

KONZEPTION EINES DATA WAREHOUSE-SYSTEMS FÜR HOCHSCHULEN

Elmar J. Sinz, Michael Böhnlein, Achim Ulbrich-vom Ende¹

Der vorliegende Beitrag berichtet über die Konzeption eines Data Warehouse-Systems für die Entscheidungsunterstützung im Hochschulwesen. Ausgehend von der Prozeßarchitektur von Hochschulen und einer kurzen Einführung in wichtige Konzepte von Data Warehouse-Systemen wird die Systemarchitektur eines mehrstufigen, hierarchischen und schalenförmigen Data Warehouse-Systems konzipiert. Die Systemarchitektur ist an der Managementstruktur von Hochschulen ausgerichtet. Erste Ergebnisse, offene Fragen und ein Blick auf den geplanten weiteren Gang des Projekts schließen den Beitrag ab.

1 Einführung

Die erweiterte Autonomie der Hochschulen, ein verschärfter Wettbewerb zwischen den Hochschulen und generell die Notwendigkeit einer zukunftsweisenden Neugestaltung des Hochschulsystems erfordern weitreichende Entscheidungen seitens der Hochschulen und der Länder. Hierfür werden verlässliche und vergleichbare Informationen über das Prozeßgeschehen in den Hochschulen und über die eingesetzten Ressourcen benötigt. Diese Informationen sind in der erforderlichen Qualität derzeit im allgemeinen nicht verfügbar. Computerbasierte Entscheidungsunterstützungssysteme werden kaum eingesetzt. In vielen Fällen beschränkt sich die Unterstützung von Entscheidungen auf Reportfunktionen einzelner operativer Anwendungssysteme.

Im Gegensatz dazu stellen computerbasierte Entscheidungsunterstützungssysteme für Wirtschaftsunternehmen seit vielen Jahren ein unverzichtbares Hilfsmittel dar. Seit einigen Jahren gewinnen Data Warehouse-Systeme als Bestandteil von Entscheidungsunterstützungssystemen an Bedeutung. Es liegt nahe, den Einsatz von Data Warehouse-Systemen auch im Hochschulbereich in Betracht zu ziehen.

Der vorliegende Beitrag berichtet über die Konzeption eines Data Warehouse-Systems im Rahmen des Projekts CEUS² (Computerbasiertes Entscheidungsunterstützungssystem für

¹ Univ.-Prof. Dr. Elmar J. Sinz, Diplom-Wirtschaftsinformatiker Michael Böhnlein, Diplom-Informatiker Achim Ulbrich-vom Ende, Universität Bamberg, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insbes. Systementwicklung und Datenbankanwendung, Feldkirchenstraße 21, D-96045 Bamberg. Tel. ++49 951 863-{2512, 2514, 2514}, Fax ++49 951 863-2513, E-Mail {elmar.sinz, michael.boehnlein, achim.ulbrich}@sowi.uni-bamberg.de, WWW <http://www.seda.sowi.uni-bamberg.de>

² CEUS ist ein Kooperationsprojekt der Universität München (Lehrstuhl Prof. Dr. Hans-Ulrich Küpper) und der Universität Bamberg (Lehrstuhl Prof. Dr. Elmar J. Sinz) unter dem Dach des Bayerischen Staatsinstituts für Hochschulforschung, München. WWW <http://ceus.uni-bamberg.de>

Bayerische Hochschulen), das im Auftrag des Bayerischen Staatsministers für Wissenschaft, Forschung und Kunst im Jahr 1998 initiiert wurde. Ziel des Projekts ist es, ausgehend von einer umfassenden Informationsbedarfsanalyse ein Data Warehouse-System zu entwerfen und prototypisch zu realisieren, das speziell auf die Belange der Hochschulen zugeschnitten ist.

Der Beitrag ist wie folgt aufgebaut: Ausgehend von der Prozeßarchitektur von Hochschulen (Abschnitt 2) und einer Einführung in wichtige Konzepte von Data Warehouse-Systemen (Abschnitt 3) wird in Abschnitt 4 die Konzeption des Data Warehouse-Systems vorgestellt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Systemarchitektur des Data Warehouse-Systems. In Abschnitt 5 wird über erste Ergebnisse, offene Fragen und den geplanten weiteren Gang des Projekts berichtet.

2 Die Prozeßarchitektur der Hochschule

Die im folgenden skizzierte Prozeßarchitektur der Hochschule knüpft an Ergebnisse des Projekts *Optimierung von Universitätsprozessen* an, das ebenfalls im Auftrag des Bayerischen Wissenschaftsministers von 1994 – 1996 durchgeführt wurde [KüSi98]. Danach umfaßt eine Hochschule typischerweise zwei Hauptprozesse [Sinz98], die Leistungen erzeugen und an Nachfrager in der Umwelt der Hochschule übergeben:

- (1) Der Hauptprozeß *Studium und Lehre* erzeugt Ausbildungs- und Prüfungsleistungen und übergibt diese an Studierende.
- (2) Der Hauptprozeß *Forschung* erzeugt Forschungsleistungen und übergibt diese an konkrete Forschungspartner sowie an die interessierte Öffentlichkeit.

Weitere Hauptprozesse und zugehörige Leistungen, wie z.B. medizinische Dienstleistungen klinikführender Hochschulen, werden im folgenden nicht betrachtet.

Eine Hochschule umfaßt daneben eine Reihe von Serviceprozessen, die ihre Leistungen den Hauptprozessen und anderen Serviceprozessen zur Verfügung stellen. Im folgenden werden stellvertretend die Serviceprozesse *Personalwirtschaft* und *Mittelbewirtschaftung* betrachtet, weil diese zusammen mit den genannten Hauptprozessen besondere Relevanz für das zu konzipierende Entscheidungsunterstützungssystem besitzen.

Die Haupt- und Serviceprozesse sind in eine Managementstruktur der Hochschule eingebettet. Management wird hier im Sinne von Führen und Gestalten sowie unabhängig von der konkreten hochschulspezifischen Implementierung der Entscheidungsträger (z.B. Person, Kollegialorgan, Ausschuß usw. [Wolff95]) verstanden. Die Managementstruktur folgt der organisatorischen Gliederung der Hochschule (Bild 1). Diese umfaßt im allgemeinen mehrere Fakultäten oder Fachbereiche, die für ein bestimmtes Leistungsspektrum von *Studium und Lehre* sowie *Forschung* zuständig sind. Das Fakultätsmanagement umfaßt Dekan³, Studiendekan,

³ Funktionsbezeichnungen schließen stets beide Geschlechter ein.

Fakultätsrat und ggf. weitere Ausschüsse und Kommissionen. Die einzelnen Fakultäten der Hochschule unterstehen dem Hochschulmanagement (Rektor / Präsident, Prorektoren / Vizepräsidenten, Kanzler), welches ggf. wiederum durch Ausschüsse und Kommissionen unterstützt wird. Das Hochschulmanagement ist gleichzeitig für das Management der Serviceprozesse zuständig. Die einzelnen Hochschulen des Landes unterstehen dem Management der Landesregierung in Form des zuständigen Ministeriums.

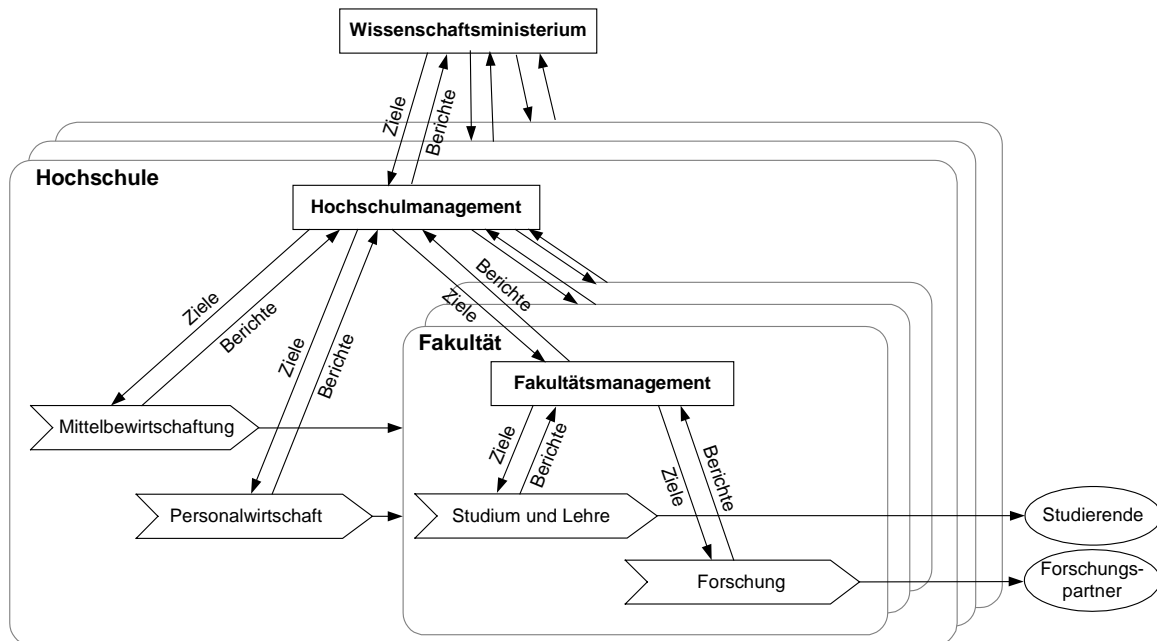


Bild 1: Managementstruktur der Hochschule

Auf allen Managementebenen besteht ein erheblicher Informationsbedarf seitens der Entscheidungsträger. Ziel ist es, ein Informationsangebot bereitzustellen, welches bestmöglich mit dem objektiven und dem subjektiven Informationsbedarf der Entscheidungsträger abgestimmt ist [BMR94]. Der objektive Informationsbedarf ergibt sich deduktiv aus den zu erfüllenden Managementaufgaben in Verbindung mit der Entscheidungsbefugnis und –reichweite der Entscheidungsträger. Der subjektive Informationsbedarf hängt von der Einschätzung der individuellen Entscheidungsträger ab und kann daher nicht allgemein bestimmt werden. Näherungsweise kann durch Befragung von Entscheidungsträgern deren Informationsnachfrage ermittelt und daraus induktiv ein subjektiver Informationsbedarf abgeleitet werden.

Besondere Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang der Konsistenz und Verlässlichkeit der Informationen zu, die im allgemeinen aus unterschiedlichen Datenquellen zusammengeführt werden müssen. Neue Anforderungen an die Hochschulen, wie die Erstellung von Lehrberichten oder die leistungsbezogene Mittelverteilung, sind ohne eine geeignete Informationsbasis nicht erfüllbar.

3 Data Warehouse-Systeme

In der Literatur finden sich sehr unterschiedliche Definitionen des Begriffs Data Warehouse. Im folgenden wird analog zur Definition von *Datenbank* und *Datenbanksystem* [LoDi87] zwischen einem *Data Warehouse* und einem *Data Warehouse-System* unterschieden. Das *Data Warehouse-System* umfaßt sowohl das *Data Warehouse-Management-System* mit Extraktions-, Bereinigungs-, Datenbereitstellungs- und Administrationsfunktionen als auch das eigentliche *Data Warehouse*, die gegenüber operativen Systemen redundant gehaltene Datenbasis des Data Warehouse-Systems.

Mit Hilfe dieser Datenbasis ermöglichen Data Warehouse-Systeme einen effektiven Zugriff auf konsolidierte und historisierte Daten aus unterschiedlichen, teilweise heterogenen und autonomen Datenquellen. Zu diesem Zweck werden Daten aus den Quellsystemen extrahiert, aufbereitet und redundant im Data Warehouse gespeichert. Spezielle Speicher- und Zugriffsstrukturen gewährleisten das für komplexe Datenanalysen erforderliche Antwortzeitverhalten. Nach Inmon [Inmo96] sind die folgenden Eigenschaften wesentlich für Data Warehouse-Systeme. Data Warehouse-Systeme sind

- *subject-oriented*: Der Aufbau der Data Warehouse-Datenstrukturen richtet sich nach dem Informationsbedarf der Entscheidungsträger zu einem bestimmten Gegenstandsbereich.
- *integrated*: Daten aus unterschiedlichen operativen Systemen werden im Data Warehouse zusammengeführt und konsolidiert.
- *time-varying* und *non-volatile*: Um Zeitreihenanalysen zu ermöglichen, werden im Data Warehouse auch historisierte Daten gespeichert. Hierzu erfolgt eine periodische Aktualisierung des Data Warehouses (z.B. täglich oder monatlich). Einmal gespeicherte Daten werden normalerweise nicht wieder gelöscht.

Die Architektur eines Data Warehouse-Systems ist in Bild 2 dargestellt. Das System läßt sich zunächst in drei Ebenen untergliedern: eine *Datenerfassungsebene* mit der Schnittstelle zu den operativen Systemen, eine *Datenhaltungsebene* mit dem eigentlichen Data Warehouse und eine *Datenbereitstellungsebene* mit den Schnittstellen zu den Endanwendungen und den Präsentationswerkzeugen. Allen Ebenen sind Administrationsfunktionen zugeordnet, die durch eine *Metadatenbank* unterstützt werden.

Die *Datenerfassungsebene* stellt Werkzeuge zur Extraktion der Daten aus den Systemen der operativen Ebene, zur Datenbereinigung und zur periodischen Aktualisierung des Data Warehouse zur Verfügung. Das Data Warehouse auf der *Datenhaltungsebene* ist meist auf der Basis eines relationalen Datenbanksystems realisiert. Zur Verkürzung von Zugriffszeiten im Data Warehouse werden spezielle Indizierungsverfahren und redundante Datenhaltung eingesetzt. Die Organisationsformen dieser Ebene werden weiter unten erläutert. Die *Datenbereitstellungsebene* besteht aus einem OLAP-Server, der die multidimensionalen Strukturen für die Endanwendungen und die Präsentationswerkzeuge zur Verfügung stellt. Das OLAP-

Konzept (*On-Line Analytical Processing* [CCS93]) unterstützt den interaktiven Zugriff auf Daten zu Analysezwecken durch Entscheidungsträger.

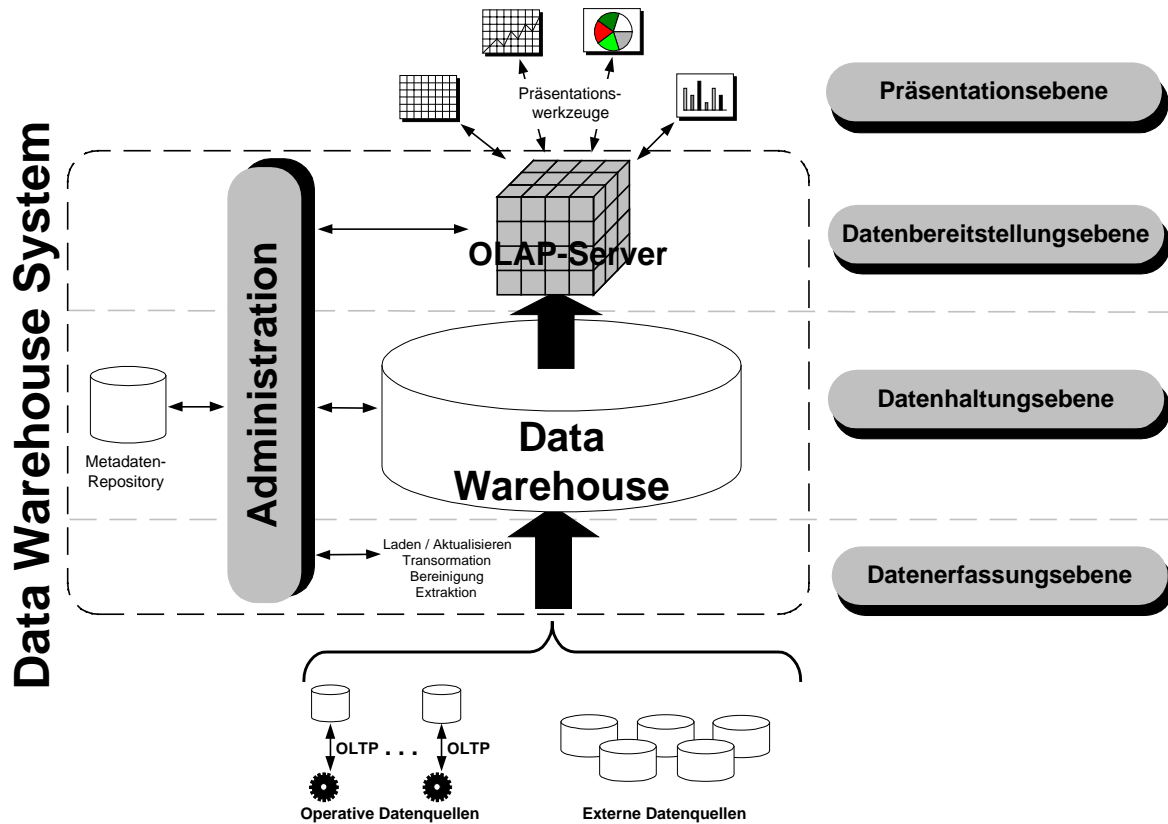


Bild 2: Komponenten eines Data Warehouse-Systems

Generell kann zwischen multidimensionalen (MOLAP) und relationalen OLAP-Systemen (ROLAP) unterschieden werden. MOLAP-Systeme verwenden zusätzlich zum relational gespeicherten Data Warehouse spezielle multidimensionale Datenstrukturen zur Unterstützung der Analyse. Im Gegensatz dazu werden bei ROLAP-Systemen multidimensionale Analyseoperationen in relationale Datenbanksprachen (z.B. SQL) transformiert, die direkt auf der Datenbasis des Data Warehouse-Systems ausgeführt werden.

Auf der Präsentationsebene kommen unterschiedliche graphische Werkzeuge zum Einsatz. Zur Verwaltung des gesamten Data Warehouse-Systems werden spezielle Administrations- und Monitoring-Werkzeuge verwendet. Zentrale Komponente zur Unterstützung der Administration ist das Metadaten-Repository. Dieses enthält sowohl technische als auch fachliche Informationen über die im Data Warehouse gespeicherten Daten.

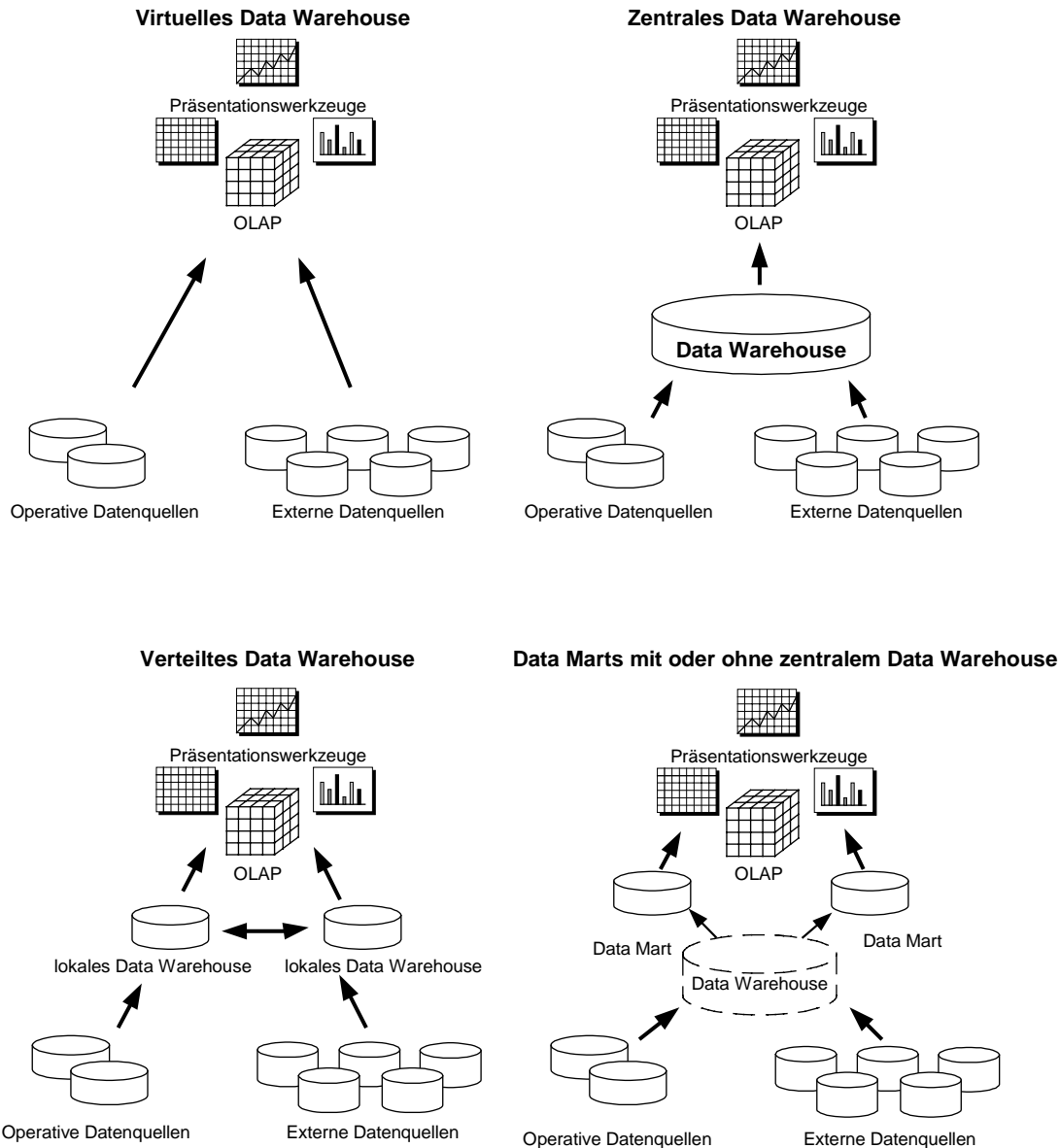


Bild 3: Organisationsformen von Data Warehouse-Systemen

Zur Realisierung der *Datenhaltungsebene* von Data Warehouse-Systemen lassen sich im wesentlichen folgende vier Organisationsformen unterscheiden (Bild 3) [Inmo96] [MuBe98] [ScBa98]:

„Virtuelles Data Warehouse-System“: Diese Organisationsform verzichtet im Gegensatz zu den übrigen Organisationsformen auf eine separate redundante Datenhaltung. Vielmehr werden die benötigten Daten unter direktem Zugriff auf die operativen Systeme gewonnen. Da nur eine geringe Infrastruktur benötigt wird, läßt sich diese Lösung schnell und kostengünstig realisieren; sie belastet jedoch die operativen Systeme. Eine umfassende Konsolidierung und Historisierung der Daten ist auf Basis der operativen Systeme nur begrenzt möglich.

Zentrales Data Warehouse-System: In einem zentralen Data Warehouse werden alle Daten in einer zentralen physischen Datenbank verwaltet. Der Aufwand für die Bereitstellung und Pflege der zusätzlich redundant gehaltenen Daten wird aufgewogen durch die Möglichkeit,

eine einzige historisierte und konsolidierte Datenbasis für alle betrachteten Gegenstandsbereiche zu schaffen. Problematisch ist allerdings die inhärente Komplexität einer derartigen Gesamtlösung.

Verteiltes Data Warehouse-System: Es nutzt Mechanismen verteilter Datenbanksysteme, wobei für eine geeignete Synchronisation zwischen den einzelnen dezentralen Teilsystemen gesorgt werden muß. Weiterhin ist eine Aufteilung der Data Warehouse-Daten auf die Teilsysteme vorzunehmen. Der Einsatz verteilter Data Warehouse-Systeme bietet sich besonders bei klar abgrenzbaren Teil-Gegenstandsbereichen an.

Data Mart mit oder ohne zentralem Data Warehouse: Data Marts sind abteilungs- bzw. bereichsspezifische Data Warehouse-Lösungen. Sie erlauben den sukzessiven Aufbau von Data Warehouse-Systemen. Data Marts mit zentralem Data Warehouse sehen die Replikation von themenspezifischen Data Warehouse-Daten für einzelne Gruppen von Entscheidungsträgern vor. Ohne zentrales Data Warehouse können bei der Zusammenführung von Data Warehouse-Daten allerdings Konsolidierungs- und Synchronisationsprobleme auftreten.

Die vorgestellten Organisationsformen betrachten lediglich die technische Realisierung eines Data Warehouse und lassen die Managementstruktur des zu unterstützenden betrieblichen Systems außer Betracht. Sie sind für ein Data Warehouse-System für den Hochschulbereich daher nicht ausreichend. Im folgenden wird die Systemarchitektur eines Data Warehouse-Systems konzipiert, das speziell auf die Belange von Hochschulen ausgerichtet ist.

4 Konzeption eines Data Warehouse-Systems für Hochschulen

Nutzer des zu konzipierenden Data Warehouse-Systems sind in erster Linie die Entscheidungsträger in der Hochschule und im Ministerium. In der Hochschule sind dies auf der Ebene der Fakultäten insbesondere der Dekan, der Studiendekan und die Professoren sowie auf der Ebene der Hochschulleitung der Rektor oder Präsident, die Prorektoren oder Vizepräsidenten und der Kanzler einschließlich der verschiedenen Kollegialorgane und Ausschüsse. Darüber hinaus soll das Data Warehouse-System auch genutzt werden, um die interessierte Öffentlichkeit mit Informationen zu versorgen und damit die Öffentlichkeitsarbeit der Hochschulen zu unterstützen.

Die genannten Nutzergruppen sind unter Berücksichtigung ihres spezifischen Informationsbedarfs mit Informationen über die Haupt- und Serviceprozesse der Hochschule zu versorgen. Hierzu gehören Informationen über die Leistungserstellung, über die Koordination der Leistungserstellung sowie über die zur Leistungserstellung eingesetzten Ressourcen. Dabei ist die spezifische Managementstruktur der Hochschule zu berücksichtigen. Aus der Teilautonomie der geführten Objekte (Hochschule, Fakultät) folgt, daß der Informationsbedarf eines Managementobjekts (z.B. Ministerium, Hochschulleitung) mit dessen Entscheidungsbefugnis und –reichweite abzustimmen ist (Abstimmung von Zielen und Berichten; siehe Bild 1).

Für das Data Warehouse-System bedeutet dies, daß einem Managementobjekt nur bestimmte Informationen in einer bestimmten Aggregationsstufe zur Verfügung gestellt werden. Ein Zugriff auf detaillierte Informationen (Disaggregation) ist ohne Einwilligung des geführten Objekts nicht möglich.

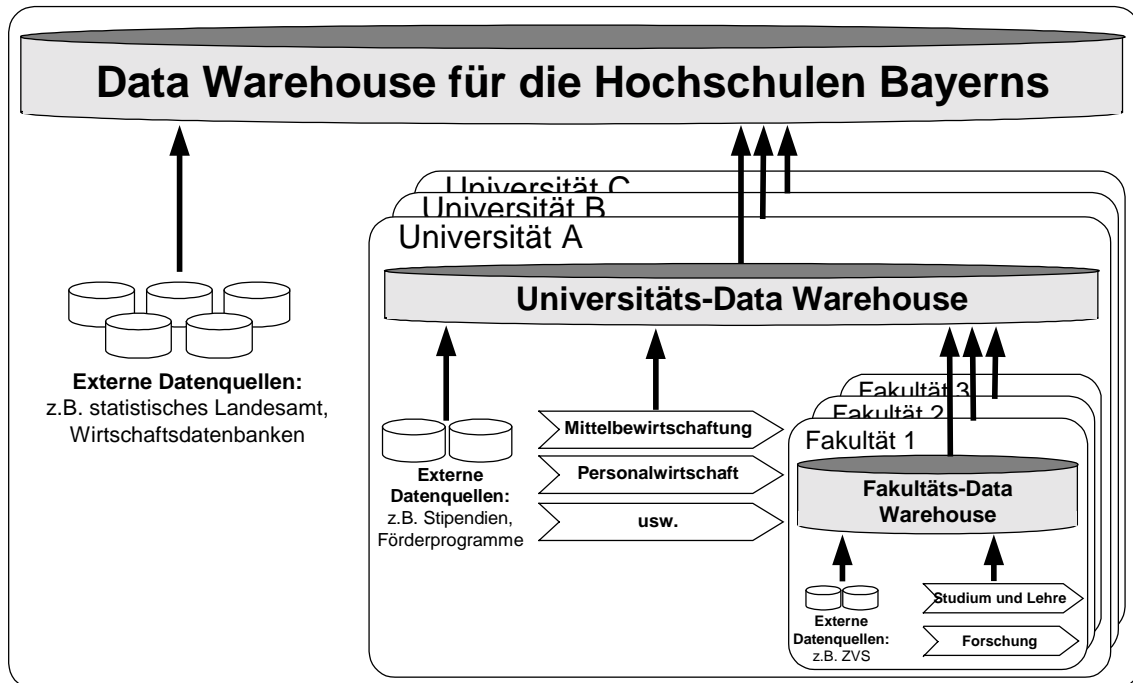


Bild 4: Architektur des Data Warehouse-Systems für Hochschulen

Die genannten Überlegungen führen zur Konzeption eines mehrstufigen, hierarchischen und schalenförmigen Data Warehouse-Systems mit abgestimmter Reichweite und Aggregation der verwalteten Daten (Bild 4). Die Architektur des Data Warehouse-Systems folgt der Managementstruktur der Hochschule:

- Die unterste Ebene bilden Data Warehouses der einzelnen Fakultäten einer Hochschule. Das Data Warehouse einer Fakultät basiert auf den detaillierten Daten der von dieser Fakultät betriebenen Prozesse *Lehre und Studium* sowie *Forschung*.
- Die mittlere Ebene bilden die Data Warehouses der einzelnen Hochschulen. Jedes Data Warehouse einer Hochschule basiert auf den detaillierten Daten der Serviceprozesse und den durch die Data Warehouses der Fakultäten – ggf. eingeschränkt oder aggregiert – bereitgestellten Daten über *Lehre und Studium* sowie *Forschung*.
- Die oberste Ebene bildet ein Data Warehouse für alle Hochschulen des Landes, das auf Daten beruht, die von Data Warehouses der einzelnen Hochschulen – wiederum ggf. eingeschränkt oder aggregiert – bereitgestellt werden.

Jedes einzelne (Teil-) Data Warehouse stellt nach klassischem Verständnis ein eigenständiges Data Warehouse dar und kann grundsätzlich nach jeder der in Abschnitt 3 genannten Organisationsformen gestaltet sein. Auf jeder Ebene können externe Datenquellen einbezogen wer-

- im Prozeß *Forschung* z.B. WWW-basierte Informationssysteme zur Forschungsberichterstattung,
- im Prozeß *Mittelbewirtschaftung* z.B. HIS-MBS (Mittelbewirtschaftungssystem) und
- im Prozeß *Personalwirtschaft* z.B. Diapers (Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung) oder HR der SAP AG.

Diese operativen Anwendungssysteme sind zum Teil nur unzureichend integriert. Es bestehen Automatisierungslücken und Medienbrüche.

In Bezug auf die operativen Systeme leistet das Data Warehouse-System insbesondere

- eine Konsolidierung der Daten unterschiedlicher operativer Anwendungssysteme,
- eine Historisierung der Daten, da viele operative Anwendungssysteme lediglich die aktuellen Daten verwalten sowie
- eine Dimensionierung der Daten. „Natürliche“ Dimensionen ergeben sich aus der Historisierung sowie aus der Struktur einer Hochschule oder der Struktur der Hochschulen eines Landes.

5 Erste Ergebnisse, offene Fragen und geplante nächste Schritte

Bezüglich der einzusetzenden Technologie zeichnet sich im Projekt CEUS eine Entscheidung zugunsten einer relational basierten Lösung (ROLAP-Konzept) ab. Vor allem die meist nur durch die Hardware begrenzte Speicherkapazität für Daten im Terabyte-Bereich, die hohe Stabilität durch die langjährige Verfügbarkeit und die Nutzung eines auf dem Relationenmodell basierenden Konzepts sprechen für ein Data Warehouse auf Grundlage einer relationalen Datenbank. Bei der Erweiterbarkeit und Anpaßbarkeit des zugrundeliegenden Datenbankmodells ermöglichen relationale Datenbanken eine größere Flexibilität als multidimensionale Lösungen nach dem MOLAP-Konzept. Weiterhin bieten multidimensionale Datenbanken, die erst in den letzten Jahren Marktreife erlangt haben, lediglich eine proprietäre Datenhaltung und ein stark begrenztes Datenvolumen an.

Parallel zur Informationsbedarfsanalyse durch die Münchner Gruppe des Projekts CEUS wird derzeit an der Entwicklung eines Systemprototypen für den Prozeß *Studium und Lehre* gearbeitet. Zeitlich überlappend wird die Realisierung der Systemprototypen für die übrigen Teilprozesse *Forschung*, *Personalwirtschaft* und schließlich *Mittelbewirtschaftung* vorbereitet. Als Pilothochschulen für den Einsatz des Systemprototypen wurden die Universität Bamberg und die Technische Universität München ausgewählt.

Ein bisher ungelöstes Problem stellt die teilweise inkonsistente Klassifizierung und Schlüsselung von universitären Daten aufgrund von gesetzlichen Vorgaben der Landes- bzw. Bun-

desstatistik dar. Zur Lösung des Problems wurde daher eine Arbeitsgruppe mit Vertretern der Hochschulen und der Landesstatistik in Bayern angeregt.

Im Rahmen der sich evolutionär verändernden Hochschullandschaft ist ein Konzept zur Handhabung der Strukturodynamik von Data Warehouses unabdingbar. Die Strukturodynamik darf hierbei nicht erst auf physischer Datenbankebene Berücksichtigung finden, sondern muß bereits auf konzeptueller Ebene eingebunden werden. Voraussetzung ist ein ganzheitlicher Modellierungsansatz für Data Warehouse-Systeme, der von der konzeptuellen Modellierung bis zur physischen Realisierung reicht. Dabei sind beide Aspekte der Strukturodynamik, Schema-Evolution und Schema-Adaption, zu berücksichtigen.

Die Auswahl einer geeigneten Software-Plattform soll bis Ende 1999 abgeschlossen sein. Dazu wird mit Hilfe eines umfassenden Kriterienkatalogs die am Markt verfügbare Standardsoftware im Bereich der Data Warehouse-Management-Systeme untersucht. Neben Architekturmerkmalen bezieht dieser Kriterienkatalog vor allem auch nutzungsbezogene Aspekte mit ein. Um den späteren landesweiten Einsatz und die Pflege des Data Warehouse-Systems zu erleichtern, sind einfache Administrierbarkeit sowie Nutzerzugriffe über eine webbasierte Intranettechnologie eine zwingende Voraussetzung.

Zentrale prozeßunabhängige Arbeitspakete, die die Entwicklung des Data Warehouse-Systems begleiten, sind einerseits die Realisierung eines ganzheitlichen Sicherheitskonzeptes, bestehend aus Authentifizierungs-, Autorisierungs- und Kryptographieverfahren, sowie die Einbindung einer auf Fakultäts-, Universitäts- und Landesebene abgestimmten Benutzerverwaltung.

6 Literatur

- BMR94 Biethahn J., Muksch H., Ruf W.: Ganzheitliches Informationsmanagement. Band 1: Grundlagen, 3. Auflage, Oldenbourg, München 1994
- CCS93 Codd E. F., Codd S. B., Salley C. T.: Providing OLAP On-line Analytical Processing to User-Analysts: An IT Mandate. E.F. Codd & Associates, White Paper 1993
- Inmo96 Inmon, W. H.: Building the Data Warehouse. Second Edition, Wiley & Sons, New York 1996
- KüSi98 Küpper H.-U., Sinz E. J. (Hrsg.): Gestaltungskonzepte für Hochschulen. Effizienz, Effektivität, Evolution. Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1998
- LoDi87 Lockemann P. C., Dittrich K. R.: Architektur von Datenbanksystemen. In: Lockemann P. C., Schmidt J. W. (Hrsg.): Datenbankhandbuch. Springer, Berlin 1987, S. 85-161
- MuBe98 Muksch H., Behme W.: Das Data Warehouse-Konzept als Basis einer unternehmensweiten Informationslogistik. In: Muksch H., Behme W. (Hrsg.): Das Data Warehouse-Konzept – Architektur, Datenmodelle, Anwendungen. 3. Auflage, Gabler, Wiesbaden 1998, S. 33-100
- ScBa98 Schinzer H. D., Bange C.: Werkzeuge zum Aufbau analytischer Informationssysteme. In: Chamoni P., Gluchowski P. (Hrsg.): Analytische Informationssysteme – Data Warehouse, On-Line Analytical Processing, Data Mining. Springer, Berlin 1998, S. 41-58
- Sinz98 Sinz E. J.: Universitätsprozesse. In: KüSi98, S. 13 – 30
- Wolff95 Wolff K. D.: Grundlagen zur Entscheidungsfindung an Universitäten. In: Wolff K.D. (Hrsg.): Qualitätskonzepte einer Universität. Differenzierung, Effektivierung und Vernetzung. Erfurter Beiträge zur Hochschulforschung und Wissenschaftspolitik, Band 1. Iudicium Verlag, München 1995, S. 51 - 63