MASTER
PROGRAMM
MEDIEN
LEIPZIG

Web-Programmierung mit PHP und MySQL

Sebastian Tramp
Januar 2012

Vielen Dank an Andreas Thor und Sören Auer für die Überlassung der Folien

Inhaltsverzeichnis

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

- Dynamische Webseiten
- Entwicklung von PHP
- PHP an Beispielen
- Anbindung an MySQL

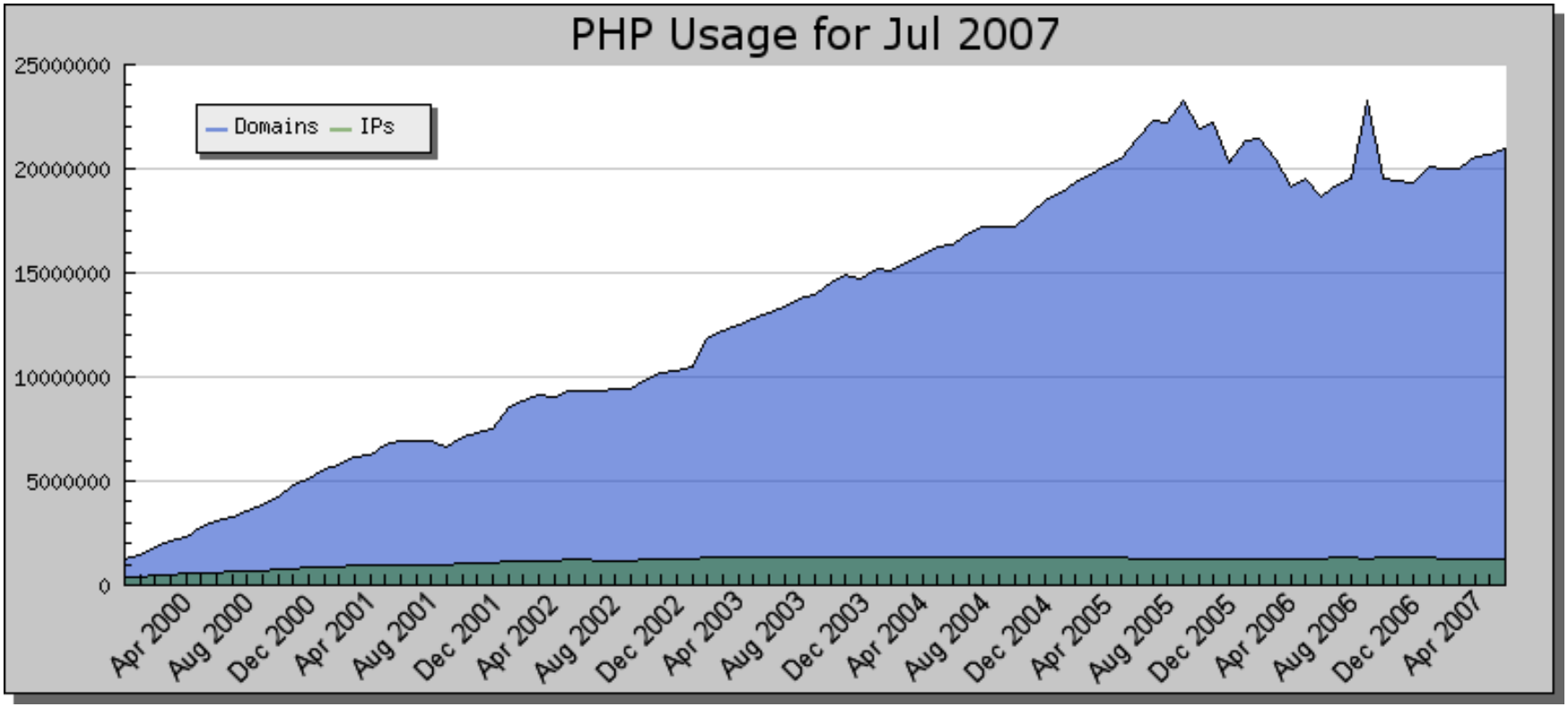
- Theoretische Grundlagen von relationalen Datenbanken
- Erstellung einer Datenbank am Beispiel
- Grundlagen von SQL
- Datenbanken in der Praxis

PHP

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

- Personal Homepage Tools, Rasmus Lerdorf
- Erste Version 1994
  - CGI Tools
  - keine Scriptsprache
- PHP/FI 1996
  - Scriptsprache, Anbindung an Datenbanken
- PHP Version 3 1998
  - Open Source, Suraski, Gutmans
- PHP Version 4 2000
  - Redesign, Zend
- PHP Version 5 2004
  - Exceptions, Reflections API, Namespaces, Performance

Verbreitung



Eine der verbreitesten Web-Scripting-Umgebungen
U.a. verwendet für Wikipedia, Yahoo, Facebook, ...

Dynamische Webseiten

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

Programm erzeugt HTML

```
public class myServlet
  extends HttpServlet {

  protected void doGet(...) {
      response.setContentType(
     "text/html");
   java.io.PrintWriter out =
     response.getWriter();
   out.println("<HTML>“);
   ...
   out.println(“Hallo");
   out.println("</HTML>“);
  }

}
```

HTML enthält Programm

```
<HTML>
...
<?php
  echo “Hallo";
?>
</HTML>
```

verschiedene Implementierungen:
PHP (C-ähnlich)
JSP (JAVA)
ASP (Visual Basic (und andere)
usw.

Einbetten von Code

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

```
<html>
...
<?php                                   // XML-Stil
  echo “Hallo";
?>

<?                                      /* SGML (PI) Stil */
  echo “Hallo";
?>

<%                                      # ASP Stil
echo “Hallo";
%>

<script language=“php“>                 // „korrektes“ HTML
echo “Hallo";
</script>
</html>
```

Einschub: Programmierung

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

- Lösung eines (Anwendungs-) Problems durch Computer
- Formulierung des Problems in für Computer verständlicher Form
- Hier: Algorithmen, d.h. Beschreibung der Lösung durch Abfolge von einzelnen Schritten

Algorithmus

<Schritt 1>
<Schritt 2>
<Schritt 3>
usw.
Folge von Anweisungen, Beispiel:
echo “Hallo“;

Beispiel: Lösung(en) von ax**2+bx+c=0

Berechne b**2-4ac
Berechne Lösung 1
Berechne Lösung 2

Problem: Ergebnis aus Schritt 1 wird später gebraucht
→Muss „gemerkt“ werden, wie ? --> Variable

Variable = Platz (im Hauptspeicher) zur Speicherung von (Zwischen-) Ergebnissen

Variablen

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

```
<?php

  $i = 0;              // Variablen werden nicht deklariert
  echo $i;                        // Name beginnt mit $
  $i= “Hallo";                    // Datentyp implizit (Zuweisung)
  $i= ‘Hallo‘;                    // String durch ‘ oder “ terminiert
  $i=0.3E-4;                      // Integer, Fließkomma, String,
  $i=true;                        // Boolean
  $i=5;                           // Ganzzahl
  $j=2*$i;                        // j==10
  $j=$j+1;                        // j==11

?>
```

Soll ich oder soll ich nicht ...

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

Berechne Preis = preis1 + preis2 + ...
Berechne Versandkosten (5€ pro Paket, 0€ wenn Preis > 50€

Fallunterscheidungen (Verzweigungen)

Wenn ($Preis >= 50) dann $Versand ist 0€

Sonst $Versand ist 5€

In PHP

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

```
<?php
	$preis1 = 10;				// Initialisierung
	$preis2 = 30;
	$preis3 = 5;

	$gesamt = $preis1 + $preis2 + $preis3; // Berechne Gesamt

	if ($gesamt >= 50) {			// Blöcke durch {}
		$Versand = 0;
	} else {
		$Versand = 5;
	}
?>
```

Oops, I did it again....

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

Wiederholungen:
<Schritt A>
<Schritt B>
<Schritt A>
<Schritt B>
<Schritt A>
<Schritt B>
<Schritt A>
<Schritt B>
<Schritt A>
<Schritt B>
.....

Besser:
Solange (Bedingung erfuellt)
    <Schritt A>
    <Schritt B>

```
$i=0;
while ($i < 10) {
   echo $i;
   $i = $i + 1;
}                                          // Zahlen von 0 bis 9, langweilig

$i=0;
while ($1 < 10) {
   echo “PHP ist toll“;
   $i = $i + 1;
}                                          // besser

$zahl=4711; $i=2; $istPrim=true;
while ($i < $zahl) {
       if (($zahl % $i) == 0) {                  // % ist modulo-Division
             $istPrim =false;
             $i = $i + 1;
       }
}                                          // viel besser
```

Viele Daten ...

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

Berechnung des Notendurchschnitts (Klausur)

```
$Note1=1.0;
$Note2=1.8;
$Note3=2.7;
...
$Note24=3.0;
$Durchschnitt=( $Note1 + $Note2 + ... + $Note24) / 24
```

→Quatsch

Mathematik: Vektor --- Programmiersprache: Array

```
$Noten=array(1.0, 1.8, 2.7);
$Durchschnitt = 0.0;
$i=0;
while ($i < count($Noten) ) {
   $Durchschnitt = $Durchschnitt + $Noten[i];
   $i = $i + 1;
}
$Durchschnitt = $Durchschnitt / $Anzahl;
```

Kontrollstrukturen

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

```
if (1 == 1)                                    // Syntax wie in JAVA
//Schleifen: for, while, do ... while, foreach
$namen = array(“max“,“hugo“,“gerd“);

for ( $i=0; $i<count($namen); $i++) {
        echo $namen[$i];
        while ($i < 10) {
             echo $i;
             $i++;
        }
}

// Durchlaufen von Arrays
foreach($namen as $name) {
        echo $name;
}
```

Funktionen

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

Warum alles selbst programmieren?
Mehrfach gebrauchte Funktionalitäten werden als „Funktion“ zur Verfügung gestellt, Beispiel Datum:

```
<?php
        $datum = getdate();
        echo $datum[“year“];      // assoziatives Array
?>
```

Eine Funktion liefert (meistens) einen Wert zurück,
Kann Parameter haben (in Klammern, () wenn keine)
Kann man auch selbst schreiben:

```
function sagHallo() {
   echo “Hallo“;
}
```

Funktionen

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

```
/*
 * Berechnet den Durchschnitt einess arrays von Noten
 */
function durchschnitt( array $Noten ) {
	$Summe = 0; $i=0;
	while ($i < count($Noten) ) {
		$Summe = $Summe + $Noten[$i];
		$i = $i + 1;
	}
	return $Summe / count($Noten);
}

// Benutzung der neuen Funktion
$Noten = array(1.0, 1.8, 2.7);
echo 'Durchschnitt der Noten ist ' . durchschnitt($Noten);
```

Variablenfunktionen

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

Wie andere Scriptsprachen auch ist PHP ziemlich flexibel, ein Beispiel:

```
<?php
function minus($i) {
	return $i-1;
}

function plus($i) {
	return $i+1;
}

$op = “plus“;
echo $op(3);
?>
```

Ein Beispiel

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

```
<html>
<head><title>Ein Beispiel</title></head>
<body>
<?php
for($i=0; $i<10; $i++)
            echo "Hello world<br>";
?>
</body>
</html>
```

HTML-Formulare

```
<html>
<body>
<form action="DoHelloForm.php" method="post">
Wie oft ? <input type="text" name="WieOft">
<input type="submit">
</form>
</body>
</html>
```

DoHelloForm.php

```
<html>
<body>
<?
for($i=0;$i<$WieOft;$i++)  // $WieOft enthält Eingabe
            echo "Hello world<br>";
?>
</body>
</html>
```

All in one

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

```
<html>
<body>
<?
if (isset($WieOft)) {
  for($i=0;$i<$WieOft;$i++)
    echo "Hello world<br>";
}
else {
  ?>
    <form action="CompactHelloForm.php" method="post">
    Wie oft ? <input type="text" name="WieOft">
    <input type="submit">
    </form>
  <?
}
?>
</body>
</html>
```

Objektorientierte Programmierung

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

- Klassen
  - Kapselung von Datenstrukturen und
  - Kombination mit Funktionen (Methoden)

```
<?php
class SimpleClass
{
    // Deklaration einer Eigenschaft
    public $var = 'ein Standardwert';
    // Deklaration einer Methode
    public function displayVar() {
        echo $this->var;
    }
}

$object = new SimpleClass();
$object->displayVar();
?>
```

Datenbankdefinition
(nach Wikipedia)

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

„Ein Datenbanksystem (DBS) ist ein System zur elektronischen Datenverwaltung. Die wesentliche Aufgabe eines DBS ist es, große Datenmengen **effizient, widerspruchsfrei und dauerhaft** zu speichern und benötigte Teilmengen in **unterschiedlichen, bedarfsgerechten Darstellungsformen** für Benutzer und Anwendungsprogramme bereitzustellen.“

„Ein DBS besteht aus zwei Teilen: der Verwaltungssoftware, genannt **Datenbankmanagementsystem (DBMS)** und der Menge der zu verwaltenden Daten, **der eigentlichen Datenbank (DB)**. Die Verwaltungssoftware organisiert intern die strukturierte **Speicherung** der Daten und kontrolliert alle lesenden und schreibenden **Zugriffe** auf die Datenbank. Zur Abfrage und Verwaltung der Daten bietet ein Datenbanksystem eine **Datenbanksprache** an.“

Aufgaben / Eigenschaften eines DBS

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

Generell: effiziente und flexible Verwaltung großer Mengen persistenter Daten (z. B. GBytes - T Bytes)

1. Zentrale Kontrolle über die operationalen Daten
2. Hoher Grad an Datenunabhängigkeit
3. Hohe Leistung und Skalierbarkeit
4. Mächtige Datenmodelle und Anfragesprachen / leichte Handhabbarkeit
5. Transaktionskonzept (ACID), Datenkontrolle
6. Ständige Betriebsbereitschaft (hohe Verfügbarkeit und Fehlertoleranz)

Quelle: Vorlesungsskript DBS1 (Prof. Rahm, Univ. Leipzig)

Relationales Datenmodell

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

- Relationale Datenbanken wichtigster DB-Typ
  - andere Typen: objekt-orientiert, XML, objekt-relational, ...
- Intuition: „Relationale Datenbanken bestehen aus Tabellen, in denen Daten gespeichert sind. Die Tabellen stehen in Beziehungen zueinander, d. h. manche Felder (Tabellenspalten) sind Verweise auf Felder in anderen Tabellen.“

Relationales Datenmodell (2)

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

- Datenstruktur: Relation (Tabelle)
  - jede Zeile (Tupel) is eindeutig und beschreibt ein „Objekt“
  - alle Informationen (ausschließlich) durch atomare Werte dargestellt
  - Ordnung der Zeilen und Spalten unerheblich
- Darstellung von Beziehungen durch Fremdschlüssel
  - Attribut, das in Bezug auf Primärschlüssel einer anderen (oder derselben) Relation definiert ist -> „Verweis“
- Operatoren auf (mehreren) Relationen
  - Vereinigung, Differenz
  - Kartesisches Produkt (Kombination der Datensätze)
  - Projektion (Auswahl von Attributen)
  - Selektion (Filterung von Datensätzen)
  - Änderungsoperationen: Einfügen, Löschen, Ändern

Relationale Datenbanken: wichtige Begriffe

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

Begriff	Bedeutung
Relation	Tabelle
Tupel	Eine Zeile einer Tabelle
Kardinalität	Anzahl der Zeilen einer Tabelle
Attribut	Eine Spalte (Feld) einer Tabelle
Grad	Anzahl der Spalten einer Tabelle
Primärschlüssel	Eindeutiger Bezeichner einer Zeile (Attribut oder Attribut-Kombination), Bsp: Matrikelnr.
Fremdschlüssel	in einer Tabelle verwendetes Attribut(-komb.), das auf eine andere Tabelle verweist und dort ein Primärschlüssel ist
NULL	undefinierter Attributwert („unbekannt“) (für PS nicht möglich, bei anderen möglich)

DB-Beispiel: Entwurf (1)

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

Allgemein: Datenbankerstellung setzt konzeptionellen Entwurf einer „Mini-Welt“ (Ausschnitt der Realwelt) voraus

- Modellierung z.B. mittels ER oder UML
- Definition der Entitäten („Objekte“) und Relationen („Beziehungen“) und ihren Eigenschaften („Attribute“)

Das Prinzip einer Relationalen Datenbank wird am Aufbau einer einfachen Bestellungsdatenbank für einen EDV-Zubebörhändler erläutert.

Schritt 1: Datenerfassung – welche Daten sind für jeden Bestellvorgang erforderlich?

- Kundendaten: Name, Vorname, Adresse, Telefon, Email
- Artikeldaten: Kurzbezeichnung, Beschreibung, Preis
- Bestelldaten: Anzahl, Datum, Lieferstatus

DB-Beispiel: Entwurf (2)

Schritt 2: Erster Entwurf mit einer Tabelle bestehend aus 13 Spalten

Name	Vorname	Straße	PLZ	Ort	Tel	Email	>>
Artikel-bezeichnung	Beschreibung	Preis	Anzahl	Bestelldatum	Lieferstatus		

Nachteile des Entwurfs:

- Mehrfache Speicherung von Kunden- und Artikeldaten
- Änderungsprobleme: Bei Änderungen in Kunden- und Artikeldaten müssen viele Datensätze geändert werden – Gefahr von Inkonsistenz

DB-Beispiel: Entwurf (3)

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

Schritt 3: Normalisierung (Datenredundanz vermeiden):
Aus einer Tabelle werden 3 gemacht

- Tabelle 'Kunden' mit Informationen über die Kunden
- Tabelle 'Artikel' mit der Beschreibung der Waren
- Tabelle 'Bestellungen'

Kunde

ID	Name	Vorname	Straße	PLZ	Ort	Tel	email

Artikel

ID	Hersteller	Bezeichnung	Preis	Beschreibung	Lieferfrist

Bestellung

ID	Kunden_id	Artikel_id	Anzahl	Datum	Status

DB-Beispiel: Beispielausprägung

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

Kunde

ID	Name	Vorname	Straße	PLZ	Ort	Tel	email
11	Maier	Ulrich	Rosenweg 23	70599	Stuttgart	0711- 456 896	Umaier@gmx.com
12	Braun	Martina	Gartenstr. 12	70794	Filderstadt	0711 – 705661	m.braun@web.de

Artikel

ID	Hersteller	Bezeichnung	Preis	Beschreibung	Lieferfrist
21	**HP**	**HP CX-895**	**2100**	**Tintenstrahl-Farbdrucker**	**3 Tage**
22	**Canon**	**BJ 1200 C**	**3400**	**Tintenstrahl- Farbdrucker**	**7 Tage**

Bestellung

ID	Kunden_id	Artikel_id	Anzahl	Datum	Status
31	**11**	**22**	**5**	**22.06.2001**	**Erledigt**
32	**12**	**21**	**1**	**04.01.2002**	**In Bearbeitung**

DB-Beispiel: Beziehungen

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

Beziehungen zwischen den Tabellen

- Konzeptionell: Ein Kunde kann mehrere Artikel bestellen; ein Artikel von mehreren Kunden bestellt werden →N:M-Beziehung
- DB-Realisierung mit „Hilfstabelle“ Bestellung
  - Kunde : Bestellung → 1:N Beziehung (realisiert durch FS)
  - Artikel : Bestellung → 1:N Beziehung

Primär- und Fremdschlüssel im Beispiel

- Die Spalte ID ist ein Primärschlüssel in jeder Tabelle. Sie dient der eindeutigen Identifizierung eines Datensatzes.
- Die Spalten Kunden_id und Artikel_id in der Tabelle 'Bestellungen' sind Sekundär- oder Fremdschlüssel. Sie stellen die Verknüpfung zu den Tabellen 'Kunden' und 'Artikel' her.

Die Abfragesprache SQL

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

- SQL = standardisierte Datenbank-Sprache für relationale Datenbanken
- Von SQL unterstützte Operationen (Auswahl)
  - Datenmanipulation
    - SELECT: Abfragen von Datensätzen
    - INSERT: Einfügen von Datensätzen
    - UPDATE: Verändern von Datensätzen
    - DELETE: Löschen von Datensätzen
  - Datendefinition
    - CREATE TABLE: Erstellen von Tabellen (Relationen)
    - ALTER TABLE: Verändern von Tabellen
  - Datenkontrolle
    - Contraints wie z.B. PRIMARY KEY: Sicherung von Integritätsbedingungen
    - GRANT, REVOKE: Management von DB-Nutzer-Rechten

SQL-SELECT

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

- Deskriptive Anfrage, d.h. Beschreibung der gesuchten Ergebnismenge und nicht der Vorgehensweise, wie Ergebnismenge erstellt wird
  - Alle Kunden deren Name mit „A“ beginnt
- Vereinfachte Syntax nach MySQL (http://dev.mysql.com/doc/refman/5.1/de/select.html)

```
SELECT [DISTINCT] select_expr, ...
  [FROM table_references
  [WHERE where_condition]
  [GROUP BY {col_name | expr | position} [ASC | DESC], ...]
  [HAVING where_condition]
  [ORDER BY {col_name | expr | position} [ASC | DESC], ...]
  [LIMIT {[offset,] row_count | row_count OFFSET offset}]
```

Interpretation

- SELECT: Welche Attribute (Werte) sollen ausgegeben werden?
- FROM: Welche Tabellen werden verwendet?
- WHERE: Welche Bedingungen müssen die Datensätze erfüllen?
  - Beziehungen zwischen Tabellen (Fremdschlüssel) auch als Bedingung formulierbar (Tab1.PS = Tab2.FS)
- ORDER BY: Angabe der Sortierung
- LIMIT: Begrenzung des Ergebnisses (z.B. nur 100 Datensätze)

SQL-SELECT: Beispielanfragen

Kunde

ID	Name	Vorname	Straße	PLZ	Ort	Tel	email
11	Maier	Ulrich	Rosenweg 23	70599	Stuttgart	0711- 456 896	Umaier@gmx.com
12	Braun	Martina	Gartenstr. 12	70794	Filderstadt	0711 – 705661	m.braun@web.de

```
SELECT Name
FROM Kunde
```

Name
Maier
Braun

```
SELECT Name, Vorname
FROM Kunde
```

Name	Vorname
Maier	Ulrich
Braun	Martina

```
SELECT Name
FROM Kunde
WHERE ID = 11
```

Name
Maier

```
SELECT Name
FROM Kunde
WHERE Name LIKE ‘A%’
```

Name

SQL-SELECT: Beispielanfragen (Join)

Kunde

ID	Name	Vorname	Straße	PLZ	Ort	Tel	email
11	Maier	Ulrich	Rosenweg 23	70599	Stuttgart	0711- 456 896	Umaier@gmx.com
12	Braun	Martina	Gartenstr. 12	70794	Filderstadt	0711 – 705661	m.braun@web.de

Bestellung

ID	Kunden_id	Artikel_id	Anzahl	Datum	Status
31	**11**	**22**	**5**	**22.06.2001**	**Erledigt**
32	**12**	**21**	**1**	**04.01.2002**	**In Bearbeitung**

```
SELECT Kunde.Name, Bestellung.Datum
FROM Kunde, Bestellung
WHERE Kunde.ID = Bestellung.Kunden_ID
```

Kunde.Name	Bestellung.Datum
Maier	**22.06.2001**
Braun	**04.01.2002**

```
SELECT Kunde.Name, Bestellung.Datum
FROM Kunde, Bestellung
WHERE Kunde.ID = Bestellung.Kunden_ID
AND Status = “Erledigt”
```

Kunde.Name	Bestellung.Datum
Maier	**22.06.2001**

SQL-SELECT: Beispielanfragen (Aggregation)

Bestellung

ID	Kunden_id	Artikel_id	Anzahl	Datum	Status
31	**11**	**22**	**5**	**22.06.2001**	**Erledigt**
32	**12**	**21**	**1**	**04.01.2002**	**In Bearbeitung**
32	**12**	**22**	**2**	**07.06.2003**	**Erledigt**

```
SELECT COUNT(ID)
FROM Bestellung
```

Count(Id)
3

```
SELECT Artikel_Id, SUM(Anzahl)
FROM Bestellung
GROUP BY Artikel_Id
ORDER BY Artikel_Id
```

Artikel_id	Sum(Anzahl)
21	1
22	7

MySQL

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

- **MySQL** ist ein Datenbank Management System für relationale Datenbanken.
  - in kompilierter Form und auch als Source-Code frei verfügbar
  - läuft auf verschiedenen OS (Windows, Linux, UNIX, ...)
  - Installation und Administration sind relativ einfach
- Programmierschnittstellen zu wichtigsten Programmiersprachen, u.a. Java, C++, PHP, Perl
- Unterstützt grundlegene Sicherheitsmerkmale
  - Nutzer (authentifiziert durch Name und Passwort) haben definierte Rechte an DB-Objekten und können Rechte weitergeben
  - DB-Objekte: Datenbank, Tabelle, Attribut, Nutzer, ...
  - Rechte: Lesen, Verändern, Löschen, ...

PhpMyAdmin: Admintool für MySQL

- PhpMyAdmin ist ein in PHP programmiertes Administrationstool für MySQL.
- Mit PhpMyAdmin kann man alle wichtigen Arbeitsgänge durchführen:
  - Datenbanken und Tabellen erstellen und modifizieren
  - Datensätze eingeben, modifizieren und auswählen
  - Rechteverwaltung
  - ...
- XAMPP = komplette Serversoftware mit MySQL (inkl. phpMyAdmin), Apache, PHP und Perl
  - http://www.apachefriends.org/xampp.html

Tabellendefinition

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

- Definition mit CREATE TABLE-Statement
  - Tabellenname und Schema
- Angabe der Attribute mit
  - Namen
  - Datentyp
    - numerisch (INTEGER, TINYINT, FLOAT, ...)
    - String (VARCHAR, TEXT, BLOB, ...)
    - Datum/Zeit (DATE, TIME, DATETIME, ...)
  - Constraints
    - PRIMARY KEY, FOREIGN KEY
    - Wertebereichseinschränkungen (z.B. 0 <= Alter <= 120)
    - Index
- Technische Angaben
  - z.B. StorageEngine (MyISAM, InnoDB, ...)

Tabellenindizes

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

- Indizes können für eine oder mehrere Tabellenspalten angelegt werden.
- Indizes sind sinnvoll bei Spalten, die oft als Suchkriterium benutzt werden.
- Sie beschleunigen Suchabfragen.
- Indizes benötigen Speicherplatz und verlangsamen das Einfügen von neuen Datensätzen.

DB-Anbindung an Programmiersprachen

MASTER PROGRAMM MEDIEN LEIPZIG

- Open DataBase Connectivity (ODBC) = standardisierte Datenbankschnittstelle mit Anfragesprache SQL
- ODBC hat Programmierschnittstellen (APIs) für verschiedene Sprachen, u.a., Java, Visual Basic, C++
- Ermöglicht Absetzen von Datenbankabfragen aus einem Programm

- Kernproblem bei SQL-Einbettung in konventionelle Programmier-sprachen: Abbildung von Tupelmengen auf die Variablen der Programmiersprache (Impedance Mismatch)
- Lösungsansatz: Cursor-Konzept
  - satzweise Abarbeitung von DBS-Ergebnismengen
- Unterstützung durch Objekt-Relationale Frameworks
  - Beispiel: Hibernate