Standardisiertes Energiedatenmanagement für Gebäude und Liegenschaften auf Basis eines automationsgestützten Workflows

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

1. Kurzfassung

Ausgehend von der Gebäudeautomation (Anlagen- und Raumautomation) eines Gebäudes wird es immer wichtiger auch übergreifende Energiemanagementkonzepte für ganze Liegenschaften von Kommunen bzw. Campus-Situationen der Hochschulen zu entwickeln. Dazu gilt es möglichst durchgängige und standardisierte Workflow-Prozesse aufzusetzen. Hierbei sind u.a. bereits in der Konzeptions- und Entwicklungsphase passende Werkzeuge und Kennzeichnungssysteme (KS) sowie Datenbankstrukturen für einen verbesserten Workflow gemäß Abbildung 1 zu konzipieren und umzusetzen. Eine detaillierte Erläuterung zu diesem Prozess bzw. dieser Vorgehensweise findet sich in [1].

Während in der ersten Phase dieser Projektentwicklung und -umsetzung ein starker Fokus auf die Entwicklung und Einführung eines Kennzeichnungssystems, des Prototyps und des optimierten Workflows gesetzt wurde, konnte nun in der zweiten Phase nachgewiesen werden, dass die praktische Umsetzung sowie die Übertragung auf weitere Liegenschaften hin zu einem standardisierten Energiedatenmanagement etabliert werden kann.

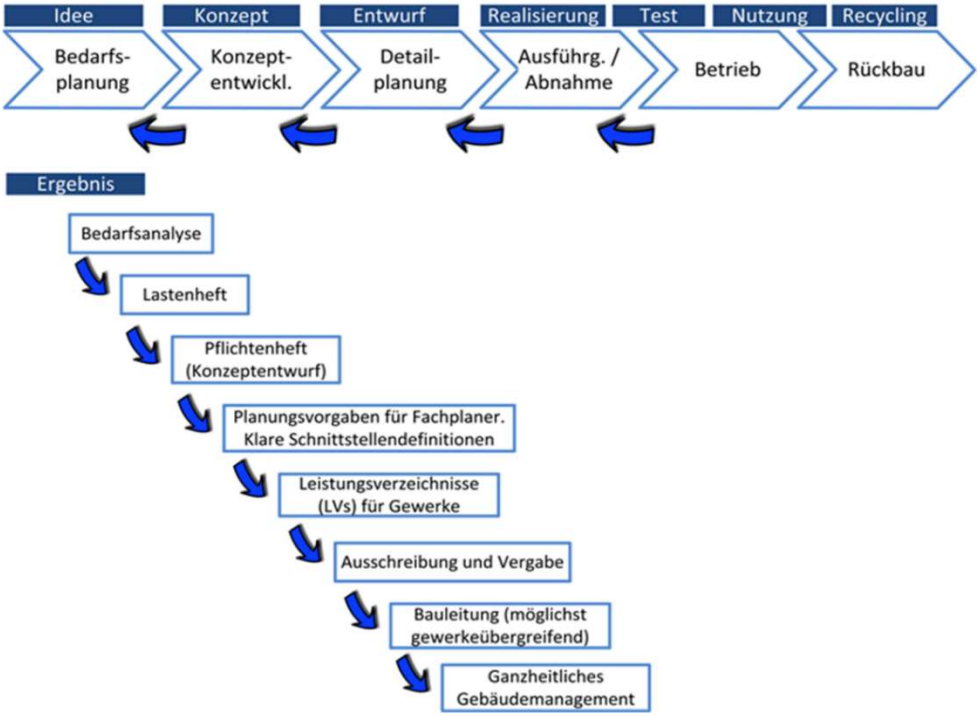


Abbildung 1: Verbesserter, möglichst durchgängiger Engineering- und Workflow-Prozess in der Gebäudetechnik [1]

Im Rahmen eines hochschulübergreifenden Verbundprojektes an einigen Hochschulen für angewandte Wissenschaften des Landes Baden-Württemberg wurden solche Konzepte und Werkzeuge entwickelt, die aktuell an vier Pilothochschulen umgesetzt, im Praxisbetrieb ausführlich getestet sowie ergänzend im Rahmen einer wissenschaftlichen Begleitforschung evaluiert werden.

Aufbauend auf den Erfahrungen und Erkenntnissen der Pilotphase wird ab Mitte 2023 das „Roll-Out“ einer automationsbasierten Zählererfassung inklusive standardisiertem Energiedatenmanagement und Energiemonitoring auf weitere Liegenschaften des Landes Baden-Württemberg erfolgen. Für dieses „Roll-Out“ auf eine größere Anzahl an Liegenschaften gilt es sowohl technologisch als auch organisatorisch einen liegenschaftsübergreifenden und automationsgestützten Engineering-Workflow zu entwickeln. Hierbei zeigt sich der Vorteil des bereits in der Pilotphase eingeführten standardisierten Kennzeichnungssystems, welches beim „Roll-Out“ auf weitere Liegenschaften durch ein webbasiertes Tool konsistent gehalten werden kann, [2]. Ein weiterer Vorteil ist, dass durch Einsatz eines solchen webbasierten Tools der Ausführungs- und Inbetriebnahmeprozess im Sinne eines verbesserten automatisierten Workflows deutlich optimiert werden kann, z.B. hinsichtlich einer effektiven und zeitoptimierten Fehlerbeseitigung während der Inbetriebnahme.

Eine weitere Besonderheit des entwickelten Konzeptes ist, dass durch die Messdatenverwaltung in einer offenen Datenbankstruktur eine Unabhängigkeit von der verwendeten Energiemanagementsoftware hergestellt werden kann. Hierbei besteht der Vorteil, dass die Datenpunkte durch die standardisierte Kennzeichnung auch bei verschiedenen Softwaretools von unterschiedlichen Liegenschaften einheitlich verwendet werden können.

In diesem Beitrag wird am Beispiel der Pilothochschule Biberach die durchgehende Kette von der Feldebene über die Automationsebene bis hin zur Managementebene für die Auswertung bzw. Analyse von Energiemessdaten aufgezeigt. Anhand von ausgewählten Beispielen aus der Auswertung der Winterperiode 2022/2023 wird gezeigt, wie durch das umgesetzte Anlagen- und Energiemonitoring verbesserte Energiemanagement- und Betreiberprozesse aufgesetzt werden können.

2. Einleitung

Als Pilothochschule in dem Projekt EnMa-HAW und mit Hinblick auf die bevorstehende landesweite Ausrollung eines automationsgestützten Energiedatenmanagements in Baden-Württemberg hat die Verbesserung des gesamten Workflows eine wichtige Bedeutung. Hierbei muss ein ausgewogenes Gleichgewicht zwischen Standardisierung und individuellen Bedürfnissen bzw. Anforderungen aus den Bestandsanlagen gefunden werden.

Die Basis für Planung und Ausführung ist ein einheitliches Kennzeichnungssystem, das durch ein Web basiertes Tool realisiert wird und auf dessen Basis alle beteiligten Liegenschaften die Messdaten standardisiert in einer Datenbank gemeinsam archivieren, [1]. Durch diese systematische Vorgehensweise können softwaregestützt die Daten kontinuierlich importiert und von den verschiedenen Liegenschaften strukturiert genutzt werden. Verschiedene Kennzeichnungssysteme der Liegenschaften würden zu einem hohen Implementierungsaufwand und zu hohen Kosten, bei gleichzeitiger Unübersichtlichkeit führen.

Abbildung 2 zeigt den Planungs- und Ausführungsablauf, wie er an der Hochschule Biberach erfolgreich umgesetzt wurde. Für die Planung und Ausführung wurden ein Planungsbüro und eine ausführende Firma für Gebäudeautomation beauftragt, da eine einzelne Vergabe der Gewerke zu erhöhtem Zeitverlust bzw. Abstimmungsaufwand geführt hätte. Zusätzlich zeigt Abbildung 2 wie die unterschiedlichen Beteiligten im zeitlichen Kontext eingebunden wurden. Um einen möglichst optimalen Ablauf zu erzielen, ist eine frühzeitige Abstimmung unter allen Beteiligten sehr wichtig. Hierbei sind insbesondere die Klärung der IT-Infrastruktur und die Anbindung der Energiemanagement-Software an die Datenbank von großer Bedeutung. Darüber hinaus müssen auch die personellen Anforderungen klar berücksichtigt werden. Den technischen Abteilungen muss z.B. zur Erstellung der Kennzeichnungen der Energiedaten eine entsprechende zeitliche Verfügbarkeit eingeräumt werden, um den Prozess produktiv zu begleiten.

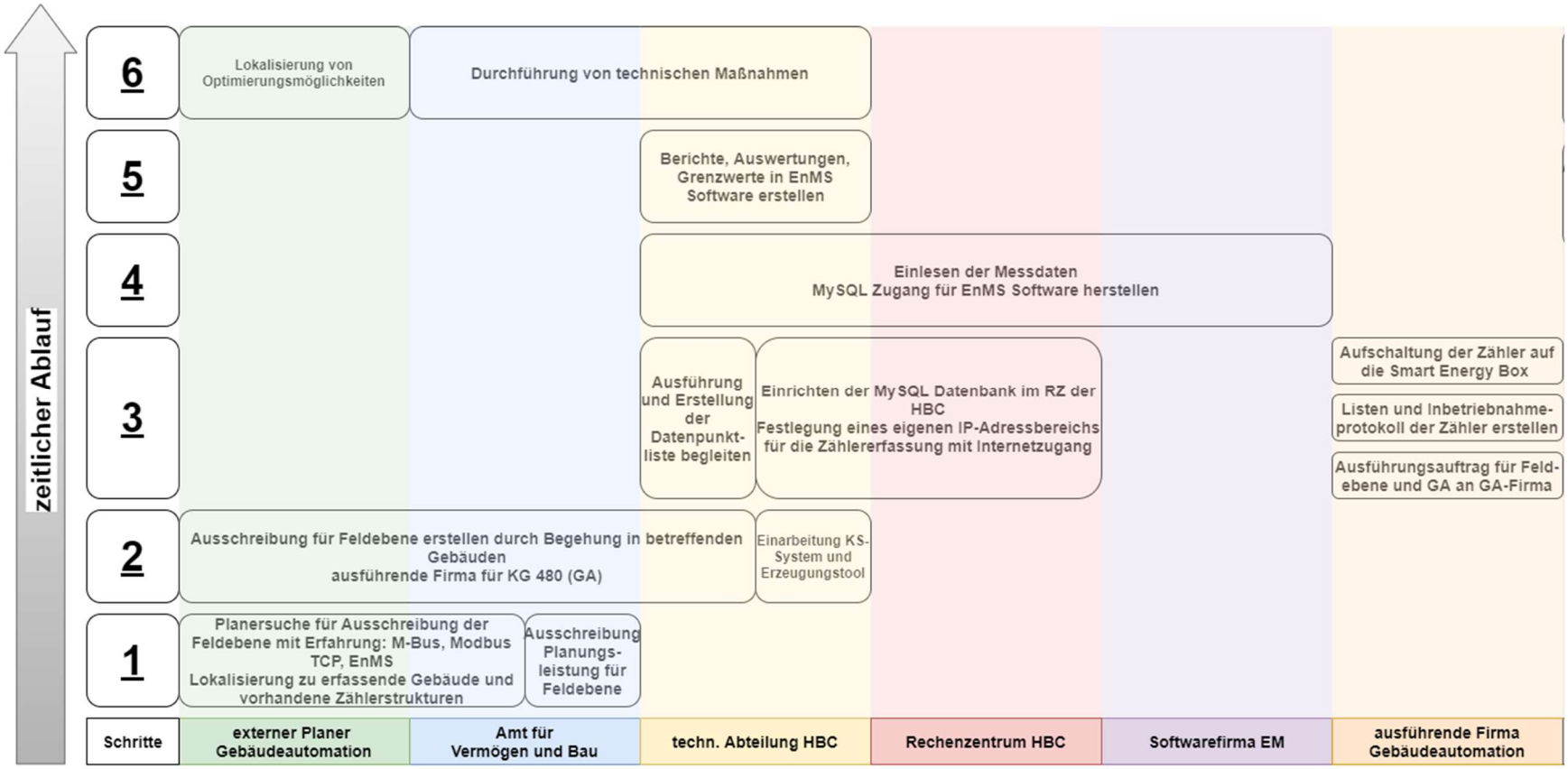


Abbildung 2: Auszug aus standardisiertem Projektablauf (Workflow) für ein automationsgestütztes Energiemanagement

3. Umsetzung

Das konzipierte Workflow-Konzept wurde schrittweise umgesetzt und von der Hochschule Biberach wissenschaftlich begleitet. Während der Pilotphase fanden noch einige Weiterentwicklungen des Datensammlers und der gesamten Inbetriebnahme-Prozedur statt.

Daher wurde bereits in einer sehr frühen Projektphase damit begonnen, die klassischen Anleitungen und Hinweise in Dokumentenform passend auf einer Wiki-Plattform zu implementieren.

Für einen standardisierten und durchgängigen Projektablauf wurden folgende Bausteine bzw. Tools eingesetzt, damit eine automatisierte Aufschaltung ohne weitere manuell Eingriffe erfolgen kann, [1]:

a) Kennzeichnungstool für die Erstellung der Datenpunktbezeichnungen
b) Portal Planradar während der Installations- und Inbetriebnahme-Phase der Zählerinfrastruktur
c) Übertragung der Bezeichnungen auf die eingelesenen Zähler der Smart Energy Box (Datensammler) und Einrichtung der Synchronisierung in die SQL Datenbank
d) Automatisiertes Einlesen der Datenpunkte aus der Datenbank in die Energiemanagementsoftware

Abbildung 3 und Abbildung 4 veranschaulichen, wie das Kennzeichnungssystem (KS) in allen Tools durchgängig verwendet wird. Hierbei ist auch die Unterscheidung zwischen dem Betriebsmittelkennzeichnungssystem (BKS) und Benutzeradressierungssystem (BAS) nach VDI 3814, Teil 4.1 erkennbar. Detailliertere Erläuterungen zum Kennzeichnungssystem finden sich in [2] und [3].

Während das Betriebsmittelkennzeichnungssystem (BKS) der erste Teil des Kennzeichnungssystems (KS) darstellt und für das Gerät (Zähler) verwendet wird, ist für die Beschreibung der Funktion das Benutzeradressierungssystem (BAS) in Form der kompletten Kennzeichnung zuständig. In den Abbildungen wurde durch die rote Markierung der BKS und durch die orangene Markierung der BAS gekennzeichnet. Nach der Einrichtung läuft dieser Prozess komplett automatisch und ohne händische Eingriffe ab. Um aber aus den Daten konkrete Handlungsmaßnahmen abzuleiten und ggf. die Anlagentechnik zu optimieren, sowie passende Grenzwerte festzulegen, bedarf es zusätzliches Personal in den technischen Abteilungen der Hochschulen, das aktiv mit dem System arbeitet.

a)

b)

c)

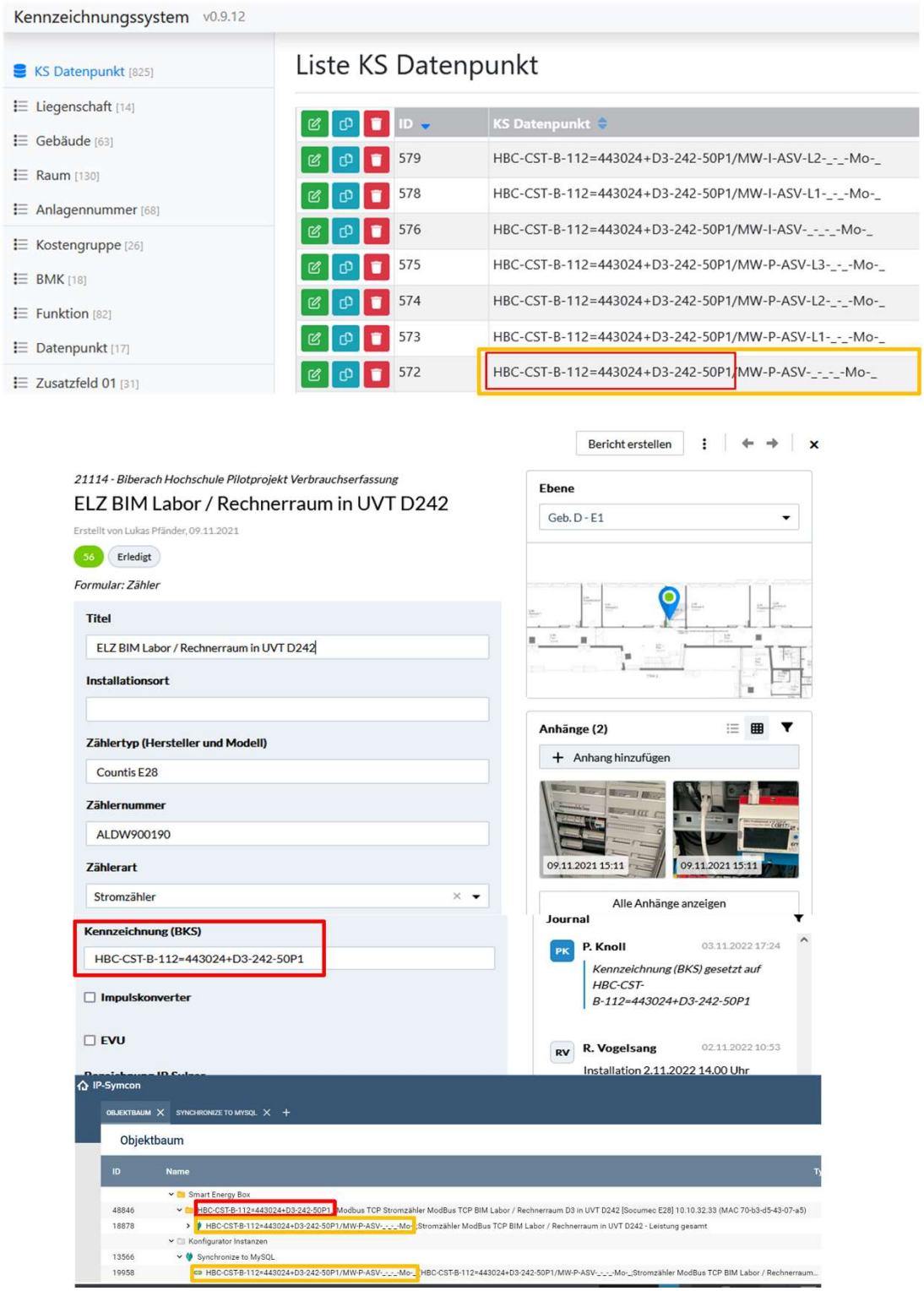


Abbildung 3: Standardisierte Kennzeichnung von Datenpunkten in verschiedenen Tools, Teil 1

d)

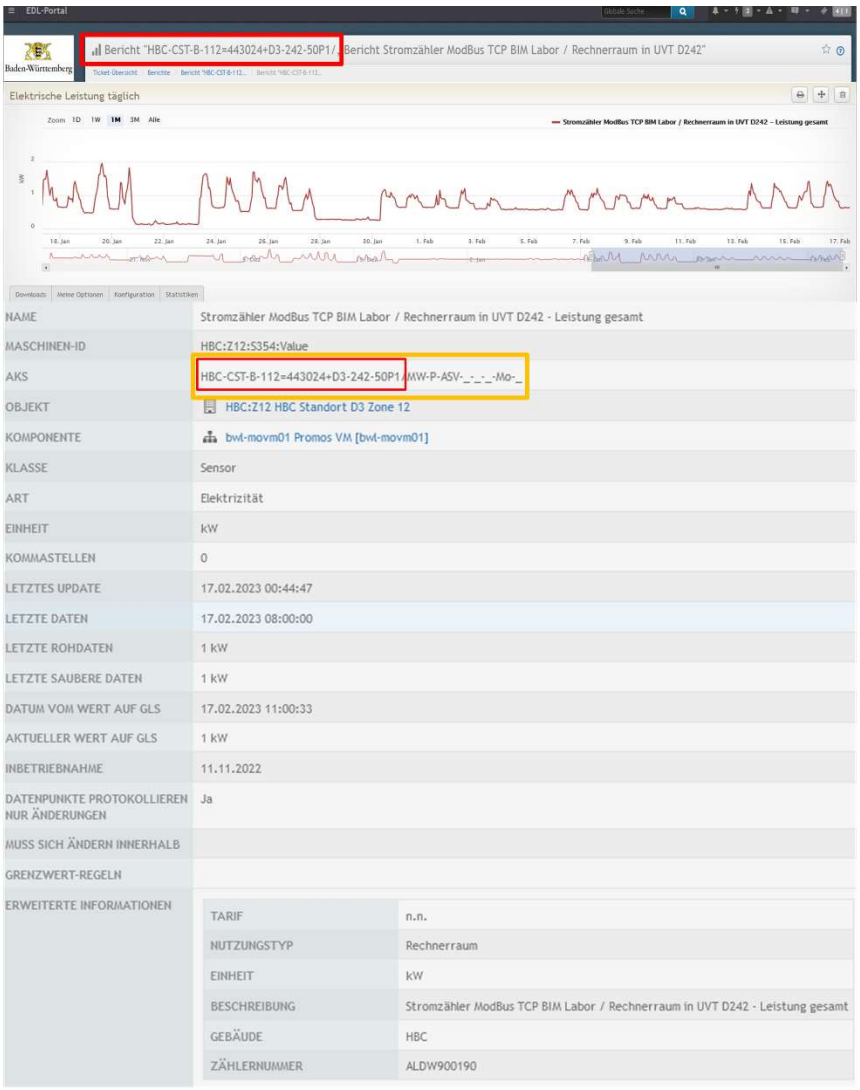


Abbildung 4: Standardisierte Kennzeichnung von Datenpunkten in verschiedenen Tools, Teil 2

4. Energiedatenmanagement

Wie in Abbildung 4 (d) aufgezeigt wird, werden sämtliche Messdaten als sogenannte „Sensoren“ in der Energiemanagementsoftware automatisiert eingelesen. Das hier realisierte Verfahren weist eine sehr hohe Datensicherheit auf, weil sämtliche Prozesse fehlende Daten durch Synchronisierungen einlesen bzw. nach Ausfällen diese nachtragen.

Hierbei existieren im Projekt drei Stufen:

1. Sicherungsstufe: Durch die Smart Energy Box werden sämtliche Datenpunkte, die entweder manuell zur Archivierung markiert oder in der SQL-Synchronisierung eingetragen werden, auf der Box gesichert. Nach einer parametrierbaren Zeit werden diese allmählich verdichtet (z.B. als 15 min Werte), damit der Speicher auf der Box nicht vollläuft.

2. Die SQL-Datenbank wird kontinuierlich von der Smart Energy Box beschrieben. Somit werden die Daten dort gesichert. Falls es zu einer Verbindungsunterbrechung zwischen Box und SQL-Datenbank kommt, werden sämtliche fehlenden Datensätze ausgehend von der Box synchronisiert. Diese Datenbank muss in die Sicherung des jeweiligen Rechenzentrums eingebunden werden.
3. Ein ähnliches Prinzip erfolgt zwischen SQL-Datenbank und Energiemanagement-software. Die Software besitzt auf dem Servercluster, auf dem sie läuft, wiederum eine Datenbank, welche mit der SQL-Datenbank synchronisiert und gesichert wird.

Natürlich besteht eine Datenlücke, wenn die Zähler in der Feldebene nicht mehr ausgelesen werden können. Hier können aber von beliebigen Zählern Datenpunktüberwachungen auf der Smart Energy Box aktiviert werden. Die Energiemanagementsoftware macht dann nochmals eine weitere Plausibilisierung, falls sich ein Messwert nicht mehr ändert. Somit liegt auch hier eine doppelte Absicherung vor.

Eine weitere wesentliche Aufgabe ist es, die große Menge an Messwerten so darzustellen, dass sich der Anwender (z.B. Hausmeister, Energiemanager) einen guten Überblick verschaffen kann. Die Basis bildet hierbei das Kennzeichnungssystem, welches jeden Datenpunkt bzw. Messwert eindeutig kennzeichnet.

Um eine erste Strukturierung durchzuführen, wurden Musterberichte für alle Medien (Gas, Wärme/Kälte, elektrische Energie und Wasser) erstellt. Diese werden allen Hochschulen bzw. Anwendern zur Verfügung gestellt, damit eine möglichst einheitliche Darstellung im Projekt vorliegt. Auf Basis dieser Vorlagen kann dann von jedem Zähler ein Bericht erstellt werden. Somit gibt es für 100 installierte Zähler auch 100 Berichte mit den aufgeschalteten Messwerten. Ein Beispiel zeigt Abbildung 5.

Die Darstellungsmöglichkeiten sind sehr vielfältig und können durch virtuelle Datenpunkte mit einem Funktionsgenerator ergänzt werden. In Abbildung 5 sind neben üblichen Darstellungen in Balken- oder Linienform auch Vergleiche und ein Carpetplot (bzw. Heatmap) zu erkennen. Insbesondere der Carpetplot hat durch seine hohe Informationsverdichtung einen wichtigen Stellenwert im Energiemanagement.

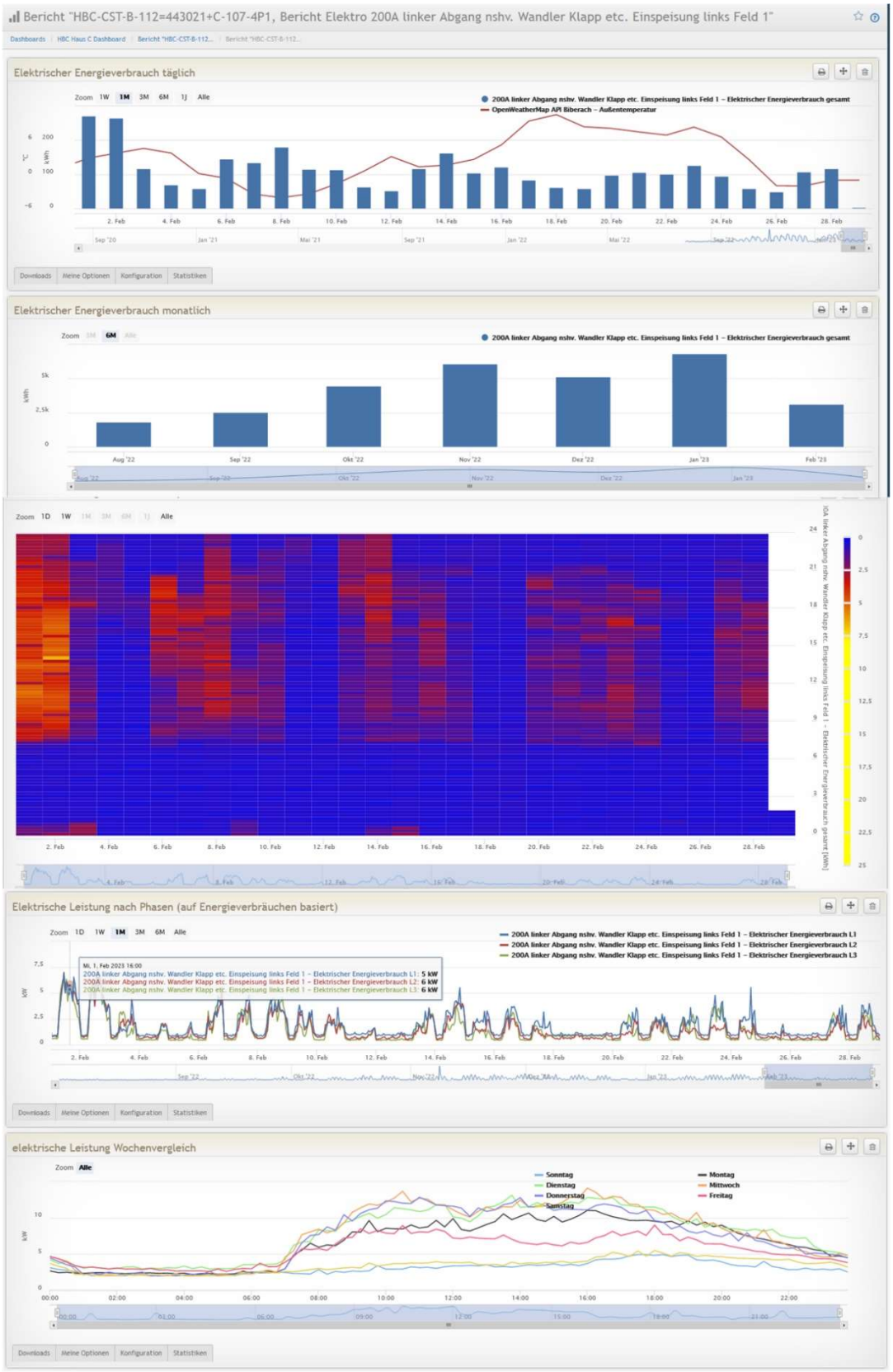


Abbildung 5: Beispiel für einen standardisierten Bericht aus der Energiemanagementsoftware

In der Regel werden aber diese detaillierten Berichte erst benötigt, wenn der entsprechende Zähler genauer analysiert werden soll. Für einen ersten Überblick wurden auch Dashboards pro Gebäude erstellt, welche alle relevanten Informationen als Übersicht darstellen. Ein beispielhaftes Dashboard wurde im Rahmen der Pilotphase allen anderen Hochschulen zur Verfügung gestellt.

Abbildung 6 zeigt einen Auszug von einem gebäudebezogenen Dashboard. Hierbei werden die Verbräuche, die teilweise durch mehrere Unterzähler aufsummiert werden, zusammengefasst und passend dargestellt. Somit hat man auf einen Blick alle Energiedaten pro Gebäude. Erweitert wird das Dashboard durch Buttons zu detaillierten Berichten einzelner Zähler, sowie der Zählerstände. Gebäudeauswertungen für größere Zeiträume (Monats- oder Jahresvergleiche) sind hier im Regelfall die geeignete Darstellungsweise. Selbstverständlich können aber auch Zeiträume in höherer Auflösung wie z.B. Tages- oder Wochenzeiträume dargestellt werden.

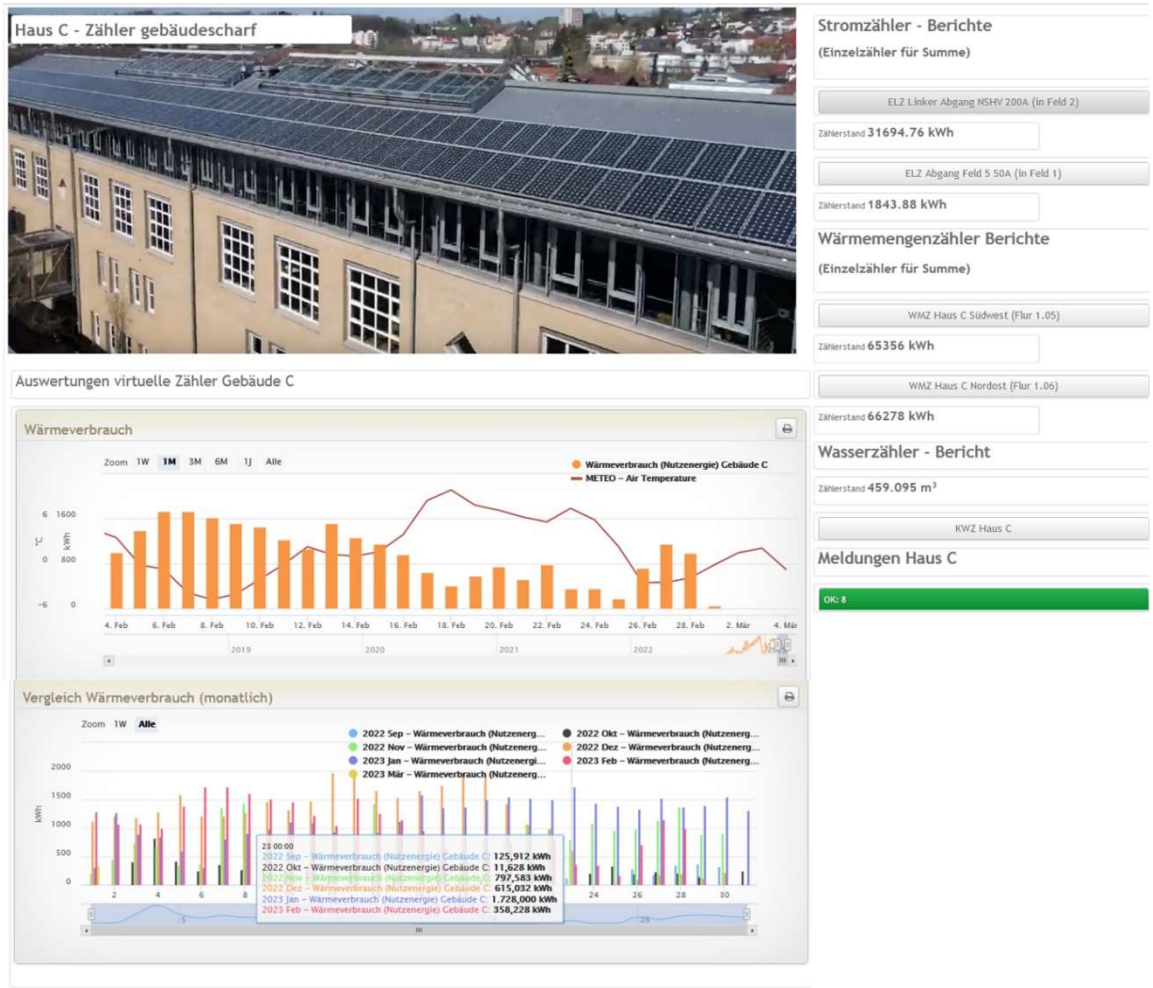


Abbildung 6: Beispiel für Energiedaten-Dashboard pro Gebäude

Das Thema der passenden Grenzwerterstellung erfordert in diesem Zusammenhang ein besonderes Augenmerk. Selbstverständlich bringen alle Softwarepakete am Markt diese Funktion mit sich. Allerdings stellte es sich in der Praxis als schwierig heraus, dass für die erfassten Messwerte ein Mitarbeiter von Hand diese Grenzwerte alle geeignet festgelegt. Die im Projekt verwendete Software sieht verschiedene Automatismen bezüglich einer Plausibilisierung der Messwerte vor. Beispielweise werden Datenlücken erkannt, gemeldet und ggf. durch eine parametrierbare Ersatzwertbildung korrigiert. Eine Grenzwertbildung muss aber auch hier von Hand durchgeführt werden, weil hierfür im Regelfall ein Vergleich der letzten Monate oder Jahre erforderlich ist, damit geeignete (evtl. zeitabhängige) Grenzwerte festgelegt werden können. Für größere Verbraucher oder die Wasserzähler ist das sicherlich machbar.

Allerdings wären hier automatische Algorithmen (z.B. auf Basis von KI bzw. ML-Algorithmen) wünschenswert, damit die umständliche und zeitaufwändige Festlegung der Grenzwerte nicht manuell erfolgen muss. Vielmehr sollte eine automatisierte Meldung generiert werden, die den Energiemanager dazu auffordert, die betreffenden Messwerte genauer zu analysieren.

5. Fazit und Ausblick

In diesem Beitrag wurde die Umsetzung eines Konzeptes für einen möglichst durchgängigen Engineering-Prozess im Bereich der Gebäudetechnik durch ein automationsgestütztes Energiemanagement vorgestellt. Wesentliche Aspekte für einen möglichst durchgehenden Workflow sind u.a. ein standardisiertes Kennzeichnungssystem (KS), eine offene Datenbankstruktur sowie passende Software-Werkzeuge bei Planung und Ausführung sowie ein Wiki für die Dokumentation und Anleitung zur schnellen Umsetzung und Übertragung auf weitere Liegenschaften.

Auf Grund von Lieferengpässen am Elektronikmarkt und von Kapazitätsproblemen der ausführenden Firmen hat sich der Projektabschluss etwas verzögert. Bis Ende 2023 werden alle vier Pilothochschulen das an der Hochschule Biberach bereits umgesetzte Konzept auch erreicht haben. Zum aktuellen Zeitpunkt erfolgt an der Hochschule Biberach bereits die Übergabe an die technische Abteilung (Hausmeister, Umwelt- und Energiemanager), so dass auch diese Erkenntnisse als Grundlage für weitere Hochschulen genutzt werden können.

Der in dem Projekt EnMa-HAW entwickelte und umgesetzt Workflow hat sich im Rahmen der Pilotphase als erfolgreiches Konzept für den Aufbau eines datengetriebenen und automationsgestützten Energiedatenmanagements erwiesen und kann auch grundsätzlich auf kommunale und industrielle Anwendungen übertragen werden.

Zusammenfassend haben sich folgende Aspekte als besonders wichtig erwiesen:

a) Technisch
   - Die Verwendung von offenen Kommunikationsprotokollen erleichtert die Inbetriebnahme und sichert die Flexibilität und Erweiterbarkeit

- Der Betrieb einer herstellerneutralen Datenbank ist die Grundlage für die Unabhängigkeit und Offenheit bezüglich der weiteren flexiblen Nutzung der erfassten Messdaten.
- Durch die Entkopplung der Feld- und Automationsebene von der Managementebene entsteht eine Unabhängigkeit gegenüber konkreten Softwareherstellern.

b) Organisatorisch

- Eine Vergabe der Arbeiten an eine Fachfirma für Gebäudeautomation vereinfacht den Projektablauf deutlich gegenüber der Einzelvergabe der unterschiedlichen Gewerke.
- Die Verwendung eines einheitlichen Kennzeichnungssystems (KS) konnte auf Basis der Richtlinie VDI 3814, Blatt 4.1, [3] und den Erkenntnissen aus dem Beitrag [1] erfolgreich umgesetzt werden, was die Grundlage in zeitgemäßen und besonders bei liegenschaftsübergreifenden Projekten ist.

c) Strategisch

- Um effektiv die Vorteile der hier realisierten automationsgestützten Energiemanagement-Infrastruktur nutzen zu können, ist es unbedingt erforderlich, auch kontinuierlich personelle Ressourcen dafür bereit zu stellen. Dies umfasst besonders die Erstellung der Dashboards, die Analyse der Auswertungen und der daraus resultierenden Maßnahmen, die durchgeführt werden müssen.
- Da durch das neue Konzept bisherige Prozessabläufe deutlich geändert werden müssen, ist ein zusätzlicher Schulungs- und Erläuterungsbedarf notwendig, was sich u.a. bei der effektiveren Inbetriebnahme auszahlt.

Im Hinblick auf zukünftige Entwicklungen ist zu erwarten, dass z.B. durch Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) bzw. des Machine Learning (ML) die zurzeit noch zeitintensiven und schwierige Grenzwert- und Alarmbildung sowie systematische Datenauswertung nicht mehr manuell erfolgen muss, sondern hier zukünftig adaptive bzw. lernbasierte und automationsgestützte Verfahren eingesetzt werden.

Literatur

[1] Becker, M.; Knoll, P.: Verbesserte Workflow-Prozesse in der Gebäudetechnik und Gebäudeautomation im Kontext der Transformationspfade, 23. Leitkongress der Mess- und Automatisierungstechnik AUTOMATION 2022, 28./29. Juli 2022, Baden-Baden

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

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