Data-Warehouse-Technologien

Prof. Dr.-Ing. Kai-Uwe Sattler[1]

Prof. Dr. Gunter Saake[2]
Dr. Veit Köppen[2]

[1]TU Ilmenau
FG Datenbanken & Informationssysteme

[2]Universität Magdeburg
Institut für Technische und Betriebliche Informationssysteme

Letzte Änderung: 18.10.2019

Teil II

Data-Warehouse-Architektur

Data-Warehouse-Architektur

Anforderungen des Data Warehousing

- Unabhängigkeit zwischen Datenquellen und Analysesystemen (bzgl. Verfügbarkeit, Belastung, laufender Änderungen)
- Dauerhafte Bereitstellung integrierter und abgeleiteter Daten (Persistenz)
- Mehrfachverwendbarkeit der bereitgestellten Daten
- Möglichkeit der Durchführung prinzipiell beliebiger Auswertungen

Anforderungen des Data Warehousing

- Unterstützung individueller Sichten (z.B. bzgl. Zeithorizont, Domäne und Struktur)
- Erweiterbarkeit (z.B. Integration neuer Quellen)
- Automatisierung der Abläufe
- Eindeutigkeit über Datenstrukturen, Zugriffsberechtigungen und Prozesse
- Ausrichtung am Zweck: Analyse der Daten

12 OLAP-Regeln nach Codd

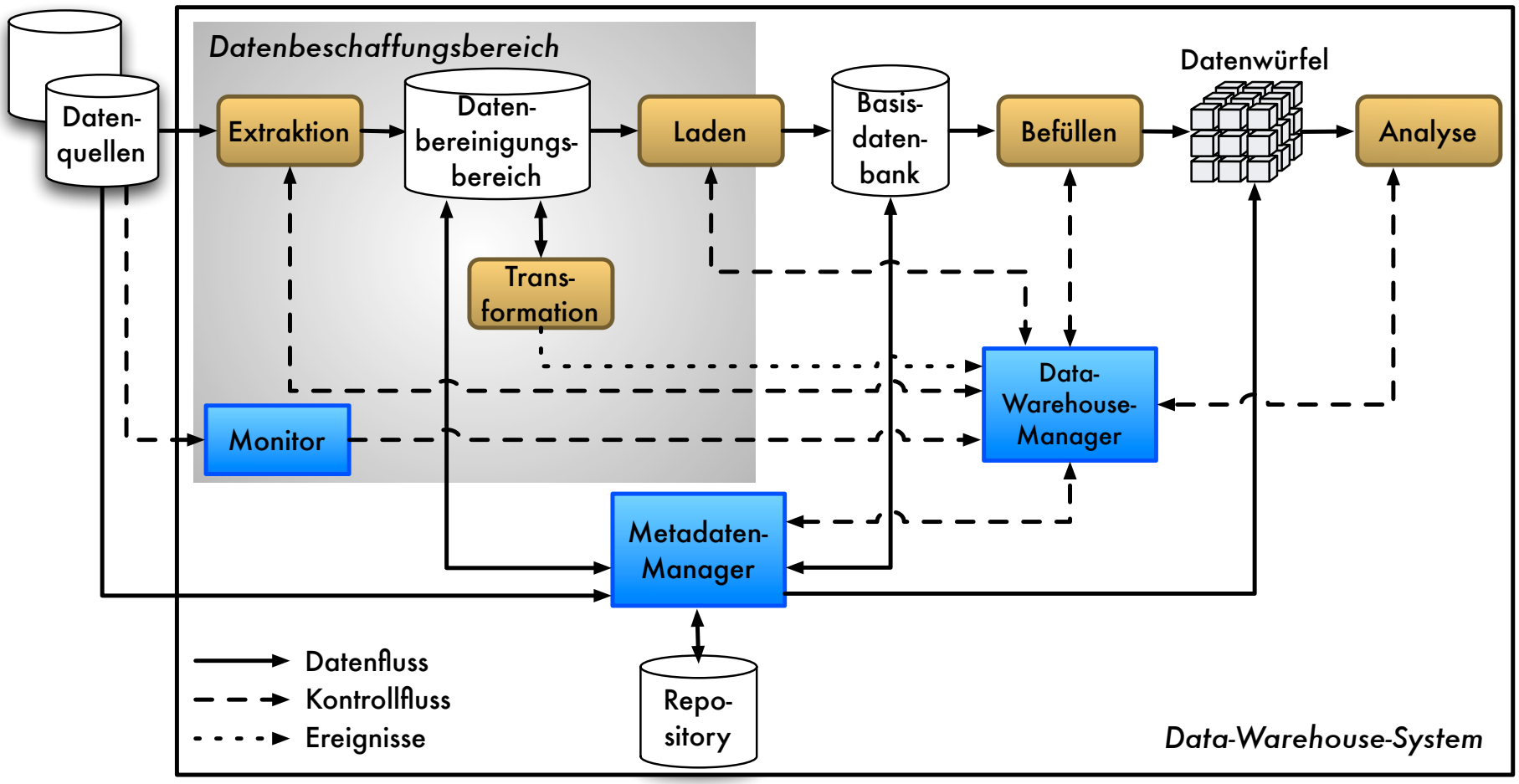
- Multidimensionale, konzeptionelle Sicht
- Transparenz
- Zugriffsmöglichkeit
- Performanz
- Skalierbarkeit
- Generische Dimensionalität
- Dynamische Handhabung dünnbesetzter multidimensionaler Strukturen
- Mehrbenutzerbetrieb
- Uneingeschränkte Operationen
- Intuitive Benutzeroberfläche
- Flexibles Reporting
- Beliebig viele Dimensionen und Aggregationsebenen

FASMI

Fast Analysis on Shared Multidimensional Information

- Kurze Antwortzeiten (im Mittel unter fünf Sekunden)
- Einfache und flexible Möglichkeiten von Auswertungen
- Heterogene Benutzer mit unterschiedlichen Rechten
- Multidimenionalität ist wichtiges Kriterium
- Fragen nach Anzahl benötigter Dimensionen und Wertebereiche zugehöriger Attribute

Referenzarchitektur



Phasen des Data Warehousing

1. Überwachung der Quellen auf Änderungen durch Monitore
2. Kopieren der relevanten Daten mittels Extraktion in temporären Datenbereinigungsbereich
3. Transformation der Daten im Datenbereinigungsbereich (Bereinigung, Integration)
4. Kopieren der Daten in integrierte Basisdatenbank als Grundlage für verschiedene Analysen
5. Befüllen der Datenwürfel (Datenbanken für Analysezwecke)
6. Analyse: Operationen auf Daten des DW

Basisdatenbank und Datenwürfel stellen das Data Warehouse dar.

Data-Warehouse-Manager

- Zentrale Komponente eines DW-Systems
- Initiierung, Steuerung und Überwachung der einzelnen Prozesse (Ablaufsteuerung)
- Initiierung des Datenbeschaffungsprozesses
  - In regelmäßigen Zeitabständen (jede Nacht, am Wochenende etc.): Starten der Extraktion von Daten aus Quellen und Übertragung in Datenbereinigungsbereich
  - Bei Änderung einer Quelle: Start der entsprechenden Extraktionskomponente
  - Auf explizites Verlangen des Administrators
  - Push vs. Pull Strategie,
  - Aktualität ist Anforderung für Analyseaufgaben

Data-Warehouse-Manager

- Nach Auslösen des Ladeprozesses:
  - Überwachung der weiteren Schritte (Bereinigung, Integration etc.)
  - Koordination der Reihenfolge der Verarbeitung
- Fehlerfall
  - Dokumentation von Fehlern
  - Wiederanlaufmechanismen
- Zugriff auf Metadaten aus dem Repository
  - Steuerung des Ablaufs
  - Parameter der Komponenten

Datenquellen

- Lieferanten der Daten für das Data Warehouse
  - Gehören nicht direkt zum DW
  - Können intern (Unternehmen) oder extern (z.B. staatl. Einrichtung) sein
  - Heterogen bzgl. Struktur, Inhalt und Schnittstellen (Datenbanken, Dateien)
  - Auswahl der Quellen und Qualität der Daten von besonderer Bedeutung
- Faktoren für Auswahl
  - Zweck des DW
  - Qualität der Quelldaten
  - Verfügbarkeit (rechtlich, sozial, technisch)
  - Preis für Erwerb der Daten (speziell bei externen Quellen)

Datenquellen: Klassifikation

- Herkunft: intern, extern
- Zeit: aktuell, historisch
- Nutzungsebene: Primärdaten, Metadaten
- Inhalt: Zahl, Zeichenkette, Grafik, Referenz, Dokument
- Darstellung: numerisch, alphanumerisch, BLOB
- Sprache und Zeichensatz
- Vertraulichkeitsgrad

Datenquellen: Qualitätsforderungen

- Konsistenz (Widerspruchsfreiheit),
- Korrektheit (Übereinstimmung mit Realität),
- Vollständigkeit (z.B. Abwesenheit von fehlenden Werten oder Attributen),
- Zuverlässigkeit (z.B. Vertrauen in die Datenquellen),
- Genauigkeit (z.B. Anzahl der Nachkommastellen),
- Granularität (z.B. tagesgenaue Daten),
- Zeitnähe (Wann wurde die letzte Änderung durchgeführt vs. Auftreten der Datenänderung),
- Relevanz (Wie wichtig sind die Daten?),
- ...

Datenquellen: Qualitätsforderungen (2)

- Zuverlässigkeit (Nachvollziehbarkeit der Entstehung, Vertrauenswürdigkeit des Lieferanten),
- Verständlichkeit (inhaltlich und technisch / strukturell für jeweilige Zielgruppe),
- Verwendbarkeit (geeignetes Format, Zweckdienlichkeit),
- Einheitlichkeit (Datenformat),
- Eindeutigkeit (Interpretierbarkeit) und
- Schlüsselintegrität (Schlüssel und Referenzen)

Monitore

- Aufgabe:
  - Entdeckung von Datenmanipulationen in einer Datenquelle
- Strategien:
  - Trigger-basiert
    - ★ Aktive Datenbankmechanismen
      → Auslösen von Triggern bei Datenänderungen
      → Kopieren der geänderten Tupel in anderen Bereich
  - Replikationsbasiert
    - ★ Nutzung von Replikationsmechanismen zur Übertragung geänderter Daten

Monitore (2)

- Strategien (fortg.):
  - Log-basiert
    - Analyse von Transaktions-Log-Dateien der DBMS zur Erkennung von Änderungen
  - Zeitstempelbasiert
    - Zuordnung eines Zeitstempel zu Tupeln
    - Aktualisierung bei Änderungen
    - Identifizierung von Änderungen seit der letzten Extraktion durch Zeitvergleich
  - Snapshot-basiert
    - Periodisches Kopieren des Datenbestandes in Datei (Snapshot)
    - Vergleich von Snapshots zur Identifizierung von Änderungen

Datenbereinigungsbereich

- Aufgabe:
  - Zentrale Datenhaltungskomponente des Datenbeschaffungsbereichs (engl. staging area)
  - Temporärer Zwischenspeicher zur Integration
- Nutzung:
  - Ausführung der Transformationen (Bereinigung, Integration, etc.) direkt auf Zwischenspeicher
  - Laden der transformierten Daten in DW bzw. Basisdatenbank erst nach erfolgreichem Abschluss der Transformation
- Vorteile:
  - Keine Beeinflussung der Quellen oder des DW
  - Keine Übernahme fehlerbehafteter Daten

Extraktionskomponente

- Aufgabe: Übertragung von Daten aus Quellen in Datenbeschaffungsbereich
- Funktion: abhängig von Monitoring-Strategie
  - Periodisch
  - Auf Anfrage
  - Ereignisgesteuert (z.B. bei Erreichen einer definierten Anzahl von Änderungen)
  - Sofortige Extraktion
- Realisierung:
  - Nutzung von Standardschnittstellen (z.B. ODBC, JDBC)
  - Ausnahmebehandlung zur Fortsetzung im Fehlerfall

Transformationskomponente

- Vorbereitung und Anpassung der Daten für das Laden
  - Inhaltlich: Daten-/Instanzintegration und Bereinigung
  - Strukturell: Schemaintegration
- Überführung aller Daten in ein einheitliches Format
  - Datentypen,
  - Datumsangaben,
  - Maßeinheiten,
  - Kodierungen, etc.
- Beseitigung von Verunreinigungen (engl. Data Cleaning bzw. Data Cleansing)
  - Fehlerhafte oder fehlende Werte,
  - Redundanzen,
  - Veraltete Werte.

Transformationskomponente (2)

- Data Scrubbing:
  - Ausnutzung von domänenspezifischen Wissen (z.B. Geschäftsregeln) zum Erkennen von Verunreinigungen
  - Beispiel: Erkennen von Redundanzen
- Data Auditing:
  - Anwendung von Data-Mining-Verfahren zum Aufdecken von Regeln
  - Aufspüren von Abweichungen

Ladekomponente

- Aufgabe:
  - Übertragung der bereinigten und aufbereiteten (z.B. aggregierten) Daten in die Basisdatenbank bzw. das DW
- Besonderheiten:
  - Nutzung spezieller Ladewerkzeuge (z.B. SQL*Loader von Oracle) $\rightarrow$ Bulk-Laden
  - Historisierung: Änderung in Quellen dürfen DW-Daten nicht überschreiben, stattdessen zusätzliches Abspeichern
- Ladevorgang:
  - Online: Basisdatenbank bzw. DW steht weiterhin zur Verfügung
  - Offline: stehen nicht zur Verfügung (Zeitfenster: nachts, Wochenende)

Basisdatenbank

- Aufgabe:
  - Integrierte Datenbasis für verschiedene Analysen
    $\rightarrow$ unabhängig von konkreten Analysen, d.h. noch keine Aggregationen
  - Versorgung des DW mit bereinigten Daten (u.U. durch Verdichtung)
- Anmerkungen:
  - Wird in der Praxis oft weggelassen
  - Entspricht Operational Data Store (ODS) nach Inmon

Datenwürfel

- Aufgabe: Datenbanken für Analysezwecke (relational oder multidimensional)
- Orientieren sich in Struktur an Analysebedürfnissen
- Basis: DBMS
- Besonderheiten:
  - Unterstützung des Ladeprozesses
    - ★ Schnelles Laden großer Datenmengen
      $\rightarrow$ Massenlader (engl. bulk loader) unter Umgehung von Mehrbenutzerkoordination und Konsistenzprüfung
  - Unterstützung des Analyseprozesses
    - ★ Effiziente Anfrageverarbeitung (Indexstrukturen, Caching)
    - ★ Multidimensionales Datenmodell (z.B. über OLE DB for OLAP)

Data Warehouse

Im engeren Sinn:
Basisdatenbank und Datenwürfel stellen das Data Warehouse dar.

- Im weiteren Sinn stellen die Data Marts ebenfalls Komponenten des Data Warehouses dar.

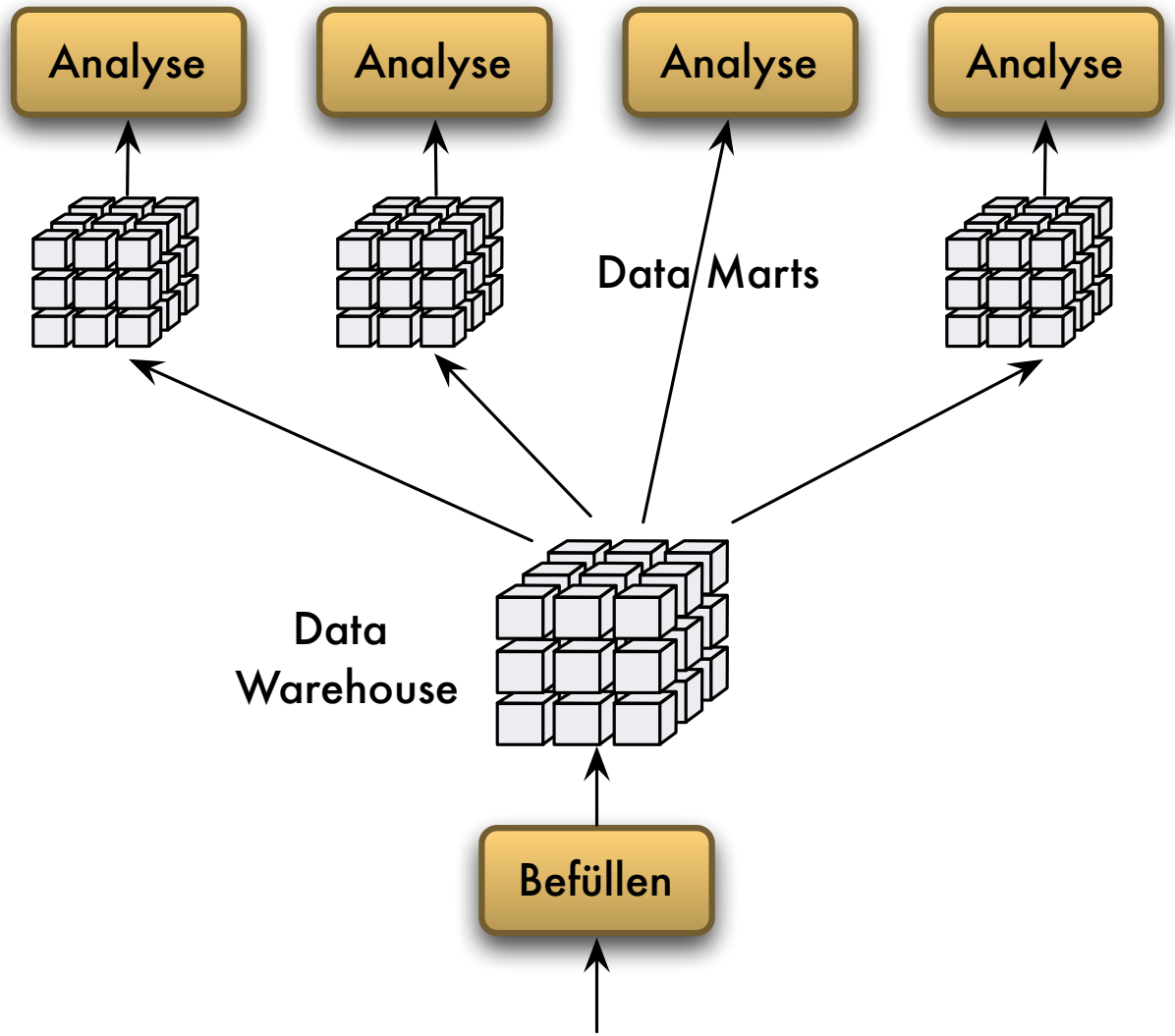
Data Marts

- Aufgabe:
  - Bereitstellung einer inhaltlich beschränkten Sicht auf das DW (z.B. für Abteilung)
- Gründe:
  - Eigenständigkeit, Datenschutz, Lastverteilung, Datenvolumen, etc.
- Realisierung:
  - Verteilung der DW-Daten
- Formen:
  - Abhängige Data Marts
  - Unabhängige Data Marts

Abhängige Data Marts

- Verteilung des Datenbestandes nach
  - Integration und Bereinigung (Basisdatenbank) und
  - Organisation entsprechend der Analysebedürfnisse (Datenwürfel)
- „Nabe- und Speiche“-Architektur (engl. hub and spoke)
- Data Mart:
  - Nur Extrakt (inkl. Aggregation) des Data Warehouse
  - Keine Bereinigung oder Normierung
- Analysen auf Data Mart konsistent zu Analysen auf DW
- Einfache Realisierung:
  - Replikations- oder Sichtmechanismen von DBMS

„Nabe- und Speiche“-Architektur



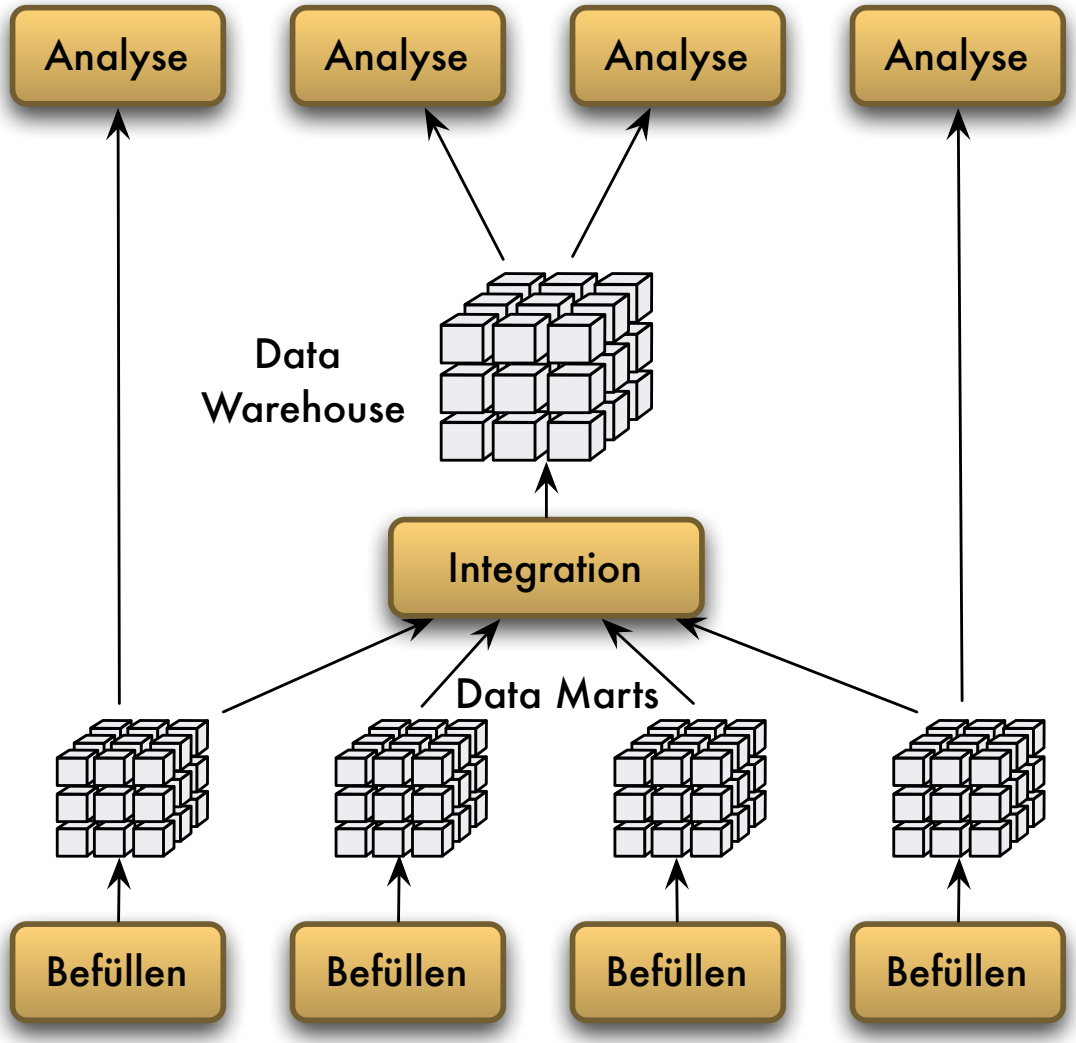
Abhängige Data Marts: Extraktbildung

- Strukturelle Extrakte
  - Beschränkung auf Teile des Schemas
  - Bsp.: nur bestimmte Kennzahlen oder Dimensionen
- Inhaltliche Extrakte
  - Inhaltliche Beschränkung
  - Bsp.: nur bestimmte Filialen oder das letzte Jahresergebnis
- Aggregierte Extrakte
  - Verringerung der Granularität
  - Bsp.: Beschränkung auf Monatsergebnisse

Unabhängige Data Marts

- Unabhängig voneinander entstandene „kleine“ Data Warehouses (z.B. von einzelnen Organisationen)
- Nachträgliche Integration und Transformation
- Probleme:
  - Unterschiedliche Analysesichten (Data Mart, globales Data Warehouse)
  - Konsistenz der Analysen aufgrund zusätzlicher Transformation

Unabhängige Data Marts



Analysewerkzeuge

- Engl. Business Intelligence Tools
- Aufgabe:
  - Präsentation der gesammelten Daten
  - interaktive Navigation
  - Analysemöglichkeiten
- Analyse:
  - Einfache arithm. Operationen (z.B. Aggregation) ... komplexe statistische Untersuchungen (z.B. Data Mining)
  - Aufbereitung der Ergebnisse für Weiterverarbeitung bzw. Weitergabe

Analysewerkzeuge: Darstellung I

- Tabellen
  - Pivot-Tabellen := Kreuztabellen
    Merkmalsausprägungen in Zeilen- und Spaltenüberschrift
  - Analyse durch Vertauschen von Zeilen und Spalten
  - Veränderung von Tabellendimensionen
  - Schachtelung von Tabellendimensionen

Umsatz		Bier	Rotwein	**Summe**
2009	Sachsen-Anhalt	45	32	77
	Thüringen	52	21	73
	Summe	97	53	150
2010	Sachsen-Anhalt	60	37	97
	Thüringen	58	20	78
	Summe	118	57	175

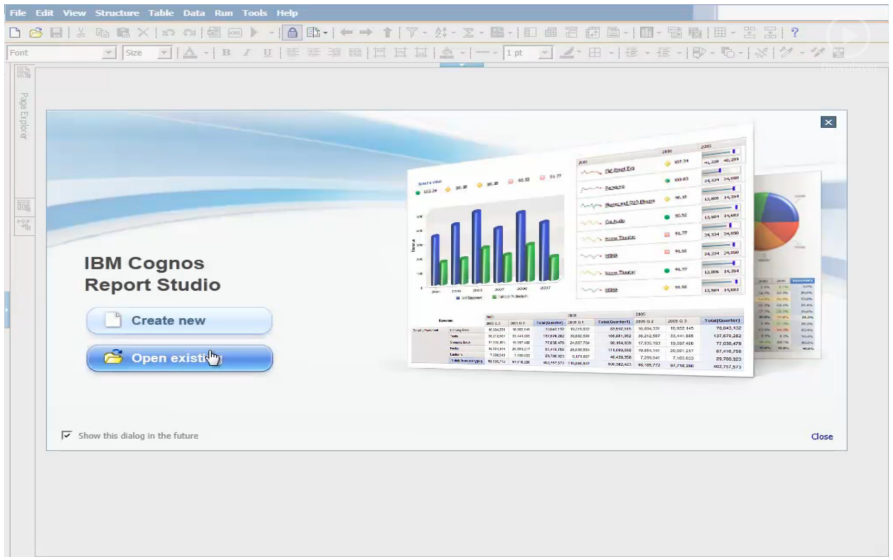
Analysewerkzeuge: Darstellung II

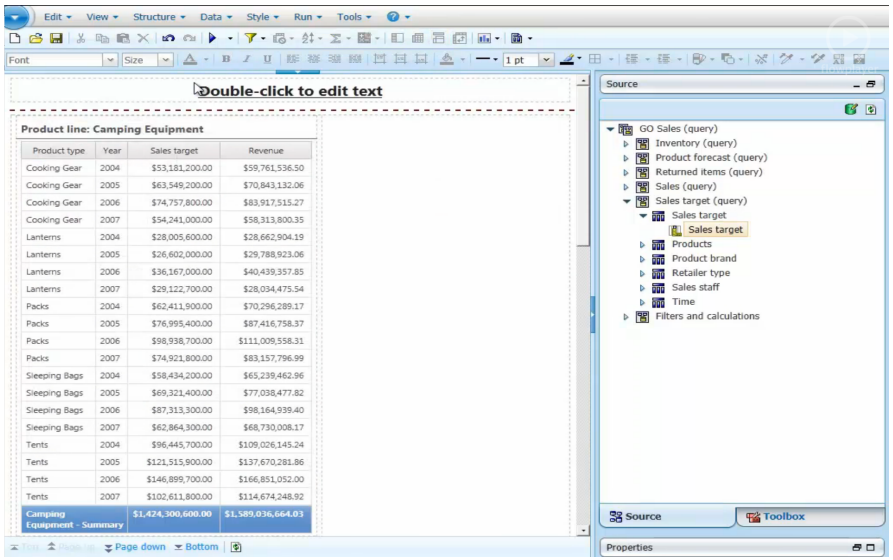
- Graphiken
  - Bildliche Darstellung großer Datenmengen
  - Netz-, Punkt-, Oberflächengraphen
- Text- und Multimedia-Elemente
  - Ergänzung um Audio- oder Videodaten
  - Einbeziehung von Dokumentenmanagementsystemen

Analysewerkzeuge: Funktionalität

- Data Access
  - Reporting Werkzeuge
  - Lesen von Daten, Veränderung/Anreichung durch einfache arithmetische Operationen
  - Präsentation in Berichten
  - „Ampelfunktionen“: regelgebundene Formatierung
  - Basis: SQL

Analysewerkzeuge: Beispiel [Cognos, 2012]





Analysewerkzeuge: Funktionalität

- OLAP
  - Interaktive Datenanalyse, Klassifikationsnavigation
  - Berichte mit verdichteten Werten (Kennzahlen)
  - Navigationsoperationen:
    - Drill Down,
    - Roll Up,
    - Drill Across,
    - Dice und
    - Slice
  - Gruppierungs- und Berechnungsfunktionen (statistisch, betriebswirtschaftlich)
  - Validierung von Hypothesen, Plausibilitätsprüfung

Analysewerkzeuge: Beispiel [Cognos, 2012]

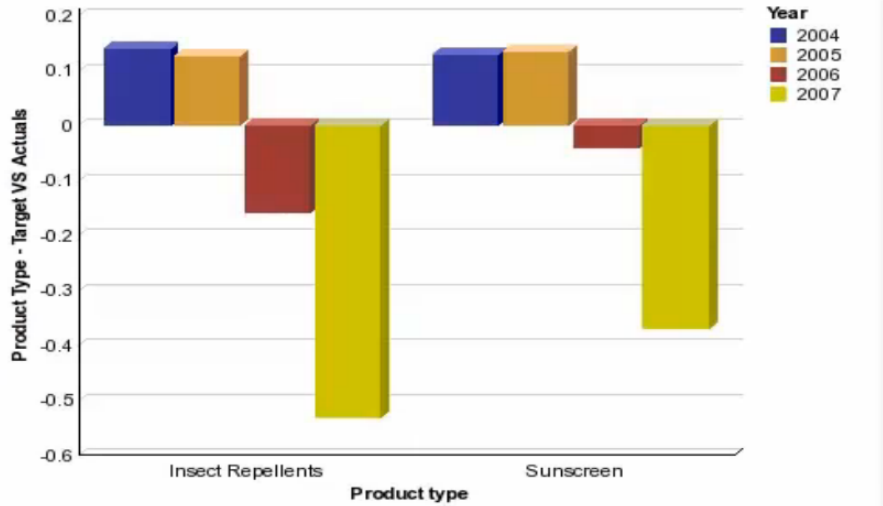
IBM Cognos Viewer — bob business | About

Revenue Performance Details

Product Line = Outdoor Protection ... Product Type = Insect Repellents, Sunscreen

Product line: Outdoor Protection

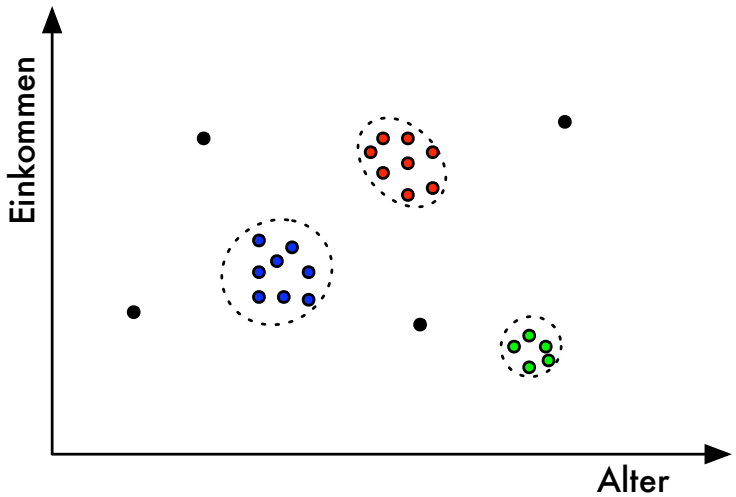
Product type	Year	Sales target	Revenue	Product Type - Target VS Actuals
Sunscreen	2004	$9,998,400.00	$11,298,443.87	13.00%
	2005	$9,295,600.00	$10,538,683.67	13.37%
	2006	$3,485,900.00	$3,342,648.85	-4.11%
	2007	$2,473,840.00	$1,561,978.22	-36.86%
Sunscreen - Summary		**$25,253,740.00**	**$26,741,754.61**	**5.89%**
Insect Repellents	2004	$15,750,000.00	$17,964,327.13	14.06%
	2005	$10,276,300.00	$11,579,433.65	12.68%
	2006	$6,193,800.00	$5,217,019.63	-15.77%
	2007	$4,397,000.00	$2,062,062.11	-53.10%
Insect Repellents - Summary		**$36,617,100.00**	**$36,822,842.52**	**0.56%**
Outdoor Protection - Summary		**$61,870,840.00**	**$63,564,597.13**	**2.74%**
Overall - Summary		**$61,870,840.00**	**$63,564,597.13**	**2.74%**

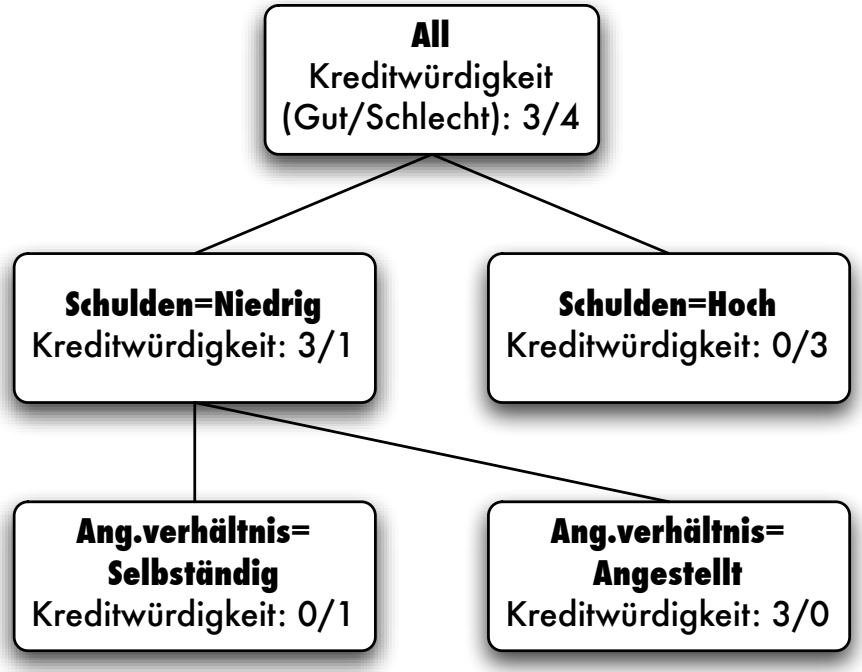


Analysewerkzeuge: Funktionalität

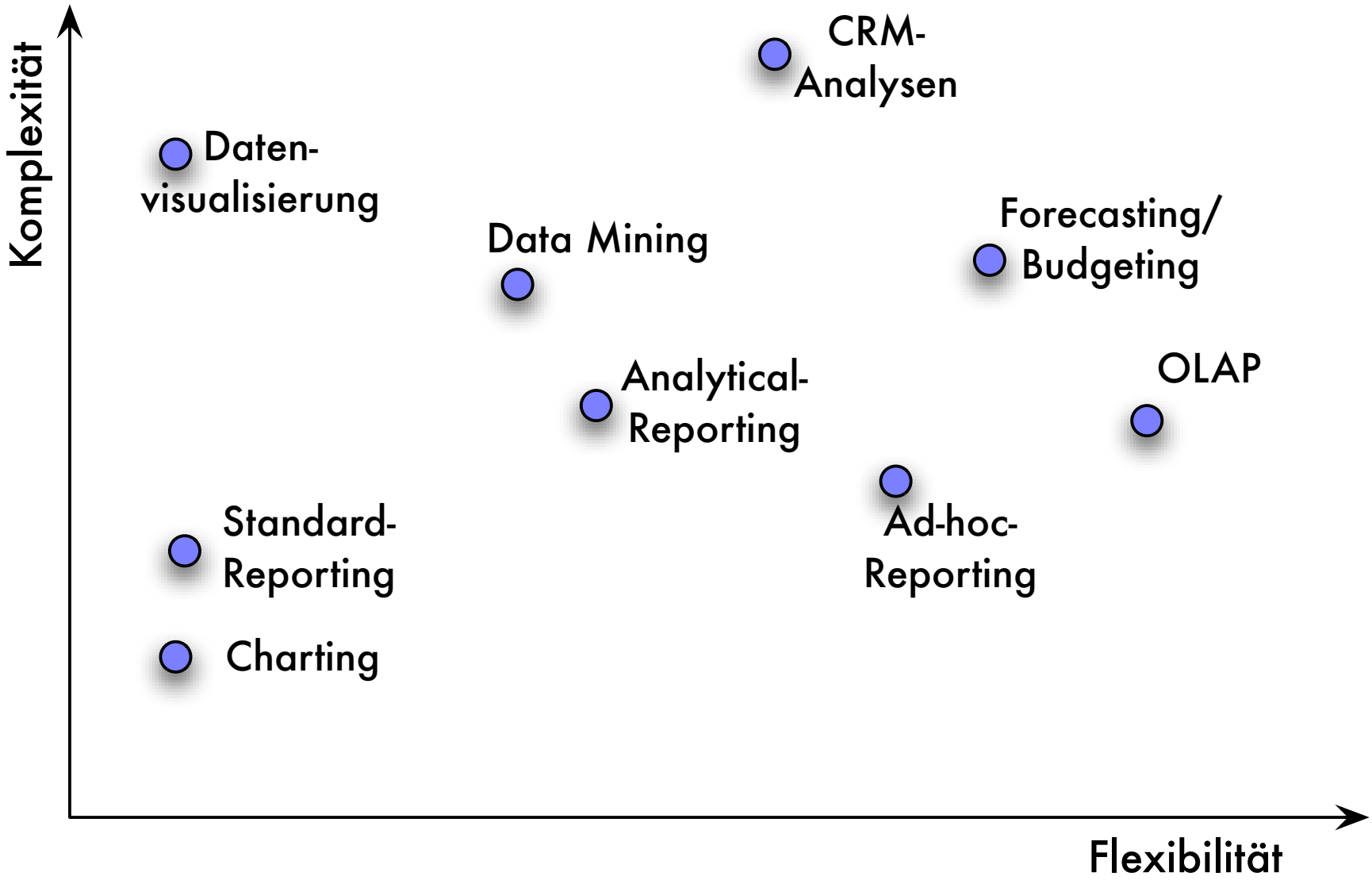
- Data Mining
  - Aufdeckung bisher unbekannter Zusammenhänge
    $\rightarrow$ Muster, Pfade, Regeln
  - Verfahren (u.a.):
    - ★ Klassifikation: Zuordnung der Daten zu vorgegebenen Klassen
    - ★ Assoziationsregeln
    - ★ Clusterbildung: Segmentierung, d.h. Daten bzgl. Ihrer Merkmalsausprägungen zu Gruppen zusammenfassen
    - ★ Prognose

Data Mining: Beispiele





Arten von Analysen



Analysewerkzeuge: Realisierung

- Standard Reporting:
  - Reporting-Werkzeuge des klassischen Berichtswesens
- Berichtshefte:
  - Graphische Entwicklungsumgebungen zur Erstellung von Präsentationen von Tabellen, Graphiken, etc.
- Ad-hoc Query & Reporting:
  - Werkzeuge zur Erstellung und Präsentation von Berichten
  - Verbergen von Datenbankanbindung und Anfragesprachen

Analysewerkzeuge: Realisierung

- Analyse-Clients:
  - Werkzeuge zur mehrdimensionalen Analyse
  - Beinhalten Navigation, Manipulation (Berechnung), erweiterte Analysefunktionen und Präsentation
- Spreadsheet Add-Ins:
  - Erweiterung von Tabellenkalkulationen für Datenanbindung und Navigation
- Entwicklungsumgebungen:
  - Unterstützung der Entwicklung eigener Analyseanwendungen
  - Bereitstellung von Operationen auf multidimensionalen Daten

Repository

- Aufgabe:
  - Speicherung der Metadaten des DW-Systems
- Metadaten:
  - Informationen, die Aufbau, Wartung und Administration des DW-Systems vereinfachen und Informationsgewinnung ermöglichen
  - Beispiele:
    - Datenbankschemata,
    - Zugriffsrechte,
    - Prozessinformationen (Verarbeitungsschritte und Parameter), etc.

Metadaten-Manager

- Aufgaben:
  - Steuerung der Metadatenverwaltung
  - Zugriff, Anfrage, Navigation
  - Versions- und Konfigurationsverwaltung
- Formen:
  - Allgemein einsetzbar: erweiterbares Basisschema
  - Werkzeugspezifisch: fester Teil von Werkzeugen
- Häufig Integration von bzw. Austausch zwischen dezentralen Metadaten-Managementsystemen notwendig

Zusammenfassung

- Referenzarchitektur für Data-Warehouse-Systeme
- Prozess des Data Warehousing
- Rolle der Komponenten
- Data Marts als Extrakte des DW
- Analysewerkzeuge: Klassifikation und Beispiele