

# Datenbanken und Informationssysteme

## Programmieren mit Datenbanken

Burkhardt Renz

Fachbereich MNI  
TH Mittelhessen

Sommersemester 2021

# Übersicht

- Konzepte des Datenbankzugriffs
  - Programmierschnittstellen von SQL-Datenbanken
  - Ändern von Daten in der Datenbank
- JDBC
- ADO.NET
- Objekt-relationales Mapping mit JPA

# Fragestellungen

- ❶ Wie verwenden wir die Funktionalität des DBMS in unserem Anwendungsprogramm?
- ❷ Wie kommen die Ergebnisse einer SQL-Anweisung in die Variablen unseres Programms?
- ❸ Wie bekommen wir Informationen über die Ergebnisse einer SQL-Anweisung?
- ❹ Wie können wir Daten in der Datenbank verändern?

# Frage 1

Wie verwenden wir die Funktionalität des DBMS in unserem Anwendungsprogramm?

- ➊ SLI – Statement-Level-Interface
- ➋ CLI – Call-Level-Interface

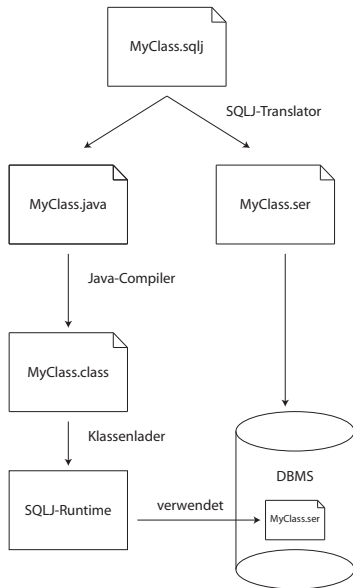
# SLI am Beispiel von SQLj I

```
public class BookReader {  
    public static void main(String[] args) {  
        try {  
            connect();  
            readBook( "3-257-21755-2" );  
        } catch (SQLException e) {  
            e.printStackTrace();  
        }  
    }  
  
    public static void readBook( String isbn ) throws SQLException {  
  
        // siehe folgende Seite  
    }  
}
```

## SLI am Beispiel von SQLj II

```
public static void readBook( String isbn ) throws SQLException {  
    String author = null;  
    String title = null;  
    #sql {  
        select author, title into :author, :title  
        from books where isbn = :isbn};  
    System.out.println(author + ": " + title);  
}
```

# Konzept von SQLj

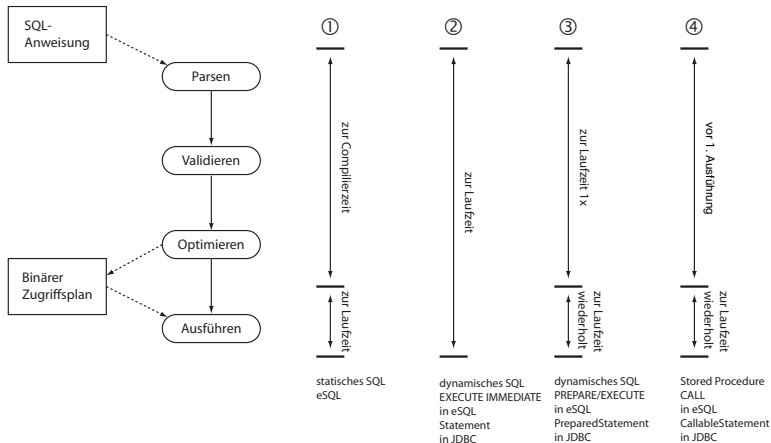


# CLI am Beispiel von JDBC

```
public class BasicJDBC {  
  
    public static void main(String[] args) {  
  
        // ... Erstellen einer Connection con  
  
        stmt = con.createStatement();  
  
        rs = stmt.executeQuery("select author, title from Books");  
  
        while (rs.next()) {  
            System.out.println(rs.getString("author") + " "  
                               + rs.getString("title"));  
  
        }  
  
        // ...  
    }  
}
```



# Verarbeitung einer SQL-Anweisung



## Frage 2

Wie kommen die Ergebnisse einer SQL-Anweisung in die Variablen unseres Programms?

- 1 Cursorkonzept
- 2 JDBC: Interface *ResultSet*

# Arten von Cursors

- ➊ bzgl. der Sichtbarkeit von Änderung  
INSENSITIVE, SENSITIVE
- ➋ bzgl. der Navigierbarkeit  
FORWARD\_ONLY, scrollable
- ➌ bzgl. Änderbarkeit via Cursor  
READ\_ONLY, UPDATABLE

## Frage 3

Wie bekommen wir Informationen über die Ergebnisse einer SQL-Anweisung?

- ① Indikatorvariable
- ② SQL-Deskriptoren

# Beispiele für Metadaten in JDBC

- ❶ `select Verlag from Books`
  - Was passiert, wenn Verlag `<null>` ist?
- ❷ `select * from Books`
  - Welchen Aufbau hat die Ergebnismenge?

- ❶ Spezielle Methode in JDBC  
`ResultSet::wasNull()`
- ❷ Spezielles Objekt in JDBC  
`ResultSetMetaData` erzeugt via  
`ResultSet::getMetaData()`

## Frage 4

Wie ändern wir Daten in der Datenbank?

- ❶ Deklarative Änderung („searched update“)
- ❷ Änderung mit Verwendung eines Cursors („positioned update“  
– navigierende Änderung)

# Umsetzung der Techniken

## ❶ Änderung ohne Cursor

```
#sql{  
    insert into Books(ISBN, Author, Title)  
        values( :isbn, :author, :title) };
```

bzw.

```
stmt.executeUpdate( "insert into ..." );
```

## ❷ Mit Verwendung eines Cursors

```
#sql myCursor = { select ... from ...};  
...  
#sql {update Books set Verlag = :verlag where current of :myCursor};
```

bzw.

```
rs.next();  
rs.updateString( "Verlag", "neuer Verlag" );  
rs.updateRow();
```

# Übersicht

- Konzepte des Datenbankzugriffs
- JDBC
  - Grundlegendes Beispiel
  - Architektur von CLI am Beispiel JDBC
  - Wichtige Methoden
- ADO.NET
- Objekt-relationales Mapping mit JPA



# Grundlegendes Beispiel in JDBC I

```
import java.sql.*;

public class BasicJDBC {

    public static void main(String[] args) {

        Connection con = null;
        Statement stmt = null;
        ResultSet rs    = null;
```

# Grundlegendes Beispiel in JDBC 2

```
try {  
  
    /** Schritt 1: JDBC-Treiber registrieren */  
    Class.forName("org.postgresql.Driver");  
  
    /** Schritt 2: Connection zum Datenbanksystem herstellen */  
    con = DriverManager.getConnection(  
        "jdbc:postgresql://localhost/azamon", "dis", "ChrisDate");  
  
    /** Schritt 3: Statement erzeugen */  
    stmt = con.createStatement();  
}
```

# Grundlegendes Beispiel in JDBC 3

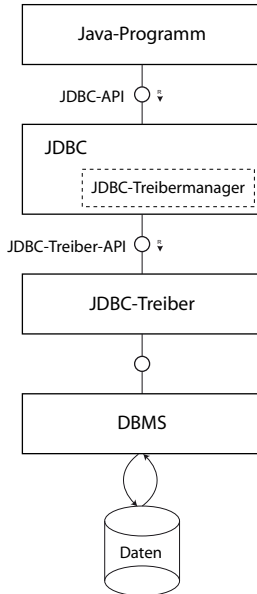
```
/** Schritt 4: Statement direkt ausführen */
rs = stmt.executeQuery("select author, title from Books");

/** Schritt 5: Ergebnis der Anfrage verwenden */
while (rs.next()) {
    System.out.println(rs.getString("author") + " "
        + rs.getString("title"));
}
} catch (Exception e) {
    System.out.println(e.getMessage());
} finally {
```

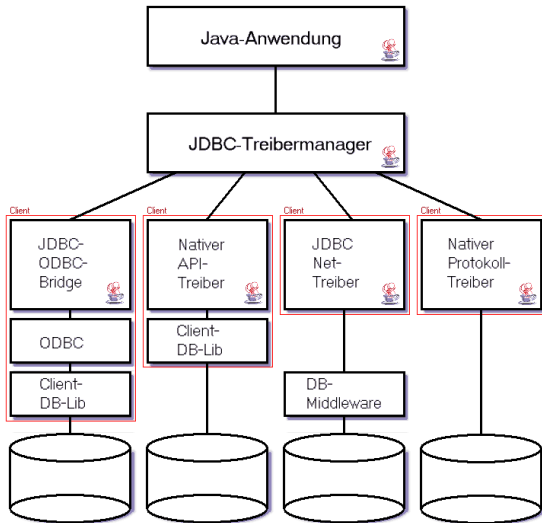
# Grundlegendes Beispiel in JDBC 4

```
/** Schritt 6: Ressourcen freigeben */
try {
    if (rs != null) rs.close();
    if (stmt != null) stmt.close();
    if (con != null) con.close();
} catch (Exception e) {
    System.out.println(e.getMessage());
}
}
}
}
```

# Architektur von JDBC



# Typen von JDBC-Treiber



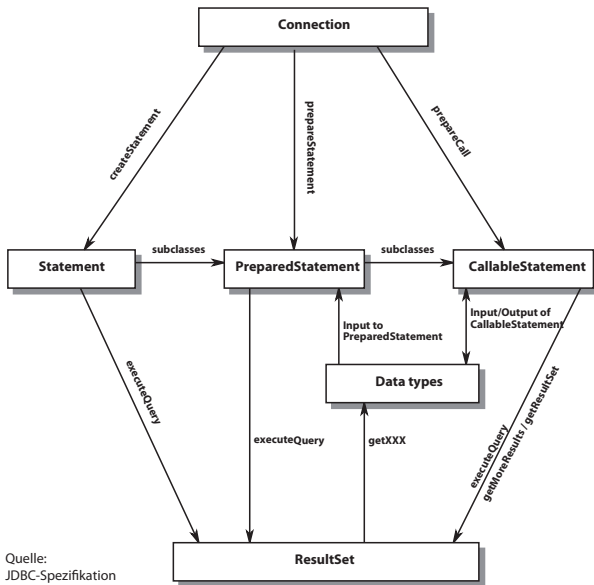
Treiber vom Typ 1

Treiber vom Typ 2

Treiber vom Typ 3

Treiber vom Typ 4

# Interfaces und Klassen von JDBC



Quelle:  
JDBC-Spezifikation

# Connection

- Connection herstellen
  - `DriverManager.getConnection(url, user, passwd)`
  - `DataSource`
- URL einer Datenquelle
  - PostgreSQL
    - `jdbc:postgresql:<Database>`
    - `jdbc:postgresql://<Host>/<Database>`
    - `jdbc:postgresql://<Host>:<Port>/<Database>`
  - MariaDB
    - `jdbc:postgresql://<Host>:<Port>/<Database>?`  
`user=<uname>&passwd=pwd`



# Statement

- `executeQuery`
- `executeUpdate`
- `execute`
- `executeBatch`

# Parametrisierte Anweisungen

```
PreparedStatement pstmt = con.prepareStatement(  
    "select author, title from Books where isbn = ?" );  
pstmt.setString( 1, "0-201-70928-7" );  
pstmt.executeQuery();
```

...

```
pstmt.setString( 1, "3-540-44008-9" );  
pstmt.executeQuery();
```

...

# Arten von ResultSets

- Art der Bewegung des Cursors
  - TYPE\_FORWARD\_ONLY
  - TYPE\_SCROLL\_INSENSITIVE
  - TYPE\_SCROLL\_SENSITIVE
- Lesender oder ändernder Cursor
  - CONCUR\_READ\_ONLY
  - CONCUR\_UPDATABLE

# Verwenden von ResultSets

- Navigieren
  - `next()`
  - `previous()`
  - `first()`
  - `last()`
  - `beforeFirst()`
  - `afterLast()`
  - `relative(int rows)`
  - `absolute(int r)`
- Werte lesen
  - `rs.getString(1)`
  - `rs.getString("author")`

# Literatur zu JDBC

- Lance Andersen: *JDBC 4.2 Specification*, Oracle Inc., 2014  
[http://download.oracle.com/otndocs/jcp/jdbc-4\\_2-mrel2-spec/index.html](http://download.oracle.com/otndocs/jcp/jdbc-4_2-mrel2-spec/index.html)
- Burkhardt Renz: *JDBC - Kurze Einführung*, Vorlesungsskript, THM 2017  
<https://esb-dev.github.io/mat/JDBCIntro.pdf>

# Übersicht

- Konzepte des Datenbankzugriffs
- JDBC
- **ADO.NET**
  - Grundlegendes Beispiel
  - Architektur von ADO.NET
  - Speicherresidente Datenbankstrukturen mit ADO.NET
- Objekt-relationales Mapping mit JPA

# Grundlegendes Beispiel 1

```
using System;
using System.Data;
using System.Data.Odbc;

public class BooksReader {

    public static void Main() {

        /** Schritt 1: Connection zum Datenbanksystem vorbereiten */
        OdbcConnection con = new OdbcConnection(
            "DSN=azamon; UID=dis; PWD=ChrisDate");
```

## Grundlegendes Beispiel 2

```
/** Schritt 2: SQL-Kommando vorbereiten */
OdbcCommand cmd = new OdbcCommand(
    "select author, title from Books", con);

/** Schritt 3: Reader vorbereiten */
OdbcDataReader reader = null;

try {
    /** Schritt 3: Connection herstellen */
    con.Open();

    /** Schritt 4: SQL-Kommando ausfuehren */
    reader = cmd.ExecuteReader();

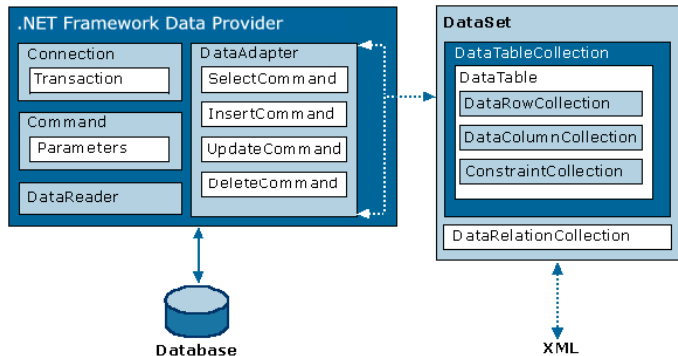
    /** Schritt 5: Ergebnis verwenden */
    while (reader.Read()) {
        Console.WriteLine(reader["author"].ToString()
            + " " + reader["title"].ToString());
    }
}
```



## Grundlegendes Beispiel 3

```
    } catch (Exception e) {  
        Console.WriteLine(e.ToString());  
    }  
  
    /** Schritt 6: Ressourcen freigeben */  
    finally {  
        if (reader != null ) reader.Close();  
        if (con.State == ConnectionState.Open) con.Close();  
    }  
}  
}
```

# Übersicht Klassen in ADO.NET



# Data Provider

- Microsoft SQL Server
- OLE DB
- ODBC
- Oracle
- Oracle Data Provider ODP.NET von Oracle

## Diskussion

Spezifische Klassen pro Provider

Provider Factory in ADO.NET 2.0

# Wichtige Klassen

- Connection
- Command
- DataReader
- DataAdapter

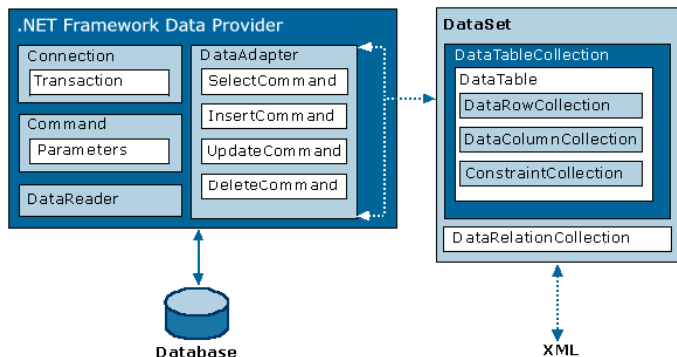
# Arten der Ausführung einer Anweisung

- `ExecuteReader`  
→ `DataReader`
- `ExecuteScalar`  
→ `Zahl`
- `ExecuteNonQuery`
- Parametrisierte Anweisungen
- Stored Procedures

# Metadaten

- Fehlermeldungen  
durch `DataException`  
Infos können an einen `MessageHandler` gebunden werden
- Indikatoren  
durch `DataReader::IsDBNull(int i)`
- Aufbau der Ergebnismenge  
durch `DataReader::GetSchemaTable` → `DataTable`

# Speicherresidente Datenbankstrukturen in ADO.NET



Wir betrachten nun den rechten Teil der Abbildung. Dazu:

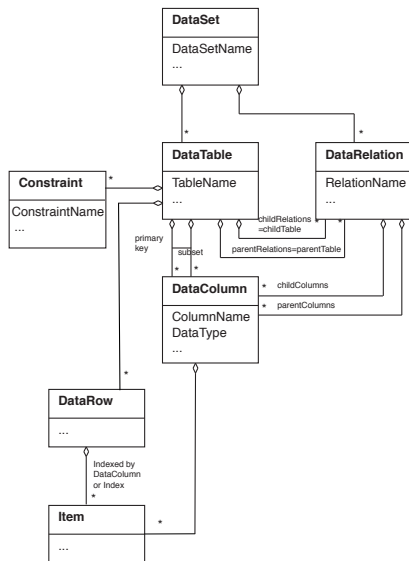
# Objektmodell einer relationalen Datenbank

Wie kann man eine relationale Datenbank als objekt-orientiertes Modell darstellen?

Diskussion



# Aufbau von DataSet



# DataSet

## Konzept

Speicherresidente Datenbank („In-memory database“)

## Klassen

- DataTable
- DataRelation
- Constraints
- DataView

# DataAdapter

## Konzept

Anbindung an Datenbank – Synchronisierung

## Klassen

- SelectCommand
- InsertCommand
- UpdateCommand
- DeleteCommand
- CommandBuilder

## Methoden

- DataAdapter::Fill
- DataAdapter::Update

# Anbindung eines DataSets an GUI

- DataGridView dient zum Anzeigen von Daten
- viele Properties, die die *Optik* beeinflussen; auch DataGridViewCellStyle
- eine Menge Events, die gefeuert werden, wenn im Grid etwas passiert, z.B. Cursorbewegung, Ändern der Daten etc. etwa Event RowChanging
- SetDataBinding verbindet das DataGridView mit DataTable, DataView oder komplettes DataSet – gesteuert über DataGridViewManager

# Übersicht

- Konzepte des Datenbankzugriffs
- JDBC
- ADO.NET
- **Objekt-relationales Mapping mit JPA**
  - Idee des ORM
  - Mapping von OO-Konzepten auf SQL-Datenstrukturen
  - Programmieren mit JPA

# Idee des ORM

## Konzeptbruch

- Werte vs. Referenztypen
- Primärschlüssel vs. Objektidentität
- Fremdschlüssel vs. Assoziationen
- Subclassing/Teilmengenbildung vs. Vererbung/Substitution

## Idee

- Klassen, die Entitätstypen sind
- Objekt solcher Klassen sollen *per se* über die Fähigkeit der Persistenz verfügen

# Grundlegendes Beispiel 1

```
import java.util.List;

import javax.persistence.EntityManager;
import javax.persistence.EntityManagerFactory;
import javax.persistence.Persistence;
import javax.persistence.Query;

public class BookReader {

    public static void main( String[] args ) {

        // create EntityManager
        EntityManagerFactory emf =
            Persistence.createEntityManagerFactory( "azamon" );
        EntityManager em = emf.createEntityManager();
```

## Grundlegendes Beispiel 2

```
// create Query
Query qry = em.createQuery( "select b from Book b" );

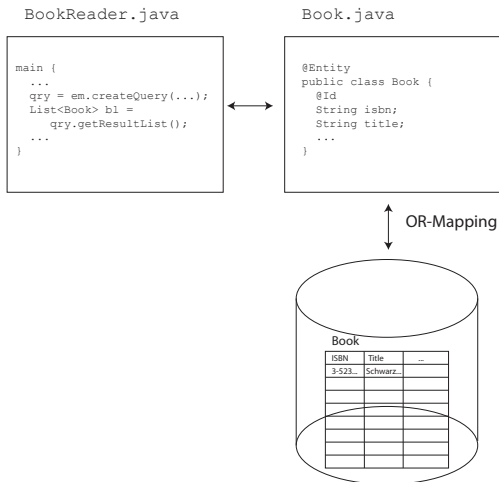
// retrieve result
List<Book> bookList = qry.getResultList();

// print result
for ( Book b: bookList ) {
    System.out.println( b.toString() );
}

// free resources
em.close();
emf.close();
}
}
```



# Konzept von JPA



# Konzept von JPA

## Was braucht man dazu?

- Zuordnung Klasse (Entitätstyp) – Tabelle  
→ Annotationen in Java
- Maschine zur Verwaltung der Korrespondenz zur Laufzeit  
→ EntityManager
- Zuordnung der Datenquelle  
→ Persistence Unit in `persistence.xml`

# persistence.xml

```
<persistence version="2.1"
    xmlns="http://xmlns.jcp.org/xml/ns/persistence"
    xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
    xsi:schemaLocation="http://xmlns.jcp.org/xml/ns/persistence
    http://xmlns.jcp.org/xml/ns/persistence/persistence_2_1.xsd">
    <persistence-unit name="azamon" transaction-type="RESOURCE_LOCAL">
        <provider>org.eclipse.persistence.jpa.PersistenceProvider</provider>
        <class>jpa.Book</class>
        <properties>
            <property name="javax.persistence.jdbc.user" value="dis"/>
            <property name="javax.persistence.jdbc.password" value="..."/>
            <property name="javax.persistence.jdbc.url"
                value="jdbc:postgresql://localhost/azamon"/>
            <property name="javax.persistence.jdbc.driver"
                value="org.postgresql.Driver"/>
        </properties>
    </persistence-unit>
</persistence>
```

# Abbildung von Klassen und Assoziationen

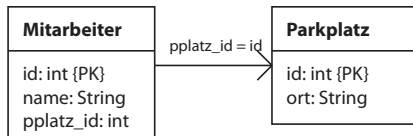
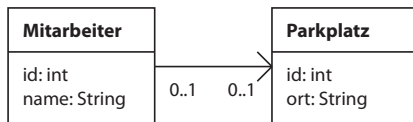
## Ansatz

- Ausgangspunkt bestehende Datenbankstruktur
- Ausgangspunkt „Objektmodell“

## Abbildung

- Klasse/Entitätstyp  $\leftrightarrow$  Tabelle
- Assoziationen  $\leftrightarrow$  Fremdschlüsselbeziehungen

# One-to-One unidirektional

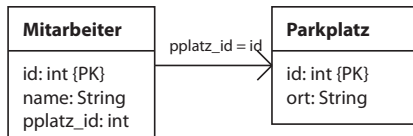
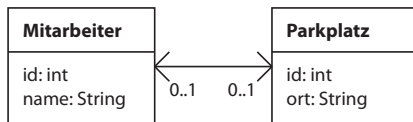


# One-to-One unidirektional

```
@Entity
public class Mitarbeiter {
    @Id private int id;
    private String name;
    @OneToOne
    @JoinColumn(name="pplatz_id")
    private Parkplatz pplatz;
    ...
}
```

```
@Entity
public class Parkplatz {
    @Id private int id;
    private String ort;
    ...
}
```

# One-to-One bidirektional



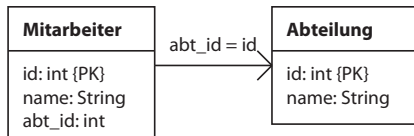
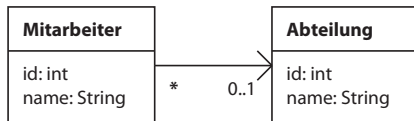
# One-to-One bidirektional

```
@Entity
public class Mitarbeiter {
    @Id private int id;
    private String name;
    @OneToOne
    @JoinColumn(name="pplatz_id")
    private Parkplatz pplatz;
    ...
}
```

```
@Entity
public class Parkplatz {
    @Id private int id;
    private String ort;
    @OneToOne(mappedBy="pplatz")
    private Mitarbeiter mitarbeiter;
    ...
}
```



# Many-to-One

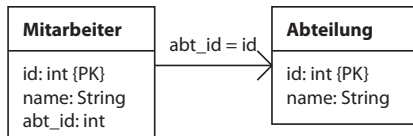
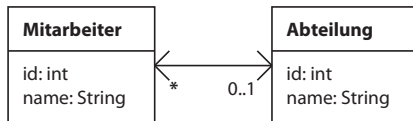


# Many-to-One

```
@Entity
public class Mitarbeiter {
    @Id private int id;
    private String name;
    @ManyToOne
    @JoinColumn(name="abt_id")
    private Abteilung abt;
    ...
}
```

```
@Entity
public class Abteilung {
    @Id private int id;
    private String name;
    ...
}
```

# One-to-Many / Many-to-One bidirektional

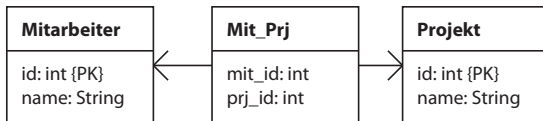
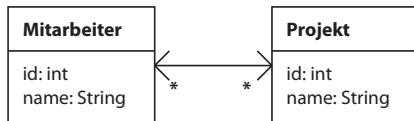


# One-to-Many

```
@Entity
public class Mitarbeiter {
    @Id private int id;
    private String name;
    @ManyToOne
    @JoinColumn(name="abt_id")
    private Abteilung abt;
    ...
}
```

```
@Entity
public class Abteilung {
    @Id private int id;
    private String name;
    @OneToMany(mappedBy="abt")
    private Collection<Mitarbeiter>
        mitarbeiter;
    ...
}
```

# Many-to-Many

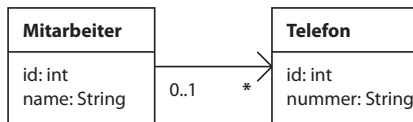


# Many-to-Many

```
@Entity
public class Mitarbeiter {
    @Id private int id;
    private String name;
    @ManyToMany [***]
    private Collection<Projekt>
        projekte;
    ...
}
[***]
@JoinTable(name="Mit_Prj",
    joinColumns=@JoinColumn(name="mit_id"),
    inverseJoinColumns=@JoinColumn(name="prj_id"))
```

```
@Entity
public class Projekt {
    @Id private int id;
    private String name;
    @ManyToMany(mappedBy="projekte")
    private Collection<Mitarbeiter>
        mitarbeiter;
    ...
}
```

# One-to-Many unidirektional



# One-to-Many unidirektional

```
@Entity
public class Mitarbeiter {
    @Id private int id;
    private String name;
    @OneToMany [***]
    private Collection<Telefon>
        telefone;
    ...
}
[***]
@JoinTable(name="Mit_Tel",
    joinColumns=@JoinColumn(name="mit_id"),
    inverseJoinColumns=@JoinColumn(name="tel_id"))
```

```
@Entity
public class Telefon {
    @Id private int id;
    private String nummer;
    ...
}
```

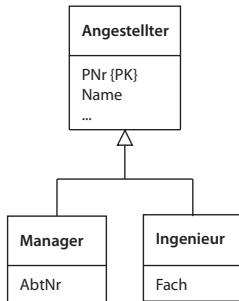


# Strategien für das Mapping von Vererbung

- Eine Tabelle für die gesamte Klassenhierarchie  
`InheritanceType.SINGLE_TABLE`
- Eine Tabelle pro konkrete Entitätsklasse  
`InheritanceType.TABLE_PER_CLASS`
- Eine Tabelle pro Klasse  
`InheritanceType.JOINED`

# Beispiel für die drei Strategien

## Beispiel



# Variante 1: Eine Tabelle für die komplette Hierarchie

InheritanceType.SINGLE\_TABLE

```
create table Angestellter(  
    pnr bigint primary key,  
    dtype varchar(31),  
    name varchar(255),  
    abtnr integer,  
    fach varchar(255)  
);
```

## Variante 2: Eine Tabelle pro konkreter Klasse

InheritanceType.TABLE\_PER\_CLASS

```
create table Angestellter(  
    pnr bigint primary key,  
    name varchar(255)  
);  
create table Manager(  
    pnr bigint primary key,  
    name varchar(255),  
    abtnr integer  
);  
create table Ingenieur(  
    pnr bigint primary key,  
    name varchar(255),  
    fach varchar(255)  
);
```

## Variante 3: Eine Tabelle pro Klasse

InheritanceType.JOINED

```
create table Angestellter(  
    pnr bigint primary key,  
    dtype varchar(31),  
    name varchar(255)  
);  
create table Manager(  
    pnr bigint primary key references Angestellter(pnr),  
    abtnr integer  
);  
create table Ingenieur(  
    pnr bigint primary key references Angestellter(pnr),  
    fach varchar(255)  
);
```

# Einsatz von JPA

- EntityManager im Kontext eines Applikationsservers  
Enterprise Java Beans EJB
- EntityManager gesteuert durch eine Anwendung  
JPA in Java SE oder  
„Application-managed“ EntityManager in JavaEE

# Persistenz-Kontext

- *Persistence Unit*: eine bestimmte Konfiguration von Entitätsklassen – Datenbank aus Sicht der Anwendung
- *Persistence Context*: die Menge der Objekte von Entitätsklassen, die der EntityManager steuert
- *Persistent Identity*: Identifikation eines persistenten Objekts – Primärschlüssel

# Lebenszyklus eines Entitätsobjekts

- *New*: neu erzeugt, noch nicht einem Persistenz-Kontext zugeordnet
- *Managed*: hat eine persistente Identität und wird in einem Persistenz-Kontext verwaltet
- *Detached*: hat eine persistente Identität, wird aber zur Zeit nicht in einem Persistenz-Kontext verwaltet
- *Removed*: hat eine persistente Identität, ist verwaltet und muss bei der nächsten Synchronisierung mit der Datenbank dort gelöscht werden.



# Wichtige Methoden

## Methoden für Entitäten

- find: erzeugt Objekt aus der Datenbank  
`Mitarbeiter m = em.find(Mitarbeiter.class, id);`
- persist: neue Objekte kommen in den Persistenz-Kontext  
`Mitarbeiter m = new Mitarbeiter(...);`  
`em.persist(m);`
- remove: markiert Objekte als zu löschend  
`Mitarbeiter m = em.find(Mitarbeiter.class, id);`  
`em.remove(m);`

# Synchronisation mit der Datenbank

## Synchronisation mit der Datenbank

- Aktionen werden kaskadierend durchgeführt
- Commit einer Transaktion
- expliziter Aufruf von `flush`

# Strategien der Synchronisation

- Optimistische Strategie  
gesteuert über einen Timestamp, Annotation `@Version`
- Pessimistische Strategie  
durch explizite Sperren via `EntityManager`, Methode `lock`

# JPQL Java Persistence Query Language

- Sprache bezieht sich auf das Objektmodell, *nicht* auf das Datenmodell des DBMS
- hat ähnlichen Aufbau wie SQL
- hat navigierende Syntax bei Assoziationen
- kann auch direkt SQL verwenden
- ...

# Einfache Abfragen mit JPQL

```
Query q = em.createQuery( "select b from Buch b" );  
List<Buch> rl = (List<Buch>) q.getResultList();
```

```
Query q = em.createQuery( "select b from Buch b where b.titel like 'A%'" );  
List<Buch> rl = (List<Buch>) q.getResultList();
```

```
Query q = em.createQuery( "select b.titel from Buch b" );  
List<String> rl = (List<String>) q.getResultList();
```

# Spezielle Return-Werte

```
Query q.em.createQuery( "select b.titel, b.jahr from Buch b" );  
List rl = q.getResultList();  
for (Iterator i = rl.iterator(); i.hasNext();) {  
    Object[] values = (Object[]) i.next();  
    ...  
}
```

```
// Definition von Klasse BuchKurz mit Titel und Jahr
```

```
...  
Query q = em.createQuery( "select new BuchKurz(b.titel, b.jahr) from Buch b" );  
List<BuchKurz> rl = (List<BuchKurz>) q.getResultList();  
...
```

# Assoziationen verwenden

Gegeben Buch mit einer Many-To-One-Assoziation zu Verlag

```
// Alle Buecher vom Springer-Verlag
... select b from Buch b where b.verlag.name = 'Springer' ...

// Alle Buecher vom Springer-verlag oder ohne Verlagsangabe
... select b from Buch b where b.verlag.name = 'Springer'
                                or b.verlag is null ....

// Alle Verlage, die ein Buch mit 'SQL' im Titel verlegt haben
... select v from Verlag v, in(v.buch) b where b.titel like '%SQL%' ...
```

# Fetch Joins

Gegeben wieder Buch mit einer Many-To-One-Assoziation zu Verlag.

Uns interessieren die Bücher zu einem Verlag

```
// Alle Buecher vom Springer-Verlag (prefetched)
... select v from Verlag v join fetch v.buch where v.name = 'Springer' ...
```



## Benannte Abfragen (*named queries*)

```
// in der Klasse Buch
@NamedQuery(
    name="findBuchByTitel",
    queryString="select b from Buch b where b.titel = :titel"
)

// Verwendung
...
Query q = em.createNamedQuery( "findBuchByTitel" );
q.setParameter( "titel", "Schwarzrock" );
List<Buch> = (List<Buch>)q.getResultList();
...
```

# Parametrisierte Abfragen

```
...  
Query q = em.createQuery( "select b from Buch b  
                           where titel like ?1 and jahr = ?2 ");  
q.setParameter(1, "%SQL%");  
q.setParameter(2, 2008);  
...
```

# SQL selbst verwenden

```
...  
Query q = em.createNativeQuery(  
    "select * from Buch where jahr between 1900 and 2000", Buch.class)  
List<Buch> rl = q.getResultList();  
...
```

# JPA Criteria API

- JPA Query Language basiert (wie SQL) auf String-Repräsentationen der Anfragen
- In JPA 2.1 gibt es die Criteria API, in dem Anfragen als Objekt-Graph repräsentiert werden können.
- Setzt ein Metamodell der Datenquelle voraus

## Beispiel

```
CriteriaBuilder cb = ...  
CriteriaQuery<Customer> q = cb.createQuery(Customer.class);  
Root<Customer> customer = q.from(Customer.class);  
q.select(customer);
```

Entspricht „select c from Customer c“