
Institut für ZukunftsEnergieSysteme (izes)
Altenkesseler Str. 17/A1
66115 Saarbrücken
Fon: +49 681 9762 840
Fax: +49 681 9762 850

www.izes.de
izes@izes.de

Dipl.-Ing. Stefan Gerhard
Dipl.-Inf. (FH) Ulrich Bruch

Das Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln des Bundesamtes für Bauwesen und
Raumordnung gefördert. (Aktenzeichen: Z 6 – 10.07.03-03.13 / II 13 – 80 01 03-13)
Die Verantwortung für den Inhalt liegt beim Autor.

1 Einleitung

Effizienz im Umgang mit Energie bedeutet nicht nur die effiziente Energiebereitstellung, sondern auch den effizienten Einsatz von Energie. Dies gilt insbesondere auch für den Wohnbereich (Raumautomation) und Gebäudebereich (Gebäudeautomation), dessen Energiebedarf nach Schätzungen der Europäischen Gemeinschaft weiter ansteigen wird¹. Der Einsatz von Energie zur Versorgung von Wohnungen und Gebäuden mit Wärme und Strom muss sich streng am Bedarf der Bewohner und Nutzer orientieren, um Effizienz zu gewährleisten. Dies gelingt durch den Einsatz moderner Systeme der Gebäudeautomation (GA) zur Regelung, Steuerung, Parametrierung sowie Überwachung technischer Anlagen und Prozesse in Verbindung mit leistungsfähigen (Energie-) Managementsystemen zur Visualisierung und Optimierung des Energieeinsatzes. Der Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV) gibt in seiner Empfehlung *Gebäudeautomation 2005* aktuelle Ausführungshilfen aus Sicht des öffentlichen Bauherrn für den Aufbau solcher Systeme². Die Sicht des öffentlichen Bauherrn lässt sich leicht auf andere Bauherren übertragen, die anlagen- und gewerkeübergreifende Systeme mit entsprechend offenen Schnittstellen kostengünstig betreiben und aufbauen.

Mit der Begleitung und Unterstützung der Forschungsarbeit MEMS³ bei der Landeshauptstadt München hat der AMEV bereits in der Vergangenheit wichtige Impulse für den Aufbau übergreifender Systeme gegeben. Das System MEMS wird ausführlich im Abschlussbericht „MEMS, Münchner Energiemanagement-System“⁴ beschrieben. Eine Zusammenfassung wird im Bundesbaublatt, Heft 11/98 Seite 56-58, gegeben. Das Konzept von MEMS gewährleistet die langfristige Sicherung des Wettbewerbs bei der öffentlichen Ausschreibung von Gebäudeautomation, der Werterhaltung getätigter Investitionen in der Gebäudeautomation und der Unabhängigkeit von Herstellern bei der öffentlichen Ausschreibung und dem Betrieb der

¹ RICHTLINIE 2002/91/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden

² AMEV-Empfehlung Nr. 087: „Hinweise für Planung, Ausführung und Betrieb der Gebäudeautomation in öffentlichen Gebäuden“; www.amev-online.de

³ Münchner Energiemanagement-System, gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie unter dem Förderkennzeichen BEO-0329501-B

⁴ <http://www.fnd-forum.de/publikationen/pdf/abschlussbericht-1.pdf>

Gebäudeautomation als Werkzeug eines Energiemanagementsystems. MEMS hat die Voraussetzung für eine gewerke- und systemübergreifende Gebäudeleittechnik und Gebäudeautomation für den steuernden Eingriff (Stellen, Schalten, Parametrieren) des Nutzers auf technische Anlagen einer Liegenschaft geschaffen. Die wesentlichen Vorteile von MEMS gegenüber anderen Systemen sind:

- Einsatz von Standardkomponenten der EDV bei Hard- und Software
- Kostenfreie Verfügbarkeit der im Rahmen der Forschungsarbeit MEMS entwickelten Software für die öffentliche Hand
- Offenlegung der Softwarequellen zur Investitionssicherung und unabhängigen Weiterentwicklung
- Intelligentes Treiberkonzept für den Anschluss unterschiedlicher, hersteller-spezifischer Anlagen
- Zuschnitt auf die besonderen Bedürfnisse der öffentlichen Hand

In MEMS werden Lösungen für komplexe Aufgabenstellungen angeboten, die auf besonderen Voraussetzungen einer großen Kommune aufsetzen. Solche Voraussetzungen sind bereits bestehende Rahmenverträge mit Softwareherstellern oder die Personalausstattung bei entsprechender Qualifikation. Die Kosten für die Umsetzung von MEMS bei der Wohnungswirtschaft oder bei kleineren Kommunen sind indes zu hoch. Der modulare Aufbau von MEMS gestattet aber die schrittweise Weiterentwicklung solcher Komponenten, die einen erheblichen Anteil an den Kosten einer Umsetzung verursachen. In Abbildung 1 werden die einzelnen Module gezeigt, aus denen MEMS aufgebaut ist:

Die **Leitzentrale Haustechnik (LZH)** stellt verschiedene Serverdienstleistungen sowohl zur Bedienung des Systems wie auch zur Datenspeicherung und Datenverarbeitung zur Verfügung. Die LZH besteht aus einem Bedienserver, der über ein Terminal-System (Citrix) die Bediensoftware des Systems für den externen Zugriff enthält. Sie besteht weiter aus dem Kommunikationsprozess, einer im Hintergrund arbeitenden Software zur Abwicklung der Kommunikation des Systems, und einem Datenbanksystem zur Datenspeicherung.

Die **Bedienstation (BS)** des Systems kann ein normaler Personalcomputer sein, auf dem eine Software (Terminalclient) für den Zugriff auf den Bedienserver installiert wird. Der Verbindungsaufbau kann über Internet oder über Einwahl erfolgen. Über Internet wird ein virtuelles privates Netzwerk aufgebaut (VPN), um die sichere Kommunikation zu gewährleisten. Bei der Einwahl erfolgt die Kommunikation über den Aufbau einer ISDN-Verbindung.

Der **Gebäudeautomationsknoten (GAK)** realisiert die neutrale Schnittstelle des Systems zu den herstellereigenen Anlagen im Gebäude. Die Hardware des GAK kann ein Personalcomputer unter dem Betriebssystem Linux oder (veraltet) DOS sein. Neuerdings stehen auch Minicomputer (Embedded Systems) unter Linux zur Verfügung⁵.

⁵ Entwicklung am Steinbeis Transferzentrum Building Technology, Prof. Gerhard Fetzer, FHT Esslingen

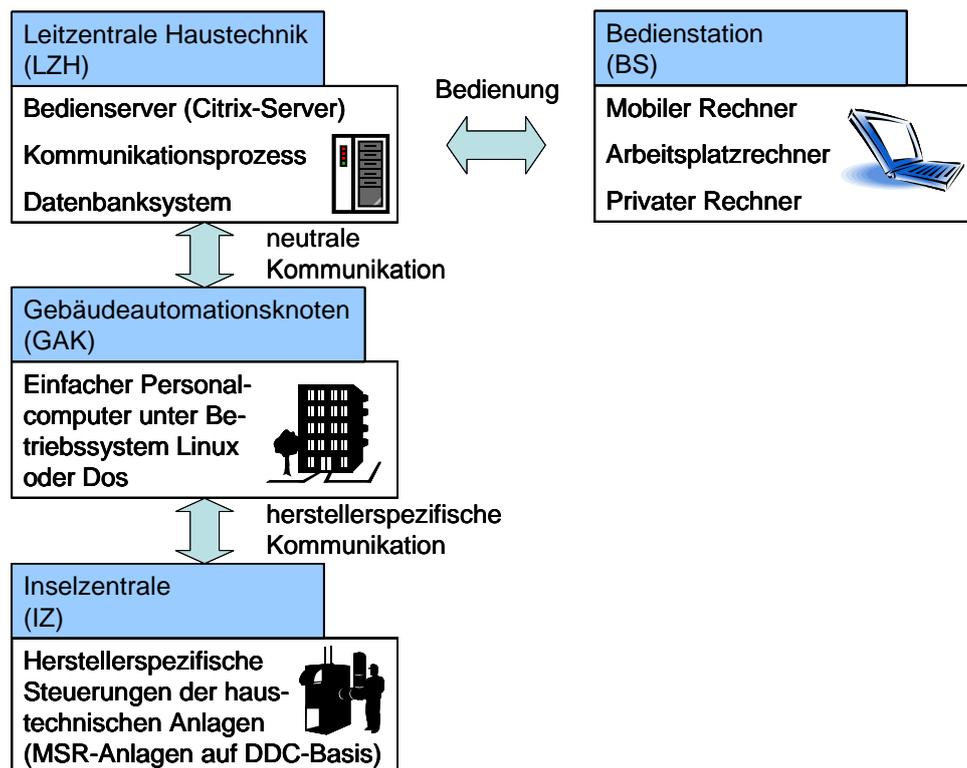


Abbildung 1: Modularer Aufbau des Münchner Energiemanagementsystems

Unter einer **Inselzentrale (IZ)** wird die herstellereigene Anlage zur Anlagensteuerung und –automation (Regelprozessor, DDC) verstanden, die zumeist über eine serielle Schnittstelle mit dem GAK verbunden ist.

Der technische Aufbau des Systems folgt einem Konzept, dessen Schwerpunkt auf der Gewährleistung von diskriminierungsfreien öffentlichen Ausschreibungen für den Aufbau des Gesamtsystems und der Inselzentralen liegt. Bei der öffentlichen Hand müssen Gebäude und Liegenschaften auch in der Gebäudeautomation sukzessive ertüchtigt oder neu ausgerüstet werden: der Aufbau neuer Inselzentralen und neuer Auswertewerkzeuge sowie deren Einbindung in ein bestehendes Managementsystem wird zum andauernden Prozess! Das Konzept von MEMS bietet hierzu klar definierte Schnittstellen: den GAK als Schnittstelle zur Inselzentrale und die Datenbank der LZH als Schnittstelle zu Auswertewerkzeugen. Bei diesen Schnittstellen wird nicht nur die Kommunikation festgelegt, sondern sie bilden auch die Grenze für Ausschreibung, Gewährleistung und Leistungsbeschreibung. Dieses Konzept hat sich sowohl in der Stadt München, als auch beim Energie- und Umweltbüro in Berlin oder der Stadt Lüneburg zum Aufbau eines Gesamtsystems mit Inselzentralen unterschiedlicher Hersteller bewährt.

Bei Betrachtung der funktionalen Gliederung von Gebäudeautomationssystemen gemäß DIN EN ISO 16484 – 2 (siehe Abbildung 2) lässt sich der GAK zwischen Automationsebene und Managementebene einordnen: auf dem GAK läuft eine Software der Managementebene, an die ein herstellereigener Treiber angekoppelt wird. Der herstellereigene Treiber übersetzt die herstellereigene Kommunikation der Inselzentrale in eine herstellereigene Kommunikation der Managementebene. Die Inselzentralen werden aus einer oder mehrerer miteinander vernetzter Automationsstationen gebildet. Bei der Vernetzung von Automationsstationen wie

auch bei der Anbindung von Feldgeräten an die Automationsstation werden in der Regel herstellerspezifische Lösungen eingesetzt. So kann die in einer neutralen und funktionsorientierten Ausschreibung geforderte Leistung durch herstellereigene Lösungen erfüllt und gleichzeitig die Innovationen eines Herstellers bei der Umsetzung der geforderten Leistung geschützt werden.

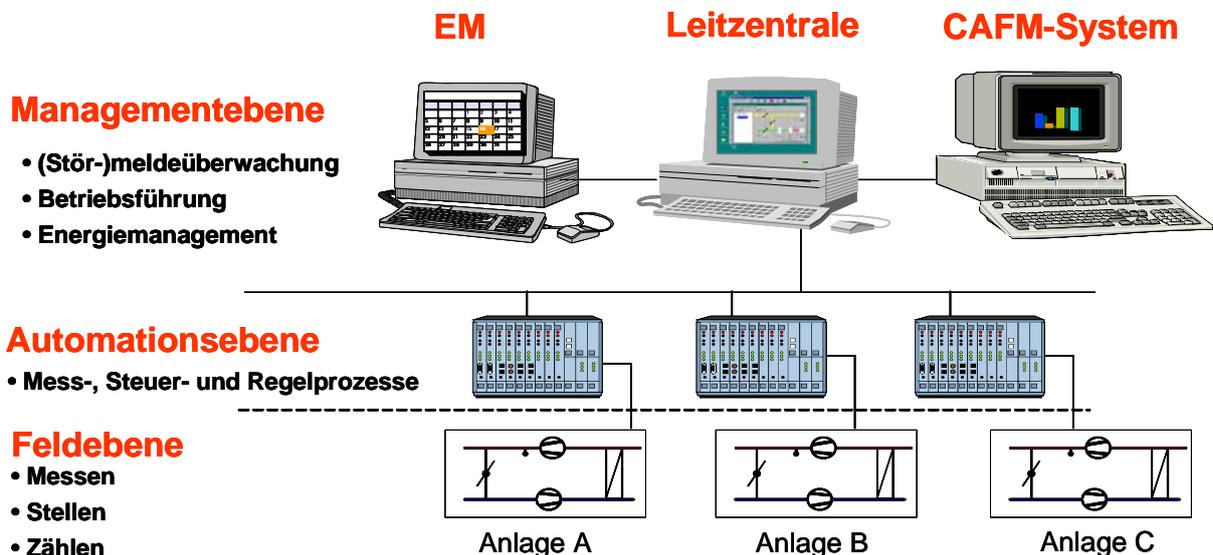


Abbildung 2: Funktionale Gliederung der Gebäudeautomation

Eine Energiemanagementsoftware oder andere Softwaresysteme wie beispielsweise Computer-Aided-Facility-Management Systeme werden in der Managementebene direkt mit der Leitzentrale über eine Schnittstelle zur Datenbank verknüpft (siehe Abbildung 2). Sie greifen auf einen Datenbestand zu, der von den Inselzentralen geliefert und in der Datenbank gespeichert wurde. Dementsprechend schnell gelingt der Zugriff solcher Systeme auf zur Auswertung erforderliche Gebäudedaten, wenn diese täglich aus den Inselzentralen mit Hilfe der GAKs in der Datenbank gespeichert werden.

Eine Übertragung des beschriebenen Konzeptes zum Aufbau eines Energiemanagementsystems für die Wohnungswirtschaft gelingt unter folgender Voraussetzung:

1. die Systemschnittstellen müssen beibehalten werden,
2. eine Verbrauchserfassung muss kostengünstig eingebunden werden,
3. eine neue, auf Bewohner angepasste, Bedienung des Systems muss entwickelt werden.

Die Systemschnittstelle zwischen GAK und Inselzentrale kann ohne besonderen Aufwand beibehalten werden. Der Ausschreibung einer Automationsstation müssen lediglich Vorgaben für die Aufschaltung auf den GAK zugefügt werden. Im Internet kann auf der Seite www.fnd-forum.de ein Beispiel für diese Vorgabe gefunden werden⁶. Viele Hersteller einer Automationsstation entwickelten bereits eigene

⁶ <http://www.fnd-forum.de/lzh-muenchen/msr/index.htm>

Treiber basierend auf dem bereits lange verfügbaren Standard FND⁷. Inzwischen besteht aber auch die Möglichkeit, das genormte Kommunikationsprotokoll BACnet⁸ als Vorgabe auszuschreiben⁹.

Die kostengünstige Einbindung einer Verbrauchserfassung gelingt sehr einfach über die Aufschaltung entsprechend kommunikationsfähiger Verbrauchszähler auf geeignete Automationsstationen. Wie Abbildung 3 zeigt, wird der Verbrauchszähler als Datenpunkt über die Inselzentrale in das System eingebunden.

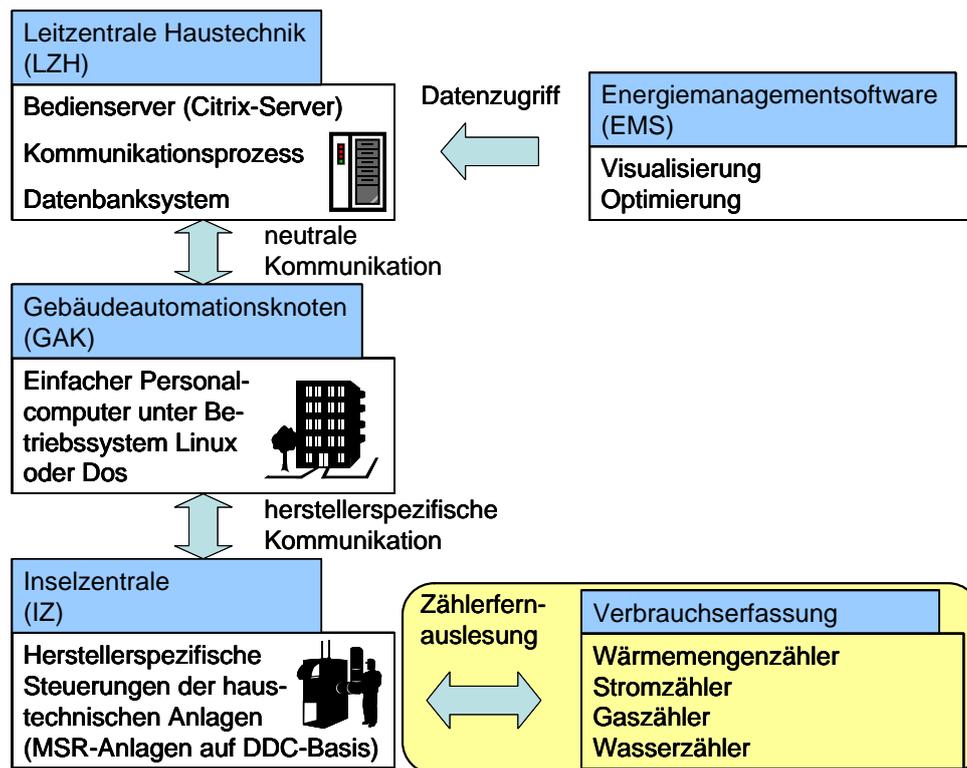


Abbildung 3: Einbindung der Verbrauchserfassung

Das System selbst bietet bereits alle Funktionalitäten für eine leistungsfähige automatisierte Zählerfernauslesung. Fehlt eine Automationsstation in einem Gebäude oder kann sie nicht in eine Managementebene eingebunden werden, so kann eine Lösung zur direkten Anschaltung eines Verbrauchszählers auf den GAK notwendig werden. Hier gibt es bereits einige Lösungsansätze bei der Stadt München.

Die Einbindung der Verbrauchszählung in die Gebäudeautomation hat den Vorteil, dass zur Verbrauchsauswertung bestimmte Kenngrößen mit Hilfe anderer Datenpunkte (beispielsweise Außentemperaturen oder Betriebszustandsgrößen) berechnet werden können. Diese Datenpunkte werden in der Regel durch die Inselzentralen bereits erfasst oder können mit geringem Aufwand nachgerüstet

⁷ Standardisiert in der AMEV-Empfehlung 1988 FND 88, http://www.amev-online.de/fnd_88_ein.html

⁸ Normung als DIN EN ISO 16484-5

⁹ <http://www.fnd-forum.de/publikationen/pdf/lhmfunbb.pdf>

werden. Die Berechnungen der Kenngrößen können im Datenbanksystem durchgeführt werden. Alternativ kann eine Energiemanagementsoftware die zur Berechnung notwendigen Datenpunkte aus der Datenbank entnehmen und die gewünschten Kenngrößen selbst berechnen. In der ersten Variante können die Kenngrößen z. B. nachts bei niedriger Last des Datenbanksystems berechnet und in der Datenbank abgelegt werden. Sie stehen dann dem Energiemanagementsystem unmittelbar zur Verfügung. Bei der zweiten Variante muss die Datenbank nicht verändert werden und die Berechnungsverfahren des Energiemanagementsystems können genutzt werden, für den Hersteller eines solchen Systems die vielleicht attraktivere Variante, um seine Innovation zu schützen.

Die bereits vorhandenen Funktionalitäten der Gebäudeautomation zur Parametrierung und zum Schalten der Anlagen stehen selbstverständlich weiterhin zur Verfügung: werden durch die Verbrauchskontrolle Fehleinstellungen oder Störungen sichtbar, können unmittelbar Maßnahmen über die Gebäudeautomation von Ferne eingeleitet und umgesetzt werden.

Die Bedienung des Systems ist bisher auf örtlich verteilte, aber wenige Nutzer zugeschnitten. Zudem orientiert sich die Bedienung an den Bedürfnissen der Ingenieure und Techniker – sie ist nicht unbedingt geeignet für den allgemeinen Bewohner einer Wohnung. Aktuell wird versucht, die Entwicklung einer internetbasierten Bedienung des Systems zu finanzieren, die über ein personalisiertes Webportal den Zugriff auf so genannte mandantengerechte Auswertungen ermöglicht. Die notwendige Software für diesen Zugriff (Webbrowser) steht heute bei einer Vielzahl von möglichen Bediengeräten zur Verfügung (Handy, PDA, Tablet-PC, Heimcomputer). Mandantengerecht heißt, dass nach der Personalisierung des Benutzers eine auf ihn zugeschnittene Präsentation der Funktionalitäten wie Verbrauchsanalyse oder die Möglichkeit zu Schaltvorgängen aufgerufen wird. So stehen sowohl der Hausverwaltung (oder externen Dienstleistern) wie auch den Bewohnern jeweils persönlich geeignete Bedienoberflächen zur Verfügung. Das System kann so den Bedürfnissen des technischen Gebäudemanagements wie auch der privaten Verbrauchskontrolle genügen.

2 Ziele der Forschungsarbeit

Mit der Forschungsarbeit „Entwicklung eines verallgemeinerten offenen Gebäudeautomationskonzeptes“ (VeroGAK) wurde das Münchner Energiemanagementsystem (MEMS) vom Institut für ZukunftsEnergieSysteme (izes) in Saarbrücken so weiterentwickelt, dass ein kostengünstiger Aufbau eines Energiemanagementsystems gemäß dem bewährten Konzept von MEMS auch für die Wohnungswirtschaft sowie bei kleineren und mittleren Kommunen möglich wird. Hierzu wurden die einzelnen Module von MEMS genau abgegrenzt und deren Kostenwirksamkeit in einer Fachgruppe des AMEV diskutiert. Für solche Module, deren Kostenwirksamkeit bedeutsam war, wurde nach vergleichbarer Open-Source-Software als Alternative gesucht und ein Lösungskonzept für die Module entwickelt.

Im Laufe der Forschungsarbeit wurde der Schwerpunkt auf die Leitzentrale Haustechnik und hier auf die eingesetzte Datenbank und deren Einbindung in das System gelegt. Gemäß dem erarbeiteten Konzept wurde ein Prototyp einer

alternativen Datenbank entwickelt und in das System eingebunden. Dieser Prototyp wurde validiert und kann entsprechend weiterentwickelt werden.

3 Durchführung der Forschungsaufgabe

Die Diskussion der einzelnen Module von MEMS geschah im Arbeitskreis Gebäudeautomation des AMEV mit erfahrenen Anwendern des Systems MEMS. Bei der Kostenwirksamkeit einzelner Module wurde auch der Aufwand einer zukünftigen Weiterentwicklung und Integration in ein automatisch installierbares Gesamtsystem betrachtet. Vor allem aus letzterem Grund wurde ein Ersatz des Datenbanksystems der Leitzentrale Haustechnik als zentraler Kern der Forschungsaufgabe definiert.

Die Datenbank von MEMS basiert auf dem Datenbanksystem Oracle 8i und ist über mehrere Schnittstellen mit anderen Systemkomponenten der Leitzentrale Haustechnik verknüpft (siehe Abbildung 4).

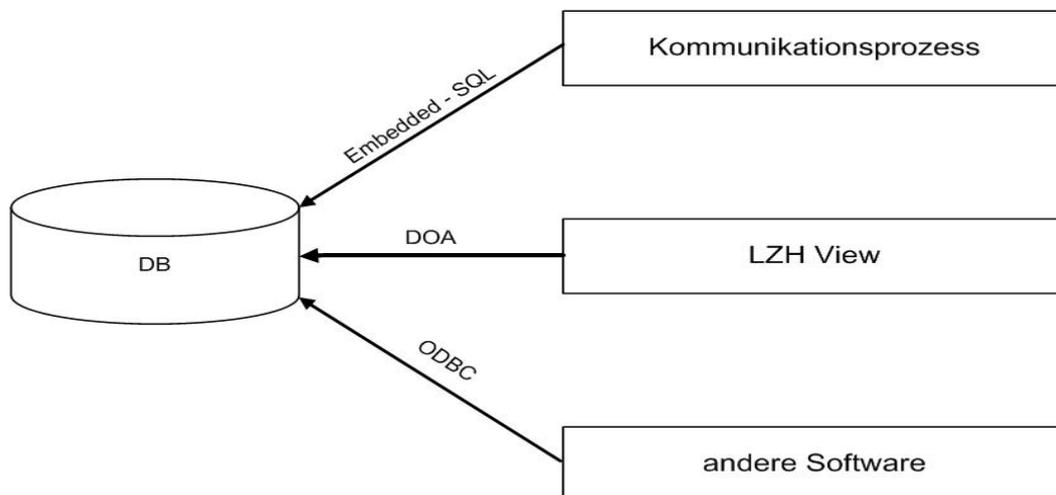


Abbildung 4: Systemschnittstellen der Datenbank

Der Kommunikationsprozess greift direkt auf die Datenbank über einen Embedded – SQL – Präprozessor zu. Die Software LZH View zur Visualisierung des Systems verwendet Direct Oracle Access (DOA) für den Zugriff auf die Datenbank und schließlich wird die Datenbankschnittstelle ODBC als Schnittstelle für die Kommunikation mit Excel oder anderer Auswertesoftware verwendet.

Nach einer Voruntersuchung wurden die Datenbanksysteme MySQL, MaxDB und PostgreSQL näher untersucht. Die Tabelle 1 zeigt das Ergebnis des Vergleichs der drei Alternativen MySQL, MaxDB und PostgreSQL.

Von allen untersuchten Datenbanken wies PostgreSQL die größte Ähnlichkeit zu Oracle, vor allem hinsichtlich des SQL-Dialekts und der prozeduralen Sprachen PL/PSQL und PL/PGSQL, auf. PostgreSQL bietet alle notwendigen Schnittstellen und das System kann eine gute Skalierbarkeit auf Multiprozessorsystemen nachweisen.

Im Vergleichstest zeigte PostgreSQL die beste Performance aller untersuchten Datenbanksysteme. Das vorhandene Datenschema von MEMS ließ sich durch relativ

kleine Änderungen an der Syntax der Initialisierungsskripte auf PostgreSQL portieren. Lediglich der Präprozessor erforderte einige Änderungen am Quellcode, – die Unterschiede zu dem in MEMS verwendeten Präprozessor waren aber nicht sehr groß.

System	MySQL	MaxDB	PostgreSQL
SQL-Dialekt	99 (nicht vollständig, ca. 60%), SQL92 zu ca. 60%	SQL 99 zu ca. 70%, SQL 92 zu ca. 70%	SQL99 zu ca. 85%, SQL92 zu ca. 90%
Transaktionen sequences	ja (nur mit InnoDB-Engine)	ja	ja
Autoinkrement Stored	ja	ja	ja
Procedures	ja (nur mit InnoDB-Engine)	ja	PL/PGSQL, Perl, C, Java
Views	ja (nur mit InnoDB-Engine)	ja	ja
Constraints	ja, ANSI99 zu ca. 80%	ja, ANSI99 zu ca. 70%	ja, ANSI99 zu ca. 80%
Trigger	ja (nur mit InnoDB-Engine)	ja	ja
Indizes	Volltextindizierung, B-tree-Indizes	ja	ja
Backup/ Recovery	auf Dateisebene, mit Command-line-Tools, auch versch. GUI's verfügbar	ja, snapshot möglich	ja
Reorganisation	nein	ja, lt. Hersteller wartungsfrei	ja
Performance	hoch (bei MySAM, schliesst Transaktionen aus), mittel bei InnoDB	mittel-hoch, skaliert gut auf SMP-Systemen	mittel-hoch, skaliert gut auf SMP-Systemen
Skalierbarkeit	gut	sehr gut	gut-sehr gut
Rechteverwaltung	user/groups	user/groups	user/groups
Betriebs- sicherheit	Unterstützung von MS-Replikationen	gut-sehr gut	gut-sehr gut
System- sicherheit	hoch, schnelle Reaktion bei Problemen sehr gut, viel Literatur erhältlich, weit verbreitet	hoch, in jetziger Form noch nicht sehr verbreitet, daher keine Aussage über Reaktionszeit	hoch, kaum bekannte Sicherheitslücken, gute Reaktion bei Problemen sehr gut, Literatur erhältlich, gute Verbreitung
Dokumentation		gut-sehr gut	
Schnittstellen	ODBC, Java, Perl, PHP	ODBC, Java, C/C++ Perl, Python	ODBC, Java, Perl, PHP, C/C++
Präprozessor		C/C++	C/C++, Perl
Zugriff aus			
Delphi	ja (min. via ODBC)	ja (min. via ODBC)	ja (min. via ODBC)
Plattformen	Win/Linux/Solaris/BSD, div Unices	Win/Linux/Solaris/div. Unices	Linux/Solaris/BSD, div. Unices
Verschlüsselung	ja (SSL)	ja (SSL)	ja (SSL)
Max. DB-Größe	8 Mo. TB/ Tabelle	32TB	unbeschränkt
Max. Spaltenzahl/ Tabelle	3398 Spalten	1024 Spalten	
Rechengenauigkeit			
* nicht vergleichbar	gem. SQL-92-Standard	38 Stellen (lt. Herstellerangabe...)	8 Byte bei Double Precision ja/ja (über Fremdprodukte, PostgreSQL Projekt pgreglication etc...)
Clustering/Replication	nein/ja	ja/ja	

Tabelle 1: Gegenüberstellung verschiedener Alternativen zur Datenbank Oracle

Das bestehende Datenbankschema von MEMS wurde für die Prototypenentwicklung im Datenbanksystem PostgreSQL umgesetzt. Die dazu notwendigen Anpassungen wurden manuell mit Hilfe eines Texteditors durchgeführt, es wurden aber auch automatisierte Konzepte für eine Migration von Oracle auf PostgreSQL in der Forschungsarbeit herausgestellt. In Zusammenarbeit mit dem Softwaredienstleister Datentechnik Fries aus Dachau wurde ein neuer Kommunikationsprozess geschaffen, mit dessen Hilfe die Datenbank PostgreSQL in ein System bestehend aus Inselzentrale, GAK und Leitzentrale Haustechnik (ohne das Programm LZH View) eingebunden wurde. Der Prototypentest des neuen Kommunikationsprozess und des neuen Datenbanksystems wurde mit Hilfe einer Produktivumgebung bei

Datentechnik Fries durchgeführt. Im Test konnte PostgreSQL überzeugen und zeigte eine teilweise bessere Performance als das bisherige Datenbanksystem.

4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Auf Grundlage des Technischen Energiemanagements der Landeshauptstadt München wurde im Rahmen der Forschungsarbeit im Funktionsbaustein Leitzentrale Haustechnik (LZH) das Datenbanksystem mit dem zugehörigen Kommunikationsprozess so überarbeitet, dass nunmehr mit PostgreSQL eine Open-Source-Software als Datenbank eingesetzt werden kann. Der entwickelte Prototyp konnte im Test bisher überzeugen. Als Ergebnis liegt ein Softwaresystem bestehend aus Gebäudeautomationsknoten (GAK), Kommunikationsprozess und Datenbanksystem vor, mit dessen Hilfe haustechnische Daten zusammen mit Verbrauchsdaten über eine Inselzentrale in einem frei verfügbaren Open-Source-System verarbeitet werden können. Das System kann über das Institut für ZukunftsEnergieSysteme (izes) in Saarbrücken kostenfrei bezogen werden.

Die Schnittstellen zum Datenbanksystem erlauben eine einfache Anbindung verschiedener Softwaresysteme für das Energiemanagement bis hin zur Entwicklung eigener Werkzeuge zur Kenngrößenberechnung und Visualisierung. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung für den kostengünstigen Aufbau eines Datenbank – basierten Energiemanagementsystems, die insbesondere im Wohnungsbaubereich zukünftig wirtschaftlich eingesetzt werden könnte.

Das erklärte Ziel dieser Forschungsarbeit war, die Grundlagen für eine allgemeine öffentliche Entwicklung im Open-Source-Bereich zu legen, was im Bereich des Datenbanksystems gelungen ist. Die Realisierung einer Benutzerschnittstelle zur transparenten Kommunikation mit dem Nutzer konnte im Rahmen dieser Forschungsarbeit jedoch nicht durchgeführt werden und wird als zukünftige Aufgabenstellung zu bearbeiten sein. Die zu entwickelnde Benutzerschnittstelle muss neben den Fachingenieuren vor allem den Bewohnern entsprechende Instrumente für eine Verbrauchsanalyse zur Verfügung stellen. Die Voraussetzungen für eine zeitnahe Rückkopplung von Verbrauchsdaten sind durch die vorhandenen Schnittstellen der Datenbank PostgreSQL bereits gegeben. Die darauf aufbauende Benutzerschnittstelle kann vorteilhaft mit Hilfe webbasierter Software (Webserver – Webclient) aufgebaut werden. Bei einer Lösung muss zum einen ein personalisierter Zugang möglich sein, zum anderen müssen Daten entsprechend informativ dargestellt werden. So wird es möglich, dass sowohl ein Bewohner wie auch ein Gebäudebewirtschafter die jeweils ihm entsprechenden Anforderungen an Datenverarbeitung und Datenvisualisierung erfüllt bekommen.