Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Theo Härder
Universität Kaiserslautern
Fachbereich Informatik
haerder@informatik.uni-kl.de
http://www.haerder.de/

Vorlesung

Transaktionssysteme

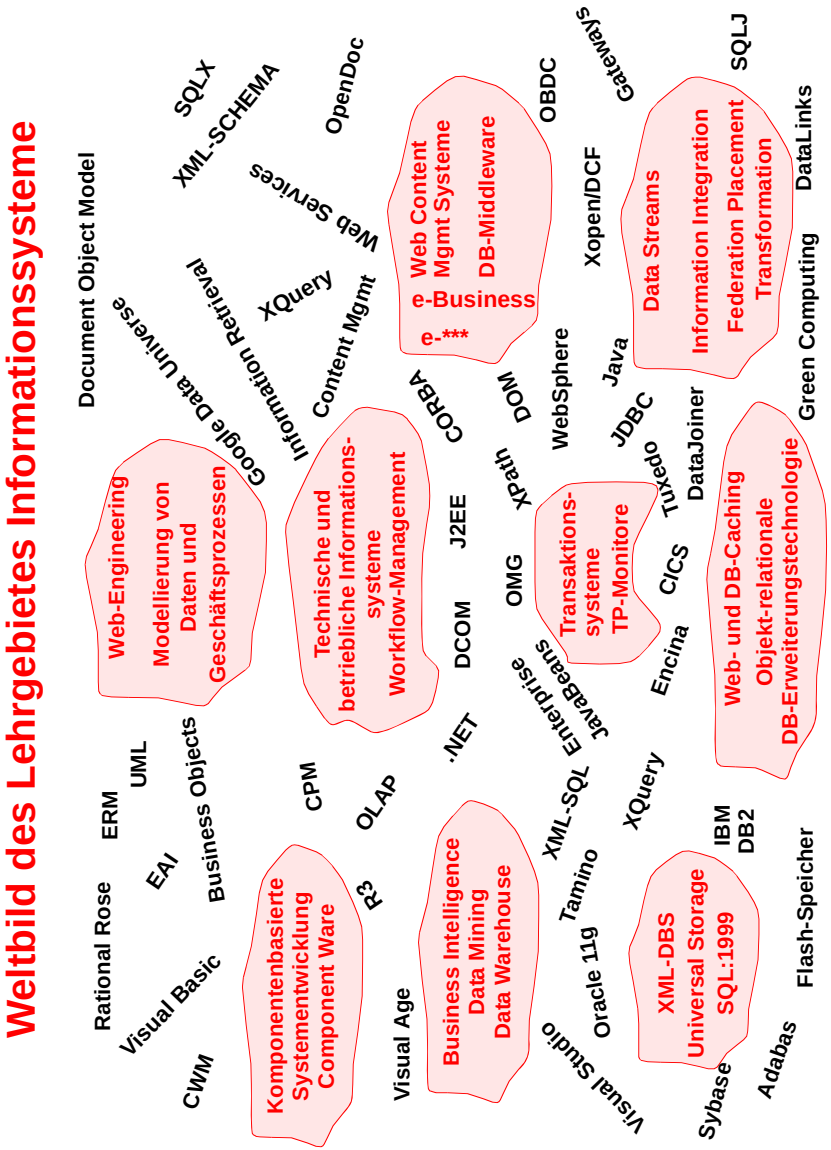
SS 2009

Theo Härder

Vorlesung:

Do., 10.00 - 11.30 Uhr, 36-265

Beginn: Do., 23. 04. 2009



Ziele

- **Vermittlung von vertieften Kenntnissen zu allen Entwicklungs- und Einsatzaspekten von Transaktionssystemen:**
  - Aufbau von Transaktions- und Client/Server-Systemen
  - Verständnis von Transaktionsmodellen und ihren Variationen sowie ihre
  - Nutzung in heterogenen Systemen, bei Workflows und in Web-Anwendungen
  - Bewertung der zugehörigen Realisierungskonzepte

- Die **Inhalte der Vorlesung** werden von **einigen Anforderungen**, die heute an einen **"Softworker"** gestellt werden, **bestimmt.** Das folgende **Kenntnisprofil** kann als **Ideal** für einen modernen **Softworker** dienen**.** Er
  - kennt die XY-Maschine
  - kann mindestens mit zwei Betriebssystemen umgehen und hat Grundkenntnisse bei Netzwerken
  - beherrscht eine Assembler- und eine höhere Programmiersprache
  - ist vertraut mit einem Datenmodell und der zugehörigen DB-Sprache (z. B. SQL:1999 als relationaler Standard)
  - *kann Datenbanken strukturieren und verwalten*
  - *kann einen TP-Monitor benutzen*
  - *kann Transaktionssystem-Anwendungen entwickeln*
  - beherrscht eine Entwurfsmethodik und kann die entsprechenden Entwurfswerkzeuge bedienen
  - beherrscht eine Testmethodik und kann die entsprechenden Testwerkzeuge anwenden
  - ist vertraut mit einer formalen Spezifikationssprache
  - kann die Anforderungen mit den Anwendern absprechen und
  - ist in der Lage, ein DV-Projekt zu leiten. (erweitert nach H. Sneed).

Übersicht (vorl.)

0. Grundlagen (Wiederholung)

- Transaktionskonzept (DBAW)
- Wichtigste Eigenschaften/Realisierungskonzepte von ACID

1. Architekturen von TA-Systemen

- Ziel: Ableitung von Schichtenmodellen
- Schichtenmodell eines zentralisierten TA-Systems
- Verteilte Transaktionen unter Kontrolle eines TP-Monitors
- Kontrolle verteilter Transaktionen durch VDBS oder durch Middleware
- Web als TA-System
- Standardisierung der Leistungsbewertung

2. Client/Server-Systeme

- Anwendungsentwicklung – allgemeine Probleme
- Sicht des Endbenutzers
- Entwurfsaufgaben
- Client/Server-Modell, zwei-und dreistufige C/S-Architektur
- Effiziente Realisierung von Servern
- TP-Monitor – Prinzipien und Einsatz
- Aufbau des DB-Servers (Drei-Schichten-Modell)
- TA-Verarbeitung in offenen Systemen
- Optimierte Protokolle für 2PC
- Zusammenfassung – Vielfalt an Bezeichnungen

Übersicht (2)

3. Transaktionsmodelle

- Kontrollbereiche
- Beschreibung von Transaktionsmodellen
- Gekettete Transaktionen
- Prinzipien der Schachtelung — offen, geschlossen
- Geschlossen geschachtelte Transaktionen — Eigenschaften
- Vertiefung – Sperrprotokolle
- Offen geschachtelte Transaktionen — Eigenschaften
- Mehrebenen-Transaktionen, Sagas
- Komplexe Transaktionsmodelle – Erkennung von Abhängigkeiten

4. TA-Modelle für heterogene Systeme, Workflows und Web

- Heterogene TA-Systeme
  - Autonomie vs. Transparenz
  - Probleme: Serialisierbarkeit, Atomarität, Deadlocks
- TA-Verwaltung in heterogenen Systemen
  - Korrektheitsbedingungen bei Mehrebenen-TA
  - Globale Serialisierbarkeit und globale Atomarität
- Daten- und Funktionsintegration
- Transaktionale Workflows und ConTracts
- Geschäftstransaktionen und Web Services
  - Elektronischer Handel, Geschäftsmodelle
  - Atomarität bei Geschäftstransakti

LITERATURLISTE

Aussagen zu wesentlichen Inhalten der Vorlesung in:

Gray, J., Reuter, A.:
Transaction Processing—Concepts and Techniques, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., San Mateo, CA., 1998 (5th printing).

Bernstein, P.A., Newcomer, E.:
Principles of Transaction Processing, Morgan Kaufmann, San Mateo, 1997.

Weikum, G, Vossen, G.:
Transactional Information Systems, Morgan Kaufmann, 2001.

An bestimmten Stellen zusätzlich hilfreich:

Dittrich, K.R., Geppert ,A. (Eds):
Component Database Systems, Morgan Kaufmann, 2001.

Härder, T., Rahm, E.:
Datenbanksysteme — Konzepte und Techniken der Implementierung, 2. Auflage, Springer-Verlag, 2001.

Meyer-Wegener, K.:
Transaktionssysteme, B. G. Teubner, Stuttgart, 1988.

Rahm, E.:
Hochleistungs-Transaktionssysteme, Vieweg-Verlag, 1993.

Orfali, R., Harkey, D., Edwards, J.:
Client/Server Survival Guide, Third Edition, Wiley Computer Publishing Group (John Wiley & Sons, Inc.), New York, 1999.

Stallings, W.:
Betriebssysteme — Prinzipien und Umsetzung, 4. Auflage, Pearson Studium, 2003.

LITERATURLISTE (2)

ÜBERSICHTSAUFSÄTZE:

Bernstein, P.A.:
Transaction Processing Monitors. Communications of the ACM 33 (11), 1990, 75-86.

Härder, T., Meyer-Wegener, K.:
Transaktionssysteme und TP-Monitore. Eine Systematik ihrer Aufgabenstellung und Implementierung, Informatik — Forschung und Entwicklung (1986), 1: 3-25.

Härder, T., Meyer-Wegener, K.:
Die Zusammenarbeit von TP-Monitoren und Datenbanksystemen in DB/DC-Systemen. Existierende Systeme und zukünftige Entwicklungen, Informatik — Forschung und Entwicklung (1986), 1: 101-122.

Härder, T., Meyer-Wegener, K.:
Transaktionssysteme in Workstation-Server-Umgebungen, Informatik — Forschung und Entwicklung (1990), 5: 127-143.

Rahm, E.:
Der Database-Sharing-Ansatz zur Realisierung von Hochleistungs-Transaktionssystemen, Informatik-Spektrum 12 (2), 65-81 (1989).

ZEITSCHRIFTEN:

ACM TODS Transactions on Database Systems, ACM-Publikation (vierteljährl.)

THE VLDB Journal VLDB Foundation (vierteljährlich)

Information Systems Pergamon Press (6-mal jährlich)

ACM Computing Surveys ACM-Publikation (vierteljährlich)

TAGUNGSBÄNDE:

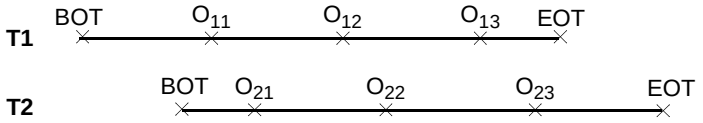
SIGMOD Proceedings, jährliche Konferenz der ACM Special Interest Group on Management of Data

VLDB Proceedings, jährl. Konferenz „Very Large Data Bases"

ICDE Proceedings, jährliche Konferenz „Data Engineering"

Transaktionen (Grundlagen/Wiederholung)

- **Ablaufkontrollstruktur: Transaktion**



- **Eigenschaften**
  - **Atomicity (Atomarität)**
    - TA ist kleinste, nicht mehr weiter zerlegbare Einheit
    - „Alles-oder-nichts"-Prinzip
  - **Consistency**
    - TA hinterlässt einen konsistenten DB-Zustand
    - Zwischenzustände dürfen inkonsistent sein
    - Endzustand muß Integritätsbedingungen erfüllen
  - **Isolation**
    - Nebenläufige TA dürfen sich nicht gegenseitig beeinflussen
  - **Durability (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

Transaktionen (2)

- **DB-bezogene Definition der Transaktion:**

  Eine TA ist eine ununterbrechbare Folge von DML-Befehlen, welche die Datenbank von einem logisch konsistenten Zustand in einen logisch konsistenten Zustand überführt.

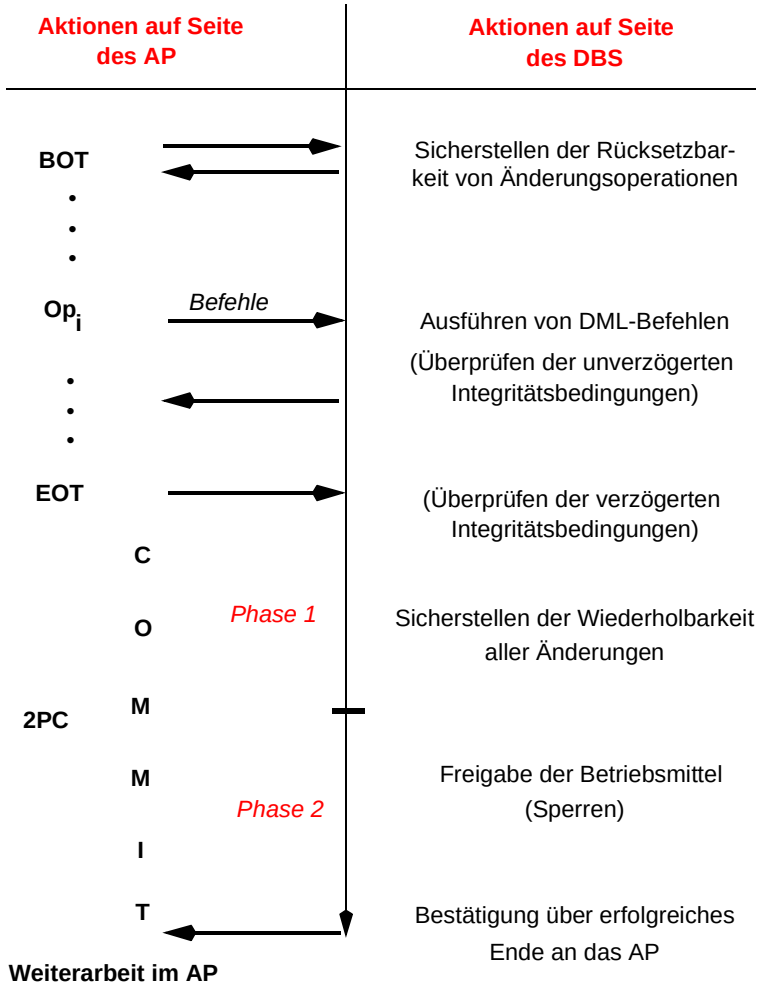
- **Transaktionsverwaltung**
  - koordiniert alle DBS-seitigen Maßnahmen, um ACID zu garantieren
  - besitzt zwei wesentliche Komponenten
    - Synchronisation
    - Logging und Recovery

  ➥ Sie bieten **Transparenz der Nebenläufigkeit** (concurrency transparency) **und Fehlertransparenz** (failure transparency) für den AW-Programmierer und Endbenutzer!

  - kann zentralisiert oder verteilt (z.B. bei VDBS) realisiert sein
  - soll Transaktionsschutz für heterogene Komponenten bieten

Transaktionen (3)

- **Schnittstelle zwischen AP und DBS**



Transaktionen (4)

- **Integritätskontrolle**
  - modellinhärente Integritätsbedingungen (relationale Invarianten)
  - anwendungsspezifische Integritätsbedingungen
  - Trigger
  - ECA-Regeln

- **semantische Integritätsbedingungen**
  - **Reichweite**
    - Attribut
    - Tupel
    - Relation
    - mehrere Relationen
  - **Zeitpunkt der Überprüfung**
    - immediate
    - deferred
  - **Art der Überprüfbarkeit**
    - Zustand
    - Übergang
  - **Anlass für Überprüfung**
    - Datenänderung
    - Zeitpunkt

Transaktionen (5)

- **Synchronisation**
  - Ziel: Vermeidung von Anomalien
    - Abhängigkeit von nicht freigegebenen Änderungen *(dirty read)*
    - Verlorengegangene Änderung *(lost update)*
    - Inkonsistente Analyse *(non-repeatable read)*
    - Phantom-Problem
  - Formales Korrektheitskriterium: *Serialisierbarkeit:*

    Die parallele Ausführung einer Menge von TA ist **serialisierbar**, wenn es eine serielle Ausführung derselben TA-Menge gibt, die den **gleichen DB-Zustand** und die **gleichen Ausgabewerte** wie die ursprüngliche Ausführung erzielt.

  - Verfahren
    - Sperrverfahren
    - Optimistische Verfahren
    - Zeitmarkenverfahren
    - Mehrversionenverfahren
    - Spezialverfahren

Transaktionen (6)

- **Synchronisation (Forts.)**
  - Verfahren (Forts.)
    - Beispiel: Sperrverfahren
      - **2PL-Regeln**:
        1. Vor jedem Objektzugriff muß Sperre mit ausreichendem Modus angefordert werden
        2. Gesetzte Sperren anderer TA sind zu beachten
        3. Eine TA darf nicht mehrere Sperren für ein Objekt anfordern
        4. ***Zweiphasigkeit:*** Wachstumsphase vor Schrumpfungsphase (Beachte Varianten: *strikt* und *preclaiming*)
        5. Spätestens bei Commit sind alle Sperren freizugeben
      - Beispiel: Hierarchische Sperren

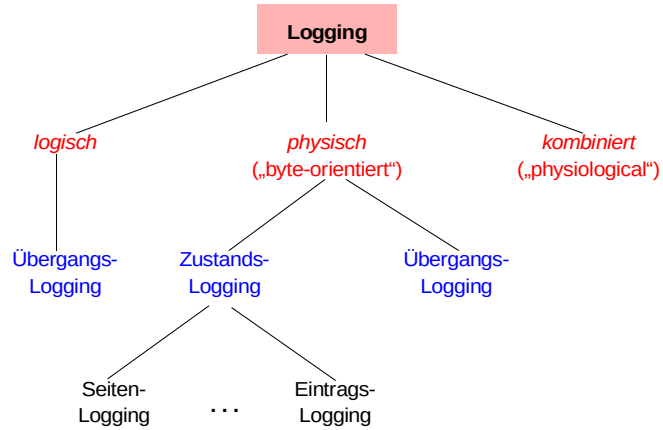
	IR	IX	R	RIX	U	X
IR	+	+	+	+	-	-
IX	+	+	-	-	-	-
R	+	-	+	-	-	-
RIX	+	-	-	-	-	-
U	-	-	+	-	-	-
X	-	-	-	-	-	-

Transaktionen (7)

- **Logging und Recovery**
  - **Recovery-Arten**
    - **Transaktions-Recovery**
      - vollständiges Zurücksetzen (TA-UNDO)
      - partielles Zurücksetzen auf Rücksetzpunkt (Savepoint)
    - **Crash-Recovery nach Systemfehler**
      - (partielles) REDO für erfolgreiche Transaktionen (Wiederholung verlorengegangener Änderungen)
      - UNDO aller durch Ausfall unterbrochenen Transaktionen (Entfernen der Änderungen aus der permanenten DB)
    - **Medien-Recovery nach Gerätefehler**
      - Spiegelplatten
      - vollständiges Wiederholen (REDO) aller Änderungen auf einer Archivkopie
    - **Katastrophen-Recovery**
      - Nutzung einer aktuellen DB-Kopie in einem “entfernten” System oder
      - stark verzögerte Fortsetzung der DB-Verarbeitung mit repariertem/neuem System auf der Basis gesicherter Archivkopien (Datenverlust!)

Transaktionen (8)

- **Logging und Recovery (Forts.)**
  - **Logging-Verfahren**



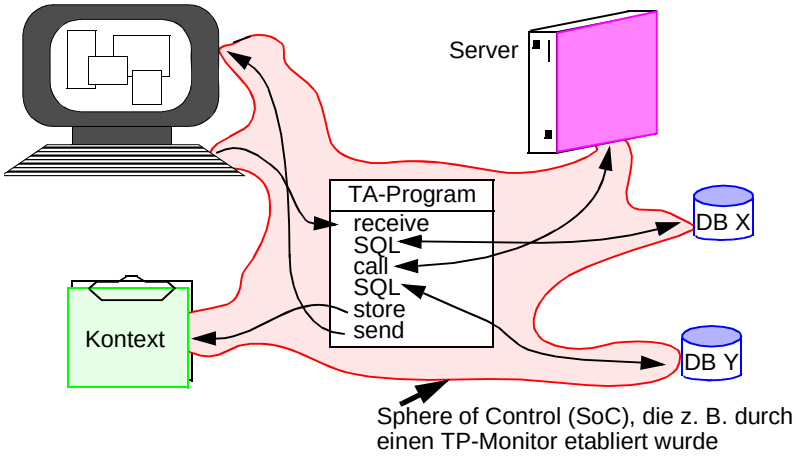
  - Abhängigkeiten zu anderen Systemkomponenten
    - **Einbringstrategie**
      - direkt (NON-ATOMIC, Update-in-Place)
      - verzögert (ATOMIC, Bsp.: Schattenspeicherkonzept)
    - **DB-Pufferverwaltung**
      - Verdrängen ‚schmutziger‘ Seiten (STEAL vs. NOSTEAL)
      - Ausschreibstrategie für geänderte Seiten (FORCE vs. NOFORCE)
    - **Empfehlenswert:** NON-ATOMIC / STEAL / NOFORCE
    - **Sperrverwaltung**
      - Log-Granulat kleiner gleich Sperrgranulat!

Transaktionsverwaltung

- **Einsatz kooperierender Ressourcen-Manager (RM)**
  - RM sind Systemkomponenten, die **Transaktionsschutz für ihre gemeinsam nutzbaren Betriebsmittel** (BM) bieten
  - RM gestatten die externe Koordination von BM-Aktualisierungen durch spezielle Commit-Protokolle

  ➥ Gewährleistung von ACID für DB-Daten und auch für andere BM (persistente Warteschlangen, Nachrichten, Objekte von persistenten Programmiersprachen)

- **Ziel:**
  TA-orientierte Verarbeitung in heterogenen Systemen



  ➥ Die **gesamte verteilte Verarbeitung** in einer SoC ist eine ACID-TA
  - alle Komponenten werden durch die TA-Dienste integriert
  - für die Kooperation ist eine Grundmenge von Protokollen erforderlich