

Digitale Transformation für größere Interaktivität in der TGA-Planung

digiaktiv

M. Šipetić, J. Catal, A. Buruzs,
T. Natiesta, P. Hölzl, M. Herzlieb,
B. Beigelböck, M. Hollaus,
L. Bischanka, K. Eder

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

9/2025

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:

Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien

Leiter: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Autorinnen und Autoren:

Ing. Thomas Natiesta, MSc., Miloš Šipetić, Jerik Catal, MSc., Dr. techn. Adam Buruzs (AIT Austrian Institute of Technology)

Dipl.-Ing. Paul Hölzl, Ing. Michael Herzlieb (EAM Systems GmbH)

Dipl. Ing. Babara Beigelböck, Dipl. Ing. Martin Hollaus, Dipl. Ing. Lisa Bischanka, Dipl.-Ing. Dr. techn. Katharina Eder (VASKO+PARTNER Ingenieure, Ziviltechniker für Bauwesen und Verfahrenstechnik GesmbH)

Wien, 2025

Digitale Transformation für größere Interaktivität in der TGA-Planung

digiaktiv

Ing. Thomas Natiesta, MSc., Miloš Šipetić, Jerik Catal, MSc., Dr. techn. Adam Buruzs
AIT Austrian Institute of Technology

Dipl.-Ing. Paul Hölzl, Ing. Michael Herzlieb
EAM Systems GmbH (EAM)

Dipl. Ing. Babara Beigelböck, Dipl. Ing. Martin Hollaus, Dipl. Ing. Lisa Bischanka,
Dipl.-Ing. Dr. techn. Katharina Eder
VASKO+PARTNER Ingenieure | Ziviltechniker für Bauwesen und Verfahrenstechnik GesmbH

Wien, Dezember 2023

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von



Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Stadt der Zukunft“ des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm „Haus der Zukunft“ auf und hat die Intention, Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung aller betroffener Bereiche wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen, sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMK publiziert und elektronisch über die Plattform www.NachhaltigWirtschaften.at zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und Anwender:innen eine interessante Lektüre.

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	10
2	Abstract	11
3	Ausgangslage	12
3.1.	Ausgangslage Gebäudeautomation-Software	12
3.2.	Stand der Technik	13
3.2.1.	TGA-Planung	13
3.2.2.	Gebäudeautomatisierungsplanung und Inbetriebnahme	14
3.2.3.	Grundlagen für aktuelle Ausführungsplanung durch Auftragnehmer:innen	15
3.2.4.	Building Information Model.....	16
3.2.4.	Linked-Data und semantische Modelle	17
3.2.5.	Wissenschaftliche Gebäudesimulationsumgebungen.....	18
3.3.	Ergebnisse aus anderen Projekten.....	18
4	Projekthinhalt	20
4.1.	Methodik.....	20
4.1.1.	digiaktiv-Datenmodell und Schnittstellen	20
4.1.2.	Interaktivität von MSR/GA-Schema zum digiaktiv-Datenmodell	20
4.1.3.	Interaktivität von TGA-Schema und digiaktiv-Datenmodell.....	21
4.1.4.	Validierung des digiaktiv-Ansatzes	22
4.1.5.	Disseminierung der Hauptprojektergebnisse an interessierten Stakeholder	22
5	Ergebnisse	23
5.1.	Der digiaktiv-Ansatz – Einführung.....	23
5.2.	Optimierung der HLK/GA-Planungsabläufe mit digiaktiv	25
5.2.1.	Property-Liste	25
5.2.2.	Teillastberechnung	29
5.2.3.	Visualisierung der Betriebszustände	36
5.2.4.	Automatisiertes Schema.....	38
5.2.5.	Die V+P Planungsabläufe seit Umsetzung des digiaktiv-Ansatzes.....	40
5.3.	Optimierung der Umsetzung der MSR-Planung durch den digiaktiv-Ansatz am Beispiel von EAM 42	
5.4.	Die EAM Planungs- und Projektierungsabläufe und Interaktion mit V+P im digiaktiv-Ansatz 42	
5.4.1.	GA-Dokumentation.....	43
5.4.2.	Optimierung Prozess-Software / Visualisierung	43
5.4.3.	Monitoring und KPIs	44
5.4.4.	Machbarkeit (+) und Problematik (-).....	44
5.5.	Digitalisierung	44

5.5.1. Datenmodell	44
5.5.2. Schnittstellen	46
5.5.3. Digitalisierung von MSR-Schemata.....	47
5.6. Validierung des digiaktiv-Ansatzes	49
5.6.1. Beschreibung Beispielgebäude.....	49
5.6.2. Anwendungsvalidierung	50
5.6.3. Technische Validierung.....	52
5.6.4. Erkenntnisse	54
6 Ausblick und Empfehlungen	55
7 Schlussfolgerungen	57
8 Verzeichnisse.....	58

1 Kurzfassung

Die digitale Planung ist in der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) und Gebäudeautomation (GA) Stand der Technik. Doch auch wenn die verfügbaren Softwaretools Standards wie die VDI 3814 implementieren, fehlen oft Schnittstellen zwischen den Planungsschritten innerhalb und zwischen TGA- und GA-Planung, bzw. ist ihre Funktionalität oft unvollständig.

Ziel des Projektes digiaktiv – „Digitale Transformation für mehr Interaktivität in der Technische Gebäudeausrüstung (TGA)-Planung“ war es daher, die durchgängige digitale Verknüpfung zwischen den verschiedenen Akteuren und Planungstools durch neutrale offene Datenmodelle zu verbessern. Daher wurde im Zuge des Projekts das digiaktiv-Datenmodell gemäß des zu Beginn definierten digiaktiv-Ansatzes eingeführt, um Daten- und Informationsflüsse zwischen den unterschiedlichen Gewerken/Anwendungsfällen im Sinne eines durchgängigen Bearbeitungsworkflows korrekt abbilden zu können. Dabei wurden existierende Konzepte, wie beispielsweise Ontologien, kombiniert bzw. wo notwendig erweitert.

Die meisten GA-Planungstools im deutschsprachigen Raum haben die Norm VDI 3814 implementiert und erlauben daher den Export von GA-Schemata im genormten Format, meist jedoch nur als PDF und nicht in einem maschinenlesbares Datenaustauschformat. Daher wurde ein Softwaretool zum Konvertieren dieser PDF-Dateien in ein maschinenlesbares Format entwickelt. Zur Berücksichtigung von Teillastverhalten in der TGA- und GA-Planung standen bisher keine standardisierten Tools zur Verfügung, was u.a. Informationsverlust zwischen den Planungsschritten bedeuten kann. In digiaktiv wurden daher auch verschiedene Methoden für den Umgang mit Teillastverhalten, die auch mit dem Datenmodell interagieren, entwickelt und getestet.

Der digiaktiv-Ansatz wurde sowohl technisch als auch hinsichtlich seiner Anwendbarkeit bzw. Praxistauglichkeit validiert. Die Projektdisseminierung an interessierte Stakeholder aus dem Baugewerbe erfolgte durch Vorträge auf Fachkonferenzen (BauSIM, enova) sowie im Rahmen eines Planer:innen-Workshops. Die Industriepartner konnten dank im Projekt gewonnener Erkenntnisse und entwickelter Verfahren ihre Planungsprozesse und Tool-Chains optimieren. Vorgaben zur Auslegung, zur Berechnung und Berücksichtigung von Teillastzuständen sowie Anforderungen an die Regelung fließen in interne Prozessbeschreibungen ein, wovon eine Reduktion der erforderlichen Planungsressourcen erwartet wird. Es wird angestrebt, besonders praktikable Ansätze aus digiaktiv in das Normungswesen einzubringen.

Aus wissenschaftlicher Sicht stellt das Projekt einen bedeutenden Schritt zum tieferen Verständnis der Ineffizienzen dar, die bei der täglichen Planungsarbeit und insbesondere beim Datenaustausch zwischen den Gewerken auftreten. Diese Erkenntnisse werden in die Konzipierung weiterer Forschungsvorhaben einfließen. Künftige Forschung wird auf die im Projekt erfolgten Aktivitäten zu Schnittstellen zwischen Planungs-Toolchains hinsichtlich Semantik, Eigenschaftendefinition, etc. aufbauen können. Die Entwicklungen im Bereich PDF-Parsing wird in die künftige Entwicklung weiterer Ansätze für das Parsen gescannter Planungsdokumente einfließen. Die Digitalisierung analoger Planungsdokumentation von Bestandsgebäuden ist nach wie vor ein großes Hindernis für Digitalisierungsbemühungen in allen Bereichen und verursacht erhebliche Kosten.

2 Abstract

Digital planning is state of the art in HVAC planning and building automation (BA) planning. However, even if the available software tools implement standards such as VDI 3814, there is often a lack of interfaces between the planning steps within and between HVAC planning and BA planning, or their functionality is often incomplete.

The aim of the digiaktiv project - "Digital transformation for more interactivity in HVAC planning" - was therefore to improve the end-to-end digital link between the various players and planning tools through neutral, open data models. The digiaktiv data model was introduced in accordance with the digiaktiv approach defined in the project starting phase to be able to correctly map data and information flows between the different disciplines/applications in the sense of a consistent planning and implementation workflow. Existing concepts, such as ontologies, were combined or expanded where necessary.

Most BA planning tools in German-speaking countries have implemented the VDI 3814 standard and therefore allow the export of GA diagrams in a standardised format, but usually only as a PDF and not in a machine-readable data exchange format. A software tool that converts such PDF files into a machine-readable format was therefore developed. Until now, no standardised tools have been available for taking partial load behaviour into account in HVAC planning and BA planning, which often leads to information losses between the planning steps. Various methods for dealing with partial load behaviour, which also interact with the data model, were therefore developed, and tested in digiaktiv.

The digiaktiv approach was validated both technically and in terms of its applicability and suitability for practical use. The project was disseminated to interested stakeholders from the construction industry through presentations at specialist conferences (BauSIM, enova) and as part of a planner workshop. The industry partners were able to optimise their planning processes and tool chains thanks to the knowledge gained and procedures developed in the project. Specifications for the design, calculation and consideration of partial load conditions as well as control requirements are incorporated into internal process descriptions, which is expected to reduce planning resources. It is intended that particularly practicable approaches from digiaktiv might be incorporated in standardisation.

From a scientific point of view, the project represents a significant step towards a deeper understanding of the inefficiencies that occur in day-to-day planning work and, in particular in the exchange of data between the planning and implementation disciplines. These findings will be incorporated into the design of further research projects. Future research will be able to build on the activities carried out in the project regarding interfaces between planning toolchains with regard to semantics, definition of properties, etc. The developments in PDF parsing will be incorporated into the future development of further approaches for parsing scanned planning documents. The digitisation of analogue planning documentation of existing buildings is still a major obstacle to digitisation efforts in all areas and causes considerable costs.

3 Ausgangslage

Das Projekt digiaktiv beschäftigte sich damit, wie durch neue Technologien aktuellen Herausforderungen im Bereich des digitalen Planungs- und Betriebsmanagement begegnet werden kann. digiaktiv verfolgte als übergeordnete Ziele, gebrauchstaugliche Lösungskonzepte für Problemstellungen der Bereiche digitaler Planungsprozesse, Reduktion der Schnittstellenrisiken, Stärkung des openBIM Ansatzes und Stärkung von Schnittstellen der digitalen Baubehörde zu entwickeln. Ein wichtiges Ziel dabei war es, aufzuzeigen, wie innovative Verknüpfung und Vernetzung von Informationen durch interaktive Schnittstellen die gewerksübergreifende Planung von Gebäuden, insbesondere von TGA-Anlagen und der verbundenen Mess- Steuerungs- und Regelungstechnik bzw. Gebäudeautomatisierung signifikant verbessern kann.

3.1. Ausgangslage Gebäudeautomation-Software

Für das Projekt wurde von einem "idealisierten Planungsprozess" ausgegangen. Das heißt, die in der Führungsplanung generierten Daten (Anlagenkonzept) werden in die Ausführungsplanung ohne Änderungen durch Umplanungen durch die ausführenden Firmen übernommen.

In der Gebäudeautomationstechnik werden die in der Führungs- & Ausführungsplanung der einzelnen TGA-Fachgewerke (z.B. Heizung, Klimatechnik, Lüftung, Sanitär (HKLS)- / MSR- / Elektroinstallationen) erarbeiteten technischen Anlagenkonzepte zu einer funktionalen Gesamtanlage zusammengeführt. Zu diesem Zweck ist die Übernahme einer Vielzahl von Planungs- & technischen Geräteparametern in die Gebäudeautomationssysteme notwendig. Dafür stehen Normen (wie z.B. die ÖNORM EN ISO 16484 bzw. [VDI 3814]) zur Verfügung, mit der sich Funktionen und der Aufbau der Gebäudeautomation beschreiben lassen.

Dieser Grunddatenaustausch der Daten zwischen unterschiedlichen Softwaretools ist in der Regel nicht datentechnisch normiert. Diese Daten werden im "Projektierungsvorgang" vom Projektanten des GA-Systems gesammelt und in einem Projektierungstool datentechnisch aufbereitet, ergänzt und zusammengestellt. Erst ab diesem Zeitpunkt stehen die Projektdaten in der erforderlichen Qualität zur Verfügung und können dem internen Workflow zur Abarbeitung der weiteren Arbeitsschritte wie z.B. Schaltschrankplanung, Regelprogrammerstellung und Visualisierung zugeführt werden. Durch diese nicht vorhandene datentechnische Durchgängigkeit zwischen der Führungsplanung und den ausführenden Gewerken untereinander ergeben sich bei nachträglichen Änderungen in der Planung eine Reihe von Problemen bei der Aktualisierung und Nachführung in allen Instanzen. Zusätzlich stellen diese manuellen Dateneingaben/Übertragungen eine permanente Fehlerquelle dar.

Daher war eine zentrale Zielsetzung dieses Projekts die Definition der Daten, welche zwischen Führungsplanung und Ausführungsplanung MSR ausgetauscht werden und deren Strukturierung, um eine Grundlage zu schaffen, auf welcher in Zukunft ein automatisierter Datenaustausch ermöglicht werden kann.

3.2. Stand der Technik

3.2.1. TGA-Planung

Die TGA-Planung besteht (üblicherweise ab dem Vorentwurf) nicht nur aus Grundrissplänen, sondern enthält auch unterschiedliche Schemata als wesentlichen Bestandteil. Dabei handelt es sich um 2D-Darstellungen, welche die wesentlichen Komponenten einer technischen Anlage sinnbildlich in Funktionsgruppen abstrahieren und platzieren, wodurch technische Vorgänge und deren Zusammenhänge übersichtlich dargestellt werden können. Die hydraulischen Schemata einer technischen Anlage stellen dabei immer nur den Auslegungsfall (d.h. den Maximalfall für Heizen und Kühlen) und somit die Maximalleistung der Erzeuger und Abnehmer dar.

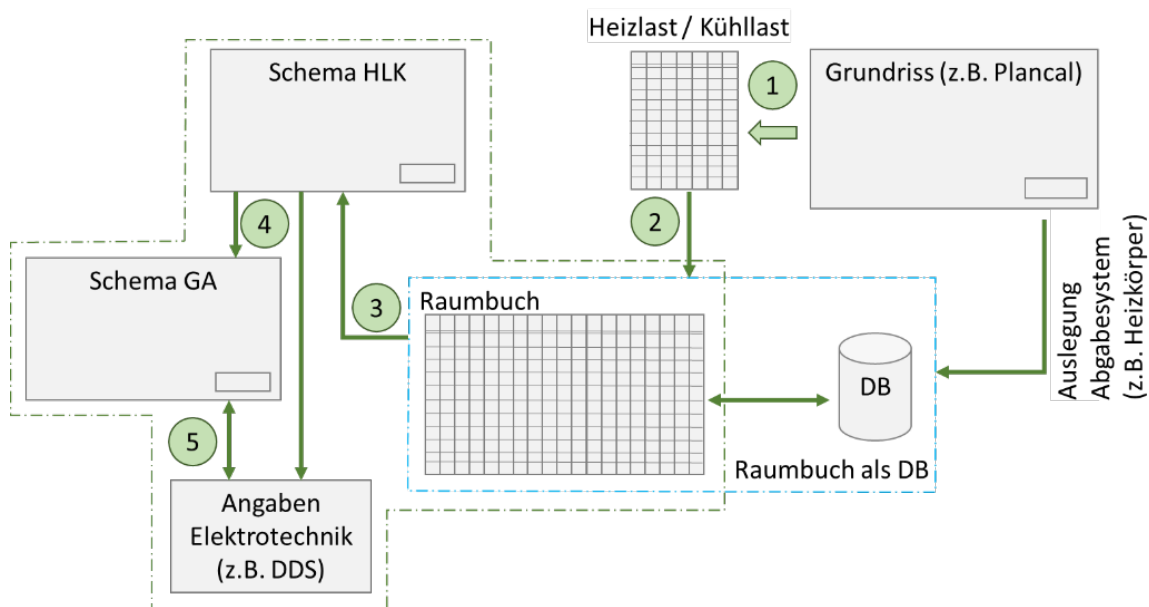


Abbildung 1: Übersicht des Zusammenhangs der Dokumente, die aus dem Planungsprozess entstehen (eigene Darstellung)

Abbildung 1 gibt eine beispielhafte Übersicht des Zusammenhangs der Informationsquellen und Dokumente, die aus dem Planungsprozess entstehen. Die Grundrissplanung erfolgt im besten Fall in Building Information Model (BIM) Systemumgebungen (z.B. Archicad¹, Plancal², DDS-CAD³, Revit⁴, etc.). Durch die darin stattfindende Definition von Parametern wie z.B. Wandaufbauten können Heizlast- und Kühllastberechnungen oder auch Heizkörperauslegungen in tabellarischer Form exportiert werden (1). Diese Daten bilden die Grundlage für die Summendarstellungen (Maximallasten und -leistungen) im Schema. Aus der Grundrissplanung in BIM können z.B. auch Heizungsstrangschemata exportiert werden, d.h. beispielsweise welcher Heizkörper wird von welchem Strang versorgt.

¹ <https://www.graphisoft.at/archicad/>

² <https://mep.trimble.ch/planca-nova>

³ <https://www.dds-cad.de>

⁴ <https://www.autodesk.com/products/revit>

Die übliche **Darstellung der Energieerzeugung** mit den wesentlichen Verteilerabgängen (Pumpengruppen) werden üblicherweise (vor allem im Status Vorentwurf) separat in einer 2D-Darstellung - **unabhängig** von der Grundrissplanung - erstellt.

Diese Darstellung enthält immer den Auslegungszustand. Die etwaige Darstellung unterschiedlicher Betriebsmodi (wie eine TGA-Anlage grundsätzlich betrieben werden kann) erfolgt nur in Einzelfällen, indem das Schema kopiert und veränderte Energieflüsse farblich markiert werden. Die Arbeitsschritte zur Erstellung der Schemata erfolgen bislang manuell indem relevante Daten gesammelt (2) (z.B. in einem Raumbuch (Tabelle oder Datenbank)) und von dort entsprechend „manuell“ aufbereitet werden (Summenbildung, Auswahl von hydraulischen Schaltungen, Temperaturen etc.). Die daraus abgeleiteten TGA-Schemata, werden in der Regel – unabhängig von einer BIM-Grundrissplanung – manuell in Standard CAD-Anwendungen erstellt (3).

Der Gewerkeübergreifende Informationsfluss beispielsweise zwischen TGA (4), Elektroinstallation, MSR bzw. GA (5) erfolgt üblicherweise mittels Listen außerhalb der BIM-Umgebung.

Während des Planungsprozesses üblicherweise auftretende **Änderungen** im Grundriss des Gebäudes (bedeutet energetische Änderungen der TGA-Anlage) müssen auch in allen **Schemata „manuell“ nachgezogen** werden, wodurch ein erhebliches Fehlerpotential auftritt.

Die erzeugten TGA-Schemata enthalten zudem nur den Auslegungszustand der technischen Anlage, nicht jedoch Informationen zu Teillastzuständen. Diese treten im Betrieb weitaus öfter auf, sind jedoch kaum dokumentiert bzw. werden nur in Sonderfällen berechnet. Instrumente wie jene der dynamischen Anlagensimulation unterstützen den Prozess, werden jedoch nur in Einzelfällen bzw. bei gesonderter Beauftragung durchgeführt. Eine Transformation von üblichen TGA-Schemata zu dynamischen Simulationsmodellen ist schwierig, da diese oft unterschiedlich abstrahiert werden und unterschiedliche „Eigenschaften“ benötigen, wodurch sich die Interoperabilität erschwert.

Der Ansatz eines digitalisierten Anlagenschemas für die TGA-Planung ist in der kommerziellen Softwarelösung Hysopt⁵ teilweise verwirklicht. Basierend auf Bibliotheken kann eine technische Anlage entworfen und ausgelegt werden. Nachteil dieser Lösung ist, dass es sich um ein geschlossenes System handelt, das beispielsweise keine Schnittstellen zu relevanten Gewerken wie der Gebäudeautomation bereitstellt.

3.2.2. Gebäudeautomatisierungsplanung und Inbetriebnahme

Systeme der Gebäudeautomation werden in der [ÖNORM EN ISO 16484] geregelt. Wesentliche projektrelevante Teile sind Teil 1 und Teil 3. In Teil 1 werden die für die Planung und Ausführung von GA-Systemen erforderlichen Planungsphasen beschrieben. In Teil 3 werden Merkmale für GA-Funktionen, GA-Software sowie Vorlagen zur Dokumentation von Datenpunkten und Funktionen, festgelegt.

In der [ÖNORM EN 15232-1] werden Funktionen der Gebäudeautomation aufgelistet, die im weiteren Sinn zu einem energieeffizienten Gebäudebetrieb beitragen können. Dabei wird ein

⁵ <https://www.hysopt.com/>

Verfahren definiert, dass eine Abschätzung der Auswirkung des Gebäudeautomationssystems auf die Energieeffizienz von Gebäuden ermöglicht.

Bedingt durch die Auftragsverhältnisse führen in Projekten zurzeit die teils unterschiedlichen normativen Regelwerke und nicht homogenen Leistungsbilder zu unterschiedlichen Leistungsumfängen. Daraus resultieren zurzeit heterogene Vorleistungen, welche aber als Grundlage für die Werksplanung der Gebäudeautomatisierung dienen.

3.2.3. Grundlagen für aktuelle Ausführungsplanung durch Auftragnehmer:innen

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ergeben sich in der bestehenden Branchen-Praxis ohne den digiaktiv-Ansatz nachfolgende Problematiken:

Da zwischen den Tool-Chains der MSR-Planung und der MSR-Ausführung keine genormten Datenschnittstellen bestehen, ist eine manuelle Datenübertragung und in weiterer Folge eine Interpretation der übertragenen Daten zwingend erforderlich. Aktuell ist lediglich der Aufbau des Schematas / VDI 3814 GA- Funktionsliste genormt.

Treten Änderungen im Zuge des Projektes auf, was schon bei Projekten von kleineren Auftragssummen und Laufzeiten immanent ist, ist die nicht gegebene Möglichkeit einer automatisierten Nachführung von Planungsänderungen eine große Herausforderung. Dieser dadurch entstehende mögliche Datenverlust und einhergehender Informationsverlust stellt die Prozesskette vor eine schwierige Aufgabe. Weiters ist keine automatisierte Kontrolle von Änderungen möglich.

Diese nicht automatisierte Herangehensweise bindet erhebliche Ressourcen. Weiters ist die Prüfung der Vollständigkeit der Planungsgrundlagen aufwendig und fehleranfällig. Ein potenzieller Informationsverlust ist möglich, wenn die erforderlichen Daten nicht zum erforderlichen Zeitpunkt zur Verfügung gestellt werden oder wenn nicht alle Daten aus dem vorhergehenden Planungsprozess vollständig dem Projektierungsablauf zur Verfügung gestellt werden können.

Außerdem stellt sich problematisch dar, dass durch eine Neuinterpretation der Planungsdaten und deren Aufbereitung für die Automationstechnik und Prozessvisualisierung ein abgekoppelter Informationsraum entsteht.

Stand heute erfolgt die Übermittlung der Planungsgrundlagen an die/den MSR-Auftragnehmer:in nicht automatisiert und nicht normiert. Auch eine Festlegung auf ein einheitliches Datenformat ist nicht geregelt. Im Zuge des Engineerings werden in einem iterativen Ablauf die nachfolgend beschriebenen Unterlagen übermittelt.

Als Grundlage / Basis für die Planungsschritte kann einerseits das Strangschemata sowie das HKLS-Anlagenschema gesehen werden. Das Datenformat ist hier zumeist ein PDF-Dokument, im besten Fall wird das Dokument auch im .dwg (Auto CAD) oder .vsd (Visio) Format übermittelt. Als weitere Datenquellen dienen Aufstellungen, die aus den vorhandenen Planungstools generiert werden können. Dies sind zumeist Listen / Aufstellungen von Ventilen, Aggregaten, Komponenten, welche für die Regelung erforderlich sind. Immer öfter werden die übermittelten MSR-Schemata (zumeist im PDF -Format) auch als VDI-3814 GA- Funktionsliste zur Verfügung gestellt. Die gewünschten MSR-Funktionen sind daraus gut ablesbar und nachvollziehbar. Zumeist werden die benötigten Funktionen aber in einer textuellen Funktionalbeschreibung oder einer Betriebsartmodi-Beschreibung

übermittelt, das geschieht im Format .doc oder PDF. Bei etlichen Vorhaben werden in Grundrissen sowie Grundriss-Schemata bereits erforderliche AKS-Kennzeichnungen (Anlagenkennzeichnungsschlüssel) vermerkt und an die/den MSR-Auftragnehmer:in bereits als Grundlage weitergegeben. Generell dienen auch das Leistungsverzeichnis / Leistungsbeschreibung und auch das Leistungsangebot als Informationsquellen für die weiteren Planungsschritte.

3.2.4. Building Information Model

Laut [ÖNORM A 6241-1] ist BIM ein intelligentes digitales Gebäudemodell, das es allen Projektbeteiligten – von der Architektin / dem Architekten und der Bauherrin / dem Bauherrn über die Haustechniker / den Haustechniker bis hin zur Facility Managerin / zum Facility Manager - ermöglicht, gemeinsam an diesem integralen Modell zu arbeiten und dieses zu realisieren. Dies sind dreidimensionale, reichhaltige Gebäudemodelle, welche die Planung sowie den Datenaustausch innerhalb eines Projektteams erleichtern und idealerweise im gesamten Lebenszyklus eingesetzt werden können [Eastman 2011].

Industry Foundation Classes (IFC)⁶ ist ein offenes Datenaustauschformat, mit dem Informationen eines digitalen Gebäudemodells softwaremäßig beschrieben und zwischen verschiedenen Softwareumgebungen ausgetauscht werden können. Das grundlegende Datenschema ist in EXPRESS (ISO 10303-11)⁷ und Extensible Markup Language (XML) Schema Definition definiert. IFC dient als Austauschformat zwischen unterschiedlichen Softwareumgebungen. Die Leistungsfähigkeit in manchen Bereichen ist jedoch aufgrund von fehlenden Merkmalen der Komponenten begrenzt. Es ist möglich eigene „user-defined“ Komponenten und Eigenschaften anzulegen, um diese für den Bereich Gebäudeautomation einsetzbarer zu machen. Um Gebäudeautomationsfunktionen in IFC standardisiert abbilden zu können, sind Weiterentwicklung in dieser Domain jedoch zwingend notwendig [Benndorf et al. 2017].

Weitere BIM-Formate, die für das gegenständliche Projekt ursprünglich ebenfalls als relevant eingeschätzt wurden, sind:

- Green-Building-XML-Schema (gbXML)⁸ bietet Interoperabilität zwischen verschiedenen Softwaretools für Gebäudeplanung und Engineering-Analyse, das von unterschiedlichen Softwarefirmen unterstützt wird z.B. Autodesk, Trimble, Graphisoft und Bentley.
- Bei Construction Operations Building Information Exchange (COBie)⁹ handelt es sich um eine Informationsaustauschspezifikation für die Erfassung und Bereitstellung von Informationen für Facility-Manager:innen und somit für den Gebäudebetrieb.
- Das BIM Collaboration Format (BCF)¹⁰ dient zur Kommunikation von BIM-bezogenen Änderungsmanagement zwischen unterschiedlichen Softwaretools. Dieses Format wurde

6 <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview>

7 <https://www.iso.org/standard/38047.html>

8 <http://www.gbxml.org/>

9 <http://www.wbdg.org/resources/construction-operations-building-information-exchange-cobie>.

10 <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/bcf-releases>

ursprünglich für den digiaktiv-Ansatz hinsichtlich des Datenaustausches zwischen MSR-Planung und MSR-Ausführung für interessant befunden.

- BIMserver ist ein openBIM IFC-Model Server [Beetz et al. 2010], der im Open-Source BIM Collective¹¹ veröffentlicht wurden, als Ziel die gemeinsame Entwicklung von BIM-Modellen zu unterstützen.

In digiaktiv war ursprünglich angedacht, den digiaktiv-Ansatz mit der BIM-Herangehensweise kompatibel umzusetzen. Da es sich herausstellte, dass die im Projekt zur Verfügung stehenden Tool-Chains nicht dafür geeignet waren und auch nicht mit vertretbarem Aufwand auf BIM „aufrüstbar“ sein würden, musste der BIM-Ansatz in diesem Projekt verworfen werden.

3.2.4. Linked-Data und semantische Modelle

Der Kern des digiaktiv-Ansatzes ist das digiaktiv-Datenmodell, das auf Ontologien aufbaut.

Wesentliche relevante Ontologien seien hier beschrieben:

Das Konzept von „verlinkten Daten“ (Linked-Data) stammt ursprünglich aus dem Bereich „Semantic Web“, wo semantische Bezeichnungen verwendet werden, um unterschiedliche Ressourcen auf Webseiten zu verlinken [Berners-Lee et al. 2006]. In diesem Zusammenhang beschreiben Ontologien komplexere und formale Sammlungen von domänenspezifischen Begriffen und deren Beziehungen untereinander. Dieser Ansatz der Informationsrepräsentation kann für unterschiedliche Bereiche angewendet werden. Die semantische Interoperabilität wurde als einer der vielversprechendsten Möglichkeiten für die Integration von Daten aus unterschiedlichen Quellen anerkannt und ist somit auch für Anwendungen im Gebäudesektor relevant [Bauer 2019].

Im europäischen Raum gab es zahlreiche Entwicklungen im Bereich der "verlinkten Daten", die sich auf verschiedene Phasen des Gebäudelebenszyklus bezogen, und zwar sowohl von Forschungsprojekten als auch von Forschungsgruppen. Das MEFISTO-Projekt¹² konzentrierte sich auf die Entwicklung eines Managementsystems für Bauprojekte und dem darin enthaltenen Multimodell zur Verknüpfung von BIM mit verschiedenen anderen "Dingen" die innerhalb von Bauprojekten entstehen, beispielsweise Dokumenten, Bildern, Kosten, Zeitplänen, Verträgen usw. Kern des Multimodells sind zwei Ontologien, die den Inhalt jedes Dokuments innerhalb des Multimodells beschreiben und Verknüpfungen zwischen Dateneintrag auf der Ebene innerhalb des Dokuments herstellen.

Nachfolgenden werden projektrelevante Ontologien aus den Bereichen Gebäude und TGA beschrieben:

Gebäude-Topologie-Ontologie (BOT)¹³ ist eine Ontologie, die die wichtigsten topologischen Konzepte eines Gebäudes beschreibt. Diese minimale und erweiterbare Ontologie stellt den Gebäudekontext für Geräte, Komponenten und Unterkomponenten innerhalb und außerhalb des Gebäudes bereit. Darüber hinaus werden auch Beziehungen zwischen den Gebäudeteilkomponenten definiert. BOT definiert mehrere Hauptklassen und Unterklassen. Für diese Klassen stehen zahlreiche Objekteigenschaften zur Verfügung.

¹¹ <https://github.com/opensourcebim/>

¹² <http://mefisto-bau.de>

¹³ <https://w3c-lbd-cg.github.io/bot>

Die Smart Appliances REference (SAREF)-Ontologie¹⁴ ist ein gemeinsames "Übereinstimmungsmodell", das das Abgleichen vorhandener Assets (Standards / Protokolle / Datenmodelle usw.) in der Domäne der smarten Haushaltsgeräte erleichtert. Mit SAREF4BLDG wurde die ursprüngliche SAREF-Ontologie um einen Teilbereich des IFC-Standards erweitert. SAREF4ENER¹⁵ ist eine Erweiterungs-Ontologie für SAREF, die hauptsächlich zur „demand response“ Steuerung verwendet wird.

Brick¹⁶ ist ein einheitliches Schema zur Darstellung von Metadaten in Gebäuden. Es definiert eine konkrete Ontologie für physikalische, logische und virtuelle „Assets“ und deren Beziehungen untereinander. Beispielsweise ermöglicht Brick möglichst einfach die Entwicklung intelligenter Analyse- und Steuerungsanwendungen.

Die Ontologie Property Management (OPM)¹⁷ ermöglicht eine effektive Verwaltung von Objekteigenschaften. Dies kann in unterschiedlichen Lebenszyklusphasen eines Gebäudes passieren, OPM bietet daher die Möglichkeit Änderungen effizient zu verfolgen, z.B. über Zeitstempel und Löschattribute. Dieses Konzept wird auch von der PROV-Ontologie¹⁸ verwendet.

3.2.5. Wissenschaftliche Gebäudesimulationsumgebungen

Im wissenschaftlichen Bereich existieren unterschiedliche Konzepte, thermische Gebäudesimulation mit anderen Gewerken zu verknüpfen und zu unterstützen. Ein für digiaktiv relevantes Forschungsprojekt ist Open Building Control¹⁹. Das Open Building Control Projekt versucht, durch Verwendung von offenen internationalen Standards und Schnittstellen zur Regelungsbeschreibung die Auslegung, Bewertung, Implementierung und Inbetriebnahme zu digitalisieren bzw. zu automatisieren. Insbesondere die Datentransformation und Abstraktion für das Gewerk Gebäudeautomatisierung waren damals für digiaktiv von großem Interesse.

3.3. Ergebnisse aus anderen Projekten

Im Projekt ADA-EE (FFG 849968) wurden Datenanalyse-Algorithmen für automatische Empfehlungen von Verbesserungsmaßnahmen für die Energieeffizienz im Gebäudebetrieb erstellt. Dazu wurden semantische Modelle entwickelt und mit anderen Domänen wie beispielsweise Gebäudesimulation gekoppelt. Dieser Ansatz wurde für den Gebäudebetrieb zur Betriebsoptimierung angewandt. ADA-EE adressierte vordergründlich präskriptive Datenanalyse von unterschiedlichen Informationstechnologien, wodurch es sich zu digiaktiv unterscheidet. digiaktiv profitierte durch die Erfahrung in der semantischen Modellierung und Kopplung anderer Domänen im Bereich der Schnittstellenentwicklung in diesem Projekt.

¹⁴ <http://ontology.tno.nl/saref>

¹⁵

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/103400_103499/10341001/01.01.01_60/ts_10341001v010101p.PDF

¹⁶ <http://brickschema.org>

¹⁷ <https://github.com/w3c-lbd-cg/opm>

¹⁸ <https://www.w3.org/TR/prov-o/>

¹⁹ <https://www.energy.gov/eere/buildings/downloads/open-building-control-simulation-specification-andverification-control>

Das Projekt BIM4BEMS (FFG 854677) zeigte auf, dass eine Weiterverwendung der Informationen aus der Planung sowie As-Built-Dokumentation großen Nutzen für den effizienten Betrieb eines Gebäudes haben. Dafür wird ein integriertes semantisches BIM4BEMS-Datenmodell erstellt. BIM4BEMS adressiert somit die Betriebsphase eines Gebäudes, nicht jedoch Planung von der TGA und der GA wie digiaktiv. Für digiaktiv konnte jedoch auf die Lessons Learned aus dem Projekt betreffend Ontologie-Entwicklung aufbauen.

Ziel des Projektes metaTGA (FFG 861729) war die Entwicklung einer Methodik zur Konzipierung von Daten- und Prozessmodellen und deren Validierung anhand von Praxisbeispielen. metaTGA fokussiert sich auf BIM-Muster von spezifischen TGA-Komponenten. Die Ergebnisse und vor allem die universellen Methoden flossen in die Entwicklung des digiaktiv-Ansatzes ein.

Im Projekt BIM Saves Energy (FFG 867710) wurden Methoden entwickelt, die Auswirkungen von unterschiedlichen „Entscheidungsoptionen“ im Planungs- und Bauprozess auf die Energieeffizienz bewerten. Diese wurden in ein bereits existierendes Adaptive Case Management (ACM) Tool integriert. Der Ansatz ermöglicht eine prozessbasierte Ermittlung und Überprüfung der Energieeffizienz in unterschiedlichen Gebäudeentstehungsphasen (Planung und Bau). Die Erkenntnisse hinsichtlich Prozessdefinitionen und Datenaktualisierung flossen in digiaktiv ein.

4 Projektinhalt

4.1. Methodik

4.1.1. digiaktiv-Datenmodell und Schnittstellen

Ein wesentliches Ziel war die Entwicklung eines digiaktiv-Datenmodells für den digiaktiv-Ansatz, um den Daten- und Informationsfluss der unterschiedlichen Gewerke/Anwendungsfälle im Sinne eines durchgängigen Bearbeitungsworkflows korrekt abbilden zu können. Dabei sollten existierende Konzepte, wie beispielsweise Ontologien etc. kombiniert bzw. wo notwendig erweitert werden.

Der Workflow des digiaktiv-Ansatzes impliziert, dass unterschiedliche Schnittstellen je Anwendungsfall und beteiligtem Gewerk (TGA, MSR/GA) bzw. verwendeter Softwaretools der unterschiedlichen Gewerke erstellt und die Gesamtarchitektur und Workflow des digiaktiv-Datenmodells integriert werden.

4.1.2. Interaktivität von MSR/GA-Schema zum digiaktiv-Datenmodell

Die Norm VDI 3814 beschreibt das Format von GA-Schemata. Die meisten Softwaretools im deutschsprachigen Raum basieren auf dieser Norm und erlauben daher den Export von GA-Schemata im genormten Format, meist als PDF-Dokument. Die Norm sieht jedoch kein maschinenlesbares Datenaustauschformat vor. In das digiaktiv-Datenmodell sollen jedoch Informationen u.a. aus dem GA-Modell importiert werden. Während die gegenständlichen Planungstools zwar gewisse Exporte zulassen, werden beispielsweise Informationen über die Verbindung zwischen den Regelblöcken und einige Datenpunktinformationen nur visuell in PDF-Dokumenten dargestellt. Aus diesem Grund war eine wichtige Teilaufgabe im Rahmen des digiaktiv-Projekts die Entwicklung eines Software-Codes, der PDF-Dokumente des GA-Schemas verarbeiten und in ein maschinenlesbares Format konvertieren kann, das dem digiaktiv-Datenmodell als Input zugeführt werden kann. Ein Beispiel für ein solches VDI 3814-Schema ist auf der linken Seite von Abbildung 3 zu sehen.

Für die Implementierung kam das Python-Paket *pymuPDF* zum Einsatz, welches Elemente wie gerade Liniensegmente, Rechtecke und Textfelder aus der PDF-Datei extrahieren kann. Es wurde eine Methode entwickelt und in Python implementiert, welche Rechtecke, die den Funktionsblöcken entsprechen, identifiziert und die Textbeschriftungen den Textblöcken zuordnet sowie die Verbindungen und Verknüpfungen zu den Datenpunkten identifiziert. Die Richtung des Informationsflusses (Input/Output) wurden aus den Textbeschriftungen der Regelblöcke berechnet. Außerdem erkennt der Algorithmus die Datenpunktbezeichnungen, wodurch die IDs der HLK-Komponenten ermittelt werden können. Die geparsten Informationen können in verschiedenen Textformaten exportiert werden. Die Datenübertragung zum digiaktiv-Datenmodell erfolgt im json-Textformat. Das json-Format kann vom Importtool leicht gelesen werden, ist aber auch für den Menschen lesbar, falls eine Fehlersuche erforderlich ist. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel für ein GA-Schema und im unteren Teil eine graphische Darstellung der erkannten Linien, Rechtecke (Funktionsblöcke) und Anschlusspunkte. Die Parsing-Methode wurde anhand von GA-Schemata von V+P getestet.

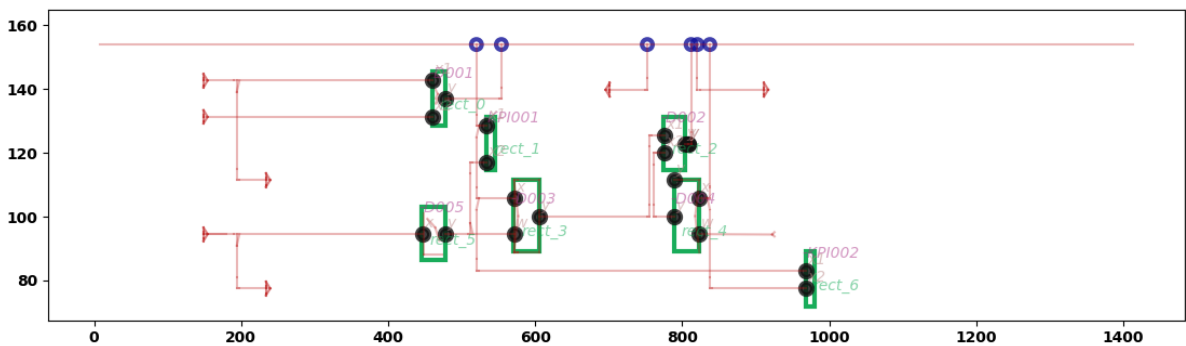
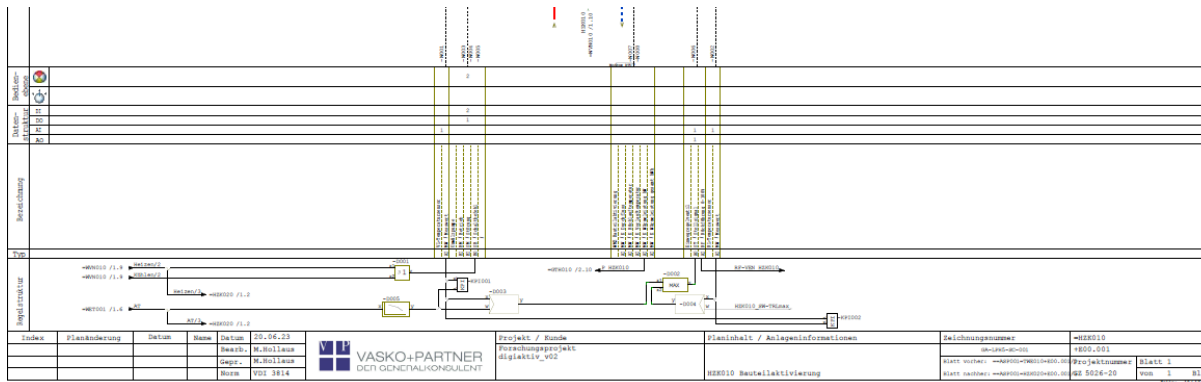


Abbildung 2: Oben: Funktionsstrukturdiagramm als Teil eines GA-Schemas. Unten: extrahierte Linien, Rechtecke, Endpunkte und Textbeschriftungen aus dem Funktionsstrukturdiagramm.

4.1.3. Interaktivität von TGA-Schema und digiaktiv-Datenmodell

Ziel war es, die Möglichkeit zu bieten, im Zuge der Planung besser, schneller und vollständiger auf Teillastverhalten von gebäudetechnischen Anlagen einzugehen, sowie den Informationsverlust zwischen dem hydraulischen (TGA)-Schema und dem GA-Schema zu minimieren. Dadurch, dass sich die TGA-Schemata durch das Importieren von Exportdateien aus dem digiaktiv-Datenmodell aktualisieren lassen und das digiaktiv-Datenmodell durch Exporte aus der TGA-Planungs-Toolchain angereichert werden kann, wird von Interaktivität gesprochen.

In einem ersten Schritt wurde eine vertiefende Analyse zu marktüblichen Berechnungswerkzeugen und Methoden zur Planung/Ausführung durchgeführt. Des Weiteren erfolgte eine Überprüfung der Notwendigkeit der Adaptierung von dynamischen Berechnungsmodellen einzelner Komponenten auf Basis typischerweise verfügbarer Daten (z.B. aus Datenblättern) um die Möglichkeiten einer schnellen/automatisierten dynamischen Berechnung von Teillastzuständen zu testen.

In weiterer Folge erfolgte basierend auf die vorgelagerten Tätigkeiten die praktische Umsetzung „interaktiver TGA-Schemata“. Durch den Linked-Data-Ansatz (Integration von Berechnungsergebnissen, aktueller Metadaten und Planungsstände aus dem digiaktiv-Datenmodell, etc.) kann das Planungsmanagement aufgrund der dann möglichen durchgängigen Aktualisierung und Verknüpfung der Daten wesentlich effizienter arbeiten und ein Großteil der Fehler (unterschiedliche Planungszustände, fehlende Informationen, etc.) kann vermieden werden.

4.1.4. Validierung des digiaktiv-Ansatzes

Ziel war das Erbringen eines Funktionsnachweises des digiaktiv-Ansatzes anhand unterschiedlicher Anwendungsfälle der beiden Fachdomänen TGA und MSR/GA. Dabei ist in „Technische Validierung der Systemarchitektur des digiaktiv-Datenmodells“ und die „Validierung der Anwendbarkeit bzw. Praxistauglichkeit des digiaktiv-Ansatzes“ zu unterscheiden. Diese sind in 5.6 näher beschrieben.

4.1.5. Disseminierung der Hauptprojektergebnisse an interessierten Stakeholder

Die Projektergebnisse wurden bei zwei wissenschaftlichen Konferenzen und einem Planer:innen-Workshop disseminiert. Der Vortrag mit Konferenz-Paper, der auf der BauSIM-Konferenz in Waimar im September 2022 gehalten wurde, behandelte die Ergebnisse von Simulationsstudien zum Teillastverhalten von Haustechniksystemen. Die Studie entwickelte auf einfachen Formeln basierende Schätzverfahren zur Anzahl der je Teillastzustand anfallenden Betriebsstunden, die von dynamischen Gebäudesimulationen abgeleitet werden konnten.

Beim internationalen Kongress enova im Juni 2023 wurde der Vortrag mit Konferenz-Paper „Methods for generating Data Models from Building Automation schemas via PDF parsing“ (<https://doi.org/10.57739/978-3-903207-79-0>) gehalten. Dabei wurde das im Projekt entwickelte Verfahren zum Parsen von GA-Schemata in PDF-Format und die Integration des Verfahrens in den digiaktiv-Ansatz vorgestellt (siehe 5.5.3).

Beim digiaktiv-Planer:innen-Workshop wurden einerseits die digiaktiv-Projektergebnisse vorgestellt und andererseits mit den eingeladenen HKLS- und GA-Planer:innen die in der Branche bei der Interaktion der verschiedenen Planungsprozesse üblichen Ansätze diskutiert. Dabei wurde der vorgestellte digiaktiv-Ansatz von den Anwesenden grundsätzlich für zukunftsweisend wahrgenommen, jedoch noch viele Hürden bis zur nur ansatzweisen Umsetzung solcher oder ähnlicher Ansätze gesehen. Die derzeit in der Branche gelebten Planungsprozesse dürften in der Regel weitgehend der in Kapitel 3 beschriebenen Ausgangslage für dieses Projekt entsprechen.

5 Ergebnisse

5.1. Der digiaktiv-Ansatz – Einführung

Der digiaktiv-Ansatz zielt darauf ab, die aktuellen Planungsprozesse zu unterstützen:

- Manuelle Nacharbeit (z. B. Neuzeichnen in der gesamten Toolchain) wird minimiert, was die Fehlermöglichkeiten reduziert.
- Die manuelle Umbenennung oder Neuformatierung von Eigenschaften wird durch die Kodifizierung der Anpassung von Eigenschaften in der gesamten Toolchain reduziert.
- Die Konsistenz von Eigenschaftswerten im gesamten Arbeitsablauf wird durch die Aktivierung der automatischen regelbasierten Eigenschaftsprüfung minimiert.
- Modelle, die durch proprietäre Formate blockiert sind, werden durch Digitalisierung, einheitliche Darstellung und Angleichung an den Rest des Modells entriegelt.

Diese Ziele werden erreicht, indem Kopplungspunkte zwischen den Werkzeugen innerhalb der Toolchain identifiziert, Import- und Exportmöglichkeiten der digiaktiv-Anwendung spezifiziert und die ID-Nummern übereinstimmender Elemente zwischen den Werkzeugen abgeglichen werden.

Da einige der verwendeten Werkzeuge nicht über Exporte verfügen, die für einen einfachen Import in das digiaktiv-Datenmodell geeignet sind, wird außerdem eine automatische optische Identifizierung für den Import von Elementen aus MSR-Diagrammen angewendet.

Die Ausweitung des Arbeitsablaufs auf bisher nicht unterstützte Tools erfordert:

- Einigung auf die Identifikationsnummern der Elemente, die der digiaktiv-Nomenklatur entsprechen,
- Entwicklung einer Eigenschaftskonvertierungsmatrix für Import und Export,
- Entwicklung eines Eigenschaftsfilters für den Import/Export,
- Implementierung eines Import-/Export-Plugins für das jeweilige Dateiformat. Grundlegende Plugins für den Import/Export von json, csv und xlsx sind bereits als Gerüst für die Entwicklung neuer Plugins verfügbar.

Es ist möglich, die Unterstützung auf weit verbreitete Formate wie IFC zu erweitern. Da die Grundlage des Datenmodells ontologiebasiert ist, ist ein Abgleich mit IFC-Modellen unter Verwendung bekannter Ontologien wie IfcOWL möglich. Ein solcher Abgleich würde reichhaltigere Exporte ermöglichen, die auch Geometrien umfassen können, und wäre auch für andere Bereiche als die Gebäudeautomation machbar.

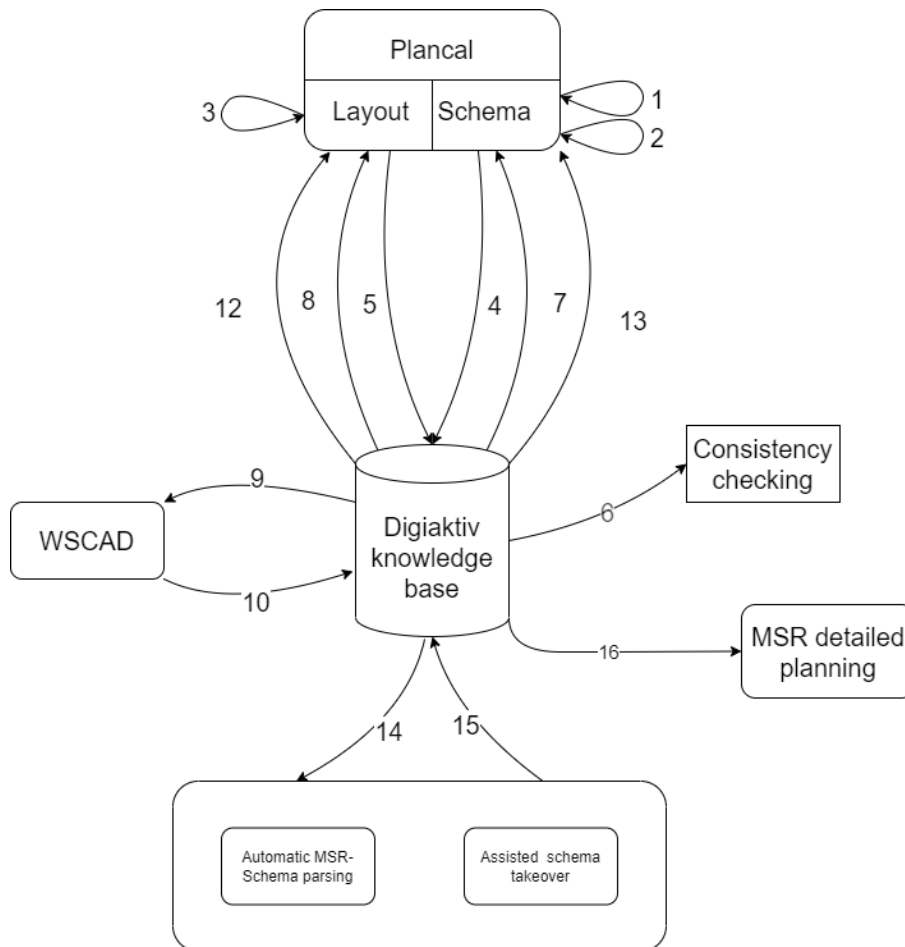


Abbildung 3: Idealer digiaktiv-Prozess

Abbildung 3 zeigt den idealisierten Arbeitsablauf des MSR-Planungsprozesses, der von der digiaktiv-Lösung unterstützt wird. Alle Pfeile stehen für den Datenaustausch oder die Datenverarbeitung, entweder intern oder zwischen den Tools. Die digiaktiv-Datenbank befindet sich im Zentrum, da sie den Datenaustausch unterstützt, indem sie als Anpassungs-Middleware fungiert. Alle Schritte des Datenaustauschs werden in der folgenden Liste beschrieben:

1. Definition von Steuergruppen im Schema (Heizkörper, Anlagen, AKS-Zuordnung)
2. Berechnung für Regelgruppen im Schema (Anforderungen an einzelne Komponenten)
3. Definition der Steuergruppen im Aufstellungsplan (Positionen, AKS-Zuordnung)
4. Import von Bauteilen und deren Eigenschaften aus dem Schema in das Datenmodell
5. Import von Bauteilen und deren Eigenschaften aus dem Aufstellungsplan in das Datenmodell
6. Konsistenzprüfung (fehlerhafte Eigenschaftswerte, verwaiste Bauteile/AKS-Nummern, etc.)
7. Export des Datenmodells in Richtung Schema
8. Export des Datenmodells in den Lageplan
9. Export von Bauteilinformationen (AKS)
10. WSCAD-Export (Excel, MSR-Schemadokument), Import von
11. Konsistenzprüfungen (Kopie von Schritt 6)
12. Export des aktualisierten Datenmodells zum Lageplan
13. Export des aktualisierten Datenmodells in das Schema
14. Digitalisierung des MSR-Schemas (Komponenten, Funktionsblöcke, Verbindungen)

15. Import des geparteten MSR-Schemas in das Datenmodell
16. Export zur Feinplanung

5.2. Optimierung der HLK/GA-Planungsabläufe mit digiaktiv

5.2.1. Property-Liste

In einer Heizungsanlage gibt es unterschiedliche Komponenten, wie z.B. Umwälzpumpe, Regelventil, Absperrventil, etc. die verbaut sind. Damit die einzelnen Komponenten genauer beschrieben werden können, sind unterschiedliche Typen von Komponenten definiert worden. Für jede Type gibt es unterschiedliche Eigenschaften (Properties), die die Komponenten im Detail beschreiben.

In der nachfolgenden Grafik sind die einzelnen Komponententypen erfasst und in jeweiligen Gewerke-Schemen (Heizung und Gebäudeautomation) dargestellt. Da im Projekt digiaktiv die Schnittstelle zwischen Planung und Ausführung für das Gewerk Gebäudeautomation im Vordergrund steht, werden nachfolgend nur die für die Gebäudeautomation relevanten Komponenten angeführt.

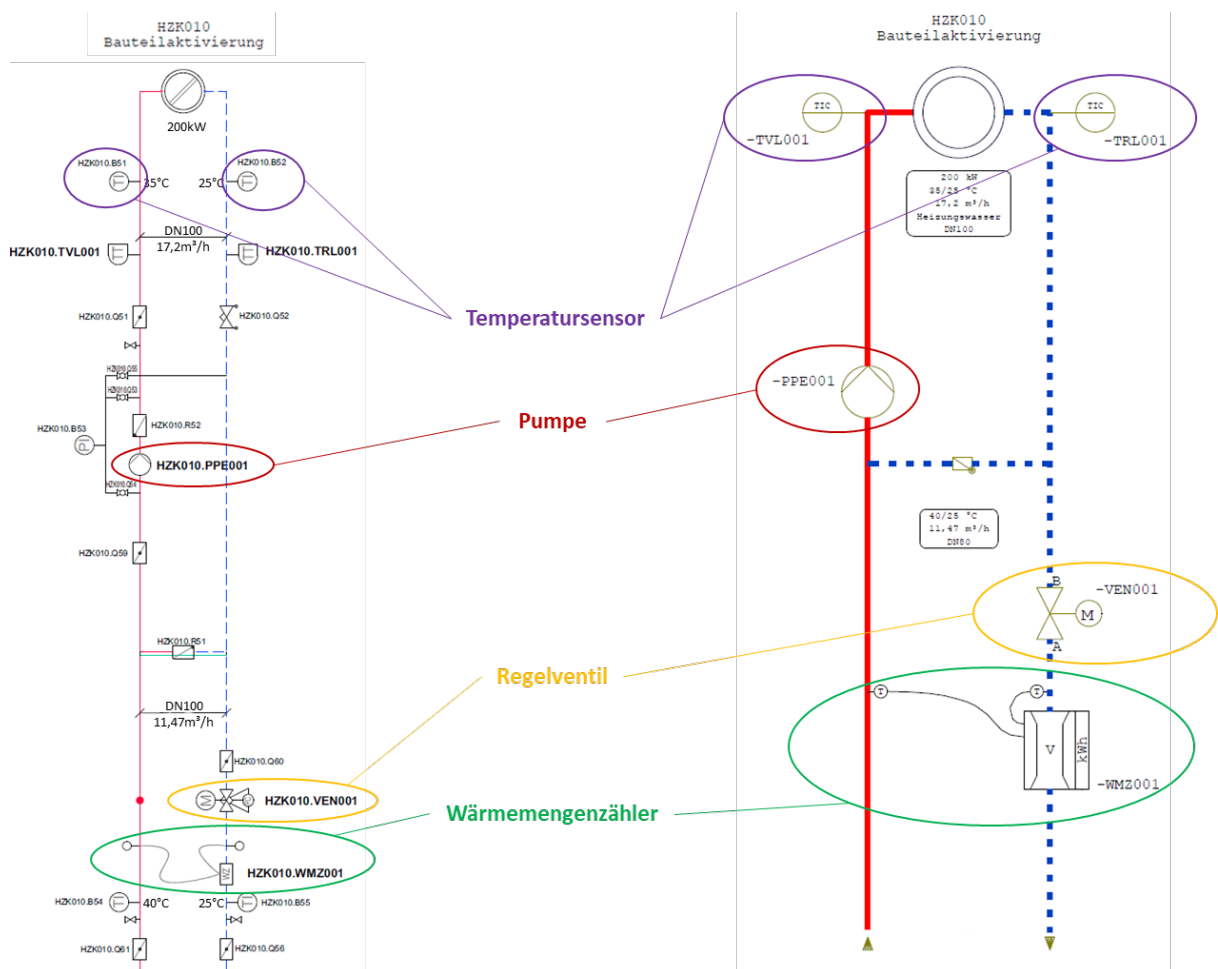


Abbildung 4: Übersicht Komponententypen einer Regelgruppe in der Heizungs- und Gebäudeautomationsplanung

Komponenten, wie Speicher, Erdwärme, Rohr-/Kanalleitungen, Wärmeübertrager, Wärmeverbraucher, usw. sind für die Planung der Gebäudeautomation nur indirekt relevant und werden in weiterer Folge nicht näher betrachtet.

Welche Properties für die Komponententypen wichtig sind, wurde vom Projekt MetaTGA abgeleitet und nur jene weiter berücksichtigt, die von der Konzeptplanung bis zur Übergabe an die Werks- und Montageplanung relevant sind.

Tabelle 1: Übersicht Properties für Regelgruppe Heizung

Properties	Komponententyp	Pumpe	Regelventil	Wärmemengenzähler	Temperatursensor	Temperatursensor
Digi-ID	HK010.PPE001	HK010.VEN001	HK010.WMZ001	HK010.TRL001	HK010.TVL001	
Bauteilindex	v01	v01	v01	v01	v01	
Klartextbezeichnung	Umwälzpumpe	Einwegregelventil	WMZ Bauteilaktivierung	RL-Temperatursensor	VL-Temperatursensor	
Status	Neu	Neu	Neu	Neu	Neu	
Raumnummer	E00.001	E00.001	E00.001	E00.001	E00.001	
AKS-Nummer	DIGI.E00.001-ASPO01-HZK010.PPE001	DIGI.E00.001-ASP001-HZK010.VEN001	DIGI.E00.001-ASP001-HZK010.WMZ001	DIGI.E00.001-ASP001-HZK010.TRL001	DIGI.E00.001-ASP001-HZK010.TVL001	
Umgebungsbedingungen	Innen	Innen	Innen	Innen	Innen	
Umgebungsbedingungen_Detail	-	-	-	-	-	
Einsatztemperaturbereich Umgebung [°C]	10/45 (min/max)	10/45 (min/max)	10/45 (min/max)	10/45 (min/max)	10/45 (min/max)	
Maximale Umgebungfeuchte rF	85	85	85	85	85	
Schutzart IEC/EN	IPx4D	*IP54	*IP42	*IP42	*IP42	
Einsatztemperaturbereich Medium [°C]	35/25	40/25	40/25	35/25	35/25	
Medium	Heizungswasser	Heizungswasser	Heizungswasser	Heizungswasser	Heizungswasser	
Nenndruck [bar]	PN6	PN6	PN6	PN6	PN6	
Einbaulage	vertikal	vertikal	*			
thermische Leitungs [kW]	200	200	200	200	200	
Einbaulänge [mm]	*	*	*	*	*	
Rohr-/Kanalabmessung [mm]	DN100	DN80	DN80	DN100	DN100	
Maximaler Volumenstrom [m³/h]	17,2	11,47	11,47	17,2	17,2	
Förderhöhe [mWS] (Min/Nenn/Max)	1/9,2/11,5					
Konstruktion	Nassläufer					
Wicklungsart Beschaltung	EC					
Energieeffizienzindex	0,18					
Elektr. Nennleistung [kW]	1,5	*	*			
Nennspannung [V]	230	24	230			
Netzversorgung	ASV	ASV	ASV			
Nennstrom [A]	6,91	*	*			
Anlaufstrom [A]	10,02	*	*			
Motorschutz	int.					
Laufüberwachung	-					
Reparaturschalter	-					
Bus Schnittstelle	-	-	Modbus RTU	-	-	
Armaturenform		Durchgang				
Anschlussart		Schraubverbindung Ausseingewinde				
Armaturenmechanismus		*				
maximal zulässiger Schließdruck [bar]		3,5				
maximal zulässiger Differenzdruck		21,03				
kvs berechnet [m³/h]		24,4				
Werkstoff Gehäuse	*	Rotguss				
Laufzeit Motor [s]		*160				
Laufzeit Notstellung [s]		*160				
Steuersignal		0-10V				
Hub [mm]		*15				
Drehmoment/Schubkraft [N]		*				
Handbetrieb		ja				
Messgröße			kWh	°C	°C	
Messbereich			*	-10/120	-10/120	
Messgenauigkeit			MID	Klasse 1,5	Klasse 1,5	
Messelement			andere	*Ni*PT1000	*Ni*PT1000	
Ausgangssignal			-	Passiv	Passiv	
Bauart Sensor/Auswerteeinheit			getrennt	kombiniert	kombiniert	
Montagezubehör/ Mediuanbindung			Zählerarmatur	Tauchhülse/Zug- entlastung/ Wärmeleitpaste Messing	Tauchhülse/Zug- entlastung/ Wärmeleitpaste Messing	
Schaltungsart			-	4	4	
Anschlusskabel [m]			*/*	*/*	*/*	
Zeitverhalten Wasser T63 [s]			*	*	*	
Sensorart			*	*	*	
Betriebsart 1	Q/Q100[%], V[m³/h]; 0, 0; 0, 0; 0, 0;	Q/Q100[%], V[m³/h]; 0, 0; 0, 0; 0, 0;	Q/Q100[%], V[m³/h]; 0, 0; 0, 0; 0, 0;			
Betriebsart 2	Q/Q100[%], V[m³/h]; 100, 17.2; 50, 17.2; 15, 17.2;	Q/Q100[%], V[m³/h]; 100, 17.2; 50, 8.6; 15, 2.58;	Q/Q100[%], V[m³/h]; 100, 17.2; 50, 17.2; 15, 17.2;			
Betriebsart 3	Q/Q100[%], V[m³/h]; 100, 17.2; 50, 17.2; 15, 17.2;	Q/Q100[%], V[m³/h]; 100, 17.2; 50, 8.6; 15, 1.55;	Q/Q100[%], V[m³/h]; 100, 17.2; 50, 17.2; 15, 17.2;			

Die wichtigste Eigenschaft einer jeder Komponente ist die **Digi-ID**, welche sich an das Anlagenkennzeichnungssystem gem. VDI 3814 anlehnt. Diese muss in jeder Planungssoftware bei der Komponente als eindeutige Identifikation eingegeben werden.

Die in der obigen Abbildung farblichen Markierungen beschreiben die Quelle der Daten. In der Planungsphase werden im Wesentlichen drei unterschiedliche Modelle in zwei verschiedenen Softwaretools erstellt. Information, die aus der Grundrissdarstellung kommen, werden in „GRÜN“ dargestellt. Dies umfasst z.B. die Raumnummer (wird aus dem Raumstempel, wo sich die Komponente befindet, automatisch generiert), die Umgebungsbedingungen (befindet sich die Komponente innen oder außen? Sind spezielle Umgebungsbedingungen – z.B. Ex-Schutz, etc. – gefordert, dann sind diese im Property „Umgebungsbedingungen_Detail“ genauer zu spezifizieren.

„Gelb“ werden alle Informationen, die im Zuge der Erstellung des Heizungsschema zu definieren sind, dargestellt. Darunter fallen Angaben zur thermischen Leistung, Festlegung der Systemtemperaturen, Rohrdimensionen, Medium, usw.

„Orange“ werden die Informationen dargestellt, die durch den Gebäudeautomationsplaner zu definieren sind. GA-Planer:innen bauen auf die Informationen der HT-Planung auf und ergänzen die für die Regelung relevanten Informationen. Z.B. welche Sensoren in welcher Genauigkeitsklasse sind erforderlich, von welchen Spannungssystem werden HT-Komponenten, wie z.B. Umwälzpumpen, versorgt, Festlegung des Anlagenkennzeichnungssystem.

D.h. alle für die W&M-Planung Gebäudeautomation relevanten Daten werden in den Properties gesammelt. Wird ein Property mit „*“ ausgefüllt, dann bedeutet es, dass die Entscheidung der Ausführung im Zuge der W&M-Planung und somit beim ausführenden Unternehmen liegt.

Das Datenmodell soll alle Informationen aus den Unterschiedlichen Planungstools sammeln und überprüfen.

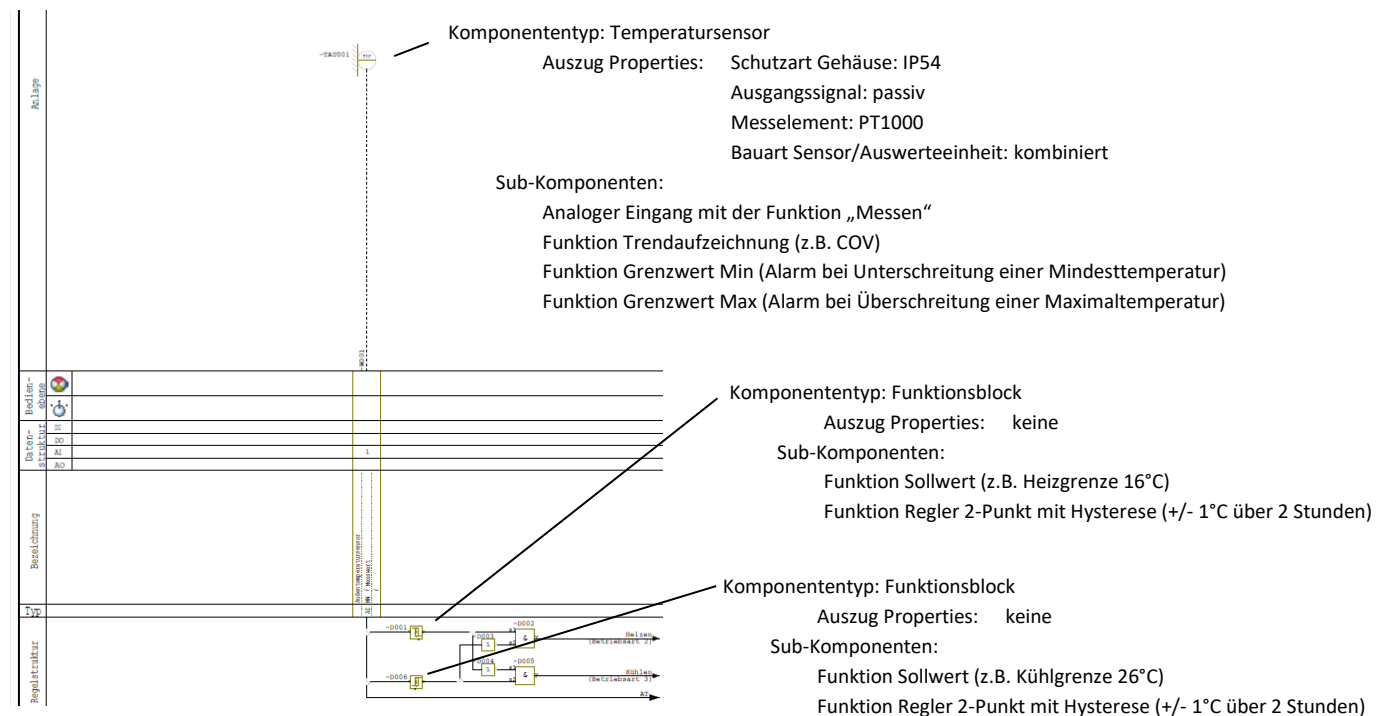


Abbildung 5: Darstellung von Steuerungs- und Regelungsfunktionen

Für die Darstellung der Steuerungs- und Regelfunktionen wird als Basis die VDI 3814 herangezogen. Entgegen der Norm wird nicht jede Funktion als eigener Funktionsblock dargestellt, sondern mehrere Funktionen in einem Block (Makro) zusammengefügt.

Unter Sub-Komponenten werden im Projekt alle Funktionen, die für die Gebäudeautomation relevant sind, dargestellt. Zur Beschreibung der Funktionen wird die VDI 3814 herangezogen.

Als Demo für den Datenaustausch wurde das folgende Heizungsschema herangezogen. Dabei wird die Heizungsanlage in kleine Funktionsgruppen unterteilt. Jeder dieser Funktionsgruppen („Sub“-Anlagen) kann unterschiedliche Aufgaben erfüllen. So kann z.B. eine Regelgruppe zum Heizen und in einem anderen Betriebsmodus zum Kühlen (Tempertieren) herangezogen werden.

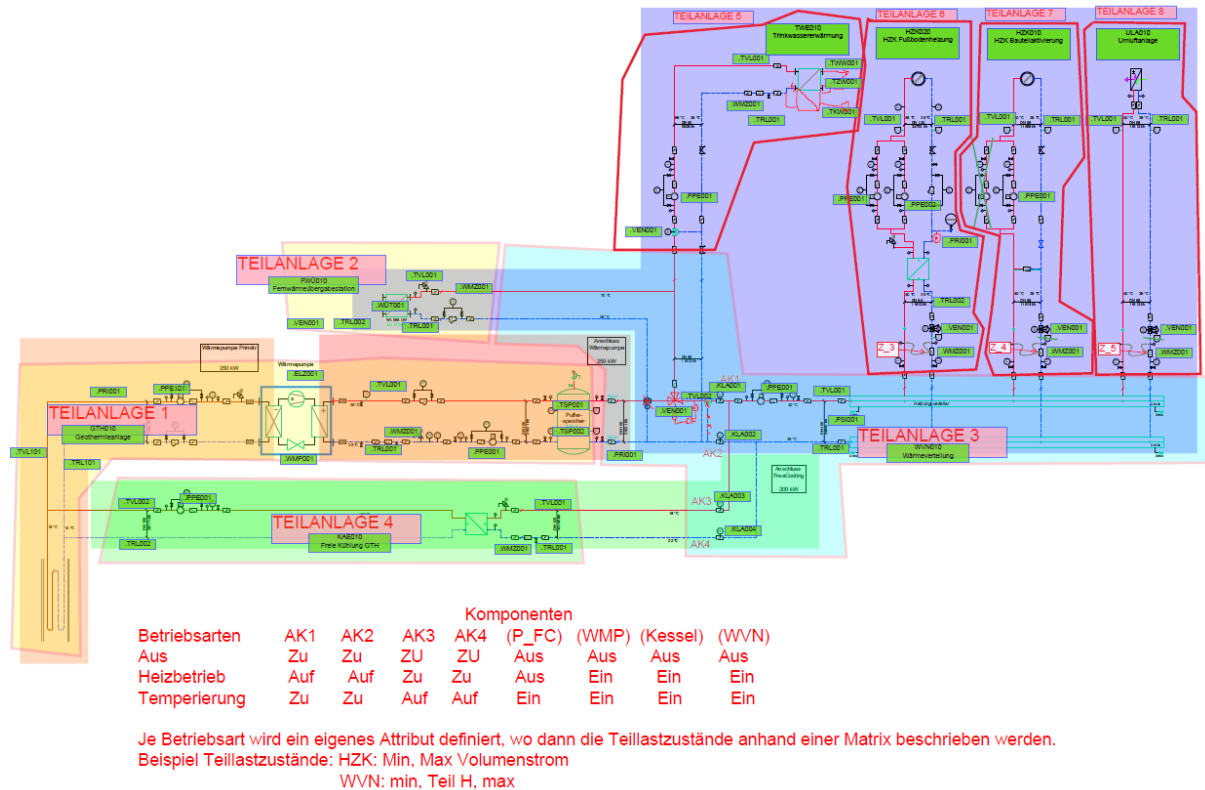


Abbildung 6: Hydraulikschema der Demo-Heizungsanlage aufgeteilt in Funktionsgruppen

Dabei kristallisieren sich bei der oberen Anlage drei unterschiedliche Betriebsarten heraus.

- Betriebsart 1: Anlage Aus (kein Heiz- oder Kühlbetrieb)
- Betriebsart 2: Heizen (Wärmepumpe und Fernwärmeumformer sind in Betrieb)
- Betriebsart 3: Temperierung (Freie Kühlung über Geothermie)

Bei der Betriebsart 2 erfolgt die Wärmeversorgung primär über die Wärmepumpe. Erst wenn die Abnahmeleistung größer ist als die der Wärmepumpe, wird durch die Fernwärme die restliche Energie zur Verfügung gestellt. Gleichzeitig dient der Fernwärmeanschluss zum Nachheizen für die Warmwasserbereitung.

In der Betriebsart 3 ist die Wärmepumpe nicht in Betrieb. Die Warmwasserbereitung erfolgt nur über den Fernwärmeumformer. Die Regelgruppe für die Bauteilaktivierung wird für die Kühlung/Temperierung herangezogen. Als Wärmesenke wird die Geothermie über den Free Cooling Wärmetauscher genutzt.

In der Regel werden diese Betriebsarten verbal beschrieben oder versucht mit Schemen (siehe nachfolgende Kapitel) darzustellen. Damit die Betriebsarten eindeutig übermittelt werden können,

ist je Betriebsart ein eigenes Attribut angelegt. In diesem Attribut wird für jede Komponente der erforderliche Zustand für die Betriebsart definiert.

Die Betriebsarten werden mit Hilfe einer Matrix definiert. Dabei wird in der ersten Zeile einer Matrix die Größe und Einheit definiert und in den Zeilen darunter eine beliebige Anzahl an Betriebspunkten angeführt. In unserem Beispiel werden 3 Betriebspunkte je Komponenten definiert. So wird der Betriebspunkt bei 50% Leistung, der Betriebspunkt bei Nennleistung als 100% und der Betriebspunkte bei der zu erwartenden minimalen Teillast (z.B. durch die Vorgabe der Heizgrenze) angeführt. Siehe dazu auch das Kapitel Teillastverhalten (5.2.2).

Als Beispiel wird in der nachfolgenden Tabelle der Betriebspunkt der Umwälzpumpe im Regelkreis der Fußbodenheizung angeführt. Aus den Tabellen ist ersichtlich, dass die Umwälzpumpe nur im Heizbetrieb (Betriebsart 2) aktiv ist.

Tabelle 2: Attributinhalt Betriebsart 1,2,3 der Pumpe Betonkernaktivierung

Betriebsart 1 (Aus)

Q/Q100 [%]	V [m³/h]
100	0
50	0
15	0

Betriebsart 2 (Heizen)

Q/Q100 [%]	V [m³/h]
100	17,2
50	17,2
15	17,2

Betriebsart 3 (Temperierung)

Q/Q100 [%]	V [m³/h]
100	0
50	0
15	0

5.2.2. Teillastberechnung

Im Arbeitspaket zur Teillastberechnung wurde eine vereinfachte Berechnungsmethodik ohne dynamische Simulation zur Festlegung von Teillastzuständen entwickelt. Dazu wurden im ersten Schritt ausgehend von einer simulationsbasierten Studie zur Frequenzverteilung von Teillastverhältnissen für Raumheizung und -kühlung der Einfluss verschiedener Parameter auf die Verteilung der Teillastverhältnisse analysiert und einfache Formeln zur Schätzung der Anzahl von Stunden in bestimmten Bereichen von Teillastverhältnissen ohne Simulation festgelegt.

In weiteren Ergebnisanalysen werden die simulierten Teillastverhältnisse in fünf Bereiche gleicher Breite diskretisiert. Aus den Ergebnissen kann abgeleitet werden, dass Teillastverhältnisse unter 20 % einen hohen Anteil der Betriebsstunden ausmachen - meistens zwischen 35 % und 50 %. Der Heizbetrieb bei Lastverhältnissen über 80 % macht 6 % bis 15 % (im Durchschnitt 9 %) des jährlichen Heizbedarfs aus.

Zudem kann ein Wert der Heizgrenztemperatur aus Simulationen abgeleitet werden, indem eine lineare Beziehung zwischen Außentemperatur und Heizlast (für den Bereich, wo die Heizlast positiv ist) durch lineare Regression berechnet wird, wie z. B. in Abbildung 7 dargestellt. Der Achsenabschnitt der Regressionsgerade entspricht einer Heizgrenztemperatur.

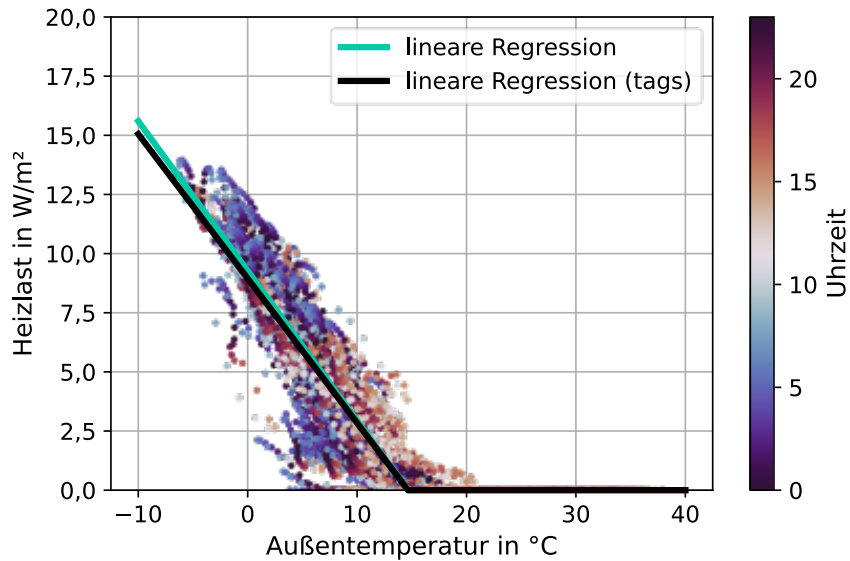


Abbildung 7: Heizlast gegen Außentemperatur (Stundenwerte) für eine Variante mit konstantem Raumtemperatur-Sollwert

Die Simulationsergebnisse bzw. die daraus abgeleitete vereinfachte Berechnung wurde mit Energiedatenauswertungen verglichen. In Abbildung 8 sind die Ergebnisse zusammengefasst: zu erkennen ist der unterschiedliche Sommer- und Winterverlauf. Zur Visualisierung wurden jeweils die Monate Jänner bis Mai und Oktober bis Dezember (Winter) rot dargestellt und die Monate Mai bis Oktober (Sommer) in blau. In dem Diagramm zeigt sich eine Maximalleistung von rund 40 W/m² bei einer Außenlufttemperatur von -12,4 °C (minimal gemessene Außenlufttemperatur im Messzeitraum). Die Leistungsspitzen von bis rd. 60 W/m² treten bei moderateren Außenlufttemperatur auf. Zu erkennen ist auch, dass es im Übergangsbereich zwischen Sommer und Winter (bei Außenlufttemperaturen von rd. 15 °C) zu Leistungsspitzen kommt.

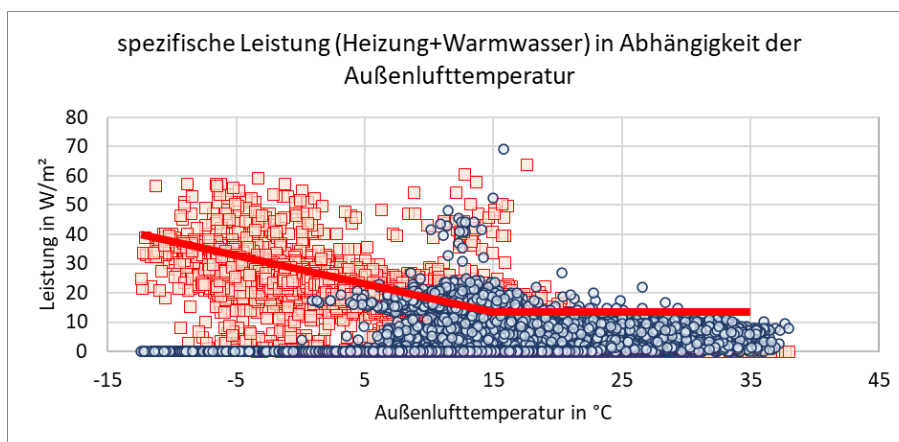


Abbildung 8: Leistung in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur für die Jahre 2014 bis 2018; rot entspricht Monate Jänner bis Mai und Oktober bis Dezember | blau entspricht Monate Mai bis Oktober

Bei der Anwendung hat sich herausgestellt, dass die benötigten Parameter zur vereinfachten Berechnung relativ umfangreich sind bzw. in frühen Planungsphasen – in denen die meisten Entscheidungen getroffen werden – noch nicht bekannt sind, daher wurde eine weitere Vereinfachung durchgeführt. Aus den Bedarfsberechnungen wurden außenlufttemperaturabhängige Teillastpunkte abgeleitet. Im Rahmen des Projektes wurde die vereinfachte Berechnung des Jahresenergieverbrauches basierend auf den drei Betriebspunkte – Auslegung (100%) / moderate Leistung (50%) / Heizgrenze (15%) – aufgebaut.

Nachfolgend sind ausschnittsweise entstandene Kennfelder bzw. daraus ableitbare Kennzahlen für die vermessene Kältemaschine (Abbildung 9), sowie die daraus resultierende Effizienz in Abhängigkeit der Systemgrenzen (Abbildung 10) dargestellt. Folgende Hauptaussagen können daraus abgeleitet werden:

- Maximalleistungen der Kältemaschine bei einer Außenlufttemperatur von 20 °C (bei höheren Außentemperaturen sind 2 Maschinen in Betrieb)
- Abhängigkeit der Effizienz der Kältemaschine von der Kühlwassereintrittstemperatur
- mittlerer EER bei Systemgrenze 1: rd. 6 / mittlerer EER bei Systemgrenze 2: rd. 4,5

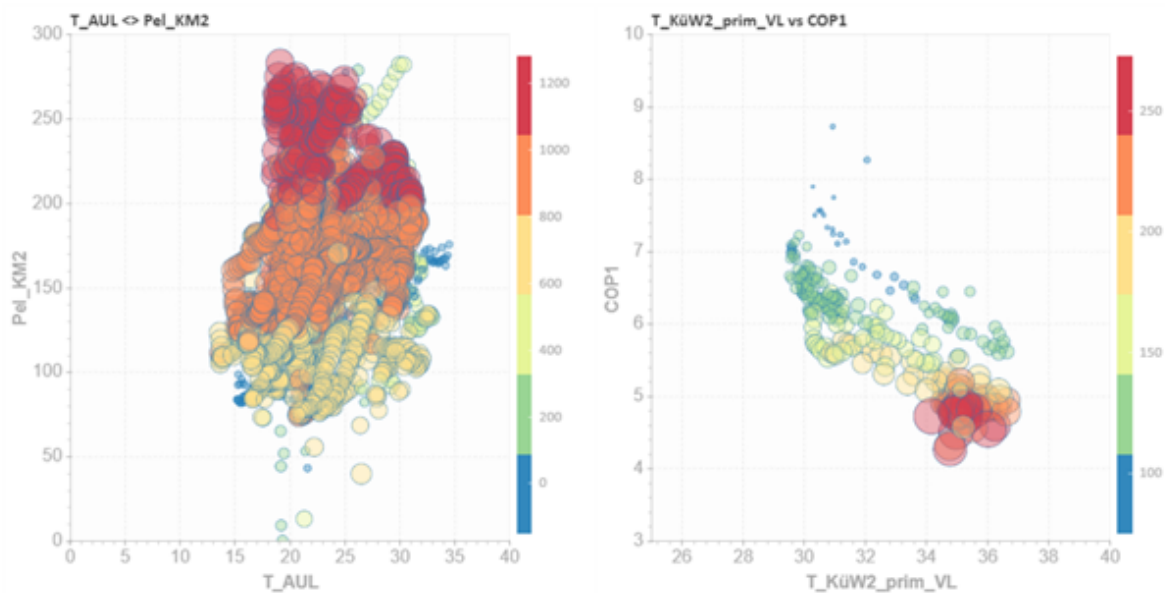


Abbildung 9: beispielhafte Kennfelder Kältemaschine; links el. Leistungsaufnahme in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur; Farbskalierung: Kälteleistung / rechts: EER in Abhängigkeit der Kühlwassereintrittstemperatur; Farbskalierung: el. Leistungsaufnahme der Kältemaschine

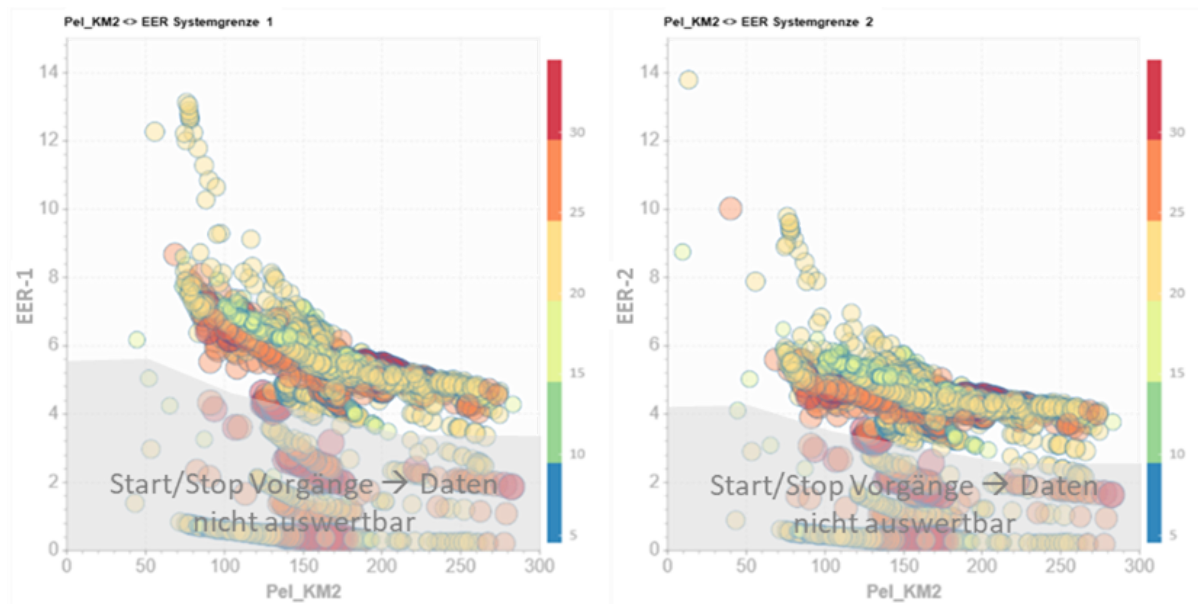


Abbildung 10: beispielhafte Kennfelder Effizienz der Kältemaschinen in Abhängigkeit der Systemgrenzen; links: Systemgrenze 1 (Betrachtungsgrenze Kältemaschine – mittlerer EER rund 6 / rechts: Systemgrenze 2 (Betrachtungsgrenze Kälteerzeugung – mittlerer EER 4,5)

Basierend auf Energiedatenauswertungen wurden vereinfachte Berechnungsmodelle entwickelt, die Vorhersagen von Teillastzuständen unter bestimmten Betriebspunkten erlauben und damit einfache Verbrauchsabschätzungen anhand der Außenlufttemperatur sowie die Effizienzwerte von Wärmepumpen / Kompressionskältemaschinen in Abhängigkeit des Carnot-Faktors und des Gütegrades bestimmen.

Berechnungsschritte vereinfachte Bedarfsberechnung

In einem ersten Schritt wurde die Auslegungsleistung für die Wärmepumpen optimiert. Bekannt ist, dass die Heizungsanlagen häufig überdimensioniert ausgelegt sind. Eine Überdimensionierung hat sowohl negative Auswirkung auf die Investkosten als auch auf die laufenden Kosten durch eine verringerte Energieeffizienz im Teil-/Schwachlastbetrieb. Als wesentlicher Schritt in Richtung nachhaltigen, zukunftsweisenden und klimaneutralen Energieversorgungskonzepten wird eine möglichst passgenaue/realitätsnahe Dimensionierung der Heizungsanlagen gesehen, um auch im Betrieb einen signifikanten Beitrag zur Energiewende leisten zu können. Gerade im Hinblick auf den Einsatz von Wärmepumpen, bei denen eine Überdimensionierung nicht nur zu ineffizienter Betriebsweise, sondern auch zur Reduktion der Lebensdauer führt.

Grundsätzlich ist ein linearer Zusammenhang zwischen Außenlufttemperatur und Heizlastberechnung gegeben. Um das Reduktionspotential der Heizlast zu ermitteln, wurde einerseits anhand der Heizlast gemäß ÖNORM H 7500-1 (2015) eine Parameterstudie, um die Auswirkung einzelner Parameter zu erkennen, sowie eine dynamische Simulationsberechnung (EnergyPlus 9.5) durchgeführt.

In Abbildung 11 sind die Ergebnisse zusammenfassend gegenübergestellt. Zu erkennen ist, dass gemäß dynamischer Simulationsberechnung ein Reduktionspotential der Heizleistung von bis zu 50 % erkennbar ist.

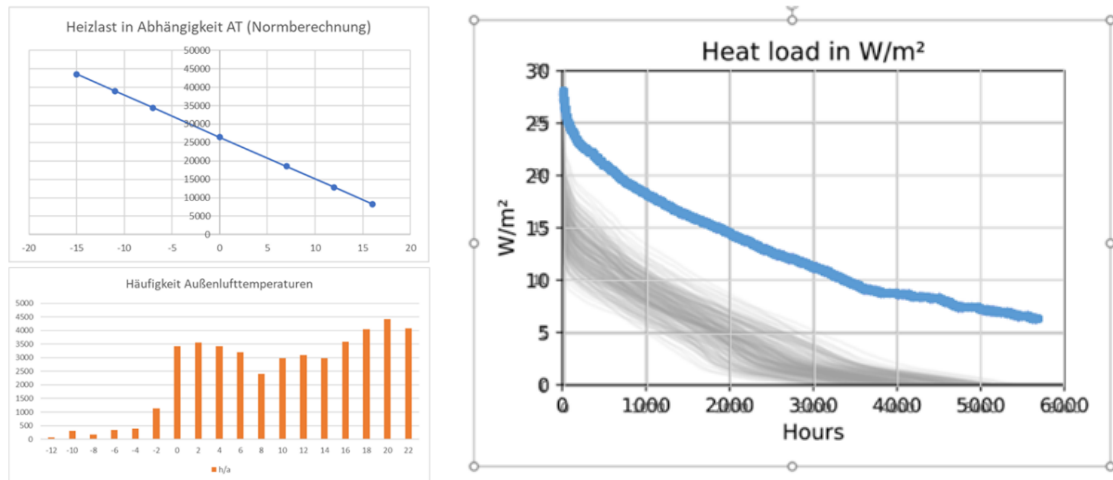


Abbildung 11: linke Abbildung: Heizlast in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur und Häufigkeit der Außenlufttemperatur; rechte Abbildung: Gegenüberstellung Normheizlast (blaue Linie) und Ergebnis der dynamischen Simulationsberechnungen (graue Linien)

Um eine Jahresenergieberechnung durchführen zu können, wurde die Berechnungsmethode für weitere Auslegungspunkte bspw. wärmere Temperaturen über den Gütegrad und Carnot verwendet. Zusammenfassend sind die Ergebnisse in Abbildung 12 einmal für Datenblattwerte bei unterschiedlichen Vorlauftemperaturen (linke Abbildung) und einmal für die Berechnung auf Basis von Herstelleranfragen (rechte Abbildung) für Scrollverdichter dargestellt. Zu erkennen ist, dass sich der Gütegrad bei steigenden Außentemperaturen signifikant verändert und damit speziell in der Sommerbetrachtung (z.B. Warmwasserbereitung) berücksichtigt werden muss.

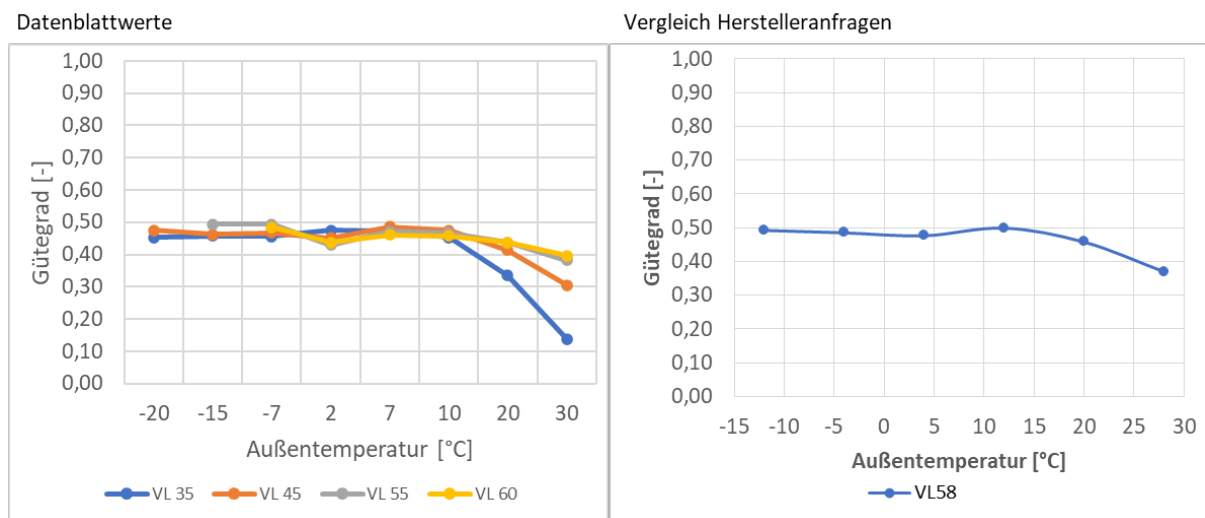


Abbildung 12: Gütegrad in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur für Scrollverdichter

Beispielberechnung „Testschema“

Die Detailanalysen haben gezeigt, dass eine Vereinfachung der Berechnung auf Basis von folgenden Kenngrößen realisierbar ist:

- Außentemperatur
- Vorlauftemperatur

- Gütegrad (bei Wärmepumpen / Kompressionskältemaschinen)

Die Berechnungsmethodik wurde auf Basis eines Testschemas / Beispielgebäudes entwickelt und getestet. Die Wärmeversorgung wird geteilt über Fernwärme und eine Geothermie-Wärmepumpe bereitgestellt. Die Abnehmer teilen sich in Heizungsabnehmer (Niedertemperatur), Heizregister von Lüftungsanlagen und Warmwasserentnahme (Hochtemperatur). Damit wird ein System mit einem Versorgungsmix und unterschiedliche Temperaturniveaus in der Wärmeabnahme als Entwicklungsschema herangezogen, um eine möglichst breite Wiederverwertbarkeit abzudecken.

Im ersten Schritt wurden die zugehörigen Teillastfälle für den Heizbetrieb definiert:

- 3x Außenlufttemperatur: Auslegung/moderat/Heizgrenze --> (15%/50%/100%)
- 2x Warmwasserbereitung: Nachladung/keine Nachladung
- 2x Lüftungsanlagen: Betrieb/kein Betrieb

Im nächsten Schritt erfolgt die Berechnung der Leistung je Heizkreisabgang, diese wird am Verteiler festgelegt und kann nach folgenden Hauptkriterien zusammengefasst werden:

- Statische Heizflächen:
 - Heizleistung linear nach Außentemperatur
 - Vorlauftemperatur (T_VL) nach Heizkurve
 - Rücklauftemperatur (T_RL) konstant
- Lüftungsanlagen:
 - Heizregister-Leistung als Funktion von Außentemperatur (AT), Zulufttemperatur (ZUL), Wärmerückgewinnungsgrad (WRG), 100%Volumenstrom
 - Vorlauftemperatur (T_VL), Rücklauftemperatur (T_RL) konstant

Der Leistungsbedarf für das Warmwasser wird in einer Nebenrechnung in Abhängigkeit des Wasserbedarfs (Anzahl der Personen und Annahme zu täglichem Warmwasserbedarf) und der Speichergröße ermittelt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 13 zusammenfassend dargestellt.

Tagesmenge WW		12000 l/d	Pufferspeicher		1000 L		
Max. Leistung		35,0 kW					
Stunde	Tagesprofil Wochentag	Warmwasser menge je h	geladenes Puffervolumen	Nachlade- leistung	Nachgeladene Wassermenge		
1	0,9%	108 l/h	4 kW	1000 L	4,4 kW	108 l/h	
2	0,3%	36 l/h	1 kW	1000 L	1,5 kW	36 l/h	
3	0,2%	24 l/h	1 kW	1000 L	1,0 kW	24 l/h	
4	0,1%	12 l/h	0 kW	1000 L	0,5 kW	12 l/h	
5	0,4%	48 l/h	2 kW	1000 L	2,0 kW	48 l/h	
6	3,5%	420 l/h	17 kW	1000 L	17,1 kW	420 l/h	
7	9,8%	1176 l/h	48 kW	683 L	35,0 kW	859 l/h	
8	8,0%	960 l/h	39 kW	582 L	35,0 kW	859 l/h	
9	6,7%	804 l/h	33 kW	638 L	35,0 kW	859 l/h	
10	4,8%	576 l/h	23 kW	921 L	35,0 kW	859 l/h	
11	4,3%	516 l/h	21 kW	1000 L	24,2 kW	595 l/h	
12	4,2%	504 l/h	21 kW	1000 L	20,5 kW	504 l/h	
13	6,1%	732 l/h	30 kW	1000 L	29,8 kW	732 l/h	
14	5,3%	636 l/h	26 kW	1000 L	25,9 kW	636 l/h	
15	3,3%	396 l/h	16 kW	1000 L	16,1 kW	396 l/h	
16	2,9%	348 l/h	14 kW	1000 L	14,2 kW	348 l/h	
17	3,1%	372 l/h	15 kW	1000 L	15,2 kW	372 l/h	
18	5,4%	648 l/h	26 kW	1000 L	26,4 kW	648 l/h	
19	7,6%	912 l/h	37 kW	947 L	35,0 kW	859 l/h	
20	7,9%	948 l/h	39 kW	858 L	35,0 kW	859 l/h	
21	6,1%	732 l/h	30 kW	986 L	35,0 kW	859 l/h	
22	4,4%	528 l/h	22 kW	1000 L	22,1 kW	542 l/h	
23	2,5%	300 l/h	12 kW	1000 L	12,2 kW	300 l/h	
24	2%	264 l/h	11 kW	1000 L	10,8 kW	264 l/h	
		100,0%	12000 l/d	488,83 kWh/d		35,0 kW	12000 l/d

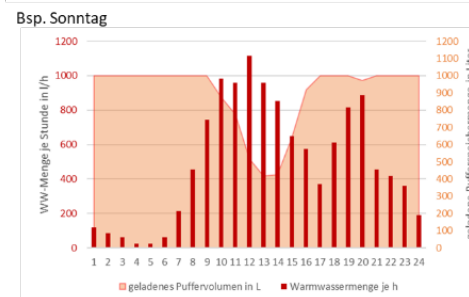
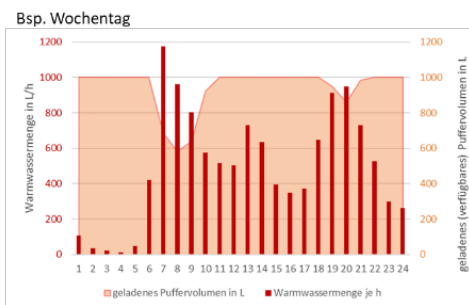


Abbildung 13: Nebenrechnung Leistungsbedarf Warmwasserbereitung

Die Leistungen für Warmwasserbereitung, die Heizleistung für statische Heizflächen und für die Heizregister der Lüftungsanlagen werden in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur zugeordnet und die im Jahr auftretende Häufigkeit bestimmt. Zusammenfassend sind die Ergebnisse in Abbildung 14 dargestellt. Zu erkennen ist, dass die statischen Heizflächen (rot) den größten Anteil an der erforderlichen Heizleistung ausmachen und stark Außentemperaturabhängig sind. Die hohen Leistungen sind an wenigen Stunden des Jahres erforderlich. Die Heizgrenze liegt bei einer Außenlufttemperatur von rund 12 °C. Die Lüftungsanlagen (violett) machen einen deutlich geringeren Anteil an der Gesamtleistung aus, und bei 20 °C Außenlufttemperatur ist keine Leistungsanforderung mehr gegeben. Die Warmwasserbereitung (orange) stellt eine konstante Bandlast über das gesamte Jahr dar.

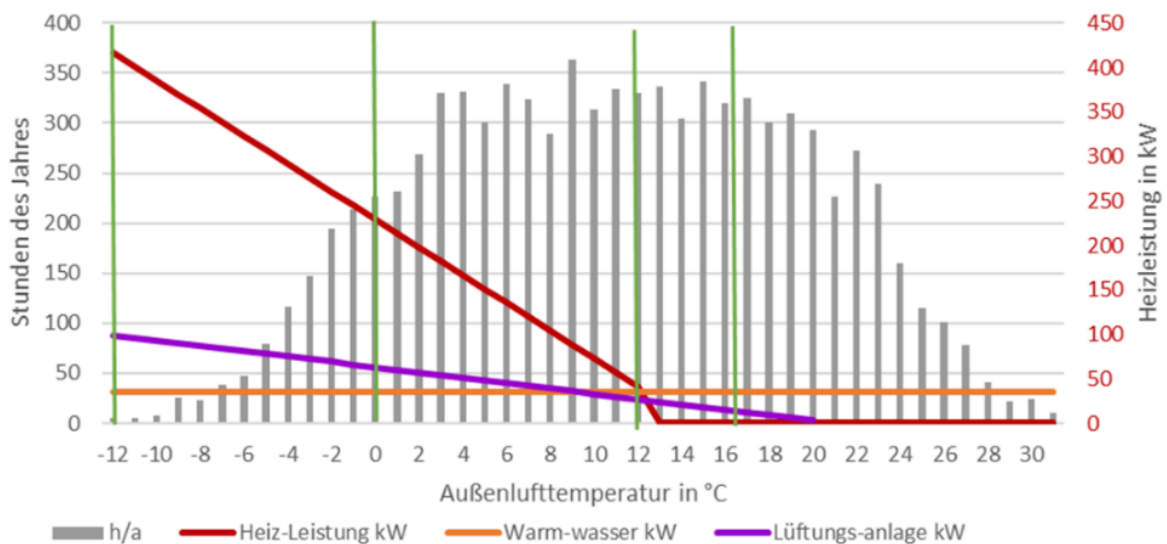


Abbildung 14: Leistungsanforderungen statische Heizflächen, Lüftungsanlagen und Warmwasserbereitung in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur inkl. Darstellung der auftretenden Häufigkeit.

Auf Basis des Beispielprojektes wurden die definierten Attribute getestet und teilweise angepasst bzw. ergänzende Anforderungen definiert. Nach endgültiger Bestimmung aller Attribute ist vorgesehen, diese in ein Plancal-ReadIn-Format umzuwandeln und als nächsten Schritt eine Verlinkung zur Property List herzustellen.

Für den Bereich der Teillastberechnungen konnte gezeigt werden, dass eine vereinfachte Jahresenergiebedarfsberechnung auf Basis von Außenlufttemperatur sowie die Effizienzwerte von Wärmepumpen / Kompressionskältemaschinen in Abhängigkeit des Carnot-Faktors und des Gütegrades möglich sind.

Daraus können KPI's in Form von Kennzahlen (z.B. Jahresarbeitszahl (JAZ)) für unterschiedliche Betriebspunkte festgelegt und weitergegeben werden (siehe auch Kapitel 5.4.3). Damit wurde eine Möglichkeit geschaffen, Kennzahlen über das digiaktiv-Modell aus der Planung für ein Anlagenmonitoring im Betrieb zu übernehmen.

5.2.3. Visualisierung der Betriebszustände

Die Interaktive Darstellung im 2D-TGA-Schema, mit dem wesentlichen Ziel unterschiedliche Betriebszustände zu visualisieren, wurde durchgeführt. Im Zuge der Entwicklung wurden unterschiedliche Ansätze getestet, wobei die Berechnung im Auslegungszustand erfolgt, beispielhaft sind hier die beiden wesentlichen Wege zusammengefasst.

Auf Basis von Zieldefinitionen, die beispielhaft in Abbildung 15 dargestellt sind, wurden die wesentlichen Inhalte, der Visualisierung fixiert und im nächsten Schritt an den Umsetzungsvarianten gearbeitet.

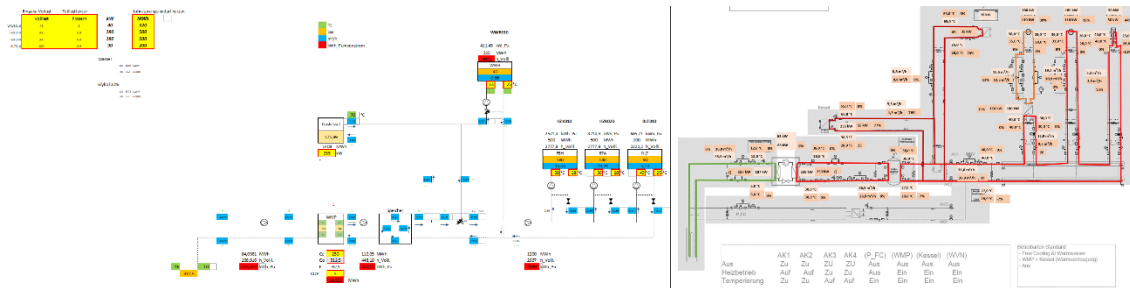


Abbildung 15: Skizzen Zieldefinition interaktives Schema

Option 1: Für die Darstellung können eigene Layer verwendet werden, dazu muss die Polylinie über einen eigenen Layer gezeichnet werden (siehe Abbildung 16).

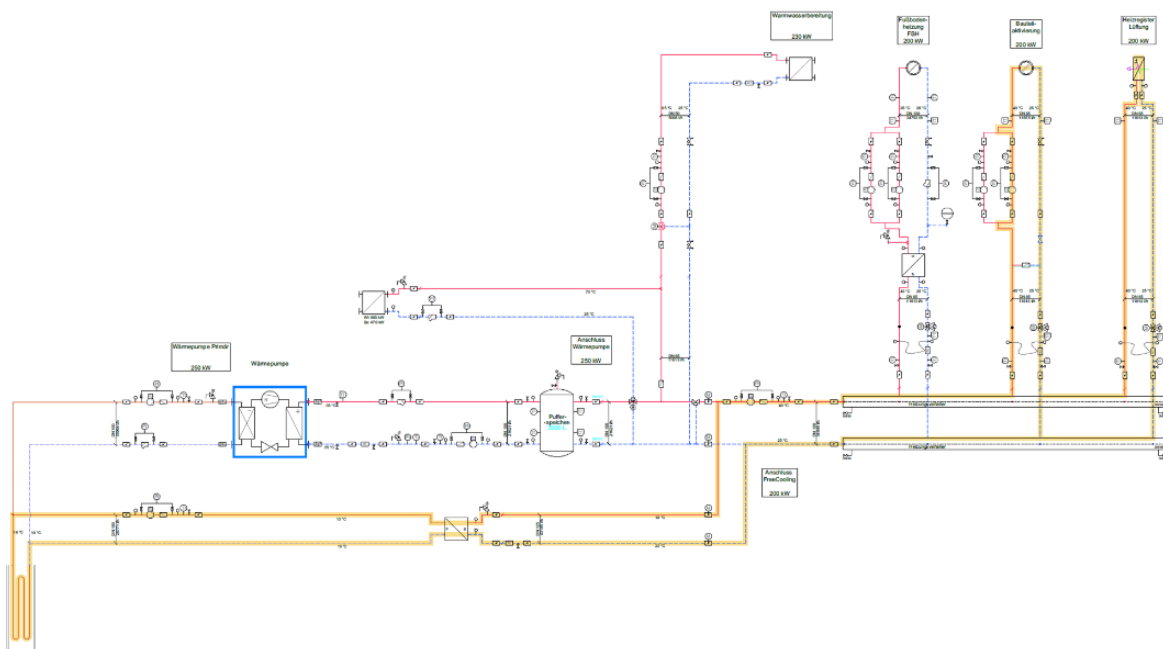


Abbildung 16: Darstellung Betriebsmodi über eigene Layer

Option 2: Für eine Darstellung können Teillastzustände im Programm importiert werden. Der Vorteil dieser Option ist, dass die normierten Farben vom Schema erhalten bleiben und dieses dadurch leichter lesbar bleibt (siehe Abbildung 17). Der wesentliche Nachteil ist, dass die Intelligenz und damit auch die Berechnungsoption verloren geht und damit wurde diese Option im Zuge des

Forschungsprojektes verworfen. Eine Diskussion, um die Funktionalität zu erhalten, sollte in weiterer Folge mit dem Softwarehersteller erfolgen, dies war nicht Teil des Forschungsprojektes.

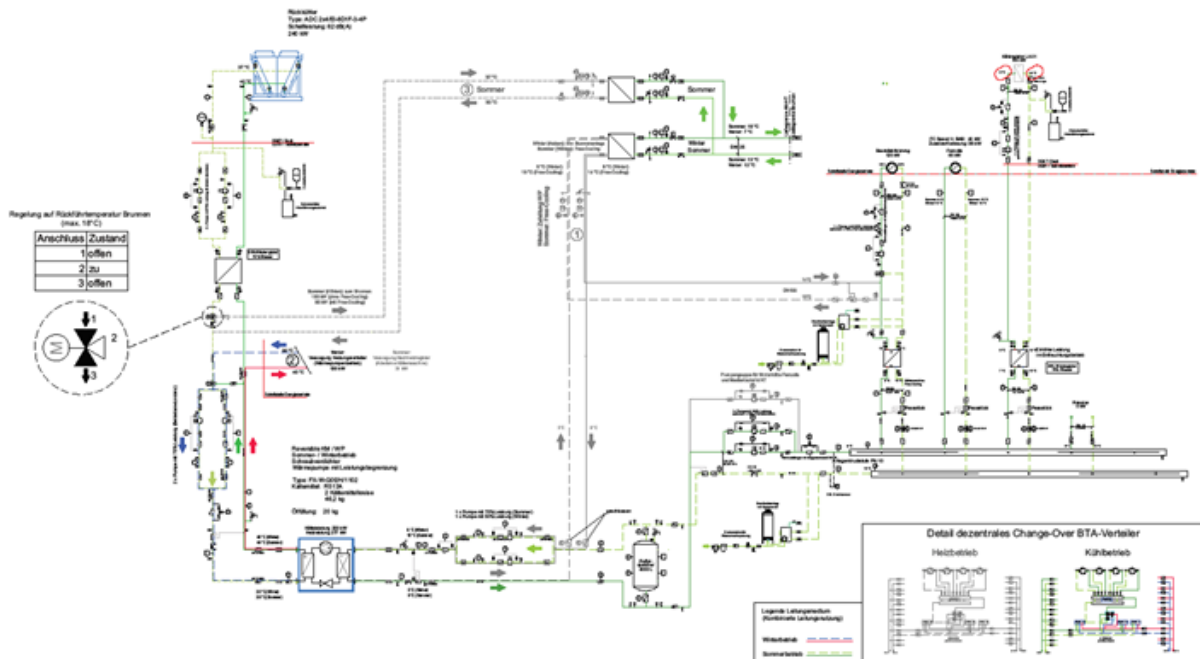


Abbildung 17: Darstellung Betriebsmodi über Import von Teillastzuständen

Option 3: Der alternative Darstellungsweg, um die Intelligenz des Schemas zu erhalten ist die Darstellung über Attribute, wobei jede Komponente ein Attribut je Betriebsmodus erhält. Der wesentliche Nachteil ist, dass die normierte Farbgebung (bspw. rot für den Heizungsvorlauf und blau für den Heizungsrücklauf) verloren geht und die aktiven Komponenten in einer Farbe (siehe Abbildung 18 in orange) dargestellt werden. Auch hier sollte eine Diskussion zur optimierten Darstellung in weiterer Folge mit dem Software-Hersteller erfolgen, diese war nicht Teil dieses Forschungsprojektes.

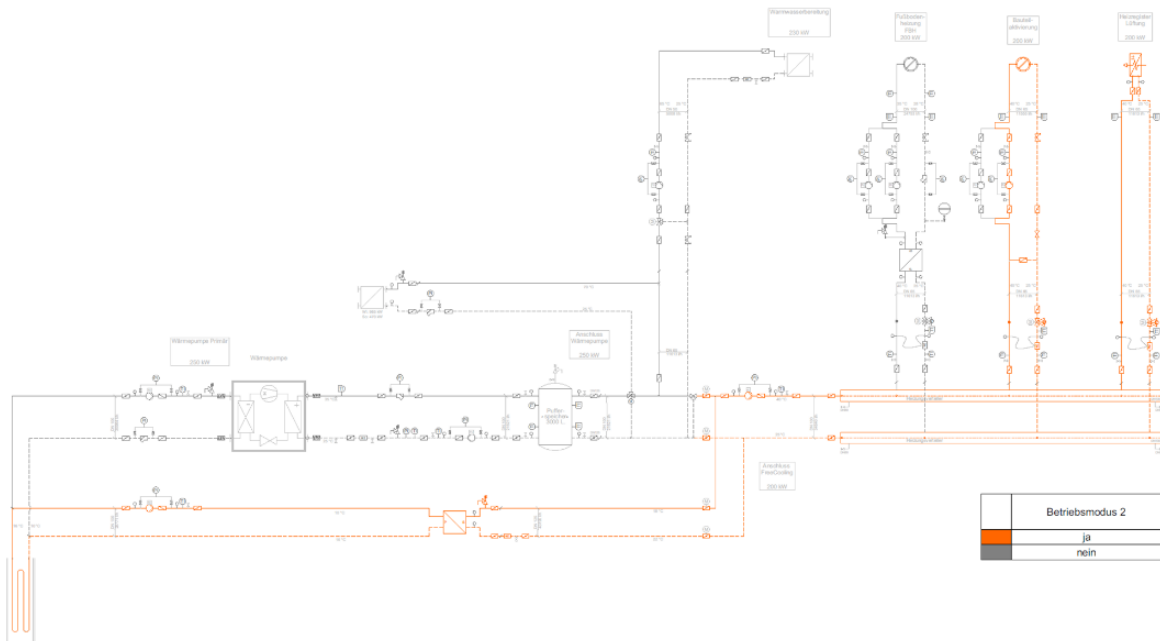


Abbildung 18: Darstellung Betriebsmodi über Attribute

In diesem Abschnitt wurden die grafischen Darstellungsmöglichkeiten dargestellt. Um einen maschinenlesbaren Ansatz zu gewährleisten, wurden die Betriebszustände je Komponente in einem eigenen Attribut beschrieben (siehe dazu Abschnitt „Property Liste“).

5.2.4. Automatisiertes Schema

Ziel war es, anhand von vordefinierten Parametern (z.B. hydraulische Schaltung, Leistung, Temperaturen) automatisch ein Schema inkl. Regelgruppen und aller benötigten Berechnungen zu generieren. Dieses Ziel konnte in einem semiautomatischen Prozess erfüllt werden. Es wurden standardisierten Musterregelgruppen (hydraulische Schaltungen) und Definitionsparameter (Leistung, Temperatur) anhand von Attributen erstellt. In der verwendeten Software „Trimble nova“ wird anhand der Musterregelgruppen ein berechenbares Schema durch den User aufgebaut. Anhand dieses Schemas und der Definitionsparameter kann die Berechnung der Komponenten erfolgen. Die Berechnung liefert unter anderem folgende Ergebnisse:

- Durchfluss
- Dimension
- Mischtemperaturen
- Druckverlust
- Förderhöhen

Insgesamt wurden vier Musterschaltungen erstellt:

- Drosselschaltung
- Regelgruppe
- Einspritzschaltung
- Regelgruppe mit Wärmetauscher

Die Software ermöglicht vereinfachte Berechnung, z.B. Drosselschaltungen, Regelgruppen inkl. Trennwärmetauscher zur Trennung der Systeme, Beimisch-Schaltungen. Die Berechnungsergebnisse (in türkis dargestellt) werden direkt an den erforderlichen Stellen angezeigt (siehe Abbildung 19).

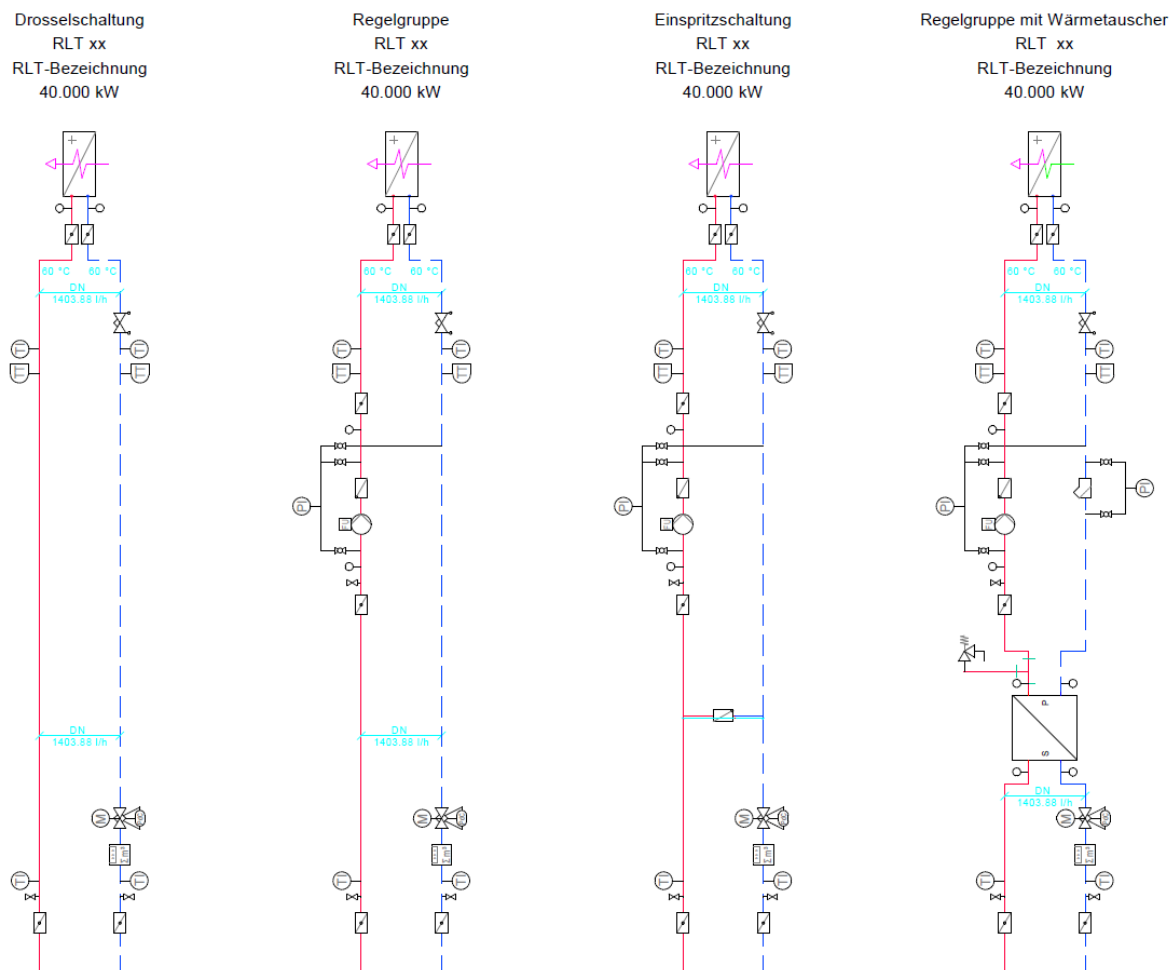


Abbildung 19: beispielhafte Darstellung der Regelschaltungen

Für komplexere Schaltungen wie die Einspritzschaltung muss die Regelgruppe mithilfe eines zusätzlichen virtuellen Wärmetauschers versehen werden, um eine Trennung zwischen primären und sekundären Regelkreis zu realisieren, anderenfalls erkennt das Programm Pumpen in Serie und kann keine Berechnung durchführen.

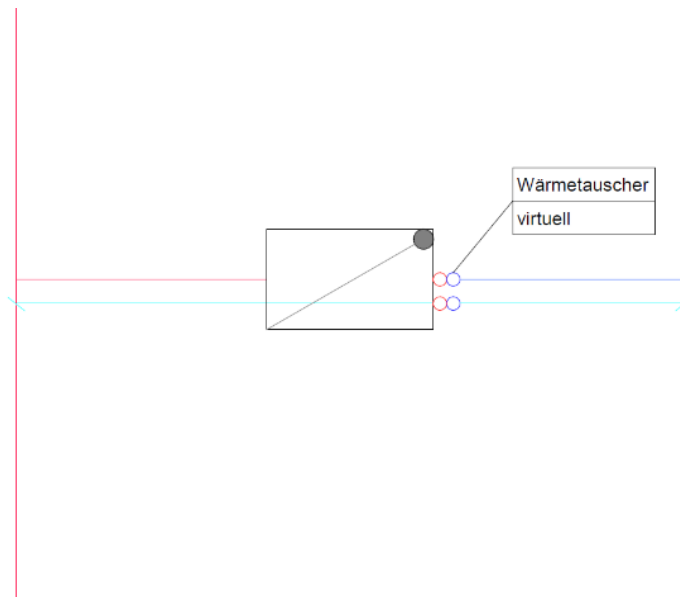


Abbildung 20: beispielhafte Darstellung virtueller Wärmetauscher bei Einspritzschaltungen

Die Definitionsparameter sind extern definierte Berechnungsparameter, welche für die Berechnung des Schemas essenziell sind. Diese sind:

- Vor- und Rücklauftemperatur
- Leistung
- Druckverlust der Verbraucher bzw. Summe des Druckverlustes im Sekundärnetz

Diese können anhand von externen Eingabemöglichkeiten, im Moment über txt- oder xml-Dateien, implementiert werden. Die Eingabe kann ebenfalls über eine Datenbank z.B. das digiaktiv-Datenmodell erfolgen. Die Übertragung der Attribute zu den einzelnen berechenbaren Komponenten der Regelgruppen muss in dem verwendeten Programm „Trimble nova“ durch den User / die Userin erfolgen. Die Berechnungsergebnisse können als txt- oder xml-Dateien, ausgespielt werden und in eine Datenbank z.B. das digiaktiv-Datenmodell eingespielt werden.

Zusätzlich wurde eine Kontrollinstanz und eine einhergehenden Qualitätssicherung in den Planungsprozess eingeführt. Hierzu werden die Attribute der zu berechnenden Parameter (Durchfluss, Dimension, Mischtemperaturen, Druckverlust) exportiert und mit Vergleichsrechnungen kontrolliert.

5.2.5. Die V+P Planungsabläufe seit Umsetzung des digiaktiv-Ansatzes

Die Schnittstellen sind im Kapitel 5.5.2 zusammenfassend dargestellt und es wurden die erforderlichen Daten und das Datenformat der Übertragung definiert. In Abbildung 21 sind die beiden Schnittstellen (hausintern zwischen HKLS und MSR und die Schnittstelle zwischen Planung und Ausführung) gekennzeichnet, die durch den digiaktiv-Ansatz automatisiert werden können.

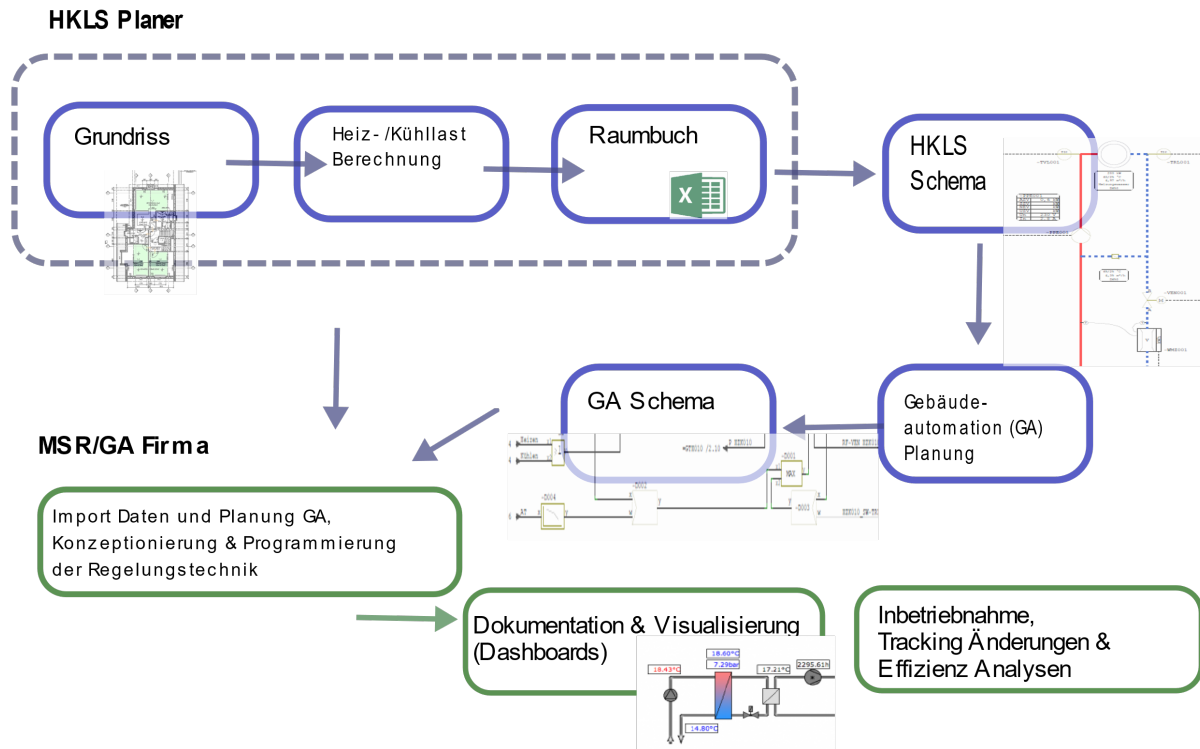


Abbildung 21: Schnittstelle HKLSA/GA-Planung mit MSR-Ausführung

Im Projektverlauf wurden folgende Punkte identifiziert, die für eine Machbarkeit erforderlich sind bzw. Vorteile sowie Problematiken darstellen:

- Zu Beginn der Planung wird eine eindeutige Digi-ID (interne AKS) pro Element als freies Attribut erfasst, diese stellt eine eindeutige Verbindung der Komponente da --> Freie Attribute ermöglichen die Verknüpfung der selben Komponente in unterschiedlichen Programmen (Trimble nova Grundriss, Trimble nova Schema, WS-Cad) und den Import weiterer Daten in Trimble nova. Durch die Möglichkeit des Ausspielens der Daten kann eine externe Qualitätskontrolle erfolgen.
- Externe Werte zur Berechnung z.B. Leistungen/Temperaturen können nicht importiert werden, diese müssen in Trimble händisch eingetragen werden.
- Attribute, z.B. Teillast, können nicht für die Berechnung herangezogen werden, da die Berechnung in Trimble Nova nur einen Wert (Volllast) berechnen kann. Daher wurde die Teillastberechnung in einem separaten Excel-Berechnungs-Sheet ausgelagert. Die Daten werden dann von dort ins digiaktiv-Modell eingespielt und können bei Bedarf ins HKLS-Schema importiert werden.

5.3. Optimierung der Umsetzung der MSR-Planung durch den digiaktiv-Ansatz am Beispiel von EAM

Die Definition / Schaffung der technischen Schnittstelle (Definition Datenstrukturen / Informationen) für eine automatisierte Übernahme und Interpretation von MSR-Planungsdaten aus der Führungsplanung in die Ausführungsplanung der Gebäudeautomationskomponenten wurde als erster Schritt durchgeführt. Hierzu wurden die erforderlichen Daten aus dem HKLS-Strang-Schemata & MSR-Schemata, sowie der GA-Funktionsliste definiert und in weiterer Folge eine entsprechende Typisierung und Parametrierung der einzelnen Bauteile vorgenommen.

Als übergeordnetes Ziel wurde definiert, dass die zu übertragenden Informationen klar definiert sein müssen und Detail-Informationen übertragen werden müssen.

5.4. Die EAM Planungs- und Projektierungsabläufe und Interaktion mit V+P im digiaktiv-Ansatz

Unter Berücksichtigung des digiaktiv-Ansatzes sind nun nachfolgende Unterlagen aus der Führungsplanung zu übernehmen. Der Austausch erfolgt über ein sogenanntes "JSON" Datenaustausch-File aus dem digiaktiv-Datenmodell und dem MSR-Projektierungstool.

Der Inhalt und Aufbau des Austauschfiles ist eindeutig definiert, um Daten, welche aus der Führungsplanung V+P extrahiert wurden, strukturiert und inhaltlich normiert übernehmen zu können. Das gewählte Austauschformat lässt zur Fehlerdiagnose auch eine einfache Interpretation des Inhaltes zu und eine Referenzierung aller Komponenten auf die eindeutige „digi-ID“ wird gewährleistet.

Durch die vorrangig beschriebene Methodik ist eine Übertragung nachfolgender Informationen gewährleistet und eine eindeutige Zuordnung zum Gebäude / zur Anlage ist gegeben. Das Übergabefile umfasst zumindest die nachfolgenden Eigenschaften:

- Components (die Bezeichnung und Anzahl an Komponenten z.B. Pumpe)
- Properties (die Eigenschaften der Komponenten z.B. die gegebene Nennspannung der Komponente etc.)
- eine genau Zuordnung auf den Informationsschwerpunkt (ISP) der Anlage, gegebenenfalls auch eine Feldzuordnung möglich
- Functions (die Datenpunkte der Komponente aus der GA- Funktionsliste z.B. die Betriebsmeldung etc.)
- Connections (Verbindungen der Komponenten aus den zugehörigen MSR- Schemata)

Aufgrund der nur beschränkten Tauglichkeit der verwendeten Branchenlösung für MSR-Projektierung seitens EAM wurde der Einsatz einer neuen Lösung auf Basis E-Plan für den digiaktiv-Ansatz geprüft. Hier ergaben sich wesentlich bessere Möglichkeiten der Umsetzung des Ansatzes mit den bereits vorhandenen Programmversionen. Durch Zwischenschaltung eines "Daten Konvertierungstools" konnten die im JSON-Format gelieferten Daten entsprechend aufbereitet werden, sodass diese in den MSR-Projektierungsprozess übernommen werden können.

Durch diese automatisierte Übernahme der Daten in die Projektierung kann der Projektant / die Projektantin wesentlich entlastet werden, da eine Reihe von manuellen Tätigkeiten bei der Übernahme der Führungsplanung in die Werksplanung entfällt. Bei späteren Änderungen ist hier auch eine leichtere Nachführung dieser im Planungsprozess gegeben.



Abbildung 22: Planungs- und Projektierungsprozesse und verwendete Tools bei EAM

Durch die Verlinkung der Projektierungsdaten mit der "Digi-ID" und der Übernahme dieser in die EAM-Tool Chain, bleibt diese über den gesamten EAM internen Prozess erhalten und kann daher auch in weiteren Prozessschritten (Schaltschrankplanung, Prozess- Software, Dokumentation etc.) Verwendung finden. Hier kann eine qualitative Verbesserung der gesamten internen Prozesskette festgestellt werden.

5.4.1. GA-Dokumentation

Um auch die Verlinkung der einzelnen Komponenten mit dem Multi-Daten-Modell während der Bearbeitung innerhalb der EAM-Tool Chain zu erhalten, müssen die Komponenten während der internen Bearbeitung durchgängig mit ihrer "digi-ID" aus diesem verbunden bleiben. Womit diese Referenzierung auch nach der GA-technischen Aufbereitung der Planungsdaten erhalten bleibt, und somit an auch in einer digitalen Version der GA- Dokumentation zur Verfügung steht!

Es wurde die Erkenntnis erlangt, dass unsere Toolchain-Umgebung den so gewählten digiaktiv-Ansatz nicht unterstützt. Daher ist für einen möglichen Serieneinsatz diese entsprechend anzupassen.

5.4.2. Optimierung Prozess-Software / Visualisierung

Auf Basis der im MSR-Schema definierbaren Betriebsarten und des auslesbaren Verhaltens der einzelnen Komponenten innerhalb dieser, wird die regeltechnische Ableitung der Automations-

algorithmen erleichtert bzw. teilautomatisiert. Zu diesem Zweck wurden die als Eigenschaften zu den einzelnen Betriebsarten hinterlegten Daten als Parameter in das Automationssystem übernommen.

Des Weiteren wurde eine automatisierte Erkennung der visuellen Repräsentation einer Anlagen Funktionsgruppe aus dem MSR-Schema geprüft, um eine automatisierte oder teilautomatisierte Zuordnung der visuellen Repräsentation im HMI-Interface der Gebäudeleittechnik zu erreichen. Auch hier muss die Referenzierung der einzelnen Komponenten zur "digi-ID" erhalten bleiben und über das HMI-Interface der Gebäudeleittechnik abrufbar sein.

Hier stellte sich im Projektverlauf heraus, dass nach dem derzeit gewählten Ansatz nur eine teilautomatisierte Ableitung der grafischen Repräsentanz möglich ist.

5.4.3. Monitoring und KPIs

Ein weiterer Punkt war die Möglichkeit zur automatisierten Übertragung von im MSR-Schema definierten Kennzahlen, welche dem jeweiligen ISP (Anlagen) & Komponenten z.B. der Jahresarbeitszahl bei Wärmepumpen zugeordnet sind. Hiermit wurde die Möglichkeit für eine standardisierte Definition dieser und deren Übertragung für ein von der Gebäudeautomation zu errichtendes Anlagenmonitoring geschaffen.

5.4.4. Machbarkeit (+) und Problematik (-)

Das gewählte Austauschfile im "JSON" Format hat sich bei den Tests hinsichtlich Flexibilität und Interpretierbarkeit im Fehlerfall bewährt und stellt eine gute Basis für weitere Entwicklungsschritte dar. In der anfänglichen Betrachtung ergab sich bei der EAM intern verwendeten Tool-Chain jedoch das Problem, dass die verwendeten Branchenlösungen Probleme bei der Anwendung des „objektorientierten“ digiaktiv-Ansatzes haben. Hinsichtlich eines späteren Serieneinsatzes sind hier mit den jeweiligen Herstellern umfangreiche Anpassungen bzw. Überarbeitungen notwendig. Eine weitere Problematik ergab sich bei der visuellen Interpretation der einzelnen Komponenten einer Anlage aus den Daten des Austauschfiles. Da in den vorangegangenen Prozessen die funktionale Zusammenstellung einzelner Teilkomponenten zu Funktionsgruppen nicht aufgelöst werden konnte, ist hier eine manuelle Interpretation der Daten bei der Erstellung des HMI-Interfaces der Gebäudeleittechnik weiter notwendig!

5.5. Digitalisierung

5.5.1. Datenmodell

Um die im vorigen Kapitel beschriebenen Probleme zu lösen, wurde ein semantisches Modell entwickelt, das die Dokumente, die in diesen Dokumenten definierten Entitäten, ihre Eigenschaften und Verbindungen sowie ihre iterative Entwicklung während des Planungsprozesses erfasst. Das semantische Modell wurde von bestehenden Ontologien wie CTRLont, Brick und ähnlichen inspiriert und verwendet einige Konzepte aus der Brick Ontologie wieder. Obwohl es nicht in den Rahmen des digiaktiv-Projekts fällt, sollte ein Abgleich mit Datenquellen möglich sein, die den allgemein verwendeten Ontologien entsprechen.

Mehrere Dateien können einem Projekt zugeordnet werden, da das digiaktiv-Datenmodell den Planungsworkflow unterstützt, der die iterative Verarbeitung und den Austausch von Informationen zwischen einer Reihe von Dateien umfasst, die mit verschiedenen Anwendungen in der Planungstoolchain verbunden sind.

Jede Datei definiert Schaltkreise, von denen jeder eine Anzahl von physischen oder logischen Komponenten (Entity) enthält (hasPart). Entitäten können logische Ein- und Ausgänge haben, die Daten senden (z. B. Temperatursensor) oder empfangen (z. B. ein steuerbares Ventil). Um Steuerungsstrategien zu definieren, gibt es außerdem Funktionsblöcke, die bestimmten Entitäten des Automatisierungssystems zugeordnet sind. In digiaktiv definieren wir eine Reihe von grundlegenden Steuerblock-Entitäten, die Teil unserer Prototyp-Implementierung sind, wie PID-Regler, arithmetische und logische Blöcke. Diese Liste kann erweitert werden, solange sich die Partner darüber einig sind, was der Steuerblock bedeutet und welche Arten von Eingängen, Ausgängen und Parametern er hat.

Darüber hinaus kann jeder der definierten Datenports mit Funktionen belegt werden. Im digiaktiv-Projekt handelt es sich dabei um Steuerfunktionen, die der Norm VDI 3814 entsprechen. Für Prototypzwecke wurde nur eine Teilmenge aller möglichen Funktionen verwendet, während im allgemeinen Fall diese Auswahl erweitert werden kann.

Nach dem letzten Importschritt des idealisierten digiaktiv-Workflows bleibt schließlich ein komplettes Netzwerk aus importierten Komponenten und Funktionsblöcken, ihren Eigenschaften und Parametern, den Verbindungen zwischen ihnen und den Herkunftsinformationen übrig, d. h. aus welcher Datei jede einzelne Komponente stammt und wann sie importiert wurde. Es ist möglich, die in den einzelnen MSR-Schemata enthaltenen Steuerungsinformationen zu rekonstruieren und ein vollständiges Schema darzustellen, das alle Schaltkreise miteinander verbindet.

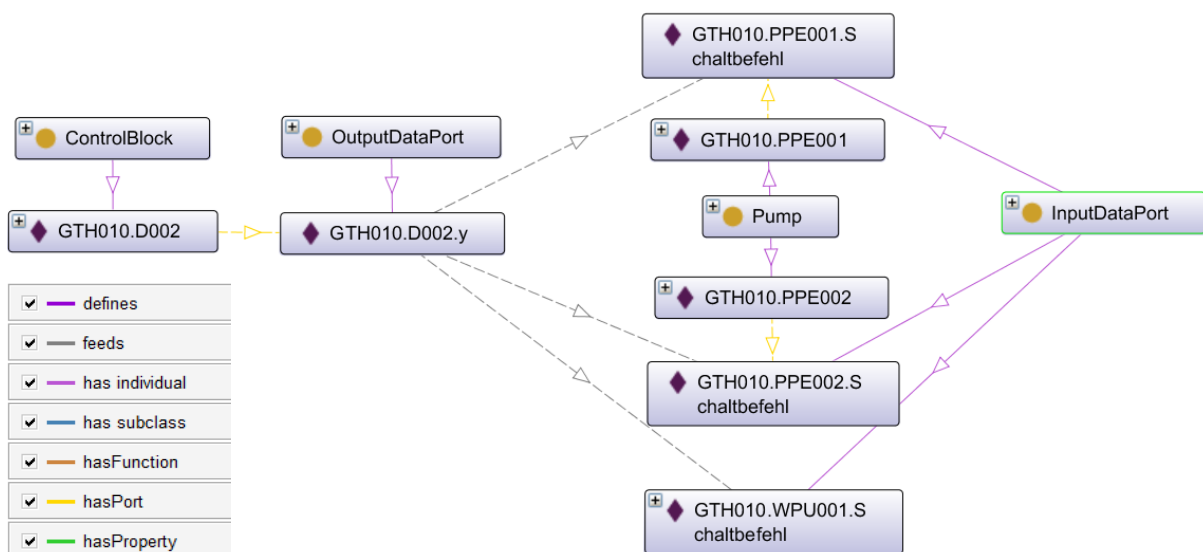


Abbildung 23: Ontologische Darstellung eines kleinen Teils der Datenmodell, die sich auf eine Verbindung zwischen dem Ausgang eines Steuerblocks und einem Schaltbefehlsanschluss von zwei Pumpen konzentriert

Die Verfügbarkeit einer solchen digitalen Darstellung ermöglicht die automatische oder halbautomatische Erstellung und Nutzung eines Simulationsmodells. Es kann auch möglich sein, eine

fortgeschrittene Analyse eines Anlagenmodells durchzuführen und verschiedene Optimierungen vorzunehmen. Eigenschaften, die aus verschiedenen Schritten der Modellkonsolidierung gewonnen werden, können somit koordiniert und ohne Informationsverlust ausgetauscht werden.

Abbildung 23 zeigt einen begrenzten Ausschnitt aus dem in einem Projekt verwendeten Testbeispiel. Das Beispiel konzentriert sich auf den Steuerblock GTH010.D002 und die Pumpen GTH010.PPE001 und GTH010.PPE002. Der Ausgangsanschluss GTH010.D002.y des Steuerblocks D002 speist die Befehlseingangsanschlüsse der beiden Pumpen (GTH010.PPE001.Schaltbefehl und GTH010.PPE002.Schaltbefehl). Jede der dargestellten Entitäten ist mit einem Dutzend weiterer Entitäten verknüpft, die in dieser Darstellung zum besseren Verständnis herausgefiltert sind. Die Legende auf der rechten Seite des Bildes verdeutlicht zusätzlich die Farben, die zur Darstellung der verschiedenen Beziehungen zwischen den Entitäten verwendet werden.

5.5.2. Schnittstellen

Zur Umsetzung des digiaktiv-Ansatzes wurde zunächst ein Datenmodell definiert, ein AKS-Zuordnungsverfahren vereinbart und eine Liste wichtiger Eigenschaften festgelegt.

Der nächste Schritt bestand darin, mögliche Exporte der am Workflow beteiligten Tools zu identifizieren, die brauchbarsten auszuwählen und wichtige Informationen zu finden, die in das Datenmodell importiert werden sollten. In ähnlicher Weise wurden nützliche Importfunktionen der an der Toolchain teilnehmenden Tools recherchiert und die besten davon ausgewählt.

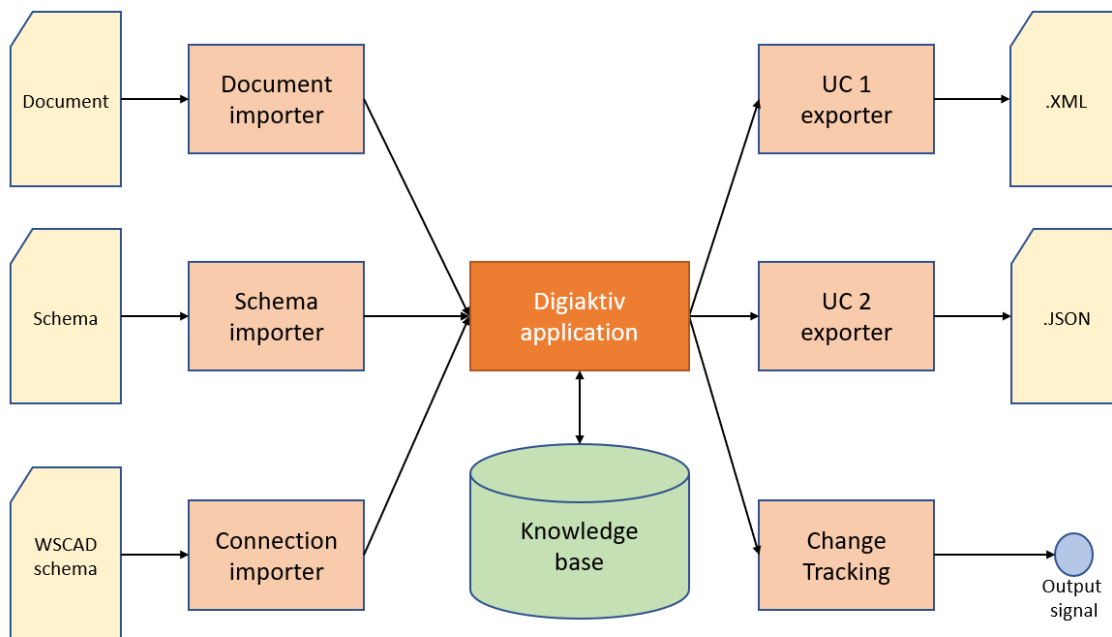


Abbildung 24: digiaktiv-Schnittstellen

In der nächsten Phase wurden die Schnittstellen für alle Importe und Exporte verglichen und die notwendigen Import- und Exportfunktionen des digiaktiv-Tools verallgemeinert, so dass die Implementierung individueller Plugins einfacher werden kann. Während dieses Prozesses wurde eine spezifische Anforderung entdeckt, die in fast allen Schnittstellen auftauchte. Die Möglichkeit,

Eigenschaften oder deren Namen während des Imports oder Exports zu transformieren, wurde als notwendig erachtet, und diese Fähigkeit wurde implementiert, so dass es sehr einfach wäre, eine spezifische Verarbeitung für jede einzelne Eigenschaft, die importiert oder exportiert werden soll, anzugeben.

Jedes Import- oder Export-Plugin unterstützt eine standardisierte Eigenschaftsumwandlungsdatei. Eigenschaften, die keine spezielle Verarbeitung benötigen, können in dieser Datei weggelassen werden, und diejenigen, die eine Verarbeitung benötigen, werden durch die Angabe des Quell-Eigenschaftsnamens, des Ziel-Eigenschaftsnamens und der erforderlichen Verarbeitung angegeben. Dieses Schema ermöglicht einfache Änderungen des Eigenschaftsnamens, aber auch fortgeschrittenere Verarbeitungen wie die Aufteilung des Eigenschaftswerts und die Umwandlung von Eigenschaftswerteinheiten. Es ist sogar möglich, Werte aus mehreren Eigenschaften zu kombinieren und Werte von Eigenschaften zu verwenden, die bereits in der Datenmodell definiert sind, indem die unterstützten Schlüsselwörter verwendet werden. Die Verarbeitung von Eigenschaften ist in der Programmiersprache Python definiert.

5.5.3. Digitalisierung von MSR-Schemata

Die in Abbildung 25 dargestellte Methode wurde an über zwanzig von V+P erstellten Demo-GA-Schemata getestet. Die beschriebene geometrische Bild- und PDF-Verarbeitungsmethode wurde verwendet, um Informationen zu den Datenpunkten des GA-Schemas zu extrahieren. Abbildung 25 stellt somit die Zwischenvisualisierung, die bei der Entwicklung des Programmprototyps verwendet wurde, dar.

Um die Parsing-Ergebnisse zu visualisieren, wurde eine javascriptbasierte Visualisierung der geparsen GA-Schema-Daten erstellt. Ein Beispiel ist auf der linken Seite von Abbildung 25 zu sehen. Das javascript jointjs-Diagramm wird automatisch von einem Python-Skript generiert und kann in jede Website eingebettet und von jedem Webbrowser visualisiert werden. Die Javascript-Diagramme zeigen die extrahierten Beschriftungen aus dem Anlagendiagramm, die Textbeschriftungen, die den Datenpunkten entsprechen, und die Funktionsstruktur, einschließlich der Beschriftungen der Funktionsblöcke und der Richtung des Informationsflusses. Diese Diagramme sind sehr hilfreich bei der manuellen Qualitätskontrolle des Algorithmus und beim schnellen Auffinden von Fehlern beim Parsen.

Mit Hilfe dieser Visualisierung wurden kleine Fehler in der Parsing-Methode iterativ gefunden und korrigiert. Das entwickelte Tool kann für den halbautomatischen Import von PDF-Schemata in das digiaktiv-Datenmodell verwendet werden. Einige kleine manuelle Korrekturen und Qualitätskontrollen sind nach dem automatischen Parsing noch notwendig, deshalb wird eine halbautomatische Schemaverarbeitung vorgeschlagen. Es wird erwartet, dass sich die Bearbeitungszeit eines GA-Schemas mit der entwickelten Methode dennoch verringert.

Die aus den Demo-Schema-Dokumenten extrahierten Informationen wurden als json-Dateien exportiert und als Quelle für den Datenimport aus dem digiaktiv-Datenmodell getestet.

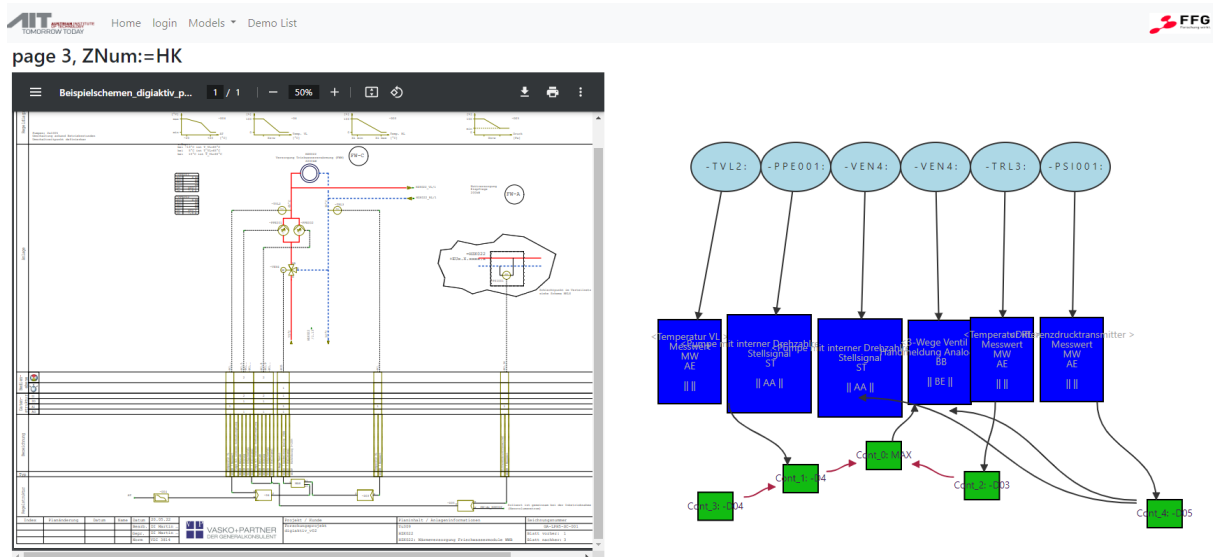


Abbildung 25: Ein Beispiel für das Parsen eines Schemas der Gebäudeautomation (GA). Links ist das GA-Schema im VDI 3814-Format, exportiert als PDF von der WSCAD-GA Software. Rechts ist das Ergebnis des neu entwickelten GA-Schema-Parsing-Tools zu sehen.

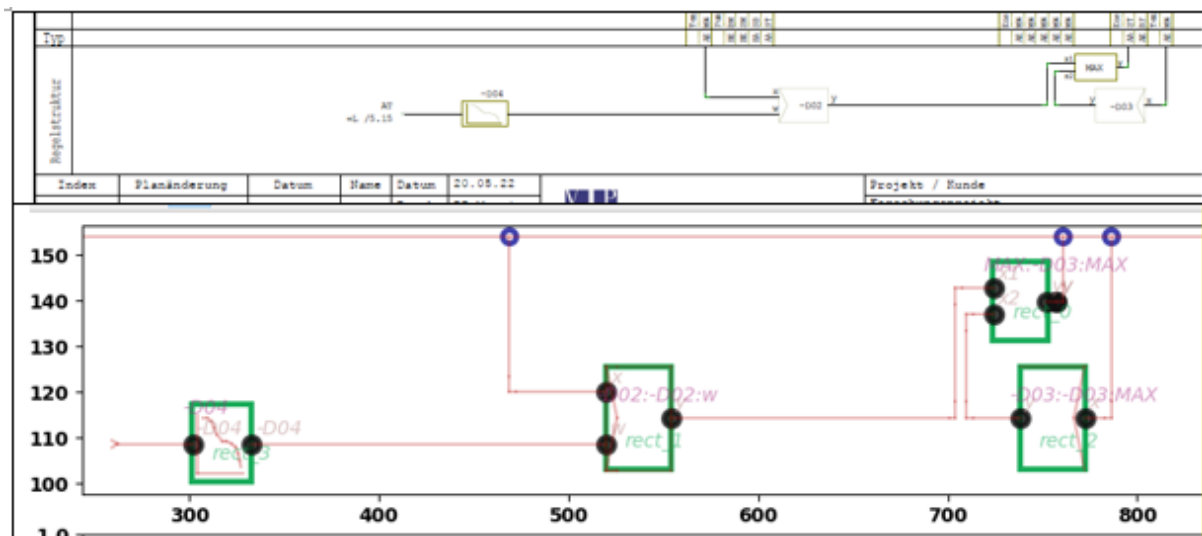


Abbildung 26: Parsing der Regelstruktur aus dem PDF-Schema. Oben: der Funktionsstrukturteil des Original-PDFs. Unten: die extrahierten Objekte: Funktionsblöcke, Klemmpunkte, Verbindungslinien und Text-Etiketten. Die identifizierten Schlüsselpunkte sind die violett markierten "Interface-Terminal"-Punkte und die mit gefüllten schwarzen Kreisen markierten "Control Terminal"-Punkte. Diese wurden von unserem Algorithmus verwendet, um die Funktionsblöcke zu verbinden.

Diese Schema-Parsing-Methode wurde auf der ENOVA 2023 Konferenz in Pinkafeld (Österreich) vorgestellt, und der Python-Quellcode des PDF-Parsing wurde auf [github](https://github.com/AdamBuruzs/BASchema2model)²⁰ veröffentlicht.

²⁰ <https://github.com/AdamBuruzs/BASchema2model>

5.6. Validierung des digiaktiv-Ansatzes

Die Validierung des im Projekt umgesetzten digiaktiv-Ansatzes beinhaltet eine Anwendungsvalidierung und die technische Validierung.

Im Zuge der Anwendungsvalidierung wurde der digiaktiv-Ansatz von den Projektpartner:innen anhand eines Beispielprojektes durchgespielt und damit die Durchführbarkeit der Prozessschritte und der Interaktionen mit dem System nachgewiesen. Außerdem wurde die Konsistenz der bei jedem Schritt des gesamten Prozesses anfallenden Daten überprüft.

Durch die technische Validierung wurde sichergestellt, dass die Importdateien von den digiaktiv-Serviceanwendungen verarbeitet werden können. Des Weiteren wurden die exportierten Dateien auf Korrektheit überprüft.

5.6.1. Beschreibung Beispielgebäude

Für die funktionale Validierung wurde ein bestehendes Projekt herangezogen, bei dem die Planung der Heizungs- und Kälteversorgung und -Verteilung einmal konventionell und einmal gemäß dem digiaktiv-Ansatz durchgeführt wurde.

Bei dem betrachteten Gebäude handelt es sich um einen Gewerbebau mit ca. 3.700m² Bruttogeschossfläche. Das Gebäude hat acht Geschosse und eine Gebäudehöhe von 28m. Das Gebäude ist zur Nutzung als Laborgebäude im medizinischen Bereich, 40% der Flächen sind für die Labornutzung, 55% als Büronutzung und 5% für gemeinsame Besprechungsräume gedacht.

Die Wärmeversorgung erfolgt aus dem Fernwärmenetz des Energieversorgers über eine kompakte Übergabestation im UG des Gebäudes (Temperaturniveau: Sommer 70-75°C und Winter 120°C). Die Wärmeverteilung erfolgt über zwei parallel-geschaltene Einzelpumpen, wobei jede mit 75% des erforderlichen gesamten Nennvolumenstroms ausgelegt ist, zum Heizungsverteiler. Am Heizungsverteiler sind Regelgruppen für die Versorgung der Lüftungsanlagen (50/30°C), NHR-Labor (40/30°C), Radiatoren Heizung (60/40°C), Heizsegel (38/28°C) und Torluftschleier (80/50°C), aufgebaut. Die Wärmeabgabe erfolgt über Radiatoren, Heiz-/Kühlsegel und über die Lüftungsanlage (Nachheizregister).

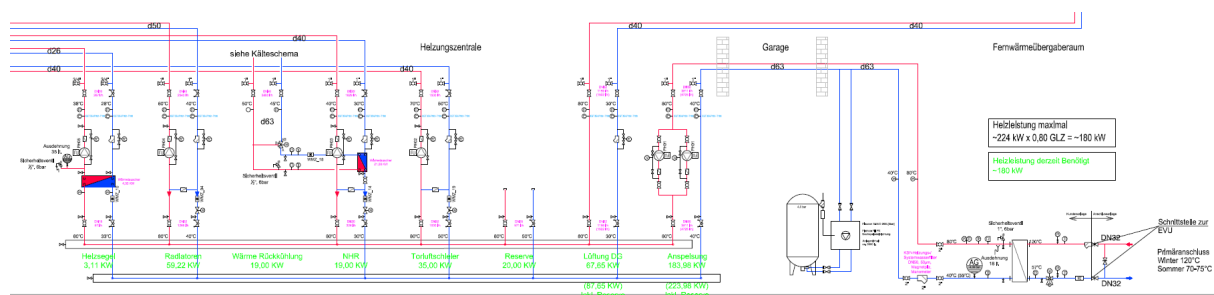


Abbildung 27: Heizungsschema Anwendungs-Validierung

Die Kälteerzeugung erfolgt mittels Kältemaschine (Scroll-Maschine) und einem Glykol-Rückkühler, die Kältemaschinen sind aufgestellt in der Technikenebene DG, der Rückkühler steht im Freibereich am Dach. Zusätzlich ist ein Free-Cooling Betrieb im Winter vorgesehen. Die Kälteverteilung erfolgt über zwei parallel geschaltene Hauptpumpen (2 parallel mit 60% des erforderlichen gesamten

Nennvolumenstromes) zum Kälteverteiler, wo Regelgruppen für die Versorgung von Lüftung Labor (7/15°C), Lüftung Besprechung (9/15°C), Fan Coils (10/16°C), Kühlsegel (18/ 21°C), WRG für Nachheizregister (50/45°C) und Rückkühlkreis ohne WRG (40/45°C) aufgebaut sind. Die Abgabe erfolgt über Heiz-/Kühlsegel und Gebläsekonvektoren.

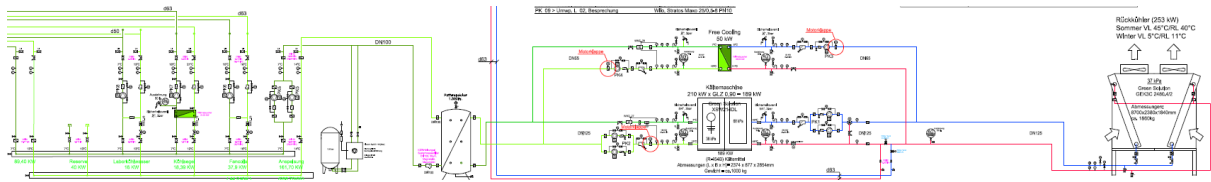


Abbildung 28: Kälteschema Anwendungs-Validierung

Für die mechanische Be- und Entlüftung sind fünf Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung und einer Gesamtluftmenge von ca. 16.000 m³/h vorgesehen. Im Laborbereich wird mittels Vollklimaanlage versorgt. Die restlichen Bereiche werden beheizt und gekühlt.

5.6.2. Anwendungsvalidierung

Die Anwendungsvalidierung des digiaktiv-Ansatzes wurde beispielhaft für den Teil der Kälteanlage durchgeführt. In Abbildung 29 sind beispielhafte Übergaben der MSR-Planung an den Ausführenden unter Zuhilfenahme des Datenmodells dargestellt

Dabei wird auf der linken Seite das GA-Schema einer hydraulischen Anlage dargestellt. In der klassischen Planung wird die Funktion verbal beschrieben. Die Funktion der unten angeführten Anlage kann z.B. wie folgt beschrieben werden: „Regelung der Durchflussmenge zum Einhalten einer konstanten Spreizung“. Die verbale Formulierung lässt einigen an Interpretationsspielraum offen, so wird nicht definiert, welcher Regler (2-Punkt, PID, usw.) zu verwenden ist.

Um hier eine eindeutige Definition zu bekommen, sind Funktionsblöcke im Bereich der Reglerstruktur im GA-Schema dargestellt. Über die Attribute und Funktionen der einzelnen Funktionsblöcke lassen sich die Regelungs- und Steuerfunktionen eindeutig beschreiben. Auf der rechten Seite wird der Inhalt der einzelnen Funktionsblöcke dargestellt.

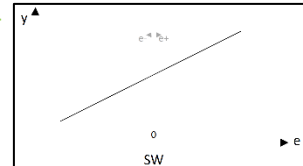


Subfunktion gem. VDI 3814 „arithmetische Berechnung“
 Attribut: Ausgang $y = \text{Eingang 1 } (x_1) - \text{Eingang 2 } (x_2)$

Subfunktion gem. VDI 3814 „Sollwert“
 Attribut: 6 K

Subfunktion gem. VDI 3814 „PID-Regler“
 Attribut: *

Subfunktion gem. VDI 3814 „Stellausgabe stetig“
 Attribut: $e > 0 \rightarrow y+$; $e < 0 \rightarrow y-$



* bedeutet, dass der Auftragnehmer im Zuge der W&M-Planung die Reglerparameter zu bestimmen hat.

e = Reglerabweichung (Differenz zwischen Sollwert und Regelgröße)

Abbildung 29: beispielhafte Übergabe der MSR-Planung an die Ausführung unter Zuhilfenahme des Datenmodells

In Tabelle 3 ist eine Zusammenfassung der wesentlichen Unterschiede zwischen der derzeitigen Standard-Methode und des digiaktiv Ansatzes in Bezug auf (1) HKLS-Planung | (2) Teillastberechnung (Planung) | (3) Betriebsmodusdarstellung im Schema (Planung) | (4) MSR Planung und (5) MSR Ausführung dargestellt.

Tabelle 3: Gegenüberstellung der Ergebnisse der Anwendungsvalidierung, Vergleich derzeitige Standard-Methodik und Anwendung des digiaktiv-Ansatzes

	derzeitige Standard-Methode	digiaktiv Ansatz
HKLS-Schema (Planung)	Berechnung Druckverlust im Grundriss; Schema manuell, da Grundriss noch nicht vorhanden;	Druckverlust und Durchflüsse im Schema berechnet; Leistung über "Datenbank" (Raumbuch Excel importiert)
	keine zusätzlichen Attribute	zusätzlich Attribute definiert (digi ID, Teillast, usw.) für Export in Datenmodell,
Teillastberechnung (Planung)	Ist nicht erfolgt (keine Anforderung seitens AG vorhanden)	Durchflüsse je nach Lastfall (15%, 50%, 100%) KPI z.B. Jahresarbeitszahl (JAZ) von Kältemaschinen und Wärmepumpen
Betriebsmodusdarstellung im Schema	nicht im Detail vorhanden; grobe Beschreibung in technischer Beschreibung HT	jede Komponente erhält je Betriebsmodus ein zusätzliches Attribut „aktiv“ oder „inaktiv“ damit eine automatisierte

	derzeitige Standard-Methode	digiaktiv Ansatz
	(keine Anforderung seitens AG vorhanden)	Darstellung im Schema erfolgen kann. Über das Datenmodell wird der Zustand je Betriebsmodus übergeben.
MSR Planung	Datenpunkt-Liste, Schema, Funktionsbeschreibung	Attribute, Schema Funktionen dargestellt ersetzt Funktionsbeschreibung
	----	NEU durch digiaktiv-Ansatz: Übergabe durchs Datenmodell
MSR Ausführung	Datenpunkt-Liste, Schema, Funktionsbeschreibung wird in eigenen Projektierungstools neu erstellt und nachgezeichnet Qualitätsprüfung Betriebsmodi sind verbal in der Funktionsbeschreibung sehr allgemein enthalten und haben Interpretationsspielraum.	Infos aus Datenmodell Grafiken werden automatisiert erzeugt und ins Projektierungstool importiert Qualitätsüberprüfung Artikelbestellung kann automatisiert erfolgen Validierung KPIs anhand von Planungsdaten aus dem Datenmodell Dokumentationsunterlagen können einfach erstellt werden

Der im Projekt gewählte Ansatz ist eine Mischung aus unterschiedlichen Normen und Festlegungen zwischen den Projektpartner:innen. Der Datenaustausch kann im derzeitigen Entwicklungsstand nur zwischen den Projektpartner:innen funktionieren, da alle Informationen, die derzeit in den Normen nicht definiert sind, durch eigene Festlegungen und Interpretation definiert wurden. Die entwickelte Methode kann jedoch, sobald eine Standardisierung vorliegt, auch verallgemeinert angewendet werden.

5.6.3. Technische Validierung

Da die digiaktiv-Anwendung zur Unterstützung des Entwicklungsprozesses aufeinanderfolgende Importe in die und Exporte aus dem digiaktiv-Datenmodell beinhaltet, wurde der Prozess manuell und halbautomatisch durchgeführt. Für jeden Import-/Exportvorgang im digiaktiv-Prozess wird ein separater ausführbarer Dienst entwickelt. Für jeden Import-/Exportvorgang wird der entsprechende Dienst mit einem Verweis auf die entsprechende Datenmodell und die Eingabedateien aufgerufen. Die Ergebnisse der Importoperationen sind Aktualisierungen der Datenmodell, während die Ergebnisse der Exportoperationen entsprechende Exportdateien sind, die anschließend in einer der Anwendungen der Toolchain in nachgelagerten Prozessen importiert werden. Die bisher implementierten Export- und Importoperationen unterstützen die Formate csv, excel und json.

Die technische Validierung erfolgte durch manuelle und halbautomatische Prüfung, ob Importe aller verfügbaren Import-Beispieldateien ausgeführt werden können und ob alle Exportdateien erfolgreich in nachgelagerte Anwendungen importiert werden können. Es wurde auch überprüft, ob alle geeigneten Transformationen und Filterungen von Eigenschaften durchgeführt wurden und ob die exportierten Dateien keine offensichtlichen Fehler aufweisen. Darüber hinaus wurde geprüft, ob alle Komponenten aus den jeweiligen Importdateien vollständig verarbeitet und alle Eigenschaften wie erwartet importiert wurden.

Bei der Validierung wurden mehrere Klassen von Problemen aufgedeckt:

1. Nicht aufeinander abgestimmte Komponenten
2. Falsche Eigenschaftswerte
3. Falsche Eigenschaftsnamen
4. Fehlende Komponenten
5. Fehlende Beziehungen

Nicht übereinstimmende Komponenten waren in der Regel auf Benennungsprobleme zurückzuführen. Da Komponentennamen als Zuordnungs-IDs verwendet und die Namen in verschiedenen Werkzeugen manuell festgelegt wurden, stimmten die Namen in einigen Fällen nicht mit den Werkzeugen überein, was dazu führte, dass nachgelagerte Import-/Exportschritte zu falschen Ergebnissen führten. Es wurden Überprüfungen durchgeführt, um solche Probleme automatisch zu erkennen. Es ist erwähnenswert, dass es nicht immer möglich ist, falsch geschriebene Namen/IDs von Komponenten zu erkennen, da es beim Auftauchen eines neuen Komponentennamens nicht immer offensichtlich ist, ob der Name falsch ist oder einfach eine neue Komponente eingeführt wird. Die aufgetretenen Probleme wurden gelöst, indem man sich durch visuelle Inspektion vergewisserte, dass die Eingaben korrekt sind. In Zukunft können bestimmte Heuristiken eingeführt werden, um solche Inkonsistenzen zu erkennen, indem die Komponenteneigenschaften semantisch analysiert werden, um sicherzustellen, dass bestimmte Eigenschaften immer in einer bestimmten Entwicklungsphase und für bestimmte Komponententypen zugewiesen werden.

Falsche Eigenschaftswerte oder -namen sind Probleme, die am einfachsten zum Zeitpunkt des Imports zu erkennen sind, da sich die importierende Anwendung in der Regel über die unbekannte Eigenschaft (oder den nicht zulässigen Wert) beschweren wird. Im ersten Schritt wurden die Werte und Namen manuell überprüft. Diese Fehler waren am einfachsten zu korrigieren, da in der Regel nur vereinzelte Änderungen an der entsprechenden Eigenschaftstransformationsdefinition vorgenommen werden mussten.

Fehlende Komponenten traten in der Regel bei der Erkennung von Objekten in Schemata auf. In anderen Importszenarien werden Komponenten immer explizit mit einer Definition dargestellt. Bei diesen Problemen muss festgestellt werden, warum die Komponente nicht erkannt wurde, und es müssen Änderungen vorgenommen werden, um die Erkennungsmethode zu verbessern.

Fehlende Beziehungen traten ebenfalls meist bei der Erkennung von Schemata auf, da sie in anderen Importszenarien explizit definiert sind.

5.6.4. Erkenntnisse

Durch die Auswertung zur Anwendung des digiaktiv-Ansatzes konnten nachfolgende Erkenntnisse gezogen werden. Es kann in Summe (Planung und Ausführung) ein Einsparpotential durch die Automatisierung erzielt werden. Die wesentlichen Vorteile werden in der Umsetzung der folgenden Punkte gesehen

- Effizienzsteigerung der Abwicklung
- Bessere Dokumentation des Leistungsspektrums
- Geringere Transformationsverluste durch Schnittstellenreduktion
- Zusatzleistungen: z.B. Visualisierung der Betriebsmodi; Informationen zu Teillastzuständen

Durch den erzielten Mehrwert kann ein wesentlicher Beitrag zur Qualitätssteigerung, z.B. durch die Möglichkeit, die Inbetriebnahme-Phase besser und strukturierter durchführen zu können, geleistet werden. Langfristig wird erwartet, dass durch den Vergleich mit in der Planung definierten KPIs im Rahmen eines Anlagenmonitorings signifikante Energieeinsparungen erzielt werden können.

Eine wesentliche Qualitätssteigerung, sowohl der Projektierungsleistungen als auch der weiteren Tätigkeiten der EAM-Tool Chain konnte als Chancen bzw. Stärken herausgearbeitet werden. Als weiterer positiver Aspekt kann der zielgerichtete Einsatz von Schlüsselressourcen gesehen werden.

Als mögliche Schwächen wurden a) eine fehlende branchenweite Normierung, sowie b) die Komplexität bei einer generellen Anwendung auf alle Anwendungsbereiche bei EAM ausgemacht.

Der digiaktiv-Ansatz funktioniert derzeit nur im Setting V+P - EAM – AIT, da man sich zu Projektbeginn auf das Austauschformat einigen konnte. Solange keine Normen heranzuziehen sind, welche die Datenformate näher definieren, fehlt ein standardisiertes Austauschformat. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist der digiaktiv-Ansatz in der Branche daher nicht ausrollbar, kann jedoch als Basis für die Definition solcher Schnittstellen herangezogen werden. Aus diesem Grund sollten die Projektergebnisse eine Grundlage für zukünftige Normierungsprozesse und weitere themenbezogene Entwicklungen darstellen.

6 Ausblick und Empfehlungen

Aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen und entwickelten Ansätzen wird V+P dieses Wissen im Unternehmen zur Planung von gebäudetechnischen Anlagen weiter vertiefen. Die im Projekt aufgezeigten Einschränkungen in der Planung von Neuanlagen konnten bereits reduziert werden, wodurch die geplanten Anlagen effizienter betrieben werden können als herkömmlich geregelte Systeme. Aus den Erkenntnissen in digiaktiv abgeleitete Vorgaben zur Auslegung, Berechnung und Berücksichtigung von Teillastzuständen sowie Anforderungen an die Regelung werden in Form interner Richtlinien beschrieben und kontinuierlich weiterentwickelt. Ein auf den digiaktiv-Ansatz angelegtes internes Datenmodell sowie Schnittstellen zwischen den Planungsschritten zur Berücksichtigung von Teillastzuständen werden zukünftig weiter ausgebaut. Die Vermessung von Pilotanlagen im Betrieb (Energiemonitoring) ist geplant, um eine bessere Abschätzung der Teillastzustände für die Planung zu ermöglichen und Kennzahlen abzuleiten.

V+P wird die im Projekt entstandenen Berechnungsmethoden nach entsprechender Weiterentwicklung und Validierung für Planungsleistungen einsetzen, insbesondere zur Modellierung des Teillastverhaltens und zur Optimierung von Regelkonzepten. Dies soll zu einem Innovationsvorsprung und einer effizienteren Bearbeitung von Planungsaufgaben führen. Erste Erfahrungen zeigen bereits eine erfolgreiche Anwendung in Aufträgen zum Technischen Monitoring und in Energiemonitoring-Konzepten.

Für EAM führten die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse zur Einleitung einer internen Entwicklung zur Optimierung des digitalen Projektdurchlaufs. Ziel ist es, die "Tool Chain" für zukünftige Anforderungen der Digitalisierung auszurichten und gleichzeitig eine höhere Projektqualität sowie eine Entlastung der Mitarbeitenden zu erreichen. Der erwartete Einfluss auf die Planungs- und Projektierungsabläufe ist eine Reduzierung des Ressourcenaufwands in der Ausführungsplanung, wobei Änderungen in dieser Phase nicht mehr zu Qualitätsverlusten führen sollen. Aufgrund der im Projekt identifizierten Vorteile wird empfohlen, den digiaktiv-Ansatz in eine standardisierte Form zu überführen.

Die Vorstellung der Projektergebnisse auf der BauSIM-Konferenz in Weimar im September 2022, beim enova-Kongress im Juni 2023 sowie beim digiaktiv-Planer:innen-Workshop stieß auf reges Interesse, zeigte jedoch gleichzeitig, dass der Bekanntheitsgrad solcher innovativen Ansätze in der Fachwelt noch gering ist. Insbesondere bei den Diskussionen mit Planer:innen wurde deutlich, dass viele Teilnehmende zwar die grundsätzlichen Vorteile des digiaktiv-Ansatzes erkannten, jedoch Schwierigkeiten hatten, sich dessen konkrete Umsetzung und die damit verbundenen Verbesserungen in den Planungsprozessen vorzustellen. Während die wissenschaftlichen Konferenzen ein interessiertes Fachpublikum aus Forschung und Entwicklung erreichten, wurde beim Planer:innen-Workshop deutlich, dass die etablierten Arbeitsweisen in der Branche noch stark von traditionellen Prozessen geprägt sind. Viele Teilnehmende sahen erhebliche Herausforderungen in der praktischen Integration der entwickelten Methoden in bestehende Planungsabläufe. Dennoch wurden die vorgestellten Konzepte als vielversprechender Weg zur Effizienzsteigerung und Qualitätsverbesserung in der Gebäudeautomation anerkannt, sodass eine weitere Verbreitung und praxisnahe Validierung der Methoden als essenzieller nächster Schritt angesehen wird.

Die Digitalisierung analoger Planungsdokumentation von Bestandsgebäuden ist nach wie vor ein großes Hindernis für Digitalisierungsbemühungen in allen Bereichen und verursacht erhebliche Kosten für das Verständnis und die Verbesserung von Bestandssystemen. Daher sind für AIT die gewonnenen Erkenntnisse und entwickelten Verfahren in Bezug auf das Parsen von PDF-Plänen ein guter Ausgangspunkt für künftige Forschungsvorhaben.

Ein wichtiger Aspekt ist auch die Verbesserung der Informationsübertragung von GA-Schemata und Regelstrategien, insbesondere durch das Parsen von PDF-Ausgabedateien. Hier soll die Entwicklung allgemeinerer Ansätze für das Parsen gescannter Schemadokumente weiter vorangetrieben werden, da Bestandssysteme häufig nur in dieser Form dokumentiert sind. Die Digitalisierung analoger Planungsdokumentation bleibt eine große Herausforderung für Digitalisierungsinitiativen und verursacht erhebliche Kosten im Betrieb und der Optimierung bestehender Systeme.

Aufgrund dieser genannten Aspekte stellt das Projekt aus wissenschaftlicher Sicht einen bedeutenden Schritt zum tieferen Verständnis der Ineffizienzen dar, die bei der täglichen Planungsarbeit und insbesondere beim Datenaustausch zwischen den Disziplinen auftreten und um zu verstehen, wie sich der digiaktiv-Ansatz und zu erfolgende Weiterentwicklungen sich positiv auf zukünftige Planungsprozesse auswirken können.

Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse dienen somit als Basis für weitere Forschungsarbeiten und die Konzeption marktorientierter Produkte. Besonders die Arbeit an der Kopplung verschiedener Tools entlang der Planungsprozesse soll in Forschungsprojekten und Standardisierungsbemühungen weiter vorangetrieben werden.

7 Schlussfolgerungen

Die im Projekt erzielten Ansätze zur optimierten Planung gebäudetechnischer Anlagen und damit verbundener Gebäudeleittechnik konnten erfolgreich demonstriert werden. In der Branche täglich erlebte Einschränkungen konnten signifikant reduziert werden.

Die Wirksamkeit der im Projekt untersuchten Ansätze zu Energieeffizienzsteigerungen beim Anlagenbetrieb, insbesondere in Teillastzuständen, konnte durch die angewendeten Berechnungs- und Simulationsprozesse nachgewiesen werden. Vorgaben zur Berücksichtigung von Teillastzuständen in der Auslegung gebäudetechnischer Anlagen, sowie Anforderungen an die Berechnung dieser sowie deren Regelung wurden definiert und in internen Richtlinien festgelegt.

Die von den Industriepartnern verwendeten digitalen Werkzeuge wurden im Zuge des Projekts an die Anforderungen der fortschreitenden Digitalisierung angepasst, wodurch die Qualität der Projekte gesteigert und Arbeitsabläufe effizienter gestaltet wurden. Dies führte zu einer Reduzierung des Ressourcenaufwands in der Ausführungsplanung, ohne dass Änderungen in dieser Phase zu Qualitätsverlusten führten.

Die bei der Vorstellung der Projektergebnisse bei den oben genannten Veranstaltungen beobachteten Reaktionen zeigen deutlich die Notwendigkeit erheblicher Digitalisierungsbestrebungen in der Gebäude- und Gebäudetechnikbranche auf. Mit digiaktiv stehen diese Bestrebungen noch ganz am Anfang. Der digiaktiv-Ansatz wird als vielversprechender Weg zur Effizienzsteigerung und Qualitätsverbesserung anerkannt, erheblicher Weiterentwicklungsbedarf ist jedoch noch gegeben.

Auch im Bereich der Digitalisierung analoger Planungsdokumentation konnte digiaktiv erfreuliche Ergebnisse erzielen. Die Verbesserung der Informationsübertragung durch das Parsen von PDF-Ausgabedateien stellt einen wichtigen Fortschritt dar, da Bestandsunterlagen häufig nur in dieser Form vorliegen und somit ein erheblicher Digitalisierungsbedarf dieser besteht.

8 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht des Zusammenhangs der Dokumente, die aus dem Planungsprozess entstehen (eigene Darstellung).....	13
Abbildung 2: Oben: Funktionsstrukturdiagramm als Teil eines GA-Schemas. Unten: extrahierte Linien, Rechtecke, Endpunkte und Textbeschriftungen aus dem Funktionsstrukturdiagramm.	21
Abbildung 3: Idealer digiaktiv-Prozess	24
Abbildung 4: Übersicht Komponententypen einer Regelgruppe in der Heizungs- und Gebäudeautomationsplanung.....	25
Abbildung 5: Darstellung von Steuerungs- und Regelungsfunktionen	27
Abbildung 6: Hydraulikschema der Demo-Heizungsanlage aufgeteilt in Funktionsgruppen.....	28
Abbildung 7: Heizlast gegen Außentemperatur (Stundenwerte) für eine Variante mit konstantem Raumtemperatur-Sollwert	30
Abbildung 8: Leistung in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur für die Jahre 2014 bis 2018; rot entspricht Monate Jänner bis Mai und Oktober bis Dezember blau entspricht Monate Mai bis Oktober.....	30
Abbildung 9: beispielhafte Kennfelder Kältemaschine; links el. Leistungsaufnahme in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur; Farbskalierung: Kälteleistung / rechts: EER in Abhängigkeit der Kühlwassereintrittstemperatur; Farbskalierung: el. Leistungsaufnahme der Kältemaschine.....	31
Abbildung 10: beispielhafte Kennfelder Effizienz der Kältemaschinen in Abhängigkeit der Systemgrenzen; links: Systemgrenze 1 (Betrachtungsgrenze Kältemaschine – mittlerer EER rund 6 / rechts: Systemgrenze 2 (Betrachtungsgrenze Kälteerzeugung – mittlerer EER 4,5)	32
Abbildung 11: linke Abbildung: Heizlast in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur und Häufigkeit der Außenlufttemperatur; rechte Abbildung: Gegenüberstellung Normheizlast (blaue Linie) und Ergebnis der dynamischen Simulationsberechnungen (graue Linien).....	33
Abbildung 12: Gütegrad in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur für Scrollverdichter	33
Abbildung 13: Nebenrechnung Leistungsbedarf Warmwasserbereitung.....	34
Abbildung 14: Leistungsanforderungen statische Heizflächen, Lüftungsanlagen und Warmwasserbereitung in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur inkl. Darstellung der auftretenden Häufigkeit.	35
Abbildung 15: Skizzen Zieldefinition interaktives Schema	36
Abbildung 16: Darstellung Betriebsmodi über eigene Layer	36
Abbildung 17: Darstellung Betriebsmodi über Import von Teillastzuständen.....	37
Abbildung 18: Darstellung Betriebsmodi über Attribute	38
Abbildung 19: beispielhafte Darstellung der Regelschaltungen	39
Abbildung 20: beispielhafte Darstellung virtueller Wärmetauscher bei Einspritzschaltungen	40
Abbildung 21: Schnittstelle HKLSA/GA-Planung mit MSR-Ausführung.....	41
Abbildung 22: Planungs- und Projektierungsprozesse und verwendete Tools bei EAM	43

Abbildung 23: Ontologische Darstellung eines kleinen Teils der Datenmodell, die sich auf eine Verbindung zwischen dem Ausgang eines Steuerblocks und einem Schaltbefehlsanschluss von zwei Pumpen konzentriert	45
Abbildung 24: digiaktiv-Schnittstellen.....	46
Abbildung 25: Ein Beispiel für das Parsen eines Schemas der Gebäudeautomation (GA). Links ist das GA-Schema im VDI 3814-Format, exportiert als PDF von der WSCAD-GA Software. Rechts ist das Ergebnis des neu entwickelten GA-Schema-Parsing-Tools zu sehen.....	48
Abbildung 26: Parsing der Regelstruktur aus dem PDF-Schema. Oben: der Funktionsstrukturteil des Original-PDFs. Unten: die extrahierten Objekte: Funktionsblöcke, Klemmpunkte, Verbindungslinien und Text-Etiketten. Die identifizierten Schlüsselpunkte sind die violett markierten "Interface-Terminal"-Punkte und die mit gefüllten schwarzen Kreisen markierten "Control Terminal"-Punkte. Diese wurden von unserem Algorithmus verwendet, um die Funktionsblöcke zu verbinden.	48
Abbildung 27: Heizungsschema Anwendungs-Validierung.....	49
Abbildung 28: Kälteschema Anwendungs-Validierung	50
Abbildung 29: beispielhafte Übergabe der MSR-Planung an die Ausführung unter Zuhilfenahme des Datenmodells	51

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Properties für Regelgruppe Heizung	26
Tabelle 2: Attributinhalt Betriebsart 1,2,3 der Pumpe Betonkernaktivierung.....	29
Tabelle 3: Gegenüberstellung der Ergebnisse der Anwendungsvalidierung, Vergleich derzeitige Standard-Methodik und Anwendung des digiaktiv-Ansatzes	51

Literaturverzeichnis

- A. Shadrina, G. Zucker, A. Sporr, C. Ruhsam, A. Gutierrez, und Kogler, „BIM Based Thermal Simulation as a Decision Support System for BIM Managers“, gehalten auf der BauSim 2020, Graz, submitted-under Review.
- Buruzs, A., Sipetic, M., Natiesta, T., Hollaus, M., Catal, J. & Widauer, E., Methods for generating Data Models from Building Automation schemas via PDF parsing, 13 Jun 2023, ENOVA International Conference: Energie und Klimawandel. Holzhausen Verlag, p. 189-195
- B. Balaji u. a., „Brick : Metadata schema for portable smart building applications“, Appl. Energy, Bd. 226, S. 1273–1292, Sep. 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2018.02.091.
- C. M. Eastman, Hrsg., BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors, 2. ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2011.
- C. Zhang, J. Beetz, und M. Weise, „Model view checking: automated validation for IFC building models“, in eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction, A. Mahdavi, B. Martens, und R. Scherer, Hrsg. CRC Press, 2014, S. 123–128.
- D. Bonino und F. Corno, „DogOnt - Ontology Modeling for Intelligent Domestic Environments“, in The Semantic Web - ISWC 2008, Bd. 5318, A. Sheth, S. Staab, M. Dean, M. Paolucci, D. Maynard, T. Finin, und K. Thirunarayan, Hrsg. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008, S. 790–803.
- F. Petrushevski u. a., „Semantic Building Systems Modeling for Advanced Data Analytics for Energy Efficiency“, 2017, doi: 10.26868/25222708.2017.161.
- G. Benndorf, N. Réhault, M. Clairembault, und T. Rist, „Describing HVAC controls in IFC – Method and application“, Energy Procedia, Bd. 122, S. 319– 324, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.07.330.
- J. Beetz, L. van Berlo, L. R, und H. Pim, „Bimserver.org - an Open Source IFC model server“, 2010.
- M. Bauer u. a., Towards Semantic Interoperability Standards based on Ontologies. 2019.
- [ÖNORM A 6241-1] - ÖNORM A 6241-1, Digitale Bauwerksdokumentation - Teil 1: CAD-Datenstrukturen und Building Information Modeling (BIM) - Level 2“. Austrian Standards Institute, 2015.
- [ÖNORM EN ISO 16484] - ÖNORM EN ISO 16484 Systeme der Gebäudeautomation (GA) - Teil 1: Projektplanung und -ausführung (ISO 16484-1:2010); 2011 02 15
- [ÖNORM EN 15232-1] - ÖNORM EN 15232-1: 2017 12 01: Energieeffizienz von Gebäuden - Teil 1: Einfluss von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement“. Austrian Standards Institute, 2017.
- [ÖNORM H 7500-1] - ÖNORM H 7500-1 Heizungssysteme in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast für Gebäude mit einem mittleren U -Wert $\geq 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ - Nationale Ergänzung zu ÖNORM EN 12831; 2015 02 15
- P. Pauwels und W. Terkaj, „EXPRESS to OWL for construction industry: Towards a recommendable and usable ifcOWL ontology“, Autom. Constr., Bd. 63, S. 100–133, März 2016, doi: 0.1016/j.autcon.2015.12.003.

- S. Gaida, W. Kastner, F. Petrushevski, und M. Sipetic, „Ontology-Based Optimization of Building Automation Systems“, in IECON 2018 - 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Washington, DC, 2018, S. 819–825, doi: 10.1109/IECON.2018.8591703.
- S. Hauer, A. Bres, R. Partl, und M. Monsberger, „Einblick in das Forschungsprojekt Metadaten und Prozessmodelle für Open BIM in der TGA (metaTGA)“, gehalten auf der enova- internationale Conference, Zukunft der Gebäude?, 2018, Bd. 22, S. 253–259.
- T. Berners-Lee u. a., „Tabulator: Exploring and Analyzing linked data on the Semantic Web“, 2006.
- [VDI 3814] - VDI 3814 Gebäudeautomation (GA), Verein Deutscher Ingenieure; 2009
- W. Mazairac und J. Beetz, „BIMQL – An open query language for building information models“, Adv. Eng. Inform., Bd. 27, S. 444–456, 2013, doi: 10.1016/j.aei.2013.06.001.

Abkürzungsverzeichnis

2D	zweidimensional
3D	dreidimensional
AIT	AIT Austrian Institute of Technology
AKS	Anlagenkennzeichnungssystem
BA	Building Automation
BCF	Bim Collaboration Format
BIM	Building Information Modelling
BOT	Gebäude-Typologie-Ontologie
CAD	Computer Aided Design
d.h.	das heißt
DB	Datenbank
EAM	EAM Systems GmbH
GA	Gebäudeautomatisierung
HKLS	Heizung, Klima, Lüftung, Sanitär
HLK	Heizung, Lüftung und Klima
HVAC	Heating, ventilation, and air conditioning
IFC	Industry Foundation Classes
MST	Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik
OPM	Ontology Property Management
PDF	Portable Data Transfer Format
SAREF	Smart Appliances Reference
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
V+P	VASKO+PARTNER Ingenieure Ziviltechniker für Bauwesen und Verfahrenstechnik GmbH
VDI	Verein deutscher Ingenieure
XML	Extensible Markup Language

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

+43 800 21 53 59

servicebuero@bmk.gv.at

bmk.gv.at