

PostgreSQL Administration

Seminarunterlage

Version: 4.04

Dieses Dokument wird durch die ORDIX AG veröffentlicht.

Copyright ORDIX AG. Alle Rechte vorbehalten.

Alle Produkt- und Dienstleistungs-Bezeichnungen sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Firmen und beziehen sich auf Eintragungen in den USA oder USA-Warenzeichen.

Weitere Logos und Produkt- oder Handelsnamen sind eingetragene Warenzeichen oder Warenzeichen der jeweiligen Unternehmen.

Kein Teil dieser Dokumentation darf ohne vorherige schriftliche Genehmigung der ORDIX AG weitergegeben oder benutzt werden.

Adressen der ORDIX AG

Die ORDIX AG besitzt folgende Geschäftsstellen

ORDIX AG
Karl-Schurz-Straße 19a
D-33100 Paderborn
Tel.: (+49) 0 52 51 / 10 63 - 0
Fax.: (+49) 01 80 / 1 67 34 90

ORDIX AG
An der alten Ziegelei 5
D-48157 Münster
Tel.: (+49) 02 51 / 9 24 35 – 00
Fax.: (+49) 01 80 / 1 67 34 90

ORDIX AG
Welser Straße 9
D-86368 Gersthofen
Tel.: (+49) 08 21 / 507 492 – 0
Fax.: (+49) 01 80 / 1 67 34 90

ORDIX AG
Kreuzberger Ring 13
D-65205 Wiesbaden
Tel.: (+49) 06 11 / 7 78 40 – 00
Fax.: (+49) 01 80 / 1 67 34 90

ORDIX AG
Wikingerstraße 18-20
D-51107 Köln
Tel.: (+49) 02 21 / 8 70 61 – 0
Fax.: (+49) 01 80 / 1 67 34 90

ORDIX AG
Südwestpark 67/2
D-90449 Nürnberg
Tel.: (+49) 0 52 51 / 10 63 - 0
Fax.: (+49) 01 80 / 1 67 34 90

Internet: <https://www.ordix.de>

Email: seminare@ordix.de

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Architektur und Features | 8 |
| 1.1 | Überblick | 9 |
| 1.1.1 | Überblick RDBMS | 9 |
| 1.1.2 | Ursprung von PostgreSQL | 10 |
| 1.1.3 | Bezugsquellen und Dokumentation | 11 |
| 1.1.4 | Lizenzmodell | 12 |
| 1.1.5 | Versionierung | 13 |
| 1.1.6 | PostgreSQL Features..... | 14 |
| 1.1.7 | Grenzen von PostgreSQL | 16 |
| 1.1.8 | Wichtige Features | 17 |
| 1.2 | Begriffsdefinitionen..... | 18 |
| 1.2.1 | Datenbank-Cluster | 18 |
| 1.2.2 | Write-Ahead-Log (WAL) | 19 |
| 1.2.3 | Tablespaces | 20 |
| 1.2.4 | Tupel..... | 21 |
| 1.2.5 | Page und Dirty Page | 22 |
| 1.3 | PostgreSQL-Prozesse | 23 |
| 1.3.1 | Überblick..... | 23 |
| 1.3.2 | Prozesse anzeigen..... | 24 |
| 1.4 | Serverprozess | 25 |
| 1.4.1 | Backendprozess..... | 26 |
| 1.4.2 | Hintergrundprozesse | 27 |
| 1.4.2.1 | Background Writer, Checkpointer und WAL Writer | 28 |
| 1.4.2.2 | Checkpoint..... | 29 |
| 1.4.2.3 | Weitere Hintergrund-Prozesse | 31 |
| 2 | Installation | 32 |
| 2.1 | Überblick | 33 |
| 2.2 | Voraussetzungen | 34 |
| 2.3 | Kerneinstellungen..... | 35 |
| 2.4 | Installationsvarianten | 36 |
| 2.4.1 | Überblick..... | 36 |
| 2.4.2 | Installation über Repository | 37 |
| 2.4.3 | Installation mit rpm | 39 |
| 2.4.4 | Installation durch Kompilation | 42 |
| 2.5 | Besonderheiten anderer Betriebssysteme | 45 |
| 3 | Ersteinrichtung | 46 |
| 3.1 | Umgebungsvariablen | 47 |
| 3.2 | Initialisierung des Clusters | 48 |
| 3.3 | Initialisierung mit pg_createcluster (Debian/Ubuntu) | 51 |
| 3.4 | Modus ändern mit pg_ctl..... | 52 |
| 3.5 | Modus ändern mit pg_ctlcluster (Debian/Ubuntu)..... | 53 |
| 3.6 | Service einrichten..... | 54 |
| 3.7 | Datenbankstruktur | 56 |
| 3.7.1 | Physikalische und logische Datenbankstruktur | 56 |
| 3.7.2 | Data-Ordner | 57 |
| 3.7.2.1 | Ordnerstruktur PGDATA..... | 57 |
| 3.7.2.2 | Ordner base und OID | 58 |
| 3.7.2.3 | Das Tool oid2name | 59 |
| 3.7.2.4 | Ordner global..... | 60 |
| 3.7.2.5 | Ordner log..... | 61 |
| 3.7.2.6 | Ordner pg_tblsp..... | 62 |
| 3.7.2.7 | Ordner pg_wal..... | 63 |
| 4 | Arbeiten mit PostgreSQL | 65 |
| 4.1 | Überblick | 66 |
| 4.2 | psql..... | 67 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.2.1 | Allgemeines zu psql | 67 |
| 4.2.2 | Optionale Umgebungsvariablen | 68 |
| 4.2.3 | Verbindungsaufbau | 69 |
| 4.2.4 | Kurzbefehle | 71 |
| 4.2.4.1 | Hilfe und Dateibearbeitung | 71 |
| 4.2.4.2 | Objekte anzeigen | 72 |
| 4.2.4.3 | Suchreihenfolge | 73 |
| 4.2.4.4 | Struktur-Kommandos | 74 |
| 4.2.4.5 | Weitere Kommandos | 75 |
| 4.2.4.6 | Anzeige modifizieren | 76 |
| 4.3 | Funktionen aufrufen | 77 |
| 5 | Datenbank erstellen und konfigurieren | 78 |
| 5.1 | Überblick | 79 |
| 5.2 | Konfigurationsdateien | 80 |
| 5.2.1 | pg_hba.conf | 80 |
| 5.2.1.1 | Überblick | 80 |
| 5.2.1.2 | Aufbau | 81 |
| 5.2.1.3 | Parameter | 82 |
| 5.2.1.4 | Beispiel | 84 |
| 5.2.2 | postgresql.conf | 85 |
| 5.2.2.1 | Überblick | 85 |
| 5.3 | Alter System | 86 |
| 5.4 | Erstkonfiguration | 88 |
| 5.4.1 | Listener und Port | 88 |
| 5.4.2 | Server-Logging | 89 |
| 5.4.3 | Write Ahead Log (WAL) | 91 |
| 5.5 | Tablespaces | 93 |
| 5.5.1 | Tablespaces erstellen | 93 |
| 5.5.2 | Verwenden von Tablespaces | 94 |
| 5.5.3 | Tablespaces anzeigen und löschen | 95 |
| 5.6 | Arbeiten mit Datenbanken | 96 |
| 5.6.1 | Standarddatenbanken und Templates | 96 |
| 5.6.2 | Templates verwenden | 97 |
| 5.6.3 | Datenbanken erstellen und löschen | 98 |
| 5.6.4 | Standardschemata | 99 |
| 5.6.5 | Systemkatalog | 100 |
| 5.7 | Extensions | 101 |
| 5.7.1 | Übersicht | 101 |
| 5.7.2 | Verfügbare und installierte Extensions | 102 |
| 5.7.3 | Kompilation neuer Extensions | 103 |
| 5.7.4 | Einbinden von Extensions | 104 |
| 5.7.5 | Extension installieren | 105 |
| 5.7.6 | Wichtige Extensions | 106 |
| 5.7.6.1 | Extension pg_stat_statments | 106 |
| 5.7.6.2 | Extension adminpack | 107 |
| 6 | Benutzerverwaltung | 108 |
| 6.1 | Überblick | 109 |
| 6.2 | Rollen und Benutzer | 110 |
| 6.2.1 | Überblick | 110 |
| 6.2.2 | Anlegen von Benutzern und Rollen | 112 |
| 6.2.3 | Ändern | 113 |
| 6.2.4 | Löschen | 114 |
| 6.2.5 | Zuweisung von Rollen | 115 |
| 6.2.6 | Spezielle Rollen | 116 |
| 6.3 | Schema | 117 |
| 6.3.1 | Überblick | 117 |
| 6.3.2 | Erstellen | 118 |
| 6.4 | Zugriffsrechte | 119 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6.4.1 | Hierarchie | 119 |
| 6.4.2 | Zugriffsrechte vergeben | 120 |
| 6.4.3 | Zugriffsrechte auf Datenbankebene | 121 |
| 6.4.4 | Zugriffsrechte auf Schematas | 122 |
| 6.4.5 | Zugriffsrechte auf Tabellen | 123 |
| 6.4.6 | Standardrechte | 124 |
| 6.4.7 | Beispiele | 125 |
| 6.4.8 | Weitere Datenbankobjekte | 126 |
| 7 | Sperrmechanismen | 127 |
| 7.1 | Multiversion Concurrency Control (MVCC) | 128 |
| 7.1.1 | Überblick | 128 |
| 7.1.2 | Implementierung | 130 |
| 7.1.3 | Zugriff auf interne Spalten | 131 |
| 7.1.4 | Beispiel zu MVCC | 132 |
| 7.1.5 | MVCC – Transaktionsstatus | 133 |
| 7.2 | Isolation Level | 134 |
| 7.3 | Anomalien | 136 |
| 7.3.1 | Lost Update | 136 |
| 7.3.2 | Dirty Read | 137 |
| 7.3.3 | Nonrepeatable Read | 138 |
| 7.3.4 | Phantom Read | 139 |
| 7.4 | Transaktionen beenden | 140 |
| 8 | Backup und Restore | 141 |
| 8.1 | Überblick | 142 |
| 8.2 | Arten von Backups | 143 |
| 8.3 | pg_dump | 144 |
| 8.4 | pg_dumpall | 146 |
| 8.5 | Dump einer Datenbank wiederherstellen | 147 |
| 8.6 | Datenbankcluster wiederherstellen | 148 |
| 8.7 | Objekte mit pg_restore wiederherstellen | 149 |
| 8.8 | Be- und Entladen von Tabellen | 150 |
| 8.9 | SQL-Dump vs. Archive Backup | 152 |
| 8.10 | Continuous Archiving und Point-in-Time Recovery | 153 |
| 8.11 | Backup mit pg_basebackup | 154 |
| 8.12 | Restore mit recovery.conf / postgresql.conf | 155 |
| 8.13 | barman | 156 |
| 8.13.1 | Was ist barman? | 156 |
| 8.13.2 | barman - Features | 157 |
| 8.13.3 | barman - Voraussetzungen | 158 |
| 8.13.4 | barman - Grundeinrichtung | 159 |
| 8.13.5 | barman - Konfigurationsdateien | 160 |
| 8.13.6 | barman – rsync | 161 |
| 8.13.7 | barman – Continuous Archiving | 162 |
| 8.13.8 | barman – Vollsicherung | 163 |
| 8.13.9 | barman – Restore | 164 |
| 8.13.9.1 | barman – PITR | 165 |
| 9 | Wartungstools & Tuning | 167 |
| 9.1 | Überblick | 168 |
| 9.2 | VACUUM | 169 |
| 9.2.1 | Was ist VACUUM? | 169 |
| 9.2.2 | Der Befehl VACUUM | 170 |
| 9.2.3 | VACUUM FULL - Speicherplatz freigeben | 172 |
| 9.3 | Datenbankstatistiken | 173 |
| 9.3.1 | Analyse | 173 |
| 9.3.1.1 | Analyse - Überblick | 173 |
| 9.3.1.2 | Analyse - Daten | 174 |
| 9.3.1.3 | Analyse - Beispiel | 175 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 9.3.1.4 | Analyse - Größe der Stichprobe | 176 |
| 9.3.2 | Erweiterte Statistiken..... | 177 |
| 9.3.2.1 | Überblick..... | 177 |
| 9.3.2.2 | Statistikarten | 178 |
| 9.4 | Kommando Vacuumdb..... | 179 |
| 9.5 | Parametertuning..... | 180 |
| 9.5.1 | Speicher-Architektur - Überblick | 180 |
| 9.5.2 | Speicher-Architektur – Lokaler Speicher..... | 181 |
| 9.5.3 | Speicher-Architektur – Gemeinsamer Speicher..... | 182 |
| 9.5.4 | Speichernutzung | 183 |
| 9.6 | Performance Monitoring..... | 185 |
| 9.6.1 | Explain..... | 186 |
| 9.6.2 | Betriebssystem-Ebene | 187 |
| 9.6.3 | Statistics Collector | 188 |
| 9.6.4 | Performance-Extensions | 189 |
| 9.6.5 | Administration mit pgAdmin..... | 190 |
| 9.6.6 | PostgreSQL Workload Analyze - PoWA | 192 |
| 9.6.6.1 | Überblick..... | 192 |
| 9.6.6.2 | Installation Archivist..... | 193 |
| 9.6.6.3 | Installation Collector | 194 |
| 9.6.6.4 | Installation Web | 195 |
| 10 | Security | 196 |
| 10.1 | Überblick | 197 |
| 10.2 | Passwortverschlüsselung ab Version 10 | 198 |
| 10.3 | SSL-Verschlüsselung..... | 199 |
| 10.4 | Überwachung mit pgaudit | 202 |
| 10.5 | pgaudit - Session Logging..... | 204 |
| 10.6 | pgaudit - Objekt Logging | 205 |
| 10.7 | Verschlüsselung mit pgcrypto | 206 |
| 11 | Advanced | 209 |
| 11.1 | Überblick | 210 |
| 11.2 | Upgrade..... | 211 |
| 11.2.1 | Version | 211 |
| 11.2.2 | Upgrademöglichkeiten..... | 212 |
| 11.2.3 | Minor Update | 213 |
| 11.2.4 | Major Update | 214 |
| 11.2.5 | Upgrade mit pg_upgrade..... | 215 |
| 11.3 | Foreign Data Wrapper..... | 217 |
| 11.4 | TOAST | 221 |
| 11.5 | Hochverfügbarkeit | 222 |
| 11.5.1 | Gründe für Hochverfügbarkeit | 222 |
| 11.5.2 | Ausfallserver bei PostgreSQL | 223 |
| 11.5.3 | File-Based Log Shipping | 224 |
| 11.5.4 | Natives File-Based Log Shipping einrichten | 225 |
| 11.5.5 | Streaming Replication | 226 |
| 11.5.6 | Streaming Replication einrichten (native Methode) | 227 |
| 11.5.7 | Hot Standby..... | 228 |
| 11.5.8 | Cascading Replication..... | 229 |
| 11.5.9 | Synchronous Replication..... | 230 |
| 11.5.10 | Weitere Replikationsmöglichkeiten | 231 |
| 11.6 | Speichernutzung Maintenance..... | 232 |
| 11.7 | Speichernutzung / Logging | 233 |
| 11.7.1 | Steuerung Query Planner..... | 234 |
| 11.7.2 | Checkpoints und WAL..... | 235 |
| 11.8 | Datenbanksnapshots mit pgStatspack..... | 237 |
| 11.9 | Active Session History mit pgSentinel | 238 |
| 12 | Übungen | 240 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 12.1 | Architektur und Features | 241 |
| 12.2 | Installation | 242 |
| 12.3 | Ersteinrichtung | 244 |
| 12.4 | Arbeiten mit PostgreSQL | 246 |
| 12.5 | Datenbank erstellen und konfigurieren | 248 |
| 12.6 | Benutzerverwaltung | 253 |
| 12.7 | Backup und Restore..... | 254 |
| 12.8 | Tuning | 258 |
| 12.9 | Security | 259 |
| 12.10 | Advanced | 261 |
| 13 | Anhang | 265 |
| 13.1 | Systemkatalog-Tabellen..... | 266 |
| 13.2 | Schema information_schema..... | 268 |
| 13.3 | Natives Backup | 270 |
| 13.3.1 | Vorbereitung | 270 |
| 13.3.2 | Manuelles Backup | 272 |
| 13.3.3 | Backup mit pg_basebackup | 273 |
| 13.3.4 | Tablespace Backup..... | 275 |
| 13.4 | Natives Restore..... | 277 |
| 13.4.1 | Normales Restore | 277 |
| 13.4.2 | Tablespace Restore | 278 |
| 13.4.3 | Point-In-Time-Recovery (PITR)..... | 280 |
| 13.4.4 | Restore über Timelines | 281 |
| 13.5 | Barman - Erweitert | 282 |
| 13.5.1 | Barman – Streaming Replication | 282 |
| 13.5.2 | Barman – Kombination rsync / Streaming Replication..... | 284 |
| 13.6 | Native Einrichtung eines Standby-Servers | 285 |
| 13.6.1 | File-Based Log Shipping | 285 |
| 13.6.2 | Streaming Replication | 287 |
| 13.6.3 | Replication Slots..... | 289 |
| 13.6.4 | Log Shipping vs. Streaming Replication | 290 |
| 14 | Lösungen | 291 |
| 14.1 | Übungen Kapitel 1 – Architektur und Features | 292 |
| 14.2 | Übungen Kapitel 2 – Installation | 293 |
| 14.3 | Übungen Kapitel 3 – Ersteinrichtung | 298 |
| 14.4 | Übungen Kapitel 4 – Arbeiten mit PostgreSQL..... | 303 |
| 14.5 | Übungen Kapitel 5 – Datenbank erstellen und konfigurieren | 306 |
| 14.6 | Übungen Kapitel 6 – Benutzerverwaltung..... | 318 |
| 14.7 | Übungen Kapitel 8 – Backup und Restore..... | 321 |
| 14.8 | Übungen Kapitel 9 – Wartungstools und Tuning | 331 |
| 14.9 | Übungen Kapitel 10 – Security..... | 332 |
| 14.10 | Übungen Kapitel 11 – Advanced | 338 |