Verbesserte Workflow-Prozesse in der Gebäudetechnik und Gebäudeautomation im Kontext der Transformationspfade Energiewende und Digitalisierung

Dipl.-Ing. (FH) **Peter Knoll**, Prof. Dr.-Ing. **Martin Becker**
Hochschule Biberach (HBC), Biberach a. d. Riss

1. Kurzfassung

Die Gebäude- und Energietechnik steht vor großen Herausforderungen aufgrund der zunehmenden Digitalisierung im Bauwesen sowie der gewaltigen Anforderungen hinsichtlich eines möglichst nachhaltigen bzw. klimaneutralen Gebäudebetriebs. Hierzu sind neue Konzepte und Methoden für ein nachhaltiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden erforderlich.

Ein wichtiger Baustein auf diesem Weg ist ein möglichst durchgängiges automationsgestütztes Energie- und Gebäudemanagement, das den Weg vom systematischen Datenmanagement über das Informationsmanagement bis hin zu einem automationsgestützten Wissensmanagement ermöglicht. Grundlage des Datenmanagements ist wiederum ein standardisiertes Kennzeichnungssystem (KS), das durchgängig von der Planung über die Ausführung bis in den Betrieb genutzt wird.

An der Hochschule Biberach wurde dazu am Institut für Gebäude- und Energiesysteme (IGE) bereits vor einigen Jahren ein Kennzeichnungssystem auf Basis der VDI Richtlinie 3814 Blatt 4.1 definiert und konsequent umgesetzt.

Diese Erfahrungen wurden und werden nunmehr in dem aktuell laufenden Forschungsprojekt EnMa-HAW für das Land Baden-Württemberg genutzt, um für alle Hochschulen der angewandten Wissenschaften (HAW) ein automationsgestütztes Energiemanagement zu konzipieren. Zunächst soll dieses in einer ersten Phase an vier Pilothochschulen umgesetzt werden.

Ein zentrales Ziel des Projektes ist es, die automatisierte Erfassung und Archivierung von Messdaten in einer herstellerunabhängigen Datenbank nach einer standardisierten Datenstruktur mit Bezug zum Kennzeichnungssystem der Richtlinie VDI 3814, Blatt 4.1 zu erreichen. Aufbauend auf dieser Datenbank (MySQL bzw. Maria DB) können über einen sicheren Lesezugriff (VPN) unterschiedlichste Softwaretools auf diese Daten zugreifen, ohne dass aufwendige und kostenintensive Exportfunktionen oder projektspezifische Schnittstellen eingerichtet werden müssen. Dieses Konzept wird derzeit in Form eines Prototyps an der Hochschule Biberach umgesetzt und getestet.

2. Einleitung

Aufgrund der zunehmenden Digitalisierung im Bauwesen sowie der gewaltigen Anforderungen hinsichtlich eines möglichst nachhaltigen bzw. klimaneutralen Gebäudebetriebs steht die Gebäude- und Energietechnik vor großen Herausforderungen. Hierzu sind u.a. innovative Konzepte und neue Methoden für ein nachhaltiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden erforderlich. Hierbei besteht noch ein großes Optimierungspotenzial, indem die zurzeit noch häufig vorliegenden Brüche, während der Planungs-, Ausführungs- und Betreiberprozesse, durch einen durchgängigen Engineering-Prozess und verbesserte Workflow-Prozesse nach Abb. 1 verbessert werden.

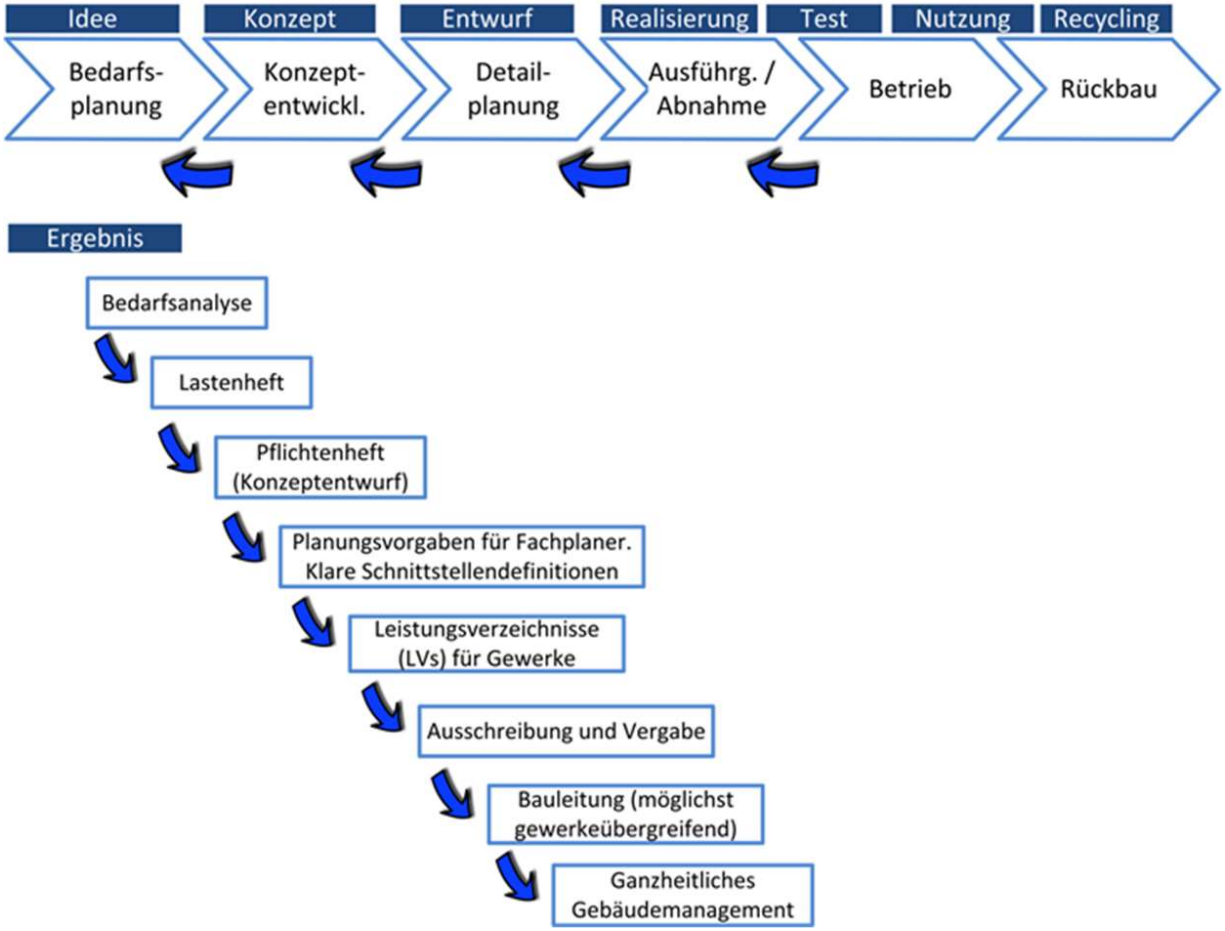


Abb. 1: Verbesserter, möglichst durchgängiger Engineering- und Workflow-Prozess in der Gebäudetechnik

Ein wichtiger Baustein bei diesem Workflow-Prozess ist auch ein möglichst durchgängiges automationsgestütztes Energie- und Gebäudemanagement, das den systematischen Weg vom Daten- über das Informations- zum Wissensmanagement ermöglicht, siehe Abb. 2. Hierbei gilt es

auch im Sinne eines verbesserten Informationsmanagements den erforderlichen Informationsbedarf in der Planung mit dem späteren in der Ausführung bereitgestellten Informationsangebot möglichst gut mit dem im Betrieb genutzten Informationsnutzen (z.B. Monitoring, Energiemanagement) in Überlappung zu bringen.

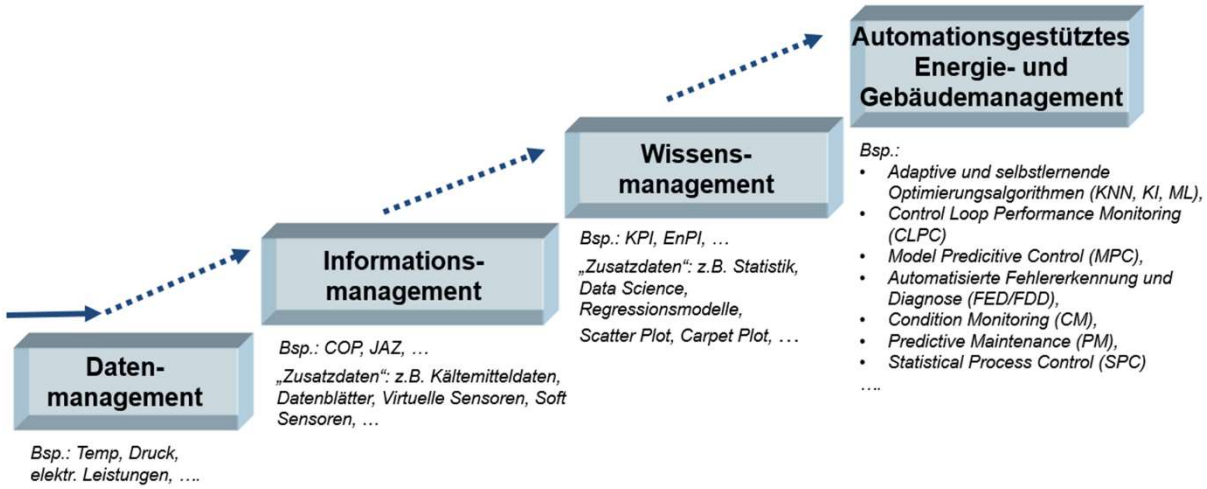


Abb. 2: Vom Datenmanagement über das Informationsmanagement zum automationsgestützten Wissensmanagement

Grundlage des Informationsmanagements ist wiederum ein systematisches Datenmanagement, welches wiederum ein standardisiertes Kennzeichnungssystem (KS) benötigt, das durchgängig von der Planung über die Ausführung bis in den Betrieb genutzt werden kann.

Diese grundlegenden Aspekte eines verbesserten Engineering-Prozesses bzw. Workflows bei Planung, Ausführung und Betrieb von Gebäuden werden in einem Pilotprojekt für ein verbessertes Energie- und Gebäudemanagement für die Anwendungsdomäne Hochschulen für angewandten Wissenschaften (HAW) des Landes Baden-Württemberg berücksichtigt und erstmals exemplarisch an vier Pilothochschulen getestet.

Das Land Baden-Württemberg hat sich zum Ziel gesetzt, eine annähernde Klimaneutralität in der Landesverwaltung bis zum Jahr 2030 zu erreichen. Der neu verabschiedete Hochschulfinanzierungsvertrag schreibt vor, dass zukünftig in den Struktur- und Entwicklungsplänen der Hochschulen ein Kapitel für den Klimaschutz integriert sein muss, in dem realisierbare und messbare Ziele zur Energieeffizienz festgelegt werden. Somit wird durch den Hochschulfinanzierungsvertrag, als auch in dem Energie- und Klimaschutzkonzept Baden-Württemberg die besondere Bedeutung von Maßnahmen zur Effizienzsteigerung, durch die flächendeckende Einführung von Energiemanagementsystemen, hervorgehoben. Um die Fortschritte der Energieeffizienzsteigerung und somit die CO_2-Einsparung messbar zu machen, wird

an den Hochschulen zudem die Einführung eines Monitoring-Systems in enger Abstimmung mit dem Finanz- und Wissenschaftsministerium des Landes Baden-Württemberg erarbeitet.

Diese Rahmenbedingungen stellen die HAW vor enorme Herausforderungen, da viele Hochschulen dieser Hochschulart aufgrund ihrer Größe und historischen Entwicklung nicht mit einem durchgehenden Gebäudeautomationsmanagement (GA-M) und/oder einem Energiemanagementsystem (EmS) ausgestattet sind und keine durchgehende Struktur bzgl. ihres Energie- und Gebäudemanagements haben. Sie sind vielmehr historisch gewachsen und weisen eine Vielzahl von unterschiedlichsten Technologien bezüglich Zählerstrukturen, Automationskomponenten und Kommunikationsschnittstellen auf. Vielfach werden auch noch Zähler manuell abgelesen und erfasst, was zu einem erhöhten Zeitaufwand des Personals führt und fehleranfällig ist. Dies führt z.B. dazu, dass viele Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung (Heizung- Lüftungs- und Klimaanlagen, Kälteanlagen, Beleuchtungsanlagen, ...) über lange Zeiträume unentdeckt mit einem schlechten Wirkungsgrad bzw. schlechter Energieeffizienz betrieben werden und Optimierungsmaßnahmen an der Anlagentechnik nicht oder nur erschwert entdeckt und zeitnah umgesetzt werden können. Des Weiteren besteht in vielen Liegenschaften das Problem, dass bereits automatisch ausgelesene Zähler (z.B. durch M-Bus) in einer proprietären Datenbank abgelegt werden. Somit sind diese Daten an den entsprechenden Softwarehersteller gebunden, was die technologie- und herstellerunabhängige Weiterverarbeitung der Energiedaten behindert.

Diese Rahmenbedingungen erschweren ein automationsgestütztes Energie- und Gebäudemanagement mit standardisierten Energieanalysen und –berichten und letztlich einen nachhaltigen Betrieb der Liegenschaften aus Betreibersicht.

Im folgenden Kapitel 2 wird auf die aktuelle technologische Umsetzung eingegangen. Kapitel 3 erläutert das Konzept des hierbei verwendeten Kennzeichnungssystems (KS) als wichtiger Baustein für ein systematisches und herstellerunabhängiges Daten- und Informationsmanagement. Für weitere Details zur Konzeption und Umsetzung sei auf die Veröffentlichung von Knoll, Becker, hingewiesen.

3. Technologische Umsetzung

Ein zentrales Hauptziel des Pilotprojektes ist es, eine automatisierte Archivierung von Messdaten in einer herstellerunabhängigen Datenbank nach einer standardisierten Datenstruktur mit Bezug zum Kennzeichnungssystem der Richtlinie VDI 3814, Blatt 4.1 zu erreichen. Aufbauend auf dieser Datenbank (MySQL bzw. MariaDB) können über einen sicheren Lesezugriff (VPN) unterschiedlichste Softwaretools auf diese Daten zugreifen, ohne dass aufwändige und kostenintensive Exportfunktionen, oder projektspezifische Schnittstellen eingerichtet werden müssen. Hierbei handelt es sich zunächst um die strukturierte und vollständige Zählerdatenerfassung (Strom,

Wärme, Kälte, Gas, Wasser), die in Zukunft noch um passende Prozessdaten aus Anlagen und Räumen für einen optimierten Gebäudebetrieb erweitert werden können. In der Pilotphase wurde das ModbusTCP Protokoll verwendet, wobei die Protokolle BACnet und MQTT in einer weiteren Ausbaustufe ergänzend mitberücksichtigt werden können. Auf Grund der offenen Systemarchitektur der Datenbank können beliebige Analysetools (z.B. Matlab/Simulink, Power BI, Excel, Python usw.) parallel zur EM-Software verwendet werden. Die EM-Software beschreibt auf Basis der importierten Messdaten aus der offenen Datenbank dann wieder eine separate Datenbank für optimierte Zugriffszeiten im Frontend zur Visualisierung von Berichten, Dashboards usw.

Abb. 3 zeigt das Systemkonzept im EnMa-HAW Projekt auf. Ein wichtiger Baustein bildet hierbei die Smart Energy Box (SEB), die über Ethernet eingebunden ist. Prinzipiell ist auch ein direkter M-Bus Anschluss an die SEB möglich. Im Projekt wird aber mit M-Bus / Modbus Gateways über Ethernet gearbeitet, weil eine direkte M-Bus Verbindung zwischen verschiedenen Gebäuden auf Grund der großen Leitungswege nicht optimal ist. Zähler und Komponenten, die direkt über Modbus TCP kommunizieren, können ebenfalls direkt eingebunden werden. Über die SEB werden die Messdaten in eine MySQL bzw. Maria Datenbank auf Basis des Kennzeichnungssystems abgelegt, über die dann ein flexibler Zugriff für die spätere Auswertung möglich ist. In der Pilotphase wurden eine Reihe von verschiedenen Direktzugriffen (Excel, Matlab/Simulink, Power BI, MySQL Workbench usw.) getestet. Der übergeordnete Zugriff auf Basis einer cloudbasierten Energiemanagementsoftware erfolgt im Projekt über einen VPN-Tunnel, mit welchem die Messdaten aus der MySQL bzw. Maria DB auch in die Datenbank eines spezifischen Energiemanagementsystems zur weiteren Analyse und Auswertung (hier EDL Portal der Firma MST) übertragen werden können.

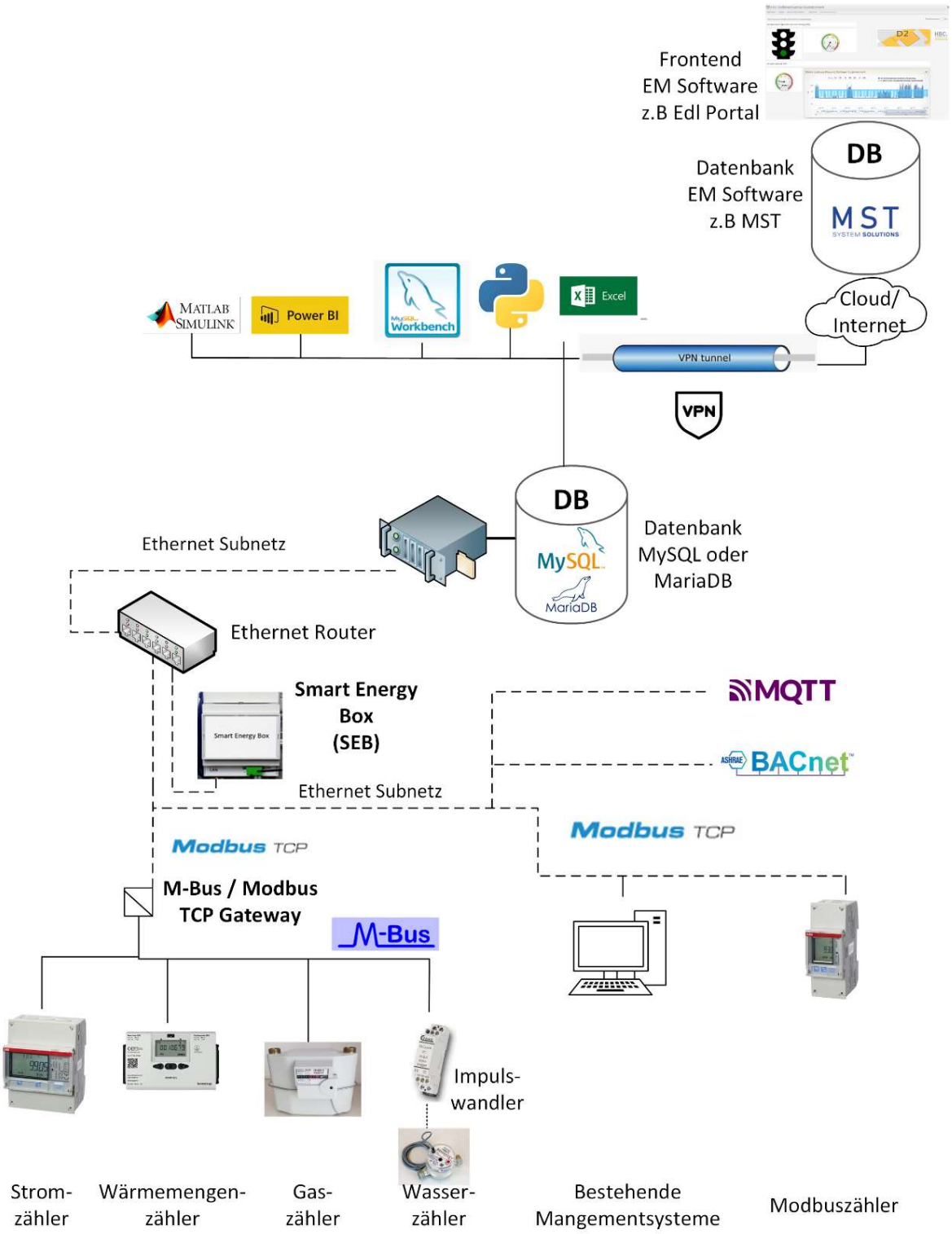


Abb. 3: Systemkonzept der Zählerstruktur mit Datenbank und Visualisierung [Bildquellen Zähler: Stark Elektronik GmbH]

Folgende Hauptfunktionen wurden im Rahmen des Projektes als Anforderungen gestellt:

a) Schnittstellen:
- M-BUS (mit Autoscanfunktion)
- ModBus TCP (Zähler, M-BUS Land Gateways, IoT-Geräte)
- CSV Export mit Mailfunktion
- MQTT (für zukünftige Erweiterung geplant)
- BACnet (für zukünftige Erweiterung geplant)

b) MySQL bzw. Maria Datenbank
- Automatische Exportfunktion der Messdaten
- Verwendung eines Kennzeichnungssystems nach VDI 3814, 4.1
- Übernahme von Flächenbezeichnungen des Landes
- Diverse Beschreibungen zur Übernahme in die MySQL Datenbank
- Pufferung der Messdaten auf der Smart Energy Box, falls aktuell keine Verbindung zur MySQL Datenbank besteht. Bei der Wiederherstellung der Verbindung werden die Messdaten dann synchronisiert.

c) Berechnungen
- Erstellung von virtuellen Messstellen
- Berücksichtigung von Korrekturfaktoren

d) Visualisierung
- Browserbasierte Visualisierung zur schnellen Überprüfung bzw. Analyse von Datenpunkten
- historischer Darstellung mit verschiedenen Aggregationsstufen

e) Update und Dokumentation
- Automatische Updatefunktion im Betrieb aller Funktionen der Box
- Dokumentation sämtlicher Funktionen

Im Folgenden wird die Grundstruktur der Smart Energy Box (SEB) erläutert, die auf der Symbox Technologie der Fa. Symcon basiert, siehe Abb. 4. „SymOS“ umfasst als Kern das Betriebssystem der SEB. Das Modul „Smart Energy Box“, welches spezifisch für das Projekt EnMa-HAW entwickelt wurde, ist an „IP-Symcon“ angegliedert, welches der Konfiguration dient und eine eigene Webvisualisierung besitzt. „IP-Symcon“ ist eine frei programmierbare Visualisierungs-, Archivierungs- und Automatisierungs-software mit der Lauffähigkeit auf vielen Hardware-Systemen. „IP-Symcon“ kann auf der SymBox, Microsoft Windows, Apple Mac OS, Ubuntu Linux, Raspberry Pi, Synology NAS, QNAP NAS und Docker installiert werden.

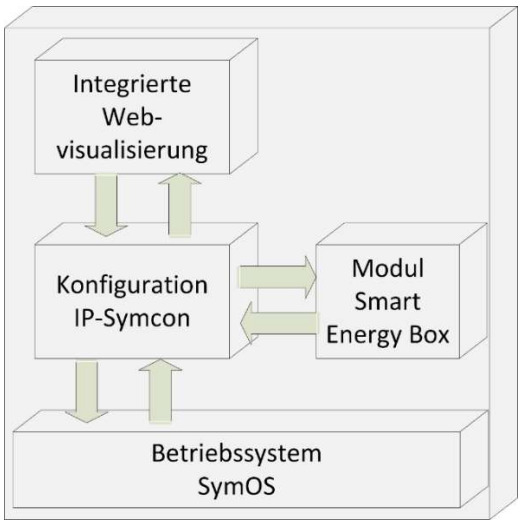


Abb. 4: Softwareaufbau der Smart Energy Box (SEB)

4. Kennzeichnungssystem (KS)

Ein wichtiger Baustein des Konzeptes ist ein einheitliches Kennzeichnungssystem (KS) für alle Zähler-, Anlagen- und Raumdaten, welches an die Richtlinie VDI 3814 Blatt 4.1 angelehnt wurde. Das Kennzeichnungssystem besteht aus insgesamt 31 Feldern und ist als Beispiel für die Hochschule Biberach (HBC) als Liegenschaft in der Abb. 5 dargestellt. Unterschiedliche Campus-Standorte (hier ST=Campus Stadt) werden über die Spalte 3 Liegenschafts-Detail unterschieden. Der Installationsort des Datensammlers (M-Bus oder Modbus Gateway) wird mit der Spalte 5 und 7 festgelegt. Die Anlagennummer in Spalte 9 setzt sich aus der jeweiligen Kostengruppe der DIN 276 und einer dreistelligen laufenden Anlagennummer zusammen. Somit spiegeln die Ziffern 1-9 das Anlagenkennzeichnungssystem (AKS) der VDI 3814, 4.1 wider. Die anschließende Betriebsmittelkennzeichnung (BKS) Ziffer 1-15 gibt an, wo der zugehörige Zähler oder das Gateway installiert ist. Mit der Ziffer 11 und 13 wird das Gebäude und der Installationsraum vorgegeben. Über die Ziffer 15 lässt sich das Betriebsmittel in den Stromlaufplänen identifizieren. Hier wird die Seitenzahl des Stromlaufplans (15), die Art des Betriebsmittels (P=zählende Messeinrichtung) und die Spaltenzahl des Installationsplans des Betriebsmittels (1) angegeben. Die Benutzeradressierung (BAS) von Ziffer 1-31 beschreibt die zugehörigen GA-Funktionen. Die Ziffer 17 gibt die Funktion des Datenpunkts (ZW=Zählwert) an. Mit der Ziffer 19 wird definiert, was genau gemessen wird (E=Elektrische Leistung). Die restlichen Ziffern von 21-31 bieten die Möglichkeit über Zusatzfelder dem Datenpunkt weitere Informationen zuzuweisen. In Abb. 5 werden als Zusatzinformationen der gemessene Anlagenteil für einen Heizkreis (HZK) am Vorlauf (VL) und das Medium Heizungswasser (HW) vorgegeben. Zur Unterscheidung gleichartiger Komponenten an derselben Stelle dient die Ziffer 27 (g1). Das verwendete Bus-Protokoll M-Bus (M) wird mit der Ziffer 29 vorgegeben. Ebenfalls

wird dieser Datenpunkt auf die Änderung der Werte überwacht. Sollte sich der Wert für eine bestimmte Zeit nicht ändern, wird automatisch eine E-Mail als Störmeldung generiert. Dies wird mit der letzten Ziffer 31 gekennzeichnet.

Liegenschaft	Trennzeichen	Liegenschaft - Detail	Trennzeichen	Zentrale-Gebäude	Trennzeichen	Zentrale-Raum	Trennzeichen	Anlagennummer	Trennzeichen	Einbauort-Gebäude	Trennzeichen	Einbauort-Raum	Trennzeichen	BMK-Seite	BMK	BMK-Nummer	Trennzeichen	Funktion	Trennzeichen	Datenpunkt	Trennzeichen	Zusatzfeld_01	Trennzeichen	Zusatzfeld_02	Trennzeichen	Zusatzfeld_03	Trennzeichen	Zusatzfeld_04	Trennzeichen	Zusatzfeld_05	Trennzeichen	Zusatzfeld_06
HBC	-	ST	-	B	-	112	=	420046	+	B	-	112	-	15	P	1	/	ZW	-	E	-	HZK	-	VL	-	HW	-	g1	-	M	-	DpU
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

AKS nach VDI 3814 4.1

BKS nach VDI 3814 4.1

BAS nach VDI 3814 4.1

Abb. 5: Kennzeichnungssystem (KS) bestehend aus Anlagenkennzeichnungssystem (KAS), Betriebsmittelkennzeichnungssystem (BKS) und Benutzeradressierungssystem (BAS), angelehnt an die VDI 3814 Blatt 4.1.

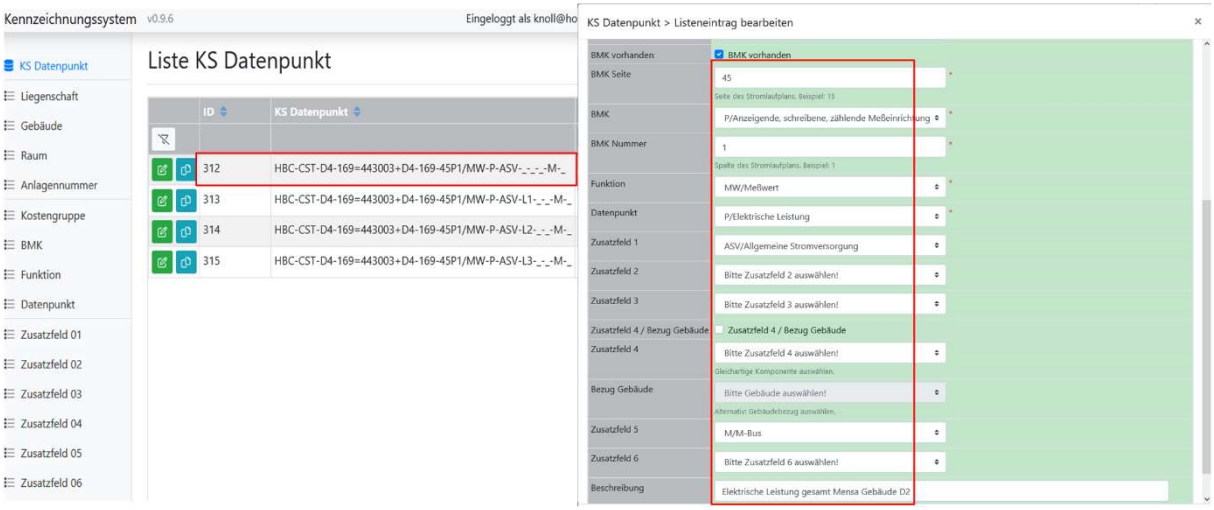


Abb. 6: Übersicht zu PHP-Kennzeichnungstool mit Eingabeebene

Um eine einheitliche und automatisierte Generierung des Kennzeichnungssystems (KS) zu gewährleisten, wird im Projekt ein neu entwickeltes PHP-Tool verwendet. Dieses Tool bietet die Möglichkeiten über ein vordefiniertes Eingabeformular das Kennzeichnungssystem für die jeweilige Liegenschaft zusammenzustellen. Somit kann das Kennzeichnungssystem für die jeweiligen Zähler zügig und fehlerfrei erstellt werden. In dem Tool werden Eingabefelder und Drop Down Menüs verwendet, die wiederrum auf verschiedene Listeninhalte (Gebäude, Liegenschaften usw.) zurückgreifen. Dadurch werden Fehleingaben vermieden.

Abb. 6 veranschaulicht die Eingabe und die automatische Generierung des Kennzeichnungssystems. Funktionen, wie z.B. „Duplizieren“, vereinfachen die Eingabe sehr, weil dann beispielsweise bei verschieden Phasen nur ein Eingabepunkt abgeändert werden muss.

5. Strukturierte und cloudbasierte Ausführung

Um eine möglichst reibungslose Ausführung und Inbetriebnahme zu gewährleisten wurde in auf die cloudbasierte, kommerzielle Software Planradar zurückgegriffen, mit der jederzeit der aktuelle Ausführungsstand überprüft werden kann.

Auch das Kennzeichnungssystem hat hier eine besondere Rolle gespielt. Für die erste Ausführungsstufe wurde nur der BKS (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, Markierung 1) vorgegeben, welcher aber schon in dem Kennzeichnungstool hinterlegt wurde. Im weiteren Projektierungsverlauf wurden dann die jeweiligen Einzelfunktionen der Zähler (Energie, Leistung usw.) auf Basis des BKS ergänzt.

Durch den Planbezug mit Verortung (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, Markierung 2), das Projektbild (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, Markierung 3), die Kommentarfunktion und die eindeutige Kennzeichnung war es auch bei einem Umfang von 98 Zählern jederzeit möglich, eine ständig abgestimmte Kommunikation im Engineering-Prozess zwischen allen Projektbeteiligten herzustellen.

Im weiteren Ausführungsverlauf können dann in diesem Tool auch sämtliche Zusatzinformationen, wie z.B. Wandler Verhältnis, Adressierung usw. ergänzt (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, Markierung 4) werden, so dass eine lückenlose Inbetriebnahme-Dokumentation erfolgt.

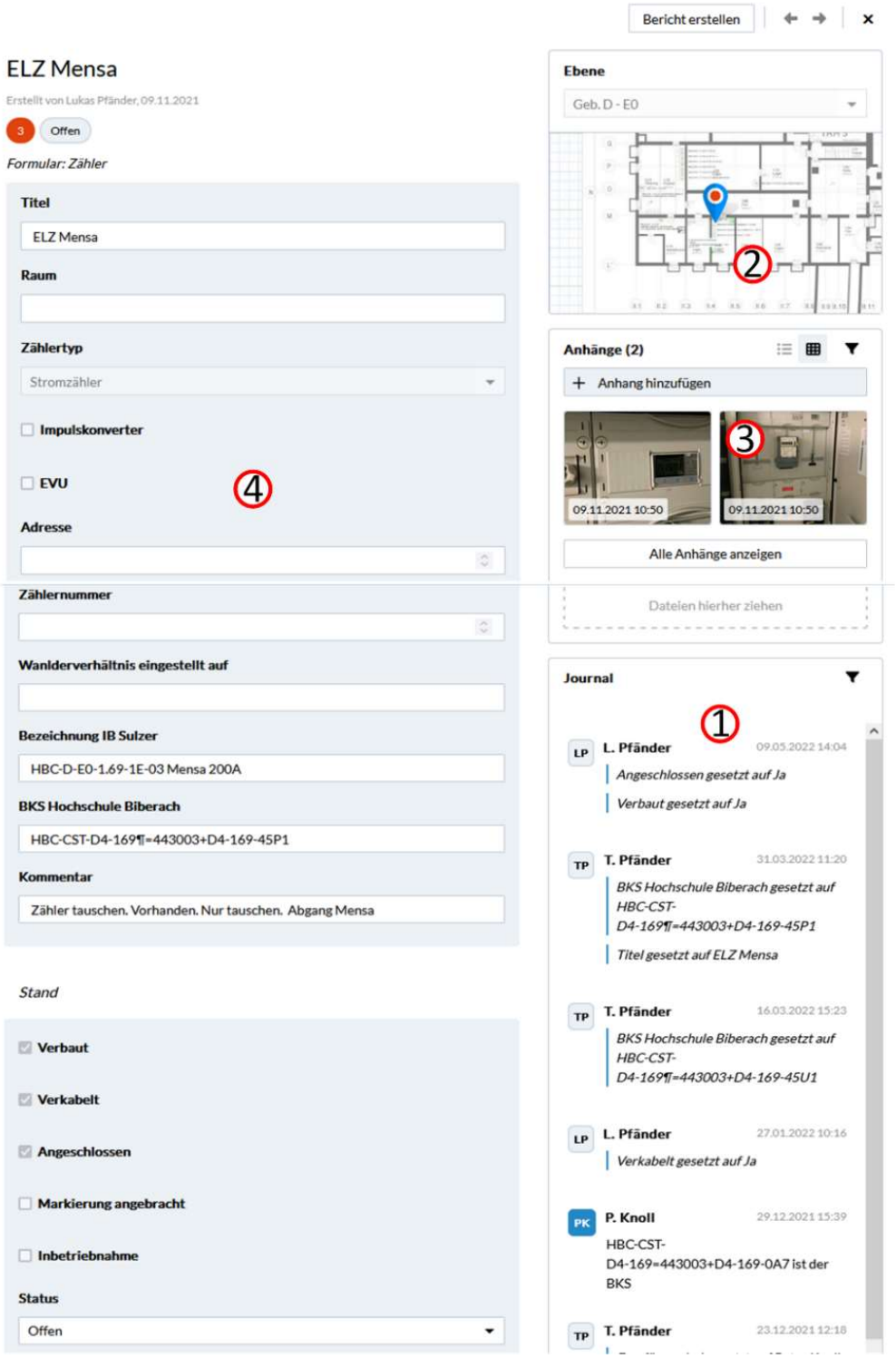


Abb. 7: Umsetzung einer cloudbasierten Planungssoftware

6. Datenmanagement und Energiemanagementsoftware

Ein wichtiger Aspekt bei einem systematischen Datenmanagement war die Entkopplung der erfassten Messdaten von der Archivierung und Auswertung für das darauf aufbauende Informations- und automationsgestützte Wissensmanagement. Daher wurde, wie bereits erläutert, eine MySQL bzw. Maria Datenbank verwendet, welche durch die Smart Energy Box (SEB) als „Datensammler“ mit einer eindeutigen Struktur per Kennzeichnungssystem beschrieben wird. Basierend auf einer ausführlichen Bedarfsermittlung und Erstellung eines umfangreichen Kriterienkatalogs bezüglich der benötigten Funktionen, die durch die Energiemanagementsoftware abgedeckt werden müssen, wurde in einer europaweiten Ausschreibung die Firma MST mit dem EDL-Portal für das Projekt ausgewählt. Hierbei handelt es sich um eine cloudbasierte Softwarearchitektur und der Kompatibilität zu MySQL / Maria DB über VPN-Verbindungen.

Abb. 8 veranschaulicht ein Dashboard-Beispiel aus dem EDL-Portal der Firma MST. Durch das direkte Einlesen der Datenpunkte aus der Datenbank werden sämtliche Informationen, wie z.B. das Kennzeichnungssystem, Flächen, Einheiten, Zählernummer usw. übernommen. Dadurch ist eine Filterung nach der entsprechenden Bezeichnung möglich. Die rot markierte Datenpunkt-Kennzeichnung zeigt diesen Datenpunkt passend zu dem in den Abb. 6 und 7 gezeigten Beispiel.

Ein Vorteil des Portals ist, dass bezogen auf unterschiedlichste Nutzergruppen (z.B. Hausmeister, Energiemanager, Studierende, wissenschaftliche Mitarbeiter, Professoren) flexibel zielgruppenspezifische Dashboards und Zugriffsberechtigungen erstellt werden können.

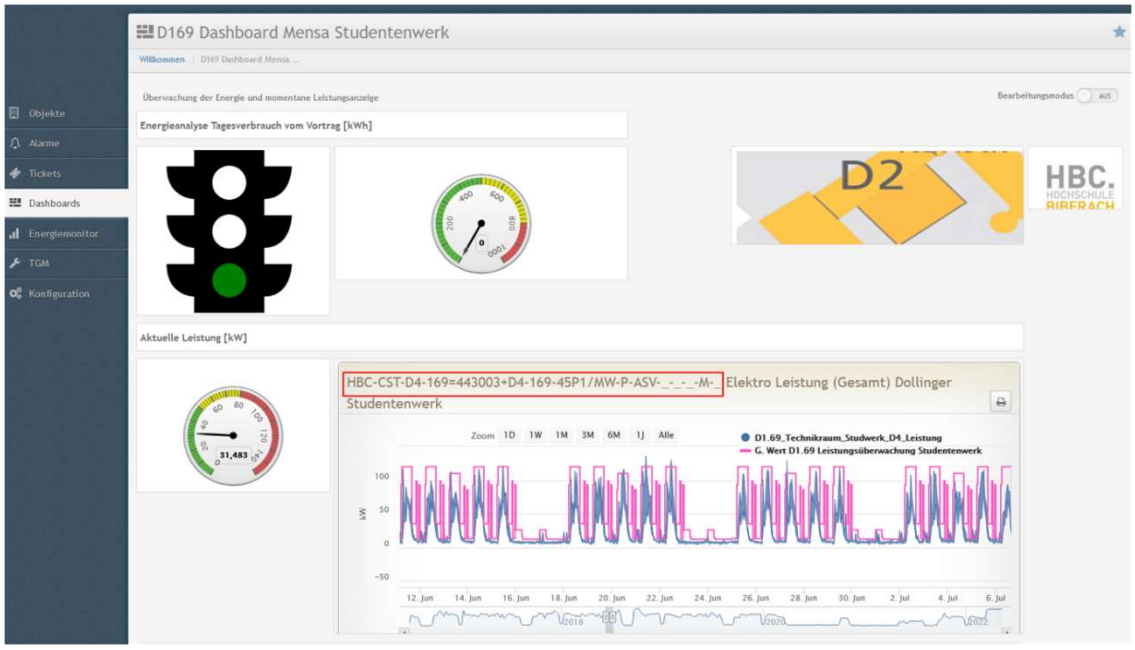


Abb. 8: Beispiel für Dash-Board zu EDL- Portal mit Bezug zum Kennzeichnungssystem (KS)

7. Ausblick

Die im Pilotprojekt EnMa-HAW gewonnenen Erfahrungen bestätigen die Anwendbarkeit des Kennzeichnungssystems nach der Richtlinie VDI 3814, Teil 4.1 für die Praxis. Für die Weiterentwicklung gilt es im Kontext einer zunehmenden Digitalisierung zu beachten, dass zukünftig die Kennzeichnungssysteme dahingehend weiterentwickelt werden sollten, dass vererbbaren Informationen verwendet werden können. Diese sind dann nicht mehr mit statischer Information, wie z.B. einer fest zugeordneten Raumnummer, aufgebaut, sondern können dynamisch bei Flächennutzungsänderungen (z.B. bei flexiblen Open Space Bereichen) angepasst werden. Die automatisierte Zählererfassung stellt hierbei die Grundlage für ein systematisches Flächen- und Gebäudemanagement inklusive eines agilen Energiemanagements dar. Wichtig hierbei ist auch, dass für jedes Bauvorhaben bereits in einer frühen Planungsphase (Bedarfsplanung) diese Aspekte analysiert und für die zukünftigen Betreiberprozesse passend berücksichtigt werden. Als Grundlage für ein nachhaltiges Planen, Bauen und Betreiben bietet die zunehmende Digitalisierung gute Möglichkeiten, um einen durchgängigen Planungs-, Ausführungs- und Betreiberprozess auf Basis von cloudbasierten Softwarelösungen passend zu unterstützen. Die umgesetzten Lösungen sollten dann auch kontinuierlich gepflegt und weiterentwickelt werden. Hierzu lässt sich aufgrund der Komplexität und erforderlichen IT-Kompetenz auch ein neues Dienstleistungs- und Geschäftsmodell für den Pflegedienst von Daten und Informationen ableiten.

Literatur

[1] Becker, M.: Gebäudeautomation –Quo Vadis? Editorial HLH 11/12-2019, S. 2

[2] Becker, M.; Knoll, P.: Weißbuch (White Paper): Nachhaltiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden, 2. Auflage, März 2019, 32 Seiten, Hochschule Biberach

[3] Knoll, P.; Becker, M.: Kennzeichnungssystem als Basis für BIM-fähige Gebäudeautomation, 3. VDI-Fachkonferenz Gebäudeautomation bei GMA-Kongress, 02./04. Juli 2018, Baden-Baden

[4] Knoll, P.; Straßer, M.; Becker, M.: Konzept und Umsetzung eines automationsgestützten Energiemanagements für komplexe Liegenschaften, 2. Innovationskongress Ulm, 2021, ISBN 978-3-9820843-3-6, DOI: http://dx.doi.org/10.18725/OPARU-38503

[5] Becker, M.: Die neue VDI 3814 Richtlinienreihe Gebäudeautomation HLH Nr. 01-02 2021, S. 22-26

[6] Hochschulfinanzierungsvereinbarung Baden-Württemberg 2021 - 2025, 2020. https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/hochschulen-studium/hochschulfinanzierung-2021-bis-2025/

[7] VDI 3814, Blatt 4.1. Gebäudeautomaiton (GA) – Methoden und Arbeitsmittel für Planung, Ausführung und Übergabe - Kennzeichnung, Adressierung und Listen, Januar 2019

[8] DIN 276 - Kosten im Bauwesen, Beuth, Berlin, 2018.