7. Datendefinition in SQL

- Definition von Tabellen
  - Schema, Datentypen, Domains
  - Erzeugen von Tabellen (CREATE TABLE)
  - Einsatz von Large Objects (BLOB, CLOB)
- Sichtkonzept (Views)
  - CREATE VIEW / DROP VIEW
  - Problemfälle (nicht änderbare Views)
  - materialisierte Sichten
- Schemaevolution
  - Ändern/Löschen von Tabellen
- Integritätsbedingungen
  - Klassifikation von Integritätsbedingungen
  - Integritätsbedingungen in SQL
- Integritätsregeln / Trigger

Schemadefinition in SQL

- SQL-Umgebung (Environment) besteht aus
  - Katalogen: pro Datenbank ein Schema
  - Benutzerinformationen
  - INFORMATION_SCHEMA (Metadaten über alle Schemata)
    => dreiteilige Objektnamen: <catalog>.<schema>.<object>

```
CREATE SCHEMA      [schema] AUTHORIZATION user
                   [DEFAULT CHARACTER SET char-set]
                   [schema-element-list]
```

- Schema-Definition
  - jedes Schema ist einem Benutzer (user) zugeordnet, z.B. DBA
  - Definition aller
    - Definitionsbereiche
    - Basisrelationen
    - Sichten (Views),
    - Zugriffsrechte
    - Integritätsbedingungen

Beispiel:

```
CREATE SCHEMA  FLUG-DB
       AUTHORIZATION LH_DBA1
...
```

Basis-Datentypen (SQL92)

- String-Datentypen

```
CHARACTER              [ ( length ) ]       (Abkürzung: CHAR)
CHARACTER VARYING      [ ( length ) ]       (Abkürzung: VARCHAR)
NATIONAL CHARACTER     [ ( length ) ]       (Abkürzung: NCHAR)
NCHAR VARYING          [ ( length ) ]
BIT                    [ ( length ) ]
BIT VARYING            [ ( length ) ]
```

- numerische Datentypen

```
NUMERIC  [ ( precision [ , scale] ) ]
DECIMAL  [ ( precision [ , scale ] ) ]      (Abkürzung: DEC)
INTEGER                                     (Abkürzung: INT)
SMALLINT
FLOAT           [ ( precision ) ]
REAL,    DOUBLE PRECISION
```

- Datums-/Zeitangaben (Datetimes)

```
DATE, TIME, TIMESTAMP
TIME WITH TIME ZONE
TIMESTAMP WITH TIME ZONE
INTERVAL        (* Datums- und Zeitintervalle *)
```


Weitere SQL-Datentypen

- Boolean (SQL:1999)

- Large Objects (für Texte, Fotos, etc. in der Datenbank)
  - BLOB (Binary Large Object)
  - CLOB (Character Large Object): Texte mit 1-Byte Character-Daten
  - NCLOB (National Character Large Objects): 2-Byte Character-Daten für nationale Sonderzeichen (z. B. Unicode)

- komplexere Typen (-> Vorlesung DBS2)
  - ROW: zusammengesetzte Attribute
  - ARRAY
  - MULTISET: mengenwertige Attribute (seit SQL:2003)
  - user-defined types

Definitionsbereiche (Domains)

```
CREATE DOMAIN  domain [AS] data-type
  [DEFAULT  { literal |  niladic-function-ref | NULL} ]
  [[CONSTRAINT constraint] CHECK (cond-exp) [deferrability]]
```

- Festlegung zulässiger Werte durch Domain-Konzept
- Wertebereichseingrenzung durch benamte CHECK-Constraint
- Beispiele:

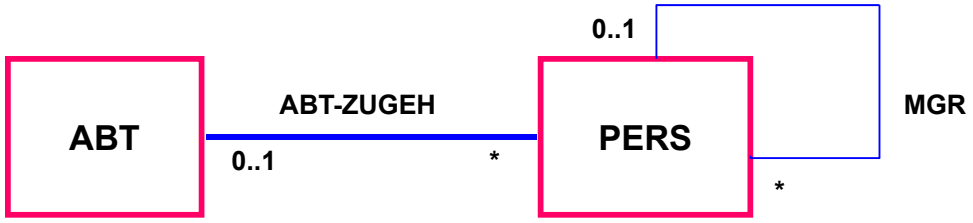
  CREATE DOMAIN ABTNR AS CHAR (6)
  CREATE DOMAIN AGE AS INT DEFAULT NULL
  CONSTRAINT ACheck CHECK (VALUE=NULL OR VALUE > 17)
- Beschränkungen
  - Domains können in SQL-92 nur bzgl. Standard-Datentypen (nicht über andere Domains) definiert werden
  - echte benutzerdefinierten Datentypen und strenge Typprüfung erst ab SQL:1999

Erzeugung von Basisrelationen

```
CREATE [ [GLOBAL | LOCAL] TEMPORARY] TABLE base-table
      (base-table-element-commalist)
      [ON COMMIT {DELETE | PRESERVE} ROWS]
base-table-element ::= column-def | base-table-constraint-def
```

- permanente und temporäre Relationen
- zwei Typen von temporären Relationen:
  - LOCAL: Lebensdauer auf erzeugende Transaktion begrenzt
  - GLOBAL: Lebensdauer = „Session“ eines Benutzers; Inhalt kann beim Commit zurückgesetzt werden
- Angaben / Integritätsbedingungen bei Attributdefinition (column definition):
  - Attributname sowie Datentyp bzw. Domain
  - Default-Werte
  - Eindeutigkeit (UNIQUE bzw. PRIMARY KEY)
  - FOREIGN-KEY-Klausel
  - Verbot von Nullwerten (NOT NULL)
  - CHECK-Bedingung

CREATE TABLE: Beispiel




```
CREATE TABLE PERS
    (PNR        INT                     PRIMARY KEY,
    BERUF       VARCHAR (50),
    PNAME       VARCHAR (50)            NOT NULL,
    PALTER      AGE,     (* siehe Domain-Definition *)
    MGR         INT                     REFERENCES PERS,
    ANR         ABTNR       (*  Domain-Definition *)
    GEHALT      DEC (7) DEFAULT 0 CHECK (VALUE < 120000)
    FOREIGN KEY (ANR)  REFERENCES ABT )

CREATE TABLE ABT
    (ANR        ABTNR                   PRIMARY KEY,
    ANAME       VARCHAR (50)            NOT NULL)
```


Beispiel für Large Objects

```
CREATE TABLE Pers (PNR          INTEGER,
                   Name         VARCHAR (40),
                   Vollzeit     BOOLEAN,
                   Lebenslauf   CLOB (75K),
                   Unterschrift BLOB (1M),
                   Bild         BLOB (12M))
```

- unterstützte Operationen
  - Suchen und Ersetzen von Werten (bzw. partiellen Werten)
  - LIKE-Prädikate, CONTAINS, POSITION, SIMILAR TO *„SQL (1999 | 2003)“*
  - Konkatenation ||, SUBSTRING, LENGTH, IS [NOT] NULL ...

    Bsp.:
    ```
    SELECT Name FROM Pers
    WHERE  CONTAINS (Lebenslauf, „Datenbank“ AND „UML“)
     AND POSITION (Lebenslauf, „SQL“) < 500
    ```
- nicht möglich auf LOBs sind
  - Schlüsselbedingungen
  - Kleiner/Größer-Vergleiche
  - Sortierung (ORDER BY, GROUP BY)

Sichtkonzept

- Sicht (View): mit Namen bezeichnete, aus Basisrelationen abgeleitete, virtuelle Relation (Anfrage)
- Korrespondenz zum externen Schema bei ANSI/SPARC (Benutzer sieht jedoch i.a. mehrere Views und Basisrelationen)

```
CREATE VIEW view [ (column-commalist ) ] AS table-exp
      [WITH [ CASCADED | LOCAL] CHECK OPTION]
DROP VIEW view [RESTRICT | CASCADE]
```

- Beispiel: Sicht auf PERS, die alle Programmierer mit einem Gehalt unter 30.000 umfasst

```
CREATE VIEW
 ARME_PROGRAMMIERER (PNR, NAME, BERUF, GEHALT, ANR) AS
        SELECT    PNR, PNAME, BERUF, GEHALT, ANR
        FROM      PERS
        WHERE     BERUF = 'Programmierer' AND GEHALT < 30 000
```


Sichtkonzept (2)

- Sicht kann wie eine Relation behandelt werden
  - Anfragen / Anwendungsprogramme auf Sichten
  - Sichten auf Sichten sind möglich
- Vorteile:
  - Erhöhung der Benutzerfreundlichkeit
  - Datenschutz / Zugriffskontrolle
  - erhöhte Datenunabhängigkeit
  - verbesserte Schemaevolution
    - Attributumbenennung
    - Änderung Datentyp für Attribut
    - neues Attribut
    - Löschen von Attribut

Sichtkonzept (3)

- Sichtsemantik
  - allgemeine Sichten werden nicht materialisiert, sondern als Anfrageergebnis interpretiert, das dynamisch beim Zugriff generiert wird
  - Sicht entspricht einem „dynamisches Fenster“ auf zugrundeliegenden Basisrelationen
  - Sicht-Operationen müssen durch (interne) *Query-Umformulierung* auf Basisrelationen abgebildet werden
  - eingeschränkte Änderungen: aktualisierbare und nicht-aktualisierbare Sichten

- Abbildung von Sicht-Operationen auf Basisrelationen
  - Umsetzung ist für Leseoperationen meist unproblematisch

```
SELECT  NAME, GEHALT
FROM  ARME_PROGRAMMIERER
WHERE ANR = ‘A05‘
```

→

```
SELECT  PNAME, GEHALT
FROM  PERS
WHERE ANR = ‘A05‘
 AND BERUF = ’Programmierer’
 AND  GEHALT <  30 000
```


Sichtkonzept (4)

- Abbildungsprozess auch über mehrere Stufen durchführbar

```
CREATE  VIEW  V  AS
       SELECT  A, B, C
       FROM R
       WHERE  D>10

CREATE  VIEW  W  AS
       SELECT  A, B
       FROM V
       WHERE  C=4
```

Anfrage: `SELECT A FROM  W  WHERE  B<40`

→ `SELECT A FROM  V  WHERE  B<40  AND C=4`

→ `SELECT A FROM  R  WHERE  B<40  AND C=4 AND D > 10`

Sichtkonzept (5)

- auch bei Views mit Aggregatfunktionen und Gruppenbildung (GROUP-BY) oft Umsetzung möglich
  - z.B. durch Übernahme der View-Query in die FROM-Klausel

```
CREATE VIEW ABTINFO (ANR, GSUMME)AS
    SELECT ANR, SUM(GEHALT)
    FROM PERS
    GROUP BY ANR
```

```
SELECT AVG (GSUMME) FROM ABTINFO
```

naive (falsche) Umsetzung:

```
SELECT AVG (SUM(GEHALT)) FROM PERS GROUP BY ANR
```

korrekte Lösungsmöglichkeit:

```
SELECT AVG (S.GS)
FROM (SELECT ANR, SUM(GEHALT) AS GS
      FROM PERS GROUP BY ANR) AS S
```


Sichtkonzept (6)

- Probleme für Änderungsoperationen auf Sichten
  - erfordern, dass zu jedem Tupel der Sicht zugrundeliegende Tupel der Basisrelationen eindeutig identifizierbar sind
  - Sichten auf einer Basisrelation sind nur aktualisierbar, wenn der Primärschlüssel in der Sicht enthalten ist.
  - Sichten, die über Aggregatfunktionen oder Gruppenbildung definiert sind, sind nicht aktualisierbar
  - Sichten über mehr als eine Relation sind im allgemeinen nicht aktualisierbar

```
CREATE VIEW READONLY (BERUF, GEHALT) AS
       SELECT BERUF, GEHALT  FROM PERS
```

- CHECK-Option:
  - Einfügungen und Änderungen müssen das die Sicht definierende Prädikat erfüllen. Sonst: Zurückweisung
  - nur auf aktualisierbaren Sichten definierbar

Materialisierte Sichten

- Sonderform von Sichten mit physischer Speicherung des Anfrageergebnisses (redundante Datenspeicherung)
  - Query-Umformulierung und Ausführung auf Basisrelationen entfallen
  - ermöglicht sehr schnellen Lesezugriff
  - Nutzung auch als Daten-Snapshot /Kopie
  - Notwendigkeit der Aktualisierung/Refresh (automatisch durch das DBS)
  - erhöhter Speicherbedarf
  - nicht standardisiert, jedoch in vielen DBS verfügbar (Oracle, DB2, PostgresSQL…)
- Beispiel (Oracle-Syntax)

```
CREATE MATERIALIZED VIEW Monatsumsatz_mv
REFRESH COMPLETE ON  DEMAND
AS       SELECT Monat, SUM(Betrag)
         FROM Umsatz
         GROUP BY Monat;
```

  - Refresh-Optionen: complete, fast (inkrementell) …
  - Refresh-Zeitpunkte: on demand, on commit, never …

Dynamische Änderung einer Relation

```
ALTER  TABLE  base-table
      {  ADD [COLUMN] column-def
       | ALTER [COLUMN] column {SET default-def  | DROP DEFAULT}
       | DROP [COLUMN] column {RESTRICT | CASCADE}
       | ADD  base-table-constraint-def
       | DROP  CONSTRAINT constraint {RESTRICT | CASCADE}}
```

- Schemaevolution: dynamische Schemaanpassungen während der Lebenszeit (Nutzung) der Relationen
  - Hinzufügen, Ändern und Löschen von Attributen
  - Hinzufügen und Löschen von Check-Constraints
- Beispiele

```
ALTER TABLE PERS ADD  COLUMN SVNR INT UNIQUE
ALTER TABLE PERS DROP GEHALT RESTRICT
```

  - *RESTRICT* : Rückweisung von Drop, wenn Attribut in einer Sicht oder einer Integritätsbedingung (Check) referenziert wird
  - *CASCADE:* Folgelöschung aller Sichten / Check-Klauseln, die von dem Attribut abhängen

Löschen von Objekten

```
DROP { TABLE base-table | VIEW view  | DOMAIN domain |
             SCHEMA schema }
        [RESTRICT | CASCADE]
```

- Entfernung nicht mehr benötigter Objekte (Relationen, Sichten, ...)
  - *CASCADE:* „abhängige“ Objekte (z.B. Sichten auf Relationen oder anderen Sichten) werden mitentfernt
  - *RESTRICT*: verhindert Löschen, wenn die zu löschende Relation noch durch Sichten oder Integritätsbedingungen referenziert wird

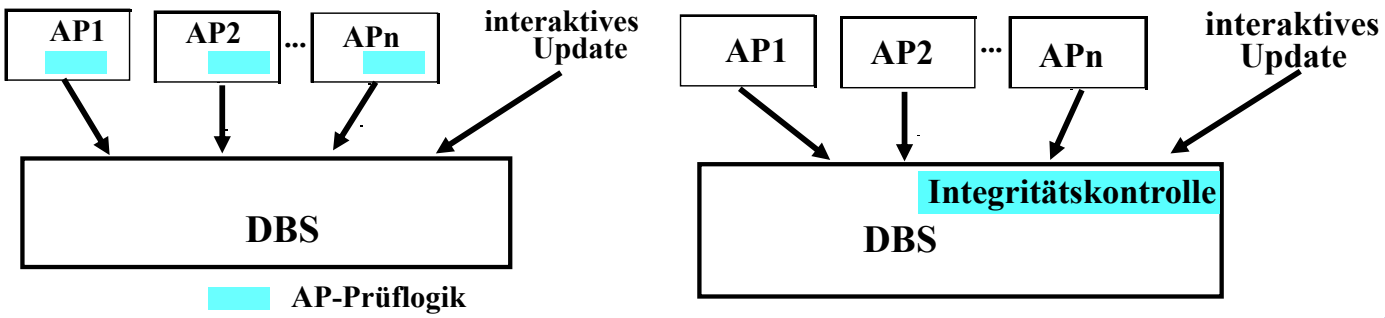
- Beispiele:

  DROP DOMAIN AGE CASCADE

  DROP TABLE PERS RESTRICT

Semantische Integritätskontrolle

- Logische DB-Konsistenz: Überwachung von semantischen Integritätsbedingungen durch Anwendungen oder DBS
- DBS-basierte Integritätskontrolle
  - größere Sicherheit
  - vereinfachte Anwendungserstellung
  - Unterstützung von interaktiven sowie programmierten DB-Änderungen
  - leichtere Änderbarkeit von Integritätsbedingungen
- Integritätsbedingungen der Miniwelt sind explizit bekannt zu machen, um automatische Überwachung zu ermöglichen



Klassifikation von Integritätsbedingungen

1. modellinhärente Integritätsbedingungen (vs. anwendungsspezifische IB)
   - Primärschlüsseleigenschaft
   - referentielle Integrität für Fremdschlüssel
   - Definitionsbereiche (Domains) für Attribute
2. Reichweite

Reichweite	Beispiele
Attribut	GEB-JAHR ist numerisch, 4-stellig
Satzausprägung	ABT.GEHALTSSUMME < ABT.JAHRESETAT
Satztyp	PNR ist eindeutig
mehrere Satztypen	ABT.GEHALTSSUMME ist Summe aller Angestelltengehälter in PERS

3. Zeitpunkt der Überprüfbarkeit
   - unverzögert (sofort bei Änderungsoperation)
   - verzögert (am Transaktionsende)
4. Art der Überprüfbarkeit
   - Zustandsbedingungen (statische Integritätsbedingungen)
   - dynamische Integritätsbedingungen

Dynamische Integritätsbedingungen

- beziehen sich im Gegensatz zu statischen IB auf Änderungen selbst und damit auf mehrere Datenbankzustände
- zwei Varianten
  - *Übergangsbedingungen*: Änderung von altem zu neuem DB-Zustand wird eingeschränkt
  - *temporale Bedingungen*: Änderungen in bestimmtem zeitlichen Fenster werden eingeschränkt
- Beispiele dynamischer Integritätsbedingungen
  - Übergang von FAM-STAND 'ledig' nach 'geschieden' ist unzulässig
  - Gehalt darf nicht kleiner werden
  - Gehalt darf innerhalb von 3 Jahren nicht um mehr als 25% wachsen

Integritätsbedingungen in SQL

- Eindeutigkeit von Attributwerten
  - UNIQUE bzw. PRIMARY KEY bei CREATE TABLE
  - Satztypbedingungen

  Bsp.: CREATE TABLE PERS ...
  PNR INT UNIQUE (bzw. PRIMARY KEY)

- Fremdschlüsselbedingungen
  - FOREIGN-KEY-Klausel
  - Satztyp- bzw. satztypübergreifende Bedingung

- Wertebereichsbeschränkungen von Attributen
  - CREATE DOMAIN
  - NOT NULL
  - DEFAULT
  - Attribut- und Satztyp-Bedingungen

Integritätsbedingungen in SQL (2)

- Allgemeine Integritätsbedingungen
  - CHECK-Constraints bei CREATE TABLE
  - allgemeine Assertions, z. B. für satztypübergreifende Bedingungen

CHECK-Constraints bei CREATE TABLE

```
CREATE TABLE PERS ....
   GEB-JAHR  INT
   CHECK (VALUE BETWEEN 1900 AND 2100)
CREATE TABLE ABT .....
   CHECK (GEHALTSSUMME <  JAHRESETAT)
```

Anweisung CREATE ASSERTION

```
CREATE ASSERTION A1
   CHECK (NOT EXISTS
   (SELECT * FROM ABT A
    WHERE GEHALTSSUMME <>
   (SELECT SUM (P.GEHALT) FROM PERS P
        WHERE P.ANR = A.ANR)))
   DEFERRED
```

- Festlegung des Überprüfungszeitpunktes:
  - IMMEDIATE: am Ende der Änderungsoperation (Default)
  - DEFERRED: am Transaktionsende (COMMIT)
- Unterstützung für dynamische Integritätsbedingungen durch Trigger (ab SQL:1999)

Integritätsregeln

- Standardreaktion auf verletzte Integritätsbedingung: ROLLBACK
- Integritätsregeln erlauben Spezifikation von Folgeaktionen, z. B. um Einhaltung von Integritätsbedingungen zu erreichen
  - SQL92: deklarative Festlegung referentieller Folgeaktionen (CASCADE, SET NULL, ...)
  - SQL99: Trigger
- Trigger: Festlegung von Folgeaktionen für Änderungsoperationen
  - INSERT
  - UPDATE oder
  - DELETE
- Trigger wesentlicher Mechanismus von ***aktiven DBS***
- Verallgemeinerung durch sogenannte ECA-Regeln (Event / Condition / Action)

Integritätsregeln (2)

- Beispiel: Wartung der referentiellen Integrität
  - **deklarativ**

```
CREATE TABLE PERS
 (PNR INT PRIMARY KEY,
    ANR INT FOREIGN KEY
     REFERENCES ABT
     ON DELETE CASCADE
   ... );
```

  - **durch Trigger**

```
CREATE TRIGGER MITARBEITERLÖSCHEN
BEFORE DELETE ON ABT
REFERENCING OLD AS A
DELETE FROM PERS P
WHERE P.ANR = A.ANR;
```

Trigger

- ausführbares, benanntes DB-Objekt, das implizit durch bestimmte Ereignisse ("triggering event") aufgerufen werden kann
- Triggerspezifikation besteht aus
  - auslösendem Ereignis (Event)
  - Ausführungszeitpunkt
  - optionaler Zusatzbedingung
  - Aktion(en)
- zahlreiche Einsatzmöglichkeiten
  - Überwachung nahezu aller Integritätsbedingungen, inkl. dynamischer Integritätsbedingungen
  - Validierung von Eingabedaten
  - automatische Erzeugung von Werten für neu eingefügten Satz
  - Wartung replizierter Datenbestände
  - Protokollieren von Änderungsbefehlen (Audit Trail)
  - • • •

Trigger (2)

- SQL99-Syntax

```
CREATE TRIGGER <trigger name>
 {BEFORE|AFTER}{INSERT|DELETE|
   UPDATE [OF <column list>]}
  ON <table name>
 [ORDER <order value>]
 [REFERENCING <old or new alias list>]
 [FOR EACH {ROW|STATEMENT}]
 [WHEN (<search condition>)]
   <triggered SQL statement>
```

```
<old or new alias> ::=
OLD [AS]<old values correlation name>|
NEW [AS]<new values correlation name>|
OLD_TABLE [AS]<old values table alias>|
NEW_TABLE [AS]<new values table alias>
```

  - Trigger-Events: INSERT, DELETE, UPDATE
  - Zeitpunkt: BEFORE oder AFTER
    - mehrere Trigger pro Event/Zeitpunkt möglich (benutzerdefinierte Aktivierungsreihenfolge)
  - Bedingung: beliebiges SQL-Prädikat (z. B. mit komplexen Subqueries)
  - Aktion: beliebige SQL-Anweisung
    - Trigger-Bedingung und -Aktion können sich sowohl auf alte als auch neue Tupelwerte der betroffenen Tupel beziehen
  - Trigger-Ausführung für jedes betroffene Tupel einzeln (FOR EACH ROW) oder nur einmal für auslösende Anweisung (FOR EACH STATEMENT)

Trigger-Beispiele

- Realisierung einer dynamischen Integritätsbedingung (*Gehalt darf nicht kleiner werden*):

```
CREATE TRIGGER GEHALTSTEST
AFTER UPDATE OF GEHALT ON PERS
REFERENCING OLD GEHALT1, NEW GEHALT2
WHEN  (GEHALT2 < GEHALT1) ROLLBACK;
```

- Wartung einer materialisierten Sicht ARME_PROGR_MV

```
CREATE TRIGGER AP-INSERT
AFTER INSERT ON PERS
FOR EACH ROW
REFERENCING NEW AS N
WHEN N.BERUF = „Programmierer“ AND N.GEHALT < 30000
  INSERT INTO ARME_PROGR_MV (PNR, NAME, BERUF, GEHALT)
  VALUES (N.PNR, N.NAME, N.BERUF, N.GEHALT)
```


Probleme von Triggern

- teilweise prozedurale Semantik (Zeitpunkte, Verwendung alter/neuer Werte, Aktionsteil im Detail festzulegen)
- Trigger derzeit beschränkt auf Änderungsoperationen einer Tabelle (UPDATE, INSERT, DELETE)
- i. a. keine verzögerte Auswertung von Triggern
- Gefahr zyklischer, nicht-terminierender Aktivierungen
- Korrektheit des DB-/Trigger-Entwurfes (Regelabhängigkeiten, parallele Regelausführung, ...)

dennoch sind Trigger mächtiges und wertvolles Konstrukt

- „aktive“ DBS
- DBS-interne Nutzungsmöglichkeiten, z.B. zur Realisierung von Integritätskontrolle und Aktualisierung von materialisierten Sichten / Replikaten

Zusammenfassung

- Datendefinition:
  - CREATE / DROP TABLE, VIEW, ...;
  - SQL-92: nur einfache Datentypen und einfaches Domänenmodell
- Schema-Evolution: ALTER TABLE
  - DROP zum Entfernen von Tabellen / Sichten etc.
- Sicht-Konzept (Views)
  - Reduzierung von Komplexität, erhöhte Datenunabhängigkeit, Zugriffsschutz
  - Einschränkungen bezüglich Änderbarkeit
  - materialisierte Sichten zur Performance-Verbesserung für Lesezugriffe
- Integritätsbedingungen
  - Klassifikation gemäß 4 Kriterien
  - umfassende Unterstützung in SQL
- Trigger
  - automatische Reaktion bei DB-Änderungen (-> „aktive DBS“)
  - zahlreiche Nutzungsmöglichkeiten: Integritätskontrolle, mat. Sichten ...
  -