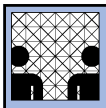


WfMgmt

ConTracts

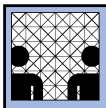
Stratifiz. TA

METEOR

Transaktionale Informationssysteme

8. Transaktionale Workflow-Modelle

Norbert Ritter
Datenbanken und Informationssysteme
vsis-www.informatik.uni-hamburg.de



WfMgmt

ConTracts

Stratifiz. TA

METEOR

Workflow-Management (1)

- Definitionsversuche:
  - Ein Geschäftsprozess ist eine Menge von manuellen, (teil)automatisierten betrieblichen Aktivitäten, die nach bestimmten Regeln auf ein bestimmtes (unternehmerisches) Ziel hin ausgeführt werden
  - Workflow is a collection of activities performed by information systems and/or humans to carry out a business process.
  - Workflow-Management supports integrated definition, validation, analysis, enactment, and monitoring of processes in a heterogeneous environment.

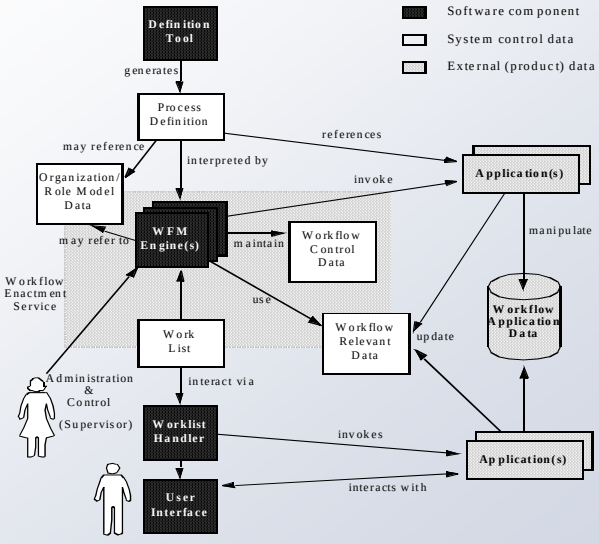
Workflow-Management (2)

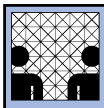
- MOBILE
  - Forschungsprototyp eines Workflow-Management-Systems
  - orthogonaler Aspekte
    - Funktionaler Aspekt: Was soll ausgeführt werden?
    - Datenbezogener Aspekt: Welche Daten werden von Workflows/Workflow-Applikationen konsumiert und produziert?
    - Verhaltensbezogener Aspekt: Wann sind Workflows/ Workflow-Applikationen auszuführen?
    - Operationaler Aspekt: Wie ist eine Workflow-Operation/-Applikation implementiert?
    - Organisatorischer Aspekt: Wer hat eine(n) Workflow/-Applikation auszuführen

Jablonski, S.; Bussler, C.: Workflow-Management - Modeling Concepts, Architecture and Implementation, Thomson International, 1996.

Workflow-Management (3)

- Workflow-Management-System-Architektur nach WfMC

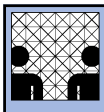




ConTracts (1)

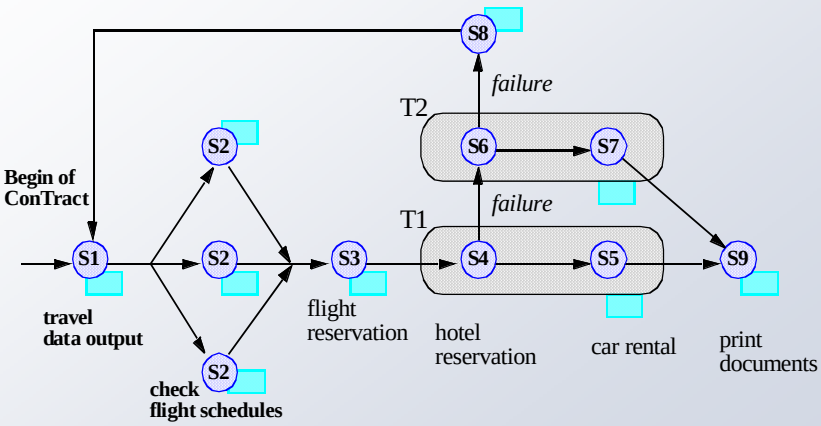
- ConTracts: Erweiterung des Saga-Ansatzes um
  - reichere Kontrollstrukturen
    (Sequenz, Verzweigung, Parallelität, Schleife, etc.)
  - getrennte Beschreibung von Sub-Transaktionen (Steps) und Ablaufkontrolle (Skript)
  - Verwaltung eines persistenten Kontextes für globale Variablen, Zwischenergebnisse, Bildschirmausgaben, etc.
  - Synchronisation zwischen Steps über Invarianten
  - flexiblere Konflikt-/Fehlerbehandlung

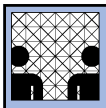
Wächter, H., Reuter, A.: The Contract Model, in Elmagarmid, A.K. (Hersg.): Transaction Models for Advanced Applications, Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, 1992, S. 219-264.



ConTracts (2)

- Beispiel

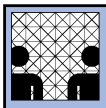




ConTracts (3)

- Beispiel (Forts.)

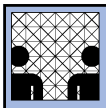
```
CONTRACT Business_Trip_Reservations
CONTEXT_DECLARATION
    cost_limit, ticket_price: dollar;
    from, to: city;
    date: date_type;
    ok: boolean;
CONTROL_FLOW_SCRIPT
    S1: Travel_Data_Input ( in_context: ; out_context: date, from, to, cost_limit );
    PAR_FOREACH ( airline: EXECSQL select airline from ... ENDSQL )
      S2: Check_Flight_Schedule ( in_context: airline, data, from, to; out_context: flight_no, ticket_price
    );
    END_PAR_FOREACH;
    S3: Flight_Reservation ( in_context: flight, ticket_price; ... );
    S4: Hotel_Reservation ( in_context: "Cathedral Hill Hotel"; out_context: ok, hotel_reservation );
    IF ok THEN
      S5: Car_Rental ( ... "Avis" ... );
    ELSE BEGIN
      S6: Hotel_Reservation ( ... "Holiday Inn" ... );
      IF ok THEN
                S7: Car_Rental ( ... "Hertz" ... );
      ELSE S8 : Cancel_Flight_Reservation_&_Try_Another_One ( ... );
      END
    S9: Print_Documents ( ... );
END_CONTROL_FLOW_SCRIPT
```



ConTracts (4)

- Beispiel (Forts.)

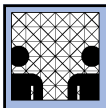
```
COMPENSATIONS
    C1: Do_Nothing_Step();
    C2: Do_Nothing_Step();
    C3: Cancel_Flight_Reservation( ... );
    C4: Cancel_Hotel_Reservation( ... );
    C5: Cancel_Car_Reservation( ... );
    C6: Cancel_Hotel_Reservation( ... );
    C7: Cancel_Car_Reservation( ... );
    C8: Do_Nothing_Step();
    C9: Invalidate_Tickets( ... );
END_COMPENSATIONS
TRANSACTIONS
    T1 (S4, S5), DEPENDENCY( T1:abort –> begin:T2 );
    T2 (S6, S7), DEPENDENCY( T2:abort –> begin:S8 );
END_TRANSACTIONS
```



ConTracts (5)

- Beispiel (Forts.)

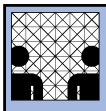
```
SYNCHRONIZATION_INVARIANTS_&_CONFLICT_RESOLUTIONS
   S1: EXIT_INVARIANT (budget > cost_limit);
            POLICY: check/revalidate;
   S3: ENTRY_INVARIANT (budget > cost_limit) AND (cost_limit > ticket_price));
            CONFLICT_RESOLUTION: S8: Cancel_Reservation ( ...) ;
            EXIT_INVARIANT (budget > cost_limit - ticket_price);
            POLICY: check/revalidate;
   S4, S6: ENTRY_INVARIANT (hotel_price < budget);
            CONFLICT_RESOLUTION:
                     S10: Call_Manager_To_Increase_Budget ( ... );
   S5, S7: ENTRY_INVARIANT (car_price < budget);
            CONFLICT_RESOLUTION:
                     S10: Call_Manager_To_Increase_Budget ( ... );
END_SYNCHRONIZATION_INVARIANTS_&_CONFLICT_RESOLUTIONS
END_CONTRACT Business_Trip_Reservations.
```

ConTracts (6)

- Programmiermodell
  - Programmierung der Steps ist unabhängig von der Erstellung des Skripts

```
STEP Flight_Reservation
DESCRIPTION: Reserve n seats of a flight and pay for them ...
IN airline: STRING;
   flight_no: STRING;
   date: DATE;
   seats: INTEGER;
   ticket_price: DOLLAR;
OUT status: INTEGER;
flight_reservation ()
{  char* flight_no;
   long date;
   int seats;
   ...
   EXEC SQL
            UPDATE Reservations
            SET seats_taken = seats_taken + :seats
            WHERE flight = :flight_no AND date = :date ...
   END SQL
   ...
}
```



ConTracts (7)

- Steps: ACID
- Atomare Einheiten

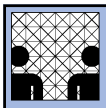
```
TRANSACTIONS
    T1 (S4, S5),
    T2 (S6, S7),
END_TRANSACTIONS
```

- Schachtelung möglich

```
T1 (T2, T3 )
```

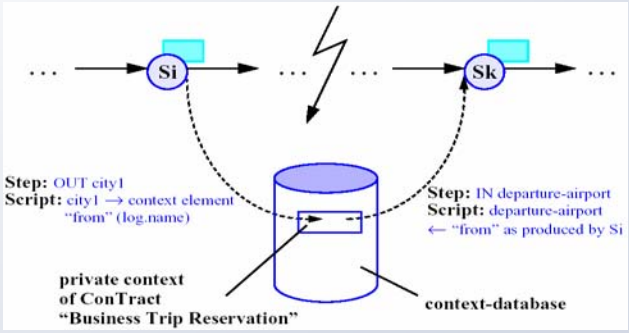
- Abhängigkeiten
  - Alternative für obiges Beispiel:

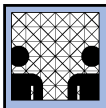
```
T1 (S4, S5),
   DEPENDENCY( T1:abort[1]–> begin:T1 );
                              /* first Abort of T1 */
   DEPENDENCY(T1:abort[2]–> begin:S8 );
                              /* second Abort of T1 */
```

ConTracts (8)

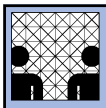
- Forward Recovery und Kontext-Management
  - Forward Recovery: nach einem Fehler soll auf dem jüngsten Step-konsistenten Zustand wiederaufgesetzt werden und ‘nach vorne’ weiterverfahren werden
  - Forward Recovery erfordert persistentes Kontext-Mgmt





ConTracts (9)

- Forward Recovery und Kontext-Management
  - Attribute von Kontextelementen:
    logischer Name,
    ConTract-Identifikator,
    Step-Identifikator,
    Zeitpunkt der Erzeugung,
    *Version*snummer
    (bei mehreren Aktivierungen desselben Steps),
    Zähler (für parallele Aktivierungen);

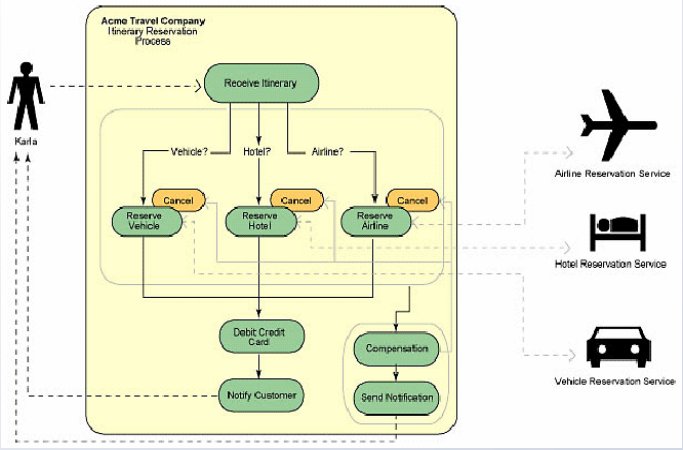


ConTracts (10)

- Kompensation
  - Kompensation eines ConTracts ausschließlich auf explizite Benutzeranweisung - nicht automatisch
  - Regeln:
    - für jede(n) Step/Transaktion muss genau eine Kompensationstransaktion vorhanden sein
    - mit dem Commit des Steps müssen alle Daten, die für die Kompensation gebraucht werden, berechnet und abgelegt sein
    - lokale Daten, die für Kompensationsschritte benötigt werden, müssen bis End-Of_ConTract vor Löschen geschützt werden
    - nach der Entscheidung, einen ConTract zu kompensieren, müssen alle laufenden Steps abgebrochen werden bzw. es muss verhindert werden, dass weitere Steps gestartet werden
    - Kompensationen können auch mit Abort beendet werden, müssen aber dann wiederholt werden; keine (automatische) Behandlung des Falles, dass eine Kompensation nach k Wiederholungen immer noch nicht erfolgreich beendet werden konnte

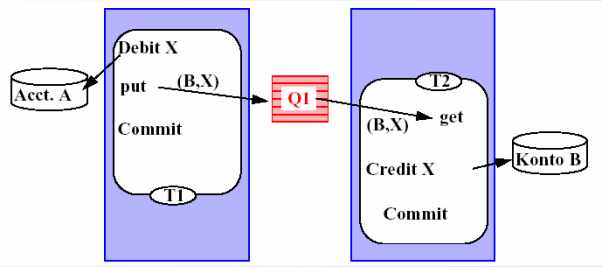
ConTracts (11)

- Kompensationssphären
  - Einheiten von Aktivitäten, die gemeinsam abgeschlossen werden müssen

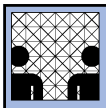


Stratifizierte Transaktionen (1)

- Einschub: Recoverable Messaging

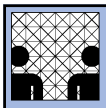


  - Wichtigstes Prinzip: Enqueue / Dequeue wird jeweils innerhalb der Kontrollsphäre der Schreib- / Lesetransaktion durchgeführt
  - erfordert entsprechende Protokolle zwischen Queue-Manager und TA-Manager (mindestens 2PC)
  - Grundlage asynchroner Transaktionsverarbeitung
  - MOM: Message-oriented Middleware



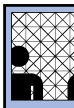
Stratifizierte Transaktionen (2)

- AW-orientierte Zerlegung der Transaktion T
  - in T_1, ... T_n;
  - Verkettung: jede T_i erhält persistente Warteschlange Q_i, aus der sie Anforderungen erhält, bestimmte Operationen auszuführen
  - lineare Reihenfolge nicht zwingend
- WICHTIG:
  - alle von den Transaktionen T_i manipulierten Ressourcen (also insbes. auch die Nachrichten) sind wiederherstellbar
  - dies bedeutet, dass sich die von den Transaktionen T_i benutzten Resource-Manager (DBVS, MOM) in atomares Commit einbinden lassen (XA-Protokoll, 2PC)



Stratifizierte Transaktionen (3)

- Struktur stratifizierter Transaktionen
  - einige T_i sollen gemeinsam zum erfolgreichen Ende kommen
  - disjunkte Zerlegung von T in Transaktionsmengen S_1, ..., S_m
  - Vollständige Partition
  - Transaktionen von S_i werden durch 2PC-Protokoll synchronisiert
  - Menge S_i von Transaktionen heißt ***Stratum***



WfMgmt

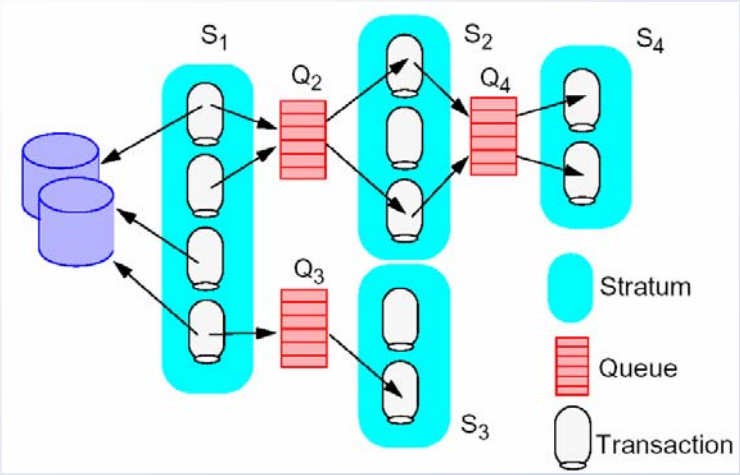
ConTracts

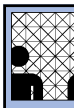
Stratifiz. TA

METEOR

Stratifizierte Transaktionen (4)

- Struktur stratifizierter Transaktionen (Forts.)





WfMgmt

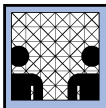
ConTracts

Stratifiz. TA

METEOR

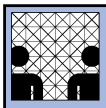
Stratifizierte Transaktionen (5)

- Struktur stratifizierter Transaktionen (Forts.)
  - Verkettung der Strata innerhalb der stratifizierten Transaktion T durch Baumstruktur
  - alle Strata führen schließlich Commit aus unter der Bedingung, dass die jeweiligen Vater-Strata zu irgendeinem Zeitpunkt vorher Commit ausgeführt haben
  - falls Stratum wiederholt scheitert (echte Ausnahme): stratifizierte Transaktion muss zurückgesetzt werden (Kompensation)



Stratifizierte Transaktionen (6)

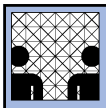
- Struktur stratifizierter Transaktionen (Forts.)
  - Vorteile:
    - im Vergleich zu T: früheres Commit der einzelnen Strata S_i; dies impliziert frühere Freigabe der Sperren und damit höhere Nebenläufigkeit
    - Antwortzeit für Benutzer: Ausführungszeit des Wurzel-Stratums
    - 2PC-Protokolle für alle Strata können weniger Nachrichten umfassen als das 2PC-Protokoll einer globalen Transaktion (*Kolokation* als mögliches Kriterium für Stratifikation von T: lokale 2PC-Nachrichten)



METEOR (1)

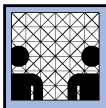
- Schlüsselkonzepte:
  - Task
  - Koordination von Task-Ausführungen
  - Korrektheit des Workflows
- Task
  - Menge von extern sichtbaren Ausführungszuständen
  - Menge von erlaubten Übergängen (Transitionen) zwischen den Zuständen
  - Übergangsbedingungen

Rusinkiewics, M., Sheth, A.: Specification and Execution of Transactional Workflows, in: Kim, W. (Hrsg.): Modern Database Systems: The Object Model, Interoperability and Beyond, Addison-Wesley, 1994, S. 592-620.



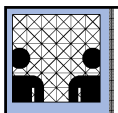
METEOR (2)

- Koordination
  - Ausführung/Ausführbarkeit eines Tasks kann abhängen von
    - Ausführungszuständen anderer Tasks, z. B.:
      "T1 darf nicht starten, bovor T2 beendet ist",
      "Nach Commit von T1 muss T2 abgebrochen (Abort) werden";
    - *Ausgabewerten anderer Tasks, z. B.:*
      "T1 kann starten, wenn T2 einen Wert > 25 liefert";
    - *externen Variablen*
      im wesentlichen temporale Bedingungen, wie z. B.:
      "T1 kann nicht vor 9.00 Uhr MEZ gestartet werden";



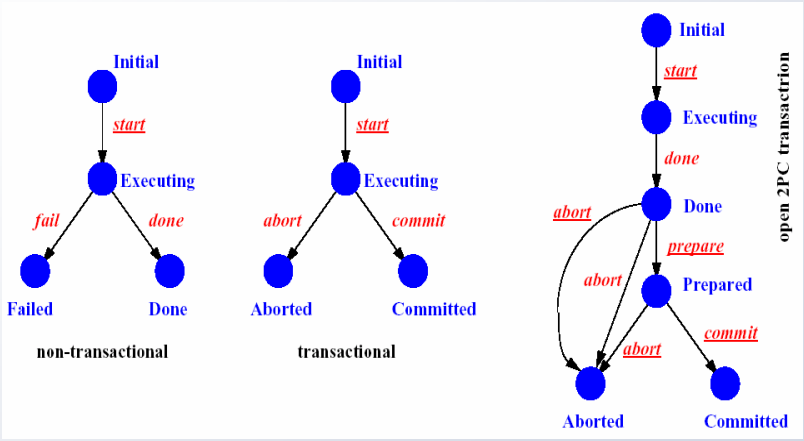
METEOR (3)

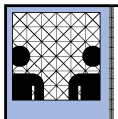
- Korrektheit
  - Fehleratomizität eines Workflows
    - Menge akzeptierbarer Terminierungszustände
    - *committed acceptable termination states*:
      bei Erreichung wurde Workflow erfolgreich beendet
    - *aborted acceptable termination states*:
      erlaubtes, aber nicht erfolgreiches Ende des Workflows;
      als Folge müssen alle bisher ausgeführten Tasks kompensiert werden
  - Ausführungsatomizität eines Workflows
    - 'Serialisierbarkeit von Workflows' ist zu strikt
    - Synchronisation über Invarianten (Bedingungen)



METEOR (4)

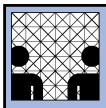
- Task-Strukturen





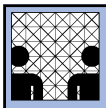
METEOR (5)

- Workflow-Spezifikation besteht aus:
  - Beschreibung der Strukturen aller beteiligter Tasks
  - Beschreibung der Eingaben/Ausgaben von Tasks und Filtern, sowie der Beziehungen zwischen Ein-/Ausgaben verschiedener Tasks
  - Vorbedingungen für jede kontrollierbare Transition eines jeden Tasks



METEOR (6)

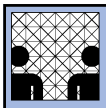
- WFSL: Workflow Specification Language
  - Task-Klassen
  - Definition von *Compound Tasks*
  - *Inter-Task Dependencies*
  - *state dependencies* ...
    [L1, done] ENABLES [L2, start];
  - ... können mit *value dependencies* verbunden werden
    [L1, done] & (success(L1.output1)) & (outval4 > 5)
    ENABLES [L2, start];
  - Eingabe-/Ausgabe-Zuweisungen
    L1.output1 → L2.input1



METEOR (7)

- Beispiel-Spezifikation

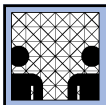
```
typedef char[2000] str;
constant int ERROR = 0;
constant int PARTIAL_SUCCESS = 1;
simple_task_type A_type SIMPLE_NON_TRANSACTIONAL (input str input1; output str output1);
simple_task_type B_type TRANSACTIONAL_OPEN2PC (input int input1; output int output1);
simple_task_type A_type TRANSACTIONAL_OPEN2PC (input int input1; output int output1);
task_class A_type A_class;
task_class B_type B_class;
task_class C_type C+class;
Filter int f1(str);
Filter int f2(str);
compound_task_tyope TRANS_BC COMPOUND_TRANSACTIONAL (input str input1);
{    B_class B; C_class C;
     int outB, outC;
1    [TRANS_BC, executing] ENABLES [B, start] % f1(TRANS_BC.input1) → B.input1;
2    [TRANS_BC, executing] ENABLES [C, start] % f2(TRANS_BC.input1) → C.input1;
3    [B, done] & [C, done] ENABLES [B, prepare] & [C, prepare] % B.output1 → outB, C.output → outC;
4    [B, prepared] & [C, prepared] & (outB > outC) ENABLES [B, commit] & [C, commit];
5    [B, committed] & [C, committed] ENABLES [TRANS_BC, commit];
6    [B, aborted] ENABLES [C, abort] & [TRANS_BC, abort];
7    [C, aborted] ENABLES [B, abort] & [TRANS_BC, abort];
}
task_class TRANS_BC BC_CLASS;
```



METEOR (8)

- Beispiel-Spezifikation (Forts.)

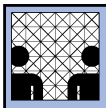
```
...
compound_task_type WORKFLOW1 COMPOUND_NON_TRANSACTIONAL (input str input1; output str
      output1, int output2);
{     A_class A;
      BC_CLASS BC1;

8     [WORKFLOW1, executing] ENABLES [A, start] % WORKFLOW1.input1 → A.input1;

9     [A, done] & (success(A.output1)) ENABLES [BC1, start] % A.output1 → BC1.input1;

10    [BC1, committed] ENABLES [WORKFLOW1, done] % A.output1 → WORKFLOW1.output1;

11    [A, failed] ENABLES [WORKFLOW1, fail] % ERROR → WORKFLOW1.output2;

12    [BC1, aborted] ENABLES [WORKFLOW1, fail] % A.output1 → WORKFLOW1.output1,

          PARTIAL_SUCCESS → WORKFLOW1.output2;
}
```

METEOR (9)

- TSL: Task Specification Language
  - Makros zur Kommunikation der Zustände mit der WF-Engine
  - Beispiel

```
Database_task (Sp_rec)
SPECIAL_REC Sp_rec;
{  EXEC SQL INCLUDE SQLCA;
   EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
            int infor;
   EXEC SQL END DECLARE SECTION;
   EXEC SQL WHENEVER SQLERROR goto Failed;
   TASK_EXECUTING();
   info = extract_info_from_rec(Sp_rec);
   EXEC SQL INSERT INTO INFO_table VALUES (:info);
   EXEC SQL COMMIT;
   TASK_COMMIT();
Failed:
   EXEC SQL ROLLBACK;
   TASK_ABORT();
}
```



Zusammenfassung

- Workflow-Management
- ConTracts
  - Beispiel für ‘transaktionale’ Workflows
  - ausschließliche Betrachtung von ACID-Transaktionen als Teil-Aktivitäten
- Kompensationsspähren
  - Mengen semantisch zusammen gehörender transaktionaler Teil-Aktivitäten
- Strata
  - *Recoverable Messaging* als Grundlage asynchroner Transaktionsverarbeitung
- METEOR
  - transaktionale Abhängigkeiten
  - Berücksichtigung nicht-transaktionaler Teil-Aktivitäten