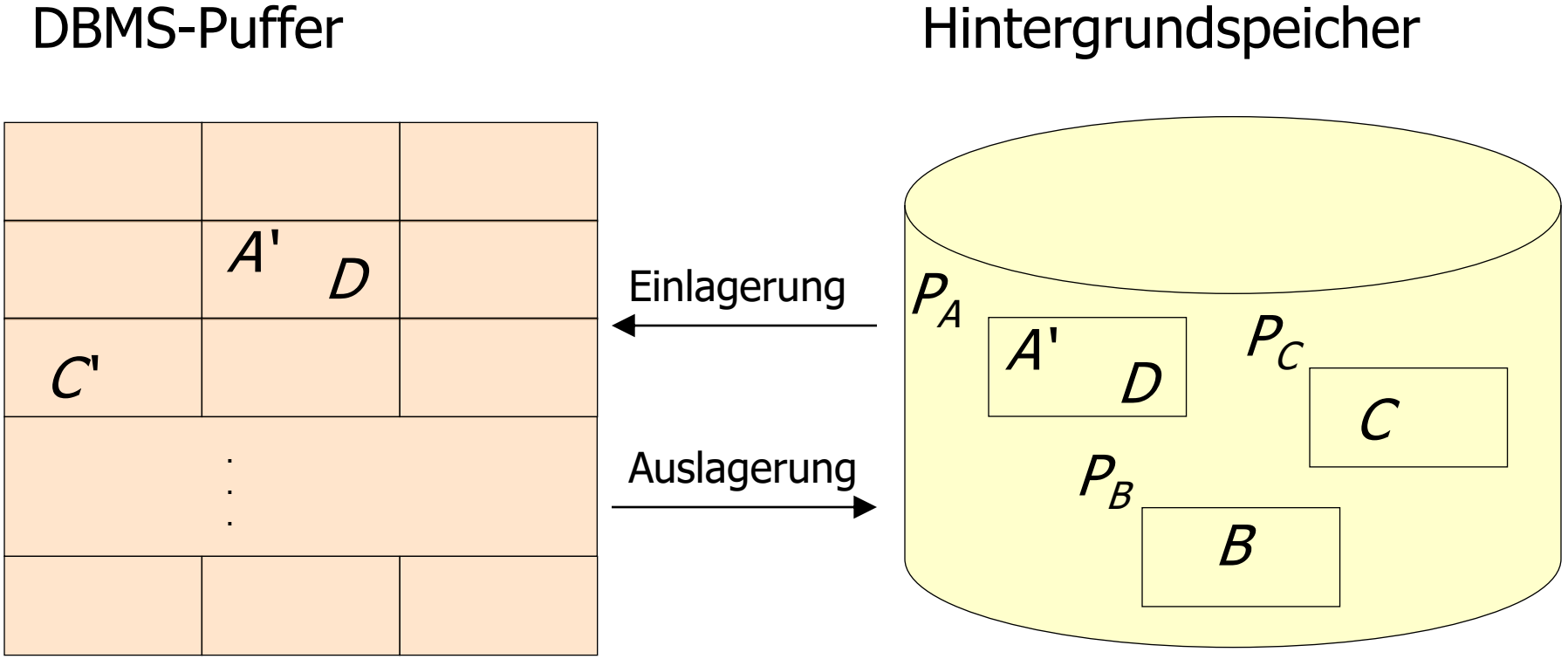
Gliederung

Fehlerbehandlung (Recovery)

Fehlerklassifikation

1. Lokaler Fehler in einer noch nicht festgeschriebenen (committed) Transaktion
   - Wirkung muss zurückgesetzt werden
   - *R1*-Recovery
2. Fehler mit Hauptspeicherverlust
   - Abgeschlossene TAs müssen erhalten bleiben (R2-Recovery)
   - Noch nicht abgeschlossene TAs müssen zurückgesetzt werden (R3-Recovery)
3. Fehler mit Hintergrundspeicherverlust
   - R4-Recovery

Zweistufige Speicherhierarchie



Die Speicherhierarchie

Ersetzung von Puffer-Seiten:

¬*steal:* Bei dieser Strategie wird die Ersetzung von Seiten, die von einer noch aktiven Transaktion modifiziert wurden, ausgeschlossen.

steal: Jede nicht fixierte Seite ist prinzipiell ein Kandidat für die Ersetzung, falls neue Seiten eingelagert werden müssen.

Einbringen von Änderungen abgeschlossener TA's:

Force-Strategie: Änderungen werden zum Transaktionsende auf den Hintergrundspeicher geschrieben.

¬force-Strategie: geänderte Seiten können im Puffer verbleiben.

Auswirkungen auf Recovery

	force	¬force
¬steal	• kein Undo • kein Redo	• Redo • kein Undo
steal	• kein Redo • Undo	• Redo • Undo

Einbringungsstrategie

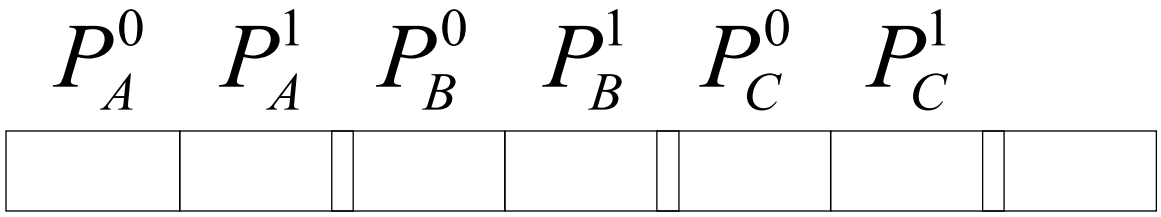
Update in Place

jede Seite hat genau eine „Heimat" auf dem Hintergrundspeicher

der alte Zustand der Seite wird überschrieben

Twin-Block-Verfahren

Anordnung der Seiten P_A, P_B, und P_C.



Schattenspeicherkonzept

nur geänderte Seiten werden dupliziert

weniger Redundanz als beim Twin-Block-Verfahren

Hier zugrunde gelegte Sytemkonfiguration

steal

- „dreckige Seiten" können in der Datenbank (auf Platte) geschrieben werden

¬force

- geänderte Seiten sind möglicherweise noch nicht auf die Platte geschrieben

update-in-place

- Es gibt von jeder Seite nur eine Kopie auf der Platte

Kleine Sperrgranulate

- auf Satzebene
- also kann eine Seite gleichzeitig „dreckige" Daten (einer noch nicht abgeschlossenen TA) und „committed updates" enthalten
- das gilt sowohl für Puffer – als auch Datenbankseiten

Protokollierung von Änderungsoperationen

Struktur der Log-Einträge

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

LSN (Log Sequence Number)

- eine eindeutige Kennung des Log-Eintrags.
- LSNs müssen monoton aufsteigend vergeben werden,
- die chronologische Reihenfolge der Protokolleinträge kann dadurch ermittelt werden.

Transaktionskennung (TA)

- der Transaktion, die die Änderung durchgeführt hat.

PageID

- die Kennung der Seite, auf der die Änderungsoperationen vollzogen wurde.
- Wenn eine Änderung mehr als eine Seite betrifft, müssen entsprechend viele Log-Einträge generiert werden.

Protokollierung von Änderungsoperationen II

Struktur der Log-Einträge II

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

Die *Redo* -Information gibt an, wie die Änderung nachvollzogen werden kann.

Die *Undo* -Information beschreibt, wie die Änderung rückgängig gemacht werden kann.

PrevLSN ist ein Zeiger auf den vorhergehenden Log-Eintrag der jeweiligen Transaktion.
Diesen Eintrag benötigt man aus Effizienzgründen.

Beispiel einer Log-Datei

Schritt	T_1	T_2	Log [LSN, TA, PageID, Redo, Undo, PrevLSN]
1.	**BOT**		[#1, T_1, **BOT**, 0]
2.	$r(A,a_1)$		
3.		**BOT**	[#2, T_2, **BOT**, 0]
4.		$r(C,c_2)$	
5.	$a_1 := a_1 - 50$		
6.	$w(A,a_1)$		[#3, T_1, P_A, A-=50, A+=50, #1]
7.		$c_2 := c_2 + 100$	
8.		$w(C,c_2)$	[#4, T_2, P_C, C+=100, C-=100, #2]
9.	$r(B,b_1)$		
10.	$b_1 := b_1 + 50$		
11.	$w(B,b_1)$		[#5, T_1, P_B, B+=50, B-=50, #3]
12.	**commit**		[#6, T_1, **commit**, #5]
13.		$r(A,a_2)$	
14.		$a_2 := a_2 - 100$	
15.		$w(A,a_2)$	[#7, T_2, P_A, A-=100, A+=100, #4]
16.		**commit**	[#8, T_2, **commit**, #7]

Logische oder physische Protokollierung

Physische Protokollierung

Es werden Inhalte / Zustände protokolliert:

1. **before-image** enthält den Zustand vor Ausführung der Operation
2. **after-image** enthält den Zustand nach Ausführung der Operation

Logische Protokollierung

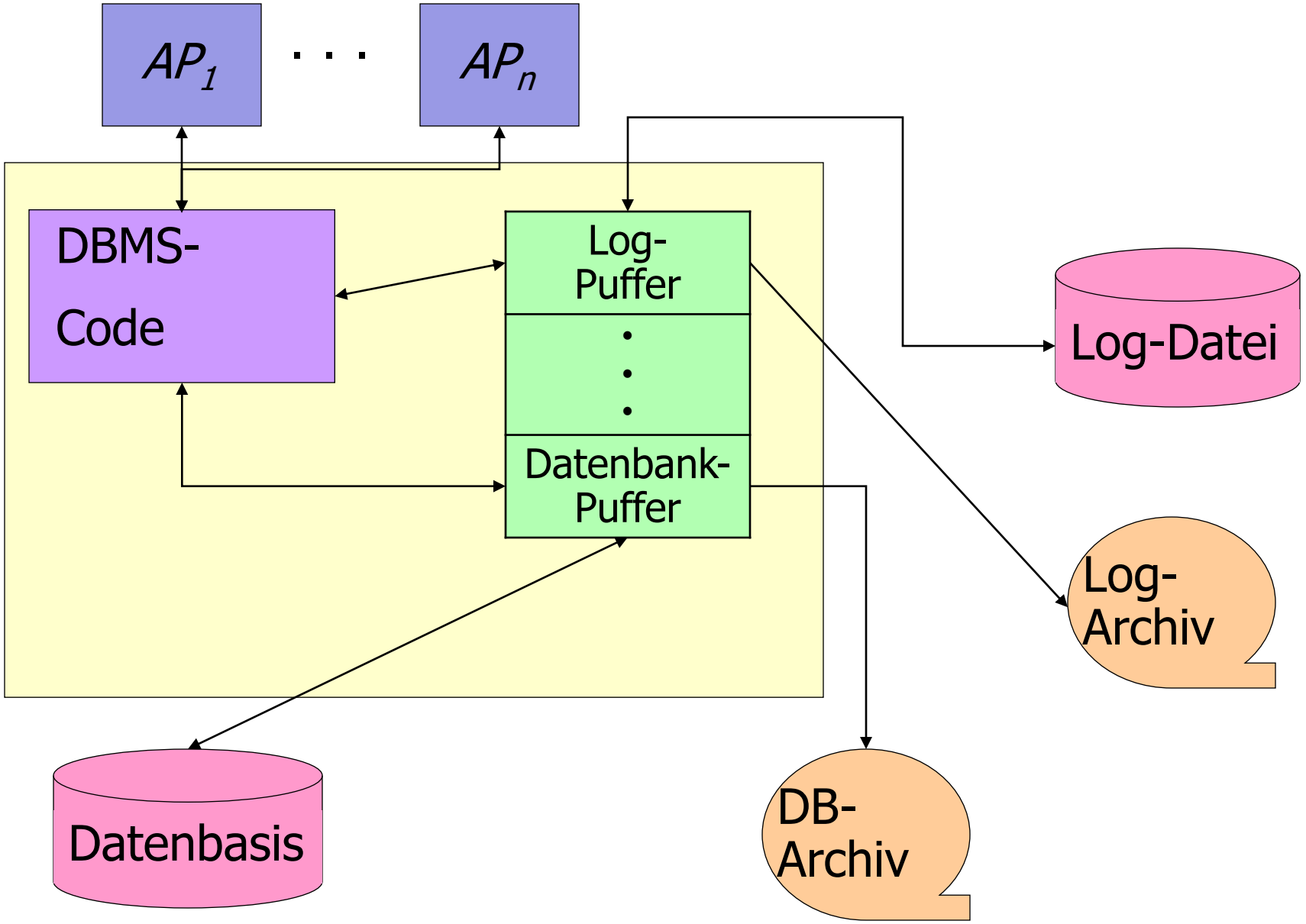
- das *Before-Image* wird durch Ausführung des Undo-Codes aus dem *After-Image* generiert und
- das *After-Image* durch Ausführung des Redo-Codes aus dem *Before-Image* berechnet.

Speicherung der Seiten-LSN

Die „Herausforderung" besteht darin, beim Wiederanlauf zu entscheiden, ob man das Before- oder das After-Image auf dem Hintergrundspeicher vorgefunden hat.

Dazu wird auf jeder Seite die LSN des jüngsten diese Seite betreffenden Log-Eintrags gespeichert.

Schreiben der Log-Information



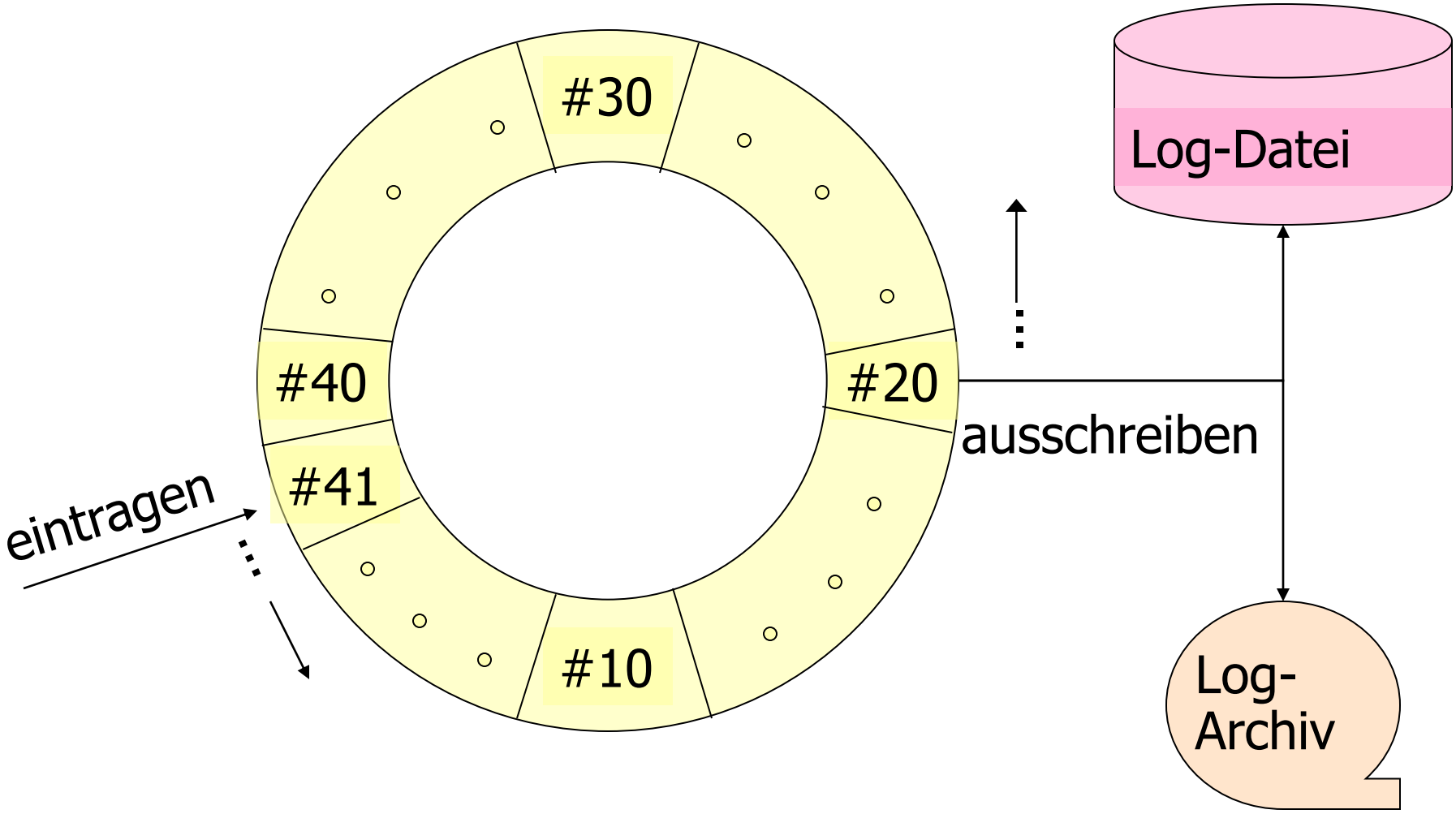
Schreiben der Log-Information

Die Log-Information wird zweimal geschrieben:

1. Log-Datei für schnellen Zugriff
   - R1, R2 und R3-Recovery

2. Log-Archiv
   - R4-Recovery

Anordnung des Log-Ringpuffers



Das WAL-Prinzip

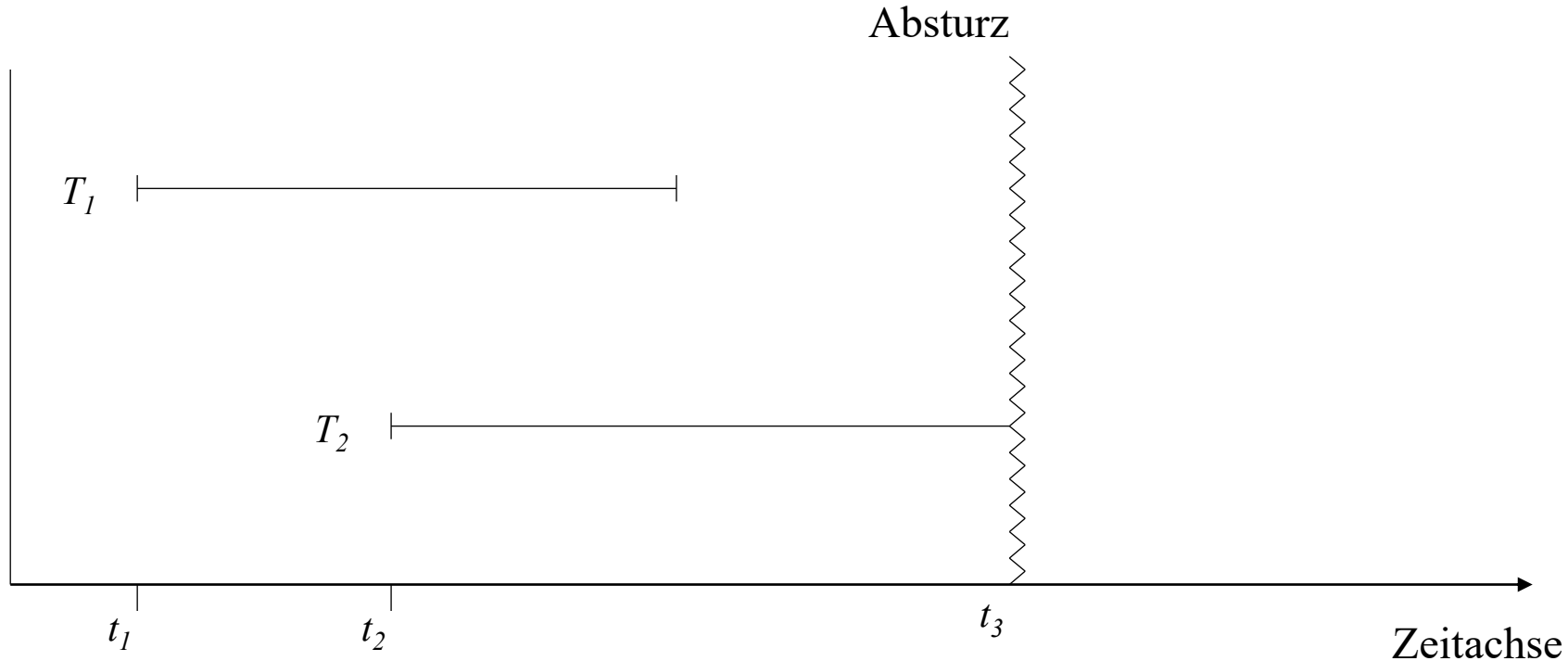
Write Ahead Log-Prinzip

1. Bevor eine Transaktion festgeschrieben (**committed**) wird, müssen alle „zu ihr gehörenden" Log-Einträge ausgeschrieben werden.

2. Bevor eine modifizierte Seite ausgelagert werden darf, müssen alle Log-Einträge, die zu dieser Seite gehören, in das temporäre und das Log-Archiv ausgeschrieben werden.

Wiederanlauf nach einem Fehler

Transaktionsbeginn und – ende relativ zu einem Systemabsturz



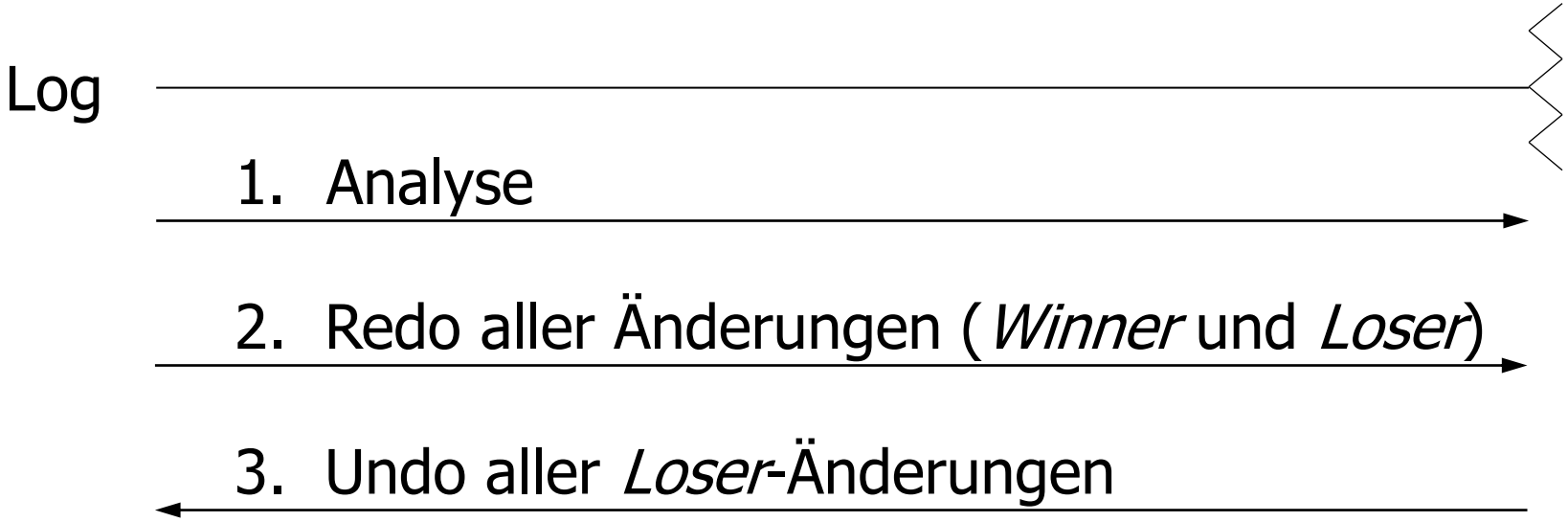
Transaktionen der Art T_1 müssen hinsichtlich ihrer Wirkung vollständig nachvollzogen werden. Transakionen dieser Art nennt man *Winner*.

Transaktionen, die wie T_2 zum Zeitpunkt des Absturzes noch aktiv waren, müssen rückgängig gemacht werden. Diese Transaktionen bezeichnen wir als *Loser*.

Drei Phasen des Wiederanlaufs

1. *Analyse:*
   - Die temporäre Log-Datei wird von Anfang bis zum Ende analysiert,
   - Ermittlung der *Winner*-Menge von Transaktionen des Typs T_1
   - Ermittlung der *Loser*-Menge von Transaktionen der Art T_2.
2. *Wiederholung der Historie:*
   - *alle* protokollierten Änderungen werden in der Reihenfolge ihrer Ausführung in die Datenbasis eingebracht.
3. *Undo der Loser:*
   - Die Änderungsoperationen der *Loser*-Transaktionen werden in umgekehrter Reihenfolge ihrer ursprünglichen Ausführung rückgängig gemacht.

Wiederanlauf in drei Phasen



Fehlertoleranz des Wiederanlaufs

…auch während der Recoveryphase kann das System abstürzen…

Beispiel einer Log-Datei

Schritt	T_1	T_2	Log [LSN, TA, PageID, Redo, Undo, PrevLSN]
1.	**BOT**		[#1, T_1, **BOT**, 0]
2.	$r(A,a_1)$		
3.		**BOT**	[#2, T_2, **BOT**, 0]
4.		$r(C,c_2)$	
5.	$a_1 := a_1 - 50$		
6.	$w(A,a_1)$		[#3, T_1, P_A, A-=50, A+=50, #1]
7.		$c_2 := c_2 + 100$	
8.		$w(C,c_2)$	[#4, T_2, P_C, C+=100, C-=100, #2]
9.	$r(B,b_1)$		
10.	$b_1 := b_1 + 50$		
11.	$w(B,b_1)$		[#5, T_1, P_B, B+=50, B-=50, #3]
12.	**commit**		[#6, T_1, **commit**, #5]
13.		$r(A,a_2)$	
14.		$a_2 := a_2 - 100$	
15.		$w(A,a_2)$	[#7, T_2, P_A, A-=100, A+=100, #4]
16.		**commit**	[#8, T_2, **commit**, #7]

Sicherungspunkte

Transaktionskonsistente Sicherungspunkte