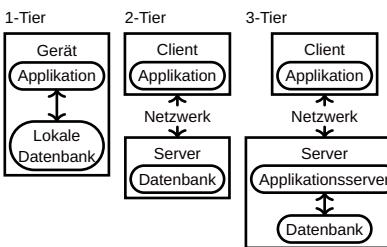


Glossar

Term	Definition
Impedance-Mismatch	Diskrepanz zwischen Datenstrukturen auf Applikations- und Datenbankebene
System-/Datenkatalog	Enthält Metadaten über die Datenbankobjekte, z.B. Tabellen und Schemata.
Datenbankschema	Struktur einer Datenbank, die die Organisation der Daten und Beziehungen beschreibt.
Datenbasis	Der physische Speicherort
Surrogate Key	Künstlich generierter PK
Referentielle Integrität	Fremdschlüssel muss zu einem Wert der referenzierten Tabelle oder NULL zeigen
Datenunabhängigkeit	Daten in einer DB ändern können, ohne dass Anwendungen geändert werden müssen
Data Pages	Kleinste Speicher-Dateneinheiten einer DB
Heaps	Unsortierte Datenorganisation
Semantische Integrität	Daten sind nicht nur syntaktisch, sondern auch inhaltlich korrekt, insbesondere nach T
Data dictionary	Zentrale Sammlung von Metadaten über die Daten im DBMS

Datenbankmodelle

Begriff	Bedeutung
Hierarchisch	Daten sind in einer baumartigen Struktur geordnet
Netzwerk	Flexiblere Struktur als hierarchisch, erlaubt mehrere Pfade zwischen Entitäten
Objektorientiert	Speichert Daten und ihr Verhalten in Form von Obj.
Objektrelational	Kombiniert objektorientierte + relationale Prinzipien
Relational	Speichert Daten in Tabellen (Relationen) und verwaltet Beziehungen durch Schlüssel



DataBase System (DBS)

Besteht aus DBMS und Datenbasen

DataBase Management System (DBMS)

- (A) Transaktionen
- (C) Konsistenz
- (I) Mehrbenutzerbetrieb
- (D) Große Datenmengen
- (S) Sicherheit
- Datentypen
- Abfragesprache
- Backup & Recovery
- Redundanzfreiheit
- Kapselung

ANSI Modell

Logische Ebene: Logische Struktur der Daten**Interne Ebene:** Speicherstrukturen, Definition durch internes Schema (Beziehungen, Tabellen etc.)**Externe Ebene:** Sicht einer Benutzerklasse auf Teilmenge der DB, Definition durch externes Schema**Mapping:** Zwischen den Ebenen ist eine mehr oder weniger komplexe Abbildung notwendig

Relationales Modell

PK sind unterstrichen, FK sind kursiv

tabellenname (

```

    id SERIAL PRIMARY KEY,
    grade DECIMAL(2,1) NOT NULL,
    fk INT FOREIGN KEY REFERENCES t2,
    u VARCHAR(9) DEFAULT CURRENT_USER,
);
```

BNF

```

<select> := [ 'WITH' [ 'RECURSIVE' ] <with_query> [, ...] ]
  'SELECT' [ 'ALL' | 'DISTINCT' [ 'ON' ( <expression> [, ...] ) ]
    [ '*' | <expression> [ [ 'AS' ] <output_name> ] [, ...] ]
    [ 'FROM' <from_item> [, ...] ]
    [ 'WHERE' <conditions> ]
    [ 'GROUP BY' [ 'ALL' | 'DISTINCT' ] <grouping_elem> [, ...] ]
    [ 'HAVING' <condition> ]
    [ 'WINDOW' <window_name> 'AS' [ '<window_def>' [, ...] ]
      [ 'UNION' | 'INTERSECT' | 'EXCEPT' ] [ 'ALL' | 'DISTINCT' ]
    ]
  ] <select>
  [ 'ORDER BY' <expressions> [ 'ASC' | 'DESC' ] [ 'USING' <op> ]
  [ 'NULLS' { 'FIRST' | 'LAST' } [, ...] ]
  [ 'LIMIT' <count> [ 'FOR' [ 'ALL' | 'TIES' ] ]
  [ 'OFFSET' <start> [ 'ROW' | 'ROWS' ] ]
```

```

<from_item> := <table> [ * ] [ [ 'AS' ] <alias> [ ( <col_alias>
  [, ...] ) ]
  [ 'LATERAL' ] ( <select> ) [ [ 'AS' ] <alias> [ ( <col_alias>
  [, ...] ) ]
  [ 'WITH' <query_name> [ [ 'AS' ] <alias> [ ( <col_alias>
  [, ...] ) ]
  <from_item> <join_type> <from_item> { 'ON' <join_condition> |
  'USING' [ <join_column> [, ...] ] [ 'AS' ] <join_using_alias> ]
  <from_item> 'NATURAL' <join_type> <from_item>
  <from_item> 'CROSS JOIN' <from_item>
```

Data Control Language (DCL)

GRANT kann angewendet werden auf:

TABLE COLUMN VIEW SEQUENCE DATABASE FUNCTION SCHEMA

Falls WITH GRANT OPTION: Der Berechtigte kann den Zugriff anderen Usern verteilen. → REVOKE ... CASCADE;

```

CREATE ROLE u WITH LOGIN PASSWORD '' -- user
GRANT INSERT ON TABLE t TO u WITH GRANT OPTION;
ALTER ROLE u CREATEROLE, CREATEDB, INHERIT;
CREATE ROLE r; -- group
GRANT r TO u; -- put user u in group r
REVOKE CREATE ON SCHEMA s FROM r;
CREATE ROLE u PASSWORD '' IN ROLE r; -- equivalent
```

Read-only user

```

-- creating
REVOKE CREATE ON SCHEMA public FROM PUBLIC;
CREATE ROLE u WITH LOGIN ENCRYPTED PASSWORD ''
NOINHERIT; -- don't inherit privileges
GRANT SELECT ON ALL TABLES IN SCHEMA public TO u;
-- read all new tables (also created by others):
ALTER DEFAULT PRIVILEGES IN SCHEMA public GRANT
  SELECT ON TABLES TO u;
-- deleting
REVOKE SELECT ON ALL TABLES IN SCHEMA public FROM u;
ALTER DEFAULT PRIVILEGES IN SCHEMA public
  REVOKE SELECT ON TABLES FROM u;
DROP USER u;
```

Row-Level Security (RLS)

```

CREATE TABLE exams (
  id SERIAL, -- other fields...
  teacher VARCHAR(60) DEFAULT current_user
);
CREATE POLICY teachers_see_own_exams ON exams
  FOR ALL TO PUBLIC USING (teacher = current_user);
ALTER TABLE exams ENABLE ROW LEVEL SECURITY;
```

Data Definition Language (DDL)

Wichtig: NOT NULL wo notwendig nicht vergessen

```

CREATE SCHEMA s;
CREATE TABLE t (
  id SERIAL PRIMARY KEY,
  name TEXT UNIQUE,
  grade DECIMAL(2,1) NOT NULL,
  fk INT FOREIGN KEY REFERENCES t2.id
  ON DELETE CASCADE,
  added TIMESTAMP DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
  u VARCHAR(9) DEFAULT CURRENT_USER,
  CHECK (grade between 1 and 6)
);
ALTER TABLE t2 ADD CONSTRAINT c PRIMARY KEY (a, b);
TRUNCATE/DROP TABLE t;
```

Vererbung

Tabelle pro Sub- und Superklasse:

```

CREATE TABLE sup ( -- 3.a
  id SERIAL PRIMARY KEY,
  name TEXT UNIQUE
);
CREATE TABLE sub1 (
  id SERIAL PRIMARY KEY,
  age INT
);
CREATE TABLE sub2 (
  id SERIAL PRIMARY KEY
);
ALTER TABLE sub1 ADD CONSTRAINT id FOREIGN KEY
  REFERENCES sup (id);
ALTER TABLE sub2 ADD CONSTRAINT id FOREIGN KEY
  REFERENCES sup (id);
```

Tabelle pro Subklasse: Enthält jeweil. Subklassenattribute

```

CREATE TABLE sub1 ( -- 3.b
  id SERIAL PRIMARY KEY,
  name TEXT UNIQUE,
  age INT
);
CREATE TABLE sub2 (
  id SERIAL PRIMARY KEY,
  name TEXT UNIQUE
);
```

Einzige Tabelle für Superklasse: Enthält alle Attribute

```

CREATE TABLE sup ( -- 3.c
  id SERIAL PRIMARY KEY,
  name TEXT UNIQUE,
  age INT
);
```

Junction Tabellen

```

CREATE TABLE a_b(
  a: INTEGER REFERENCES a(id),
  b: INTEGER REFERENCES b(id),
  PRIMARY KEY(a, b)
);
```

Datentypen

Type	Description
INTEGER/INT	Integer (4 bytes)
BIGINT	Large integer (8 bytes)
SMALLINT	Small integer (2 bytes)
REAL	Single precision float (4 bytes)
Numeric(precision, scale)	Exact numeric of selectable precision Alias for DECIMAL(precision, scale)
DOUBLE PRECISION	Double precision float (8 bytes)
SERIAL	Auto-incrementing integer (4 bytes)
BIGSERIAL	Auto-incrementing large integer (8 bytes)
SMALLSERIAL	Auto-incrementing small integer (2 bytes)
CHARACTER/CHAR(size)	Fixed-length, blank-padded string
VARCHAR(size)	Variable-length, non-blank-padded string
TEXT	Variable-length character string
BOOLEAN	Logical Boolean (true/false)
DATE	Calendar date (year, month, day)
TIME	Time of day (no time zone)
TIMESTAMP	Date and time (no time zone)
TIMESTAMP WITH TIME ZONE	Date and time with time zone
INTERVAL	Time interval
JSON	JSON data
UUID	Universally unique identifier
ARRAY OF base_type	Array of values
NUMERIC(4, 2) /* 99.99 */	NUMERIC(2, 1) /* 9.9 */
VARCHAR(5) /* 'abcde' */	CHAR(5) /* 'abcde' */
WITH RECURSIVE q AS (SELECT * FROM t WHERE grade>1 UNION ALL SELECT * FROM t INNER JOIN q ON q.u = t.name) SELECT id as 'ID' FROM q;	-- recursive

Casting

Explizit

```

CAST(5 AS float8) = 5::float8
SELECT 'ABCDEFG'::NUMERIC; -- error
SELECT SAFE_CAST('ABCDEFG' AS NUMERIC); -- NULL
```

Implizit

```

SELECT 5 + 3.2; -- 5 is cast to 5.0 (numeric)
SELECT 'Number' || 42; -- 42 is cast to '42'
SELECT true AND 1; -- 1 is treated as true
SELECT CURRENT_TIMESTAMP + INTERVAL '1 day'; -- CURRENT_TIMESTAMP to date
SELECT '100'::text + 1; -- '100' is cast to 100
```

Views

Resultate werden jedes mal dynamisch queriert

```

CREATE VIEW v (id, u) AS SELECT id, u FROM t;
-- complex query
CREATE VIEW cheap_restaurant_view AS
WITH big_restaurant AS (
  SELECT * FROM restaurant
  WHERE anzahl_plaetze > 20
)
SELECT r.name AS restaurant_name, s.name,
  MIN(g.preis) AS cheap_gericht
FROM big_restaurant r
LEFT JOIN menukarte m ON (r.id = m.restaurant_id)
LEFT JOIN menu_gericht mg ON (m.id = mg.menu_id)
LEFT JOIN gericht g ON (g.id = mg.gericht_id)
WHERE ist_tagesmenu = true
GROUP BY r.id, s.id, restaurant_name
HAVING MIN(g.preis) > 3
ORDER BY cheap_gericht;
```

Updatable View

Views sind updatable wenn diese Kriterien erfüllt sind:

- Single base table
- Keine aggregate, DISTINCT, GROUP BY, oder HAVING Klauseln
- Alle Spalten müssen zur originalen Tabelle direkt gemappt werden können

Materialized View

Speichert resultat auf Disk

```

CREATE MATERIALIZED VIEW mv AS SELECT * FROM t;
REFRESH MATERIALIZED VIEW mv; -- refresh results
```

Temporäre Tabellen

```

CREATE TEMPORARY TABLE temp_products (
  id SERIAL PRIMARY KEY,
  product_name TEXT
);
```

```

INSERT INTO temp_products (product_name) VALUES
  ('Product A'), ('Product B'), ('Product C');

SELECT ts.product_name, ts.quantity FROM
temp_sales ts JOIN temp_products tp ON
ts.product_name = tp.product_name;
```

Data Manipulation Language (DML)

```

FROM -> JOIN -> WHERE -> GROUP BY -> HAVING ->
  SELECT (WINDOW FUNCTIONS) -> ORDER BY -> LIMIT
```

Common Table Expressions (CTE)

- Erlauben die zeilenweise Ausgabe
- Erlauben Abfragen quasi als Parameter
- Können rekursiv sein
- normal
- WITH cte AS (SELECT * FROM t) SELECT * FROM cte;
- WITH tmp(id, name) AS (SELECT id, name FROM t)
 SELECT id, name FROM tmpTable;
- recursive

Georgiy Shevoroshkin**Window Functions**

```
SELECT id, RANK() OVER
  (ORDER BY grade DESC) as r FROM t;
SELECT id, u, LAG(name, 1) OVER
  (PARTITION BY fk ORDER BY id DESC) FROM t;
-- PERCENT/DENSE_RANK(), FIRST_VALUE(v),
LAST_VALUE(n)
-- NTH_VALUE(v,n), NTILE(n), LEAD(v,o), ROW_NUMBER()
```

INSERT

```
INSERT INTO t (added, grade)
VALUES ('2002-10-10', 1) RETURNING id;
```

UPDATE

```
UPDATE t SET grade = grade+1, name='` WHERE id = 1;
```

Subqueries

```
SELECT * FROM t WHERE grade > ANY (SELECT g FROM t2);
SELECT * FROM t WHERE EXISTS (SELECT g FROM t2);
-- ALL, ANY, IN, EXISTS, =
```

users (u) actions (a)

id	name	id	uid	action
1	Alice	7	1	LOGIN
2	Bob	8	2	VIEW
		9	4	LOGIN

Inner JoinZeilen, die in beiden Tabellen
matchen

```
SELECT u.*, a.* FROM u INNER
JOIN a ON u.id = a.uid;
```

Equi Join

Wie Inner Join

```
SELECT u.*, a.* FROM u JOIN a
ON u.id = a.uid;
```

Natural JoinWie Inner Join aber ohne Dupli-
kate

```
SELECT u.*, a.* FROM u
NATURAL JOIN a ON u.id=a.uid;
```

TODO:**Semi Join**

Nur Zeilen aus a, wobei b matchen muss

```
SELECT * FROM u WHERE EXISTS
(SELECT 1 FROM a WHERE u.id = a.uid);
```

Anti Join

Nur Zeilen aus a, wobei b nicht matchen darf

```
SELECT * FROM u WHERE NOT EXISTS
(SELECT 1 FROM a WHERE u.id = a.uid);
```

Left outer JoinAlle Zeilen beider Tabellen, NULL
für b falls kein match

```
SELECT u.*, a.* FROM u LEFT
JOIN a ON u.id = a.uid;
```

Right outer JoinAlle Zeilen beider Tabellen, NULL
für a falls kein match

```
SELECT u.*, a.* FROM u RIGHT
JOIN a ON u.id = a.uid;
```

Full outer JoinAlle Zeilen beider Tabellen, NULL
falls kein match

```
SELECT u.*, a.* FROM u FULL
OUTER JOIN a ON u.id = a.uid;
```

Cross JoinLiefert alle möglichen Kombina-
tionen zweier Tabellen.

```
SELECT * FROM u CROSS JOIN a;
```

1	1	Alice	7	LOGIN
2	1	Alice	8	VIEW
3	1	Alice	9	LOGIN
4	2	Bob	7	LOGIN
5	2	Bob	8	VIEW
6	2	Bob	9	LOGIN

Union«Verbindet» zwei SELECT's ohne Duplikate.
Voraussetzung: Spalten müssen ähnliche Da-
tentypen beinhalten

```
SELECT name FROM u UNION SELECT action
FROM a;
```

1	Alice
2	Bob
3	LOGIN
4	VIEW

Lateral JoinErlaubt Subqueries mit Referenzen zu den
anderen Tabellen

```
SELECT u.*, x.action FROM u JOIN LATERAL
( SELECT * FROM a WHERE a.uid != u.id )
AS x ON TRUE;
```

GROUP BY

```
SELECT id, COUNT(*) FROM t
GROUP BY grade, id HAVING COUNT(*) > 2;
```

WHERE

BETWEEN 1 AND 5; LIKE '%_%' ; AND; IS (NOT) NULL

IN (1, 5) ; LIKE '%asd%' ; OR ;

Aggregatfunktionen

COUNT ; SUM ; MIN ; MAX ; AVG

Weitere Funktionen

COALESCE(a1, a2, ...); -- returns first non-null arg

Relationale Algebra $\pi_{R1,R4}(R)$

SELECT R1,R4 FROM R;

(Projektion)

 $\sigma_{R1>30}(R)$

SELECT * FROM R WHERE R1 > 30; (Selektion)

 $p_{a \leftarrow R}$

SELECT * FROM R AS a; (Umbenennung/Alias)

 $R \times S$

SELECT * FROM R, S; (Kartesisches Produkt)

 $R \bowtie S$

SELECT * FROM R JOIN S ON R.A=S.B; (Verbund)

 $D \bowtie B$

Dreiwertige Logik (cursed)

SELECT NULL IS NULL; -- true

SELECT NULL = NULL; -- [unknown]

INDEX

B-Tree

Hash

BRIN

ISAM

Gleichheitsabfragen

Range Queries

Sortierte Daten

Große Tabellen

Häufige abfragen

Direkter zugriff über PK

Überlaufseiten

CREATE INDEX i ON t/*USING BTREE*/ (grade,upper(u));

CREATE INDEX j ON t (fk) INCLUDE (added) WHERE fk>4;

DROP INDEX i;

Transaktionen

Note: In postgres gibt es keine geschachtelten T.

Atomicity: Vollständig oder gar nicht**Consistency**: Konsistenter Zustand bleibt erhalten**Isolation**: Transaktion ist von anderen T isoliert**Durability**: Änderungen sind persistent

BEGIN; SAVEPOINT s;

COMMIT; ROLLBACK /*TO SAVEPOINT s*/;

Isolation

SET TRANSACTION ISOLATION LEVEL ...;

SET SESSION CHARACTERISTICS AS TRANSACTION

ISOLATION LEVEL ...;

READ UNCOMMITTED: Lesezugriffe nicht synchronisiert (keine Read-lock). Read ignoriert jegliche Sperren**READ COMMITTED**: Lesezugriffe nur kurz/temporär synchronisiert (default), setzt für gesamte T Write-Lock, Read-lock nur kurzfristig**REPEATABLE READ**: Einzelne Zugriffe ROWS sind synchronisiert, Read und Write Lock für die gesamte T**SERIALIZABLE**: Vollständige Isolation nach ACID**Two-Phase Locking (2PL)**

Stellt Isolation der T sicher

1) Growing Phase: Die T kann neue Locks erwerben, jedoch keine freigeben

2) Shrinking Phase: Locks können freigegeben werden, aber keine neuen mehr erworben werden

Strict 2PL: T geben locks erst nach commit frei**Preclaiming 2PL**: Alle Locks werden zu Beginn der T erstellt**Shared Lock**: Lesezugriffe (mehrere Transaktionen)**Exclusive Lock**: Schreib- & Lesezugriffe (eine Transaktion)**Starvation**: T erhält aufgrund von Sperren niemals die Mög-
lichkeit, ihre Arbeit abzuschließen, da immer blockiert wird**Optimistic Lockverfahren**

T operieren ohne anfängliche Sperren. Überprüfen am Ende falls Konflikte auftreten → Änderungen zurücksetzen.

Pessimistisches Lockverfahren (Preclaiming 2PL)

T fordert sofort Sperren an, damit andere T nicht gleichzeitig auf dieselben Daten zugreifen oder diese ändern.

Growing phase **Shrinking phase**

* Nur in SQL92 möglich. PSQL >= 9.1 verhindert dies

Dirty Read: Lese Daten von nicht committed T's**Fuzzy Read**: Versch. Werte beim mehrmaligen Lesen glei-
cher Daten (da durch andere T geändert)**Phantom Read**: Neue/Gelöschte Rows einer anderen T**Read Skew**: Daten lesen, die sich während der T ändern**Write Skew**: Mehrere T lesen Daten und Ändern sie**Deadlock**: Mehrere T blockieren sich, da sie auf die gleiche Ressource warten**Cascading Rollback**: T schlägt fehl und alle davon abhän-
genden T müssen ebenfalls zurückgerollt werden

Seriali- sierbar	Dead- locks	Cas- cading Rollb.	Kon- flikt- Rollb.	Hohe Paral- lelität	Realis- tisch
Two-Phase Locking	✓	✓	X	X	X
Strict 2PL	✓	X	X	X	X
Preclai- ming 2PL	✓	X	X	X	X
Valida- tion-based	✓	X	✓	✓	✓
Timestamp- based	X	✓	✓	✓	✓
Snapshot- Isolati- on	X	X	✓	✓	✓
SSI	✓	*	X	✓	✓

* Deadlock in PSQL mit Snapshot Isolation

SQL Beispiel

BEGIN;

SET TRANSACTION ISOLATION LEVEL SERIALIZABLE;

UPDATE accounts SET balance = balance - 100.00
 WHERE name = 'Alice';

SAVEPOINT my_savepoint;

UPDATE accounts SET balance = balance + 100.00
 WHERE name = 'Bob';

ROLLBACK TO my_savepoint;

UPDATE accounts SET balance = balance + 100.00
 WHERE name = 'Wally';

COMMIT;

Änderung wird eine neue Version der Daten erstellt. Leser
sehen die älteren Versionen, während Schreiber die neues-
ten Versionen sehen.**Write-Ahead Log (WAL)**Schreibt Änderungen der T in Log, dann Commit loggen,
dann Updates in DB. Kann bei Absturz replayed werden**LSN**, **TailID**, **PageID**, **Redo**, **Undo**, **PrevLSN****SQL Beispiele**

```
CREATE TABLE pferd (
  pnr SERIAL PRIMARY KEY,
  name TEXT,
  alter INT,
  zuechternr INT REFERENCES stall.pk,
  vaternr INT REFERENCES pferd.pk
);
```

```
CREATE TABLE stall (
  zuechternr SERIAL PRIMARY KEY,
  name TEXT,
  plz INT,
  ort TEXT,
  strasse TEXT
);
```

```
-- Welche Züchter haben in ihren Ställen mindestens
1 Kind von dem Vater mit Namen "Hermes"
```

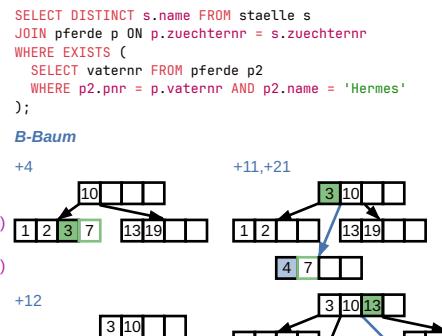
```
-- Eleganteste anfrage unkorreliert
SELECT s.name FROM staelle s
```

```
WHERE s.zuechternr IN (
  SELECT p.zuechternr
  FROM pferde p
  JOIN pferde p2 ON p2.pnr = p.vaternr
  WHERE p2.name = 'Hermes'
);
```

```
-- Kürzeste anfrage
SELECT DISTINCT s.name FROM staelle s
JOIN pferde p ON p.zuechternr = s.zuechternr
JOIN pferde p2 ON p2.pnr = p.vaternr
WHERE p2.name = 'Hermes';
```

```
-- SELECT DISTINCT s.name FROM staelle s
JOIN pferde p ON p.zuechternr = s.zuechternr
WHERE EXISTS (
  SELECT vaternr FROM pferde p2
  WHERE p2.pnr = p.vaternr AND p2.name = 'Hermes'
);
```

```
B-Baum
```

**Vollständiges Backup**

Exakte Kopie der ganzen DB

 Inkrementelles Backup

Sichert nur die seit dem letzten Backup geänderten Daten.

Logisches Backup (SQL Dump)Blockiert keine T. Für mittelgroße Datenmengen, interkom-
patibel mit neuen PG-Versionen und anderen Maschinen.**Physisches Backup (File System)**Datenbank muss gestoppt werden, schneller als logisches
Backup, passt nur zu derselben «Major Version» von PG.**Multiversion Concurrency Control (MVCC)**

Ermöglicht es, mehreren T gleichzeitig zu laufen. Bei jeder