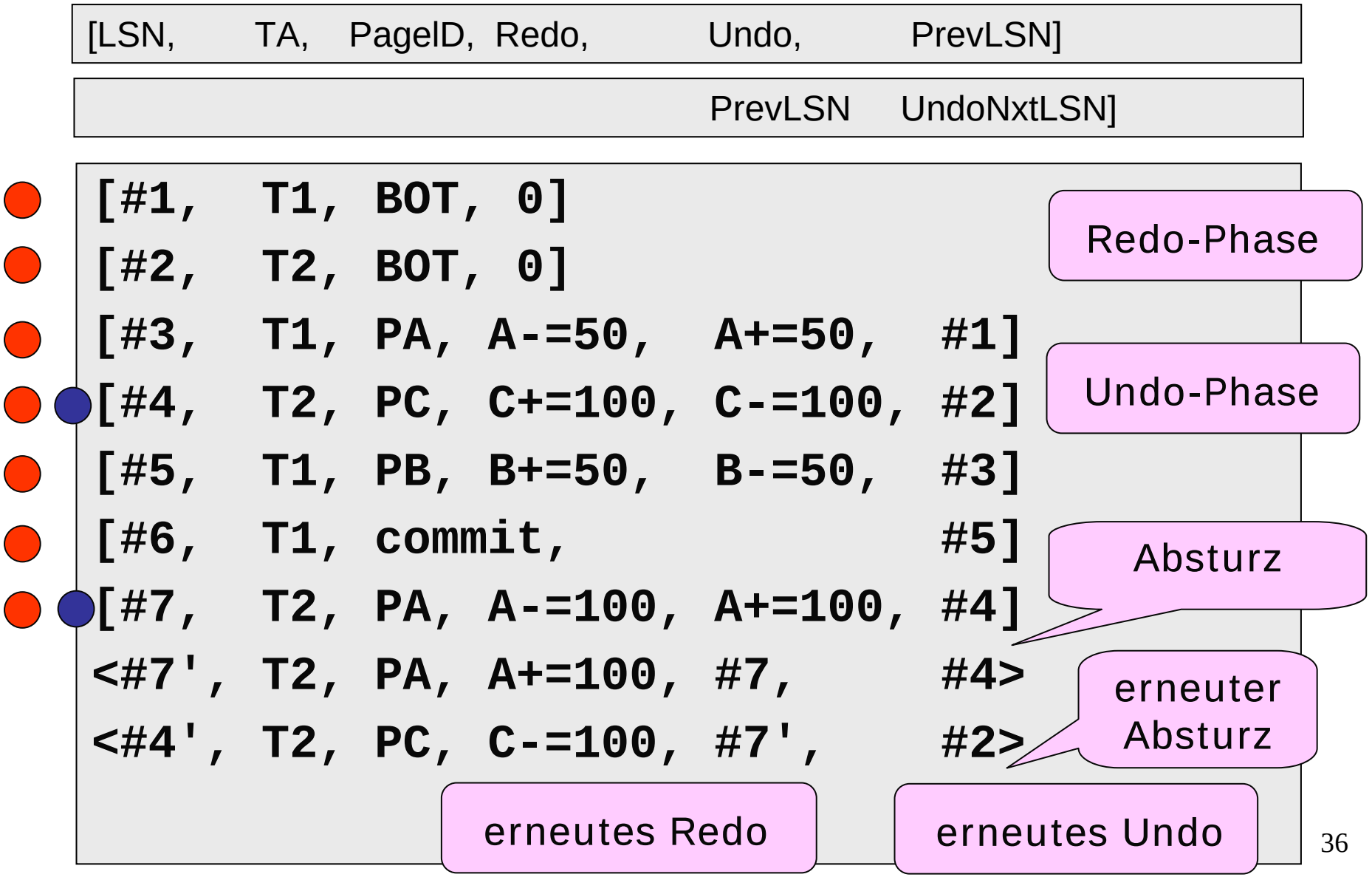
Idempotenz der Undo-Phase:

Für jede Undo-Operation wird CLR (Compensation Log Record) angelegt.

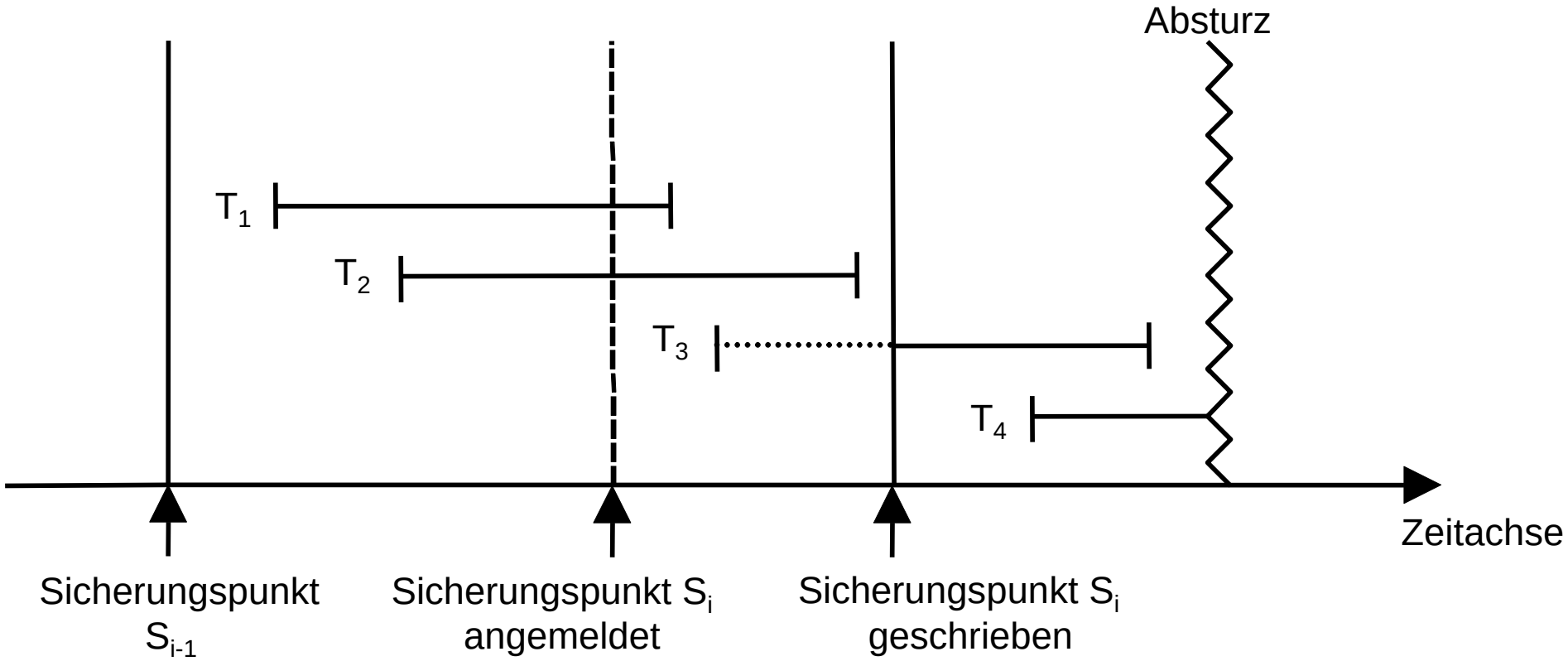
Struktur der CLR-Einträge

- *LSN (Log Sequence Number)*
- *Transaktionskennung TA*
- *PageID*
- *Redo*-Information (= erfolgreiche Undo während Recovery)
- *PrevLSN*
- *UndoNxtLSN*

Beispiel für CLR



Sicherungspunkte



Recovery-Arten