



Hans Ludwig

Erstellung eines technischen Konzeptes für eine Planungsengine auf der Microsoft Business Intelligence Plattform

MASTERARBEIT

Technische Universität Graz

Institut für Informationssysteme und Computer Medien (IICM)
Leiter: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Kappe Frank

Supervisor: Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Scerbakov Nikolai

Graz, März 2015



Hans Ludwig

Design of a technical concept for a planing engine based on the Microsoft Business Intelligence Platform

MASTER THESIS

Technische Universität Graz

Institut für Informationssysteme und Computer Medien (IICM)
Head: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Kappe Frank

Supervisor: Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Scerbakov Nikolai

Graz, March 2015

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Walter Frühwirth für seine kontinuierliche Unterstützung.

Kurzfassung

Ziel dieser Arbeit ist die Erstellung eines technischen Konzeptes für eine Planungseingine auf der Microsoft Business Intelligence Plattform.

Das Konzept soll eine Planungseingine ermöglichen, die sowohl eigenständig als auch in Kombination mit der bestehenden Planungslösung CoPlanner, die Planung und Analyse großer Datenmengen ermöglicht. Dazu wurden neben einem Einblick in die Grundlagen und Definitionen von Business Intelligence auch die zugrundeliegenden Datenbanktechnologien erläutert. Für das Konzept wurde zuerst die Ausgangssituation analysiert und anschließend die Soll-Situation definiert. In weiterer Folge wurden die zur Verfügung stehenden Technologien untersucht und das CoPlanner-MOLAP-Konzept erstellt. Um das Konzept auch auf die Machbarkeit und Performance testen zu können, wurde ein eigenständiges Testtool implementiert. Das Testtool besteht, analog zum Aufbau des CoPlanner, aus einer dreischichtigen Architektur. Aufbauend auf diesem Testtool wurden abschließend anhand von Fallbeispielen Machbarkeits- und Performance-tests für das CoPlanner-MOLAP-Konzept durchgeführt.

Suchbegriffe: Business Intelligence, Microsoft, Data-Warehouse, Reporting, CoPlanner, Planung, Analyse, Würfel, Big Data, SQL, MDX, MOLAP, ROLAP, SSAS, DWH, OLAP, BI

Abstract

The aim of this work is to develop a technical concept for a planning engine based on the Microsoft Business Intelligence platform.

The concept should enable a planning engine that is able to plan and analyze large amounts of data independently as a stand alone solution or in combination with the existing planning solution CoPlanner. Also in addition to an insight into the principles and definitions of Business Intelligence the underlying database technologies were explained. At first the initial conditions were analyzed. Afterwards the target situation for the concept was defined. Subsequently, the available technologies have been studied and the CoPlanner MOLAP concept was created. In order to test the concept on feasibility and performance, a stand-alone test tool has been implemented. The test tool supports, analog to the structure of the CoPlanner, a three-tier architecture. Finally based on this test tool various case studies were used for feasibility and performance tests for the CoPlanner MOLAP concept.

Keywords: Business Intelligence, Microsoft, Data-Warehouse, Reporting, CoPlanner, Planning, Analysis, Cube, Big Data, SQL, MDX, MOLAP, ROLAP, SSAS, DWH, OLAP, BI

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am _____

Datum

Unterschrift

Statutory Declaration

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources/resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz, _____

Date

Signature

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	xii
Tabellenverzeichnis	xiv
Quellcode	xv
1 Einleitung	1
2 Grundlagen und Definitionen	2
2.1 CoPlanner Software und Consulting GmbH	2
2.1.1 Unternehmen	2
2.1.2 Entwicklung	2
2.1.3 Consulting	3
2.2 CoPlanner Architektur	3
2.3 CoPlanner Versionen	6
2.3.1 CoPlanner Enterprise	6
2.3.2 CoPlanner Framework	7
2.3.3 CoPlanner Smart	8
2.4 Business Intelligence	8
2.4.1 Historie	10
2.4.2 Architektur	11
2.4.2.1 Datenquellen	12
2.4.2.2 Data-Warehouse	12
2.4.2.3 Data Targets	18
2.4.2.4 Benutzer	19
2.4.3 Einsatzbereich	19
2.4.4 Anwendungen	21
2.4.4.1 Reporting	22
2.4.4.1.1 Ad-hoc-Reporting	24
2.4.4.2 Analyse	25
2.4.4.2.1 multidimensionale Analyse	26
2.4.4.2.2 mengenorientierte - assoziative Analyse	26
2.4.4.3 Planung	27
2.4.4.4 Data Mining	28
2.4.4.5 Cockpits - Scorecards	29

2.4.4.6	Legale Konsolidierung	30
2.4.5	Datenhaltung	31
2.4.5.1	Operative - Dispositive Daten	31
2.4.5.2	Data Marts	32
2.4.6	Markt	33
2.4.6.1	PerformancePoint Server	34
2.5	Datenbanktechnologien	35
2.5.1	Datenbanken	35
2.5.2	Multidimensionale Datenbanken	39
2.5.2.1	On-Line Analytical Processing	39
2.5.2.2	OLAP-Arten	43
2.5.2.2.1	ROLAP	43
2.5.2.2.2	MOLAP	44
2.5.2.2.3	MOLAP im Vergleich zu ROLAP	45
2.5.2.2.4	HOLAP	46
3	Konzept für ein Planungstool	47
3.1	Ist-Situation	47
3.2	Soll-Situation	48
3.2.1	Zieldefinition	49
3.3	Technologie Tests	52
3.3.1	MOLAP	52
3.3.1.1	Single-User	55
3.3.1.2	Multi-User	58
3.3.1.3	MOLAP- ROLAP-WriteBack	58
3.3.1.4	Excel-MOLAP-WriteBack	60
3.3.1.5	Vorteile	61
3.3.1.6	Nachteile	62
3.3.1.7	Zusammenfassung	63
3.3.2	ROLAP	63
3.3.2.1	Single User	65
3.3.2.2	Multi-User	66
3.3.2.3	Cache	67
3.3.2.4	Security	68
3.3.2.4.1	WriteBack-Security	69
3.3.2.5	Flaschenhals der ROALP-Technologie	70
3.3.2.6	Vorteile	70
3.3.2.7	Nachteile	71
3.3.2.8	Zusammenfassung	72
3.3.2.8.1	Single-User lesend	73
3.3.2.8.2	Single-User lesend und schreibend	73
3.3.2.8.3	Multi-User lesend und schreibend	73

3.3.2.8.4	Fazit	73
3.4	CoPlanner MOLAP	74
3.4.1	ROLAP-Simulation auf Basis-MOLAP	74
3.4.2	CoPlanner-MOLAP-Architektur	76
3.4.3	Dateneingabe	78
3.4.3.1	Übergabe an CoPlanner API	79
3.4.3.2	Übergabe an CoPlanner Server	80
3.4.3.3	Übergabe an die SQL-Server-Prozedur	80
3.4.3.4	Speichern der Werte	81
3.4.3.5	Aktualisierung der Maske	82
4	Implementierung Testserver und Testclient	83
4.1	Architektur	83
4.1.1	XML-Schnittstelle	85
4.2	Benutzerschnittstelle Testserver	86
4.3	Benutzerschnittstelle Testclient	87
5	CoPlanner-MOLAP-Machbarkeits- und Performance-Tests	90
5.1	Testumgebung	91
5.2	Allgemeine Performance-Tests	91
5.3	Ramdisk versus Festplatte	93
5.4	Fallbeispiele	95
5.5	Detailtests	97
6	Zusammenfassung	100
6.1	Ausblick	101
	Abkürzungsverzeichnis	103
	Literatur	105

Abbildungsverzeichnis

2.1	CoPlanner Architektur	5
2.2	Historie von Entscheidungsunterstützenden Systemen	10
2.3	BI-Referenzarchitektur	11
2.4	Gliederung der Modellierungsebenen	17
2.5	Einsatzfeld von BI-Anwendungssystemen	20
2.6	Aufgabenbereiche von BI-Software in mittelständischen Unternehmen	22
2.7	Klassen von Business Intelligence Anwendungen	23
2.8	Excel Pivot Table - Tools	26
2.9	CoPlanner Cockpit	30
2.10	Scorecard Tachometer	30
2.11	Bestandteile relationaler Datenbanken	37
2.12	Hierarchisches und Netzwerk Modell	38
2.13	Relationales Modell	38
2.14	Anforderungen an operative und analytische Informationssysteme	41
2.15	ROLAP-Tabellenaufbau	44
2.16	ROLAP - MOLAP Entscheidungskriterien	45
2.17	ROLAP - MOLAP Unterschiede	46
3.1	CoPlanner Datenaustausch	48
3.2	Optimierter CoPlanner Datenaustausch	50
3.3	SQLQueryStress Tool mit der Abfrage auf die Contoso-Datenbank	53
3.4	MDXQueryStress Tool	54
3.5	Aktivieren der MOLAP-WriteBack-Technologie	55
3.6	MOLAP-Technologie mit WriteBack - Delta Load	56
3.7	MOLAP-Single-User-Test	57
3.8	Insert Zeiten in die WriteBack-Tabelle bei steigender Datensatzanzahl	58
3.9	MOLAP- ROLAP-WriteBack-Auswahl	59
3.10	MOLAP - ROLAP-WriteBack Schreib- und Lesezeiten im Single-User-Modus	60
3.11	Excel - Was-wäre-wenn-Analyse aktivieren	61
3.12	OLAP - Benannte Abfragen	68
3.13	OLAP Rolleneigenschaften - Produktdimension	69

3.14	CoPlanner MOLAP - Aufteilung der Partitionen	75
3.15	CoPlanner MOLAP - Matrizen	76
3.16	CoPlanner-MOLAP-Architektur	77
3.17	CoPlanner Matrix - Umsatzerlöse	78
3.18	CoPlanner Excel Matrix - Umsatzerlöse Tupel	79
4.1	CoPlanner DataSet mit einem Kommando	84
4.2	CoPlanner MOLAP -Testserver	89
4.3	CoPlanner MOLAP -Testclient	89
5.1	CoPlanner MOLAP -Testablauf	92
5.2	CoPlanner-MOLAP-Performance - SQL-Aktualisierung und anschließendes lesen der Daten in Sekunden	93
5.3	CoPlanner-MOLAP-Performance - Verhältnis zwischen Datensatzanzahl und Aufbereitungszeit	94
5.4	CoPlanner-MOLAP-Performance - Desktop-HDD versus Ramdrive (Zeiten gemessen in Sekunden)	95
5.5	CoPlanner-MOLAP-Performance - Desktop-HDD versus Ramdrive	95
5.6	CoPlanner-MOLAP-Performance - Performance-Tests (keine Security)	96
5.7	CoPlanner-MOLAP-Performance - Performance-Tests (teilweise Security)	97

Tabellenverzeichnis

2.1	Unterscheidung Standard- und Ad-hoc-Reporting	25
2.2	Unterschiede zwischen strategischer und operativer Planung	28
2.3	Unterschiede zwischen operativen und dispositiven Daten	32
2.4	Abgrenzung Data Mart - Data-Warehouse	33

Quellcode

3.1	MDX Update Statement - MOLAP	57
3.2	SQL Update Statement - ROLAP	65
3.3	MDX Select Statement - ROLAP	65
3.4	SQL Update Statement (komplettes Jahr) - ROLAP	66
3.5	SQL Select Statement - CoPlanner MOLAP	75
3.6	SQL Select Statement - CoPlanner MOLAP mit zwei Partitionen	75
4.1	CoPlanner Testserver - DoListen	85
4.2	Übertragung der Daten zwischen Testserver und Testclient	86
4.3	CoPlanner Testserver - Process Partition	87
4.4	CoPlanner-MOLAP-Performance - Beispiel eines Testfalls	88
5.1	CoPlanner-MOLAP-Performance - SQL-Update-Statement	92
5.2	CoPlanner-MOLAP-Performance - MDX-Read-Statement	92

1 Einleitung

Innerhalb der letzten zwei Jahre hat sich die Datenmenge die erstellt, vervielfältigt und konsumiert wird nahezu verdoppelt. In den nächsten acht Jahren soll sich diese Datenmenge sogar um das 14-fache erhöhen.¹ Aufgrund der ständig wachsenden Datenmengen kann es daher bei bestehenden Technologien zu Engpässen bei der Performance kommen. Business Intelligence Lösungen müssen auch in der Lage sein, mit den wachsenden Strukturen und der steigenden Benutzeranzahl umzugehen. Außerdem muss es möglich sein, auch komplexe Daten mit der verwendeten Software abzubilden.²

Der CoPlanner ist eine standardisierte Business-Intelligence-Lösung und wird seit 2003 auf Basis der Microsoft .Net-Plattform entwickelt. Seit Beginn der Entwicklung bis heute hat sich der marktgängige Budgetierungsprozess nur geringfügig geändert. Die Datenmenge ist in den vergangenen Jahren jedoch deutlich gestiegen.³

In weiterer Folge haben sich auch die durchschnittlichen Antwortzeiten des CoPlanner Server und damit auch die Antwortzeiten der verschiedenen Anwendungen erhöht. Durch Importe, Datenbanksynchronisationen und die verschiedenen notwendigen Berechnungen werden die Antwortzeiten zusätzlich negativ beeinflusst.

Der CoPlanner verwendet bereits jetzt schon viele Bestandteile der Microsoft Business Intelligence Plattform. Zur Entlastung der CoPlanner Komponenten soll die Microsoft Business Intelligence Plattform jedoch stärker in die bestehende CoPlanner-Architektur integriert werden.

Das Ziel dieser Arbeit ist daher die Erstellung eines technischen Konzeptes für eine Planungsebene auf der Microsoft Business Intelligence Plattform.

¹vgl. Fischer: [Big Data: Herausforderungen und Potenziale für deutsche Softwareunternehmen](#) (2014), S. 112-114.

²vgl. Taschnerx: [Wie Management Reporting 2020 aussehen könnte](#) (2014), S. 11-12.

³vgl. CoPlanner GmbH: [CoPlanner GmbH](#) (2014).

2 Grundlagen und Definitionen

2.1 CoPlanner Software und Consulting GmbH

2.1.1 Unternehmen

Die BFB - Betriebs- & Finanzwirtschaftliche Beratungs GmbH & Co KG wurde im Jahre 1989 gegründet und bot schon damals, als eines der ersten Unternehmen im Business Intelligence-Sektor, eine Unternehmensplanung an. Als Basis diente damals die Applix-TM1-Softwareplattform. Auf diesem Know-How aufbauend wurde im Jahr 2002 die CoPlanner Software & Consulting GmbH gegründet, die derzeit ungefähr 30 Mitarbeiter in Österreich und Deutschland beschäftigt. CoPlanner™ steht für „Connected Planner“, aus Gründen der besseren Lesbarkeit hat sich jedoch CoPlanner etabliert.¹

Zu den Kunden zählen sowohl klein und mittelständische Unternehmen als auch Konzerne und Großunternehmen aller Branchen im mitteleuropäischen Raum. Der Fokus des Unternehmens liegt im „Business-to-Business“ Vertrieb der Software CoPlanner, vor allem bei Betrieben, die in Österreich und Deutschland angesiedelt sind. Die Software wird jedoch auch über diverse Vertriebspartner wie bspw. der syscon Unternehmensberatungsgesellschaft² oder der pmOne AG³ vertrieben.

2.1.2 Entwicklung

Mit der Entwicklung des CoPlanner wurde bereits im Jahr 1991 begonnen. Mit der Gründung der CoPlanner Software & Consulting GmbH wurde auch die bestehende Software komplett auf die .Net-Plattform migriert. Die CoPlanner Software & Consulting GmbH war daher zu diesem Zeitpunkt auch einer der ersten Anbieter für Controlling-Software die sich komplett auf die Microsoft-Plattform

¹vgl. CoPlanner GmbH: [CoPlanner GmbH](#) (2014).

²vgl. syscon Unternehmensberatungsges. mbH: [syscon Unternehmensberatungsges. mbH](#) (2014).

³vgl. pmOne AG: [pmOne AG](#) (2014).

spezialisiert hatten. Die Softwareentwicklung findet derzeit ausschließlich in Graz statt.

2.1.3 Consulting

Viele Unternehmen benötigen bspw. aufgrund fehlender Ressourcen oder fehlenden Know-hows zusätzliche Beratung im Controlling-Bereich. Die Firma CoPlanner bietet daher zusätzlich zum Softwareprodukt einen IT-Consulting-Service an. Dieser Service beinhaltet neben der Beratung über die bestmögliche Implementierung der Controlling-Software-CoPlanner auch das Erstellen von Businessplänen und die Durchführung von Unternehmensbewertungen. Um auf die unterschiedlichen Strukturen der einzelnen Unternehmen eingehen zu können, werden neben den Support- und Wartungsleistungen zusätzlich spezielle Schulungen im Controlling, Rechnungswesen und IT-Bereich angeboten.⁴

2.2 CoPlanner Architektur

Die CoPlanner Software ist nach der Drei-Schichten-Architektur aufgebaut. Der Grund dafür ist die Notwendigkeit den Code der Geschäftslogik vom Client zu lösen und in einer eigenen Schicht zu implementieren. Außerdem ist die Schichtenarchitektur einfach und verständlich aufgebaut. Die drei Schichten sind hierarchisch getrennt und grenzen sich durch die klar definierten Rollen von den anderen Schichten ab, wobei alle Komponenten innerhalb einer Schicht einen ähnlichen Abstraktionsgrad aufweisen sollten. Aufgrund der Unabhängigkeit der einzelnen Schichten voneinander sind diese leicht mit anderen Schichten koppel- bzw. austauschbar. Im Allgemeinen verbergen die einzelnen Schichten ihre interne Komplexität. Die Kommunikation der Schichten erfolgt immer hierarchisch von oben nach unten. Komponenten höherer Schichten verwenden die Dienste unterer Schichten und nicht umgekehrt. Die unteren Schichten konzentrieren sich vor allem auf die Technik. So ist in diesen Schichten oft der Server und die Datenbank enthalten. Die oberen Schichten hingegen beinhalten die Benutzerschnittstelle. Für die Kommunikation zwischen den einzelnen Schichten müssen die Schnittstellen und Protokolle klar definiert sein. Dadurch wird sichergestellt, dass die Schichten untereinander austauschbar sind, ohne das restliche System negativ zu beeinflussen.⁵

⁴vgl. CoPlanner GmbH: [CoPlanner GmbH](#) (2014).

⁵vgl. Schatten: [Best Practice Software-Engineering : eine praxiserprobte Zusammenstellung von komponentenorientierten Konzepten, Methoden und Werkzeugen](#) (2010), S. 211-214.

Vorteile:

- Die Drei-Schichten-Architektur ist ein einfaches und verständliches Architekturmuster.
- Die einzelnen Schichten sind voneinander getrennt und zum Großteil unabhängig. Dadurch kann in den einzelnen Schichten getrennt voneinander gearbeitet bzw. entwickelt werden.
- Die einzelnen Schichten können auf unterschiedlichen Infrastrukturen betrieben werden. So ist es bspw. nicht notwendig, dass der Server und die Datenbank auf dem gleichen System installiert sein müssen.
- Die Kommunikation zwischen den Schichten ist eindeutig definiert.
- Die Trennung der Schichten bietet Vorteile bei der Wartung und Erweiterbarkeit.

Nachteile:

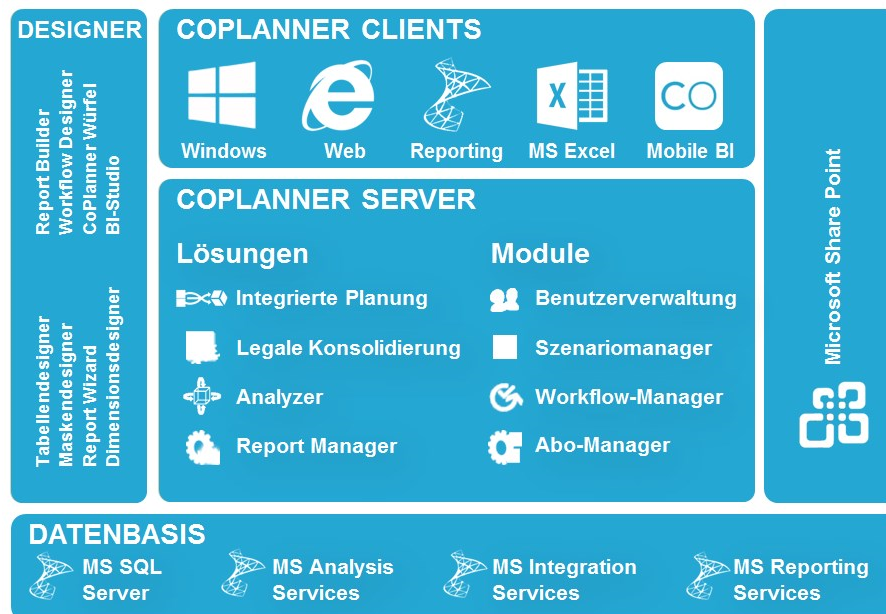
- Einfache Operationen werden durch die Einhaltung der Top-down-Kommunikation oft unnötig verkompliziert.
- Durch die Trennung der einzelnen Schichten steigt der Entwicklungsaufwand und die Komplexität. Es kann daher sinnvoll sein, die Anzahl der Schichten zu verringern.
- Änderungen in den unteren Schichten können durch den hierarchischen Aufbau auch Änderungen in den oberen Schichten zur Folge haben. Dadurch kann ein erhöhter Aufwand entstehen.

Die Anzahl der Schichten ist prinzipiell beliebig wählbar. Neben der Zwei- und Fünf-Schichten-Architektur ist die Drei-Schichten-Architektur die bekannteste und am häufigsten verwendete Architektur. Im Unterschied zur Zwei-Schichten-Architektur wird eine zusätzliche Logik-Schicht bzw. Business-Schicht eingeführt. In der Abbildung 2.1 ist die CoPlanner Architektur dargestellt.⁶

- Daten-Schicht:

Die Daten-Schicht bildet die unterste Ebene in der Hierarchie und stellt die Datenquellen zur Verfügung. Bezugnehmend auf die CoPlanner Architektur werden folgende Dienste verwendet:

⁶vgl. Härder/Rahm: [Datenbanksysteme: Konzepte und Techniken der Implementierung](#) (2013), S. 13-18.

Abbildung 2.1: CoPlanner Architektur⁷

- **MS-SQL-Server:**
Der MS-SQL-Server dient der Persistierung der Daten.
- **MS-Analysis-Services:**
Die OLAP-Datenbank ermöglicht performante mehrdimensionale Analysen basierend auf den relationalen Daten.
- **MS-Integration-Services:**
Die MS-Integration-Services stellen diverse Datenintegrations- und Datentransformationslösungen zur Verfügung. Der CoPlanner Server verwendet die Dienste außerdem zur Anbindung der diversen Vorgesysteme.
- **MS-Reporting-Services:**
Die MS-Reporting-Services stellen Berichte auf Basis der SQL- und OLAP-Datenbank zur Verfügung.
- Logik-Schicht:
Die Logik-Schicht beinhaltet die Kernfunktionalität des Systems. Hier werden die Daten für die Präsentationsschicht verarbeitet und aufbereitet. Der

⁷vgl. CoPlanner GmbH: [CoPlanner GmbH](#) (2014)

CoPlanner Server stellt dazu diverse Lösungen bzw. Module zur Verfügung.

- Präsentationsschicht:

Die Präsentationsschicht ermöglicht die Interaktionen des Benutzers mit dem System. Ein Teil der Logik ist aus Performance- und Logik-Gründen auch in der Präsentationsschicht vorhanden.

Aufgrund der verwendeten .Net-Technologie ist der CoPlanner auf allen Plattformen lauffähig, für die das von den CoPlanner Komponenten verwendete .Net Framework verfügbar ist. Die derzeitige CoPlanner Version setzt das .NET Framework 3.5 voraus.

2.3 CoPlanner Versionen

Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen der Unternehmen ist die Software in drei unterschiedlichen Versionen verfügbar. Grundsätzlich haben alle drei Versionen eine ähnliche Architektur und sind nach dem Drei-Schichten-Modell aufgebaut. Sie unterscheiden sich jedoch im Funktionsumfang und den Konfigurationsmöglichkeiten.

2.3.1 CoPlanner Enterprise

Zusätzlich zum CoPlanner Framework hat die CoPlanner Enterprise Edition auch den Business-Kernel der „Integrierten Unternehmensplanung“ eingebaut. Dieser Kernel beinhaltet eigens vorkonfigurierte Planungs-, Analyse- und Reportmodule. Eine schnelle Integration der bestehenden Unternehmensstrukturen wird durch den hohen Fertigungsgrad der einzelnen Module sichergestellt. Zusätzlich ermöglicht ein Ad-Hoc-Analysetool im CoPlanner Client eine mehrdimensionalen Auswertung der Daten. Die Enterprise-Lösung ist für Mittel- und Großbetriebe konzipiert.

Unter anderem werden vom Business-Kernel die folgenden Planungsmöglichkeiten dem Controller zur Verfügung gestellt:⁸

- Multidimensionale Planung
- Integrierte Bilanz- und Finanzplanung
- Automatische Forecast-Erstellung

⁸vgl. CoPlanner GmbH: [CoPlanner GmbH](#) (2014).

- Mehrjahresplanung
- Liquiditätsplanung
- Mitarbeiterplanung
- Interne Leistungsverrechnungen
- Managementkonsolidierung

2.3.2 CoPlanner Framework

Das CoPlanner Framework wird verwendet um speziell adaptierte Kundenlösungen erstellen zu können. Die offene CoPlanner Entwicklungsumgebung ermöglicht es, auf spezielle Kundenwünsche einzugehen. Die CoPlanner Framework Edition beinhaltet alle Konfigurationshilfen die zum Realisieren von individuellen BI-Lösungen notwendig sind. Für die Realisierung dieser Lösungen kann außerdem die gesamte Microsoft-Data-Infrastruktur & BI-Plattform in Kombination mit dem CoPlanner verwendet werden. Dazu zählen:

- Master Data Services
- Analysis Services
- Reporting Services
- Integration Services
- Data Warehousing
- Excel

Aufgrund der einfachen Adaptierbarkeit wird das CoPlanner Framework oft von Partnern verwendet, um individuelle Kundenlösungen zu erstellen. Im Unterschied zur CoPlanner Enterprise Edition fehlt der CoPlanner Framework-Edition der Business-Kernel der „Integrierten Unternehmensplanung“.

2.3.3 CoPlanner Smart

Die CoPlanner Smart Edition ist eine Komplettlösung für kleine und mittlere Unternehmen. Die Planung kann auf Ein- bzw. Mehrjahresbasis sowohl als Top-Down oder Bottom-Up-Planung erfolgen. Zur Verfügung stehen eine Kennzahlensteuerung aus ausgewählten Erfolgs-, Bilanz- und Finanzelementen sowie eine Erfolgsplanung auf Basis von erfassten Gewinn- und Verlustrechnungen. Für die Analyse der geplanten Daten steht ein integriertes Berichtswesen zur Verfügung.

Als Datenbasis dient das kostenlose „Microsoft SQL Server 2012 Express“ Datenverwaltungssystem. Dadurch ergeben sich die folgenden Einschränkungen:⁹

- Maximal 1 physischer Prozessor
- Maximal 1 GB Arbeitsspeicher nutzbar
- Maximal 10 GB Festplattenspeicher für Datenbanken nutzbar

Der einfache Aufbau der CoPlanner Smart Edition ermöglicht eine schnelle Integration bestehender Unternehmensstrukturen in die CoPlanner Planungslogik. Diese werden entweder manuell oder per Import im CoPlanner angelegt und sind anschließend sofort in die Planungslogik integriert. Die Installation kann mittels einer Installations-Routine durchgeführt werden und ist vollautomatisch.

2.4 Business Intelligence

Der Begriff „Business Intelligence“ ist in der Literatur nicht einheitlich definiert. Aufgrund der großen Definitionsvielfalt ist es schwer eine identische Abgrenzung für BI zu definieren. Im Allgemeinen bezeichnet Business Intelligence die „Sammlung, Auswertung und Darstellung aller im Unternehmen vorhandenen geschäftsrelevanten Informationen“.¹⁰ Eine gängige Variante beschreibt sieben unterschiedliche Abgrenzungen:¹¹

- BI als Fortsetzung der Daten- und Informationsverarbeitung
- BI als Filter in der Informationsflut
- BI als MIS, aber besonders schnelle/flexible Auswertungen

⁹vgl. Microsoft: [Microsoft SQL Server 2012 Express](#) (2014).

¹⁰Zimmerman: [Was ist eigentlich Business Intelligence?](#) (2007).

¹¹vgl. Mertens: [Business Intelligence: ein Überblick](#) (2002), S. 4.

- BI als Frühwarnsystem
- BI als Data-Warehouse
- BI als Informations- und Wissensspeicherung
- BI als Prozess: Symptomerhebung ⇒ Diagnose ⇒ Therapie ⇒ Prognose ⇒ Therapiekontrolle

Diese Abgrenzungen werden hauptsächlich über die verwendeten Systeme gemacht. Für eine Strukturierung der unterschiedlichen BI-Sichtweisen existieren drei gängige Definitionsansätze:¹²

- **Enges BI-Verständnis**

Diese Definition umfasst alle Kernapplikationen, die eine direkte Entscheidungsfindung ermöglichen. Dazu zählen zum Beispiel:

- Online Analytical Processing
- Management Information Systems
- Executive Information Systems

- **Analyseorientiertes BI-Verständnis**

Das Analyseorientiertes BI-Verständnis umfasst alle Anwendungen, die eine Benutzeroberfläche mit interaktiven Funktionen besitzen. Der Anwender arbeitet dabei direkt mit dem System. Neben OLAP-, MIS- und EIS-Systemen fallen darunter auch Text- und Datamining Verfahren, Ad-hoc-Reporting und Systeme zur Unterstützung der Planung und Konsolidierung.

- **Weites BI-Verständnis**

Beinhaltet alle Anwendungen deren Informationen direkt und indirekt für die Entscheidungsfindung verwendet werden können.

Analog zu den BI-Begriffsabgrenzungen sind auch die Definitionsansätze nicht eindeutig definiert und weisen einen gewissen Grad an Beliebigkeit auf. Dadurch entsteht eine Unsicherheit in Zusammenhang mit dem Begriff BI. Business Intelligence muss daher als eigenständiges Konzept der Managementunterstützung innovative Lösungen zur Verfügung stellen.¹³

¹²vgl. Kemper/Mehanna/Unger: [Business Intelligence - Grundlagen und praktische Anwendungen](#) (2006), S. 3-4.

¹³vgl. [ebd.](#), S. 5.

2.4.1 Historie

Der Begriff „Business Intelligence“ wurde bereits im Jahr 1865 von Richard Millar Devens verwendet. In dem Buch „Cyclopædia of commercial and business anecdotes“ beschreibt Richard Millar Devens wie ein Banker, durch die gezielte Aufbereitung von Informationen, einen Vorteil gegenüber seinen Konkurrenten erzielen konnte. In weiterer Folge versorgt der Banker auch das Königshaus mit wertvollen Informationen und sichert sich somit auch die Gunst des Königs.¹⁴

Entscheidungsunterstützende Systeme haben eine lange Historie. In der Vergangenheit hat sich jedoch oft nur der Name des Systems und weniger die Funktionalität geändert. Im Hinblick auf die derzeit existierenden BI-Lösungen hat sich vor allem das Maß der Integration der Daten und das Niveau der Entscheidungsunterstützung verbessert. Die Abbildung 2.2 gibt eine Übersicht über die einzelnen Systeme.¹⁵

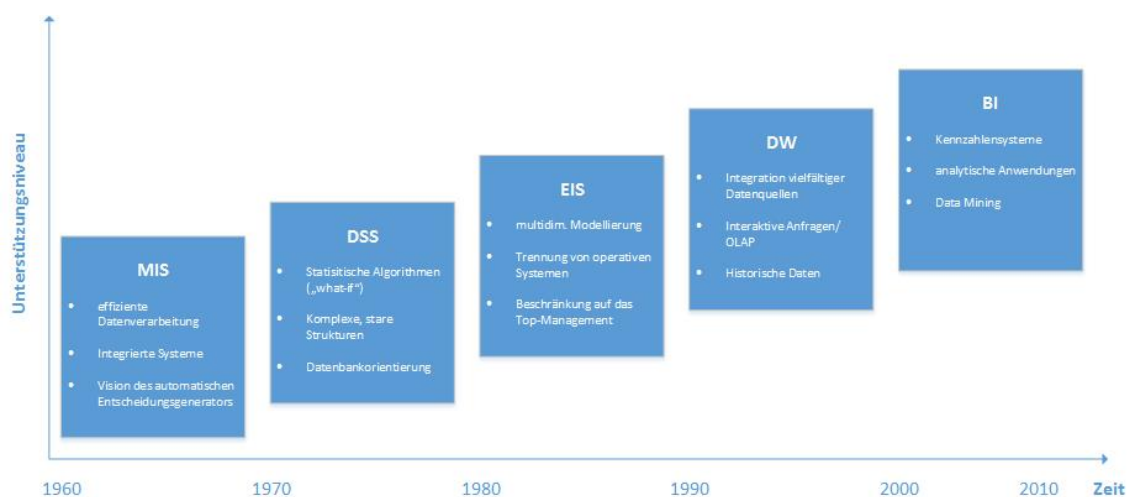


Abbildung 2.2: Historie von Entscheidungsunterstützenden Systemen¹⁶

¹⁴vgl. Devens: *Cyclopædia of commercial and business anecdotes: comprising interesting reminiscences and facts, remarkable traits and humors ... of merchants, traders, bankers ... etc. in all ages and countries* (1865), S. 210.

¹⁵vgl. Humm/Wietek: *Architektur von Data Warehouses und Business Intelligence Systemen* (2005), S. 3.

¹⁶vgl. *ibd.*, S. 4

2.4.2 Architektur

Gewisse BI-Architekturen weisen unabhängig von den verwendeten Produkten Übereinstimmungen auf. Nur klar strukturierte BI-Lösungen können auch erfolgreich in die bestehende IT-Infrastruktur eines Unternehmens eingebunden werden. Der Aufbau der Referenzarchitektur in Abbildung 2.3 ist modular und serviceorientiert. Die Services sind voneinander unabhängig und können daher von unterschiedlichen Produkten übernommen werden.¹⁷

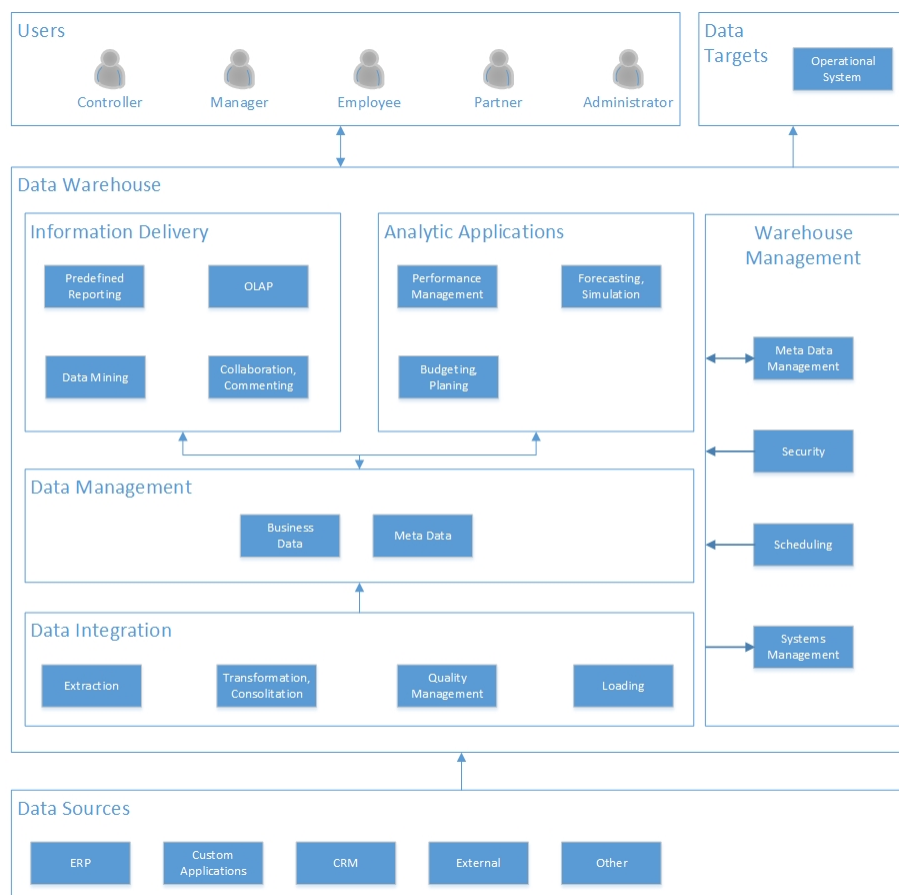


Abbildung 2.3: BI-Referenzarchitektur¹⁸

¹⁷vgl. Humm/Wietek: *Architektur von Data Warehouses und Business Intelligence Systemen* (2005), S. 9.

¹⁸vgl. *ebd.*, S. 9

2.4.2.1 Datenquellen

Die diversen internen und externen Datenquellen können einen beliebigen Datenbestand beinhalten, der für den Aufbau des Data-Warehouse relevant ist. Diese Datenquellen werden oft auch als „effektive Daten“ oder „Primärdaten“ bezeichnet. Die Quelldaten enthalten die Daten und deren Beschreibungen. Bei mehreren Datenquellen müssen zuerst die Relevanten eruiert werden. Dabei spielen die folgenden Faktoren eine Rolle:¹⁹

- *Zweck* des Data-Warehouse
- *Qualität* der Quelldaten
- *Verfügbarkeit* (rechtlich, organisatorisch, technisch, sozial)
- *Preis* für den Erwerb

2.4.2.2 Data-Warehouse

Das Data-Warehouse der BI-Referenzarchitektur gliedert sich in drei große Bereiche:

- Data Integration

Der „Data Integration“ Bereich beinhaltet die Extraktion, Transformations- und Ladekomponenten. Aufgrund der Anfangsbuchstaben der drei Komponenten werden diese auch oft als ETL-Komponenten bezeichnet. Die ETL-Komponenten dienen als Schnittstelle zu den Datenquellen.²⁰

- Extraktionskomponente

Die Extraktionskomponente ist für die Auswahl der Quellen und der zu übertragenden Daten verantwortlich. Dazu ist es notwendig zu wissen, wie die Daten später verwendet werden. Der Verwendungszweck der Daten bestimmt auch die Strategie des Zeitpunktes der Extraktion:

- * periodische Extraktion
- * Extraktion auf Anfrage
- * Ereignisgesteuerte Extraktion

¹⁹vgl. A. Bauer: *Data-Warehouse-Systeme: Architektur, Entwicklung, Anwendung* (2009), S. 39.

²⁰vgl. *ebd.*, S. 48-51.

- * sofortige Extraktion bei Änderungen

Schnittstellen ermöglichen die technische Realisierung der Extraktion. Durch die teilweise großen Datenvolumen können auch Fehler auftreten, bzw. Integritätsbedingungen verletzt werden. Es müssen daher Maßnahmen zur Fehlerbehandlung bei der Datenübernahme getroffen werden.

– Transformationskomponente

Da die Daten aus unterschiedlichen Quellen stammen können müssen diese, bevor sie in die Basisdatenbank geladen werden können, bereinigt werden. Die Transformation ermöglicht ein einheitliches Format und gewährleistet die Vergleichbarkeit der Daten. Häufig verwendete Transformationen zur Datenmigration:

- * Anpassung der Datentypen
- * Konvertierung von Kodierungen
- * Vereinheitlichung von Zeichenketten
- * Vereinheitlichung von Datumsangaben
- * Umrechnung von Maßeinheiten
- * Kombination bzw. Separierung von Attributwerten

Plausibilitätsprüfungen ermöglichen das Auffinden von Verunreinigungen in den Daten. Diese Unzulänglichkeiten der Daten, wie bspw. fehlerhafte, redundante, veraltete oder fehlende Werte, können durch eine Datenbereinigung beseitigt werden.²¹

– Ladekomponente

Die Ladekomponente ist für die Weiterleitung der extrahierten und transformierten Daten in die Basisdatenbank zuständig. Bei „Online Ladevorgängen“ ist, im Gegensatz zu „Offline Ladevorgängen“, das Data-Warehouse auch während des Ladevorganges für Anfragen verfügbar. Vor allem inkrementelle Aktualisierungen ermöglichen einen laufenden Betrieb des Data-Warehouse-Systems. Zusätzlich muss die Historisierung der Daten berücksichtigt werden. Ein geänderter Datensatz darf daher nicht einfach durch den neuen Datensatz ersetzt

²¹vgl. Röger: *Konzeption Und Realisierung Eines Data Warehouses Zur Analyse Chirurgischer Workflows* (2010), S. 25-26.

werden. Der geänderte Datensatz muss zusätzlich zum bestehenden Datensatz gespeichert werden.²²

Oft ist die Qualität der vom Vorsystem gelieferten Daten nicht hinreichend zufriedenstellend. Das „Quality-Management“ stellt die ausreichende Datenqualität sicher. Dies beinhaltet neben der Pflege von inkonsistenten, unvollständigen oder fehlerhaften Daten auch die manuelle Wartung der Daten.²³ Zur automatisierten Analyse der Qualität der Daten bieten sich die Methoden des Data-Profiling an. Der Analyseprozess gliedert sich in die folgenden vier Einzelschritte:²⁴

- Daten integrieren
 - Daten analysieren
 - Ergebnisse bereitstellen
 - Analyse der Ergebnisse
- Data-Management

Im „Data-Management“ werden alle Geschäfts- und Metadaten gespeichert. Das Data-Management bildet daher den Kern des Data-Warehouse. Um nur die, für die Analyse relevanten, Daten zu speichern, werden Data Marts verwendet. Data Marts (siehe 2.4.5.2) haben als Zielsetzung das Volumen und die Komplexität der Daten zu verringern. So werden einzelnen Abteilungen bspw. nur die für sie relevanten Daten zur Verfügung gestellt. Jede Abteilung erhält daher einen eigenen Data Mart.²⁵ Die Speicherung der Daten erfolgt normalerweise auf Basis eines multidimensionalen Modells. Ein Data-Mart kann den Endbenutzer dann bspw. als OLAP-Würfel zur Verfügung gestellt werden.²⁶

- Geschäftsdaten:

Die Geschäftsdaten beinhalten alle betrieblich relevanten Informationen.

²²vgl. Röger: *Konzeption Und Realisierung Eines Data Warehouses Zur Analyse Chirurgischer Workflows* (2010), S. 26.

²³vgl. Humm/Wietek: *Architektur von Data Warehouses und Business Intelligence Systemen* (2005), S. 10.

²⁴vgl. Apel: *Datenqualität erfolgreich steuern* (2010), S. 110.

²⁵vgl. A. Bauer: *Data-Warehouse-Systeme: Architektur, Entwicklung, Anwendung* (2009), S. 58-59.

²⁶vgl. Humm/Wietek: *Architektur von Data Warehouses und Business Intelligence Systemen* (2005), S. 10.

– Metadaten:

Metadaten beschreiben Daten, Systemeigenschaften und Systemabgrenzungen. Oft werden Metadaten auch als „Daten über Daten“ bezeichnet. Sie bilden einen nicht wegzudenkenden Bestandteil des Data-Warehouse und beeinflussen direkt die Datenqualität. Metadaten sind alle Informationen, die für den Entwurf, den Aufbau, den Betrieb und die Nutzung des Data-Warehouse notwendig sind. Darunter fallen bspw. neben den notwendigen Indizes bei großen Datenmengen auch die Historisierung bestehender Daten. Die Metadaten müssen darlegen wie sich das Data-Warehouse, bezüglich der Inhalte und Abläufe, geändert hat. Nur so kann auf historische Daten korrekt zugegriffen werden.²⁷

Grundsätzlich kann bei BI-Architekturen zwischen fachlichen, technischen und betrieblichen Metadaten unterschieden werden. Fachliche Metadaten stehen in Verbindung zum Verwendungszweck. Sie beinhalten Informationen zur Beschreibung der Quelldaten hinsichtlich der fachlichen Herkunft bzw. der Entstehung in operativen Prozessen. Alle Informationen, die für den Betrieb und Aufbau des Data-Warehouse notwendig sind, werden als technische Metadaten bezeichnet. Im Gegensatz dazu entstehen betriebliche Metadaten zur Laufzeit bei der Datenverarbeitung. Außerdem beinhalten sie Informationen zur erzielten Qualität und der technischen und fachlichen Aktualität.²⁸

• Information Delivery - Analytic Applications

Die „Information Delivery Services“ stellen dem Anwender die benötigten Daten zur Verfügung. Die „Analytic Applications“ erweitern die Funktionalität des Data-Warehouses, so können bspw. Forecasts und Simulationen oder auch diverse Leistungsmessungen durch definierte Metriken durchgeführt werden. Der Datenfluss ist normalerweise unidirektional. Nur in Ausnahmefällen werden Daten in das Data-Warehouse zurückgeschrieben. Eine Planungssoftware kann bspw. die Daten des DWH's importieren und nach der erfolgten Unternehmensplanung wieder in das Data-Warehouse zurückgeben.²⁹

²⁷vgl. Farkisch: [Data - Warehouse - Systeme kompakt Aufbau, Architektur, Grundfunktionen](#) (2011), S. 45-47.

²⁸vgl. Business Intelligence Wissensportal: [Business Intelligence Metadatenmanagement](#) (2014).

²⁹vgl. Humm/Wietek: [Architektur von Data Warehouses und Business Intelligence Systemen](#) (2005), S. 10.

Der Bereich Warehouse-Management beinhaltet alle bereichsübergreifenden Funktionen, die für den Aufbau, die Pflege und den Betrieb eines Data-Warehouses notwendig sind.³⁰

- Meta-Data-Management

Das Metadatenmanagement ist für die Speicherung und Verwaltung aller benötigten Metadaten verantwortlich. Die Metadaten werden dabei normalerweise in einem Repository, auf Basis eines Datenbankmanagementsystems gespeichert, und verwaltet. Es werden mindestens vier Abstraktionsstufen benötigt, um die Struktur und den Inhalt des Repositoriums modellieren zu können. In der Abbildung 2.4 sind die Gliederungen der einzelnen Modellierungsebenen dargestellt. Jede Modellierungsebene beinhaltet dabei die Ebene, der darüberliegenden Ebene. Die unterste Ebene, die Datenebene, umfasst die effektiven Daten, dies können bspw. Kundendaten sein. Auf den nächsthöheren Ebenen folgen die Metainformationen. Die Metadatenebene beinhaltet das Modell des zu modellierenden Informationssystems, dies können bspw. das Datenbankschema oder auch diverse Prozessbeschreibungen sein. Metamodelle definieren die Sprachelemente der Metadaten. Das Metametamodell vereinigt die unterschiedlichen Sprachelemente der Metamodelle.³¹

- Security

Gespeicherte Daten sind immer der Gefahr eines unerlaubten Zugriffs ausgesetzt. Vor allem bei der Übertragung der Daten sind diese anfällig für Angriffe. Gesteigert wird dieses Risiko durch die Verwendung von Standardprotokollen. Für die Sicherung der Daten gibt es zwei unterschiedliche Ansätze:³²

- Authentifikation und Zugangsbeschränkungen:

Authentifizierten Benutzern können alle Aktivitäten zugeordnet werden. Für die Authentifikation gibt es viele unterschiedliche Verfahren, am häufigsten ist jedoch die Verwendung von Passwörtern.

³⁰vgl. Humm/Wietek: [Architektur von Data Warehouses und Business Intelligence Systemen](#) (2005), S. 10.

³¹vgl. A. Bauer: [Data-Warehouse-Systeme: Architektur, Entwicklung, Anwendung](#) (2009), S. 328.

³²vgl. [ebd.](#), S. 128-129,140.

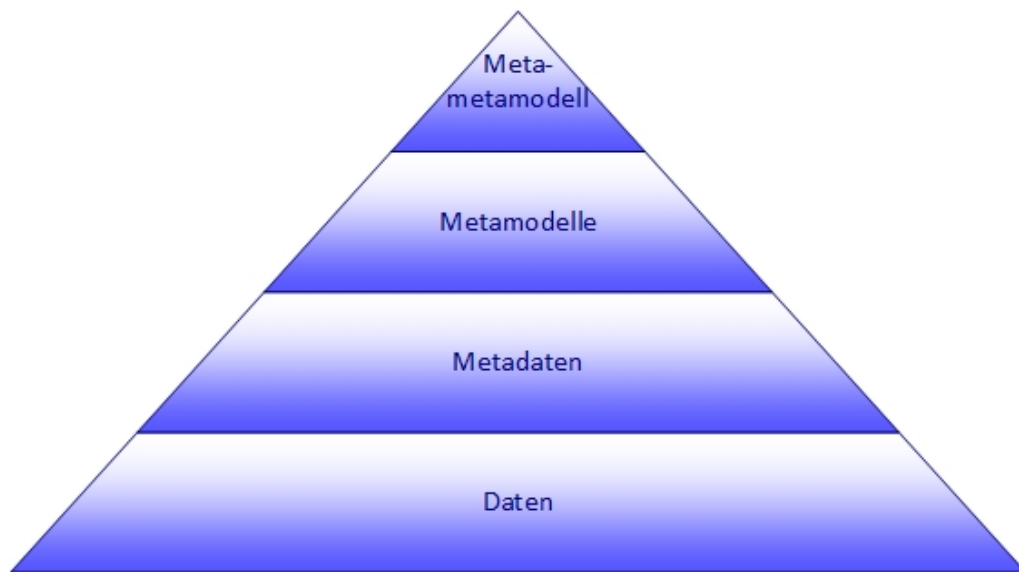


Abbildung 2.4: Gliederung der Modellierungsebenen³³

– Verschlüsselung:

Die technische Implementierung vieler Firmennetzwerke ermöglicht es, die Datenübertagung zweier Rechner aufzuzeichnen. Damit diese Daten nicht von unbefugten Personen ausgewertet werden können, bietet sich eine „End to End“ Verschlüsselung an. Diese würde die gesamte Datenübertragungstrecke verschlüsseln und ist transparent für den Anwender.

Neben der Sicherung der Daten ist außerdem die Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit der Daten zu beachten:³⁴

– Vertraulichkeit:

Sensitive Daten dürfen nur einen bestimmten Personenkreis zur Verfügung stehen.

– Integrität:

Die Integrität stellt sicher, dass die Daten nicht verändert werden. Die Integrität der Daten kann durch böswillige Veränderungen, aber auch

³³vgl. A. Bauer: *Data-Warehouse-Systeme: Architektur, Entwicklung, Anwendung* (2009), S. 328

³⁴vgl. *ebd.*, S. 128-129,140.

durch unabsichtliche Veränderungen verletzt werden. Auch der Datenverlust durch Systemfehler muss ausgeschlossen werden können.

– Verfügbarkeit:

Wenn autorisierte Benutzer zur richtigen Zeit und am richtigen Ort auf das System zugreifen können, so ist die Verfügbarkeit gewährleistet. Eine Bedrohung der Verfügbarkeit ist ein „Denial of Service“. Diese Nichtverfügbarkeit des Dienstes kann entweder unbeabsichtigt oder durch einen absichtlichen Angriff erfolgen.

• Scheduling:

Das Scheduling steuert den Ablauf der Data-Warehouse-Prozesse zeitlich, dabei werden den einzelnen Prozessen zeitlich begrenzte Ressourcen zugeweiht. Die verschiedenen Aufträge werden in einem Auftragspool zusammengefasst und bestmöglich verteilt. Das Hauptziel bei der Verteilung liegt in der Optimierung der Systemleistung. Vor allem der ETL-Prozess und die regelmäßige Generierung und Verteilung von Berichten benötigen ein Scheduling.³⁵

• System-Management:

Das System-Management ist für den Betrieb des Data-Warehouse zuständig und soll minimale Ausfallzeiten garantieren. Dazu stehen diverse Werkzeuge zur Überwachung der Performance und Auslastung sowie zur Archivierung und Datensicherung zur Verfügung.³⁶

2.4.2.3 Data Targets

Als „Data Targets“ werden die Objekte bezeichnet, in welche die Daten geladen werden. Im Normalfall werden die Daten nur unidirektional von den diversen Systemen in das DWH geladen. Ein Rückfluss der Daten ist grundsätzlich nicht vorgesehen. Zur Unterstützung von taktischen Entscheidungen können jedoch diverse Analysen aus dem DWH wieder in das operative System importiert werden. So können bspw. diverse Kundenauswertungen für weitergehende Marketingaktivitäten genutzt werden.³⁷

³⁵vgl. Hompel: *Warehouse-Management : Organisation und Steuerung von Lager- und Kommissioniersystemen ; mit 48 Tabellen* (2008), S. 59.

³⁶vgl. Humm/Wietek: *Architektur von Data Warehouses und Business Intelligence Systemen* (2005), S. 11.

³⁷vgl. *ebd.*, S. 10.

2.4.2.4 Benutzer

Damit eine Interaktion zwischen dem DWH und dem Benutzer stattfinden kann, gibt es Benutzerschnittstellen. Die Benutzerschnittstelle sollte einfach und intuitiv für den Benutzer sein, um eine rasche Zielerreichung zu ermöglichen. Der Ablauf der Interaktion erfolgt dabei meist nach dem gleichen Schema:³⁸

1. Der Benutzer verfolgt gewisse Ziele und möchte diese mit dem System erreichen.
2. Der Benutzer leitet aus den Zielen eine Sequenz von Handlungsschritten ab.
3. Der Benutzer gibt die Handlungsschritte in das System ein und weist das System an, die Handlungsschritte auszuführen.
4. Das System verarbeitet die Eingaben des Benutzers.
5. Der Benutzer interpretiert die Ergebnisse des Systems.
6. Bis zur Zielerreichung leitet der Benutzer aus den Ergebnissen weitere Handlungsschritte ab und wiederholt den Ablauf.

In der Praxis ist es für den Benutzer oft schwierig, die entsprechenden Handlungsschritte zu erkennen. Oft können der Systemstatus bzw. die Ergebnisse des Systems nicht korrekt interpretiert werden.

2.4.3 Einsatzbereich

Die Funktionen von Business-Intelligence-Systemen können immer nur organisationsspezifisch eingesetzt werden, da sich die Organisationsstrukturen der Unternehmen unterscheiden und an das Unternehmen selbst angepasst sind. Wie in der Abbildung 2.5 ersichtlich, erstreckt sich der Einsatzbereich von BI-Systemen auf die gesamte Managementebene eines Unternehmens. Allgemein beinhaltet das Management alle Aufgaben, die zur Steuerung eines Unternehmens notwendig sind. Das sind vor allem Aufgaben, die nicht ausführender Natur sind. Zu den Hauptfunktionen des Managements zählen:³⁹

- Planen und Kontrollieren

³⁸vgl. Moser: *User Experience Design mit Erlebniszentrierter Softwareentwicklung zu Produkten, die Begeistern* (2012), S. 124.

³⁹vgl. Kemper/Mehanna/Unger: *Business Intelligence - Grundlagen und praktische Anwendungen* (2006), S. 7-10.

- Koordinieren
- Führen

„Planen und Kontrollieren“ bedeutet Entscheidungen zu treffen und deren Umsetzung zu kontrollieren. „Koordinieren“ ist die zielgerichtete Abstimmung von Aktivitäten zur Erreichung eines Zieles. Diese Koordination betrifft Menschen, Sachmittel und Aufgaben. Die Funktion „Führung“ hebt die personelle Komponente der Managementaufgaben hervor:⁴⁰

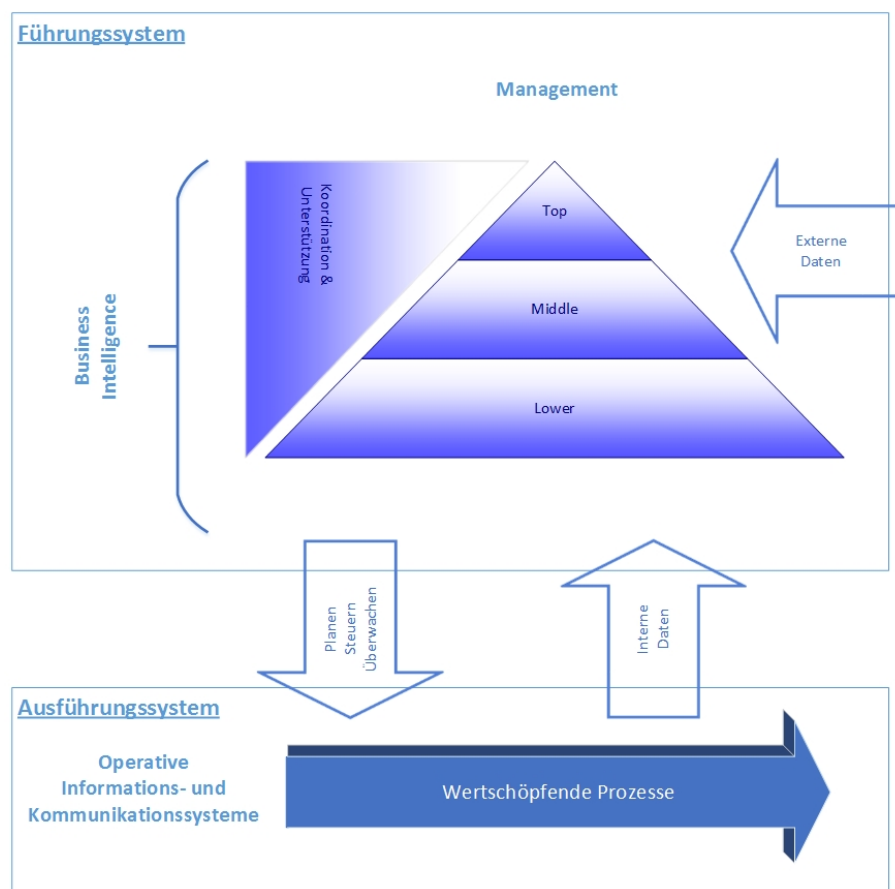


Abbildung 2.5: Einsatzfeld von BI-Anwendungssystemen⁴¹

- Top-Management

⁴⁰vgl. Schierenbeck/Wöhle: *Grundzüge der Betriebswirtschaftslehre* (2012), S. 113-114.

⁴¹vgl. Kemper/Mehanna/Unger: *Business Intelligence - Grundlagen und praktische Anwendungen* (2006), S. 9

Das Top-Management wird zum Teil von der Geschäftsführung und den Vorständen gebildet. Es bildet den Kreis der obersten Führungsebene. Dem Top-Management unterliegt die Festlegung der strategischen Ziele bzw. die Ausrichtung des Unternehmens. Außerdem werden vom Top-Management Entscheidungen getroffen, die nicht delegiert werden können.

- Middle-Management

Das Middle-Management ist in der mittleren Ebene der Unternehmensführung angesiedelt. Zu den Mitarbeitern dieser Ebene zählen unter anderem Hauptabteilungsleiter und Abteilungsleiter. Mitarbeiter dieser Ebene bereiten Entscheidungen vor bzw. setzen bereits vom Top-Management getroffene Entscheidungen um.

- Lower-Management

Das Lower-Management bildet die Schnittstelle zu den ausführenden Organisationseinheiten und ist auf der untersten Ebene des Managements angesiedelt. Zu den Aufgaben zählen die Planung, Steuerung und Kontrolle von Führungsaufgaben. Durch die Positionierung zwischen dem Top-Management und den auszuführenden Organisationseinheiten muss das Middle- und Lower-Management einerseits die vorgegeben Zielvorgaben erreichen und andererseits die eigenen Ansprüche gegenüber den ausführenden Organisationseinheiten durchsetzen.

- Koordination & Unterstützung

Die Komplexität des Führungssystems erfordert teilweise die Unterstützung von zusätzlichen Organisationseinheiten. So kann bspw. das Controlling durch die Bereitstellung von Analysen und Kennzahlen das Management unterstützen.

2.4.4 Anwendungen

Fast die Hälfte aller mittelständischen Unternehmen setzen bereits auf die eine oder andere Weise Business Intelligence ein und ein Großteil der Unternehmen, die derzeit noch keine Werkzeuge zur Unternehmenssteuerung einsetzen, planen dies in Zukunft zu tun. In Abbildung 2.6 sind die Aufgabenbereiche der BI-Systeme und ihre Nutzung aufgelistet. Fast 100% aller Unternehmen setzen bereits ein Werkzeug zur Berichterstellung ein. Mit der Datenanalyse (90%) und der Planung (70%) sind diese drei Bereiche die am häufigsten genutzten und werden in Zukunft von fast allen Unternehmen verwendet. Vor allem Management Dashboards und Balanced-Scorecards werden derzeit nur bei jedem

vierten Unternehmen eingesetzt, sind jedoch für den Einsatz in der Zukunft geplant.⁴²

Je nach eingesetztem BI-Werkzeug variiert die Komplexität in der Anwendung und der Freiheitsgrad für den Anwender. Die Anwendergruppen der BI-Werkzeuge reichen vom Anfänger und Gelegenheitsbenutzer bis hin zum Experten, der täglich mit den unterschiedlichen BI-Werkzeugen arbeitet. Je nach Anwendergruppe werden unterschiedliche Anforderungen, die häufig sehr heterogen sind, an die BI-Werkzeuge gestellt. Eine Kategorisierung der Anwendungen zeigt die Abbildung 2.7. Im Folgenden werden die Anwendungsgebiete von Business-Intelligence-Systemen beschrieben.⁴³

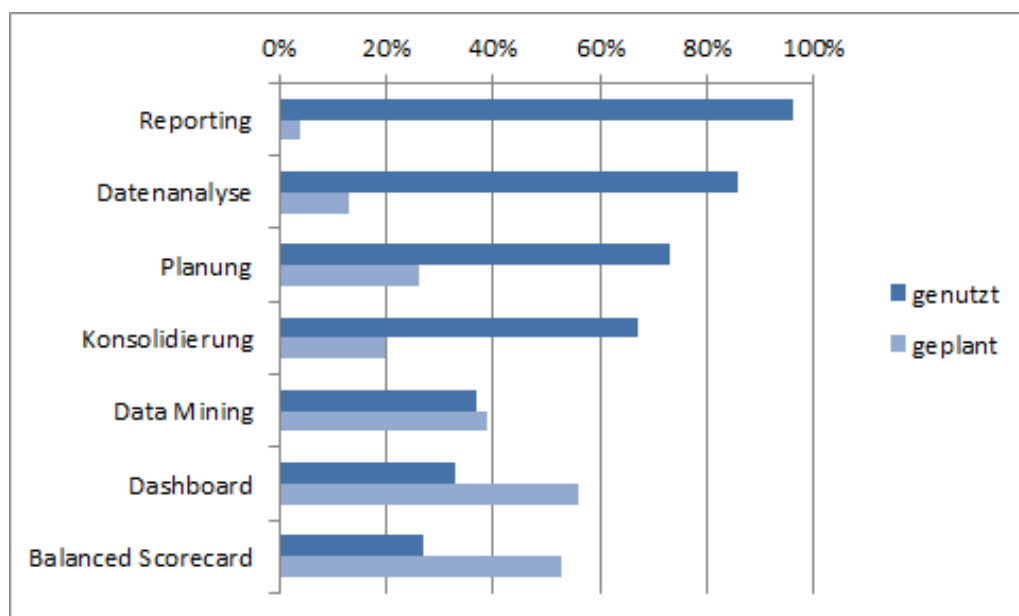


Abbildung 2.6: Aufgabenbereiche von BI-Software in mittelständischen Unternehmen⁴⁴

2.4.4.1 Reporting

Das betriebliche Reporting wird oft auch als „Berichtswesen“ oder „Ergebnispräsentation“ bezeichnet. Berichte stellen Kommunikationsinhalte dar und werden von den Informationserzeugern den Informationsnutzern zur Verfügung

⁴²vgl. C. Bange/Köthner: *BARC - Guide Business Intelligence* (2008), S. 10.

⁴³vgl. Chamoni: *Analytische Informationssysteme : Business - Intelligence - Technologien und -Anwendungen* (2010), S. 141.

⁴⁴vgl. C. Bange/Köthner: *BARC - Guide Business Intelligence* (2008), S. 10

gestellt. Alle Inhalte, die in dieser Form kommuniziert werden, haben Berichtscharakter. „Berichten“ steht daher für die Weitergabe von Informationen, wobei der Bericht als Medium zur Informationsweitergabe dient. Im Allgemeinen ist die Controlling-Abteilung des Unternehmens für das Berichtswesen verantwortlich.⁴⁵

Grundsätzlich wird zwischen dem internen- und externen Berichtswesen unterschieden. Das externe Berichtswesen dient der Informationsweitergabe (Geschäftsberichte, Jahresabschlüsse etc.) nach außen. Das interne Berichtswesen wird für die interne Steuerung des Unternehmens verwendet. Die weitergegebenen Informationen dienen der Managementebene zur Entscheidungsfindung und Kontrolle. Dabei sollen an die entsprechenden Stellen nur jene Informationen weitergegeben werden, die auch für den Entscheidungsträger relevant sind. Vor der Einführung des Berichtswesens müssen daher die folgenden Punkte geklärt werden:⁴⁶

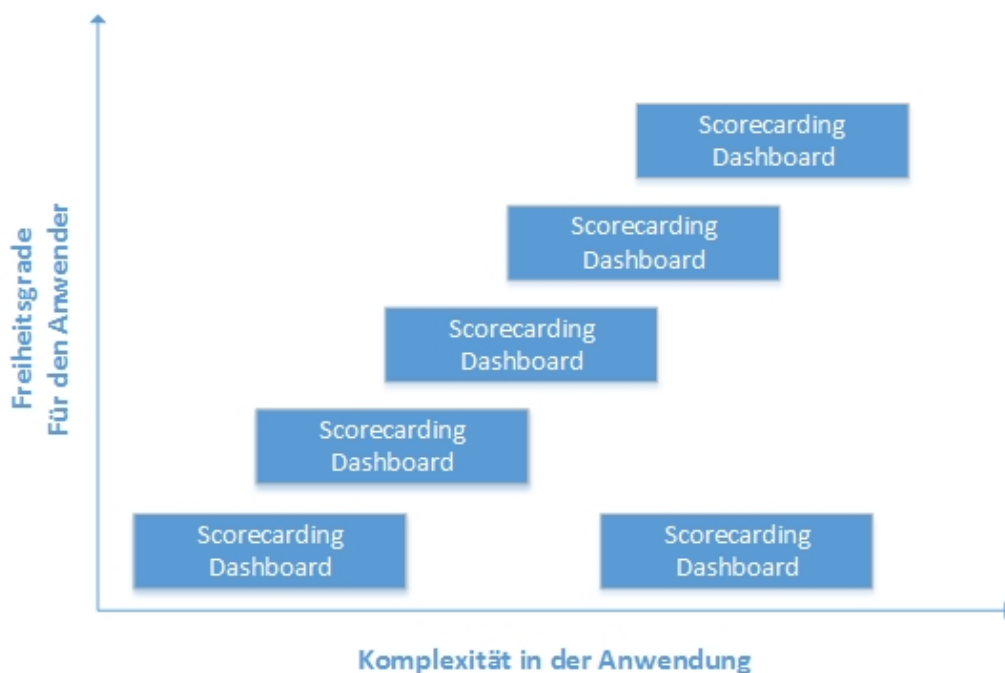


Abbildung 2.7: Klassen von Business Intelligence Anwendungen⁴⁷

⁴⁵vgl. Taschner: *Management Reporting Erfolgsfaktor internes Berichtswesen* (2013), S. 38.

⁴⁶vgl. Kropfberger/Winterheller: *Controlling - Instrumente der strategischen und operativen Unternehmensführung* (2007), S. 2-3.

⁴⁷vgl. Chamoni: *Analytische Informationssysteme : Business - Intelligence - Technologien und -Anwendungen* (2010), S. 141

- wer bekommt Informationen
- welche Informationen sind relevant
- wie sollen die Informationen aufbereitet sein (Präsentationsform)
- wie oft müssen die Informationen zur Verfügung gestellt werden (Berichtsintervall)

Nicht nur der Inhalt der Berichte sondern auch die Gestaltung beeinflusst die Entscheidungen. Die Berichte sollten daher im gesamten Unternehmen eine einheitliche Struktur haben. Eventuell notwendige Änderungen müssen mit den Verantwortlichen detailliert abgestimmt werden, um die Entscheidungsfindung nicht zu erschweren. Bei der Festlegung der Berichtsintervalle muss ein Kompromiss zwischen der aufzubringenden Arbeitszeit für die Berichterstellung und der Aktualität der Informationen getroffen werden. Push-Berichte werden von den Controllern bspw. monatlich oder quartalsweise den Informationsempfängern zur Verfügung gestellt. Wird ein kürzeres Berichtintervall benötigt, so empfiehlt sich die Verwendung von Pull-Berichten. Pull-Berichte müssen von den Informationsempfängern explizit angefordert werden.⁴⁸

Das Bereitstellen der Berichte kann auf unterschiedliche Arten erfolgen:⁴⁹

- Bei der Verteilung der Berichte mittels E-Mail wird das Format und Layout beim Drucken nicht verändert. Außerdem ist die Integration in die bestehende Infrastruktur meist ohne größeren Aufwand möglich.
- Dedizierte Berichtssysteme bereiten die Daten regelmäßig auf und machen diese in Berichtsform abrufbar. Die Berichtssysteme sind zuständig für die Berichtsgestaltung, Berichterstellung und Berichtsverteilung. Sie werden meist bei größeren Datenmengen verwendet.
- Die Verteilung der Berichte über ein Web-Portal ermöglicht einen einfachen Zugriff. Die Informationen sind dadurch online verfügbar und können zentral aktualisiert werden.

2.4.4.1.1 Ad-hoc-Reporting

Das Standardreporting ist vor allem durch die starren Strukturen und Inhalte eingeschränkt. Zusätzlich verringern die fixen Zeitpunkte der Berichterstattung die Flexibilität. Oft werden die Informationen zu nicht definierten Zeitpunkten in einer zuvor nicht definierten Form und Struktur benötigt. Ad-hoc-Reports

⁴⁸vgl. Kropfberger/Winterheller: [Controlling - Instrumente der strategischen und operativen Unternehmensführung](#) (2007), S. 2-3.

⁴⁹vgl. Taschner: [Management Reporting Erfolgsfaktor internes Berichtswesen](#) (2013), S. 168.

ermöglichen, im Gegensatz zum Standardreporting, eine flexiblere Berichterstattung.⁵⁰ Die Inhalte des Ad-hoc-Reportings sind weitestgehend individuell, anlassbezogen und auf die jeweilige Aufgabenstellung ausgerichtet. Ad-hoc-Reports sind daher komplexer und kostenintensiver im Vergleich zu Standardreports. Die Tabelle 2.1 stellt die Unterschiede der beiden Reportingarten gegenüber.⁵¹

Kriterium	Standardreporting	Ad-hoc-Reporting
Anteil am Informationsbedarf:	80-90 %	10-20 %
Zeitnähe:	kritisch	extrem kritisch
Flexibilität:	bewusst niedrig	sehr hoch
technische Anforderungen:	mittel - hoch	hoch - sehr hoch
Adressatenkreis:	bereit	eng
Kommunikation der Information:	tw. Selbstbedienung	durch Controlling

Tabelle 2.1: Unterscheidung Standard- und Ad-hoc-Reporting⁵²

2.4.4.2 Analyse

Datenbanksysteme, vor allem Data-Warehouse-Systeme, ermöglichen dem Anwender einen effizienten Informationszugang. Vor allem im Vergleich zum Ad-hoc-Reporting ermöglicht die Analyse einen weitergehenden Zugriff auf die Daten sowie einen erweiterten Funktionsumfang. Der Fokus des Ad-hoc-Reporting liegt vor allem in der Erstellung von Berichten. Zusätzlich zu der explorativen Untersuchung der Daten ermöglicht die Analyse auch eine Änderung der Datenstruktur. So ist es bspw. möglich neue Produktkategorien exemplarisch zu simulieren und zu analysieren.

In der Vergangenheit hat sich die vorherrschende multidimensionale Analyse etabliert. Zusätzlich zur multidimensionalen Analyse finden sich in den letzten Jahren jedoch auch vermehrt Werkzeuge zur mengenorientierten- bzw. assoziativen Analyse. Durch ihre unterschiedlichen Vorteile stehen die beiden Analyseverfahren nicht in Konkurrenz zueinander, sondern ergänzen sich gegenseitig.⁵³

⁵⁰vgl. Gleich: *Management Reporting: Grundlagen, Praxis und Perspektiven [Grundlagen des Management Reportings aus wissenschaftlicher und praxisorientierter Sicht ; Praxisbeispiele und Best Practices aus unterschiedlichen Branchen ; Innovative Reportingansätze und Zukunftsperspektiven]* (2008), S. 142.

⁵¹vgl. Waniczek: *Richtig berichten: Managementreports wirksam gestalten* (2009), S. 23.

⁵²vgl. ebd., S. 23

⁵³vgl. Chamoni: *Analytische Informationssysteme : Business - Intelligence - Technologien und -Anwendungen* (2010), S. 147-150.

2.4.4.2.1 multidimensionale Analyse

Multidimensionale Datenbanken (bspw. OLAP-Datenbanken) ermöglichen die Analyse der Daten in einem modellierten, dimensionalen Raum. Der Fokus liegt vor allem auf Kennzahlen, die über verschiedene Dimensionshierarchien und deren Attribute aggregiert werden können. Oft wird Excel (siehe Abbildung 2.8) als Frontend für die mehrdimensionale Datenanalyse verwendet. Es gibt mehrere Anbieter, die eigenständig entwickelte Frontends für die mehrdimensionale Datenanalyse zur Verfügung stellen. Meistens bieten diese Anbieter neben einem größeren Funktionsumfang und einer einfacheren, flexibleren Bedienung auch eine Schnittstelle zu Excel. Dadurch können die Daten mit den allgemein bekannten Excel Funktionen analysiert werden.⁵⁴

The screenshot shows an Excel PivotTable with the following data:

Zeilenbeschriftungen	Year 2007	Year 2008	Year 2009	Gesamtergebnis
Audio	€1.621.529,11	€2.856.880,56	€4.087.513,90	€8.565.923,57
TV und Video	€22.122.598,28	€25.577.950,34	€26.865.048,86	€74.565.597,47
Computer	€62.239.129,90	€54.643.369,37	€61.761.342,49	€178.643.841,77
Kameras und Camcorder	€57.675.599,95	€45.333.901,67	€37.962.117,94	€140.971.619,56
Mobiltelefone	€18.641.547,92	€13.940.489,83	€16.037.625,64	€48.619.663,39
Musik, Filme und Audiobücher	€3.721.629,32	€2.866.927,76	€2.299.186,31	€8.887.743,40
Spiele und Spielsachen	€4.069.241,97	€3.750.060,17	€7.409.174,25	€15.228.476,39
Haushaltsgeräte	€77.450.842,55	€84.492.712,77	€69.859.062,50	€231.802.617,82
Gesamtergebnis	€247.542.119,01	€233.462.292,48	€226.281.071,89	€707.285.483,37

The PivotTable-Tools task pane on the right shows the following settings:

- Anzeigen von Feldern, die verwandt sind mit: (Alle)
- Sales Amount (checked)
- Sales Discount Amount (unchecked)
- Sales Discount Quantity (unchecked)
- Sales Quantity (unchecked)
- Sales Return Amount (unchecked)
- Sales Return Quantity (unchecked)
- Felder zwischen den Bereichen unten ziehen:
 - Berichtsfilter: Geography Hierarchy, Scenario Name
 - Spaltenbeschriftungen: Calendar YQMD
 - Zellenbeschriftungen: Product
 - Werte: Revenue
- Layoutaktualisierung zurückstellen (unchecked)
- Aktualisieren (button)

Abbildung 2.8: Excel Pivot Table - Tools

2.4.4.2.2 mengenorientierte - assoziative Analyse

Die mengenorientierte Analyse ermöglicht es, die Daten anhand ihrer Dimensionsattribute zu Gruppen zusammenzufassen und zu analysieren. So können bspw. Kunden in unterschiedliche Altersklassen eingeteilt werden und das Kaufverhalten im Hinblick auf den Unternehmensumsatz analysiert werden. Ein weiterer Vorteil der mengenorientierten Analyse liegt in der hohen Geschwindigkeit.

⁵⁴vgl. Chamoni: *Analytische Informationssysteme : Business - Intelligence - Technologien und -Anwendungen* (2010), S. 148-149.

keit, mit der die Daten und ihre Zusammenhänge analysiert werden können. Bei der strukturorientierten Analyse von aggregierten Daten sind mehrdimensionale Analysewerkzeuge von Vorteil.⁵⁵

2.4.4.3 Planung

Planung ist der Prozess zur Erkenntnis und Lösung von Zukunftsproblemen. Die Planung in Unternehmen wird auch als Unternehmensplanung bezeichnet und ist in der Unternehmensführung unverzichtbar. Der Planungshorizont definiert den Planzeitraum und kann in kurz-(1 Jahr), mittel-(1-5 Jahre) und langfristige (> 5 Jahre) Planung eingeteilt werden. Oft dienen längerfristige Pläne als Vorlage für die kurz- und mittelfristige Planung.⁵⁶

Die Unternehmensplanung ermöglicht eine klare Zielformulierung, dadurch wird die Genauigkeit der Kontrolle, ob die Zielvorgaben erreicht wurden, erhöht. Durch Abweichungsanalysen und Frühwarnsysteme wird die Flexibilität erhöht und eine effektive und effiziente Unternehmensführung ermöglicht. Außerdem können Wettbewerbsvorteile durch das frühzeitige erkennen von Chancen erreicht werden. Bei der Unternehmensplanung kann zwischen der strategischen und operativen Unternehmensplanung differenziert werden. Strategisch planen bedeutet „Die richtigen Dinge tun“ wohingegen es bei operative Planung eher um „Die Dinge richtig tun“ geht. Die Unterschiede zwischen der strategischen und operativen Planung sind in Tabelle 2.2 dargestellt.⁵⁷

Die Planung stellt an die verschiedenen BI-Werkzeuge besondere Anforderungen. Vor allem, da im Vergleich zu den Analyse- und Reportingwerkzeugen, der Datenfluss bidirektional ist und die geplanten Daten wieder in die Datenbank zurückgeschrieben werden müssen. Neben der Unterstützung von unternehmensspezifischen Planungs- und Budgetierungsprozessen muss die Möglichkeit zur Dateneingabe, Datenverteilung, Forecasting und Simulation gegeben sein. Die Werkzeuge müssen in der Lage sein, die unterschiedlichen Strukturen abzubilden und neben der multidimensionalen Top-Down oder Bottom-Up Planung individuelle branchenspezifische Planungen zu unterstützen. Bereits vordefinierte Planungsmodule, wie bspw. eine integrierte GuV-, Bilanz- und Finanzplanung, minimieren den Entwicklungsaufwand beim Kunden und reduzieren die Kosten.⁵⁸

⁵⁵vgl. Chamoni: *Analytische Informationssysteme : Business - Intelligence - Technologien und -Anwendungen* (2010), S. 150.

⁵⁶vgl. Lingnau: *Mittelstandscontrolling 2009* (2009), S. 35.

⁵⁷vgl. Gleich/Schentler: *Strategische und operative Planung in Kommunen: Koordination, Steuerung, Budgetierung* (2010), S. 19.

⁵⁸vgl. C Bange: *Business Intelligence: Systeme und Anwendungen - Werkzeuge und Techno-*

Merkmale	Strategische Planung	Operative Planung
Planungsziel:	Existenz der Unternehmung	Gewinn der Unternehmung
Zielinhalt:	Aufbau von Erfolgspotentialen	Nutzung von Erfolgspotentialen
Zielbezug:	Sachziele	Formalziele
Planungsfunktion:	Unternehmensplanung	Ausführungsplanung
Planungshorizont:	langfristig > 3 Jahre	kurzfristig (Monat, Quartal, Jahr)
Planungsebene:	Unternehmensleitung	Linienstellen
Informationsweg:	Top-down	Bottom-up
Aggregationsgrad:	hoch	niedrig
Differenzierung:	ein Gesamtplan	mehrere Teilpläne
Detaillierung:	grober Rahmenplan	verbindliche Einzelpläne
Formalisierung:	qualitativ - verbal	quantitativ - zahlenmäßig
Philosophie:	Umweltanpassung	Optimierung

Tabelle 2.2: Unterschiede zwischen strategischer und operativer Planung⁵⁹

2.4.4.4 Data Mining

Unter dem Begriff „Big Data“ werden unter anderem große Datenbestände verstanden. Diese entstehen durch ein steigendes Volumen der Daten, durch die steigende Geschwindigkeit mit der die Daten erzeugt und verarbeitet werden können, und die steigende Vielfalt der erzeugten Daten.⁶⁰

Große Datenbestände können wichtige Geschäftsdaten beinhalten, die bei einer „normalen“ Analyse nicht aufscheinen. Dies können bspw. Muster und Strukturen sein, die aufgrund des Volumens des Datenbestandes, des Geschäftsalltages oder fehlender Frühwarnsysteme nicht auffallen. Auch die Komplexität der Daten kann das Erkennen von Auffälligkeiten verhindern. Das Data Mining versucht daher, in strukturierten Daten neue, gültige und nützliche Informationen zu finden, die bei den restlichen Analysemethoden untergehen. So können bspw. durch die Analyse des Einkaufsverhaltens von Kunden, Verbesserungen für eine optimale Produkt- bzw. Werbeplatzierung getroffen werden.

Im Gegensatz zum Data Mining, bei dem die Daten in strukturierter Form vorliegen, versucht das Text-Mining-Wissen in unstrukturierten Datenbeständen zu entdecken. Unstrukturierte Datenbestände kommen häufig aus externen Informationsquellen. Vor allem Informationen aus dem Internet liegen oft in unstrukturierter Form vor, können jedoch nützlich für das Text Mining sein. Unternehmen sind so bspw. schneller in der Lage, auf Änderungen des Marktes zu rea-

logien für die Unternehmenssteuerung (2005), S. 7.

⁵⁹vgl. Buchholz: *Strategisches Controlling Grundlagen - Instrumente - Konzepte* (2013), S. 48

⁶⁰vgl. Klein/Tran-Gia/Hartmann: *Big Data* (2013), S. 320.

gieren.⁶¹

2.4.4.5 Cockpits - Scorecards

Cockpits werden oft auch als Dashboards bezeichnet. Dashboards bieten die Möglichkeit alle Daten, die vom Unternehmen als wichtig erachtet werden, in aggregierter Form zu überwachen. Sie bieten so die Möglichkeit, auf einen Blick alle wichtigen Unternehmensdaten zu analysieren. Kritische Informationen werden dabei so dargestellt, dass sie nicht vom Benutzer übersehen werden können. Von dem Dashboard ausgehend ist es normalerweise möglich, in Detailberichte zu navigieren. Diese beinhalten die Detailinformationen und können teilweise ebenfalls auf weitere Detailberichte verweisen. Mit individuell anpassbaren Dashboards können Benutzer eigene Analyseansichten erstellen und das Dashboard an die eigenen Bedürfnisse anpassen. Da die Hauptanwendergruppe das Top-Management ist, werden die Berichte meistens webbasiert zur Verfügung gestellt. Dadurch sind die Informationen orts- und zeitunabhängig verfügbar. Abbildung 2.9 zeigt einen exemplarischen Dashboard Bericht.⁶²

Scorecards können Teil eines Cockpits sein. Im Unterschied zu den Dashboards, die eine Sammlung von Scorecards, Berichten und anderer Elemente enthalten können, liegt bei den Scorecards der Fokus in der Analyse der „Key Performance Indicators“.

KPI's sind eine Ansammlung von Kennzahlen, die den gegenwärtigen und zukünftigen Unternehmenserfolg darstellen. Zur Darstellung der Werte werden Ampeln, Tachometer, Warnlichter oder ähnliche Grafiken verwendet. So kann eine Abweichung von einem geplanten Ziel bspw. mit einer roten Ampel signalisiert werden. Scorecards besitzen die folgenden Eigenschaften:⁶³

- nicht-finanzielle Kennzahlen (werden in keiner Währung ausgedrückt)
- regelmäßiges Messen
- das Top-Management handelt danach
- geben den Mitarbeitern eindeutige Anweisungen
- haben großen Einfluss

⁶¹vgl. Gentsch: *Data Mining im Controlling - Methoden, Anwendungsfelder und Entwicklungsperspektiven* (2003), S. 14-21.

⁶²vgl. Fiege: *Social Media Balanced Scorecard* (2012), S. 69,135.

⁶³vgl. *ebd.*, S. 98.

Controllingübersicht Budget 2011

Unternehmen: Bike GmbH

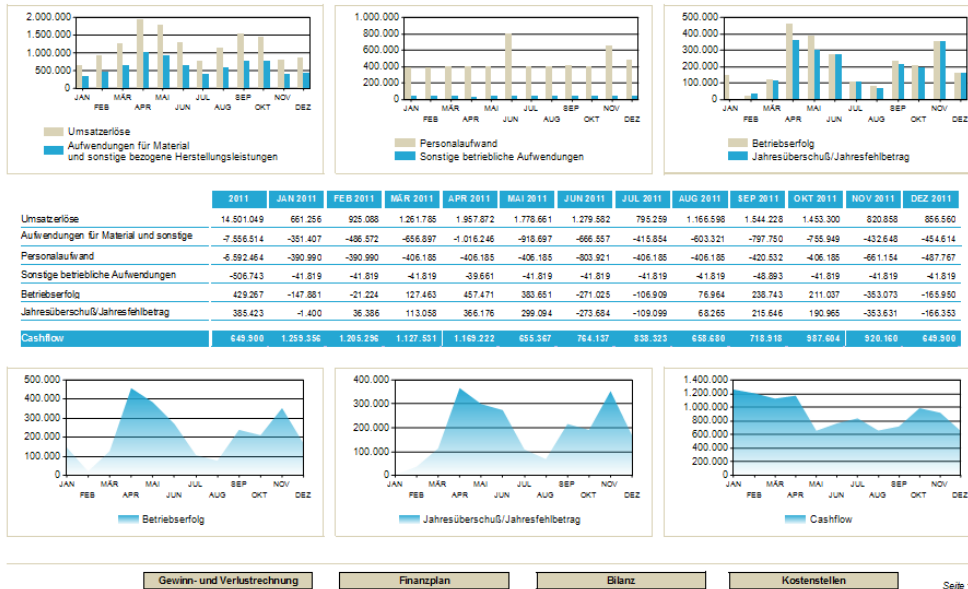


Abbildung 2.9: CoPlanner Cockpit⁶⁴

Die Abbildung 2.10 zeigt ein exemplarisches Tachometer Element einer Scorecard.



Abbildung 2.10: Scorecard Tachometer

2.4.4.6 Legale Konsolidierung

Durch das immer engere Zusammenwachsen des externen und internen Rechnungswesens ist auch die Konsolidierung wichtig für BI-Systeme. Grundsätzlich

⁶⁴vgl. CoPlanner GmbH: CoPlanner GmbH (2014)

werden bei der Konsolidierung einzelne Unternehmen (Tochterunternehmen) zu einem Gesamtunternehmen zusammengefasst. Die „legale Konsolidierung“ ist an rechtliche Vorgaben gebunden und für die regelmäßige Berichterstattung nach außen verantwortlich. Im Gegensatz dazu dient die Managementkonsolidierung der internen Berichterstattung gegenüber dem Management.⁶⁵

Für die Konsolidierung ist es notwendig, die Daten von unterschiedlichen Unternehmen in einem einheitlichen System zu vereinen. Durch die unterschiedlichen datenliefernden Einheiten, Strukturen und Prozesse werden die BI-Systeme vor besondere Herausforderungen gestellt. Die Werkzeuge müssen in der Lage sein, Rechnungslegungsstandards abzubilden und Reporting und Analyseanforderungen gerecht zu werden.⁶⁶

2.4.5 Datenhaltung

Die Grundvoraussetzung für BI-Systeme ist die Speicherung der Daten. Oft sind die Daten nicht auf einem zentralen System gespeichert, sondern sind redundant auf unterschiedlichen Systemen verteilt. Ein zentraler Speicherort ermöglicht es, die notwendige Qualität und Konsistenz der Daten zu gewährleisten. Im Folgenden sollen die möglichen Datenhaltungsarten und deren Konzepte beschrieben werden.⁶⁷

2.4.5.1 Operative - Dispositive Daten

Tagesaktuelle Daten sind nicht dafür geeignet, das Management bei der Entscheidungsfindung zu unterstützen. Diese Daten werden daher aus den operativen Systemen mittels verschiedener ETL-Prozesse (siehe 2.4.4.4) in das DWH übernommen. Die Daten werden als operative oder transaktionale Daten bezeichnet. Sobald die operativen Daten aufbereitet und in das DWH übernommen wurden, werden diese als dispositive Daten bezeichnet. Im Unterschied zu den operativen Daten werden dispositive Daten dauerhaft gespeichert und können nicht mehr verändert werden. Dispositive Daten werden daher auch als historische Daten bezeichnet. Oft bilden die operativen Systeme das Tagesgeschäft ab und sind daher nicht dafür konzipiert, die Daten dauerhaft zu speichern.⁶⁸

⁶⁵vgl. prevero Competence Center: [Unterschied legale und Managementkonsolidierung](#) (2014).

⁶⁶vgl. Chamoni: [Analytische Informationssysteme : Business - Intelligence - Technologien und -Anwendungen](#) (2010), S. 153.

⁶⁷vgl. Buhrymenka: [Erfolgreiche Unternehmensführung durch den Einsatz von Corporate Performance Management: Für Unternehmen mit Business Intelligence](#) (2012), S. 13-14.

⁶⁸vgl. Brychcy: [Business Intelligence: Potentiale und Anwendung im operativen Vertriebscontrolling der Energieversorgung](#) (2010), S. 25.

Neben den internen operativen Daten werden auch externe Daten in dispositive Daten transformiert und im DWH gespeichert. In der Tabelle 2.3 sind die Unterschiede zwischen den operativen und dispositiven Daten aufgelistet.⁶⁹

Merkmale	operative Daten	dispositive Daten
Ziel:	Geschäftsprozesse	Entscheidungsunterstützung
Ausrichtung:	Geschäftsvorfalldaten	verdichtete, transformierte Daten
Zeitbezug:	aktuell	aufgabenunabhängige Aktualität
Modellierung:	funktionsorientiert	standardisiert
Zustand:	redundant; inkonsistent	konsistent, kontrollierte Redundanz
Update:	laufend und konkurrierend	ergänzend

Tabelle 2.3: Unterschiede zwischen operativen und dispositiven Daten⁷⁰

2.4.5.2 Data Marts

Normalerweise bilden DWH's das gesamte Unternehmen ab. Dies kann jedoch aufgrund der Komplexität oder des zu erwartenden Aufwands nicht immer gewünscht sein. Data Marts bilden nur einen Teil des Unternehmens ab. Neben der geringeren Komplexität und dem kleineren Aufwand, verringert sich auch die Datenmenge. Die benötigten Analysen sind teilweise nicht mehr performant genug und es bietet sich an einen Teil der Daten in einen Data Mart auszulagern. Dadurch sind viele Systeme wieder in der Lage die Performance Anforderungen zu erfüllen. In der Tabelle 2.4 sind die Unterscheidungsmerkmale zu DWH's aufgelistet. Besonders Abteilungen eignen sich zur Einführung von Data Marts, da diese als eigenständige Organisationseinheit abgebildet werden können. Data Marts können auch dazu verwendet werden, um ein DWH schrittweise zu erstellen. So können nacheinander alle Organisationseinheiten in das DWH integriert werden.⁷¹

⁶⁹vgl. Noé: *Praxisbuch Teamarbeit: Aufgaben, Prozesse, Methoden* (2012), S. 113-114.

⁷⁰vgl. Buhrymenka: *Erfolgreiche Unternehmensführung durch den Einsatz von Corporate Performance Management: Für Unternehmen mit Business Intelligence* (2012), S. 15

⁷¹vgl. Geisler: *Datenbanken: Grundlagen und Design* (2009), S. 417.

Merkmale	Data Mart	Data-Warehouse
Anwendungsbezug:	bereichsorientiert	bereichsneutral
Reichweite:	Abteilung / Bereich	gesamtes Unternehmen
Aggregationsgrad:	niedrig	hoch
Datenmengen:	niedrig	hoch
Mengen historischer Daten:	niedrig	hoch
Anzahl im Unternehmen:	mehrere	eins oder wenige

Tabelle 2.4: Abgrenzung Data-Mart - Data-Warehouse⁷²

2.4.6 Markt

Die Lünendonk GmbH beobachtet den deutschen BI-Markt schon seit mehreren Jahren und veröffentlicht jährlich eine Zusammenfassung der Analyseergebnisse. Am deutschen BI-Markt sind vor allem inhabergeführte, mittelständische Anbieter vertreten, die lokal am Binnenmarkt agieren.

Insgesamt stiegen die Wartungs- und Lizenzerlöse im deutschen BI-Markt im Jahr 2012 um 13 Prozent im Vergleich zum Vorjahr. Von den insgesamt 250 Anbietern mit über 600 Produkten konnten einige dreistellige Zuwachsraten erreichen. Unterteilt man die am Markt befindlichen Produkte in BI-, Frontend- und Datenmanagement-Tools, so zeigt sich, dass vor allem die Datenmanagement-Tools ein starkes Wachstum verzeichnen konnten. Anscheinend entsteht hier ein wachsender Bedarf durch die immer größer werdenden Datenmengen innerhalb der Unternehmen.⁷³

Der Umsatzanteil durch Geschäfte aus dem Ausland ist derzeit noch gering. Die Summe steigt jedoch auch in diesem Bereich jährlich. Prozentual gesehen verzeichnen einige Anbieter sogar stärkere Umsatzzuwächse im Ausland als im Inland. Der durchschnittliche Exportanteil der Anbieter liegt bei rund 10 Prozent.

Der Neukundenanteil ist trotz der Umsatzsteigerungen zurückgegangen. Der Anteil der Neukunden, in Bezug zur Gesamtkundenanzahl, beträgt 6 Prozent. Im Vorjahr betrug der Wert noch 9 Prozent. Für die Umsatzsteigerungen sind daher nicht die Neukunden sondern die Bestandskunden verantwortlich. Gründe dafür sind unter anderem der erhöhte Bedarf an Consulting-Tätigkeiten, Wartungsgebühren, Updates, zusätzlichen Lizenzen oder der Querverkauf von ergänzenden Produkten.

⁷²vgl. Mertens/M. Meier: *Integrierte Informationsverarbeitung 2: Planungs- und Kontrollsysteme in der Industrie* (2008), S. 34

⁷³vgl. C. Bange/Janoschek/Alexander: *Der Markt für Business Intelligence in Deutschland 2012* (2013), S. 5.

Auch für die kommenden Jahre gehen die befragten Unternehmen von ähnlichen Prognosen aus. Keines der befragten Unternehmen erwartet eine Stagnation oder gar einen Umsatzrückgang. Aufgrund der veränderten Kundenbedürfnisse und der steigenden Anforderungen der Kunden wird der Konkurrenzkampf zwischen den Anbietern jedoch größer. Vor allem im Vergleich mit den großen Herstellern wie IBM, SAP oder Oracle werden sich die BI-Standard-Softwarehersteller behaupten müssen. Der Fokus wird dabei immer mehr auf die analytischen Komponenten gelegt. Aber auch das steigende Datenvolumen und die Komplexität der Daten stellt die Anbieter vor neue Herausforderungen.⁷⁴

2.4.6.1 PerformancePoint Server

Microsoft hat im Jahr 2007 den PerformancePoint Server als eigenständiges Business-Intelligence-System am Markt eingeführt. Dadurch wurde das bereits zu diesem Zeitpunkt sehr starke Datenbank- und Analyse-System des SQL Servers um ein leistungsfähiges Corporate-Performance-Management-System erweitert. Der PerformancePoint Server war außerdem vollständig in die Microsoft-Office-Umgebung integriert und erleichterte den Benutzern dadurch den Umgang mit dem System. Im Hinblick auf BI-Systeme unterstützte der PerformancePoint Server die folgenden Module:⁷⁵

- Bewertungslisten
- Dashboards - Scorecards
- Reporting
- Analyse
- Planung
- Budgets
- Prognosen
- Konsolidierung

Im Jahr 2009 wurde die Weiterentwicklung des PerformancePoint Servers überraschend eingestellt. Als Grund dafür wurden die zu geringen Verkaufszahlen vermutet. Außerdem nutzten die Kunden eher die Analyse, als die Planungsfunktionen des Tools. Zusätzlich benötigt die Integration eines Planungstools in

⁷⁴vgl. Lünendonk: [Business Intelligence als Kernkompetenz](#) (2013).

⁷⁵vgl. Microsoft: [Produktübersicht für Microsoft Office PerformancePoint Server 2007](#) (2007).

bestehende IT-Infrastrukturen ein hohes Maß an Know-how und teilweise erhebliche Consulting-Kapazitäten. Die Analysefunktionen wurden daher in den SharePoint-Enterprise-Server integriert. Durch den hohen Stellenwert der Planung in BI-Systemen hinterlässt der PerformancePoint Server eine große Lücke im Produktportfolio von Microsoft. Derzeit gibt es von Microsoft kein Tool am Markt das alle BI-Anforderungen erfüllen kann.⁷⁶

2.5 Datenbanktechnologien

Microsoft hat bereits im Jahr 1998 neben den relationalen Datenbanken die „Microsoft SQL Server Analysis Services“ im SQL Server 7.0 integriert. Dadurch war es möglich, zusätzlich zu den 2-dimensionalen Datensichten, performante multidimensionale Analysesichten auf Basis der relationalen Datenquellen zu generieren. Grundsätzlich dienen relationale Datenbanken meistens als Basis für die darauf aufbauende Data-Warehouse-Technologie. Diese wiederum wird als Datenquelle von multidimensionalen Systemen wie bspw. dem Online-Analytical-Processing verwendet. Im Folgenden sollen die beiden Technologien beschrieben werden.⁷⁷

2.5.1 Datenbanken

Datenbanken verwalten Informationen. Dazu müssen sie mehrere Aufgaben erfüllen:⁷⁸

- Nur befugte Benutzer dürfen Zugriff auf die Daten haben.
- Falsche oder fehlerhafte Transaktionen dürfen keine Auswirkungen auf den Datenbestand haben.
- Applikationen müssen unabhängig von den internen Änderungen in der Datenstruktur funktionieren.

Transaktionen dienen der Interaktion mit dem Datenbankmanagementsystem. Sie ermöglichen es mehreren Benutzern mit den Daten der Datenbank zu interagieren, wobei Änderungen erst nach außen sichtbar werden, wenn diese

⁷⁶vgl. Business Media GmbH: [SharePoint statt PerformancePoint - Planung, Budgetierung Das Aus für Microsoft PerformancePoint](#) (2009).

⁷⁷vgl. Urban: [Innovative Technologien in der Business Intelligence Welt](#) (2011), S. 40-42.

⁷⁸vgl. Steiner: [Grundkurs Relationale Datenbanken: Einführung in die Praxis der Datenbankentwicklung für Ausbildung, Studium und IT-Beruf \(German Edition\)](#) (2009), S. 5-6.

diverse Bedingungen erfüllen. Allgemein sollten Datenbankmanagementsysteme immer versuchen die ACID-Kriterien zu erfüllen. ACID steht für *Atomicity*, *Consistency*, *Isolation* und *Durability* und garantiert konsistente Datenbankzustände. Dabei werden inkonsistente Zustände nicht übernommen und sind niemals nach außen sichtbar:⁷⁹

- *Atomicity* (Atomarität)

Transaktionen werden entweder ganz oder gar nicht durchgeführt. Zwischenzustände einer Transaktion beeinflussen andere Transaktionen nicht und können auf den Ursprungszustand zurückgesetzt werden, falls die Transaktion nicht ganz durchgeführt werden kann.

- *Consistency* (Konsistenz)

Während den Transaktionen ist es möglich, dass einzelne Konsistenzbedingungen nicht erfüllt werden. Die Datenbank muss jedoch vor und nach jeder Transaktion einen konsistenten Zustand haben.

- *Isolation* (Isolation)

Parallel ausgeführte Transaktionen dürfen keine Auswirkungen aufeinander haben. Egal ob eine Transaktion alleine oder parallel mit anderen Transaktionen ausgeführt wird, das Ergebnis muss immer gleich sein.

- *Durability* (Dauerhaftigkeit)

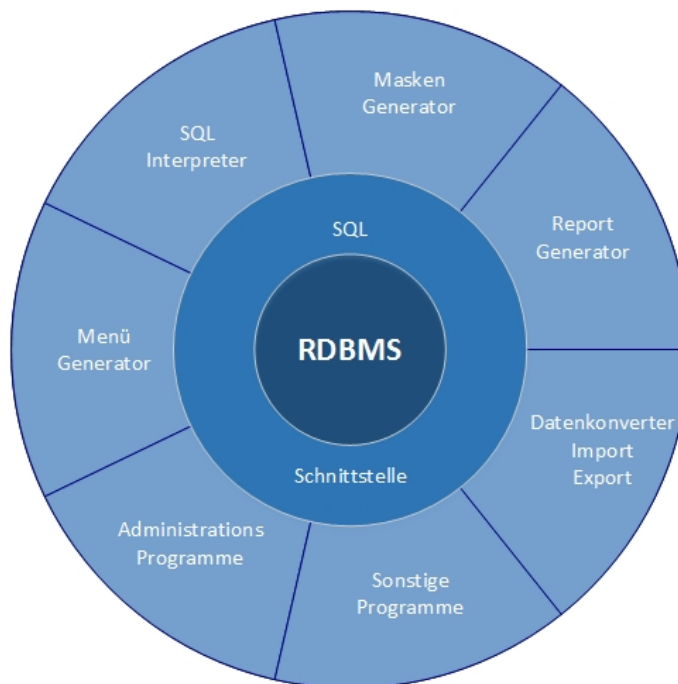
Datenbankzustände dürfen nur durch Transaktionen verändert werden. Das Ergebnis der Transaktion muss dauerhaft gespeichert werden und darf sich nicht verändern.

Um die Transaktionen durchführen zu können wird eine Datenbanksprache benötigt. Verwendet werden können alle Datenbanksprachen, die vom Datenbankmanagementsystem unterstützt werden. Für relationale Datenbanken hat sich vor allem SQL als Anfragesprache etabliert. Es existieren jedoch viele weitere Datenbanksprachen wie bspw. QUEL oder QBE.⁸⁰ Das Datenbankmanagementsystem bildet den Kern der Datenbank. Interaktionen mit den Daten können nur über die definierten Schnittstellen des Datenbankmanagementsystems durchgeführt werden. Die Grafik 2.11 zeigt die weiteren Bestandteile relationaler Datenbanken.⁸¹

⁷⁹vgl. A. Meier: *Relationale und postrelationale Datenbanken* (2010), S. 104-105.

⁸⁰vgl. Saake/Sattler/Heuer: *Datenbanken: Konzepte und Sprachen* (2010), S. 345.

⁸¹vgl. Steiner: *Grundkurs Relationale Datenbanken: Einführung in die Praxis der Datenbankentwicklung für Ausbildung, Studium und IT-Beruf (German Edition)* (2009), S. 8.

Abbildung 2.11: Bestandteile relationaler Datenbanken⁸²

Für die Speicherung der Daten wurden im Laufe der Zeit verschiedenste Datenbankmodelle entwickelt. Hauptsächlich unterscheiden sich die einzelnen Modelle in der Sicht auf die Daten und ihre formale Struktur. Zu den wichtigsten Datenbankmodellen zählen die folgenden drei:⁸³

- Hierarchisches- und Netzwerk-Modell

Das hierarchische Datenbankmodell ist nach der Baumstruktur aufgebaut. Als Einstiegspunkt kann jeweils nur ein einziger Objekttyp verwendet werden. Zusätzlich darf ein untergeordneter Objekttyp jeweils nur einem einzelnen übergeordneten Objekttyp zugeordnet werden. Bei der Informationssuche wird vom Einstiegspunkt ausgehend nach unten gesucht. Es ist nicht möglich die Suchrichtung umzukehren.

Die Netzwerk-Modelle versuchen die Unzulänglichkeiten der hierarchischen Modelle zu mildern. Im Unterschied zum hierarchischen Datenbankmodell können beim Netzwerk-Modell beliebig viele Verbindungen zugeordnet werden. Es besteht daher keine Strukturrichtlinie. Außerdem kann

⁸²vgl. Steiner: *Grundkurs Relationale Datenbanken: Einführung in die Praxis der Datenbankentwicklung für Ausbildung, Studium und IT-Beruf (German Edition)* (2009), S. 8

⁸³vgl. Burnus: *Datenbankentwicklung in IT-Berufen : Eine praktisch orientierte Einführung mit MS Access und MySQL* (2008), S. 12-14.

grundsätzlich jeder Objekttyp als Einstiegspunkt verwendet werden. In der Abbildung 2.12 sind die beiden Modelle gegenübergestellt.⁸⁴

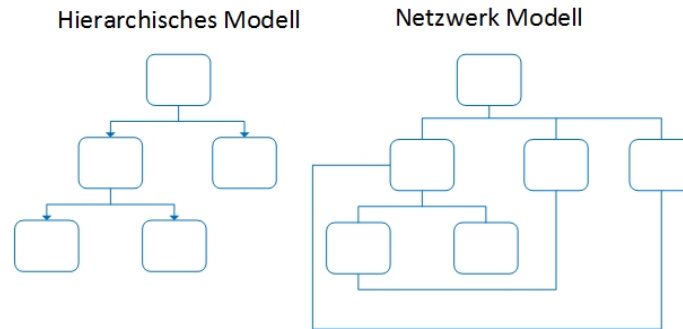


Abbildung 2.12: Hierarchisches und Netzwerk Modell

- Relationales Modell

Relationale Datenbanken wurden schon im Jahr 1970 von Edgar F. Codd entwickelt und sind bis heute ein etablierter Standard. Grundsätzlich beinhalten die relationalen Datenbanken mehrere Tabellen, wobei jeder Datensatz einer Tabelle über einen Schlüssel eindeutig identifizierbar ist. Diese Schlüssel ermöglichen es, die Tabellen in Relation zueinander zu stellen. Das relationale Modell ist einfach aufgebaut und ermöglicht es, schnell Daten anhand verschiedener Kriterien miteinander zu verknüpfen und tabellarisch darzustellen. Zwei Tabellen sind in der Abbildung 2.13 über die „id“ Spalten in Relation zueinander gestellt.⁸⁵

Relationales Modell

tb_persons			tb_adr		
pers_id	pers_vname	pers_nname	pers_id	street	postal_code
1	John	Smith	2	Bay Avenue	94389
2	Jens	Tester	3	California Street	46434
3	Thomas	Mayer	1	Central Street	14825

Abbildung 2.13: Relationales Modell

⁸⁴vgl. Jarosch: *Grundkurs Datenbankentwurf: Eine beispielorientierte Einführung für Studenten und Praktiker* (2009), S. 117-120.

⁸⁵vgl. Pfefferer: *Objektzentrierte Visualisierung mehrdimensionaler Daten als Erweiterung konventioneller Datenbankmodelle* (1996), S. 46.

- Objektorientiertes Modell

Objektorientierte Datenbankmodelle sind an objektorientierte Programmiersprachen angelehnt und speichern die Daten nicht in einer Tabelle, sondern verwalten diese als Objekte, wobei mehrere Objekte einer Klasse zugeordnet werden können. Die Attribute der Objekte werden über dessen Methoden abgefragt. Dadurch ist es im Vergleich zu den relationalen Datenbankmodellen auch möglich, komplexere Datenstrukturen relativ einfach abzubilden. Vor allem müssen objektorientierte Softwareprogramme jedoch nicht mehr die Daten auf ein relationales Datenbankmodell umstrukturieren, um diese speichern zu können.⁸⁶

2.5.2 Multidimensionale Datenbanken

Multidimensionale Modelle sind vor allem bei multidimensionalen Analysen wichtig. Multidimensionalen Analysen ermöglichen eine schnelle Auswertung der Daten über zwei oder mehrere Dimensionen. Ein Anwendungsbereich für mehrdimensionale Datenanalysen ist vor allem bei DWH's (siehe 2.4.2.2) gegeben. Nur so können die üblicherweise großen Datenmengen sinnvoll analysiert werden.

Zusätzlich werden multidimensionale Analysen für das „Data Mining“ (siehe 2.4.4.4) verwendet. Organisationen, die bereits multidimensional aufgebaut sind eignen sich besonders für Anfragen von Data-Mining-Werkzeugen.

Multidimensionale Modelle sind außerdem die Basis für OLAP-Systeme. OLAP steht für *On-Line Analytical Processing* und ist eine Methode zur multidimensionalen Datenanalyse. Diese Systeme ermöglichen es eine große Anzahl an Detaildatensätzen zu aggregieren und auf Gruppenelementen der Dimensionen auszuwerten. Unternehmen, bei denen die Daten bereits mehrdimensional aufgebaut sind, eignen sich besonders für OLAP-Analysen.⁸⁷

2.5.2.1 On-Line Analytical Processing

Der Begriff OLAP wurde das erste Mal im Jahr 1993 von Edgar F. Codd, dem Erfinder der relationalen Datenbanken, erwähnt. Edgar F. Codd versuchte zu analysieren inwieweit relationale Datenbanken für multidimensionale Auswertungen geeignet sind. Bereits damals gab es Möglichkeiten zur mehrdimensionalen

⁸⁶vgl. Kruth: *Grundlagen der Informationstechnik: - Kompaktwissen für Daten-schutz- und Security-Management* (2009), S. 42.

⁸⁷vgl. Jensen/Pedersen/Thomsen: *Multidimensional Databases and Data Warehousing* (2010), S. 1-2.

Analyse. EIS- oder MIS-Systeme ermöglichten eine mehrdimensionale Analyse. Die Analysen waren jedoch starr und die Systeme waren nicht in der Lage, auf geänderte Unternehmensstrukturen einzugehen. Nur IT-Fachkräfte konnten mit entsprechenden Werkzeugen neue Analysesichten bereitstellen. OLAP-Systeme füllen diese Lücke und ermöglichen einfache, leistungsfähige und flexible Analysen, die ohne zusätzliche Hilfe vom Management selbstständig durchgeführt werden können.⁸⁸

OLAP-Systeme können in die analytischen Informationssysteme eingeordnet werden. Die, von den analytischen Informationssystemen verwendeten Daten stammen hauptsächlich von operativen Informationssystemen. Diese Systeme werden auch unter dem Begriff „On-Line Transaction Processing“ zusammengefasst. OLTP-Systeme ermöglichen die Echtzeitverarbeitung der Transaktionen von Geschäftsprozessen. In der Abbildung 2.14 werden die Anforderungen von OLAP- und OLTP-Systemen gegenübergestellt.⁸⁹

⁸⁸vgl. Azevedo: *Business Intelligence und Reporting mit Microsoft SQL Server 2008* (2009), S. 44.

⁸⁹vgl. J. Bauer: *Controlling für Industrieunternehmen : kompakt und IT-unterstützt - mit SAP-Fallstudie* (2006), S. 31.

Funktionsblock	Anforderung	OLTP	OLAP
Datennutzung	Primärziel	Abwicklung von Geschäftsprozessen	Informationen für Management; Entscheidungsunterstützung
	Ergonomie	strukturiert; oft statisch im Programmcode	benutzerfreundliche Ad-hoc Anfragen; vorgefertigte Berichte
Datenbereitstellung	Fokus	Daten lesen, schreiben, ändern und löschen	multidimensionale Analysen
Datenhaltung	Datenorganisation	funktions- bzw. geschäftsorientiert	themenorientiert
	Zustand	häufig redundant; tlw. Inkonsistent	integriert
	Beständigkeit	flüchtig (werden überschrieben)	beständig
	Zeitbezug	aktuell; zeitpunktbezogen	zeitliche Varianz, Historie

Abbildung 2.14: Anforderungen an operative und analytische Informationssysteme⁹⁰

Edgar F. Codd erstellte eine Liste mit zwölf Anforderungsregeln an OLAP-Systeme. Diese sollten helfen, OLAP-Systeme von anderen Systemen besser abgrenzen zu können:⁹¹

1. **Multidimensionale Sicht:** Mehrdimensionale Sicht auf das Datenmaterial.
2. **Transparenz:** Trennung zwischen der Benutzerschnittstelle und der Architektur des Systems. Die technische Umsetzung ist für den Benutzer nicht relevant.
3. **Zugriffsmöglichkeiten:** Benutzer müssen variabel über definierte Benutzerschnittstellen nach einer erfolgreichen Authentifizierung auf die Daten zugreifen können.
4. **Konsistente Leistungsfähigkeit:** Die Antwortzeiten des Systems müssen stabil und performant sein.

⁹⁰vgl. Rommelspacher: *Automatisierung von Führungsentscheidungen Framework, Modellierung und Prototyp* (2011), S. 97

⁹¹vgl. Petersohn: *Data Mining: Verfahren, Prozesse, Anwendungsarchitektur* (2005), S. 52-53.

5. **Client- Server-Architektur:** Für eine optimierte Lastverteilung und einfache Integration weiterer Clients muss die Lauffähigkeit in einer Client-Server-Umgebung gewährleistet werden.
6. **Gleichgestellte Dimensionen:** Anpassungen müssen bei allen Dimensionen gleichermaßen möglich sein.
7. **Dynamische Verwaltung dünn besetzter Matrizen:** Die zur Verfügung stehenden Ressourcen müssen bestmöglich ausgenutzt werden.
8. **Mehrbenutzerfähigkeit:** Mehrere Benutzer müssen von unterschiedlichen Clients, mit unterschiedlichen Berechtigungen auf das System zugreifen können.
9. **Unbeschränkte dimensionsübergreifende Operationen:** Berechnungen müssen dimensionsübergreifend möglich sein.
10. **Intuitive Datenanalyse:** Die Analyse muss einfach und intuitiv durchführbar sein.
11. **Flexibles Berichtswesen:** Berichte dürfen nicht starr sein. Anfragen müssen vom Client abänderbar sein.
12. **Unbegrenzte Anzahl von Dimensions- und Aggregationsstufen:** Betriebswirtschaftliche Modelle müssen strukturgleich abbildbar sein.

Mit der Zeit wurden von anderen Anbietern weitere Regeln hinzugefügt. Außerdem sind diese Regeln teilweise sehr theoretisch und nicht einfach zu verstehen, daher wurden die FASMI-Definitionen entwickelt. Unter dem Begriff FASMI werden die folgenden fünf Evaluierungsregeln zusammengefasst:⁹²

- **Fast:** Einfache Abfragen müssen innerhalb von 5 Sekunden vom System beantwortet werden können. Komplexere Anfragen sollten nicht länger als 20 Minuten für die Ausführung benötigen.
- **Analysis:** Die Anwender müssen in der Lage sein auch komplexere Anfragen an das System zu formulieren. Die Analyse muss daher intuitiv und mit wenig Aufwand zu realisieren sein.
- **Shared:** Der Zugriff auf die Daten muss von mehreren authentifizierten Benutzern gleichzeitig möglich sein.
- **Multidimensional:** Analysen müssen multidimensional, anhand von hierarchischen Dimensionen, durchführbar sein.

⁹²vgl. Engels: [Basiswissen Business Intelligence](#) (2009), S. 153-154.

- **Information:** Die Informationen der gespeicherten Daten müssen für den Anwender ohne Beschränkungen durch das OLAP-System zur Verfügung stehen.

2.5.2.2 OLAP-Arten

OLAP-Datenbanken können unterschiedliche Architekturen aufweisen. Die verschiedenen Architekturen ermöglichen eine persistente Speicherung von verdichteten Werten auf unterschiedlichen Hierarchiestufen. Nur so können OLAP-Systeme die unterschiedlichen Abfragen innerhalb der geforderten Antwortzeiten durchführen. Je nach Anwendung kann eine alternative Architekturvariante sinnvoller sein. Im Folgenden sollen die bekanntesten Architekturen beschrieben werden.⁹³

2.5.2.2.1 ROLAP

Relational OLAP speichert im Gegensatz zu MOLAP und HOLAP keine Kopien der Daten aus der relationalen Datenbank in der OLAP-Datenbank. Die Daten werden ausschließlich aus dem Sternschema der relationalen Datenbank gelesen. Benötigte Aggregationsstufen werden daher in zusätzlichen Tabellen bzw. indizierten Sichten der relationalen Datenbank gespeichert.⁹⁴ Die Abbildung 2.15 stellt den Zusammenhang zwischen den Tabellen, in dem die Aggregationsstufen gespeichert werden, und den einzelnen Fakten- und Dimensionen-Tabellen dar.

Die Antwortzeiten des Systems sind unter Umständen erheblich höher im Vergleich zu MOLAP- oder HOLAP-Systemen. Der Einsatz von ROLAP-Systemen kann dennoch sinnvoll sein.⁹⁵

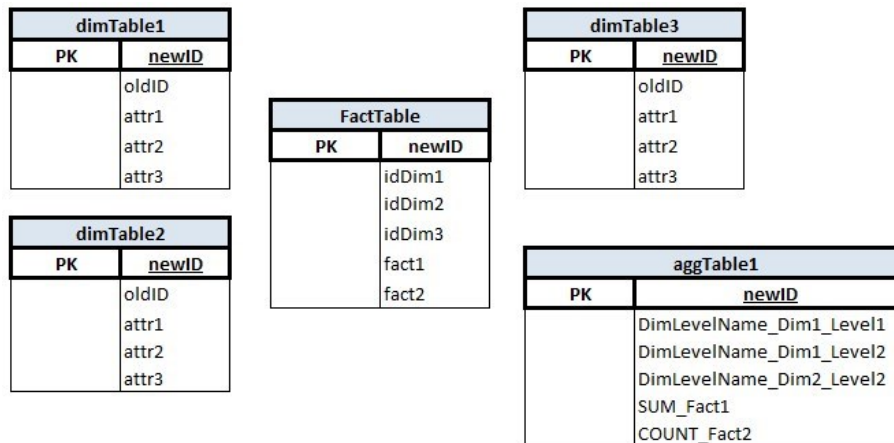
- ROLAP-Systeme bieten Vorteile in der Performance bei sehr großen Datenmengen.
- Da MOALP- und HOLAP-Systeme die Daten zuvor aufbereiten müssen, ist die Aktualität der Daten nicht immer gewährleistet. ROLAP-Systeme verwenden immer die aktuellen Daten, ohne diese zuvor aufbereiten zu müssen.

⁹³vgl. Hofschröder/Romberg: *Data-Warehouse als Applikationsbasis? - Zur Kosten- und Leistungsrechnung (nicht nur) im Gesundheits- und Sozialwesen* (2004), S. 29.

⁹⁴vgl. Microsoft: *Partition Storage Modes and Processing* (2014).

⁹⁵vgl. Langit: *Smart business intelligence solutions with Microsoft SQL Server 2008* (2009), S. 267-268.

- Während dem Aufbereiten der Daten sind unter Umständen einzelne Partitionen der OLAP-Datenbank nicht verfügbar. Je nach Komplexität der Berechnungen und Anzahl der Datensätze, kann ein Zugriff auf das System eventuell nicht möglich sein. Da ROLAP-Systeme die Daten nicht aufbereiten müssen, ist das System fast permanent verfügbar.

Abbildung 2.15: ROLAP-Tabellenaufbau⁹⁶

2.5.2.2.2 MOLAP

Multidimensionales OLAP ist die am häufigsten verwendete Architektur zur Speicherung der Daten. Die Daten der relationalen Datenbank werden dabei in aggregierter Form in der MDDB gespeichert. Dadurch müssen jedoch neue Daten aus der RDB mittels einem Aufbereitungsprozess in die MDDB übernommen werden. Während dem Aufbereitungsprozess ist die Datenbank eventuell nicht für Anfragen verfügbar. Da die aggregierten Daten jedoch direkt in der MDDB gespeichert werden, ist die Performance im Vergleich zu den ROLAP- und HOLAP-Systemen jedoch deutlich besser. Im Gegensatz dazu benötigen MOLAP-Systeme jedoch auch mehr Speicherplatz für die Speicherung der Daten.⁹⁷

⁹⁶vgl. Langit: [Smart business intelligence solutions with Microsoft SQL Server 2008](#) (2009), S. 268

⁹⁷vgl. Ponniah: [Data warehousing fundamentals for IT professionals](#) (2010), S. 397-399.

2.5.2.2.3 MOLAP im Vergleich zu ROLAP

Wie in der Abbildung 2.16 dargestellt, hängt die Entscheidung, welche der beiden Technologien besser für den jeweiligen Einsatz geeignet ist einerseits von der Komplexität der gewünschten Analyse ab und andererseits von der gewünschten Performance. MOLAP sollte daher bei komplexen Analysen in Verbindung mit schnellen Antwortzeiten gewählt werden.⁹⁸

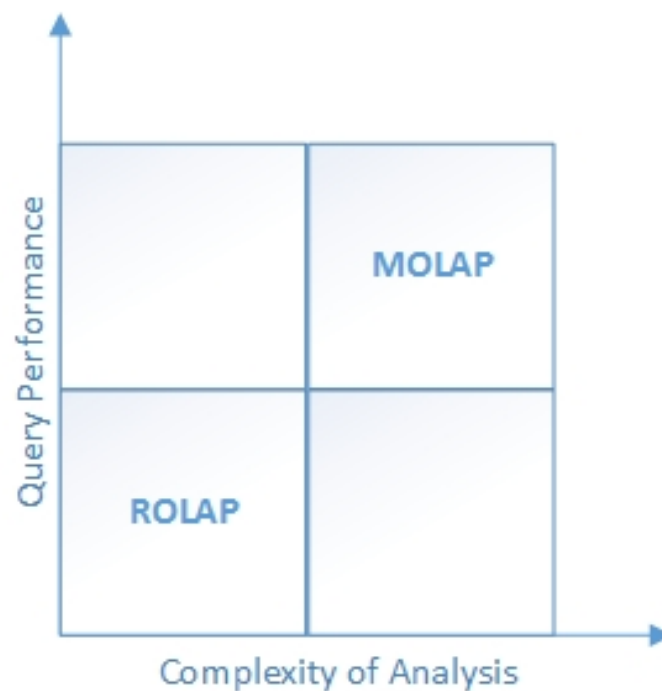


Abbildung 2.16: ROLAP - MOLAP Entscheidungskriterien⁹⁹

⁹⁸vgl. Ponniah: *Data warehousing fundamentals for IT professionals* (2010), S. 397.

⁹⁹vgl. *ebd.*, S. 397

Die Abbildung 2.17 stellt detailliert die Unterschiede zwischen den beiden Technologien dar.

	Datenspeicher	Technologie	Funktionen und Features
ROLAP	Daten werden in relationalen Tabellen gespeichert. Detaildatensätze sind verfügbar. Geeignet für sehr große Datenmengen. Daten können direkt vom DWH abgefragt werden.	Daten werden über komplexe SQL Abfragen geladen. Daten sind in Echtzeit verfügbar. Mehrdimensionale Sichten werden in der Darstellungsschicht generiert.	Einschränkungen bei komplexen Abfragen. Abfrage von Detaildatensätzen einfach möglich.
MOLAP	Daten werden in relationalen Tabellen gespeichert. Aggregationen werden in der MDDB gespeichert. Geeignet für moderate Datenmengen.	Die Datenbank muss vor dem Zugriff verarbeitet werden. Sehr schnelle Antwortzeiten bei Abfragen.	Schneller Zugriff. Große Anzahl an Funktionen für komplexe Analysen.

Abbildung 2.17: ROLAP - MOLAP Unterschiede¹⁰⁰

2.5.2.2.4 HOLAP

Hybrides OLAP versucht die Vorteile der ROLAP- und MOLAP-Architektur zu vereinen. Der Fokus liegt vor allem in der guten Skalierbarkeit der ROLAP-Architektur und der guten Performance der MOLAP-Architektur. Detaildatensätze können bei der HOLAP-Architektur weiterhin in der RDB gespeichert werden. Nur die benötigten Aggregationslevel werden berechnet und in der MDDB gespeichert. Da die Daten in zwei unterschiedlichen Datenbanksystemen gespeichert werden, ist die Verwaltung im Vergleich zu anderen OLAP-Architekturen aufwändiger. Zusätzlich ist dadurch auch die Erweiterung des Modells komplexer.¹⁰¹

¹⁰⁰vgl. Ponniah: *Data warehousing fundamentals for IT professionals* (2010), S. 397

¹⁰¹vgl. Jiawei Han: *Data mining : concepts and techniques* (2012), S. 164-165.

3 Konzept für ein Planungstool

3.1 Ist-Situation

Wie in der Abbildung 3.1 dargestellt, ist der CoPlanner nach dem drei Schichtenmodell (siehe 2.2) aufgebaut. Grundsätzlich werden alle vom CoPlanner Server verwendeten Daten in der relationalen Datenbank gespeichert. Beim Start des CoPlanner Servers werden jedoch alle Tabellen der relationalen Datenbank mit dem gesamten Inhalt in den Arbeitsspeicher geladen und vom CoPlanner Server verwaltet.

Sämtliche Clients verbinden sich direkt mit dem CoPlanner Server. Werden Daten vom Client angefordert, so liefert der CoPlanner Server diese direkt aus dem Arbeitsspeicher. Zusätzliche Abfragen an die relationale Datenbank müssen nicht extra durchgeführt werden, da sich ja bereits alle Daten im Arbeitsspeicher des CoPlanner Server befinden. Werden am Client Eingaben durchgeführt bzw. Daten verändert, so werden die Änderungen an den CoPlanner Server übermittelt. Dieser bereitet die Änderungen auf und übernimmt diese in die Tabellenstruktur im Arbeitsspeicher. Danach werden die Änderungen mittels SQL-Statements (Insert, Update, Delete) in die relationale Datenbank übertragen. Erst nach einer erfolgreichen Speicherung der Daten in der relationalen Datenbank werden die Änderungen als „abgeschlossen“ gekennzeichnet und eine Erfolgsmeldung an den Client übertragen. Zusätzlich sind viele Objekte, aufgrund der historisch gewachsenen Software, nicht threadsicher. Eine Parallelisierung der Client-Anfragen ist daher oft nicht möglich bzw. erfordert weitreichende Sperren der Objekte.¹

OLAP-Datenbanken werden derzeit optional bei der Analyse bzw. dem Reporting großer Datenmengen verwendet. Im Normalfall werden die Daten dabei mittels Sichten auf die Systemdatenbank des CoPlanner Server ausgelesen und in der OLAP-Datenbank gespeichert. Die verwendete OLAP-Technologie ist derzeit daher immer MOLAP.

Der große Vorteil dabei ist, dass Analyse- und Berichts Anfragen parallel zu den

¹vgl. Mandl: *Grundkurs Betriebssysteme : Architekturen, Betriebsmittelverwaltung, Synchronisation, Prozesskommunikation ; mit 6 Tabellen* (2010), S. 74-75.

bestehenden Serveranfragen durchgeführt werden können. Die beiden Server können die Anfragen eigenständig abarbeiten und sind voneinander unabhängig. Dadurch steht die gesamte Rechenleistung des CoPlanner Servers für die Planung, Erfassung und Überleitung der Daten zur Verfügung.

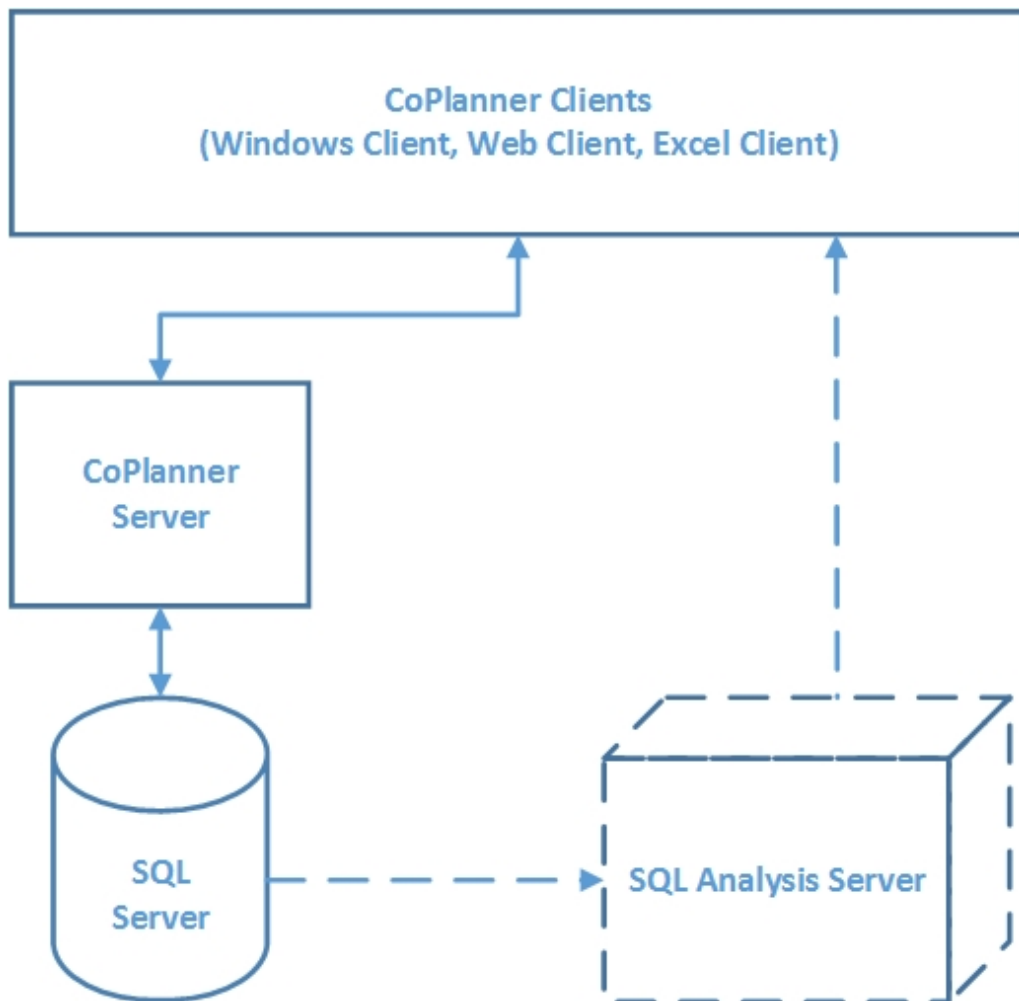


Abbildung 3.1: CoPlanner Datenaustausch

3.2 Soll-Situation

Der CoPlanner Server soll bei den Schreib- und Leseoperationen entlastet bzw. nicht mehr benötigt werden (siehe Abbildung 3.2). Daher sollen beim Start des

CoPlanner Servers nicht mehr alle Tabellen in den Arbeitsspeicher geladen werden. Der CoPlanner Server soll hauptsächlich die Verwaltung der Metadaten übernehmen und nur die benötigten Informationen in den Arbeitsspeicher laden. Vor allem die Inhalte der Tabellen (Plan- und Istdaten) sollen nicht in den Arbeitsspeicher geladen werden. Speziell für die folgenden Bereiche soll der CoPlanner Server die Verwaltung der Metadaten übernehmen:

- Tabellenstrukturinformationen
- Workflow Engine
- Dimensionsinformationen
- Berechtigungen
- Benutzerverwaltung
- Maskendefinitionen

Für die Anzeige der Werte im CoPlanner Client werden die Daten aus dem Würfel der SQL Server Analysis Services verwendet. Werden nun Änderungen an den bestehenden Werten vorgenommen bzw. neue Werte erfasst, erfolgt die Bearbeitung außerhalb des CoPlanner Servers in der relationalen Datenbank. Dazu werden die benötigten Parameter direkt an eine Prozedur der CoPlanner Systemdatenbank übergeben. Diese Prozedur führt anschließend, je nach Datenoperation, die benötigten weiteren Schritte durch. Die einzelnen Datenoperationen erfolgen daher außerhalb des CoPlanner Servers in der relationalen Datenbank. Die Aggregationsoperationen übernehmen die SSAS, die auf die relationale DB aufsetzen.

Damit die Daten des OLAP-Würfels immer aktuell sind, muss die dafür am besten geeignete OLAP-Architektur gewählt werden. Vor allem ROLAP- als OLAP-Architektur (siehe [2.5.2.2.1](#)) ist hier zu beachten. Da die ROLAP-Würfel sofort nach der Änderung der relationalen Daten automatisch neu aufbereitet werden, sind einzelne Änderungen im Würfel sofort ersichtlich.

Dabei gilt es zu prüfen, wie weit ein solches System hinsichtlich Strukturgröße, Datenmenge und Benutzeranzahl skalierbar bzw. nutzbar ist.

3.2.1 Zieldefinition

Die folgenden Ziele sollen durch die Entwicklung der neuen Planungsengine erreicht werden.

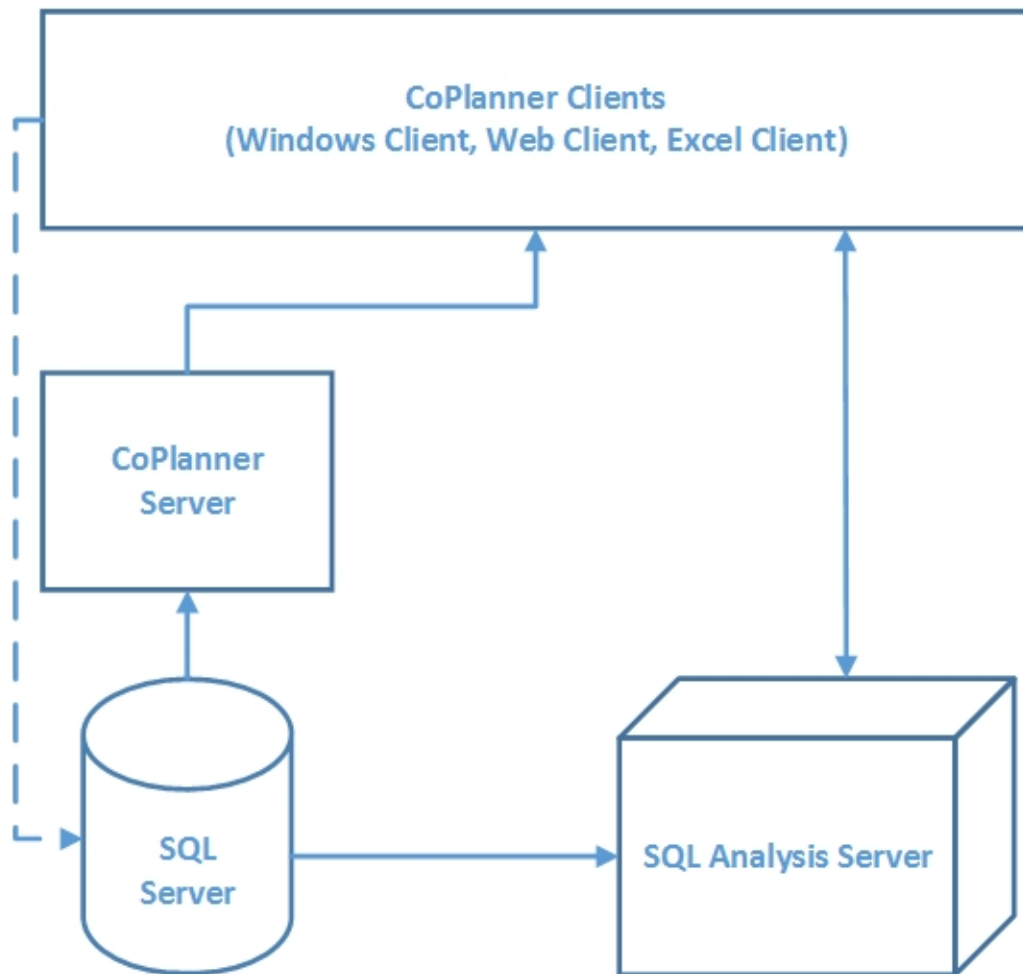


Abbildung 3.2: Optimierter CoPlanner Datenaustausch

- Die Planungseingabe soll im lesenden Bereich den bereits am Markt existierenden Analysedatenbanken nicht nachstehen. Zu den bereits existierenden Analysedatenbanken zählen zum Beispiel:
 - QlikView²
 - Prevero³
 - Palo⁴

²vgl. QlikTech International AB: [Business Discovery: Business Intelligence For Everyone | QlikView](#) (2014).

³vgl. prevero AG: [PREVERO | Unternehmensplanung, Analyse, Berichtswesen, Controlling, Projektcontrolling, Regulierungsmanagement, Massnahmencontrolling](#) (2014).

⁴vgl. Jedox AG: [Palo.net - Open-Source Business Intelligence](#) (2014).

- SQL Server Analysis Services⁵
- Die Planungsengine muss für den gleichzeitigen Zugriff mehrerer Benutzer konzipiert sein.
- Jedes Planungsszenario schreibt die Daten in unterschiedliche Tabellen. Im Standardfall soll die zugrundeliegende Datenmenge drei bis fünf Millionen Datensätze pro Tabelle und maximal 15 Millionen Datensätze pro Planungsszenario sein.
 - Die Berechnung der Summen für unterschiedliche Hierarchieebenen soll durch eine OLAP-Technologie erfolgen.
 - Datenänderungen in der RDB sollen durch eine SQL-Server-Prozedur erfolgen.
- Es muss sichergestellt werden, dass der technologisch gewählte Weg gesichert ist.
- Die neue Lösung muss mit bereits bestehenden Modulen des CoPlanner kompatibel sein. Vor allem die folgenden Themenbereiche müssen reibungslos in die neue Lösung integrierbar sein:
 - Es muss möglich sein, mehrere Währungen in das System zu integrieren.
 - Es muss möglich sein, mehrere Sprachen in das System zu integrieren.
 - Die neue Lösung muss mit dem bestehenden CoPlanner Rechenwerk kompatibel sein.
 - Die neue Lösung muss mehrere Mandanten unterstützen.
 - Szenarien müssen als Dimension nutzbar sein. Dementsprechend muss es möglich sein, Szenarien analog zu den anderen Dimensionen auszuwerten.

⁵vgl. Microsoft: [Analysis Services-Microsoft SQL Server 2012](#) (2014).

3.3 Technologie Tests

Damit die Zieldefinitionen erreicht werden können, müssen mit den OLAP-Architekturen Machbarkeits-, Architektur- und Performance-Tests durchgeführt werden. Der Fokus dabei liegt vor allem auf der ROLAP- und der MOLAP-Technologie.

Alle Tests wurden auf der Developer-Edition des Microsoft SQL Server 2012 durchgeführt.⁶

Als Datenbank für die Tests wurde die BI-Demodatensatz-Datenbank „Contoso“ verwendet. Das Paket beinhaltet sowohl eine relationale als auch multidimensionale Datenbank mit bereits integrierten BI-Funktionalitäten. Zusätzlich sind sowohl große Mengen an OLTP-Transaktionen, als auch verschiedenen Aggregationen für den OLAP-Würfel enthalten.⁷

Um die gleichzeitigen Zugriffe der User auf die relationale Datenbank simulieren zu können, wurde das frei verfügbare Tool „SQLQueryStress“ (siehe Abbildung 3.3) verwendet. In dem Tool ist es möglich, die Anzahl an Iterationen und Threads für eine SQL-Abfrage einzustellen. Dadurch können mehrere Benutzer und unterschiedlich viele Durchläufe simuliert werden. Nach der Durchführung werden die gemessenen Zeiten ausgegeben.⁸

Für den multidimensionalen Lasttest konnte kein geeignetes Tool am Markt gefunden werden. Es wurde daher das Tool „MDXQueryStress“ eigenständig entwickelt (siehe Abbildung 3.4). Das Tool ermöglicht es vier MDX-Abfragen und eine SQL-Abfrage simultan mit beliebig vielen Iterationen durchzuführen.

Als Betriebssystem wurde die Standard Edition von Windows Server 2008 R2⁹ verwendet. Damit die einzelnen Tests auch vergleichbar sind und ein einfaches Zurücksetzen der Datenbanken und Einstellungen möglich ist, wurde der Server in einer virtualisierten Umgebung ausgeführt.

3.3.1 MOLAP

Damit auch Daten bei der Verwendung von MOLAP verändert werden können, wurde MOLAP um die "WriteBack-Technologie" erweitert. Die WriteBack-Technologie kann für einzelne Partitionen aktiviert werden (siehe Abbildung

⁶vgl. Microsoft: [SQL Server 2012](#) (2014).

⁷vgl. ders.: [Microsoft Contoso BI Demo Dataset for Retail Industry](#) (2014).

⁸vgl. Machanic: [SQLQueryStress - SQL Server Query Performance Testing Tool](#) (2014).

⁹vgl. Microsoft: [Windows Server 2008 R2 Standard/Enterprise](#) (2014).

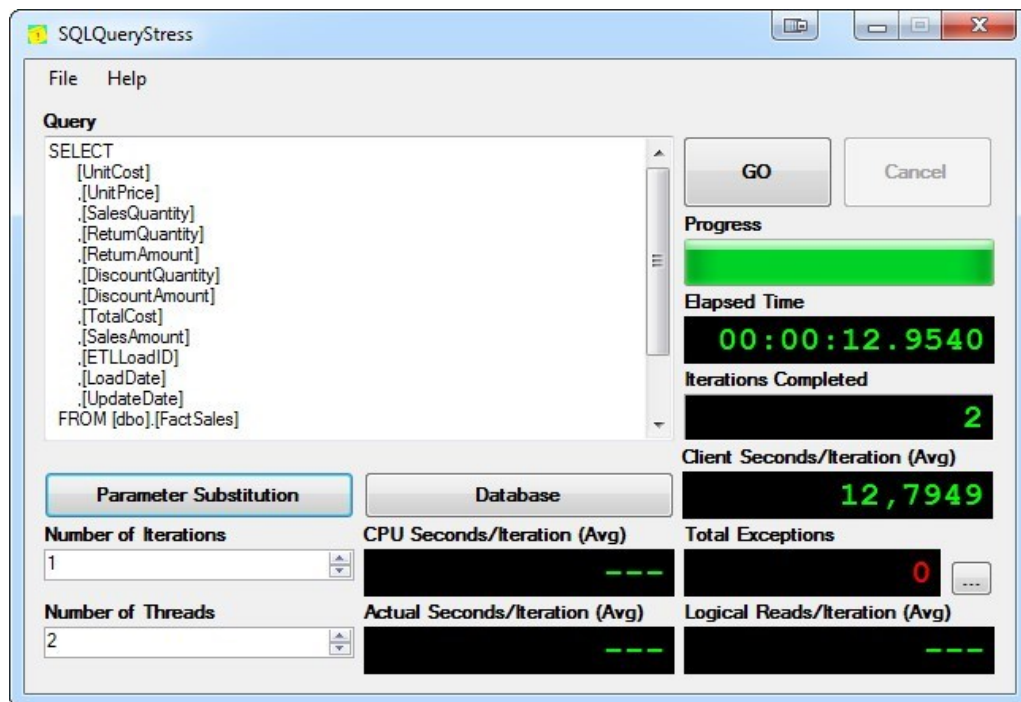


Abbildung 3.3: SQLQueryStress Tool mit der Abfrage auf die Contoso-Datenbank

3.5). Es ist daher besonders wichtig, auf eine gute Partitionierung des Würfels zu achten. Nach der Aktivierung ist es möglich, Daten via MDX-Statements „direkt“ in die multidimensionale Datenbank zu schreiben. Direkt bedeutet im Falle der WriteBack-Technologie jedoch nicht in den Würfel, sondern in eine ausgelagerte relationale Tabelle, die automatisch die Daten dieser WriteBack-Tabelle mit denen des Würfels kombiniert. In der WriteBack-Tabelle werden daher nur die Änderungen gespeichert. Die WriteBack-Tabelle bildet relational die Struktur des Würfels nach und speichert die Veränderung (Deltas) innerhalb dieser Tabelle. Aus diesen Deltas errechnet sich dann im Würfel der jeweilige Wert. In der Abbildung 3.6 ist der Zusammenhang zwischen den relationalen Tabellen und der MDDB dargestellt.¹⁰

Wird ein Update-MDX-Statement gesendet, so werden nur die Daten innerhalb der aktuellen Session aktualisiert, unabhängig davon, ob das Measure bzw. die Measuregroup für ein WriteBack vorgesehen sind. Der an die Datenbank übergebene Wert wird gewichtet auf alle abhängigen Tupel von der Wurzel bis hin zu

¹⁰vgl. Harinath u. a.: *Professional Microsoft SQL Server 2012 Analysis Services with MDX and DAX* (2012), S. 512.

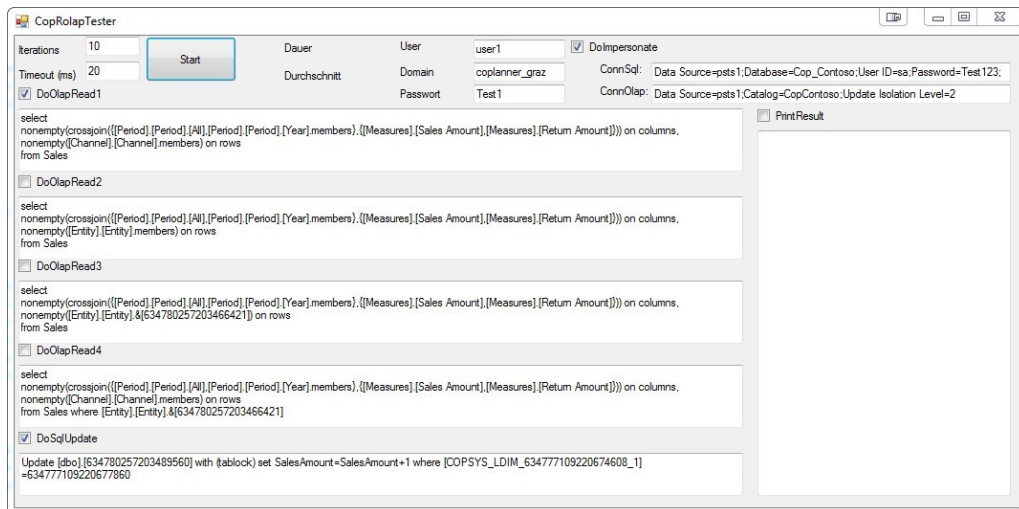


Abbildung 3.4: MDXQueryStress Tool

den Blattelementen verteilt. Diese Verteilung gilt jedoch nur für die aktuelle Session, und hat keinerlei Einfluss auf die Sessions der anderen Benutzer. Soll der Wert permanent in der Datenbank persistiert werden, muss dies innerhalb einer Transaktion erfolgen. Erst beim „commit“ werden auch entsprechende Fehler von den SSAS gemeldet (bspw. Measure nicht beschreibbar). Wenn ein Tupel mit einem neuen Wert überschrieben wird, werden von den SSAS die folgenden Schritte durchgeführt, um die Änderungen in der WriteBack-Tabelle zu speichern und die Partition zu aktualisieren:¹¹

1. Start der SQL Transaktion
2. Update SQL
3. Inkrementelles Verarbeiten der MDDB Partition (im Cache)
4. Lock anfordern
 - a) SQL Transaktion übertragen
 - b) MDDB Partition übertragen
5. Lock beenden

¹¹vgl. Harinath u. a.: *Professional Microsoft SQL Server 2012 Analysis Services with MDX and DAX* (2012), S. 407-408.

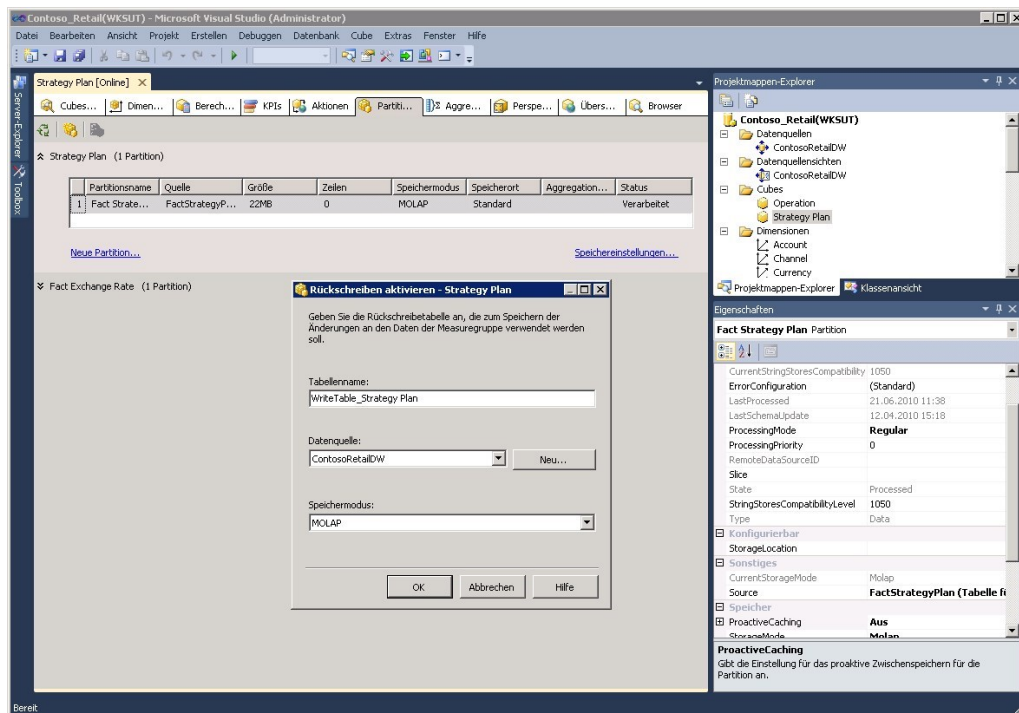


Abbildung 3.5: Aktivieren der MOLAP-WriteBack-Technologie

3.3.1.1 Single-User

Im ersten Schritt wurden die Tests im „Single-User“ Betrieb durchgeführt. Die WriteBack-Technologie bietet die Möglichkeit, Daten nur innerhalb der aktiven Session zu verändern. Werden Änderungen innerhalb einer Transaktion durchgeführt wird beim Übertragen der Änderungen, wenn es sich um ein Measure mit WriteBack-Möglichkeit handelt, in die WriteBack-Tabelle die Differenz zum im Würfel vorhandenen Wert geschrieben.

Für die einzelnen Tests wurden vor allem die folgenden Punkte untersucht:

- Die Möglichkeit, die Werte von einem Gruppenelemente auf mehrere Blattelemente automatisiert zu verteilen.
- Die Performance im Single-User und Multi-User-Betrieb.
- Die Richtigkeit der Berechnungen.

Ein Tupel identifiziert eindeutig eine Menge an Datensätzen innerhalb einer Tabelle.¹² Die Tupel wurden in sechs unterschiedlichen Tests verwendet, um die

¹²vgl. A. Meier: *Relationale und postrelationale Datenbanken* (2010), S. 5-6.

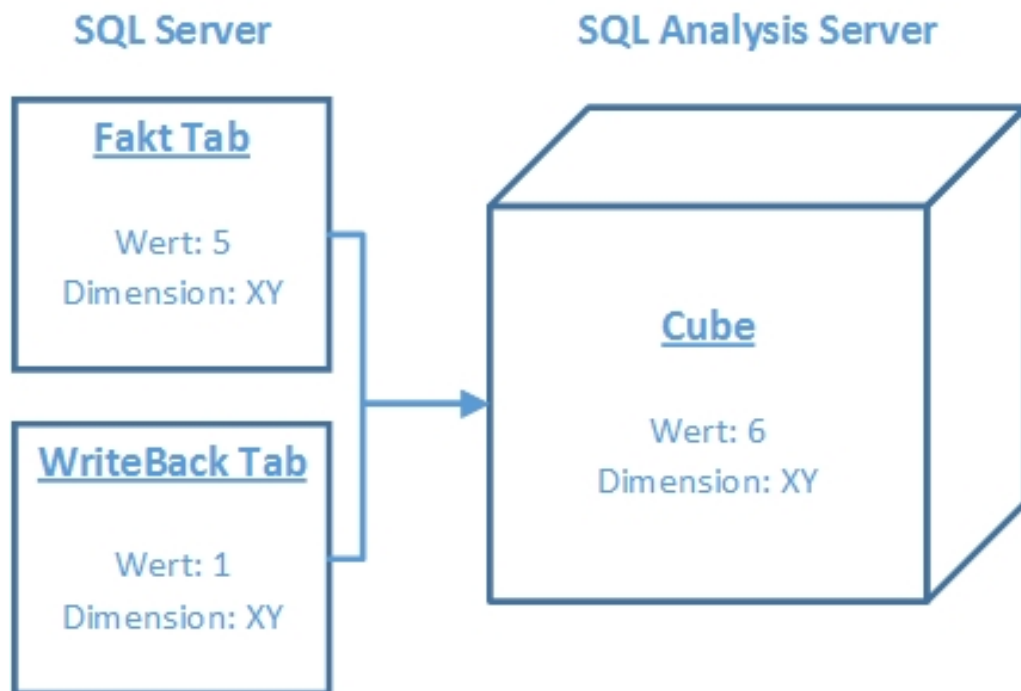


Abbildung 3.6: MOLAP-Technologie mit WriteBack - Delta Load

Antwortzeit, bei steigender Datensatzanzahl, in der WriteBack-Tabelle eruiieren zu können. Die steigende Datensatzanzahl wurde durch Weglassen von Filterbedingungen erreicht. Teilweise wurden auch höhere Aggregationsstufen gewählt. Die gesamte Antwortzeit setzt sich aus den folgenden drei Teilzeiten zusammen:

1. Transaktion öffnen
2. Update des Würfels (inkludiert Verteilung)
3. Transaktion abschließen (inkludiert relationale Speicherung in der WriteBack-Tabelle am SQL Server)

Im ersten Schritt wurde der Test nur für einen einzelnen Benutzer durchgeführt. Die gemessenen Zeiten, unter Verwendung des MDX-Update-Statements (siehe Quellcode 3.1), sind in der Abbildung 3.7 dargestellt. Die Ergebnisse sind erstaunlich gut und vielversprechend. Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass die

```

UPDATE CUBE [Strategy Plan]
SET (
    [Measures].[Cop Sales Sales Amount],
    [Date].[Calendar YQMD].[Calendar Year].&[2009],
    [Currency].[Currency Name].&[1],
    [Channel].[Channel Name].&[1],
    [Employee].[Employee Level].&[37],
    [Geography].[Geography Hierarchy].[City Name].&[Bellevue],
    [Promotion].[Promotion Hierarchy].[Promotion Name].&[No Discount]
    [Sales Territory].[Territory Hierarchy].[Sales Territory Name].&[784],
    [Store].[Geography Hierarchy].[Store Name].&[4],
    [Entity].[Entity Level].&[638],
    [Product].[Product].[All]
) = 200000 USE_WEIGHTED_ALLOCATION
    
```

Quellcode 3.1: MDX Update Statement - MOLAP

Dimensionen			Zeit in Sekunden	Datensatzanzahl
Date	Store	Product		
2011	Bayern	Radio	0 + 1 + 5 = 6	22
2011	Bayern	Audio	0 + 1 + 4 = 5	502
2011	Bayern	All	0 + 1 + 8 = 9	170.045
2011	Europa	All	0 + 2 + 11 = 13	289.634
2011	All	All	0 + 4 + 28 = 32	1.166.300
All	All	All	0 + 10 + 75 = 85	3.406.089

Abbildung 3.7: MOLAP-Single-User-Test

Zeit für das Update des Würfels vernachlässigbar klein ist. Die Transaktionszeit nimmt den Großteil der Zeit ein.

85 Sekunden für die Bearbeitung von fast 3.5 Millionen Datensätzen ist eine akzeptable Zeit. Vor allem im Hinblick darauf, dass in realen Planungsszenarien die Datensatzanzahl meistens niedriger ist.

Abfragen von Daten aus großen Tabellen (bezogen auf Datensatzanzahl) dauern natürlich länger als jene, bei denen Daten aus kleinen Tabellen abgefragt werden. Es wurde daher untersucht, wie sich die Antwortzeiten verändern, wenn sich die Datensatzanzahl in der WriteBack-Tabelle erhöht. Die Anzahl der Datensätze in der WriteBack-Tabelle steigt zwangsläufig durch die Erfassung und Veränderung von Daten durch den Benutzer. Durch periodisches Zusammenführen der WriteBack-Tabelle mit der echten Faktentabelle kann dieses Problem vermieden werden, jedoch kann dies nicht ohne Einschränkungen durchgeführt werden, da bei einer Verarbeitung des Würfels dieser nicht für Abfragen verfügbar ist.

In der Abbildung 3.8 ist dargestellt, wie sich die Insert-Zeiten in die WriteBack-Tabelle bei steigender Datensatzanzahl erhöhen. Die gemessenen Zeiten sind

ausschließlich auf den SQL Server bezogen. Gemessen wurde die Zeit, die für das Insert in die WriteBack-Tabelle nach dem Abschluss des MDX-Statements benötigt wurde. Wie in der Abbildung ersichtlich, steigt die benötigte Zeit nicht 1:1 mit der Datensatzanzahl. Bei den Single-User-Tests wurde die meiste Zeit für das Abschließen der Transaktion benötigt. Die Zeiten befinden sich jedoch alle in einem akzeptablen Rahmen.

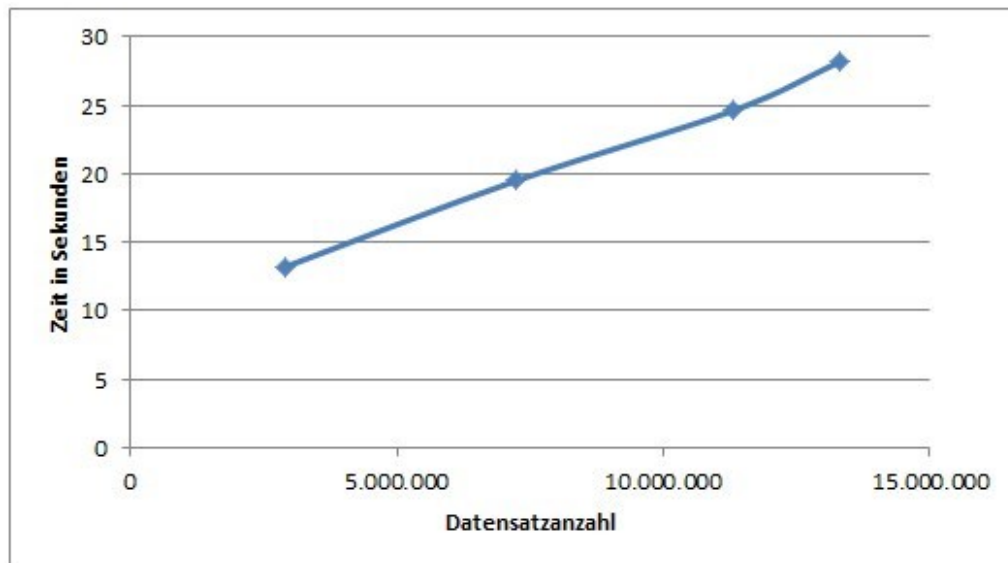


Abbildung 3.8: Insert Zeiten in die WriteBack-Tabelle bei steigender Datensatzanzahl

3.3.1.2 Multi-User

Im nächsten Schritt wurde daher untersucht, wie sich das System bei mehreren Benutzern verhält. Dazu wurden die gleichen Tests für vier Benutzer gleichzeitig durchgeführt. Schon zu Beginn der Tests traten dabei massive Performance-Probleme auf. Die Antwortzeiten wurden inakzeptabel und die Abfragen benötigten teilweise über 1000 Sekunden zur Ausführung. Zusätzlich kam es bei einer Überschneidung der zu beschreibenden Datenbereiche zu nicht nachvollziehbaren Resultaten.

3.3.1.3 MOLAP- ROLAP-WriteBack

Eine MOLAP-WriteBack-Partition bietet zwei unterschiedliche Modi beim Schreiben von Werten in die Datenbank. Diese können entweder im MOLAP-, oder

ROLAP-Modus gespeichert werden (siehe Abbildung 3.9). Der Unterschied der beiden Modi liegt in der Übernahme der Werte in die Datenbank. Beide Modi speichern die Werte in der definierten WriteBack-Tabelle. Der interne Speichervorgang ist jedoch unterschiedlich.

Der MOLAP-Modus cached die Antwort des Servers und gibt die Antwort noch vor dem Speichern der Änderungen (Commit) an den Client zurück. Da die MOLAP-Variante schon vor dem wirklichen Persistieren der Datensätze die Antwort an den Client sendet, werden auch eventuelle Fehler erst im Anschluss an den Client zurückgegeben.

ROLAP speichert zuerst die Werte in der WriteBack-Tabelle und gibt anschließend die neu berechnete Antwort an den Client zurück.¹³

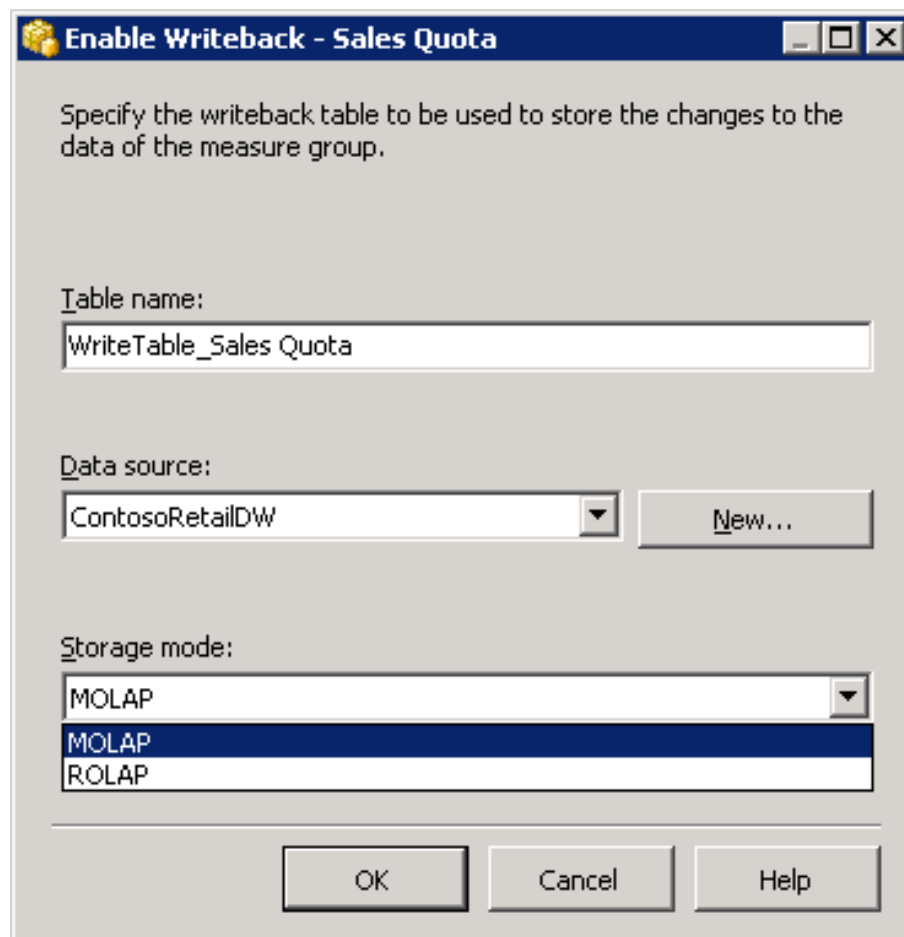


Abbildung 3.9: MOLAP- ROLAP-WriteBack-Auswahl

¹³vgl. Caradec: [SSAS 2008 MOLAP Writeback](#) (2014).

Die Messung der Werte erfolgte im ersten Schritt im Single-User-Modus. Wie in der Abbildung 3.10 abgebildet, ist der ROLAP-WriteBack-Modus bei Update-Operationen schneller. Die gemessenen Zeiten setzen sich wiederum aus dem Öffnen der Transaktion, dem Update des Würfels und dem Commit zusammen. Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass MOLAP beim Aktualisieren der Daten schneller als die ROLAP-Variante ist. Das Persistieren der Daten in der Datenbank ist jedoch deutlich schneller im ROLAP-Modus.

	Dimensionen			Zeit in Sekunden	Datensatzanzahl
	Date	Currency	Product		
MOLAP	2011	USD	Audio	$0 + 1 + 11 = 12$	289.634
	All	All	All	$0 + 8 + 75 = 83$	3.406.089
ROLAP	2011	USD	Audio	$0 + 2 + 3 = 5$	289.634
	All	All	All	$0 + 10 + 32 = 42$	3.406.089

Abbildung 3.10: MOLAP - ROLAP-WriteBack Schreib- und Lesezeiten im Single-User-Modus

Im nächsten Schritt wurde der Test für beide Modi mit mehreren Benutzern durchgeführt. Sowohl im MOLAP-Modus als auch im ROLAP-Modus reagierten die SSAS bei 4 Benutzern bereits nach wenigen Sekunden nicht mehr und der Dienst musste neu gestartet werden. Anscheinend produzieren die SSAS bereits nach wenigen Sekunden einen Deadlock.

Bei nur 2 simulierten Benutzern und jeweils 5 Iterationen benötigte die Update Prozedur bei 300.000 Datensätzen sowohl im MOLAP- als auch im ROLAP-Modus mehr als 25 Minuten. Teilweise wurden auch nicht alle Iterationen vollständig durchlaufen und es kam zu einem vorzeitigen Abbruch ohne Fehlermeldung.

3.3.1.4 Excel-MOLAP-WriteBack

Die „Was-wäre-wenn-Analyse-Tools“ ermöglichen es, seit der Einführung von Microsoft Excel 2010, Daten in den MOLAP-Cube zurückzuschreiben, wenn für die Partition eine WriteBack-Tabelle definiert wurde. Dazu muss im ersten Schritt in Excel die „Was-wäre-wenn-Analyse“ aktiviert werden (siehe Abbildung 3.11). Anschließend können Werte der Pivot-Tabelle überschrieben werden, wobei die Änderungen explizit mit dem Befehl „Änderungen veröffentlichen“, veröffentlicht werden müssen.¹⁴

¹⁴vgl. Microsoft: [Enabling Write-back to an OLAP Cube at Cell Level in Excel 2010](#) (2014).

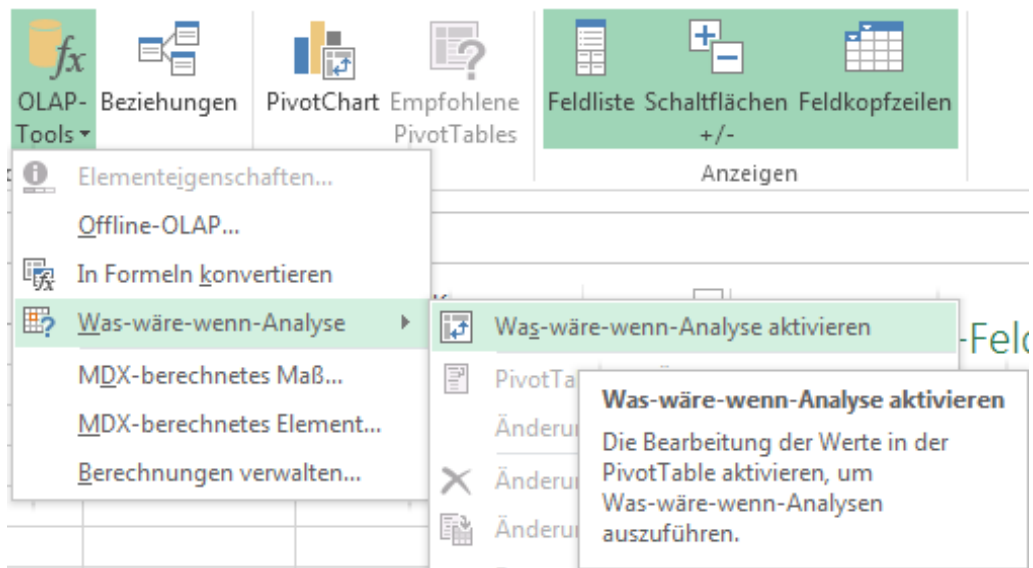


Abbildung 3.11: Excel - Was-wäre-wenn-Analyse aktivieren

Wenn nur wenige Datensätze von dem Update betroffen waren, funktionierte die Veröffentlichung der Werte sofort. Wurde jedoch ein Update über alle Datensätze des gesamten Jahres gemacht kam es zu Performance-Einbußen. Bei einem Update über alle Datensätze des gesamten Jahres sind ~300.000 Datensätze betroffen. Teilweise musste die Durchführung nach mehreren Minuten ohne Rückmeldung abgebrochen werden.

3.3.1.5 Vorteile

Aus den Tests mit der MOLAP-Architektur ergaben sich die folgenden Vorteile:

- Der Aufbau ist unabhängig von der bestehenden CoPlanner Architektur möglich. Bestehende SSAS-Datenbanken, deren Datenbasis direkt auf die Faktentabellen des CoPlanner aufsetzen, können entsprechend konfiguriert werden.
- Die Performance beim Lesen von Daten ist sehr gut. Da der Aufbereitungsprozess der Datenbank bei Ruhezeiten des Systems (bspw. nachts) durchgeführt werden kann, sollte die Anzahl der Datensätze unerheblich sein.
- Da die Entwicklung unabhängig von der bestehenden CoPlanner Architektur durchgeführt werden kann, ist der Implementierungsaufwand und die Integration in die bestehende Software gering. So kann eine neue Eingabemaske bspw. als Modul in den bestehenden CoPlanner integriert werden.

3.3.1.6 Nachteile

Aus den Tests mit der MOLAP-Architektur ergaben sich die folgenden Nachteile:

- Alle Measures in der Measuregruppe müssen „SUM“ als Aggregatsfunktion haben.¹⁵ Bei einer klassischen Umsatzerlösplanung (Menge * Preis = Umsatz) ist eine Preiseingabe daher nicht ohne weitere Adaptierungen möglich, da der Preis nicht als Summe aggregiert werden kann.
- Strukturelle Änderungen (bspw. Änderungen in der Faktentabelle) können ein Löschen und Neuanlegen der Writeback-Tabelle erfordern.
- Die Anwender haben die Möglichkeit, unabhängig vom CoPlanner Client, auch mit anderen Clients (bspw. Microsoft Excel) die Daten zu manipulieren. Dadurch können bspw. Änderungen vorgenommen werden, die vom CoPlanner Server nicht registriert werden.
- Im CoPlanner Client ist es möglich, innerhalb einer Maske auf einer Aggregationsebene in eine Detailsatzansicht zu wechseln. In dieser werden anschließend alle Detaildatensätze zu dem ausgewählten Summenelement angezeigt. Aufgrund der zusätzlichen Speicherung der Werte in der WriteBack-Tabelle ist dieser Detailsatzsprung aufwändiger zu implementieren.
- Bei Datenänderungen innerhalb des CoPlanner (bspw. durch die integrierte Unternehmensplanung) müssen die Daten manuell zusammengeführt werden. Nach Zusammenführung muss die MDDB erneut verarbeitet werden.
- Mit steigender Anzahl der Datensätze in der WriteBack-Tabelle, steigen die Antwortzeiten bei der Datenbanksynchronisation.
- Beim gleichzeitigen Zugriff mehrerer Benutzer können unter Umständen nicht reproduzierbare Werte entstehen, vor allem wenn mehrere Benutzer gleichzeitig auf ein Tupel zugreifen.
- Fehler bzw. unvorhergesehene Daten in der MOLAP-Architektur sind schwierig zu analysieren, da die SQL Server Analysis Services keine Möglichkeit bieten, den internen Ablauf nachzuvollziehen.
- Bereits existierende Datensätze können nicht gelöscht werden. Ein Löschen der Daten kann nur durch Überschreiben mit 0 erreicht werden.

¹⁵vgl. Dewald/Hughes/Turley: [SQL Server Analysis Services 2012 Cube Development Cookbook](#) (2013).

3.3.1.7 Zusammenfassung

Die MOLAP-WriteBack-Technologie ist so, wie sie in den Microsoft SQL Server 2012 integriert ist, nicht die richtige Technologie für eine Planungsengine. Die Gründe dafür sind:

- Die Zusammenführung der Daten aus der WriteBack-Tabelle mit den Daten aus der Faktentabelle zu einem Faktendatensatz ist nur schwer und unter Umständen von Problemen begleitet. Dadurch ist es auch nur sehr schwer möglich, den Detailsatzsprung innerhalb des CoPlanner Clients umzusetzen.
- Eine hohe Benutzeranzahl erzeugt vermutlich viele Delta-Datensätze. Dadurch verschlechtert sich die Performance. Damit diese Datensätze in die Faktentabelle übergeführt werden können, muss der Würfel verarbeitet werden. Während dieser Zeit wäre ein Zugriff auf das System nicht möglich.
Zusätzlich ist eine Überführung der Delta-Datensätze in die Faktentabelle oft nicht einfach zu realisieren, da eventuell auch andere Datensätze beeinflusst werden.
- Die SQL Server Analysis Services bieten keine Möglichkeit, Fehler zu analysieren. Die Analyse des Systems ist nur bedingt oder durch externe Unterstützung (bspw. Microsoft) möglich.
- Bei einer Überschneidung der zu beschreibenden Datensätze kommt es zu falschen und nicht nachvollziehbaren Ergebnissen.

3.3.2 ROLAP

Bei den ROLAP-Performance-Tests wurde untersucht, wie sich die Performance ändert, wenn die Daten in der relationalen Datenbank verändert werden. Dazu wurde analog zu den MOLAP-Tests die Contoso-Demo-Datenbank verwendet. Diese wurde für die Tests jedoch modifiziert.

ROLAP bietet bereits integriert die gleiche WriteBack-Methode wie auch MOLAP. Diese wurde jedoch nicht genauer untersucht, da bei ROLAP abgeänderte Daten im Gegensatz zu MOLAP periodisch oder bei Veränderung vom SQL Server nachgeladen und von den SSAS verarbeitet werden. Zusätzlich ist auch die Performance bei ROLAP-WriteBack im Allgemeinen schlechter im Vergleich

zu MOLAP-WriteBack, da die Daten nicht in aggregiert Form gespeichert werden.¹⁶

Ab der BI-Edition des SQL Servers ist ein „Proaktives Zwischenspeichern“ verfügbar. Durch diese Technologie soll auch bei der Änderung der Daten in der Basistabelle eine MOLAP-ähnliche Performance bei Abfragen erreicht werden. Änderungen in der relationalen Datenbank werden dadurch automatisch in den entsprechenden Würfel der SSAS übernommen. Ein zusätzliches Aufbereiten des Würfels ist bei der Verwendung von „Proaktivem Zwischenspeichern“ nicht mehr notwendig.¹⁷

In der Contoso-Datenbank werden Dimensionen teilweise über andere Tabellen referenziert. Im CoPlanner werden Lookups für Dimensionen jedoch immer in der dazugehörigen Tabelle gespeichert. Referenzierte Lookups wurden daher aus der Contoso-Datenbank entfernt und in der Tabelle persistiert. Für die Tests wurde der Datenrahmen der Contoso-Datenbank wie folgt angepasst:

- **Sales Tabelle:** ~3.4 Mio Datensätze
- **Date Dimension:** 2556 Elemente (Tagesbasis)
- **Products Dimension:** 2571 Elemente
- **Store Dimension:** 306 Elemente
- **Entity Dimension:** 421 Elemente
- **Geography Dimension:** 674 Elemente

Für die Tests wurden auch Veränderungen an der Faktentabelle vorgenommen:

- **Spalte ProductKey:** Non-Clustered Index
- **Spalte DateKey:** Non-Clustered Index
- **Spalte EntityKey:** Non-Clustered Index

¹⁶vgl. Harinath u. a.: [Professional Microsoft SQL Server 2012 Analysis Services with MDX and DAX](#) (2012), S. 512.

¹⁷vgl. Microsoft: [SQL Server 2012 - Proaktives Zwischenspeichern \(Partitionen\)](#) (2014).

3.3.2.1 Single User

Im „Single-User“ Betrieb wurde das Antwortverhalten des Systems in einer Abfrageschleife untersucht. Dabei wird eine Matrix mit 110.000 Zellen vom MDX-Client permanent geladen. In einem weiteren Thread werden vom SQL-Client, mit einem update Statement, permanent 200.000 Datensätze aktualisiert (siehe Quellcode 3.2).

Als Auswahlkriterium für das Update der Werte wurden unterschiedliche Produkt ID's verwendet.

```
-- Update ~200.000 Data Records
Update FactSalesPersisted set SalesAmount=SalesAmount+1
where Year(DateKey) = 2013
and Month(DateKey) = 10
```

Quellcode 3.2: SQL Update Statement - ROLAP

Für den Lesetest wurden alle Elemente der gesamten Produkt-Dimension, ein Jahr und alle 7 Measures geladen, wobei der Filter auf ein einzelnes Unternehmen gesetzt wurde. Dabei wurden ~300.000 Datensätze geladen. Die geladenen Datensätze beinhalteten außerdem diejenigen Datensätze, die vom SQL Client aktualisiert wurden (siehe Quellcode 3.3). Die durchschnittliche Antwortzeit lag hier bei ~0.7 Sekunden. Die 200.000 Datensätze wurden in ~0.8 Sekunden geschrieben.

```
SELECT non empty {
    [Measures].[Sales Amount]
    ,[Measures].[Sales Discount Amount]
    ,[Measures].[Sales Discount Quantity]
    ,[Measures].[Sales Quantity]
    ,[Measures].[Sales Return Amount]
    ,[Measures].[Sales Return Quantity]
    ,[Measures].[Sales Total Cost]
    ,[Measures].[Sales Unit Cost]
    ,[Measures].[Sales Unit Price]
} * [Date].[Calendar Year].&[2013] * [Date].[Calendar Month].[All Date].children on columns ,
non empty [Product].[Product].Members on rows FROM Operation
where ([Entity].[Entity Level].&[869])
```

Quellcode 3.3: MDX Select Statement - ROLAP

Bei MDX-Abfragen ohne Filter, benötigt ROLAP für die Aggregation aller Datensätze beim ersten Durchlauf ~50 Sekunden, dabei werden ~13 Millionen Datensätze geladen.

Es ist zu beachten, dass beim ersten Durchlauf der Zwischenspeicher der SASS leer ist. Für alle weiteren Ladevorgänge wurden durchschnittlich ~1.5 Sekunden (mit gefüllten Caches) benötigt.

Jedes Update einer Zelle hat zur Folge, dass der Cache der SSAS geleert wird. Dadurch ist bei einer erneuten Abfrage mit einer sehr großen Anzahl an Datensätzen, mit einer erneuten Wartezeit von ~50 Sekunden zu rechnen.

Während den Schreib- und Lesevorgängen ist der ROLAP-Würfel auch für andere Benutzer verfügbar. Parallel zu den Tests können auch Analysen des Würfels mit dem SQL Server Management Studio durchgeführt werden. Die Antwortzeit blieb während der gesamten Testphase im SSMS konstant gut.

3.3.2.2 Multi-User

Für die Tests im Multi-User-Modus wurden acht gleichzeitige Benutzer simuliert. Dabei wurde untersucht, wie sich die Antwortzeiten des Systems unter Last verhalten. Die Tests wurden analog zu den Single-User-Tests durchgeführt. Es wurde wiederum ~300.000 Datensätze geladen und ~200.000 Datensätze von der OLAP-Datenbank gelesen.

Die Antwortzeiten des Systems für die Abfragen variierten zwischen 2 und 6 Sekunden. Das Update der Datensätze in der relationalen Datenbank benötigte durchschnittlich ~3 Sekunden für die Durchführung.

Um auch größere Änderungen in der Datenbank zu simulieren, wurde ein Jahresupdate durchgeführt (siehe Quellcode 3.4). Betroffen davon sind ~1.4 Millionen Datensätze. Die durchschnittliche Antwortzeit bei diesem Statement betrug ~19 Sekunden. Die Datenabfragen wurden von diesem Statement nur unwesentlich beeinflusst.

```
-- Update ~1.400.000 Data Records  
Update FactSalesPersisted set SalesAmount=SalesAmount+1  
where Year(DateKey) = 2013
```

Quellcode 3.4: SQL Update Statement (komplettes Jahr) - ROLAP

3.3.2.3 Cache

Datenänderungen in großen Modellen betreffen meist nur kleinere Datenbereiche, die angepasst werden müssen. Jede dieser Änderungen verursacht jedoch ein Leeren des Caches. Somit müssen alle Daten vom SQL Server nachgeladen und neu aggregiert werden.

Bei gefülltem Cache (keine WriteBacks dazwischen) ist die durchschnittliche Antwortzeit im Bereich von $\sim 0,01$ Sekunden. Durch permanentes Schreiben in die Tabelle der relationalen Datenbank, wird ein ständiges Entleeren des Caches erzwungen. Die Antwortzeiten bei Abfragen erstreckten sich je nach Datenmenge initial zwischen 5 Sekunden und 240 Sekunden.

Durch die folgenden Anpassungen in der Datenbank konnte ein Optimierung der Performance erzielt werden:

- Durch ein Persistieren der Tabellen, die für die Dimensionen verwendet werden, kann ein hoher Performancegewinn erzielt werden. Grundsätzlich können in den Datenquellsichten der SSAS „benannte Abfragen“ definiert werden (siehe Abbildung 3.12). Diese Abfragen entsprechen im Wesentlichen einer Sicht in der relationalen Datenbank. Durch eine Persistierung der benötigten Verknüpfungen in die entsprechende Tabelle und das vollständige Entfernen der benannten Abfragen kann ein hoher Performancegewinn erzielt werden.¹⁸
- Analog zu den Dimensionen sollten auch alle Faktentabellen keine benannten Abfragen beinhalten. Durch die Verwendung eines Primärschlüssels konnten die Antwortzeiten auf 4 bis 6 Sekunden optimiert werden.

¹⁸vgl. Root/Mason: *Pro SQL Server 2012 BI Solutions* (2012), S. 360.

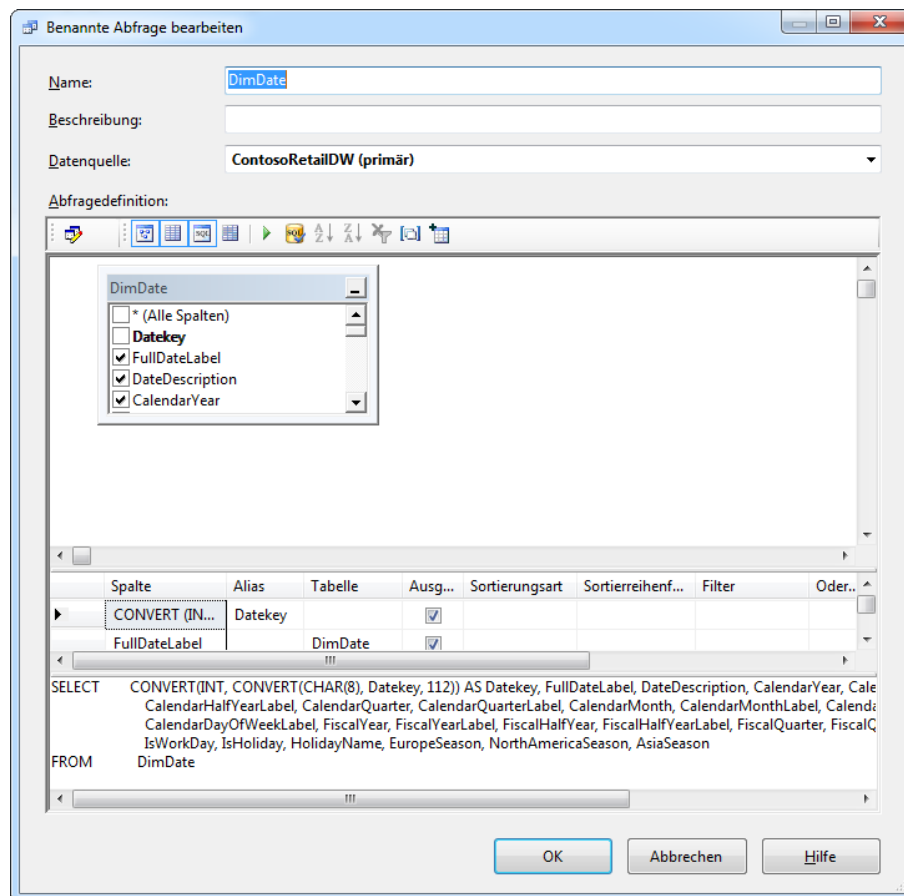


Abbildung 3.12: OLAP - Benannte Abfragen

3.3.2.4 Security

Um das Antwortverhalten des Systems mit definierten Dimensionsberechtigungen zu testen, wurden vier Rollen definiert, mit unterschiedlichen Einschränkungen auf die Produktdimensionen (siehe Abbildung 3.13). Zusätzlich zur Einschränkung der Produktdimension wurde auch die Dimension „Channel“ auf jeweils ein einzelnes Element eingeschränkt. Um eine spürbare Beeinflussung auf die bereits definierten zulässigen Elementgruppen zu erhalten, wurde die Option „Sichtbare Gesamtwerte“ aktiviert. Durch diese Einstellung wird der Gesamtbetrag auf höheren Hierarchieebenen angezeigt, auch wenn der Benutzer nicht für alle darunterliegenden Elemente eine Leseberechtigung besitzt.¹⁹

¹⁹vgl. Microsoft: [Sichtbare Gesamtwerte und nicht sichtbare Gesamtwerte](#) (2014).

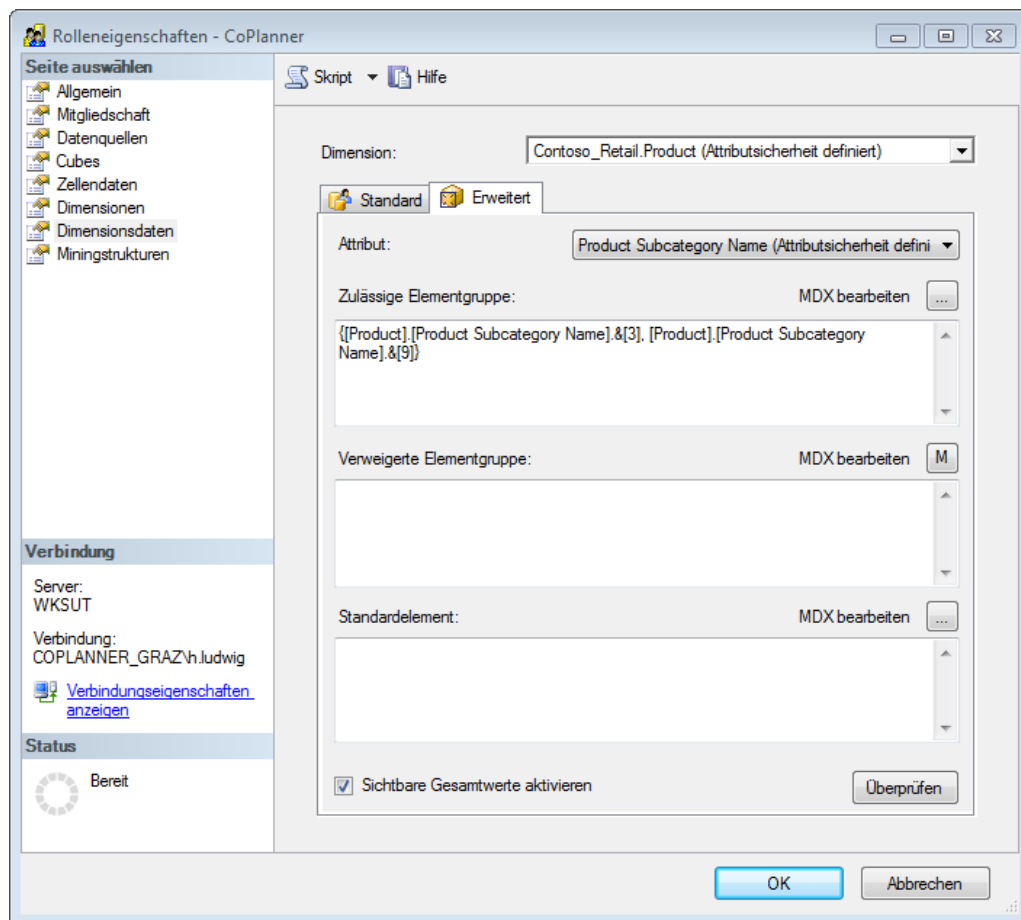


Abbildung 3.13: OLAP Rolleneigenschaften - Produktedimension

Anschließend wurden jeweils zwei der acht Benutzer einer Gruppe zugeordnet. Die Tests wurden danach analog zu den Multi-User-Tests (siehe 3.3.2.2) durchgeführt.

Die Performance verschlechterte sich durch die hinzugefügten Rollen deutlich. Sowohl der Leseprozess als auch der Schreibprozess benötigten durchschnittlich zwischen 5 und 20 Sekunden.

Auch das Deaktivieren der Option „Sichtbare Gesamtwerte“ hatte auf die Performance keine positive Auswirkung.

3.3.2.4.1 WriteBack-Security

Alle Veränderungen der Daten erfolgen direkt in der relationalen Datenbank, dadurch können die getroffenen Rolleneinstellungen (siehe 3.3.2.4) von den SSAS

nicht berücksichtigt werden.

3.3.2.5 Flaschenhals der ROALP-Technologie

Die SSAS laden automatisch geänderte oder neue Datensätze aus der relationalen Datenbank nach. Damit die Abfragezeiten performant bleiben, werden Aggregationen und daraus folgend indizierte Sichten erzeugt. Als indizierte Sichten werden alle Sichten mit einem eindeutigen „clustered index“ bezeichnet. Zusätzlich können jedoch auch „non-clustered indexes“ definiert werden. Das Ergebnis einer indizierten Sicht wird materialisiert und in der RDB gespeichert.²⁰

Das Ergebnis einer indizierten Sicht beinhaltet Tupel, welche durch verschiedene Gruppierungen in der Sicht erzeugt werden. Wenn nun die Daten in der relationalen Datenbank geändert werden, müssen die indizierten Sichten neu erstellt werden. Dies kann zu langen Antwortzeiten führen.²¹

3.3.2.6 Vorteile

Aus den Tests mit der ROLAP-Architektur ergaben sich die folgenden Vorteile:

- Datenmanipulationen können direkt über den CoPlanner Client erfolgen, da die Datensätze direkt in der relationalen Datenbank adaptiert werden können.
- Datenmanipulationen (bspw. Neuanlage, Verteilung, Löschen) können komplett eigenständig entwickelt und angepasst werden. Es muss nicht auf SSAS-spezifische Eigenheiten Rücksicht genommen werden.
- Da im Unterschied zur MOLAP-Architektur Datensätze immer direkt in der relationalen Datenbank bearbeitet werden und die Daten nicht in aggregierter Form gespeichert werden, kann eine Benutzerverwaltung vollkommen unabhängig von den SSAS implementiert werden.
- Ein Detailsatzmodus, in dem die zu einem Tupel gehörenden Datensätze angezeigt werden können, ist implementierbar.

²⁰vgl. Rankins: [Microsoft SQL Server 2012 unleashed](#) (2014).

²¹vgl. Chen u. a.: [Building Large ROLAP Data Cubes in Parallel](#). (2004), S. 2-3.

3.3.2.7 Nachteile

Aus den Tests mit der ROLAP-Architektur ergaben sich die folgenden Nachteile:

- Die Performance bei Änderungen von einer großen Anzahl an Datensätzen (> 1 Million Datensätze) ist schlecht.
- Das bestehende CoPlanner Modell muss eventuell adaptiert werden, um optimale Lese- und Schreibgeschwindigkeiten zu erhalten.
- Der Implementierungsaufwand ist hoch, da die neue Technik in die bestehende CoPlanner Architektur integriert werden muss.
So müssen bspw. für alle beschreibbaren Measures einer Tabelle die entsprechenden SQL-Update-Prozeduren implementiert werden.
Auch die Benutzerverwaltung muss vollständig nachgebildet werden. Bei der Eingabe eines Wertes auf ein Knotenelement einer Dimension, muss auch die Verteilung auf die darunterliegenden Werte selbstständig berechnet und durchgeführt werden.
- Durch den hohen Implementierungsaufwand steigt die Komplexität der Lösung. Adaptierungen und Erweiterungen, die zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt werden, sind dadurch nur mit erhöhtem Aufwand möglich.
- Sobald zwei oder mehr „große“ Dimensionen mit einer Parent-Child-Struktur aktiv verwendet werden, sinkt die Performance stark. Im Fall der Contoso-Datenbank ist es unmöglich, die Products- und die Entity-Dimension gleichzeitig zu verwenden. Die Performance des Systems bei Lese- und Schreiboperationen wird dadurch stark negativ beeinflusst.

Zusätzlich wurden während den Tests die folgenden Nebeneffekte beobachtet:

- Je nach verwendeter Dimension variierte die Performance. Wenn bspw. in einer MDX-Abfrage bereits alle Datensätze der relationalen Datenbank abgefragt wurden, so benötigte ein erneutes Ausführen der MDX-Abfrage einen Bruchteil der Zeit durch den verwendeten Cache. Wurde jedoch auch nur eine Dimension in der MDX-Abfrage ausgetauscht, so verschlechterte sich die Performance der Abfrage wiederum massiv.
- Das Erstellen von Indexed Views kann unter Umständen viel Zeit in Anspruch nehmen. Vor allem wenn Aggregate definiert sind. Diese Änderungen können jedoch je nach Modell sinnvoll sein.

- Wenn Security-Rollen für Dimensionen verwendet werden, so wirkt sich das sehr negativ auf die Performance aus. Die Parent- Child-Struktur der Dimension hat darauf jedoch nur wenig Einfluss. Auch bei einer flachen Struktur verbessert sich die Performance in Verbindung mit Security-Rollen nicht maßgeblich.

3.3.2.8 Zusammenfassung

Im Vergleich zur MOLAP-Technologie als Planungsdatenbank, bietet die ROLAP-Technologie durch die bessere Integration der relationalen Datenbank weit mehr Möglichkeiten.

Die theoretisch mögliche Rollenzuweisung für Dimensionen sollte jedoch aus Performancegründen nicht verwendet werden. Zusätzlich kann eine hohe Anzahl an Attributen die Performance negativ beeinflussen. Die MOLAP-Technologie weist hier eine deutlich bessere Performance auf.

Die Performance ist je nach Einsatz unterschiedlich. Ein vorwiegend lesender Einsatz ist mit einer entsprechenden MOLAP-Lösung vergleichbar.

Wenn auch Daten in die relationale Datenbank geschrieben werden, so ist die Performance stark von der Datensatzanzahl in der Basistabelle und nicht von der Anzahl der tatsächlich geschriebenen Datensätze abhängig. Vor allem wenn mehrere Benutzer gleichzeitig kleinere Datenmengen schreiben, müssen Benutzer unter Umständen länger auf eine Antwort bei Lesevorgängen warten.

Sinnvoll getrennte Partitionen sowie weitere Datenbankoptimierungen könnten dieses Verhalten positiv beeinflussen. Positiv wäre eventuell auch eine clientseitige Implementierung, bei der die Schreibvorgänge kontrolliert zusammengeführt werden. Auch eine programmatische Auffüllung des Caches der SSAS dürfte die Performance vor allem bei initialen Zugriffen erhöhen. Dennoch sind die möglichen Optimierungen komplex und nicht mit dem einfachen Aufbau eines MOLAP-Würfels vergleichbar. Auch im Hinblick auf zukünftige Versionen können kleine Änderungen in den SSAS große Auswirkungen auf das gesamte System haben.

Zusätzlich fallen für die Funktion „Proaktives Zwischenspeichern“ zusätzliche Lizenzgebühren an, da diese Funktion nicht in der Standard-Edition des SQL Servers enthalten ist.²² Vor allem bei kleineren Projekten können die Lizenzkosten eine wichtige Rolle spielen.

Bei einer subjektiven Betrachtung der Hardwareauslastung scheint es, dass die Anforderungen an die Serverhardware im Vergleich zu MOLAP wesentlich hö-

²²vgl. Microsoft: [Von den SQL Server 2012-Editionen unterstützte Funktionen](#) (2014).

her ist. Je nach Aufgabenstellung war das Festplattensystem, der Arbeitsspeicher oder die CPU im Vergleich zu MOLAP wesentlich mehr ausgelastet.

3.3.2.8.1 Single-User lesend

Wenn lesende Anfragen aus dem Cache der SSAS beantwortet werden können, ist die Performance im allgemeinen sehr gut. Hier scheint es keine Unterschiede zum getesteten MOLAP-System zu geben. Müssen jedoch erst die Aggregate berechnet werden, so kommt es zu erheblichen Performance-Einschränkungen.

3.3.2.8.2 Single-User lesend und schreibend

Bei der Simulation eines einzelnen Benutzers, der zuerst Werte in die Datenbank schreibt und anschließend die aktualisierten, aggregierten Werte wieder ausliest, hängt die Performance nicht von der zu schreibenden Datensatzanzahl, sondern von der Größe der betroffenen Partition ab. Wird nur eine kleine Datensatzanzahl in einer großen Partition aktualisiert, so ist der Performanceverlust, im Vergleich zur Aktualisierung einer kleineren Partition, hoch.

3.3.2.8.3 Multi-User lesend und schreibend

Die Lesegeschwindigkeit wird durch Schreibvorgänge auf dieselbe Partition massiv beeinflusst. Sobald mehrere Benutzer simuliert werden und die Anzahl der Lesevorgänge steigt, wird die Performance jedoch nicht merklich schlechter. Dies dürfte durch eine Parallelisierung der Client-Lesevorgänge (Cache) und dem einsparen von SQL-Lesevorgängen durch den SQL Server zustandekommen. Durch eine sinnvolle Aufteilung der Schreibvorgänge auf unterschiedliche Partitionen können auch akzeptable Antwortzeiten bei gleichzeitigen Lesevorgängen erreicht werden.

3.3.2.8.4 Fazit

Die ROLAP-Technologie ist keine empfehlenswerte Variante, um die Anforderungen abdecken zu können. Auf Grund der nicht beeinflussbaren SQL-Server-Antwortzeiten und den immer wieder notwendigen Optimierungen kann diese Technologie nicht den notwendigen Anforderungen gerecht werden.

3.4 CoPlanner MOLAP

Die bisherigen Tests der MOLAP- und ROLAP-Technologie (siehe 3.3.1 und 3.3.2) haben gezeigt, dass teilweise unerwartet langsame Abfragezeiten auftreten können.

Diese Zeiten sind nicht mit den Zeiten aus „ReadOnly“ MOLAP-Würfeln vergleichbar. MOLAP-Partitionen ohne WriteBack weisen bei allen Tests eine gute Performance auf und werden auch bei vielen unterschiedlichen DWH Umsetzungen verwendet.

Kurze Tests haben gezeigt, dass mehrere Partitionen ohne Zeitverlust parallel aufbereitet werden können. Das Aufbereiten von 5 MOLAP-Partitionen dauert gleich lange, wie das Aufbereiten einer Partition. Für die CoPlanner-MOLAP-Lösung muss daher analysiert werden, ob es möglich ist, eine MOLAP-Partitionen so zu erstellen, dass diese nach einer Datenänderung automatisiert und performant neu aufbereitet werden können.

3.4.1 ROLAP-Simulation auf Basis-MOLAP

Bei der Idee MOLAP-Würfel zu bauen, in kleine Partitionen zu unterteilen, relational zu schreiben und dann nur die betroffenen Partitionen aufzubereiten, wird versucht auf Basis der MOLAP-Technologie eine OLAP-Simulation in Echtzeit zu realisieren. Die Durchführung der diversen Aufgaben soll dabei vom CoPlanner Server übernommen werden.

Der relationale Datenbestand wird dabei in logische Bereiche unterteilt. Je nach Unternehmensstruktur und -modell machen unterschiedliche Aufteilungen der Daten Sinn. So ist beispielsweise eine Aufgliederung nach Unternehmen, Produkt, Kostenstellengruppen, usw. möglich. In der Abbildung 3.14 erfolgt eine Aufteilung nach Unternehmen.

In den SSAS können die Würfel verschiedene Measuregruppen beinhalten. Eine Measuregruppe ist, vereinfacht gesagt, eine logische Bezeichnung für eine Tabelle oder eine „benannte Abfrage“ und kann aus einer oder mehreren Measures bestehen. Diese liefern wiederum die Daten aus den verschiedenen Tabellen und Sichten.

Die Abbildung 3.14 ergibt einen SSAS Würfel mit drei Dimensionen und einem „sum“ aggregierten Measure. Die Measuregruppe würde im Falle einer einzelnen Partition mit der relationalen Abfrage befüllt werden (siehe Quellcode 3.5).

Unternehmen	Produkt	Zeit	Wert	
Bike GmbH	p1	Jan	1500	Partition1
Bike GmbH	p2	Feb	2000	
Bike GmbH	p3	Mär	1300	
Bike GmbH	p1	Apr	4500	
Bike GmbH	p2	Mai	1250	
Fahrrad AG	p1	Jan	1500	Partition2
Fahrrad AG	p2	Feb	2000	
Fahrrad AG	p3	Mär	1300	
Fahrrad AG	p1	Apr	4500	
Fahrrad AG	p2	Mai	1250	

Abbildung 3.14: CoPlanner MOLAP - Aufteilung der Partitionen

```
-- Eine einzelne Partition
Select Unternehmen, Produkt, Zeit, Wert from Tabelle
```

Quellcode 3.5: SQL Select Statement - CoPlanner MOLAP

Bei einer Aufbereitung der Daten werden alle Daten der Tabelle auf einmal durch die SSAS vom SQL Server geladen. Da die Daten in unserem Fall anhand der Produkte aufgeteilt werden sollen, müssen zwei Partitionen angelegt werden. Die Daten des Würfels sind dabei die Summe aus den Abfragen (siehe Quellcode 3.6), wobei die Struktur der Daten (Spalten/Datentypen) übereinstimmen muss.

```
-- 1. Partition
Select Unternehmen, Produkt, Zeit, Wert from Tabelle where Unternehmen = 'Bike GmbH'

-- 2. Partition
Select Unternehmen, Produkt, Zeit, Wert from Tabelle where Unternehmen = 'Fahrrad AG'
```

Quellcode 3.6: SQL Select Statement - CoPlanner MOLAP mit zwei Partitionen

Durch die Trennung der Daten ergeben sich die Matrizen wie in Abbildung 3.15 dargestellt.

Unternehmen:		Bike GmbH					
Produkte		Jahr	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai
		10.550	1.500	2.000	1.300	4.500	1.250
	p1	6.000	1.500			4.500	
	p2	3.250		2.000			1.250
	p3	1.300			1.300		

Unternehmen:		Fahrrad AG					
Produkte		Jahr	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai
		10.300	1.250	2.000	1.300	4.500	1.250
	p1	5.750	1.250			4.500	
	p2	3.250		2.000			1.250
	p3	1.300			1.300		

Abbildung 3.15: CoPlanner MOLAP - Matrizen

Wird nun der Datenbestand der „Bike GmbH“ verändert, so müssen nur die Daten der entsprechenden Partition neu vom SQL Server geladen, aufbereitet und mit dem restlichen Datenbestand verknüpft werden. Je nach Größe und Anzahl der aufzubereitenden Partition variiert die Performance des Systems.

Werden mehrere Partitionen gleichzeitig aufbereitet, in unserem Beispiel Partition 1 und Partition 2 und der Prozessor des Server besitzt mindestens zwei Kerne, so wird die Aufbereitung von den SSAS parallel durchgeführt.²³

3.4.2 CoPlanner-MOLAP-Architektur

Die CoPlanner-MOLAP-Architektur ist in Abbildung 3.16 dargestellt.

Der SQL Server wird dabei für die Datenhaltung eingesetzt. Bei der Dateneingabe werden die neuen Datensätze ebenfalls vom SQL Server berechnet und gegebenenfalls auf die Blattelemente verteilt. Der CoPlanner Server dient hauptsächlich als Metadaten-Speicher. Er ist vor allem für die folgenden Aufgaben verantwortlich:

- Koordination zwischen SQL Server und SSAS

²³vgl. Microsoft: [Processing Options and Settings \(Analysis Services\)](#) (2014).

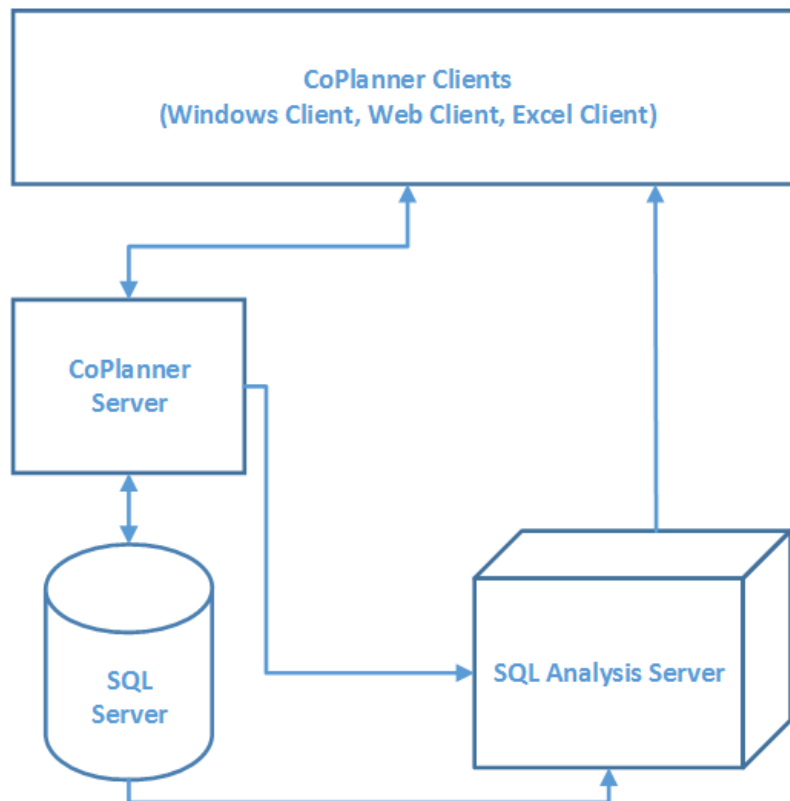


Abbildung 3.16: CoPlanner-MOLAP-Architektur

- Aufbereitung der Security
- Maskenspeicherung
- Administration der Dimensionen
- Steuerung des ETL-Prozesses

Bei den CoPlanner Clients dient der Excel- und Webclient vor allem der Dateneingabe und Analyse. Nur der CoPlanner-Windows-Client hat den vollen Funktionsumfang. Das beinhaltet vor allem:

- verschiedene Designer
- Verwaltung der Dimensionen
- Verwaltung der Benutzer
- Planung und Analyse

Die SSAS werden für die Aggregation der Daten, die Berechnungen der Measures und die Anwendung der Benutzerrollen verwendet.

3.4.3 Dateneingabe

Für die Dateneingabe sollen die bestehenden CoPlanner-Matrix-Masken verwendet werden. Diese Masken ermöglichen, analog zu den OLAP-Analysefunktionen, eine mehrdimensionale Analyse und Planung der Daten. In der Abbildung 3.17 sind die Plan- und Ist-Daten der Umsatzerlöse in einer Matrix-Maske gegenübergestellt. Zusätzlich zu den Dimensionen, die sich auf den Achsen befinden, können die Werte über Filter eingeschränkt werden. Im Falle der Umsatzerlöse sind dies Kostenstellen, Regionen/Kunden und Umsatzerlösarten.

	Menge Ist 2012	Preis Ist 2012	Umsatz Ist 2012	Menge 2013	Preis 2013	Umsatz 2013
Produkte	267	1.838,22	490.804,13	270	1.838,22	495.798,88
• Bianchi	43	2.295,01	98.685,61	43	2.295,01	99.689,90
• 928 SL IASP Super Record 11sp Compact	2	5.678,45	11.356,90	2	5.678,45	11.472,48
• MONO-Q Ultegra mix 10sp Compact	12	1.633,85	19.606,16	12	1.633,85	19.805,69
• Dolomiti Athena 11sp Compact	29	2.335,26	67.722,55	29	2.335,26	68.411,74
• Cannondale	71	1.452,45	103.124,30	72	1.452,45	104.173,76
• Colnago	17	2.287,88	38.893,92	17	2.287,88	39.289,73
• E-Bike Flyer	34	1.545,14	52.534,62	34	1.545,14	53.069,25
• Kuota	33	1.813,51	59.845,86	33	1.813,51	60.454,89
• Merida	14	3.349,30	46.890,19	14	3.349,30	47.367,38
• Scott	55	1.651,45	90.829,63	56	1.651,45	91.753,97
• Eigenmarke	0		0,00	0		0,00

Abbildung 3.17: CoPlanner Matrix - Umsatzerlöse²⁴

In der Matrix-Maske ist daher ein Tupel eindeutig über das Measure, die Achsenposition und die Filtereinstellungen identifizierbar. In der Abbildung 3.18 ist ein Tupel aus der Matrix dargestellt.

Die Dateneingabe kann in die folgenden Schritte unterteilt werden:

1. Wert entgegennehmen inklusive der Filter und Achsenposition
2. Übergabe an CoPlanner API (CoPlanner Client)

²⁴vgl. CoPlanner GmbH: [CoPlanner GmbH](#) (2014)

PC/KST:	V102 Versand
Regionen/Kunden:	EU
Unternehmen:	Bike GmbH
Umsatzerlösesarten:	Exporterlöse
Plan:	Budget 2013

	2013	JAN 2013	FEB 2013
	Menge		
Produkte	166	10	15
Bianchi	24	1	4
Cannondale	26	0	3
Colnago	25	5	2
E-Bike Flyer	26	1	1
Kuota	25	1	3
Merida	19	1	2
Scott	14	1	0
Plasma LTD	6	1	0
Sportster P1	8	0	0
Eigenmarke	5	0	0

1 Measure:	Menge
Produkt:	Plasma LTD
Zeit:	Jan 13
PC/KST:	V102 Versand
Regionen/Kunden:	EU
Unternehmen:	Bike GmbH
Umsatzerlösesarten:	Exporterlöse
Plan:	Budget 2013

Abbildung 3.18: CoPlanner Excel Matrix - Umsatzerlöse Tupel²⁵

3. Übergabe an CoPlanner Server
4. Aufbereitung der Informationen
5. Übergabe an SQL-Server-Prozedur
6. Speicherung und Verteilung der Werte (SQL Server gespeicherte Prozedur)
7. Aufbereitung der MOLAP-Partition
8. Status von CoPlanner Server an CoPlanner API übergeben
9. Daten von den SSAS neu in die Matrix laden

Die Generierung einer Filterliste basierend auf der Zellposition ist bereits implementiert, da diese auch bei der bestehenden Datenübernahme benötigt wird.

3.4.3.1 Übergabe an CoPlanner API

Die im ersten Schritt gesammelten Datenänderungen werden an die CoPlanner API übergeben. Die Matrix-Maske sollte niemals direkt mit einer Datenquelle kommunizieren. Die Änderungen sollen daher an eine entsprechende Schnittstelle übergeben werden.

Damit die Werte in der relationalen Datenbank aktualisiert werden können, wird

²⁵vgl. CoPlanner GmbH: [CoPlanner GmbH](#) (2014)

ein neuer Serverbefehl benötigt. Dieser Befehl enthält eine Liste mit den Datenänderungen. Eine Datenänderung muss die folgenden Informationen beinhalten:

1. Name des betroffenen Datenobjekts (Tabelle mit den Datensätzen)
2. Name des Measures
3. Filterliste (Filter und Achsenposition)
4. Wert

Die Übergabe an den SQL Server erfolgt durch den CoPlanner Server.

3.4.3.2 Übergabe an CoPlanner Server

Von der CoPlanner API wird über das TCP-Protokoll, das von allen CoPlanner Clients für die Kommunikation mit dem CoPlanner Server verwendet wird, die Information an den CoPlanner Server übermittelt. Dieser muss vor der Übergabe der Daten an die SQL-Server-Prozedur sicherstellen, dass diese dann folgende Informationen zur Verfügung hat:

1. Benutzer (ID in der Benutzerverwaltung)
2. ID des Planes, an den der Benutzer angemeldet ist
3. Unternehmen, an das der Benutzer angemeldet ist
4. Security des Benutzers auf Blattebene der Dimensionselemente (alle Dimensionen die von der Matrix verwendet werden)
5. Security laut Szenario (Planzeitraum, Istzeitraum bei Forecast)

3.4.3.3 Übergabe an die SQL-Server-Prozedur

Die Verteilungsprozedur des SQL Servers ist die zentrale Logik bei der Datenspeicherung. Hier entscheidet sich, wie schnell die adaptierte WriteBack-Technologie ist. Für die Prozedur gelten die folgenden Ansatzpunkte:

1. Die Prozedur muss allgemein für alle Measures und Tabellen gültig sein.
2. Für jedes Measure in einem Würfel muss eine Prozedur automatisiert beim Erzeugen des Würfels angelegt werden. Diese muss bei Änderungen in der Tabelle oder des Würfels (bspw. dem hinzufügen einer Dimension) automatisiert vom System angepasst werden.

3. Für jeden Schreibvorgang muss von der Prozedur ein entsprechendes SQL-Statement generiert werden.
4. Für die Generierung, Steuerung und Bearbeitung der SQL-Prozeduren bieten sich CLR-Prozeduren an.²⁶

Für die Aktualisierung der Werte am SQL Server (Insert und Update) werden folgende Informationen benötigt:

- betroffene Tabelle
- betroffenes Measure
- neuer Wert
- Filtereinstellungen des Tupel
- Benutzer ID
- Security-Einstellungen des Benutzers

Für das Löschen von Daten werden dieselben Informationen benötigt, mit Ausnahme des Werts.

3.4.3.4 Speichern der Werte

Das Speichern und die eventuell notwendige Verteilung der Werte soll durch ein Modul am SQL Server durchgeführt werden. Dazu müssen alle zum Tupel gehörenden Datensätze geladen und anschließend jene Datensätze aus dem Set extrahiert werden, die für den Schreib- bzw. Löschvorgang auf Grund der Rolleneinstellungen auch vom Benutzer bearbeitet werden können. Dabei müssen die folgenden Fälle berücksichtigt werden:

- Alle Datensätze können vom Benutzer gelesen bzw. bearbeitet werden.
- Nicht alle Datensätze können vom Benutzer gelesen werden. Dadurch ergibt sich eine andere Summe auf Elementen einer höheren Hierarchieebene.
- Nicht alle Datensätze können vom Benutzer geändert werden, es sind jedoch alle sichtbar.
- Ein Teil der Datensätze ist für den Benutzer nicht sichtbar und ein anderer Teil darf vom Benutzer nicht bearbeitet werden. Dadurch ergibt sich wiederum eine andere Summe auf Elementen einer höheren Hierarchieebene.

²⁶vgl. Microsoft: [CLR Stored Procedures](#) (2014).

Zusätzlich müssen bei der Verteilung der Werte die folgenden Punkte beachtet werden:

- Bei der Verteilung auf mehrere Elemente können je nach Datentyp Rundungsdifferenzen auftreten.
- Zwischen den Aggregationstypen „SUM“ und „AVG“ muss unterschieden werden.

3.4.3.5 Aktualisierung der Maske

Nachdem der CoPlanner Server der CoPlanner API mitteilt, dass der Prozeduraufruf ausgeführt wurde, werden vom CoPlanner Client die aktualisierten Daten angefordert. Dazu wird von der API das entsprechende MDX-Statement an die SSAS-Datenbank gesendet.

Die Ergebnisdaten sind auf Grund der zuvor durchgeführten Aufbereitung der entsprechenden Partitionen aktuell.

4 Implementierung Testserver und Testclient

Damit das CoPlanner-MOLAP-Konzept auch getestet werden kann ist es notwendig, eine entsprechende Testumgebung zu schaffen. Da es auch möglich sein soll die neue Technologie in die bestehende CoPlanner Architektur (siehe Kapitel 2.2) zu integrieren, ist es notwendig, die Drei-Schichten-Architektur des CoPlanner nachzubilden. Für die Daten- und Präsentationsschicht musste daher ein Testserver und ein Testclient entwickelt werden.

4.1 Architektur

Die Kommunikation zwischen dem Testserver und dem Testclient erfolgt über die bestehende CoPlanner Programmierschnittstelle. Für die Kommunikation mit der SQL-Server-Instanz werden die Klassen, Schnittstellen und Enumerations des „Microsoft.SqlServer.Server“ Namespace verwendet.¹ Für die Administration der SSAS-Instanz wird der „Microsoft.AnalysisServices“ Namespace verwendet.² In weiterer Folge wird der ADOMD.NET Datenanbieter³ verwendet, um auf die multidimensionalen Daten der Analysis Services zugreifen zu können.

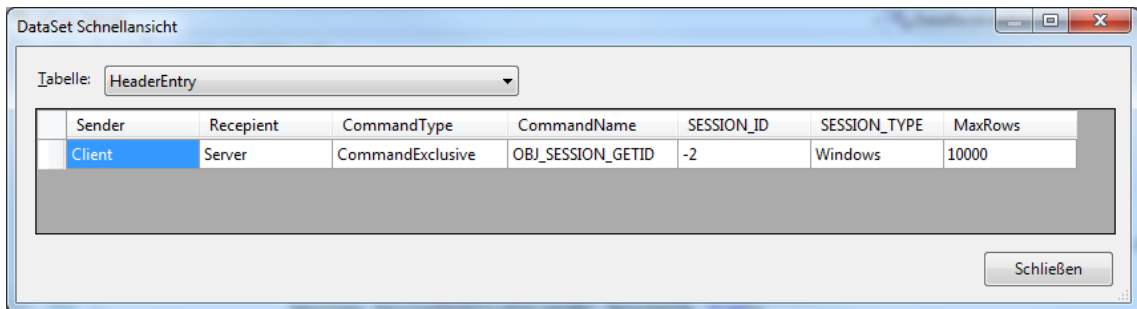
Für den Austausch von Daten zwischen dem Client und dem Server werden DataSets verwendet (siehe Abbildung 4.1). Da bereits viele Daten und Strukturen des CoPlanner in Tabellenform vorliegen, bieten DataSets Vorteile bei der Übertragung dieser Daten, da jedes DataSet aus einer Auflistung von DataTable-Objekten besteht.⁴

¹vgl. Microsoft: [Microsoft.SqlServer.Server-Namespace](#) (2014).

²vgl. ders.: [SQL Server 2012 - Microsoft.AnalysisServices-Namespace](#) (2014).

³vgl. ders.: [SQL Server 2012 - Microsoft.AnalysisServices.AdomdClient Namespace](#) (2014).

⁴vgl. ders.: [DataSet-Klasse \(System.Data\)](#) (2014).



The screenshot shows a window titled 'DataSet Schnellansicht'. At the top, there is a dropdown menu labeled 'Tabelle:' with 'HeaderEntry' selected. Below this is a table with the following columns: 'Sender', 'Receipient', 'CommandType', 'CommandName', 'SESSION_ID', 'SESSION_TYPE', and 'MaxRows'. The first row of data is highlighted in blue and contains the following values: 'Client', 'Server', 'CommandExclusive', 'OBJ_SESSION_GETID', '-2', 'Windows', and '10000'. At the bottom right of the window, there is a button labeled 'Schließen'.

Sender	Receipient	CommandType	CommandName	SESSION_ID	SESSION_TYPE	MaxRows
Client	Server	CommandExclusive	OBJ_SESSION_GETID	-2	Windows	10000

Abbildung 4.1: CoPlanner DataSet mit einem Kommando⁵

Zusätzlich ist es möglich DataSets zu serialisieren. Die Serialisierung wird benötigt, um die einzelnen DataSets für die Übertragung in ein binäres Format zu übertragen. Dazu wird der „BinaryFormatter“ aus dem Namespace „System.Runtime.Serialization.Formatters“ verwendet.⁶

Die einzelnen DataSets werden über TCP zwischen dem Client und dem Server ausgetauscht. Dazu wird vom Server in einem eigenen Thread ein TcpListener initialisiert, der innerhalb einer endlosen Schleife auf eingehende Anfragen wartet (siehe Quellcode 4.1).

Für die Übertragung der Daten werden diese zuerst serialisiert und anschließend komprimiert an den entsprechenden Testclient oder Server über einen Datenstream übertragen (siehe Quellcode 4.2).

Die Aufbereitung der einzelnen Partitionen der Analysis Services Datenbank wird vom Testserver gesteuert. Wenn eine Aufbereitung notwendig ist, so wird diese mit den Methoden der Partition-Klasse aus dem Microsoft.AnalysisServices Namespace durchgeführt. Die Methode „Process,“ führt dabei die Aufbereitung einzelner Partitionen durch (siehe Quellcode 4.3). Um die Zeiten auch mit hoher Auflösung messen zu können, wird die API-Funktion „QueryPerformanceCounter“ verwendet. Um die Zeitspanne berechnen zu können wird die Differenz des Start- und Endzeitpunktes durch die Frequenz geteilt.⁷

⁵vgl. CoPlanner GmbH: [CoPlanner GmbH](#) (2014)

⁶vgl. Eller: [Visual C# 2010: Grundlagen, Programmier Techniken, Datenbanken](#) (2010), S. 971-972.

⁷vgl. Fuchs/Barchfeld: [Das Visual Basic 2008 Codebook](#) (2009), S. 1118.

```

Private Sub DoListen()
    Try
        Do
            Try
                Dim tcpClient As TcpClient = m_objListener.AcceptTcpClient()
                Dim x As New TcpClientCon(tcpClient, m_bUseBinFormatter, m_iNmbrSize)

                x.m_bUseNativeBinFormatter = m_bUseNativeBinFormatter '##NATIVE

                AddHandler x.Connected, AddressOf OnConnected
                AddHandler x.Disconnected, AddressOf OnDisconnected
                AddHandler x.LineReceived, AddressOf OnLineReceived
                AddHandler x.DataSetReceived, AddressOf OnDsReceived

                SyncLock (m_DiccolClients)
                    m_DiccolClients.Add(x.ID, x)
                End SyncLock

                Catch exinner As Exception
                    Console.WriteLine("=> TCPListener/DoListen: Error: " + exinner.Message)
                End Try

            Loop Until False

        Catch ex As Exception
            Throw New Exception("Fehler in 'TcpServer/DoListen'," & ex.Message)
        End Try
    End Sub

```

Quellcode 4.1: CoPlanner Testserver - DoListen⁸

4.1.1 XML-Schnittstelle

Um automatisiert Anfragen des Clients an den Server schicken zu können wurde die Möglichkeit geschaffen, mehrere unterschiedliche Anfragen in XML-Dateien zu definieren. Der Testclient wurde daher um die Funktion erweitert, unterschiedliche Testfälle anhand von XML-Dateien einlesen zu können. Dazu kann im Testclient ein Pfad zu den Definitionen der Testfälle hinterlegt werden.

Mit der XML-Datei (siehe Quellcode 4.4) ist es möglich über verschiedene Befehle den Client zu automatisieren. In dem XML-Beispiel werden zuerst die Daten eines Unternehmens ausgelesen. Anschließend wird ein Tupel für ein Update definiert. Dadurch kann eine Benutzereingabe simuliert werden. Das dazu notwendige Update-SQL-Statement wird vom Testclient erstellt. Nach dem Update werden die Werte erneut vom Testclient eingelesen. Im letzten Schritt wird das gleiche Tupel mit einem anderen Wert überschrieben.

⁸vgl. Microsoft: [Creating a Multi-User TCP Chat Application](#) (2014)

```

Public Shared Sub WriteDataSetToNetWorkStream(ByVal dsSendSet As DataSet, ByVal client As
    TcpClient)
    Try
        SyncLock client.GetStream
            Dim ns As System.Net.Sockets.NetworkStream = client.GetStream()
            Dim ms As MemoryStream = New MemoryStream(c_iBufferSize)
            Dim bs As System.IO.BufferedStream = New System.IO.BufferedStream(ns,
                c_packageBufferSize)
            Dim m_binFormatter As BinaryFormatter = New System.Runtime.Serialization.
                Formatters.Binary.BinaryFormatter()
            m_binFormatter.TypeFormat = Runtime.Serialization.Formatters.FormatterTypeStyle.
                XsdString

            Dim dsWrapper As Cop.DataSetWrapper.DataSetSurrogate = New Cop.DataSetWrapper.
                DataSetSurrogate(dsSendSet)

            m_binFormatter.Serialize(ms, dsWrapper)

            ms.Flush()
            Dim ms2 As MemoryStream = New MemoryStream(c_iBufferSize)
            Dim zs As C1.C1Zip.C1ZStreamWriter = New C1.C1Zip.C1ZStreamWriter(ms2, True)
            zs.Write(ms.GetBuffer(), 0, CType(ms.Length, Integer))
            zs.Flush()

            Dim iLength As Integer = CType(ms2.Length, Integer)
            Dim strLengthMark As String = iLength.ToString() & New String(" ".Chars(o),
                c_iSizeLength - iLength.ToString().Length)
            Dim LengthMark As Byte() = System.Text.Encoding.UTF8.GetBytes(strLengthMark)
            bs.Write(LengthMark, 0, LengthMark.Length)
            bs.Write(ms2.GetBuffer(), 0, CType(ms2.Length, Integer))
            bs.Flush()
        End SyncLock
    Catch ex As Exception
        Throw New Exception("Fehler in 'TcpCommon/WriteDataSetToNetWorkStream,'" & ex.
            Message)
    End Try
End Sub

```

Quellcode 4.2: Übertragung der Daten zwischen Testserver und Testclient⁹

4.2 Benutzerschnittstelle Testserver

Der Testserver (siehe Abbildung 4.2) ist für die Aufbereitung der einzelnen SSAS-Partitionen verantwortlich. Nach Eingabe der Verbindungsdaten können über die Schaltfläche „Reload Server“ alle bestehenden Verbindungen zurückgesetzt werden. Ein initialer Test, ob die Verbindungen funktionieren und die einzelnen Partitionen auch aufbereitet werden können, kann mit der Schaltfläche „PartProc“ gestartet werden. Dabei werden die definierten Partitionen aufbereitet und die durchschnittlich benötigte Zeit berechnet.

Nachdem ein „Reload Server“ durchgeführt wurde, wartet der Testserver auf einem definierten Port auf die eingehenden Anfragen der Clients.

⁹vgl. CoPlanner GmbH: [CoPlanner GmbH](#) (2014)

```

public void ProcPartition()
{
    IsRunning(true);
    long TimeStart;
    long TimeEnd;
    System.Diagnostics.Debug.WriteLine("processing of partion " + PartitionFullName + " started");
    QueryPerformanceCounter(out TimeStart);
    TickLastStarted(true, TimeStart);
    m_Part.Process(ProcessType.ProcessData);
    QueryPerformanceCounter(out TimeEnd);
    TickLastFinished(true, TimeEnd);
    string strDauer = Math.Round((((double)(TimeEnd - TimeStart) / (double)m_Server.TimingFreq),
        6).ToString();
    System.Diagnostics.Debug.WriteLine("processing of partion " + PartitionFullName + " finished in
        " + strDauer);
    IsRunning(false);
}

```

Quellcode 4.3: CoPlanner Testserver - Process Partition¹⁰

4.3 Benutzerschnittstelle Testclient

In der Abbildung 4.3 ist der Testclient dargestellt. Der Testclient ermöglicht es, die Dateneingabe der Clients zu simulieren. Dazu ist es möglich SQL-Update-Statements zu definieren. Nachdem das Update durchgeführt wurde und die Aufbereitung der betroffenen Partitionen abgeschlossen ist, können die aktualisierten Daten mit zuvor definierten MDX-Statements ausgelesen werden.

Um eine Verbindung mit den SSAS herstellen zu können, muss die integrierte Windows-Authentifizierung verwendet werden.¹¹ Im Testclient ist es daher möglich, die benötigten Informationen manuell einzugeben. Ist die Schaltfläche „DoImpersonate“ aktiviert, so werden die Anmeldedaten des aktuellen Benutzers, der gerade den Testclient ausführt, für die Authentifizierung verwendet.

Neben der Definition der Verbindungseinstellungen kann über die Textbox „Tcp-Cmd“ die Anzahl der simulierten Benutzer und die benötigte Serveraktion festgelegt werden.

Im „Result Fenster“ werden nach der Durchführung die benötigten Zeiten dargestellt.

¹⁰vgl. CoPlanner GmbH: [CoPlanner GmbH](#) (2014)

¹¹vgl. Microsoft: [Authentication methodologies supported by Analysis Services](#) (2014).

```

<?xml version="1.0"?>
<BatchCommandList xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns:xsd="http://
www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <List>
    <BatchCommand>
      <bcType>Read</bcType>
      <bcName>SelectBritish Columbia</bcName>
      <bcMdx>
        select
          {DESCENDANTS([Zeit],[JahrQuartalMonatTag],[Jahr],[2014].children,1)} on columns,
          {[Product],[Product].[Product].children} on rows
        from CopCubeDyn
        where ([Measures].[Sales_SalesAmount],[Entity].[Entity].[Contoso British Columbia])
      </bcMdx>
    </BatchCommand>
    <BatchCommand>
      <bcType>Update</bcType>
      <bcName>UpdateBritish Columbia5000</bcName>
      <bcTable>Sales</bcTable>
      <bcMeasure>SalesAmount</bcMeasure>
      <bcTupel>Zeit,2014010101;Entity,634780257203466479</bcTupel>
      <bcPlan>634780257203490479</bcPlan>
      <bcValue>5000</bcValue>
    </BatchCommand>
    <BatchCommand>
      <bcType>Read</bcType>
      <bcName>SelectBritish Columbia</bcName>
      <bcMdx>
        select
          {DESCENDANTS([Zeit],[JahrQuartalMonatTag],[Jahr],[2014].children,1)} on columns,
          {[Product],[Product].[Product].children} on rows
        from CopCubeDyn
        where ([Measures].[Sales_SalesAmount],[Entity].[Entity].[Contoso British Columbia])
      </bcMdx>
    </BatchCommand>
    <BatchCommand>
      <bcType>Update</bcType>
      <bcName>UpdateBritish Columbia9000</bcName>
      <bcTable>Sales</bcTable>
      <bcMeasure>SalesAmount</bcMeasure>
      <bcTupel>Zeit,2014010101;Entity,634780257203466479</bcTupel>
      <bcPlan>634780257203490479</bcPlan>
      <bcValue>9000</bcValue>
    </BatchCommand>
  </List>
</BatchCommandList>

```

Quellcode 4.4: CoPlanner-MOLAP-Performance - Beispiel eines Testfalls

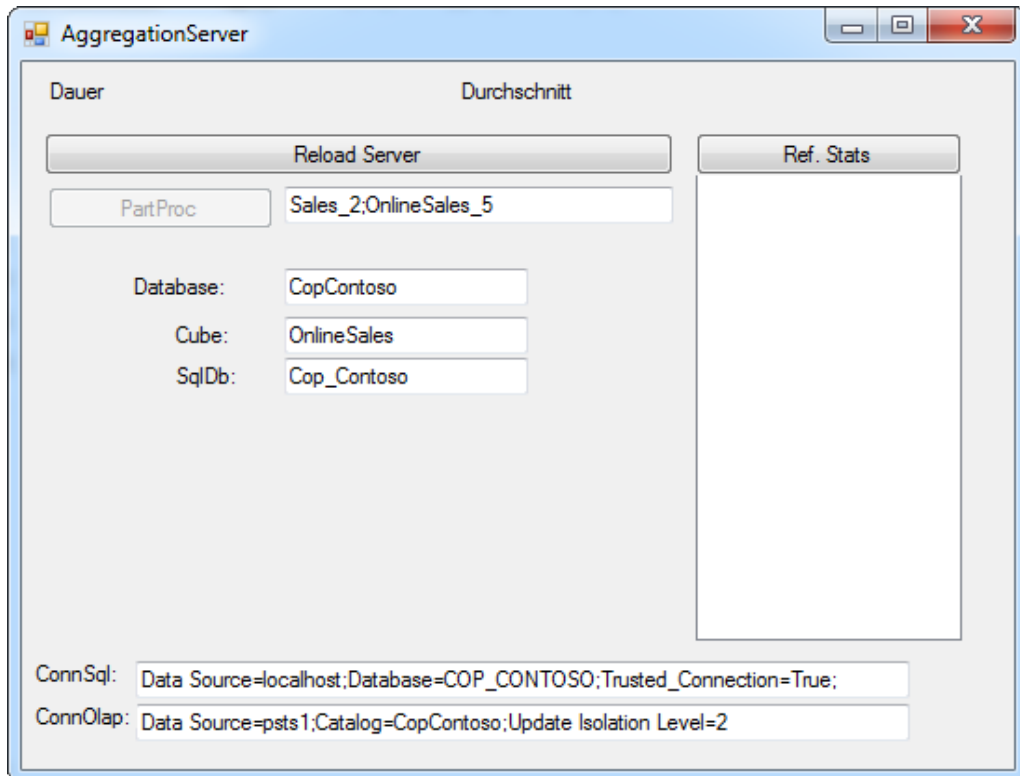


Abbildung 4.2: CoPlanner MOLAP -Testserver

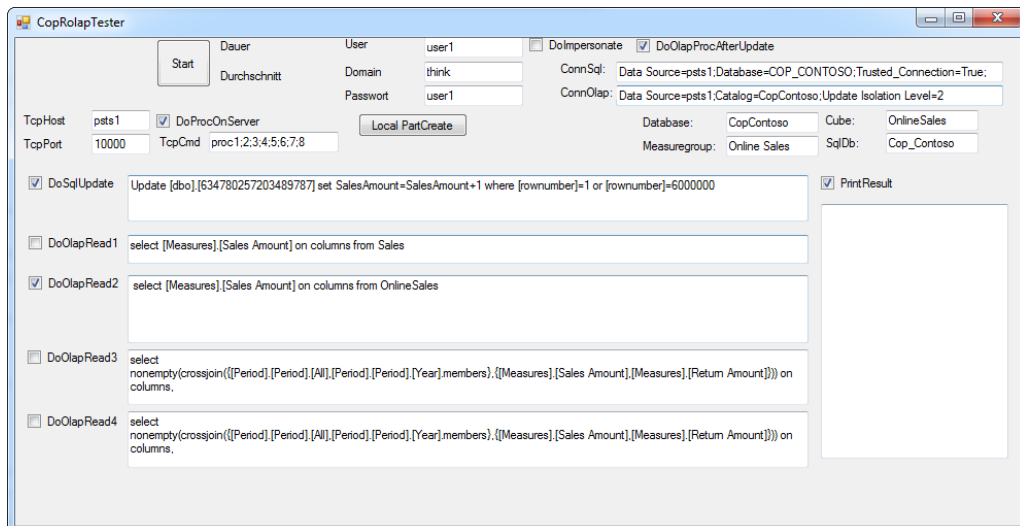


Abbildung 4.3: CoPlanner MOLAP -Testclient

5 CoPlanner-MOLAP- Machbarkeits- und Performance-Tests

Damit sichergestellt ist, dass das CoPlanner-MOLAP-Konzept auch den Anforderungen standhalten kann, müssen Machbarkeits- und Performancetests durchgeführt werden. Dabei ist es vor allem wichtig zu analysieren, welche Auswirkungen die unterschiedlichen Konfigurationen der Partitionen auf die Performance des OLAP-Würfels haben. Vor allem die Größe der Partition und die Frequenz der Datenänderungen können die Performance negativ beeinflussen.

Im Zuge der CoPlanner-MOLAP-Performance-Tests sollen zusätzlich die folgenden Fragestellungen beantwortet werden:

- Welche relationale Datenbasis ist optimal?
- Wie gut lässt sich die Aufbereitung von mehreren Partitionen parallelisieren?
- Wie performant ist die CoPlanner-MOLAP-Technologie bei geringen Datenmengen?
- Wo liegt der Flaschenhals in der Systemumgebung?
- Welche weiteren Optimierungen sind denkbar?
- Gibt es Unterschiede zwischen Parent-Child und Standarddimensionen?
- Wie viel „Overhead“ entsteht bei der Verarbeitung von zusätzlichen Partitionen?
- Sind zusätzliche Erkenntnisse vorhanden?

5.1 Testumgebung

Als Datenbasis für diese Tests wurde wiederum die BI-Demodatensatz-Datenbank „Contoso“ verwendet. Um die CoPlanner-Systemumgebung simulieren zu können, wurden in die Datenbank die Faktentabellen und Dimensionen der CoPlanner-Datenbank integriert.

Für die Simulation des Ablaufs eines Schreibvorgangs mit anschließender automatischer Aufbereitung der entsprechenden Partition, sind die folgenden grundlegenden Schritte notwendig. In der Abbildung 5.1 ist der gesamte Testablauf grafisch dargestellt.

1. Relationales Update der Datensätze durch den Testclient
2. Senden der Anforderung der Partitionsaufbereitung
 - a) vom Testclient an den Testserver
 - b) vom Testserver an die SSAS
3. Lesen der aufbereiteten Daten
 - a) Nach der erfolgreichen Aufbereitung der Partitionen wird vom Testserver eine entsprechende Meldung an den Testclient weitergegeben.
 - b) Der Testclient fordert die Ergebnissummen mit einem MDX-Ausdruck an.

Um die Tests durchführen zu können wurde, wie in der Abbildung 5.1 dargestellt, jeweils ein Testserver und ein Testclient entwickelt (siehe Kapitel 4). Diese Konfiguration entspricht auch der bestehenden CoPlanner-Drei-Schichten-Architektur. Die Testergebnisse sollten daher auch für den bestehenden CoPlanner Server und CoPlanner Client gelten.

5.2 Allgemeine Performance-Tests

Im ersten Schritt wurde die Auswirkung der Datensatzanzahl auf die Performance untersucht. Ziel des Tests war es, eine Aussage treffen zu können, bis zu welcher Datensatzanzahl eine Partition noch performant aufbereitet werden kann.

Als Basis wurde dazu die „OnlineSales“ Tabelle der Contoso-Datenbank verwendet. Diese Tabelle beinhaltet rund 15 Millionen Datensätze.

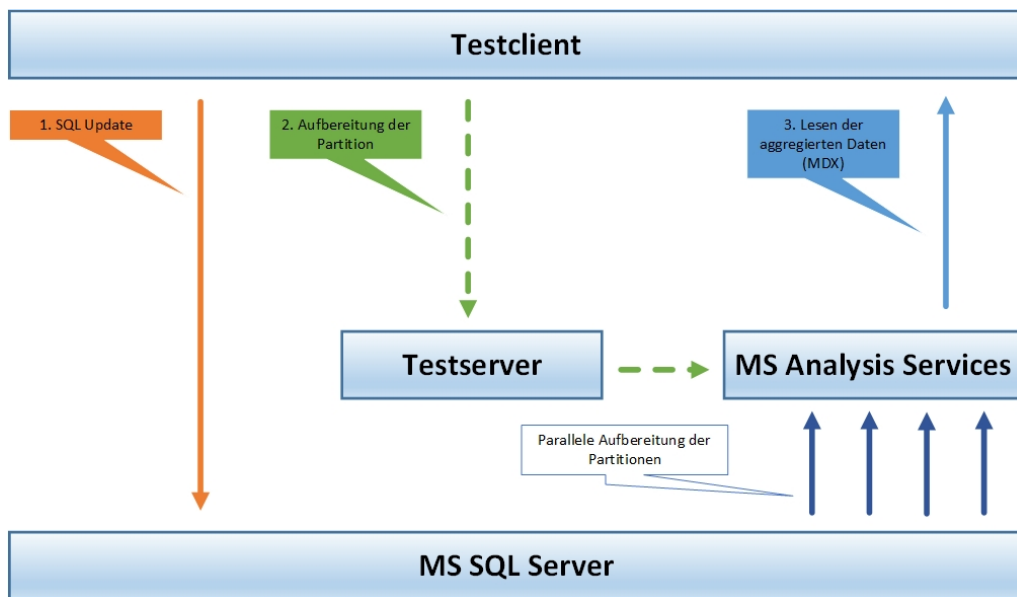


Abbildung 5.1: CoPlanner MOLAP - Testablauf

Mit bis zu acht Benutzern wurden in insgesamt 5 Durchgängen gleichzeitig zwei Datensätze in der ersten und zweiten Partition verändert (siehe Quellcode 5.1).

```
Update [dbo].[OnlineSales]
set SalesAmount = SalesAmount + 1
where
    [rownumber] = 1
or [rownumber] = 2
```

Quellcode 5.1: CoPlanner-MOLAP-Performance - SQL-Update-Statement

Anschließend wurden die neu berechneten Werte vom Client wieder ausgelesen (siehe Quellcode 5.2).

```
select
    [Measures].[Sales Amount] on columns
from OnlineSales
```

Quellcode 5.2: CoPlanner-MOLAP-Performance - MDX-Read-Statement

In der Abbildung 5.2 ist der gemessene Durchschnittswert in Sekunden für jeden Client dargestellt.

		Anzahl der Clients							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Anzahl der Datensätze in der Partition	100	0,34	0,55	0,70	0,98	1,06	1,32	1,44	1,61
	1.000	0,36	0,51	0,72	0,93	1,06	1,26	1,39	1,60
	10.000	0,49	0,58	0,70	0,86	1,15	1,33	1,49	1,71
	50.000	0,74	0,89	1,00	1,21	1,24	1,49	1,64	1,77
	100.000	1,06	1,15	1,34	1,41	1,62	1,74	1,90	2,06
	250.000	1,83	2,02	2,08	2,13	2,28	2,69	2,91	2,85
	500.000	3,12	3,00	3,20	3,23	3,74	3,69	5,09	4,96
	1.000.000	5,43	5,80	5,80	6,06	5,49	7,72	8,71	8,65
	5.000.000	24,80	20,24	20,46	23,12	20,45	20,57	26,00	23,37

Abbildung 5.2: CoPlanner-MOLAP-Performance - SQL-Aktualisierung und anschließendes lesen der Daten in Sekunden

Aus dem Test ist ersichtlich, dass Partitionen mit einer Größe von bis zu 250.000 Datensätzen in unter 2 Sekunden aufbereitet und gelesen werden können. Bei 100.000 Datensätzen beträgt die Dauer ungefähr ein bis zwei Sekunden.

Zusätzlich wurde bei dem Test auch festgestellt, dass die SSAS immer einen Overhead von zirka 300ms haben. Auch wenn eine Partition keinen Datensatz beinhaltet benötigen die SSAS diese Zeit, um interne Aufgaben zu erkennen bzw. diese abzuarbeiten.

In der Abbildung 5.3 sind die Werte der Abbildung 5.2 grafisch dargestellt. Aus der Grafik ist ersichtlich, dass sich durch die steigende Datensatz- und Benutzeranzahl eine exponentielle Kurve ergibt. Bei 8 Clients wird bei zirka 100.000 Datensätzen die 2 Sekunden Marke überschritten und die weiteren Messwerte steigen in Folge massiv an.

5.3 Ramdisk versus Festplatte

Um eine Aussage treffen zu können, ob das verwendete Festplattensystem einen Einfluss auf die Performance hat, wurde die Performance einer SATA 6GB/s

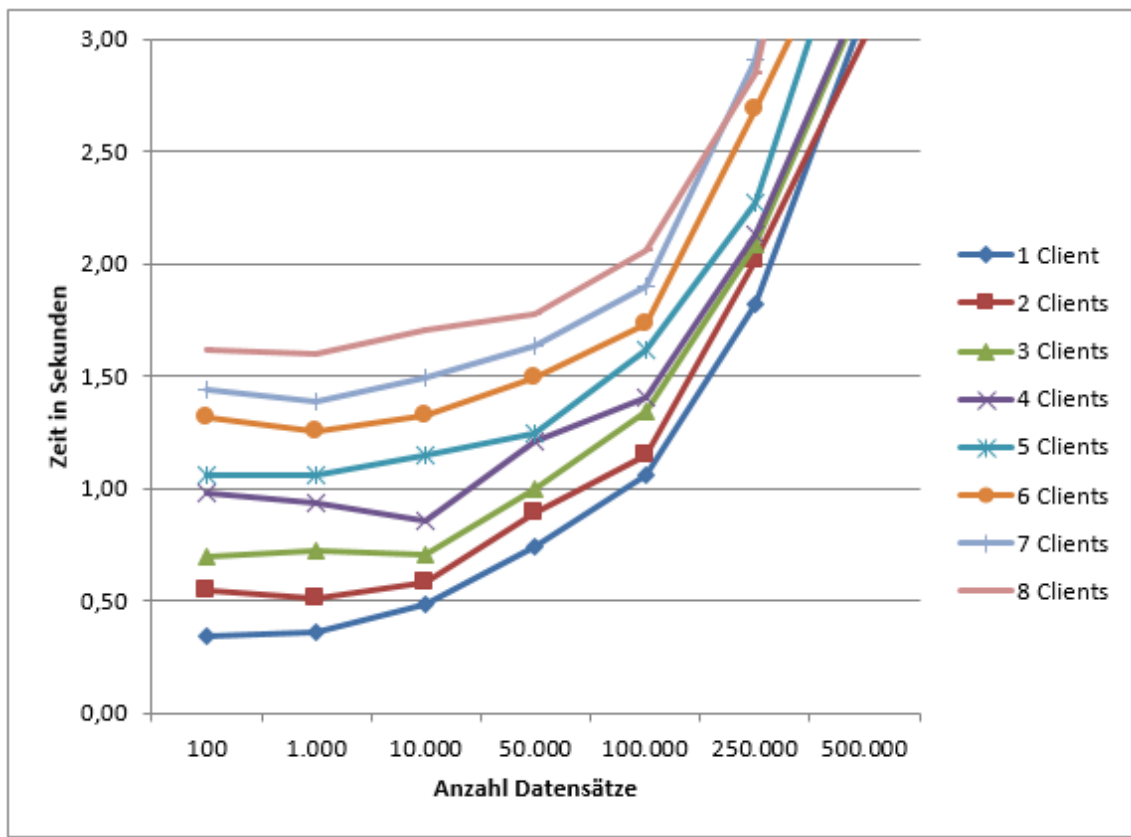


Abbildung 5.3: CoPlanner-MOLAP-Performance - Verhältnis zwischen Datensatzanzahl und Aufbereitungszeit

Desktop Festplatte mit 7200 Umdrehungen pro Minute¹ mit der Performance eines Ramdrives verglichen. Ramdrives simulieren Festplatten innerhalb des Arbeitsspeichers und sind daher wesentlich performanter.²

Wie in der Abbildung 5.4 dargestellt, wurden dazu vier verschiedene Tests durchgeführt. Jeweils mit einem oder 20 parallel ausgeführten Clients wurden 100 Datensätze von insgesamt acht Partitionen die jeweils 100.000 Datensätze beinhalten aktualisiert.

In der Abbildung 5.5 sind die gemessenen Zeiten noch einmal grafisch dargestellt.

Es ist ersichtlich, dass die gemessenen Zeiten nicht stark voneinander abweichen.

¹vgl. Seagate: [Barracuda XT Desktop Hard Drive](#) (2014).

²vgl. Dong: [Network dictionary](#) (2007), S. 617.

	Anzahl der Partitionen							
	1	2	3	4	5	6	7	8
20 Clients - Desktop HDD	2,23	3,02	3,80	3,80	4,46	4,72	5,03	5,17
1 Client - Desktop HDD	1,09	1,18	1,33	1,46	1,66	1,84	1,97	2,09
20 Clients - Ramdrive	2,29	2,76	3,65	3,56	4,22	4,99	4,96	5,06
1 Client - Ramdrive	1,06	1,14	1,25	1,35	1,49	1,63	1,74	1,92

Abbildung 5.4: CoPlanner-MOLAP-Performance - Desktop-HDD versus Ramdrive (Zeiten gemessen in Sekunden)

Eine Steigerung der Performance kann daher durch den Einsatz eines Ramdrive nicht erreicht werden.

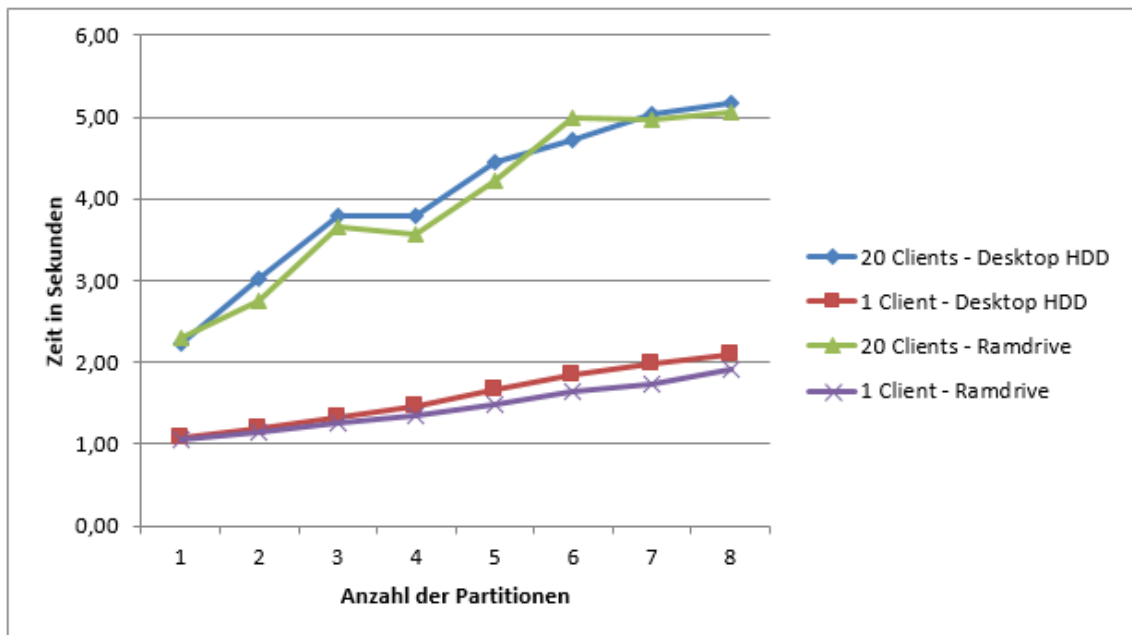


Abbildung 5.5: CoPlanner-MOLAP-Performance - Desktop-HDD versus Ramdrive

5.4 Fallbeispiele

Um auch effizient den gesamten Datentransfer, beginnend von der Eingabe bis zum erneuten Laden der Daten simulieren zu können, wurden einzelne Fall-

beispiele aus der Praxis in Testfällen abgebildet (siehe Kapitel 4.1.1). Für die unterschiedlichen Fallbeispiele wurden 15 Testfälle, die in XML-Dateien abgespeichert wurden, erstellt.

Die Testfälle wurden bei den Mehrbenutzertests auf bis zu 6 Rechnern gleichzeitig angewandt. Pro Rechner wurden wiederum maximal 8 Clients parallel gestartet. Insgesamt wurden daher 48 Benutzer simuliert, die permanent Daten eingeben und diese anschließend wieder auslesen.

In den Abbildungen 5.6 und 5.7 sind die Ergebnisse der Tests abgebildet. In insgesamt 15 unterschiedlichen Szenarien und 2 verschiedenen Testläufen wurden unterschiedliche Rollenzuweisungen getestet. Die Tests wurden jeweils auf dem gleichen Server, jedoch mit unterschiedlichen Einstellungen innerhalb der SSAS durchgeführt.

Im ersten Testlauf wurden die Szenarien ohne Rollenzuweisung getestet (siehe Abbildung 5.6). Wie zu erwarten war, hatte dieser Test die beste Performance. In weiterer Folge wurden für die Tests zusätzliche Rollenzuweisungen hinzugefügt. Für den Testlauf mit „mittleren“ Security-Einstellungen wurden bei vier Dimensionen Einschränkungen getroffen (siehe Abbildung 5.7). Da gewisse Benutzer auf verschiedene Elemente keine Schreibberechtigung haben, musste dies auch bei der Aktualisierung eines Tupels berücksichtigt werden. Dadurch verschlechterten sich die Zeiten für das relationale Update der Datenbank. Insgesamt verschlechterten sich die Ergebnisse natürlich, waren jedoch noch akzeptabel.

SzenarioName	Testlauf	Datensatzanzahl	Dauer AVG (s)	OlapRead Avg (s)	RelWrite Avg (s)	OlapProc Avg (s)
T1_USR1234mal1Cases4	No Security	3.593.124	10,35	0,24	7,93	0,24
T1_USR1234mal4Cases16	No Security	6.379.815	29,23	1,15	25,05	1,15
T1_USR123mal1Cases3	No Security	3.579.410	11,23	0,19	8,97	0,19
T1_USR12mal1Cases2	No Security	3.163.356	6,94	0,16	4,70	0,16
T1_USR1mal1Cases1	No Security	3.549.808	8,13	0,18	5,31	0,18
T1_USR2mal1Cases1	No Security	1.294.250	1,83	0,12	1,06	0,12
T1_USR3mal1Cases1	No Security	2.669.628	4,63	0,16	3,04	0,16
T1_USR4mal1Cases1	No Security	1.372.320	2,43	0,18	1,22	0,18
T2_USR1234mal1Cases4	No Security	1.356.660	2,67	0,22	1,46	0,22
T2_USR1234mal2Cases8	No Security	1.537.388	4,42	0,38	2,89	0,38
T2_USR1234mal4Cases16	No Security	1.542.880	8,85	0,90	6,14	0,90
T2_USR1mal1Cases1	No Security	72.200	1,10	0,15	0,37	0,15
T2_USR1mal2Cases2	No Security	1.290.236	1,64	0,14	0,84	0,14
T2_USR1mal3Cases3	No Security	1.817.704	2,21	0,16	1,30	0,16
T2_USR1mal4Cases4	No Security	1.747.912	2,64	0,18	1,67	0,18
	Summe:	34.966.691	98,30	4,51	71,96	4,51

Abbildung 5.6: CoPlanner-MOLAP-Performance - Performance-Tests (keine Security)

SzenarioName	Testlauf	Datensatzanzahl	Dauer AVG (s)	OlapRead Avg (s)	RelWrite Avg (s)	OlapProc Avg (s)
T1_USR1234mal1Cases4	Small Security	3.593.124	26,98	0,56	23,28	0,56
T1_USR1234mal4Cases16	Small Security	6.379.815	50,82	1,10	43,81	1,10
T1_USR123mal1Cases3	Small Security	3.579.410	24,47	0,43	20,77	0,43
T1_USR12mal1Cases2	Small Security	3.163.356	16,28	0,37	12,21	0,37
T1_USR1mal1Cases1	Small Security	3.549.808	22,49	0,42	16,80	0,42
T1_USR2mal1Cases1	Small Security	1.294.250	4,79	0,31	3,18	0,31
T1_USR3mal1Cases1	Small Security	2.669.628	11,70	0,43	8,67	0,43
T1_USR4mal1Cases1	Small Security	1.372.320	6,26	0,28	4,05	0,28
T2_USR1234mal1Cases4	Small Security	1.356.660	7,75	0,41	5,74	0,41
T2_USR1234mal2Cases8	Small Security	1.537.388	17,37	0,42	15,66	0,42
T2_USR1234mal4Cases16	Small Security	1.542.880	26,30	0,57	24,15	0,57
T2_USR1mal1Cases1	Small Security	72.200	2,69	0,25	1,22	0,25
T2_USR1mal2Cases2	Small Security	1.290.236	5,45	0,32	3,98	0,32
T2_USR1mal3Cases3	Small Security	1.817.704	7,73	0,32	6,21	0,32
T2_USR1mal4Cases4	Small Security	1.747.912	10,37	0,33	8,88	0,33
Summe:		34.966.691	241,44	6,54	198,61	6,54

Abbildung 5.7: CoPlanner-MOLAP-Performance - Performance-Tests (teilweise Security)

5.5 Detailtests

Im Folgenden sollen die Fragestellungen, die zu Beginn des Kapitels 5 gestellt wurden, beantwortet werden:

- **Welche relationale Datenbasis ist optimal?**

Ein Index mit allen verwendeten Spalten auf der Basistabelle ist einer Indexed View beim Lesen knapp überlegen.

Bei einer Aufteilung der Daten auf mehrere Tabellen ist mit einer leichten Steigerung der Performance zu rechnen, die zusätzliche Komplexität (insbesondere bei der Aktualisierung von Werten) ist allerdings nicht gering. Eine zusätzliche Tabelle für „Read Only“ Daten wäre jedoch sinnvoll. Vor allem bei Daten, die nur noch zur Analyse benötigt werden, können durch „Read Only“ Tabellen große Performancegewinne erzielt werden.

- **Wie gut lässt sich die Aufbereitung von mehreren Partitionen parallelisieren?**

Wie bereits in Kapitel 5.2 eruiert wurde, macht es Sinn, Partitionen mit einer Größe von bis zu 100.000 Datensätzen anzulegen. Zusätzlich scheint die Dauer der Aufbereitung direkt mit der Anzahl der CPU's in Zusammenhang zu stehen. Auch die Hyper-Threading-Technologie wird gut unterstützt.³

³vgl. Intel Corporation: [Intel Hyper-Threading Technology](#) (2014).

- **Wie performant ist die CoPlanner-MOLAP-Technologie bei geringen Datenmengen?**

Als Untergrenze wird die Aufbereitung einer leeren Partition angenommen. Abhängig von der Ausstattung des Servers benötigt die Aufbereitung einer leeren Partition zwischen 200ms und 400ms. Die reine Aufbereitung einer Partition mit zirka 100.000 Datensätzen benötigt ungefähr 400ms.

- **Wo liegt der Flaschenhals in der Systemumgebung?**

Wie auch schon bei vorangegangenen Designs ersichtlich, benötigt diese Variante ebenfalls eine gewisse Zeit, bis Basisdaten geladen wurden. Als Festplatte sollten handelsübliche Server-Festplatten ausreichen. Schnellere Festplatten bringen nur minimale Vorteile (siehe Kapitel 5.3).

Die Gesamtperformance ist in erster Linie von der Anzahl der verfügbaren CPU-Kerne und der Taktfrequenz des Arbeitsspeichers abhängig. Diese haben einen direkten Einfluss auf die Performance der SSAS.

- **Welche weitere Optimierungen sind denkbar?**

Weitere Optimierungen wären bei der Datenstruktur möglich. Wenn diese optimal auf die Bedürfnisse der SSAS ausgerichtet werden, kann wahrscheinlich noch eine Steigerung der Performance erreicht werden.

Zusätzlich können eventuell „Lazy Aggregations“ sinnvoll eingesetzt werden. Diese ermöglichen es, unter Umständen schon früher auf die Daten zuzugreifen. Ein Nachteil ist jedoch, dass kein Einfluss auf den Prozess der Aufbereitung der Daten genommen werden kann.⁴

- **Gibt es Unterschiede zwischen Parent-Child und Standarddimensionen?**

Im Contoso-Modell konnten keine wesentlichen Unterschiede festgestellt werden. Der Aufbau der Dimension hatte keinen Einfluss auf die Performance.

- **Wie viel „Overhead“ entsteht bei der Verarbeitung von zusätzlichen Partitionen?**

Es entsteht kein zusätzlicher Overhead durch eine höhere Anzahl an Partitionen. Auch wenn ein Würfel aus 40 Partitionen besteht, kann eine einzelne Partition ohne zusätzliche Performanceverluste aufbereitet werden.

⁴vgl. Webb: [Expert cube development with Microsoft SQL Server 2008 Analysis Services design and implement fast, scalable, and maintainable cubes](#) (2009), S. 283.

- **Sind zusätzliche Erkenntnisse vorhanden?**

Einstellungen im Virenschanner und Raidcontroller können die Performance signifikant beeinflussen. Ein Deaktivieren des Raidcontroller-Caches verschlechterte die Performance der SSAS maßgeblich. Auch das Deaktivieren des Virenschanners erhöhte die Performance bei vielen gleichzeitigen Zugriffen.

6 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es ein Konzept zu erstellen, das es ermöglicht mit den derzeit am Markt existierenden BI-Produkten von Microsoft ein Konzept für eine Planungsengine zu erstellen. Der Begriff Planungsengine beinhaltet dabei neben der Planung der Datensätze auch das Ad-hoc-Reporting, und die Analyse der Daten.

Im ersten Schritt wurde dazu der Begriff „Business Intelligence“ erläutert und die bestehende Architektur der CoPlanner Softwarekomponenten beschrieben. Die Übersicht über die verschiedenen CoPlanner Versionen zeigt die Möglichkeiten der Software und auch die Anforderungen an die neue Planungsengine. Weiterhin wurden die existierenden relationalen und multidimensionalen Datenbanktechnologien beschrieben.

Für die praktischen Tests der Datenbanktechnologien, die bereits standardmäßig in der Microsoft-Business-Intelligence-Plattform enthalten sind, wurden anschließend Machbarkeits-, Architektur- und Performance-Tests durchgeführt.

Die MOLAP-Technologie hat bei einem rein lesenden Zugriff eine ausgezeichnete Performance. Auch in Verbindung mit mehreren Benutzern und unterschiedlichen Rollenzuweisungen bleibt die Performance konstant gut.

In Verbindung mit einer WriteBack-Tabelle stößt die MOLAP-Technologie jedoch schon bei einer sehr kleinen Benutzeranzahl schnell an die Grenzen der geforderten Performance. Darüber hinaus erschwert die zusätzlich benötigte WriteBack-Tabelle und die dadurch entstehenden Delta-Datensätze die Aufbereitung und Analyse der Daten.

Da die Daten bei ROLAP direkt aus den ursprünglichen relationalen Tabellen abgefragt werden können, bietet diese Technologie mehr Möglichkeiten im Vergleich zur MOLAP-Technologie. Analog zur MOLAP-Technologie kommt es jedoch bei gleichzeitigen Lese- und Schreibvorgängen zu teilweise massiven Performance-Einbußen. Mögliche Optimierungen sind aufgrund der Architektur teilweise komplex und daher nur schwer umsetzbar.

Das CoPlanner-MOLAP-Konzept versucht die Vorteile der MOLAP- und ROLAP-Technologie zu vereinen.

ROLAP ermöglicht es, automatisiert Änderungen in der relationalen Tabelle in

den OLAP-Würfel zu übertragen. Die Daten können dabei adaptiert werden, ohne auf die bestehenden Eigenschaften des OLAP-Würfels, Rücksicht nehmen zu müssen.

MOLAP hat durch die vorberechneten aggregierten Daten Vorteile bei der Performance. Diese Vorteile sind vor allem bei der Performance großer Abfragen ersichtlich.¹

6.1 Ausblick

Im nächsten Schritt sollte das CoPlanner-MOLAP-Konzept an einem Modell aus der Praxis getestet werden. Sinnvoll wäre es, dazu den CoPlanner Server und Client um die CoPlanner-MOLAP-Technologie zu erweitern. Dadurch können mit der CoPlanner-MOLAP-Technologie auch die Funktionen des CoPlanner Frameworks genutzt werden. Dies würde einen erheblichen Vorteil bieten. Eventuell müssen dafür auch die Strukturen des Modells für die neue Technologie adaptiert werden.

Anschließend kann die Performance direkt mit den gemessenen Zeiten aus dem ursprünglichen Modell verglichen werden.

Für die neue Technologie muss immer ein eigener OLAP-Würfel erstellt werden. Dazu wird detailliertes, technisches Fachwissen benötigt. Um auch mit dem CoPlanner Client die neue CoPlanner-MOLAP-Technologie verwenden zu können ist es daher notwendig, einen entsprechenden Designer zu konzipieren. Da jedoch, je nach Modell, das Design des OLAP-Würfels unterschiedlich sein kann, müssen hier die Anforderungen detailliert spezifiziert werden. Für manche Modelle kann es durchaus sinnvoll sein, die Erstellung des Würfels manuell durchzuführen.

Auch die optimale Aufteilung der Daten innerhalb der Partitionen muss noch ermittelt werden. Je nach Modell kann eine unterschiedliche Aufteilung Sinn machen. Zusätzlich müssen die Daten der einzelnen Partitionen logisch miteinander verknüpft werden. Bei der Bearbeitung von Werten auf unterschiedliche Partitionen sollte immer nur eine minimale Anzahl an Partitionen von der jeweiligen Änderung betroffen sein.

¹vgl. J. Han/Kamber: [Data Mining: Concepts and Techniques: Concepts and Techniques](#) (2011), S. 164-165.

Appendix

Abkürzungsverzeichnis

ACID	Atomicity, Consistency, Isolation und Durability
API	application programming interface
BI	Business Intelligence
bspw	beispielsweise
bzw	beziehungsweise
CLR	Common Language Runtime
CoPlanner	Connected Planner
CPM	Corporate Performance Management
CRM	Customer Relationship Management
DSS	Decision Support System
DW	Data Warehouse
DWH	Data Warehouse
EIS	Executive Information System
ERP	Enterprise Resource Planning
ETL	Extract, Transform, Load
FASMI	Fast Analysis Shared Multidimensional Information
HOLAP	Hybrid OLAP
IBM	International Business Machines Corporation
IT	Informationstechnik
KPI	Key Performance Indicators
MDDB	Multidimensionale Datenbank
MDX	Multidimensional Expressions
MIS	Management Information System
MOLAP	Multidimensionales OLAP
ODBC	Open Database Connectivity
OLAP	Online Analytical Processing
OLTP	Online Transaction Processing
QBE	Query by Example
QUEL	Query Language

ROLAP Relationales OLAP
SQL Structured Query Language
SSAS SQL Server Analysis Services
SSMS SQL Server Management Studio
TCP Transmission Control Protocol
usw. und so weiter
vgl. vergleiche

Literatur

- Apel, Detlef: Datenqualität erfolgreich steuern, 2010.
- Azevedo, Pedro: Business Intelligence und Reporting mit Microsoft SQL Server 2008, Unterschleißheim 2009.
- Bange, C: Business Intelligence: Systeme und Anwendungen - Werkzeuge und Technologien für die Unternehmenssteuerung, in: Barc 2005.
- Bange, C., N. Janoschek und S. Alexander: Der Markt für Business Intelligence in Deutschland 2012, in: BARC-Institut 2013.
- Bange, C. und C. Köthner: BARC - Guide Business Intelligence, in: BARC-Institut 2 (2008).
- Bauer, A.: Data-Warehouse-Systeme: Architektur, Entwicklung, Anwendung, 2009.
- Bauer, Jürgen: Controlling für Industrieunternehmen : kompakt und IT-unterstützt - mit SAP-Fallstudie, Wiesbaden 2006.
- Brychcy, T.: Business Intelligence: Potentiale und Anwendung im operativen Vertriebscontrolling der Energieversorgung, 2010.
- Buchholz, Liane: Strategisches Controlling Grundlagen - Instrumente - Konzepte, Wiesbaden 2013.
- Buhrymenka, A.: Erfolgreiche Unternehmensführung durch den Einsatz von Corporate Performance Management: Für Unternehmen mit Business Intelligence, 2012.
- Burnus, Heinz: Datenbankentwicklung in IT-Berufen : Eine praktisch orientierte Einführung mit MS Access und MySQL, Wiesbaden 2008.
- Business Intelligence Wissensportal: Business Intelligence Metadatenmanagement, aufgerufen am 06.03.2014, 2014, URL: <http://www.business-intelligence24.com/data-management/business-intelligence-metadatenmanagement/business-intelligence-metadatenmanagement>.
- Business Media GmbH: SharePoint statt PerformancePoint - Planung, Budgetierung Das Aus für Microsoft PerformancePoint, aufgerufen am 06.02.2014, 2009, URL: <http://www.computerwoche.de/a/das-aus-fuer-microsoft-performancepoint,1885073,2>.
- Caradec, Michel: SSAS 2008 MOLAP Writeback, aufgerufen am 20.05.2014, 2014, URL: <http://bimatters1403.wordpress.com/2008/02/24/ssas-2008-molap-writeback-2/>.
- Chamoni, Peter: Analytische Informationssysteme : Business - Intelligence - Technologien und -Anwendungen, Berlin u.a 2010.

- Chen, Ying u. a.: Building Large ROLAP Data Cubes in Parallel. In: 2004, URL: <http://dblp.uni-trier.de/db/conf/ideas/ideas2004.html#ChenDER04>.
- CoPlanner GmbH: CoPlanner GmbH, aufgerufen am 06.01.2014, 2014, URL: <http://www.coplanner.com/at>.
- Devens, R.M.: Cyclopædia of commercial and business anecdotes: comprising interesting reminiscences and facts, remarkable traits and humors ... of merchants, traders, bankers ... etc. in all ages and countries, 1865.
- Dewald, B., S. Hughes und P. Turley: SQL Server Analysis Services 2012 Cube Development Cookbook (EBL-Schweitzer), aufgerufen am 06.05.2014, 2013, URL: <http://proquest.techbus.safaribooksonline.de/book/databases/sql/9781849689809/3dot-creating-analysis-services-cubes/ch03s12.html>.
- Dong, Jieli: Network dictionary, Saratoga, Calif 2007.
- Eller, F.: Visual C# 2010: Grundlagen, Programmier Techniken, Datenbanken (Programmer's Choice), 2010.
- Engels, C.: Basiswissen Business Intelligence, 2009.
- Farkisch, Kiumars: Data - Warehouse - Systeme kompakt Aufbau, Architektur, Grundfunktionen, Berlin, Heidelberg 2011.
- Fiege, Roland: Social Media Balanced Scorecard, German, 2012.
- Fischer, Stephan: Big Data: Herausforderungen und Potenziale für deutsche Softwareunternehmen, German, in: Informatik-Spektrum 37.2 (2014).
- Fuchs, J. und A. Barchfeld: Das Visual Basic 2008 Codebook, 2009.
- Geisler, F.: Datenbanken: Grundlagen und Design, 2009.
- Gentsch, Peter: Data Mining im Controlling - Methoden, Anwendungsfelder und Entwicklungsperspektiven, German, in: Controlling und Management 47.2 (2003).
- Gleich, R.: Management Reporting: Grundlagen, Praxis und Perspektiven [Grundlagen des Management Reportings aus wissenschaftlicher und praxisorientierter Sicht ; Praxisbeispiele und Best Practices aus unterschiedlichen Branchen ; Innovative Reportingansätze und Zukunftsperspektiven] (Haufe Praxis-Ratgeber), 2008.
- Gleich, R. und P. Schentler: Strategische und operative Planung in Kommunen: Koordination, Steuerung, Budgetierung (Kommunale Verwaltungssteuerung), 2010.
- Han, J. und M. Kamber: Data Mining: Concepts and Techniques: Concepts and Techniques (The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems), 2011.
- Han, Jiawei: Data mining : concepts and techniques, Amsterdam Boston 2012.
- Härder, T. und E. Rahm: Datenbanksysteme: Konzepte und Techniken der Implementierung, 2013.
- Harinath, S. u. a.: Professional Microsoft SQL Server 2012 Analysis Services with MDX and DAX (ITPro collection), 2012.

- Hofschröder, Peter und Tim Romberg: Data-Warehouse als Applikationsbasis? - Zur Kosten- und Leistungsrechnung (nicht nur) im Gesundheits- und Sozialwesen, German, in: Wirtschaftsinformatik 46.1 (2004).
- Hompel, Michael: Warehouse-Management : Organisation und Steuerung von Lager- und Kommissioniersystemen ; mit 48 Tabellen, Berlin HeidelbergNew York 2008.
- Humm, B. und F. Wietek: Architektur von Data Warehouses und Business Intelligence Systemen, German, in: Informatik-Spektrum 28.1 (2005).
- Intel Corporation: Intel Hyper-Threading Technology, aufgerufen am 28.06.2014, 2014, URL: <http://www.intel.com/content/www/us/en/architecture-and-technology/hyper-threading/hyper-threading-technology.html>.
- Jarosch, H.: Grundkurs Datenbankentwurf: Eine beispielorientierte Einführung für Studenten und Praktiker, 2009.
- Jedox AG: Palo.net - Open-Source Business Intelligence, aufgerufen am 06.01.2014, 2014, URL: <http://www.palo.net/>.
- Jensen, C.S., T.B. Pedersen und C. Thomsen: Multidimensional Databases and Data Warehousing (Synthesis lectures on data management), 2010.
- Kemper, Hans-Georg, Walid Mehanna und Carsten Unger: Business Intelligence - Grundlagen und praktische Anwendungen, German, 2006.
- Klein, Dominik, Phuoc Tran-Gia und Matthias Hartmann: Big Data, German, in: Informatik-Spektrum 36.3 (2013).
- Kropfberger, Dietrich und Manfred Winterheller: Controlling - Instrumente der strategischen und operativen Unternehmensführung, in: Wissen ist Manuz 2007.
- Kruth, W.: Grundlagen der Informationstechnik: - Kompaktwissen für Datenschutz- und Security-Management, 2009.
- Langit, Lynn: Smart business intelligence solutions with Microsoft SQL Server 2008, Redmond, Wash 2009.
- Lingnau, V.: Mittelstandscontrolling 2009 (Reihe: Controlling), 2009.
- Lünendonk: Business Intelligence als Kernkompetenz, in: Lünendonk - Marktstichprobe 2013 "Der Markt für spezialisierte Business-Intelligence-Standard-Software-Anbieter in Deutschland" 2013.
- Machanic, Adam: SQLQueryStress - SQL Server Query Performance Testing Tool, aufgerufen am 06.05.2014, 2014, URL: <http://www.datamanipulation.net/sqlquerystress/>.
- Mandl, Peter: Grundkurs Betriebssysteme : Architekturen, Betriebsmittelverwaltung, Synchronisation, Prozesskommunikation ; mit 6 Tabellen, Wiesbaden 2010.
- Meier, Andreas: Relationale und postrelationale Datenbanken, German (eXamenpress), 2010.
- Mertens, P.: Business Intelligence: ein Überblick (Arbeitspapier), 2002.

- Mertens, P. und M.C. Meier: Integrierte Informationsverarbeitung 2: Planungs- und Kontrollsysteme in der Industrie (Integrierte Informationsverarbeitung / Peter Mertens, Joachim Griesse), 2008.
- Microsoft: Analysis Services-Microsoft SQL Server 2012, aufgerufen am 06.01.2014, 2014, URL: <https://www.microsoft.com/en-us/sqlserver/solutions-technologies/business-intelligence/analysis.aspx>.
- Ders.: Authentication methodologies supported by Analysis Services, aufgerufen am 19.06.2014, 2014, URL: [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dn141154\(v=sql.110\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dn141154(v=sql.110).aspx).
- Ders.: CLR Stored Procedures, aufgerufen am 16.06.2014, 2014, URL: [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms131094\(v=sql.110\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms131094(v=sql.110).aspx).
- Ders.: Creating a Multi-User TCP Chat Application, aufgerufen am 22.10.2014, 2014, URL: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa478452.aspx>.
- Ders.: DataSet-Klasse (System.Data), aufgerufen am 20.10.2014, 2014, URL: [http://msdn.microsoft.com/de-de/library/system.data.dataset\(v=vs.90\).aspx](http://msdn.microsoft.com/de-de/library/system.data.dataset(v=vs.90).aspx).
- Ders.: Enabling Write-back to an OLAP Cube at Cell Level in Excel 2010, aufgerufen am 06.06.2014, 2014, URL: [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/gg521158\(v=office.14\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/gg521158(v=office.14).aspx).
- Ders.: Microsoft Contoso BI Demo Dataset for Retail Industry, aufgerufen am 06.05.2014, 2014, URL: <http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=18279>.
- Ders.: Microsoft SQL Server 2012 Express, aufgerufen am 12.02.2014, 2014, URL: <http://www.microsoft.com/de-at/download/details.aspx?id=35579>.
- Ders.: Microsoft.SqlServer.Server-Namespaces, aufgerufen am 12.10.2014, 2014, URL: [http://msdn.microsoft.com/de-de/library/microsoft.sqlserver.server\(v=vs.90\).aspx](http://msdn.microsoft.com/de-de/library/microsoft.sqlserver.server(v=vs.90).aspx).
- Ders.: Partition Storage Modes and Processing, aufgerufen am 12.05.2014, 2014, URL: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms174915.aspx>.
- Ders.: Processing Options and Settings (Analysis Services), aufgerufen am 12.06.2014, 2014, URL: [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms174774\(v=sql.110\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms174774(v=sql.110).aspx).
- Ders.: Produktübersicht für Microsoft Office PerformancePoint Server 2007, aufgerufen am 06.02.2014, 2007, URL: <http://office.microsoft.com/de-de/performancepoint-server/produktubersicht-fur-microsoft-office-performancepoint-server-2007-HA010163957.aspx>.
- Ders.: Sichtbare Gesamtwerte und nicht sichtbare Gesamtwerte, aufgerufen am 2.05.2014, 2014, URL: [http://msdn.microsoft.com/de-de/library/ff487172\(v=sql.110\).aspx](http://msdn.microsoft.com/de-de/library/ff487172(v=sql.110).aspx).
- Ders.: SQL Server 2012, aufgerufen am 06.02.2014, 2014, URL: <http://www.microsoft.com/de-de/server/sql-server/2012/editionen.aspx>.

- Microsoft: SQL Server 2012 - Microsoft.AnalysisServices.AdomdClient Namespace, aufgerufen am 12.10.2014, 2014, URL: [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/microsoft.analysiservices.adomdclient\(v=sql.110\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/microsoft.analysiservices.adomdclient(v=sql.110).aspx).
- Ders.: SQL Server 2012 - Microsoft.AnalysisServices-Namespaces, aufgerufen am 12.10.2014, 2014, URL: [http://msdn.microsoft.com/de-de/library/microsoft.analysiservices\(v=sql.110\).aspx](http://msdn.microsoft.com/de-de/library/microsoft.analysiservices(v=sql.110).aspx).
- Ders.: SQL Server 2012 - Proaktives Zwischenspeichern (Partitionen), aufgerufen am 13.05.2014, 2014, URL: <http://technet.microsoft.com/de-de/library/ms174769.aspx>.
- Ders.: Von den SQL Server 2012-Editionen unterstützte Funktionen, aufgerufen am 06.06.2014, 2014, URL: [http://msdn.microsoft.com/de-de/library/cc645993\(v=sql.110\).aspx](http://msdn.microsoft.com/de-de/library/cc645993(v=sql.110).aspx).
- Ders.: Windows Server 2008 R2 Standard/Enterprise, aufgerufen am 12.05.2014, 2014, URL: <http://www.microsoft.com/de-de/kmu/Produkte/Seiten/Windows-Small-Business-Server-2011-Standard-Enterprise.aspx>.
- Moser, Christian: User Experience Design mit Erlebniszentrierter Softwareentwicklung zu Produkten, die Begeistern, Berlin 2012.
- Noé, M.: Praxisbuch Teamarbeit: Aufgaben, Prozesse, Methoden, 2012.
- Petersohn, H.: Data Mining: Verfahren, Prozesse, Anwendungsarchitektur, 2005.
- Pfefferer, L.: Objektzentrierte Visualisierung mehrdimensionaler Daten als Erweiterung konventioneller Datenbankmodelle, 1996.
- pmOne AG: pmOne AG, aufgerufen am 06.01.2014, 2014, URL: <https://www.pmone.com/>.
- Ponniah, Paulraj: Data warehousing fundamentals for IT professionals, Hoboken, N.J 2010.
- prevero AG: PREVERO | Unternehmensplanung, Analyse, Berichtswesen, Controlling, Projektcontrolling, Regulierungsmanagement, Massnahmencontrolling, aufgerufen am 06.01.2014, 2014, URL: <http://www.prevero.com/>.
- prevero Competence Center: Unterschied legale und Managementkonsolidierung, aufgerufen am 06.01.2014, 2014, URL: http://competence.prevero.com/index.php?title=Unterschied_legale_und_Managementkonsolidierung.
- QlikTech International AB: Business Discovery: Business Intelligence For Everyone | QlikView, aufgerufen am 06.01.2014, 2014, URL: <http://www.qlikview.com/at>.
- Rankins, Ray: Microsoft SQL Server 2012 unleashed, Indianapolis, Indiana 2014.
- Röger, M.: Konzeption Und Realisierung Eines Data Warehouses Zur Analyse Chirurgischer Workflows, 2010.
- Rommelpacher, Jonas: Automatisierung von Führungsentscheidungen Framework, Modellierung und Prototyp, Wiesbaden 2011.
- Root, R. und C. Mason: Pro SQL Server 2012 BI Solutions (Expert's voice in SQL server), 2012.

- Saake, G., K.U. Sattler und A. Heuer: Datenbanken: Konzepte und Sprachen (Biber-Buch), 2010.
- Schatten, A.: Best Practice Software-Engineering : eine praxiserprobte Zusammenstellung von komponentenorientierten Konzepten, Methoden und Werkzeugen, Heidelberg 2010.
- Schierenbeck, H. und C.B. Wöhle: Grundzüge der Betriebswirtschaftslehre, 2012.
- Seagate: Barracuda XT Desktop Hard Drive, aufgerufen am 22.07.2014, 2014, URL: <http://www.seagate.com/internal-hard-drives/desktop-hard-drives/barracuda-xt/>.
- Steiner, René: Grundkurs Relationale Datenbanken: Einführung in die Praxis der Datenbankentwicklung für Ausbildung, Studium und IT-Beruf (German Edition), 2009.
- syscon Unternehmensberatungsges. mbH: syscon Unternehmensberatungsges. mbH, aufgerufen am 06.01.2014, 2014, URL: <http://www.syscon-online.com>.
- Taschner, Andreas: Management Reporting Erfolgsfaktor internes Berichtswesen, Wiesbaden 2013.
- Taschnerx, Andreasx: Wie Management Reporting 2020 aussehen könnte, German, in: Controlling & Management Review 58.3 (2014).
- Urban, Georg: Innovative Technologien in der Business Intelligence Welt, in: itfokus 2011.
- Waniczek, M.: Richtig berichten: Managementreports wirksam gestalten (Fachbuch Wirtschaft), 2009.
- Webb, Chris: Expert cube development with Microsoft SQL Server 2008 Analysis Services design and implement fast, scalable, and maintainable cubes, Birmingham, UK 2009.
- Zimmerman, Mark: Was ist eigentlich Business Intelligence?, aufgerufen am 06.02.2014, 2007, URL: http://www.tecchannel.de/webtechnik/soa/464473/was_ist_eigentlich_business_intelligence/.