

Inhaltsverzeichnis

1	Was ist PostgreSQL?	21
1.1	Name und Schreibweise	21
1.2	Geschichte	22
1.3	Community	22
2	Installation	25
2.1	Unter Unix-artigen Systemen	25
2.1.1	SUSE Linux, openSUSE	26
2.1.2	Red Hat Linux, Fedora, CentOS	27
2.1.3	Debian GNU/Linux, Ubuntu	28
2.1.4	Mac OS X	29
2.2	Unter Microsoft Windows	30
2.2.1	Installation	30
2.2.2	Installation unter Microsoft Windows Vista	34
2.2.3	Probleme bei der Installation	34
2.2.4	Installation restlos löschen	35
2.3	Aus den Sourcen	36
2.3.1	Download und Auspacken der Sourcen	36
2.3.2	Konfigurieren und Kompilieren	37
2.3.3	Temporäre Installation für ein Update	40
2.3.4	Datenbank initialisieren	41
2.3.5	Datenbank starten	41
2.3.6	Eine eigene Datenbank erstellen	41
2.4	Contrib-Module installieren	42

3	Konfiguration	45
3.1	Aufbau der Datei postgresql.conf	46
3.1.1	Konfigurationsdateien finden	47
3.2	Parameter auslesen oder setzen	48
3.2.1	Parameter auslesen	48
3.2.2	Parameter ändern	49
3.2.3	Parameter zurücksetzen	49
3.3	Verbindungseinstellungen	49
3.4	Verschlüsselung	52
3.5	Systemressourcen	53
3.6	Transaktionslog (Write Ahead Log)	57
3.7	Archivierung	59
3.8	Der Planer	61
3.9	Logging	63
3.10	Voreinstellungen für den Client	71
4	Benutzerverwaltung und -authentifizierung	77
4.1	Benutzer – Gruppen – Rollen	77
4.1.1	Rollen anlegen	78
4.1.2	Passwort setzen	78
4.1.3	Verbindungslimit pro Rolle	79
4.1.4	Erweiterte Rechte	79
4.1.5	Gruppen zusammenfassen	80
4.2	Zugriffsrechte: GRANT und REVOKE	80
4.2.1	Zugriffsrechte vergeben	80
4.2.2	Eigentümer eines Objekts	82
4.2.3	Zugriffsrechte entfernen	83
4.2.4	Zugriffsrechte anzeigen	83
4.2.5	Spaltenbasierte Zugriffsrechte	85
4.2.6	Zeilenbasierte Zugriffsrechte	86
4.3	pg_hba.conf	88
4.3.1	Erste Spalte: Typ	88
4.3.2	Zweite Spalte: Name der Datenbank	89
4.3.3	Dritte Spalte: Benutzername	90

4.3.4	Vierte Spalte: Netzwerkadresse	90
4.3.5	Fünfte Spalte: Authentifizierungsmethode	91
4.3.6	Sechste Spalte: Optionen	93
4.4	pg_ident.conf	93
4.4.1	sameuser	93
4.4.2	Eigenes Mapping erstellen	94
5	Programme und Anwendungen	95
5.1	psql	95
5.1.1	Verbindungsparameter angeben	96
5.1.2	Ein- und Ausgabe steuern	97
5.1.3	Den Eingabeprompt konfigurieren	99
5.2	pgAdminIII	101
5.2.1	Installation	101
5.2.2	Nutzung	101
5.2.3	Features	103
5.3	phpPgAdmin	104
5.3.1	Installation	104
5.3.2	Konfiguration der Datenbank	104
5.4	OpenOffice	105
5.4.1	Installation des Treibers	105
5.4.2	Erstellen einer Datenbankverbindung	106
5.5	ODBC	108
5.5.1	Installation des Treibers	109
5.5.2	Anmelden einer Datenbankverbindung	109
5.6	Nagios	111
5.6.1	Überwachen des TCP-Ports	111
5.6.2	Nagios Plugin check_psql	113
5.6.3	check_postgres.pl	114
5.7	PGDoc	115
5.7.1	Installation	115
5.7.2	Anwendung	116
5.7.3	Erscheinungsbild der Ausgabe anpassen	116
5.8	Apache	116

5.8.1	Apache::DBI	116
5.8.2	mod_auth_pgsql	118
5.9	EMS SQL Management Studio for PostgreSQL	119
6	Datentypen	121
6.1	Numerische Datentypen	121
6.2	Texte	128
6.3	Binäre Daten	130
6.4	Datum und Uhrzeit	132
6.5	Datentyp BOOLEAN	137
6.6	Enumerations – Aufzählungen	138
6.7	Netzwerk- und IP-Adressen speichern	141
6.8	Datentyp MONEY	144
6.9	Bit-Datentypen	145
6.10	XML – Interoperabilität gewährleisten	147
6.11	Sequenzen	153
6.11.1	Was sind Sequenzen?	153
6.11.2	Sequenzen erzeugen und löschen	153
6.11.3	Eindeutige IDs für mehrere Tabellen	155
6.11.4	Den Namen einer automatisch erzeugten Sequenz herausfinden	156
6.11.5	Die letzte generierte ID herausfinden	156
6.11.6	Rückwärts zählende Sequenz	157
6.11.7	Andere Schrittweiten als +1	158
6.11.8	Sequenz zurücksetzen	158
6.11.9	Ergebnisse nummerieren	159
6.11.10	„Löcher“ in einer Sequenz vermeiden	160
6.12	Object Identifier Datentyp – OID	161
6.12.1	Nutzung von OIDs	162
6.12.2	Nutzung in Tabellen und Funktionen	164
6.13	Arrays	166
6.13.1	Arrays in Tabellen verwenden	166
6.13.2	Arrayinhalte abfragen und vergleichen	168
6.13.3	Arrayinhalte ändern	169

6.13.4	Arrayinhalte löschen	170
6.13.5	Funktionen für Arrays	171
6.14	Zusammengesetzte Typen	175
6.14.1	Nutzung zusammengesetzter Typen	177
6.14.2	Pseudodatentypen	178
6.14.3	Weitere Datentypen	179
6.15	Datentypen selbst definieren	179
6.16	Operatoren	180
6.16.1	Einen Operator erstellen	180
6.16.2	Operatoren ändern oder löschen	181
6.17	Casts	181
6.17.1	Einen CAST erstellen	182
6.17.2	CAST löschen	183
6.17.3	Änderungen in PostgreSQL 8.3	183
7	Erweiterungen	185
7.1	Locking-Modi	185
7.1.1	Lock-Level	187
7.1.2	Deadlocks	188
7.1.3	Advisory Locks	189
7.2	Indizes	192
7.2.1	Indextypen in PostgreSQL	192
7.2.2	Doppelte Einträge verhindern	195
7.2.3	Einen Index im laufenden Betrieb anlegen	196
7.2.4	Index über mehrere Spalten legen	197
7.2.5	Sortierreihenfolge für einen Index angeben	198
7.2.6	Einen partiellen Index anlegen	199
7.2.7	Einen funktionalen Index anlegen	200
7.2.8	Einen anderen Tablespace für den Index nutzen	202
7.2.9	Füllfaktor für einen Index angeben	202
7.2.10	Einen Index löschen	203
7.2.11	Nicht verwendete Indizes finden	204
7.2.12	Einen Index neu aufbauen	204
7.2.13	Zeilen umgruppieren	205

7.3	Tablespaces	206
7.3.1	Einen Tablespace erstellen	207
7.3.2	Eigentümer eines Tablespace setzen	208
7.3.3	Tablespace umbenennen	208
7.3.4	Tablespaces gezielt nutzen	208
7.3.5	Default-Tablespace umdefinieren	209
7.3.6	Default-Tablespace ändern	210
7.3.7	Eine Datenbank auf einen anderen Tablespace umziehen	211
7.3.8	Bereits vorhandene Tablespaces	211
7.3.9	Tablespace löschen	211
7.3.10	Probleme im Zusammenhang mit Tablespaces	212
7.4	Transaktionen	212
7.4.1	Was sind Transaktionen?	212
7.4.2	Welche Ausnahmen gibt es?	213
7.4.3	START TRANSACTION und BEGIN	213
7.4.4	COMMIT	214
7.4.5	ROLLBACK	215
7.4.6	Savepoints	216
7.4.7	Transaktionslevel	218
7.4.8	Read-only Transaktionen	220
7.5	TRUNCATE	221
7.5.1	Funktionsweise	222
7.5.2	Transaktionssicherheit	224
7.5.3	Trigger	225
7.5.4	Sequenzen zurücksetzen	225
7.6	COPY – Daten einfügen und auslesen	227
7.6.1	COPY FROM – Daten schreiben	227
7.6.2	COPY TO – Daten exportieren	231
7.6.3	Datenformate für COPY	232
7.6.4	Daten mittels SELECT und COPY exportieren	234
7.7	LISTEN, NOTIFY und UNLISTEN	234
7.8	COMMENT	236
7.8.1	Ausgabe der Kommentare	236

7.8.2	Kommentare wieder löschen	237
7.9	Volltextsuche	238
7.9.1	Einführung	238
7.9.2	Stoppwörter	240
7.9.3	Suchen in einem Text	240
7.9.4	Ranking	242
7.10	Vererbung	243
7.10.1	Vererbte Tabellen	243
7.10.2	Partitionierung	245
8	VACUUM und ANALYZE	255
8.1	VACUUM	256
8.1.1	VACUUM für eine einzelne Tabelle	256
8.1.2	Eine ganze Datenbank aufräumen	258
8.1.3	Speicherplatz endgültig freigeben	258
8.1.4	VACUUM und Transaktionen	259
8.2	XID Wraparound	259
8.3	HOT	262
8.3.1	HOT-Daten aufbereiten	264
8.3.2	Mehr Platz für HOT schaffen	264
8.4	Der Autovacuum Daemon	265
8.5	Autovacuum für bestimmte Tabellen anpassen	267
8.6	Kostenbasiertes Vacuum	270
8.7	Kostenbasiertes Autovacuum	271
8.8	Statistics Collector	271
9	Clientseitige Programmierung	275
9.1	C, C++ und C#	275
9.1.1	Der Zugriff aus C-libpq	275
9.1.2	Der Zugriff aus C++ – libpqxx	287
9.1.3	Der Zugriff aus C# – Npgsql	290
9.2	Perl	298
9.2.1	DBI	299
9.3	PHP	310

9.3.1	Eingebaute Funktionen	310
9.3.2	ADODB	318
9.4	Embedded SQL – ECPG	325
10	Serverseitige Programmierung	331
10.1	Interne Funktionen	331
10.2	Eigene Funktionen	333
10.2.1	Funktionen definieren	333
10.2.2	Bestehende Funktionen überschreiben	334
10.2.3	Funktionen überladen	334
10.2.4	Default-Parameter ab PostgreSQL 8.4	336
10.2.5	Stabil oder flüchtig – IMMUTABLE oder VOLATILE	337
10.2.6	NULL als Eingabe zulassen	338
10.2.7	Funktionsparameter	339
10.2.8	Mehrere Ergebniszeilen zurückgeben	340
10.2.9	Funktion unter anderer Benutzerkennung ausführen	341
10.2.10	Trusted und Untrusted	343
10.2.11	Ausführungskosten dem Planer melden	343
10.2.12	Eigene Datentypen und Operatoren	345
10.2.13	Trigger	345
10.3	SQL	346
10.4	PL/pgSQL	347
10.4.1	Installation	347
10.4.2	Aufbau einer Funktion	347
10.4.3	Vergleiche durchführen	350
10.4.4	Schleifen bilden	351
10.4.5	Variablen verwenden	354
10.4.6	SQL-Anweisungen ausführen	355
10.4.7	Trigger-Funktionen	359
10.5	PL/Perl	361
10.5.1	Installation	361
10.5.2	Aufbau einer Funktion	362
10.5.3	Parameter übergeben	362
10.5.4	Arrays und Hashes als Rückgabewerte	363

10.5.5	Mehrere Ergebniszeilen zurückgeben	364
10.5.6	<code>use strict;</code> in einer Funktion verwenden	365
10.5.7	Globale Variablen zum Zwischenspeichern nutzen . . .	365
10.5.8	Anfragen in der Datenbank ausführen	366
10.5.9	Trigger-Funktionen	367
10.6	C	369
10.6.1	Aufbau einer C-Funktion	369
10.6.2	C-Funktion kompilieren und installieren	372
10.6.3	Funktionen mit variabler Anzahl an Parametern . . .	373
10.6.4	C-Funktion in der Datenbank registrieren	373
10.7	PL/sh	374
10.7.1	Download und Installation	374
10.7.2	Deinstallation der Erweiterung	375
10.7.3	Anwendung der Sprache	376
10.7.4	Einschränkungen	376
11	Backup, Restore, Replikation	377
11.1	Backup im SQL-Format	377
11.1.1	<code>pg_dump</code>	378
11.1.2	<code>pg_dumpall</code>	378
11.1.3	Wiederherstellen der Datenbank aus dem SQL-Format	378
11.1.4	Reihenfolge der Objekte im Dump	380
11.1.5	Nur die Datenbankstruktur sichern	380
11.1.6	Nur Daten sichern	380
11.1.7	Einzelne Tabellen sichern	381
11.1.8	Einzelne Schemata sichern	381
11.1.9	<code>INSERT</code> statt <code>\COPY</code>	382
11.1.10	Anderes Encoding wählen	382
11.1.11	Datenbank beim Restore mit erstellen	383
11.1.12	Objekte vor dem Einfügen löschen	383
11.2	Backup im Tar- und im PostgreSQL-eigenen Format	383
11.2.1	Tar-Format	384
11.2.2	Custom-Format	384

11.2.3	Wiederherstellen der Datenbank aus dem Tar- oder Custom-Format	385
11.2.4	Inhalt eines Archivs anzeigen	386
11.2.5	Nur Teile eines Archivs wieder einspielen	387
11.3	Online-Backup (PITR)	387
11.3.1	Konfigurieren und Erstellen des Online-Backup	388
11.3.2	Wiederherstellen des Online-Backup	392
11.3.3	Point-in-Time-Recovery	395
11.4	Replikation mit Online-Backup	396
11.4.1	Vorbereitungen für einen Standby-Server	396
11.4.2	Aufsetzen eines Standby-Servers	396
11.4.3	Stoppen der Replikation	397
11.5	Replikation mit Slony	397
11.5.1	Aufbau und Funktionsweise	397
11.5.2	Installation	398
11.5.3	Konfiguration	399
11.5.4	Cluster initialisieren	401
11.5.5	Replikation starten	402
11.5.6	Replikation stoppen	402
11.6	Replikation mit pgpool-II	403
11.6.1	Installation	403
11.6.2	Konfiguration	403
11.6.3	pgpool-II und Slony	404
12	Performance-Optimierung	405
12.1	EXPLAIN oder: Was die Datenbank alles mitteilen kann	406
12.1.1	EXPLAIN erklärt	406
12.1.2	Mit EXPLAIN den Anfrageplan herausfinden	407
12.1.3	EXPLAIN ANALYZE liefert die Laufzeit	409
12.2	Den Planer konfigurieren	411
12.2.1	Viel Hauptspeicher verfügbar	411
12.2.2	Working Memory	411
12.2.3	Freier Cache des Betriebssystems	412
12.2.4	SSD – Solid State Disks	412

12.2.5	Partitionierte Tabellen	412
12.2.6	Prepared Statements	412
12.3	Große Datenmengen einlesen	413
12.3.1	COPY	413
12.3.2	Autocommit ausschalten	413
12.3.3	Prepared Statements nutzen	413
12.3.4	Indizes und Foreign Keys entfernen	413
12.3.5	Konfigurationsparameter <code>checkpoint_segmentserhöhen</code>	414
12.3.6	Konfigurationsparameter <code>maintenance_work_mem</code> erhöhen	414
12.3.7	Statistiken aktualisieren	414
13	Umsteigen von MySQL	415
13.1	Syntax- und Funktionsunterschiede zwischen MySQL und PostgreSQL	415
13.1.1	<code>AUTO_INCREMENT</code>	415
13.1.2	Erste Timestamp-Spalte automatisch setzen	416
13.1.3	<code>CHECK</code> -Klausel	416
13.1.4	Default-Werte	417
13.1.5	<code>ZEROFILL</code>	417
13.1.6	<code>GROUP BY</code>	418
13.1.7	<code>NULL</code> -Werte	419
13.1.8	<code>IFNULL()</code>	420
13.1.9	Groß- und Kleinschreibung von Tabellen- und Spaltennamen	421
13.1.10	<code>CONSTRAINTs</code> und <code>REFERENCES</code>	422
13.1.11	Datums- und Zeitangaben	422
13.1.12	<code>ORDER BY RAND()</code>	422
13.1.13	<code>LIKE</code> und <code>ILIKE</code>	422
13.1.14	Boolesche Werte	423
13.1.15	String-Verknüpfungen versus logische Operatoren	423
13.1.16	Binäre Daten	424
13.1.17	<code>INSERT IGNORE</code> und <code>REPLACE</code>	424
13.1.18	<code>LOAD DATA</code>	425

13.1.19 Kommentare	425
13.1.20 Einfache und doppelte Anführungszeichen	425
13.2 Unterschiedliche Storage-Engines	426
13.3 Verschiedene Datentypen	426
13.4 Skripts zum Portieren von Anwendungen	427
13.4.1 mysql2pgsql	428
13.5 Replikation und MySQL Cluster	428
14 Häufige Fragen	429
14.1 Datenbank über das Netzwerk ansprechen	429
14.2 Passwort für psql angeben	430
14.3 Konfigurationsänderungen werden nicht übernommen	430
14.4 Blockierende Anfragen ermitteln	431
14.5 Aktuell laufende Anfragen herausfinden	431
14.6 Laufzeit von Anfragen ermitteln	432
14.7 Datenänderungen protokollieren – Audit	433
14.8 Größe einer Tabelle oder Datenbank	438
14.9 Zugriffsrechte aller Tabellen gleichzeitig ändern	440
14.10 Standalone-Modus	441
14.11 Datenbank-Encoding ändern	442
14.12 Tunneln einer Verbindung per ssh	443
14.13 Anzahl der Verbindungen einschränken	444
14.14 Universell eindeutige IDs	445
14.15 ISBN speichern	448
14.16 Ergebnisse per Zufall sortieren	451
14.17 Unix-Timestamp ermitteln	452
14.18 IP-Adressen effektiv in Netzwerkbereichen suchen – IP4R	453
14.19 SQL-Injections	457
14.20 Der Autovacuum Daemon tut anscheinend nichts	462
14.21 VACUUM ist abgeschaltet, Tabellen werden aber trotzdem ge- prüft	462
14.22 Datenbank nimmt keine Befehle mehr an	463
14.23 Autovacuum analysiert eine Tabelle nicht	463
14.24 Update einer Datenbank auf eine neue Version	464

15 Erweiterte Konfiguration	467
15.1 Pfadangaben	467
15.2 Voreinstellungen für den Client	468
15.3 Background Writer	471
15.4 Transaktionslog – Write Ahead Log	472
15.5 Checkpoints	473
15.6 Der Planer	476
15.7 Laufzeit-Statistiken	478
15.8 Locking Management	480
15.9 Plugins	480
15.10 Vorgegebene Parameter (nicht änderbar)	482
Anhang	485
A Beispiele	487
A.1 Beispiel zu EXPLAIN	487
A.2 Beispiel für einen Dead Lock	489
A.3 libpq	489
A.4 PHP	491
A.5 Embedded SQL – ECPG	499
A.6 Trigger	500
A.7 Datentypen	503