



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

Schlussbericht 27.01.2016

Projekt „Eigenenergieverbrauch der Gebäudeautomation“ (EEV-GA)

Ergebnisbericht

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Programm EnergieSchweiz
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Kofinanzierung:

Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, CH-8021 Zürich
Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, CH-8027 Zürich

Auftragnehmer:

Hochschule Luzern
Technik & Architektur
Zentrum für Integrale Gebäudetechnik ZIG
Technikumstrasse 21
CH-6048 Horw
<https://www.hslu.ch/de-ch/technik-architektur/forschung/kompetenzzentren/zig/>

Autoren:

Philipp Kräuchi, Hochschule Luzern, philipp.kraeuchi@hslu.ch
Dominic Jurt, Hochschule Luzern, dominic.jurt@hslu.ch
Christoph Dahinden, Hochschule Luzern, christoph.dahinden@hslu.ch

Begleitgruppe:

Thomas Baum, Amt für Hochbauten Zürich
Alfred Freitag, ProKlima
Stefan Gasser, SIA
Olivier Meile, Bundesamt für Energie
Prof. Urs-Peter Menti, Hochschule Luzern
Dr. Jürg Tödtli, Consulting Jürg Tödtli
Prof. Volker Wouters, Hochschule Luzern

BFE-Bereichsleiter: Olivier Meile
BFE-Vertragsnummer: SI/400957-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Dank

Die vorliegende Untersuchung wäre in dieser Form nicht möglich gewesen ohne die Unterstützung des Bundesamtes für Energie, des Amtes für Hochbauten der Stadt Zürich sowie der projektbeteiligten Firmen ABB Schweiz AG, BELIMO Automation AG, Leicom AG, Saia-Burgess Controls AG, sensortec AG, Siemens Building Technologies Division HQ und Siemens Schweiz AG. Herzlichen Dank an alle Projektpartner! Verdankt sei an dieser Stelle auch das aktive Mitdenken und die zahlreichen Inputs der Mitglieder der Projektbegleitgruppe, insbesondere von Thomas Baum und Dr. Jürg Tödtli. Ein besonderer Dank geht an Herrn Dr. Hegetschweiler für die fundierte Analyse zu den Laufzeiten von Stellantrieben. Ebenfalls gedankt sei Herrn Imhasly für die vertiefte Objektanalyse im Rahmen seiner MAS-Arbeit. Weiterer Dank gebührt Christoph Dahinden und Dominic Jurt, insbesondere für die Messarbeiten an der Prüfstelle Gebäudetechnik der Hochschule Luzern – Technik & Architektur, und den Zivildienstleistenden Andreas Fritschi, Josua Stückelberger, Samuel Ruckstuhl, und Dominik Schnarwiler; sie programmierten das projektinterne Analysetool und analysierten mit diesem Tool mehrere Gebäude bezüglich des GA-Systems.

Zusammenfassung

Bei energetischen Betrachtungen zur Gebäudetechnik wurde bisher meist davon ausgegangen, dass der Stromverbrauch der Gebäudeautomations-Geräte vernachlässigbar klein ist im Vergleich zur erzeugten Wärmeenergie oder zum Stromverbrauch von Kühlgeräten, Ventilatoren, Pumpen und der Beleuchtung. Die Analysen zeigten, dass diese Ansicht zu revidieren ist: Bei durchschnittlich energieeffizienten Gebäuden beläuft sich der jährliche Stromverbrauch der Gebäudeautomation (Raumautomation und primärseitige Gebäudeautomation) auf ein- bis zweistellige Prozentzahlen des jährlichen Endenergiebedarfs der Haustechnik (HLK und Beleuchtung). Absolut ergaben sich für die Raumautomation jährliche spezifische Stromverbrauchswerte von 2 bis 5 kWh/m² (ohne primärseitige Gebäudeautomation).

Es zeigte sich, dass die GA-Funktionalität und der dazu benötigte Stromverbrauch der GA-Geräte kaum miteinander korrelieren; für die Summe deren Stromverbräuche sind vielmehr die konkrete Produktwahl und die Systemgestaltung massgebend.

Weiter resultierten aus dem Projekt Empfehlungen an Planer (Kapitel 6) und Hersteller (Kapitel 7) hinsichtlich eines möglichst geringen Stromverbrauchs der Gebäudeautomation.

Résumé

Jusqu'à présent, la consommation d'électricité des appareils d'automation du bâtiment a souvent été considérée comme négligeable par rapport à la consommation de chaleur ou la consommation d'électricité pour le refroidissement, la ventilation, les pompes et l'éclairage. Les analyses ont montré que ce point est à revoir: la consommation électrique annuelle de l'automation du bâtiment (automation des pièces et automation du bâtiment au niveau primaire) se situe, dans le cas de bâtiments avec une efficacité énergétique standard, dans le domaine du pourcentage à 1 chiffre, voire à 2 chiffres par rapport au besoin en énergie finale (CVC et éclairage). En valeurs absolues, la consommation spécifique annuelle pour l'automation des pièces des bâtiments analysés s'élève entre 2 et 5 kWh/m² (sans automation du bâtiment au niveau primaire).

Il s'est avéré que la fonctionnalité de l'automation et le besoin en électricité des appareils d'automation correspondants ne sont presque pas corrélés. Au contraire, le choix spécifique des composants et la conception du système ont une influence plus déterminante sur la consommation électrique totale du système.

En outre, des recommandations pour les planificateurs (chapitre 6) et les producteurs (chapitre 7) pour minimiser la consommation de l'automation du bâtiment ont été élaborées.

Abstract

Building automation has generally been considered as a negligible part of the electricity consumption compared to the heating energy consumption or the electricity consumption of cooling devices, ventilators, pumps and lighting. The analysis showed that this statement has to be revised: the annual electricity consumption of building automation (room automation and primary building automation) amounts to a single or double digit percentage in respect of the annual final energy demand of building equipment and appliances (HVAC and lighting). In terms of absolute numbers, the specific annual electricity consumption for room automation resulted in 2 to 5 kWh/m² (without considering the primary building automation).

The analysis showed that the functionality of building automation and the electricity consumption of the automation equipment are barely correlated; the specific product choice and the design of the system are much more relevant for the electricity consumption of the system.

Further results from this project were recommendations for planners (chapter 6) and producers (chapter 7) regarding a low consumption of the building automation.

Inhalt

1	Ausgangslage	7
2	Ziel der Arbeit	7
3	Terminologie	7
3.1	Begriffe	7
3.2	Abkürzungen	8
4	Vorgehen / Methode	9
4.1	Vorgehen / Methode Labormessungen	9
4.1.1	Charakterisierung der GA-Racks	10
4.1.2	Messdurchführung	11
4.2	Vorgehen / Methode Objektanalyse	14
4.2.1	Systemgrenze	14
4.2.2	Objekte	15
4.2.3	Annahmen Raumautomation	17
4.2.4	Annahmen primärseitige GA	17
5	Ergebnisse und Diskussion	18
5.1	Labormessungen	18
5.1.1	Speisung	18
5.1.2	Automationsstation	18
5.1.3	I/O-Module	19
5.1.4	Sensoren	20
5.1.5	Antriebe	21
5.2	Objektanalyse	27
5.2.1	Eigenenergieverbrauch Raumautomation nach Gewerk	27
5.2.2	Eigenenergieverbrauch Raumautomation nach Kategorie	28
5.2.3	Eigenenergieverbrauch gesamte Automation	35
5.2.4	Einschätzung des GA-Eigenenergieverbrauchs anhand SIA 2024	35
5.2.5	Einschätzung des GA-Eigenenergieverbrauchs anhand des Minergie-P-Grenzwertes ...	39
5.2.6	Einschätzung des GA-Eigenenergieverbrauchs anhand des simulierten Endenergieverbrauchs (Objekt 1)	40
5.2.7	Beleuchtungsvarianten	41
5.3	Berechnungs-Verfahren und -Tool	44
5.3.1	Grundidee	44
5.3.2	Eingaben	44
5.3.3	Baum	44
5.3.4	Abbildung einer Komponente	45
5.3.5	Hauptspeisung und Signal	46
5.4	Laufzeiten von Stellantrieben	47
5.4.1	Anzahl Stellbewegungen und resultierende Laufzeiten	47
5.4.2	Zeitanteil der Ansteuerung („Anteil-on“)	49
6	Empfehlungen an Planer	50
6.1	Generelle Empfehlungen	51
6.1.1	GA-Effizienzklasse A wählen	51
6.1.2	Bestgeräte hinsichtlich Eigenenergieverbrauch verwenden	51
6.1.3	Systemdurchgängige GA-Lösungen statt separate gewerkspezifische GA-Teilsysteme	52
6.1.4	Komponenten spannungsfrei schalten	52
6.1.5	Strommesser und Wärmezähler vorsehen (Energiemonitoring)	53
6.1.6	GA-Management-System: Alternativen zu klassischem Server prüfen	53
6.1.7	Energieautarke Komponenten (These)	53
6.2	Speisungen	54
6.2.1	Speisungen klein dimensionieren	54
6.2.2	Speisungen mit geringer Leerlauf-Leistungsaufnahme wählen	54
6.2.3	Speisungen mit hohem Wirkungsgrad nahe der Nennleistung wählen	54
6.3	I/O-Module, Relais	54
6.3.1	Hilfsrelais vermeiden (Beleuchtung, Beschattung, Primäranlagen)	54

6.3.2	Bistabile Relais verwenden (Beleuchtung, Primäranlagen)	54
6.3.3	Signaltyp 0(4)-20mA vermeiden (Heizung & Kühlung, Lüftung, Primäranlagen).....	55
6.3.4	Kombimodule einsetzen bei Steuersignal 0(1)-10V (Beleuchtung)	55
6.3.5	Modulgrößen geeignet wählen.....	55
6.4	Antriebe	55
6.4.1	3-Punkt-Antriebe in Betracht ziehen.....	55
6.4.2	Elektromotorische Ventiltriebe einsetzen	57
6.5	Bussysteme	57
6.5.1	Standard-Protokolle für die Datenkommunikation verwenden.....	57
6.5.2	Bus-lose Beleuchtungslösungen in Betracht ziehen	57
7	Empfehlungen an Hersteller.....	58
7.1	Eigenleistungsaufnahme in Datenblättern angeben	58
7.2	Standby-Leistung reduzieren und interne Spannungsfreischaltung	59
7.3	Erkenntnisse von energieautonomen Komponenten nutzen	59
8	Fazit.....	60
9	Literaturverzeichnis	62
10	Anhang	63
10.1	Messwerte	63
10.1.1	Antriebe	63
10.2	Gerätelisten	64
10.3	Vergleich I/O-Module nach Anzahl I/O	65
10.4	Elektroschemas Beleuchtung.....	66
10.4.1	System „konventionell“	66
10.4.2	System „KNX“.....	67
10.4.3	System „AS“	68
10.5	Stellzyklen	69
10.6	Objektanalysen Raumautomation: Eingaben und Ergebnisse.....	71
10.6.1	Objekt 1	71
10.6.2	Objekt 2	73
10.6.3	Objekt 3	77
10.6.4	Objekt 4	79
10.6.5	Objekt 5	82
10.6.6	Objekt 6	85
10.6.7	Objekt 7, GAS 1.....	88
10.6.8	Objekt 7, GAS 2.....	90
10.6.9	Objekt 7, GAS 3.....	92
10.6.10	Objekt 7, GAS 4.....	94
10.7	Objektanalysen GA primärseitig: Eingaben und Ergebnisse	96
10.7.1	Objekt 1, GA primärseitig	96
10.7.2	Objekt 3, GA Lüftung primärseitig	99

1 Ausgangslage

Die Spurguppe Gebäudeautomation der SIA Kommission für Gebäudetechnik und Energie (SIA KGE) hat zwischen Herbst 2009 und Herbst 2010 18 Projektideen entwickelt, mit 34 interessierten Personen diskutiert und von ihnen einzeln bewerten lassen. In [1] sind die Ergebnisse dieser Diskussion und der Bewertung dokumentiert. Die Projektidee „Eigenenergieverbrauch der Gebäudeautomation“ wurde als wichtig bewertet, von Herstellerseite gar als sehr wichtig. Im Jahre 2011 wurde dann zu dieser Projektidee eine Vorstudie durchgeführt [2]. Darin wurde unter anderem vorhandenes Wissen zusammengetragen, wobei sich unter den gefundenen Publikationen der Bericht von Grieder et. al als die umfassendste erwies [3]. Die Ergebnisse der Vorstudie und des erwähnten BFE Berichts bildeten die Startbasis des Projektes „Eigenenergieverbrauch der Gebäudeautomation“. Zwischenzeitlich ist das Thema vermehrt Gegenstand von Untersuchungen geworden (z.B. [4]).

2 Ziel der Arbeit

Das Projekt soll dazu beitragen, dass GA-Lösungen mit unverhältnismässig grossem Eigenenergieverbrauch vermieden werden: Ein Planer soll nicht aus Unsicherheit auf nützliche GA-Funktionen verzichten (weil er meint, dass deren Eigenenergiebedarf unverhältnismässig gross ist). Der GA-Planer hat heute keine Hilfsmittel zur Hand, um den Eigenenergiebedarf einer bestimmten GA-Funktion abzuschätzen und einzuordnen. Die folgenden Grundlagen dazu wurden im vorliegenden Projekt erarbeitet:

- eine Methodik zur Abschätzung des Eigenenergiebedarfs von GA-Funktionen und
- Referenzwerte des Eigenenergiebedarfs. Diese wurden bestimmt durch Analyse konkreter Gesamt-Automatisierungslösungen.

Weiter wurden Empfehlungen für den Planer und solche für den Hersteller abgeleitet.

Abgrenzung des Projekts:

- Das Projekt beschränkte sich auf Gebäudeautomationsfunktionen zur Steuerung, Regelung und Überwachung von Heizung (ohne Brauchwarmwasser-Erwärmung), Kühlung, Lüftung, Beleuchtung und Beschattung. Funktionen im Bereich Sicherheit und Multimedia waren nicht Teil des Projektes.
- Es wurden ausschliesslich Bürobauten sowie ein Schulhaus untersucht. Der Fokus lag dabei auf der Raumautomation.
- Wie sich die Automationsfunktionen auf den Energieverbrauch der gebäudetechnischen Anlagen (exklusive Gebäudeautomation) auswirken, ist nicht Teil des vorliegenden Projekts. Anhaltspunkte dazu liefert die SIA Norm 386.110 (SN EN 15232) [5].

3 Terminologie

3.1 Begriffe

Im Folgenden wird kurz erklärt, in welchem Sinne gewisse Begriffe im vorliegenden Bericht verwendet werden:

- **Eigenenergieverbrauch (EEV):** Der Eigenenergieverbrauch bezeichnet die Differenz aus Energieaufnahme der Komponente und geleisteter Arbeit (abgegebene elektrische Leistung, Bewegung, etc.), daher letztlich Abwärme. Diese wird meist zeitlich über ein Jahr bilanziert und ist typischerweise in der physikalischen Einheit Kilowattstunde (kWh) angegeben. Der „spezifische Eigenenergieverbrauch“ bezeichnet den Eigenenergieverbrauch pro Fläche EBF (Energiebezugsfläche). Die beiden Begriffe „Eigenenergieverbrauch“ und „spezifischer Eigenenergieverbrauch“ sind nicht etabliert. Als Abkürzungen werden in diesem Bericht „EEV“ bzw. „spez. EEV“ eingeführt.
Die geleistete Arbeit haben wir vereinfachend nur im Falle von geleisteter elektrischer Arbeit berücksichtigt. Das heisst in anderer Form (mechanische Arbeit) geleistete Arbeit wurde nicht von der aufgenommenen elektrischen Arbeit abgezogen: Beispielsweise ist

damit bei einem Storenmotor die elektrische Energieaufnahme gleich dem Eigenenergieverbrauch.

- Eigenleistungsaufnahme: Analog zur obengenannten Energie-Grösse „Eigenenergieverbrauch“ wird eine Leistungs-Grösse „Eigenleistungsaufnahme“ verwendet. Ihre physikalische Einheit ist Watt (W).
- Verlustleistung: Der etablierte Begriff „Verlustleistung“ wird bei Geräten der Energieübertragung und Energiewandlung verwendet. Bei GA-Geräten, welche den primären Zweck haben, eine elektrische Arbeit zu leisten (Speisegerät, I/O-Modul, etc.), begrüssen wir die Verwendung des Begriffs „Verlustleistung“. Bei allen anderen GA-Geräten bevorzugt wird die Begriffe „Eigenleistungsaufnahme“ (sofern das Gerät eine elektrische Leistung abgibt) bzw. „Leistungsaufnahme“ (sofern das Gerät keine elektrische Leistung abgibt; in diesem Fall ist die „Eigenleistungsaufnahme“ gleich der „Leistungsaufnahme“).

Nach Wikipedia.de ist die Verlustleistung definiert als die Differenz zwischen aufgenommener Leistung (Leistungsaufnahme) und in der gewünschten Form abgegebener Leistung (Leistungsabgabe) eines Gerätes [6]. Diese Definition gilt auch für den Begriff der „Eigenleistungsaufnahme“. Nur möchten wir das negativ gefärbte Wort „Verlust“ vermeiden bei Komponenten, welche als primären Zweck eine Regelfunktion (wie Berechnung, Messung, Informationsverarbeitung) haben. Hier von einer „Verlustleistung“ zu sprechen, erachten wir nicht als angebracht. Anstelle dessen verwenden wir den obengenannten Begriff der Eigenleistungsaufnahme (siehe oben). Er erscheint uns für die GA-Geräte als genereller Begriff anwendbar, welcher Geräte mit und ohne elektrischer Leistungsabgabe umfassen kann.

- Gebäudeautomation (GA): Der Begriff wird in seinem weiten Sinne verwendet, d.h. was früher mit „MSRL in der Gebäudetechnik“ gemeint war. Dies umfasst auch einfache Systeme, wie z.B. ein Heizungsregelgerät zusammen mit seinen Fühlern, Stellantrieben, Stellgliedern und den Verbindungen dazwischen. Die Norm EN ISO 16484-2 verwendet den Begriff in gleicher Bedeutung.

3.2 Abkürzungen

AS	Automationsstation
BACS	Building Automation and Control System
GA	Gebäudeautomation (siehe Kapitel 3.1)
GAS	Gebäudeautomationssystem
EBF	Energiebezugsfläche
EEV	Eigenenergieverbrauch (siehe Kapitel 3.1)
HSLU	Hochschule Luzern
RBG	Raumbediengerät
PWM	Pulsweitenmodulation
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein

4 Vorgehen / Methode

Die Untersuchungen basieren auf zwei sich komplementär ergänzenden Ansätzen: erstens der Ausmessung von GA-Komponenten im Labor (Labormessungen) und zweitens der Analyse von realisierten GA-Lösungen (Objektanalysen).

Für realitätsnahe Objektanalysen fehlten erst verlässliche Daten zu den Laufzeiten von haustechnischen Raumgeräten. Eine entsprechende Studie wurde dazu deshalb innerhalb dieses Projektes durchgeführt; sie ist in Kapitel 5.4.1 zusammengefasst.

4.1 Vorgehen / Methode Labormessungen

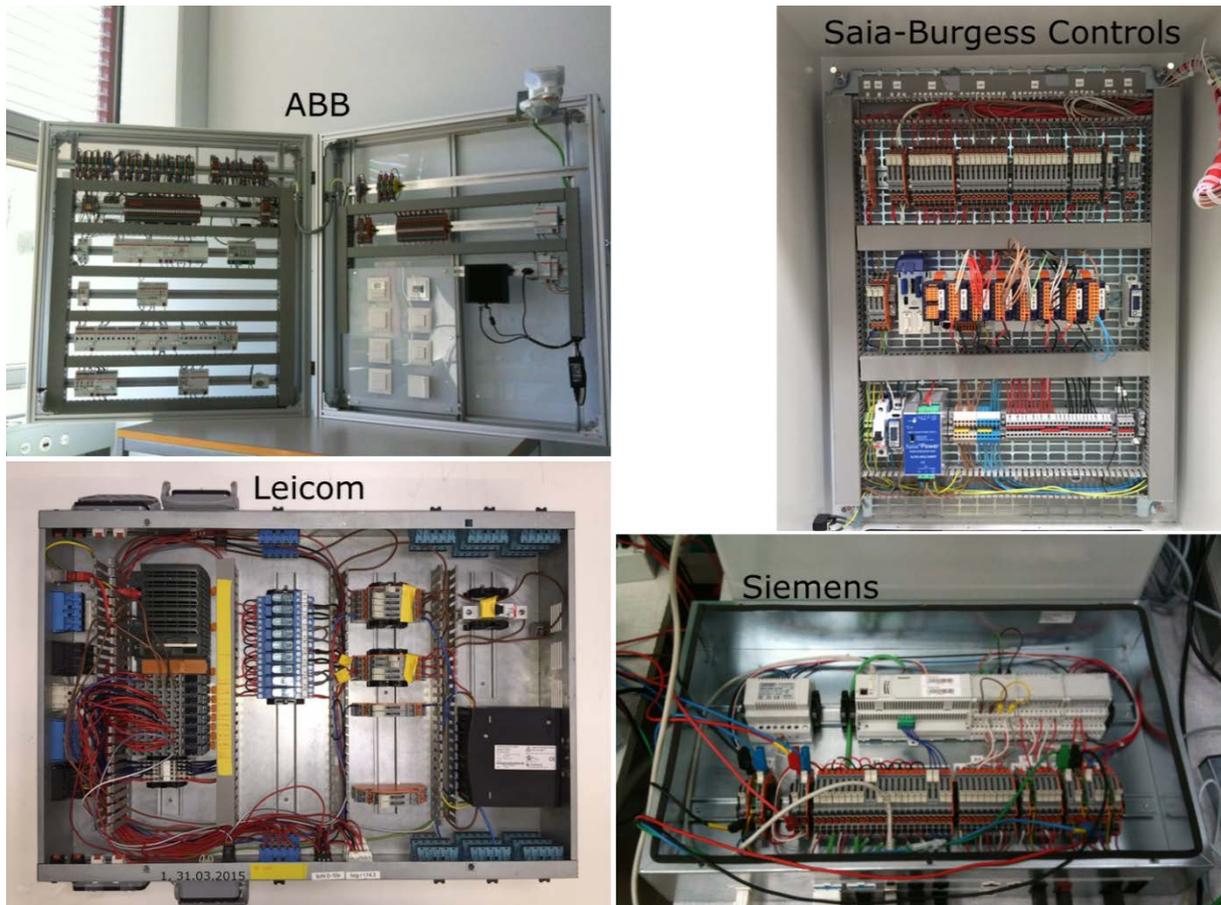


Abbildung 1: GA-Racks zur Ausmessung an der HSLU

Die Firmen ABB Schweiz AG, Leicom AG, Saia-Burgess Controls AG und Siemens Schweiz AG haben sich bereits erklärt, für die Messkampagne an der Hochschule Luzern – Technik & Architektur ein kleines GA-System aufzubauen und zur Verfügung zu stellen (Abbildung 1), inklusive zahlreicher Feldgeräte. Das System von ABB wurde im Rahmen einer unveröffentlichten Bachelorarbeit erstellt. Weiter haben sensortec AG und BELIMO Automations AG diverse Feldgeräte zur Verfügung gestellt (Ventilantriebe, Drehantriebe für Lüftungsklappen, Raumklima- und Präsenzsensoren).

Die vier untersuchten Automationslösungen sind von unterschiedlichem Typ: drei Automationslösungen basieren auf Automationsstationen (AS), eine Automationslösung basiert ausschliesslich auf KNX-Komponenten.

4.1.1 Charakterisierung der GA-Racks

Jedes GA-Rack war hauptsächlich aus Produkten desselben Herstellers der neusten Produktgeneration aufgebaut. Die realisierte Topologie war skalierbar. Das heisst, das GA-Rack hatte denselben topologischen Ansatz, wie er in einem mittleren bis grossen Bürobau typischerweise gewählt wird. Alle Gerätetypen, die für eine solche Lösung benötigt werden, waren auch im GA-Rack vorhanden.

Die Funktionalität der GA-Racks deckte für einen Büroraum die Raumautomation vollumfänglich ab (einschliesslich zugehörige zentrale Funktionen, wie zum Beispiel ein Zeitschaltprogramm). Es wurde von einer Büroausstattung und Funktionalität ausgegangen, die dem vom Amt für Hochbauten Zürich definierten Raummodul Büro entspricht, beschrieben in „Richtlinie Gebäudetechnik Büro“ [5] (Abbildung 2). Diese Ausstattung eines Büroraums umfasst:

- 2 Leuchten; eine Leuchte fensternah, eine Leuchte fensterfern
- Präsenz- und Helligkeitsdetektion für zwei Zonen (fensternah, fensterfern)
- 2 Lamellenstoren, je mit einem motorischen Antrieb
- Solarstrahlungssensor (Signal auch für andere Büros mitgenutzt)
- Raumbediengerät
- Ansteuerung für 2 Radiatorventile (1 elektromotorisches Ventil, 1 thermisches Ventil)
- Luftqualitätssensor (CO₂ oder VOC)

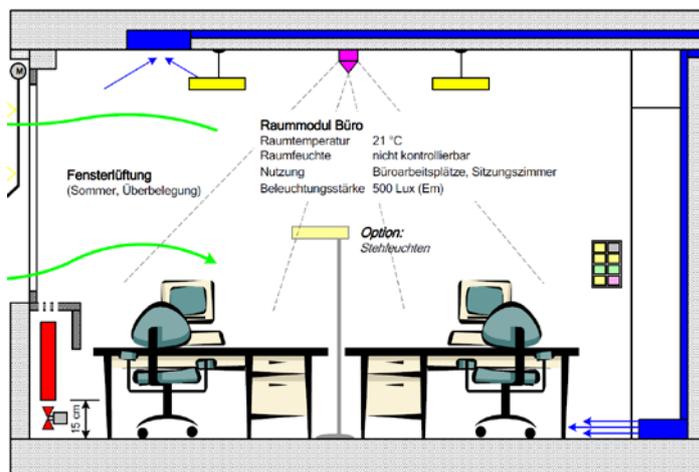


Abbildung 2: Funktionalität der GA-Racks (Quelle Bild: [7])

Die Verdrahtung der GA-Racks wurde derart ausgeführt, dass möglichst für jede Komponente der Eigenenergieverbrauch gemessen werden konnte, während das Gesamtsystem voll funktional in Betrieb war. Weitere Informationen dazu sind in Kapitel 4.1.2 gegeben.

Über Buchsen konnten Feldgeräte angeschlossen werden, sofern diese nicht bereits auf dem Rack verbaut waren.

4.1.2 Messdurchführung

4.1.2.1 Messdurchführung an GA-Racks

Alle GA-Racks wurden von der Hochschule Luzern – Technik & Architektur mit derselben Messeinrichtung ausgemessen. Pro Komponente wurden alle Eingangs- und Ausgangsströme gemessen, um die Leistungsbilanz über die Komponente erstellen zu können (Abbildung 3). Für Komponenten, welche elektrische Leistung liefern, ist die Eigenleistungsaufnahme gleich der Differenz von aufgenommener zu abgegebener elektrischer Leistung. Typischerweise wurden einzelne Aktionen, wie beispielsweise eine einzelne Antriebsbewegung, ausgemessen.

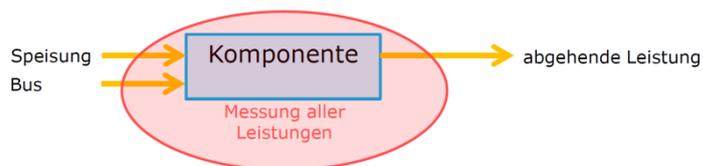


Abbildung 3: Leistungsbilanz einer Komponente

Um die erwähnten Eingangs- und Ausgangsströme möglichst für jede Komponente messen zu können, waren die Racks mit Messklemmen ausgestattet. Die Messklemme kann unterbrechungsfrei zwischen Strommessung und Normalbetrieb umgeschaltet werden. In Abbildung 4 ist eine Reihe aus solchen Klemmen und das verwendete Messgerät abgebildet.

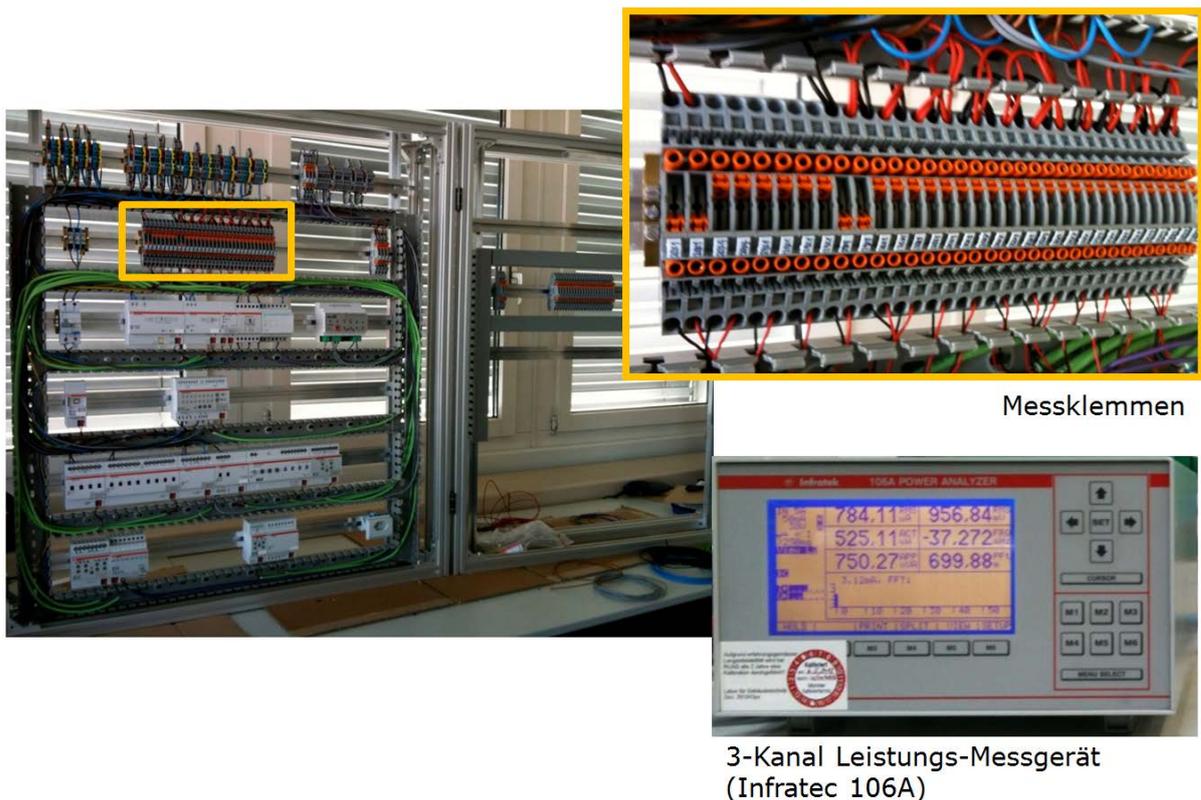


Abbildung 4: Klemmenreihe und Messgerät

4.1.2.2 Messdurchführung an Antrieben

Die Ausmessung verschiedener Antriebe erfolgte mit zwei an der Hochschule Luzern – Technik & Architektur im Rahmen dieses Projektes konzipierten Messapparaturen, eine Messapparatur für Hubventil-Antriebe (Abbildung 5) und eine Messapparatur für Dreh-Antriebe (Abbildung 6). Die Messapparatur für Hubventil-Antriebe weist einen Zapfen auf, welcher kompatibel ist zu zwei normierten Halterungstypen.

Bei der Messapparatur für Hubventil-Antriebe wirkte eine Last auf das freie Schwenkeisenende, bei der Messapparatur für Dreh-Antriebe wirkte eine Last über ein Umlenkband auf die Rotationsscheibe. Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigen die jeweilige Messapparatur mit montiertem Antrieb.

Um die Messung möglichst reibungsarm durchführen zu können, sind beide Messapparaturen mit Kugellager ausgestattet. Die Messapparatur für Hubventil-Antriebe hat ein Kugellager im Drehpunkt des Schwenkeisens sowie an beiden seiner Endpunkte; die Messapparatur für Dreh-Antriebe hat eine kugelgelagerte Rotationsscheibe.

Typischerweise wurde in einer Messung ausgehend von einer Endposition eine gewünschte Position angefahren. Bei der Ansteuerungsart PWM (thermische Antriebe) bedeutete eine Zwischenposition einen Zustand von identischen wiederkehrenden Bewegungszyklen.

In den Haltepositionen wirkt bei beiden Messapparaturen eine Kraft (bzw. bei Dreh-Antrieben ein Drehmoment) auf den Antrieb. Ein Kleinventilantrieb, der sich im Haltezustand befindet, erfordert aufgrund interner Haftreibung erst bei Überschreiten einer bestimmten Kraft (bzw. eines bestimmten Drehmomentes) eine Antriebsleistung. In den Untersuchungen wurde davon ausgegangen, dass die von der Messapparatur ausgeübte Kraft (bzw. das ausgeübte Drehmoment) kleiner ist als diese „Losbrech“-Kraft (bzw. dieses „Losbrech“-Drehmoment). Trifft dies zu, ist die gewählte Messdurchführung für alle Antriebszustände (Bewegen und Halten) praxisgerecht.

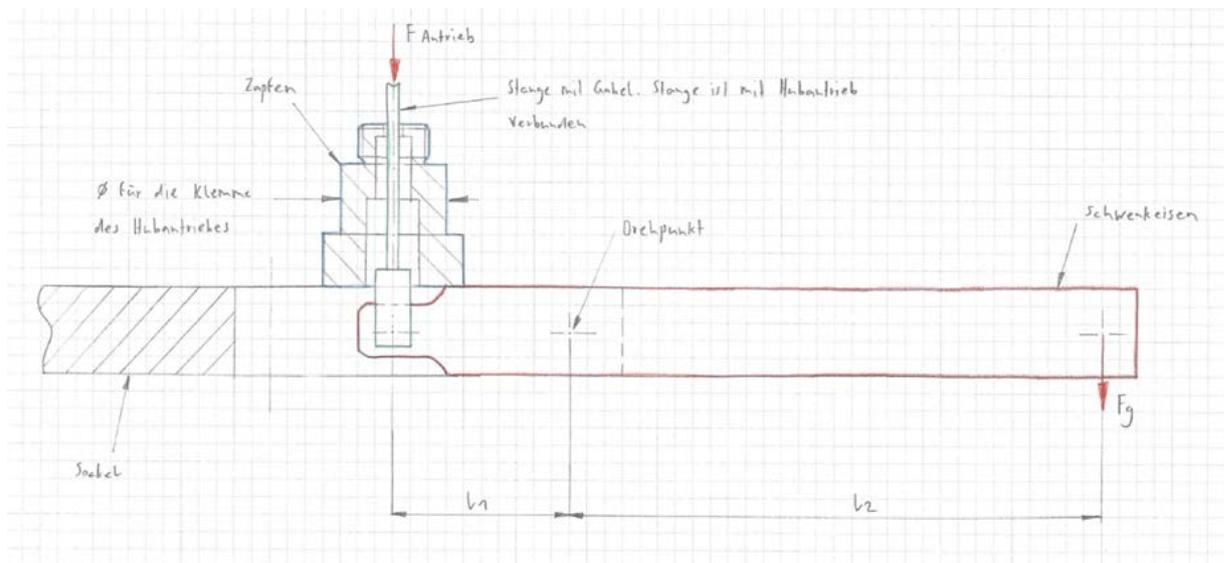


Abbildung 5: Skizze für Messapparatur Hubventil-Antriebe

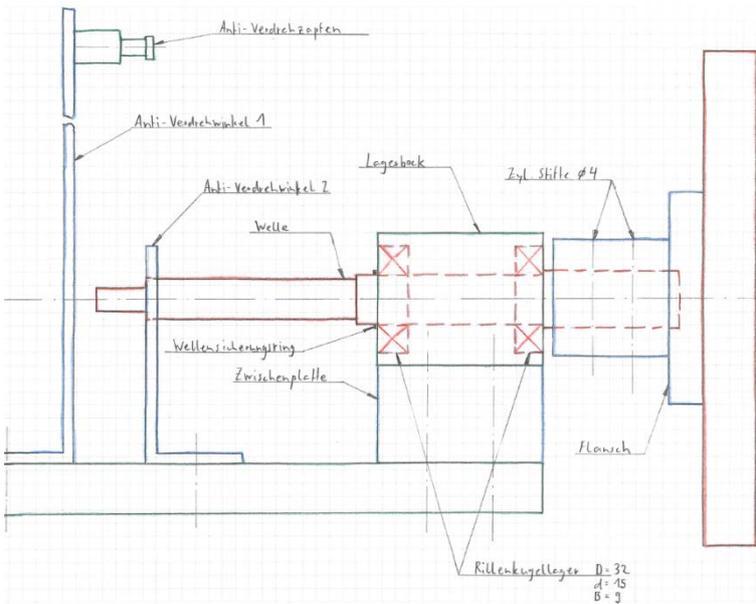


Abbildung 6: Skizze für Messapparatur Dreh-Antriebe (ganz links: Rotationsscheibe)



Abbildung 7: Messapparatur Hubventil-Antriebe



Abbildung 8: Messapparatur Dreh-Antriebe (im Vordergrund: Rotationsscheibe)

4.2 Vorgehen / Methode Objektanalyse

Um die Objektanalysen systematisch vornehmen zu können, wurde zu Beginn des Projektes eine Analysemethode entwickelt (Kapitel 5.3). Sie erlaubt, den Eigenenergieverbrauch der GA verlässlich abschätzen zu können. Anwendbar ist die Methodik sowohl für geplante als auch realisierte GA-Lösungen. Die Methodik wäre manuell aufwendig anzuwenden; sie bedingt ein Tool, welches die Berechnungsschritte automatisiert. Ein solches Tool wurde als projektinternes Excel-Tool entwickelt. So konnten alle Objektanalysen standardisiert und reproduzierbar vorgenommen werden.

Resultate der Objektanalysen sind der spezifische Eigenenergieverbrauch (Eigenenergieverbrauch pro Quadratmeter Energiebezugsfläche), jeweils gewerkspezifisch (Heizung & Kühlung, Lüftung, Beleuchtung, Beschattung) sowie nach frei wählbaren Kategorien.

4.2.1 Systemgrenze

Zur Gebäudeautomation (Raumautomation und primärseitige Gebäudeautomation) wurden hier diejenigen Komponenten gezählt, welche einen Prozess im Gebäude automatisieren, d.h. typischerweise einen Fluss (Wasser, Luft, Licht) oder einen Energiewandler regeln (wie z.B. einen Ventilator oder eine Leuchte). Der eigentliche Energiefluss im Energiewandler liegt ausserhalb der GA (Abbildung 9). Zum Beispiel wurden bei der Lüftung die Ventilatoren nicht zur Gebäudeautomation gezählt, hingegen die Ansteuerung der Ventilatoren sowie der Betrieb der Lüftungsklappen-Stellantriebe mitgezählt. Analog wurde bei der Beleuchtung der Verbrauch der Lampen selber nicht miteinbezogen, ein Beleuchtungsaktor hingegen miteinbezogen. Bei den Vorschaltgeräten wurde lediglich die Standby-Leistungsaufnahme der GA angelastet (Tabelle 1). Beim Gewerk Beschattung wurden die Storenantriebe mitberücksichtigt. Weiter zum System gezählt wurden alle Speisungen, Steuerungs- und Regungs-Einheiten, Sensoren und Aktoren, welche für die Gebäudeautomation benötigt werden.

In der Analyse, welche als Basis für die Schätzung des primärseitigen Verbrauchs diente, waren Brandschutzklappen und deren Ansteuerung mitberücksichtigt, hingegen nicht die Brandmelde-Anlage und deren Rauchmelder.

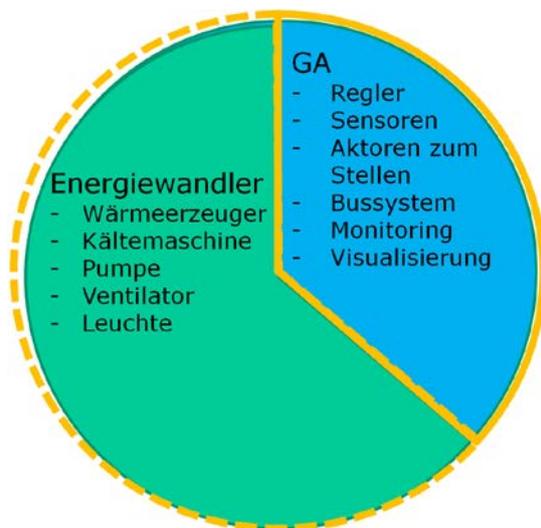


Abbildung 9: Systemabgrenzung Gebäudeautomation

	Betriebszustand der Leuchte	
	On	Off
Teil der GA	Standby-Leistungsaufnahme	Standby-Leistungsaufnahme (sofern EVG nicht spannungsfrei geschaltet)
Ausserhalb GA	Speisungsverluste	kein Anteil

Tabelle 1: Systemgrenze beim Leuchten-Vorschaltgerät (EVG)

4.2.2 Objekte

An sechs neueren, hochautomatisierten Gebäuden wurde das verbaute GA-System bezüglich des Eigenenergieverbrauchs analysiert. In gleicher Weise wurden Analysen für ein fiktives Gebäude durchgeführt. Bei den realen Gebäuden handelt sich um fünf Bürogebäude, welche alle eine aktive Kühlung aufweisen sowie einen Schulhaus-Trakt ohne mechanische Kühlung. In Tabelle 2 sind die analysierten Gebäude und der Analyseumfang tabellarisch beschrieben.

Gebäude				Analyse					
Objektnr.	Gebäudegrösse		Gebäude-Typ	GA-Typ	Analyse-Grundlage	Gewerke			
	Stockwerke [Anzahl]	Energie-bezugsfläche [m ²]				Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung
1	5	1935	Büro	Automationsstationen, teilweise KNX, BACnet	1 Stockwerk (EBF 416 m ²)				
2	30	120'000	Büro	Automationsstationen, DALI	1 Stockwerk				
3	8	11'500	Büro	Automationsstationen, KNX	8 Stockwerke (Büros und Sitzungszimmer, EBF 7'988)				
4	1	1196	Büro	Automationsstationen, MP-Bus (Lüftungsklappenantriebe, Ventilantriebe), DALI (Beleuchtung), SMI (Storen) EnOcean (Taster), M-Bus (3 Strommessgeräte)	1 Stockwerk				
5	18	27614	Büro	Automationsstationen, MP-Bus (Lüftungsklappenantriebe)	2 Stockwerke				
6	4	28130	Schule	Automationsstationen, Relais (Licht)	Stockwerk-Teil				
7	5	3300	Büro (fiktiv)	GAS 1: KNX GAS 2: Automationsstationen, MP-Bus (Lüftungsklappenantriebe), DALI GAS 3: Automationsstationen, teilweise KNX, DALI GAS 4: Automationsstationen, MP-Bus (Lüftungsklappenantriebe), DALI	1 Stockwerk				

Tabelle 2: Analyierte Gebäude und Analyseumfang

Beim Objekt 7 handelt es sich um ein fiktives Bürogebäude mit aktiver Kühlung (Abbildung 10). Es wurden hier verschiedene GA-Varianten konzipiert und dazu die Speisungstopologie erarbeitet. Grundlage aller dieser Varianten war eine jeweils identische Raumaufteilung auf allen Stockwerken. Die erarbeitete Topologie ist in der Analysedokumentation wiedergegeben (Kapitel 10.6.7 bis 10.6.10 im Anhang).

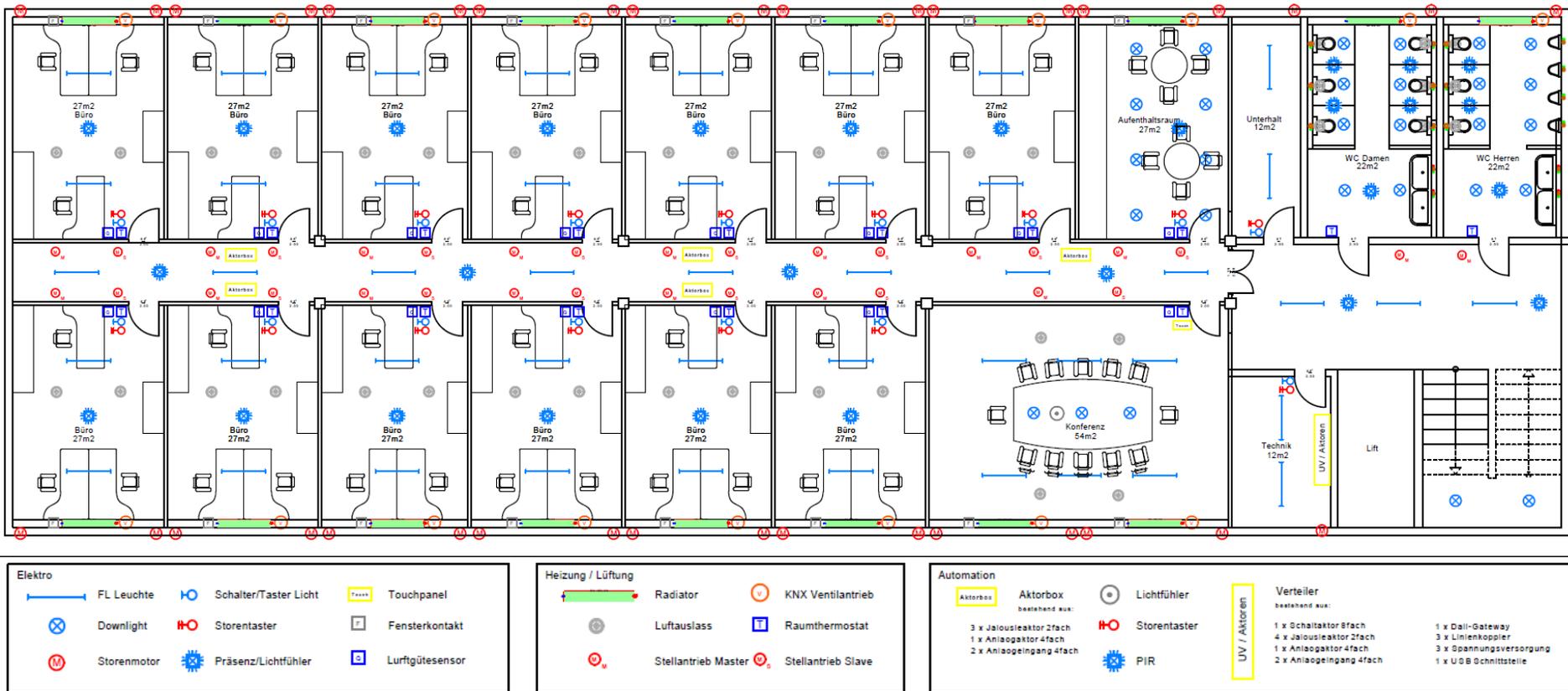


Abbildung 10: Grundriss eines Stockwerks des fiktives Bürogebäudes (Objekt 7)

4.2.3 Annahmen Raumautomation

Für das Leitsystem wurde bei allen Objekten jeweils 1 Server eingerechnet, welcher ununterbrochen in Betrieb ist (Leistungsaufnahme 80 W). In Objekt 7 wurde zusätzlich ein Touchpanel auf jedem der 5 Stockwerke eingerechnet, welches täglich 1 Stunde benutzt wird (Betrieb: 19.3 W, Standby: 2 W).

Die vollständigen Eingaben und Ergebnisse sind im Anhang 10.6 wiedergegeben.

4.2.4 Annahmen primärseitige GA

Der primärseitige GA-Eigenverbrauch wurde geschätzt. Die Schätzung basierte auf einer Analyse für das Objekt 1 (Anhang 10.7.1) sowie einer linearen Interpolation mit folgenden beiden Stützwerten für den jährlichen Eigenverbrauch:

- Kleines Objekt (bis und mit EBF 11'500 m²): 3500 kWh
- Grösstes untersuchtes Objekt (EBF 120'000 m²): 12000 kWh

Während der erste Stützwert sich an der Analyse für Objekt 1 orientiert, entbehrt der zweite Stützwert einer Berechnungsgrundlage (d.h. beim zweiten Stützwert handelt es sich lediglich um eine Annahme). Die verwendeten Schätzwerte sind in Tabelle 3 wiedergegeben.

Objekt-Nr.	EBF [m ²]	EEV primär [kWh]	Spez. EEV primär [kWh/m ²]	Leistungs-aufnahme primär [W]	Spez. Leistungs-aufnahme primär [W/m ²]
1	1935	3500	1.81	400	0.206
2	120'000	12000	0.10	1370	0.011
3	11'500	3500	0.30	400	0.035
4	1196	3500	2.93	400	0.334
5	27614	4762	0.17	544	0.020
6	28130	4803	0.17	548	0.019
7	3300	3500	1.06	400	0.121
	Werte gemäss Analyse für Objekt 1				

Tabelle 3: Verwendete Schätzwerte für den primärseitigen Eigenenergieverbrauch

Für eine Lüftungsanlage, welche leistungsmässig für das Objekt 3 passt, wurde ebenfalls eine Analyse durchgeführt (Anhang 10.7.2). Mit der Annahme, dass das Gewerk Lüftung einen Anteil von 60% an der primärseitige Leistungsaufnahme der Gebäudeautomation ausmacht (wie die Analyse für Objekt 1 ergab), resultiert für das Gebäude 3 ein Wert von 358 W für die primärseitige Leistungsaufnahme der Gebäudeautomation. Dieser Wert läge tiefer als der für das viel kleinere Gebäude 1 ermittelte Wert. Insofern ist dies ein Indiz, dass der primärseitige, nicht-flächenbezogene GA-Eigenenergieverbrauch in erster Näherung unabhängig von der Anlagengrösse sein dürfte. Im Sinne einer konservativen Betrachtung wurde dennoch eine leichte Zunahme mit der Gebäudegrösse (EBF) für alle Objekt grösser als EBF 11'500 m² angenommen, wie oben beschrieben (lineare Interpolation).

5 Ergebnisse und Diskussion

5.1 Labormessungen

5.1.1 Speisung

Die untersuchten Automationssysteme arbeiten auf einem Spannungsniveau von 24 Volt. Je nach Hersteller mit AC oder DC. Die Netzspannung von 230 V AC muss mit einem Netzgerät umgewandelt werden.

Bei drei der fünf ausgemessenen Geräte lag der Wirkungsgrad in einem Bereich zwischen 80% bis 90%, sofern die Geräte in einem Lastbereich von über 40% der Nennleistung betrieben wurden (Abbildung 11).

Werden die Geräte in einem tiefen Teillastbereich betrieben, fallen die Wirkungsgrade teilweise bis unter 50%. Für die Praxis bedeutet dies, dass die Speisung richtig dimensioniert werden muss.

Ein Gerät ist jedoch positiv aufgefallen, da es bereits ab einem Teillastbereich von 20% einen Wirkungsgrad von über 80% aufweist.

Die ausgemessenen Produkte sind im Anhang 10.2 (Tabelle 22) aufgeführt und charakterisiert.

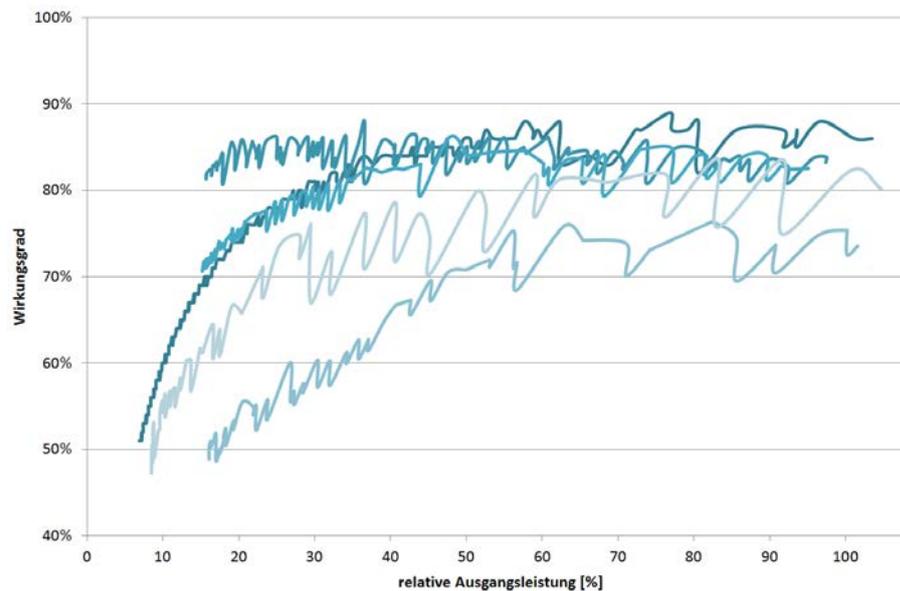


Abbildung 11: Wirkungsgrad der ausgemessenen Speisungen

5.1.2 Automationsstation

Die drei ausgemessenen AS-Lösungen (Anhang 10.2, Tabelle 22) haben alle Automationsstationen mit Prozessor-Einheit und separaten I/O-Modulen. Auf die I/O-Module wird in Kapitel 5.1.3 eingegangen.

Ohne angeschlossene Module benötigt die Prozessor-Einheit im Idle-Zustand Leistung für den Grundbedarf der Rechen- und Kommunikationskomponenten. Die gemessene Leistungsaufnahme im Idle-Zustand liegt für die Prozessor-Einheit mit der geringsten Leistungsaufnahme bei 2.9 Watt, für jene mit der höchsten Leistungsaufnahme bei 9 Watt.

Eine Abschätzung, wie sich die Leistungsaufnahme im Verhältnis zur CPU-Auslastung verhält, konnte nicht vorgenommen werden. Dazu fehlte die Möglichkeit, die Prozessor-Auslastung zu messen und zu beeinflussen.

5.1.3 I/O-Module

Diverse Modultypen und Signaltypen wurden ausgemessen; die Produkte sind im Anhang 10.2 (Tabelle 22) aufgeführt und charakterisiert. Aus den Messungen wurde jeweils die Verlustleistung pro Eingang bzw. Ausgang des Moduls bestimmt, einerseits für die minimale Belegung der Ein-/Ausgänge des Moduls und andererseits für die maximale Belegung. Somit ergaben sich je zwei Werte pro Modul. Diese Verlustleistungen sind in Abbildung 12 dargestellt. Innerhalb aller I/O-Typen und auch innerhalb der I/O-Untertypen sind grosse produktspezifische Unterschiede in der Verlustleistung festzustellen.

Der Markt bietet eine Vielzahl von Modultypen. Die wichtigsten Eingänge/Ausgänge, teils auch kombiniert auf demselben Modul, sind:

- Analoger Eingang für Signal
 - o Spannungssignale 0 - 10 V (gemäss DIN IEC 60381)
 - o Stromsignale (0)4 - 20 mA (gemäss DIN IEC 60381)
 - o Widerstandsmessung (Temperatursensor Thermistor)
- Analoger Ausgang
 - o Spannungssignale 0 - 10 V (gemäss DIN IEC 60381)
 - o Stromsignale (0)4 - 20 mA (gemäss DIN IEC 60381)
- Digitaler Eingang
 - o Signaleingang in Einleitertechnik, 24 V DC
 - o Signaleingang in Einleitertechnik, 230 V AC
 - o Zählereingang, Kontaktauslesung durch Spannungspulse (z.B. 35 V)
- Digitaler Ausgang
 - o Signalausgang 24 V DC, Nennstrom bis ca. 0.5 A
 - o Leistungsausgang zur Ansteuerung von thermischen Ventilen mittels Triac, bis 6 VA
- potentialfreie Ausgänge
 - o Starkstrom on/off, bis 3,7 kW Schaltleistung
 - o Dimmer bis 2.4 kW Schaltleistung

Vereinfachend wurden in Abbildung 12 die potentialfreien Ausgänge bei den digitalen Ausgängen (BO) mitberücksichtigt.

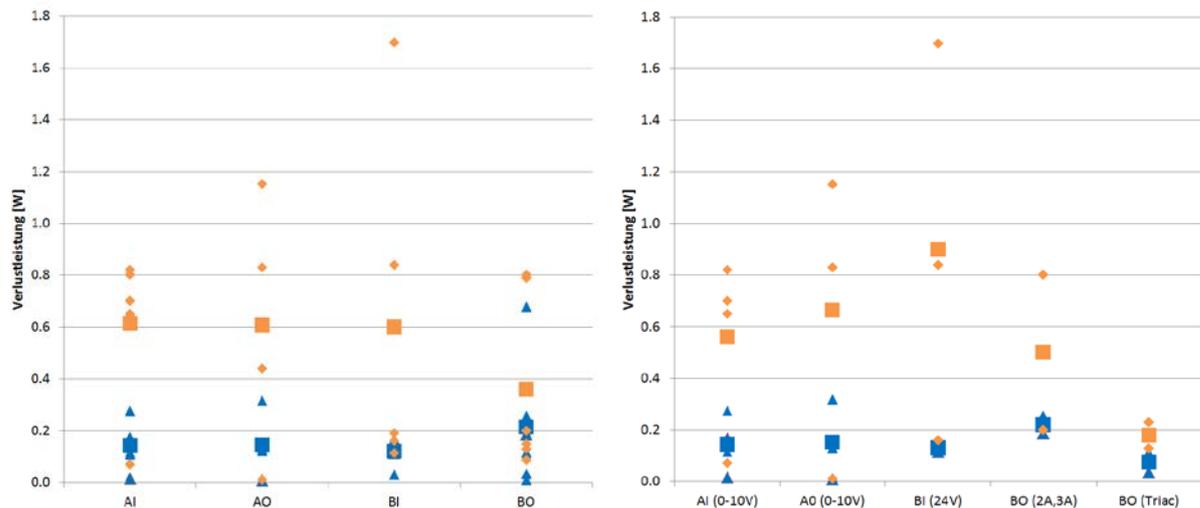


Abbildung 12: Verlustleistung pro I/O-Punkt; rechts: alle I/O-Untertypen berücksichtigt in den I/O-Typen; links: Auswahl bestimmter I/O-Untertypen; in Gelb bei minimaler Belegung der Module, in Blau bei maximaler Belegung der Module; kleine Icons repräsentieren einen Einzelwert; die grossen Quadrate den Mittelwert

Bei Modulen, welche sich nur in der Anzahl der Ein-/Ausgänge unterscheiden, sinkt die maximale Leistungsaufnahme pro Ein-/Ausgang mit steigender Anzahl Ein-/Ausgängen. Dies zeigte eine datenblatt-basierte Analyse (Anhang 10.3).

5.1.4 Sensoren

Es wurden eine Reihe von Sensoren ausgemessen (Abbildung 13). Die ausgemessenen Produkte sind im Anhang 10.2 (Tabelle 22) aufgeführt und charakterisiert.

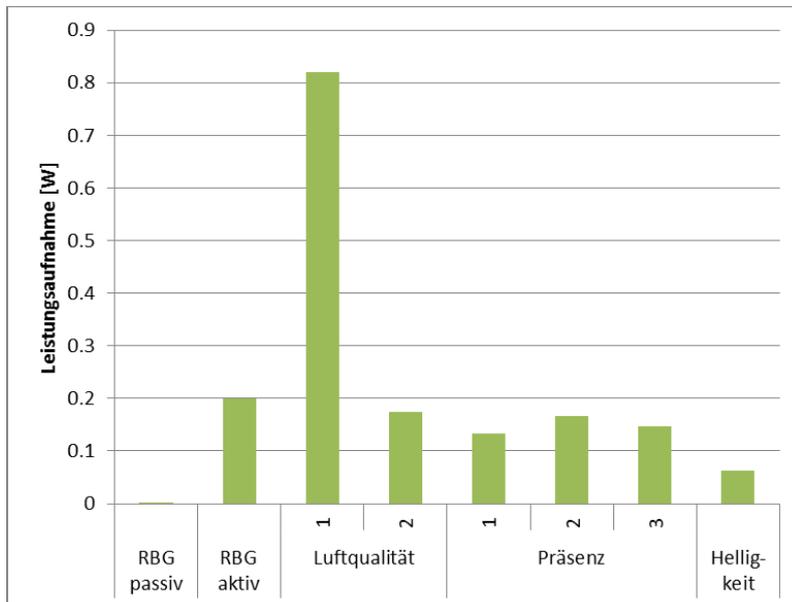


Abbildung 13: Gemessene Leistungsaufnahme verschiedener Sensoren

Die Mehrzahl der gemessenen Sensoren hatte eine Leistungsaufnahme im Bereich von 0.1 W bis 0.2 W.

Zur Raumtemperaturmessung waren zwei Raumbediengeräte (RBG) vertreten:

- Ein einfaches Raumbediengerät mit Potentiometer zur Sollwertvorgabe der Raumtemperatur und mit einem PT1000-Temperaturfühler (Messwert „RBG passiv“ in Abbildung 13). Sowohl der Stromverbrauch des Potentiometer-Widerstandskreises wie auch der Stromverbrauch des PT1000-Temperaturfühlers sind praktisch vernachlässigbar klein.
- Ein digitales Raumbediengerät, welches die Bedienung aller Raumgewerke umfasst (Messwert „RBG aktiv“ in Abbildung 13). Das Gerät besitzt einen NTC Widerstandsfühler zur Temperaturmessung.

Zwischen den zwei Luftqualitätssensoren dürfte sich der grosse Unterschied mit dem unterschiedlichen Messprinzip erklären (1: Nichtdispersiver Infrarotsensor (NDIR); 2: VOC-Mischgassensor).

Die gemessene Wetterstation ist in Abbildung 13 aus Gründen der Darstellung nicht gezeigt. Die Wetterstation wies eine Leistungsaufnahme von 3.68 W auf (Leistungsbezug von externer Speisung 3.64 W plus Leistungsbezug über Bus 0.04 W). Ein Grund für die erhöhte Leistungsaufnahme dürfte die elektrische Beheizung des Regensensors sein.

5.1.5 Antriebe

Es wurden Ventil- und Klappenantriebe ausgemessen. Die Produkte sind im Anhang 10.2, Tabelle 23, aufgeführt.

Die Stellkraft bzw. das Drehmoment der Antriebe korreliert nicht in allen Fällen mit dem Verbrauch; so hat der leistungsstärkste gemessene Antrieb in etwa die gleiche Leistungsaufnahme wie Antriebe mit einer vielfach kleineren Stellkraft bzw. einem vielfach kleineren Drehmoment. Die einzelnen Messwerte sind im Anhang 10.1.1, Tabelle 20, aufgeführt. Die elektrothermischen Antriebe zeigten in der Regel höhere Leistungsaufnahmen als die elektromotorischen Antriebe, sowohl im Bewegungszustand als auch im Haltezustand (Abbildung 16, Abbildung 17).

Von den Messwerten wurden zwei Kenngrößen abgeleitet:

- Der Wirkungsgrad bezieht sich auf den Bewegungszustand. Er ist die geleistete mechanische Arbeit im Verhältnis zur aufgenommenen elektrischen Energie.
- Die spezifische Leistungsaufnahme bezieht sich auf den Haltezustand. Wir haben sie definiert als aufgenommene elektrische Wirkleistung im Verhältnis zur ausgeübten Stellkraft bzw. zum ausgeübten Drehmoment.

Der Wirkungsgrad ist in Abbildung 14 dargestellt; die spezifische Leistungsaufnahme ist in Abbildung 15 dargestellt. Tabellarisch sind die Werte im Anhang 10.1.1, Tabelle 21, gezeigt. Eine spezifische Leistungsaufnahme von Null im Haltezustand ist grundsätzlich bei elektromotorischen Antrieben mit 3-Punkt-Ansteuerung realisierbar, indem die Ansteuerung nach Erreichen der gewünschten Position auch in der Ausgangs- und Endposition spannungslos geschaltet wird. Dieses spannungslose Halten beruht auf der Antriebs-internen Haftreibung (oder allenfalls konstruktiven Massnahmen). Es ist begrenzt bis zu einer bestimmten produktspezifischen Haltekraft bzw. bis zu einem bestimmten produktspezifischen Haltedrehmoment. Im Falle von Kleinventilantrieben dürften diese Werte in der Regel ausreichend hoch liegen, so dass spannungsloses Halten möglich ist.

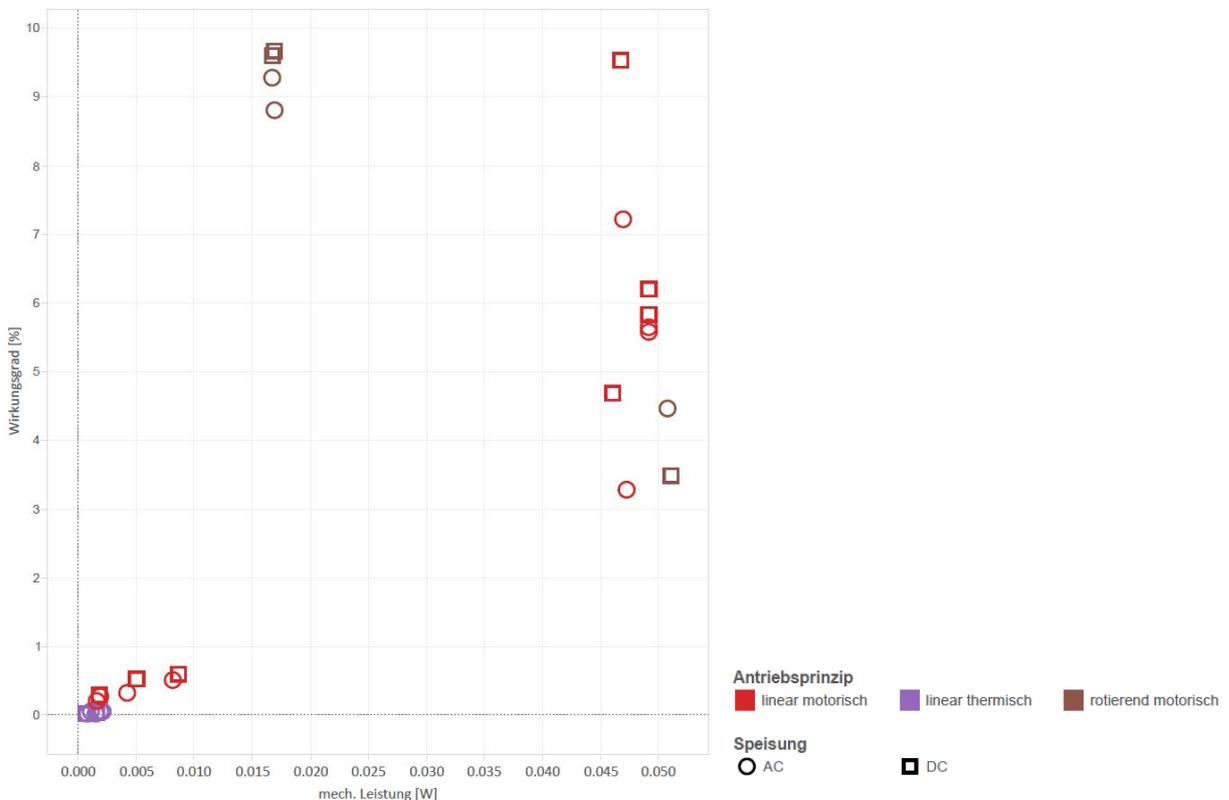


Abbildung 14: Wirkungsgrad der Antriebe im Bewegungszustand

Die Wirkungsgrade liegen im Bereich von knapp 0.1% bis knapp 10% (d.h. es gibt Unterschiede bis zu zwei Zehnerpotenzen). Die sehr tiefen Wirkungsgrade (0.03% – 0.06%) sind allesamt den elektrothermischen Antrieben zuzuschreiben (violette Symbole), während die elektromotorischen Antriebe

(rote und braune Symbole) Wirkungsgrade von 0.3% bis 9.7% zeigen. Die Klasse der leistungsstärkeren Antriebe (> 0.015 W mechanische Leistung) zeigten allesamt Wirkungsgrade grösser als 3%.

Im Vergleich zu elektromotorischen Antrieben für Gebäude-fremde Anwendungen sind auch letztere Wirkungsgrade als tief zu bezeichnen. Es dürfte hier herstellerseitig noch Optimierungsmöglichkeiten geben. Allerdings ist in vielen Anwendungsfällen der EEV-Anteil des Bewegungszustands ein Vielfaches kleiner als jener des Haltezustands. Eine entsprechende Abschätzung wurde für Ventilantriebe vorgenommen (siehe Kapitel 5.1.5.1).

Bei baugleichen Antrieben, welche sich nur in der Speisungsart unterscheiden, zeigt jeweils das DC-gespiesene Produkt (Quadrat-Symbol) einen geringfügig höheren Wirkungsgrad (mit einer Ausnahme) als das AC-gespiesene Produkte (Kreis-Symbol).

Nach Funktionsart „linear“ oder „rotierend“ betrachtet, ist keine Vorteilstendenz auszumachen.

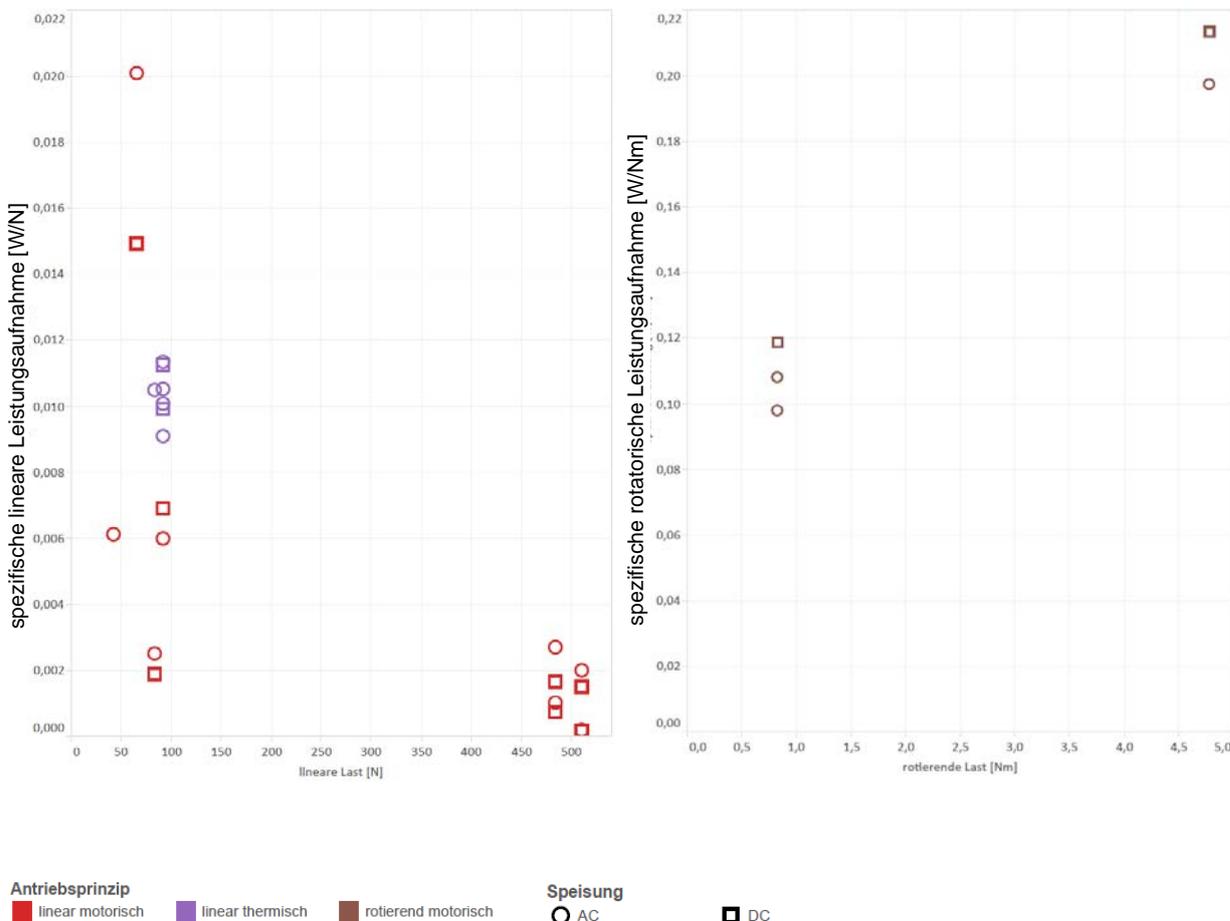


Abbildung 15: Effizienz der Antriebe im Haltezustand; links: lineare Antriebe; rechts: rotierende Antriebe

Beim Vergleich der beiden Stärkenklassen von linearen Antrieben zeigten Antriebe der stärkeren Klasse meist kleinere spezifische Leistungsaufnahmen [W/N]. Beim Vergleich der beiden Stärkenklassen von rotierenden Antrieben wurde das Umgekehrte festgestellt.

Die Leistungsaufnahme der Antriebe in verschiedenen Betriebszuständen wurde bei unterschiedlicher Art des Stellsignals untersucht. Die Ergebnisse sind für die Kleinventilantriebe in Abbildung 16 gezeigt und für die grösseren ausgemessenen Antriebe (Ventil- und Klappenantriebe) in Abbildung 17. Als blauer Punkt ist jeweils der Mittelwert dargestellt; das untere bzw. obere Ende des vertikalen Strichs entspricht dem Minimal- bzw. Maximalwert. „Halten 0“ bezeichnet den Haltezustand in der Ausgangsposition (minimale Ansteuerung), „Halten 1“ bezeichnet den Haltezustand in der Endposition (maximale Ansteuerung), „Halten ZP“ bezeichnet den Haltezustand in einer Zwischenposition. Eine Beschreibung der Stellsignal-Typen ist in Tabelle 4 gegeben.

Die Produkte, welche in den beiden Abbildungen jeweils berücksichtigt wurden, sind aufgeführt im Anhang 10.2, Tabelle 23 (Spalte „Grösse“ beachten).

Stell-signal	Beschreibung, Anmerkung	Anzahl Messungen	
		Klein-ventil-antriebe	Grössere Antriebe
0-10V	Stetige Ansteuerung mit variabler Gleichspannung von 0-10V.	7	6
2-Punkt	Betriebsspannung dauernd anliegend an einem der beiden Anschlüsse. Bei dieser Ansteuerung ist keine Zwischenposition möglich. Ersatzweise wurde für „Halten ZP“ eine alternierende Bewegung angenommen und der Messwert „Bewegen“ verwendet.	2	2
3-Punkt v1	Betriebsspannung anliegend während Antriebsbewegung und in der Ausgangs- und Endposition.	3	2
3-Punkt v2	Betriebsspannung anliegend nur während Antriebsbewegung (Spannungsfreischaltung ansteuerungsseitig in der Ausgangs- und Endposition).	3	2
PDM 0-100	Zyklische Ansteuerung. Für die Ausgangsposition erfolgt keine Ansteuerung und für die Endposition wird andauernd angesteuert.	3	-
PDM 5-50	Zyklische Ansteuerung. Für die Ausgangsposition erfolgt eine Ansteuerung während 5% der Zeit und für die Endposition wird während 50% der Zeit angesteuert.	3	-

Tabelle 4: Stellsignal-Typen

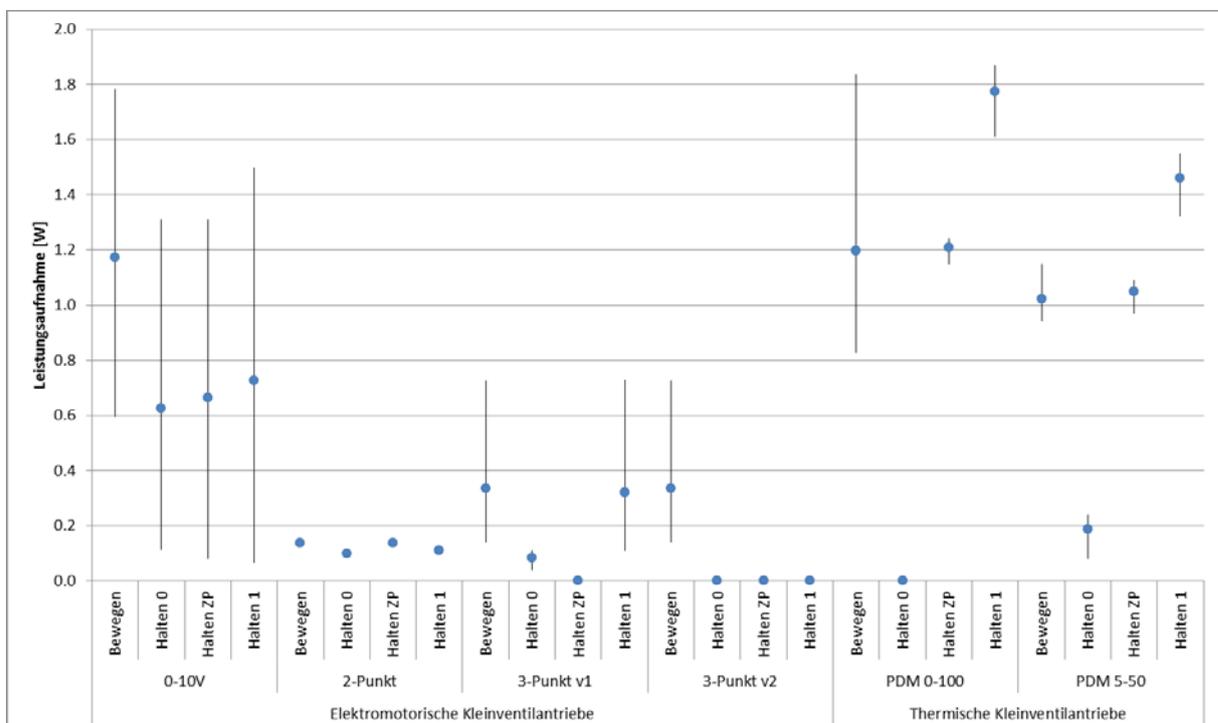


Abbildung 16: Leistungsaufnahme von Kleinventilantrieben nach Typ des Stellsignals

Beim Stellsignal „0-10V“ konnten besonders grosse relative Unterschiede in den Haltepositionen ausgemacht werden. Möglicherweise sind dafür konstruktive Massnahmen bei einzelnen Produkten mitverantwortlich, welche die Leistungsaufnahme in Haltezustand reduzieren.

Beim Stellsignal „3-Punkt v1“ sind die unterschiedlichen Werte in „Halten 0“ und „Halten 1“ bemerkenswert. Offenbar funktioniert bei den gemessenen Produkten die Endlagenerkennung und antriebs-

interne Standby-Schaltung in „Halten 0“ einwandfrei, während in „Halten 1“ sich beträchtliche Unterschiede zeigen. Der Maximalwert liegt in „Halten 1“ gleichauf wie der Bewegungswert (bei gut 0.7 W), d.h. in dieser Endlage zeigen nicht alle gemessenen Produkten eine interne Standby-Schaltung.

Bei den grösseren Antrieben wurden 4 der 5 Antriebe unter Last ausgemessen. Diese Messergebnisse sind in Abbildung 17 dargestellt. Der nicht dargestellte Antrieb zeigte bei Bewegung ohne Last eine Leistungsaufnahme von 3.31 W und im Haltezustand in der Ausgangs- und Endposition nach automatischer Endabschaltung eine Leistungsaufnahme von 0.64 W. D.h. in allen Betriebszuständen lag dessen Leistungsaufnahme wesentlich höher.

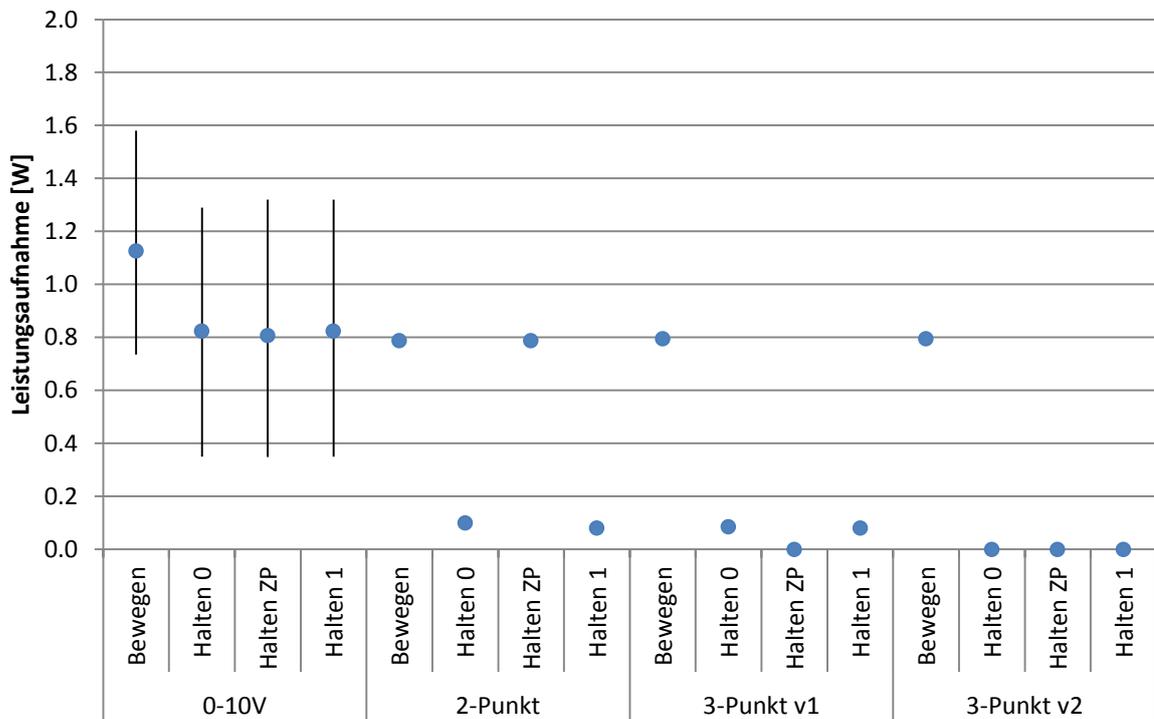


Abbildung 17: Leistungsaufnahme grösserer elektromotorischer Antriebe nach Typ des Stellsignals

Bei den mit 0-10V angesteuerten grösseren Antrieben (Abbildung 17) sind ähnliche Wertebereiche für die einzelnen Zustände auszumachen wie bei den Kleinventilantrieben (Abbildung 16).

5.1.5.1 Kleinventilantriebe: jährlicher Stromverbrauch

Für die Kleinventilantriebe (Anhang 10.2, Tabelle 23, Spalte „Grösse“ mit Wert „klein“) wurde der jährliche Verbrauch aus den Messwerten hochgerechnet (Abbildung 18). „Halten 0“ bezeichnet den Haltezustand in der Ausgangsposition (minimale Ansteuerung), „Halten 1“ bezeichnet den Haltezustand in der Endposition (maximale Ansteuerung), „Halten ZP“ bezeichnet den Haltezustand in einer Zwischenposition. Eine Beschreibung der Stellsignal-Typen ist in Tabelle 4 (S. 23) gegeben.

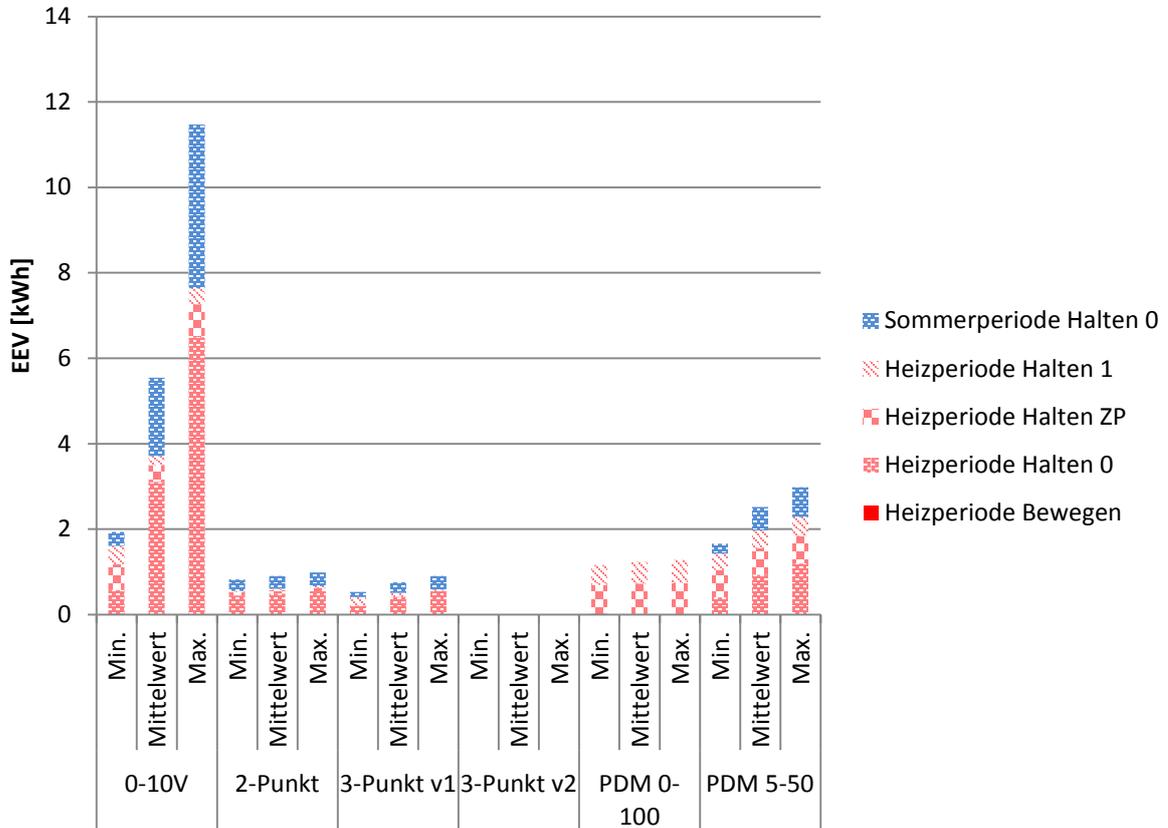


Abbildung 18: Jährlicher Stromverbrauch eines Kleinventilantriebs nach Art der Ansteuerung

Der Hochrechnung liegen die Laufzeitannahmen von Tabelle 16 (Kapitel 5.4.1) zugrunde (Rubrik „Heizen“, Datengruppe „Stetig (PI) high end“). Mit einer Heizperiode von Oktober bis Mai ergeben sich die in Tabelle 5 gezeigten Zeitanteile.

Zustand	Zeitanteil [-]	
	Heizperiode (Oktober bis Mai)	Sommerperiode (Juni – September)
Bewegen	0.0018	0.0000
Halten 0 (Position Off)	0.8482	1.0000
Halten Zwischenstellung	0.1009	0.0000
Halten 1 (Position Max)	0.0490	0.0000

Tabelle 5: Zeitanteil der Zustände eines Heizventil-Antriebs

Die Hochrechnung legt folgende Befunde nahe:

- Relevant für den EEV des Ventiltriebs ist dessen Leistungsaufnahme in der Ausgangsposition („Halten 0“).
- Eine 3-Punkt-Ansteuerung mit Spannungsfreischaltung im Haltezustand bewirkt einen vernachlässigbaren EEV des Ventiltriebs.
- Die Bandbreite des jährlichen EEV bei den mit 0-10V angesteuerten Ventiltrieben ist gross (> Faktor 5).

Ein Hersteller von motorischen Ventiltrieben gibt an, dass durch den Einsatz seines Kleinstellantriebs im Vergleich zu marktüblichen thermoelektrischen Stellantrieben der Eigenenergieverbrauch um bis zu 75 Prozent reduziert werden kann [8].

Grundsätzlich liessen sich Kleinventilantriebe so konstruieren und betreiben, dass sie mit äusserst geringem Eigenenergieverbrauch auskommen. Das kann daraus geschlossen werden, dass seit Jahren batteriegespiesene Kleinventilantriebe auf dem Markt sind. Neuerdings gibt es auch batterie-lose, energieautarke Ventiltriebe, welche ihren Energiebedarf mittels eines Peltier-Elements aus der Temperaturdifferenz zwischen Raumluft und Heizkörper beziehen. Ein solches Produkt hat beispielsweise die Firma en:key [9].

5.2 Objektanalyse

Eine Charakterisierung der Objekte ist in Kapitel 4.2.2 wiedergegeben.

5.2.1 Eigenenergieverbrauch Raumautomation nach Gewerk

In Abbildung 19 und Abbildung 20 wird der Eigenenergieverbrauch in kWh pro Quadratmeter und Jahr der verschiedenen Objekte miteinander verglichen. Dabei wird der Eigenenergieverbrauch auf die Gewerke Heizung & Kühlung, Lüftung, Beleuchtung und Beschattung aufgeschlüsselt. Die beiden Abbildungen unterscheiden sich dahingehend, dass in der ersten Abbildung die Speisungen zusammen mit den weiteren Komponenten zusammengefasst sind, während in der zweiten Abbildung die Speisungen separat ausgewiesen werden.

Bei zwei Objekten (3, 5) sind keine Daten für die Gewerke Beleuchtung und Beschattung vorhanden: bei Objekt 3 gibt es keine automatisierte Beschattung und bei Objekt 5 waren uns keine Elektroschemas zur Beschattung zugänglich.

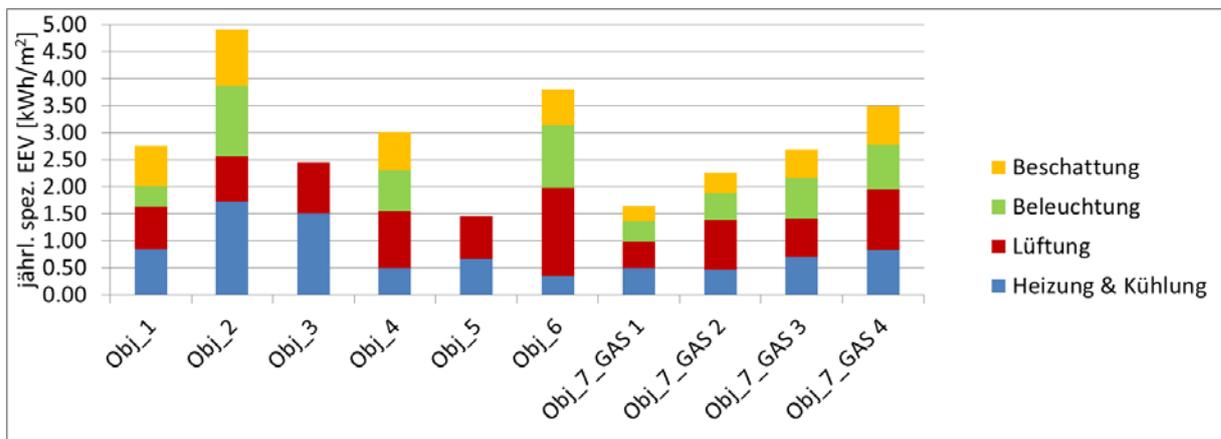


Abbildung 19: Energiebedarf Raumautomation nach Gewerk, inklusive Speisungen, jährlich

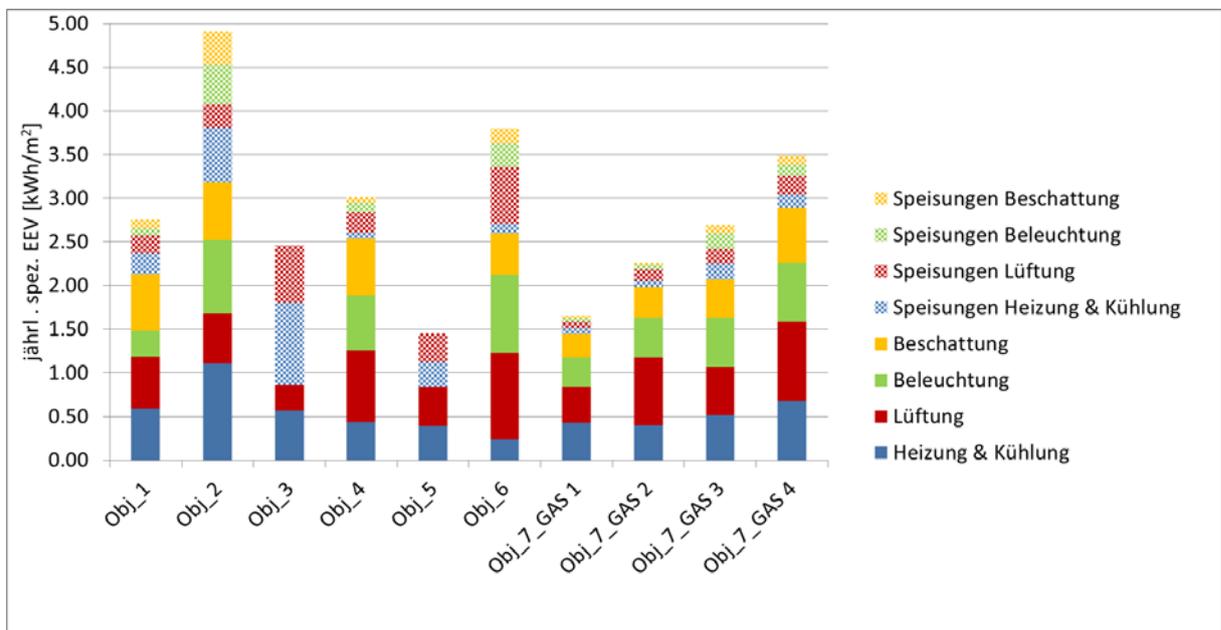


Abbildung 20: Energiebedarf Raumautomation nach Gewerk, Speisungen separat, jährlich

Die vier realisierten Gebäude, die Daten zu allen Gewerken aufweisen (Objekte 1, 2, 4, 6), zeigen einen jährlichen Raumautomations-Eigenenergieverbrauch von knapp 3 kWh/m² (Objekt 1) bis zu knapp 5 kWh/m² (Objekt 2). Nach Gewerk betrachtet, zeigt Objekt 2 ebenfalls die höchsten absoluten Werte in drei Gewerken (Heizung & Kühlung, Beleuchtung, Beschattung).

Objekt 1 zeigt für die Beleuchtung einen geringeren Anteil (relativ und absolut). Es ist das einzige Objekt, bei dem die Vorschaltgeräte nur beim Betrieb der Leuchten unter Spannung sind.

Der Eigenenergieverbrauch von Objekt 1 wurde im Rahmen einer Masterarbeit eingehend untersucht [9]. Die Annahmen unterschieden sich von jenen Annahmen, die Abbildung 19 und Abbildung 20 zugrunde liegen. Es wurden 5 verschiedene GA-Lösungen gerechnet mit GA-Effizienzklasse C bis A. Für diese GA-Lösungen resultierte ein jährlicher Eigenenergieverbrauch zwischen 2.58 kWh/m² und 3.34 kWh/m² für die Raumautomation (d.h. ohne Einbezug der primärseitigen GA), der höchste Wert liegt um 29.5% über dem niedrigsten Wert. Der niedrigste Wert hatte eine GA-Lösung mit GA-Effizienzklasse C, der höchste Wert wurde für eine GA-Lösung mit GA-Effizienzklasse A ermittelt. Eine Beziehung „steigender Eigenenergieverbrauchs mit besserer GA-Klasse“ war in der Regel gegeben (Produkte desselben Herstellers), mit einer Ausnahme: Die GA-Lösung mit GA-Effizienzklasse B zeigt einen tieferen Eigenenergieverbrauch als eine der beiden GA-Lösungen mit GA-Effizienzklasse C.

5.2.2 Eigenenergieverbrauch Raumautomation nach Kategorie

Für eine vergleichende Analyse des Raumautomations-Eigenenergieverbrauchs nach Geräte-Kategorie wurden die Geräte-Kategorien, wie in Tabelle 6 gezeigt, unterschieden.

Kategorie	Beschreibung und Annahmen
Antrieb Klappen/Fenster	Antrieb Klappe der VAV-Boxen. Die Objekte 2 und 6 haben eine automatische Fensterlüftung. Die Laufzeiten der Fensterantriebe wurden gleich wie bei den Lüftungsklappen gewählt. Brandschutzklappen waren ausschliesslich in der Analyse der primärseitigen GA (Objekt 1) berücksichtigt.
Antrieb Ventil	Heiz- und gegebenenfalls Kühlventile im Raum
Antrieb Storen	Storenmotoren
Vorschaltgerät	Allfällige Standby-Leistungsaufnahmen von Vorschaltgeräten werden der GA zugerechnet. Die Standby-Leistungsaufnahme wird rund um die Uhr gerechnet, da angenommen wird, dass während dem Leuchtenbetrieb für den Anteil der GA-Funktionalität (Schnittstellen, etc.) eine Leistungsaufnahme von gleicher Grösse wie die Standby-Leistungsaufnahme auftritt. Vorschaltgeräte (Leuchten-interne wie Leuchten-externe), welche nur bei Leuchtenbetrieb unter Spannung sind und keine Dimm-Funktion aufweisen, habe keine GA-Funktionalität, sondern ausschliesslich Speisungsfunktion. Entsprechend wird deren Verlustleistung nicht der GA angelastet (Objekt 1). Die Standby-Leistungsaufnahme eines EVG war 0.3 W (Objekte 2 & 4) bzw. 0.2 W (Objekt 7, alle Varianten).
Sensoren	Es wurden folgende Unterkategorien unterschieden: Wetter, Temperatur, Strahlung, Präsenz, Luftqualität, Kondensation, Helligkeit. Kombisensoren wurden einer dieser Kategorien zugeteilt: <ul style="list-style-type: none"> - Temperatur, Luftqualität -> Luftqualität - Helligkeit, Präsenz -> Helligkeit
Gateways	Es wurden folgende Unterkategorien unterschieden: Dali, EnOcean, Ethernet, KNX, M-Bus, MP-Bus, Seriell, SMI/CAN, UBS
I/O, Relais	I/O, Relais, schaltbare Steckdosen

Energietransfer	Speisungsmodul zur gestaffelten Einschaltung von Verbrauchern (Gerätebezeichnungen in den Topologien im Anhang 10.6: „A01_Speisungsmodul“, „Busmodul“, „Lastkreisüberwachung“, „Spannungsversorgung“, „Speisungsmodul“, „Stromüberwachungsschalter“, „Potentialeinspeisung“, „Potenzialeinspeiseklemme“)
Controller	Rechenteil (CPU) der Automationsstation
Steuerung/Regelung dezentral	Regelung Fensteröffnung (Objekt 2), Regelung Umluftkühlgerät (Objekt 5), Regelung Ventilatoren (Objekt 6), Fensterkontakt (Objekt 7, GAS2)
Bedienung	Taster, Raumbediengeräte
Systemgeräte	Geräte mit den Bezeichnungen (Topologien im Anhang 10.6): „Server“, „Touchscreen“, „KNX Programmierschnittstelle“, „Energiesmessgerät“, „Datenkonzentrator“, „Watchdog“
Speisungen	Trafos sowie elektronische Speisegeräte
Summe	<i>Gesamte Raumautomation inklusive Sensoren und Stellantriebe. Die Systemabgrenzung ist in Kapitel 4.2.1 beschrieben.</i>

Tabelle 6: Geräte-Kategorien, welche in der vergleichenden Analyse verwendet wurden.

Der Anteil der Gerätekategorien nach Tabelle 6 am jährlichen spezifischen Eigenenergieverbrauch der Raumautomation ist in Abbildung 21 (absolute Werte) und in Abbildung 22 (relative Werte) gezeigt. Einen hohen Anteil machen immer die Speisungen aus mit relativen Anteilen von 12% bis 65%. Die anderen Gerätekategorien sind je nach Objekt sehr unterschiedlich stark vertreten, so dass sich keine generellen Werte pro Gerätekategorie nennen lassen.

In Tabelle 7 sind die Zahlenwerte zur Abbildung 21 aufgelistet. Zusätzlich sind die Einzelwerte mit Säulen visualisiert. Die Höhen der Säulen sind miteinander vergleichbar. Die Säulenhöhe ist proportional zum Zahlenwert.

Abbildung 23 bis Abbildung 26 zeigen eine Detaillierung des jährlichen spezifischen Eigenenergieverbrauch für je eine Gerätekategorie:

- Speisungen: Abbildung 23,
- Gateways: Abbildung 24,
- I/O, Relais: Abbildung 25,
- Sensoren: Abbildung 26.

Abbildung 27 und Abbildung 28 zeigen ebenfalls (wie Abbildung 21 und Abbildung 22) den Anteil der Gerätekategorien am jährlichen spezifischen Eigenenergieverbrauch der Raumautomation: allerdings wurden nun die Speisungen bei den gespeisenden Gerätekategorien eingerechnet. Die Zuordnung erfolgte anhand der Speisungstopologie und anteilig zum jährlich bezogenen Strom.

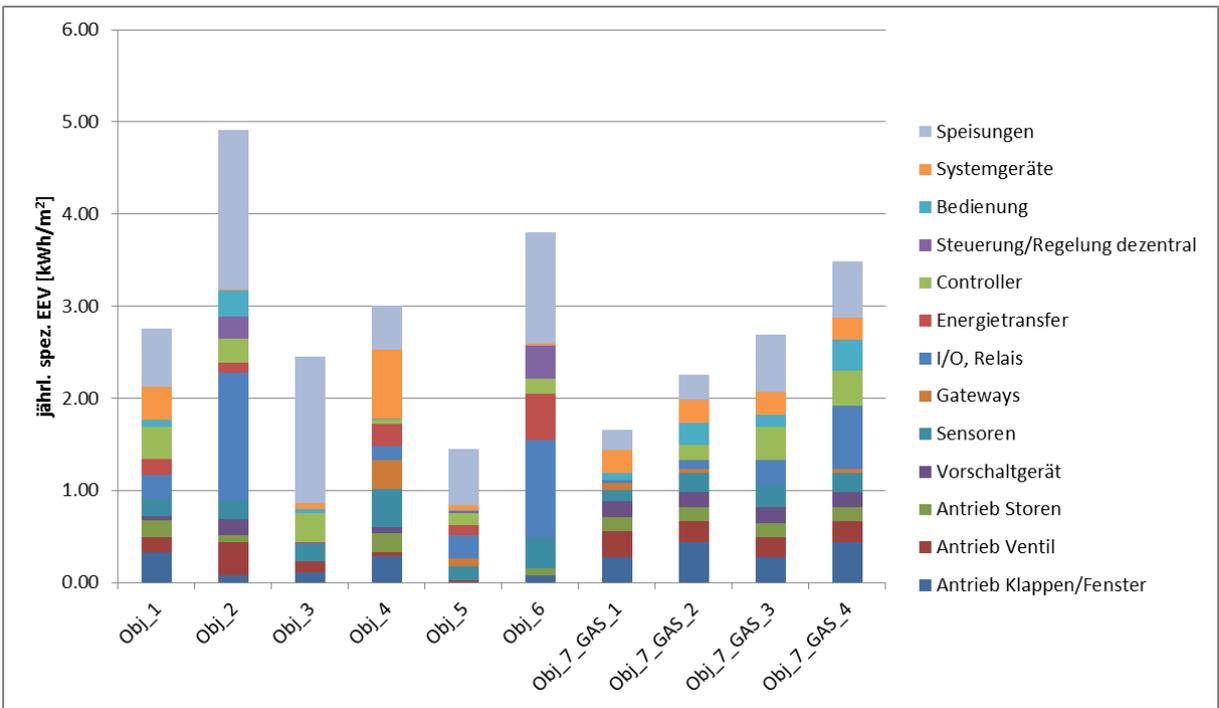


Abbildung 21: Energiebedarf Raumautomation nach Kategorie, jährlich

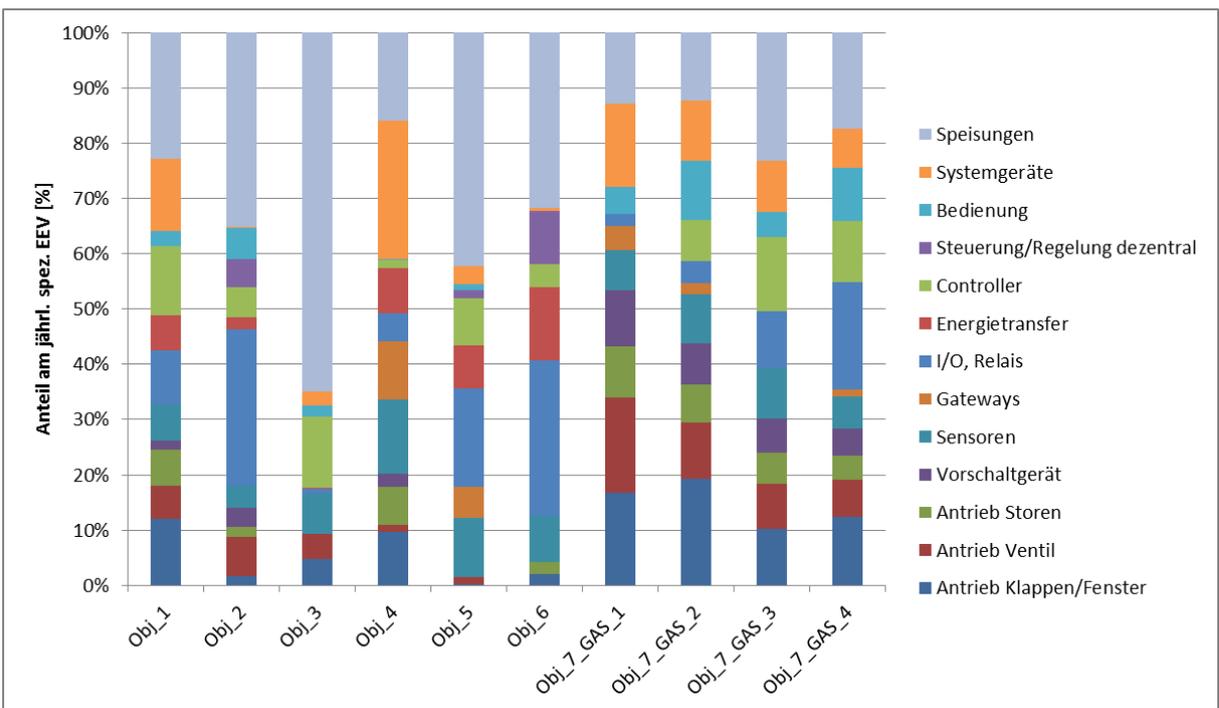


Abbildung 22: Anteil Energiebedarf Raumautomation nach Kategorie, jährlich

Kategorie	Reale Objekte	Virueller Bürobau	jährlicher spezifischer Eigenenergieverbrauch [kWh/m ²]									
			Obj_1	Obj_2	Obj_3	Obj_4	Obj_5	Obj_6	Obj_7_GAS_1	Obj_7_GAS_2	Obj_7_GAS_3	Obj_7_GAS_4
Antrieb Klappen/Fenster			0.333	0.081	0.116	0.289	0.003	0.075	0.276	0.434	0.276	0.434
Antrieb Ventil			0.164	0.353	0.113	0.038	0.019	0.000	0.286	0.232	0.217	0.232
Antrieb Storen			0.182	0.085	0.000	0.212	0.000	0.085	0.155	0.155	0.155	0.155
Vorschaltgerät			0.044	0.166	0.000	0.066	0.000	0.000	0.167	0.167	0.167	0.167
Sensoren			0.180	0.199	0.177	0.406	0.156	0.318	0.119	0.202	0.242	0.203
Gateways			0.000	0.000	0.000	0.315	0.082	0.000	0.074	0.047	0.000	0.046
I/O, Relais			0.268	1.394	0.022	0.157	0.257	1.067	0.035	0.090	0.278	0.679
Energietransfer			0.173	0.105	0.007	0.243	0.113	0.507	0.000	0.000	0.000	0.000
Controller			0.345	0.263	0.316	0.044	0.126	0.156	0.000	0.169	0.362	0.384
Steuerung/Regelung dezentral			0.000	0.248	0.000	0.000	0.021	0.365	0.000	0.000	0.000	0.000
Bedienung			0.076	0.279	0.048	0.005	0.015	0.000	0.082	0.239	0.124	0.334
Systemgeräte			0.362	0.006	0.061	0.755	0.047	0.025	0.249	0.249	0.249	0.249
Speisungen			0.627	1.731	1.596	0.479	0.614	1.204	0.212	0.278	0.623	0.605
Summe			2.754	4.909	2.456	3.010	1.452	3.802	1.654	2.261	2.692	3.488

Tabelle 7: Energiebedarf Raumautomation nach Kategorie, jährlich

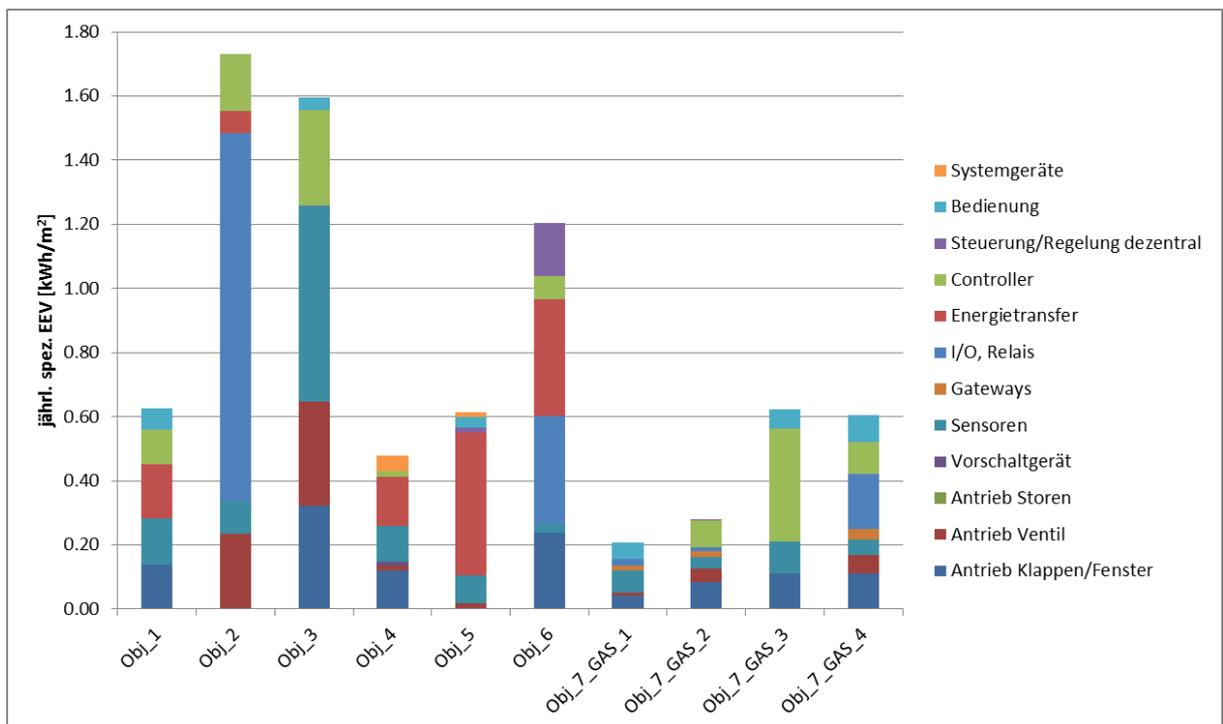


Abbildung 23: Energiebedarf der Speisungen Raumautomation, aufgeschlüsselt nach Kategorie, jährlich

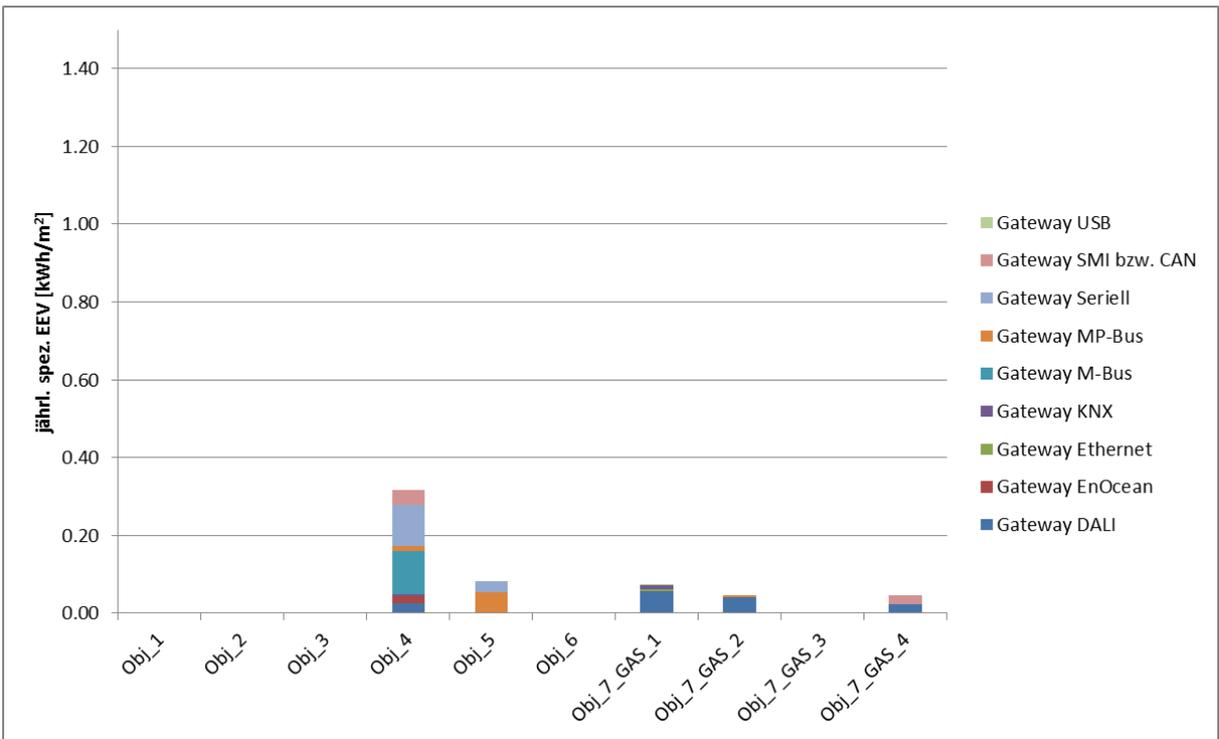


Abbildung 24: Energiebedarf Gateways Raumautomation, ohne separate Speisung, jährlich

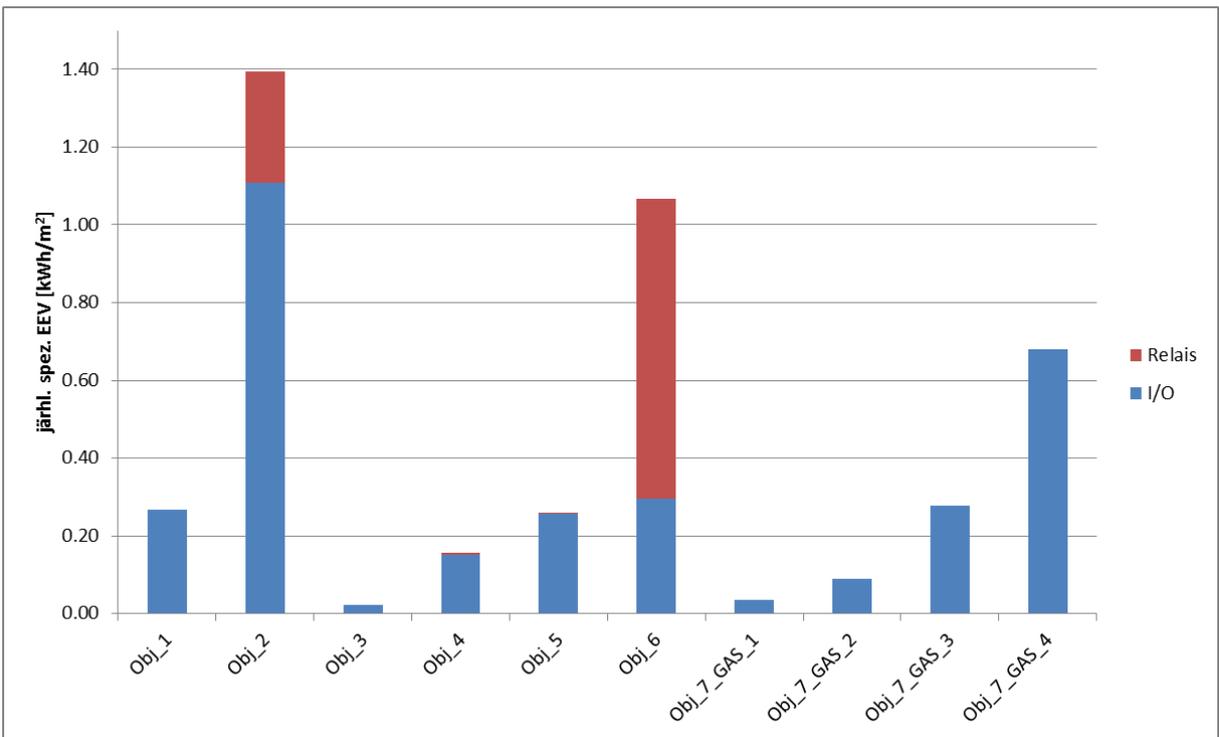


Abbildung 25: Energiebedarf Relais und I/Os Raumautomation, ohne separate Speisung, jährlich

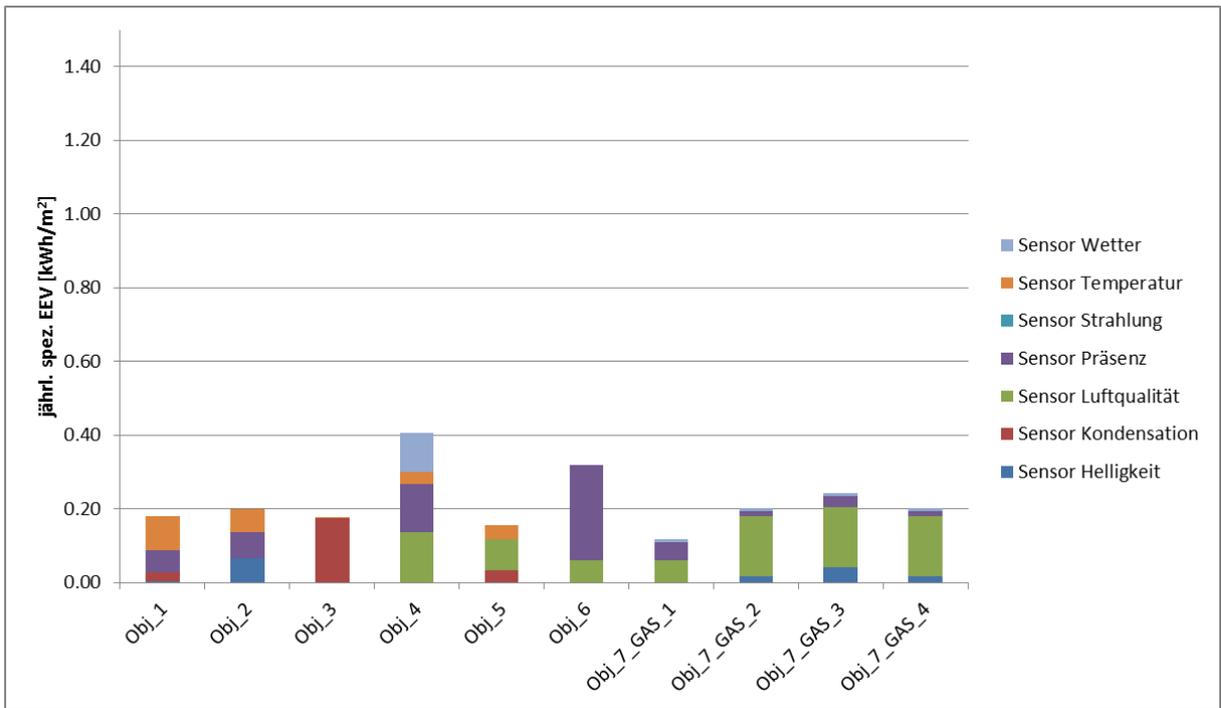


Abbildung 26: Energiebedarf Sensoren Raumautomation, ohne separate Speisung, jährlich

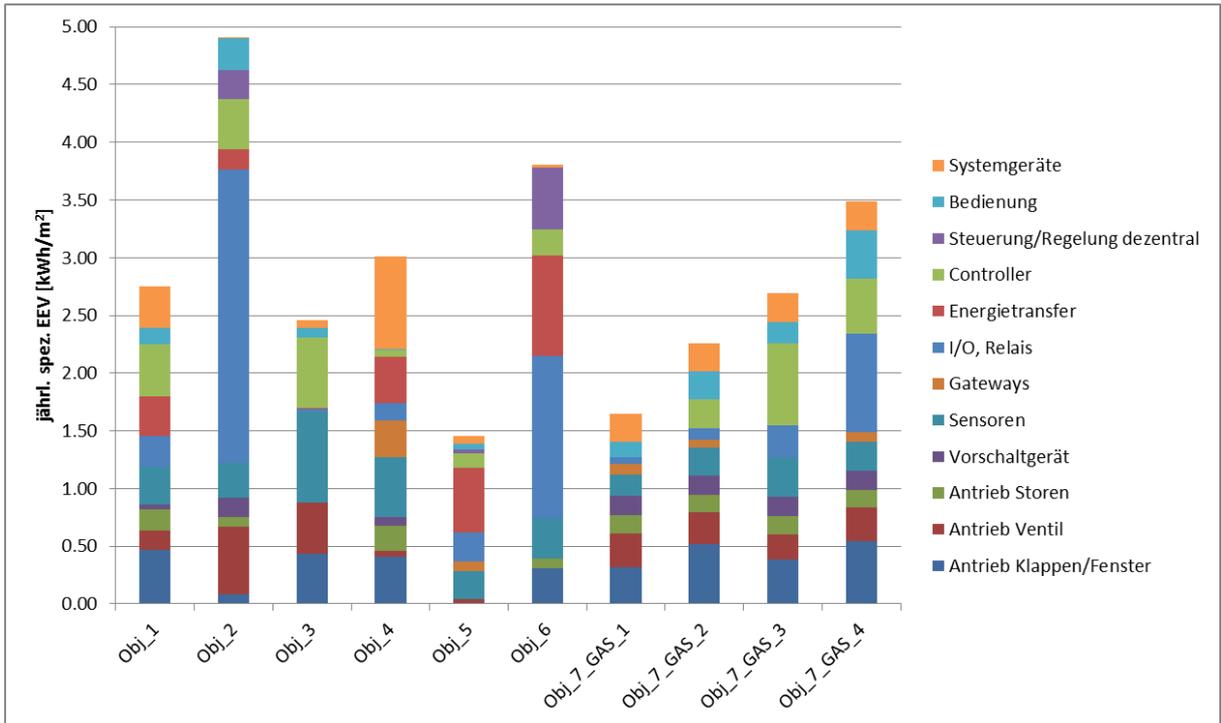


Abbildung 27: Energiebedarf Raumautomation nach Kategorie, jährlich; Speisungen eingerechnet

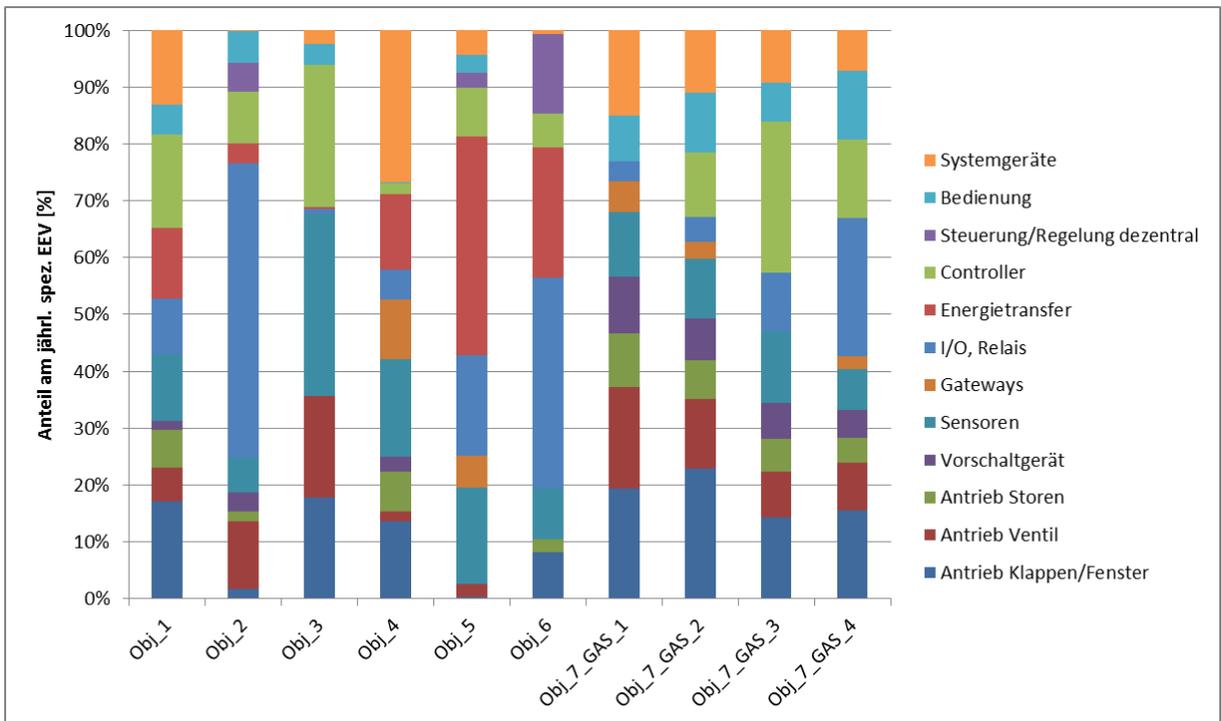


Abbildung 28: Anteil Energiebedarf Raumautomation nach Kategorie, jährlich; Speisungen eingerechnet

5.2.3 Eigenenergieverbrauch gesamte Automation

Der Eigenenergieverbrauch der gesamten Gebäudeautomation ergibt sich aus der Summe des Eigenenergieverbrauchs der Raumautomation und des Eigenenergieverbrauchs der primärseitigen Gebäudeautomation. Der EEV der Raumautomation ist für alle Objekte berechnet, während der EEV der primärseitigen Gebäudeautomation lediglich für das Objekt 1 vollständig berechnet wurde und es sich bei den Werten für die übrigen Objekte um Abschätzungen handelt (siehe Kapitel 4.2.4). Deshalb sind die Gesamtwerte mit Vorsicht zu nehmen (mit Ausnahme von Objekt 1).

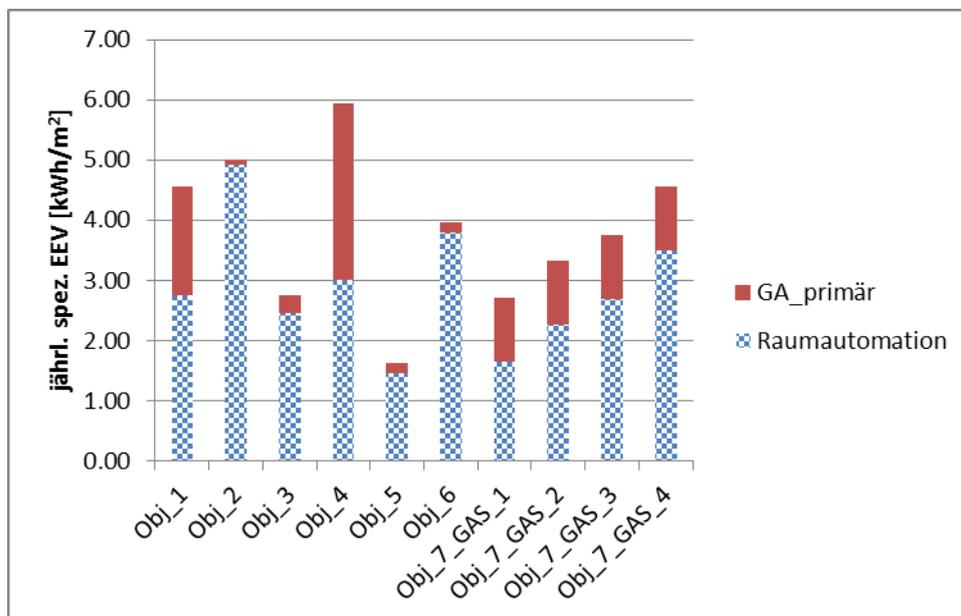


Abbildung 29: Eigenenergieverbrauch gesamte Automation

Aufgrund der Annahmen ergibt sich ein umso grösserer spezifischer Eigenenergieverbrauch für die primärseitige GA je kleiner die von der Primäranlage versorgte Fläche ist. Entsprechend ergaben sich für die Objekte mit der kleinsten versorgten Fläche (Objekte 1 und 4) die grössten Werte für die primärseitige GA.

5.2.4 Einschätzung des GA-Eigenenergieverbrauchs anhand SIA 2024

Um die für die Raumautomation erhaltenen Werte bedeutungsmässig einordnen zu können, wurde der jährliche spezifische Energiebedarf nach SIA 2024:2006 herangezogen (Tabelle 8). Für die analysierten Objekte wurde die Flächenaufteilung nach den SIA 2024 Kategorien geschätzt (Tabelle 9) und damit der jährliche flächenspezifische Energiebedarf für die Objekte hochgerechnet (Tabelle 10).

SIA	Bezeichnung		Beleuchtung E'Li	Lüftung E'V	Kühlung Qc	Befeuchtung QH	Heizung Qh
Nr.			kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2
3.1	Einzel-, Gruppenbüro	Standardwert	23.98	2.54	0.00	0.00	16.69
3.2	Grossraumbüro	Standardwert	29.07	5.68	5.44	0.00	5.47
3.3	Sitzungszimmer	Standardwert	13.02	2.49	0.00	0.00	23.09
3.4	Schalterhalle, Empfang	Standardwert	12.08	2.44	0.00	0.00	9.48
4.1	Schulzimmer	Standardwert	21.47	6.77	0.00	0.00	18.39
4.2	Lehrerzimmer	Standardwert	17.11	3.02	0.00	0.00	24.20
12.1	Verkehrsfläche	Standardwert	10.63	1.95	0.00	0.00	30.58
12.2	Nebenräume	Standardwert	14.77	0.40	0.00	0.00	12.51
12.4	WC	Standardwert	30.46	3.21	0.00	0.00	19.01

Tabelle 8: Jährlicher spezifischer Energiebedarf aus SIA 2024

Objektnr.	Einzel-, Gruppenbüro	Grossraumbüro	Sitzungszimmer	Schalterhalle, Empfang	Schulzimmer	Lehrerzimmer	Verkehrsfläche	Nebenräume	WC
	[-]								
1	0.10	0.55	0.10	0.04			0.15	0.03	0.03
2	0.10	0.55	0.10	0.04			0.15	0.03	0.03
3	0.10	0.55	0.10	0.04			0.15	0.03	0.03
4	0.10	0.55	0.10	0.04			0.15	0.03	0.03
5	0.10	0.55	0.10	0.04			0.15	0.03	0.03
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.20	0.15	0.05	0.05
7	0.29	0.29	0.09	0.05			0.17	0.04	0.07

Tabelle 9: Flächenaufteilung für die analysierten Objekte

Der jährliche spezifische Energiebedarf wird in Tabelle 10 als Endenergie und gewichtete Energiekennzahl angegeben. Der Flächenbezug beider Grössen ist die Energiebezugsfläche.

Zur Bestimmung der Endenergie (Heizöl, Elektrizität) wurde vereinfachend die Endenergie mit der Nutzenergie (Wärme, Kälte, Elektrizität) gleichgesetzt. Die Werte in der SIA 2024 beziehen sich auf die Nutzenergie.

Zur Bestimmung der gewichteten Energiekennzahl wurden die Endenergiewerte (welche gleich den Nutzenergiewerten angenommen wurden, siehe oben) mittels der Minergie-Gewichtungsfaktoren für Heizöl und Elektrizität gewichtet (Gewichtungsfaktor Heizöl: 1.0; Gewichtungsfaktor Elektrizität: 2.0). Der Kältebedarf nach SIA 2024 wurde ungewichtet eingerechnet. Dies entspricht einer Jahresarbeitszahl der Kältemaschine von 2.0 sowie einem Gewichtungsfaktor Elektrizität von 2.0.

Objektnr.	Endenergie jährlich [kWh/m ²]				Energiekennzahl gewichtet [kWh/m ²]			
	Heizung & Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Summe	Heizung & Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Summe
1	15.89	4.13	23.12	43.14	15.89	8.25	46.25	70.39
2	15.89	4.13	23.12	43.14	15.89	8.25	46.25	70.39
3	15.89	4.13	23.12	43.14	15.89	8.25	46.25	70.39
4	15.89	4.13	23.12	43.14	15.89	8.25	46.25	70.39
5	15.89	4.13	23.12	43.14	15.89	8.25	46.25	70.39
6	21.12	4.80	19.09	45.01	21.12	9.60	38.17	68.89
7	17.57	3.32	21.83	42.71	17.57	6.63	43.66	67.86

Tabelle 10: Spez. Energiebedarf für die Objekte nach SIA 2024

Die Resultate in Abbildung 30 bis Abbildung 32 zeigen, dass bei energetischen Betrachtungen der Gebäudetechnik der Stromverbrauch der Gebäudeautomations-Geräte zu berücksichtigen ist. Ein zusammenfassender Vergleich wird in Kapitel 8, Tabelle 19, gegeben.

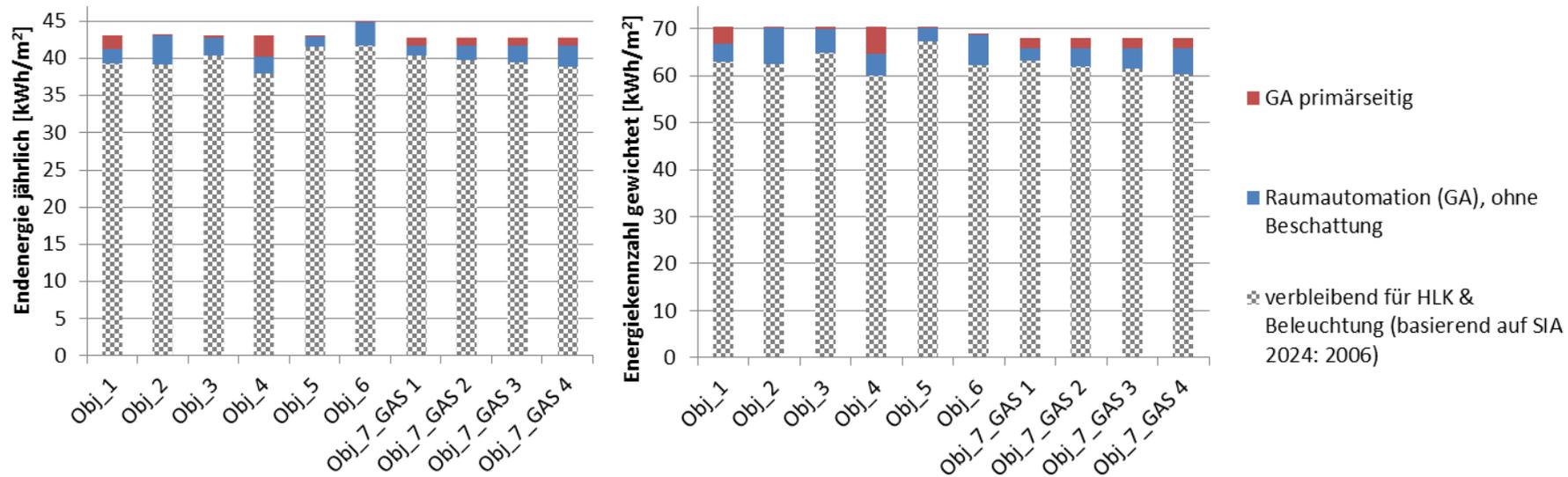


Abbildung 30: Anteil GA Raumautomation und primärseitig, absolut (links: Endenergie jährlich; rechts: Energiekennzahl gewichtet)

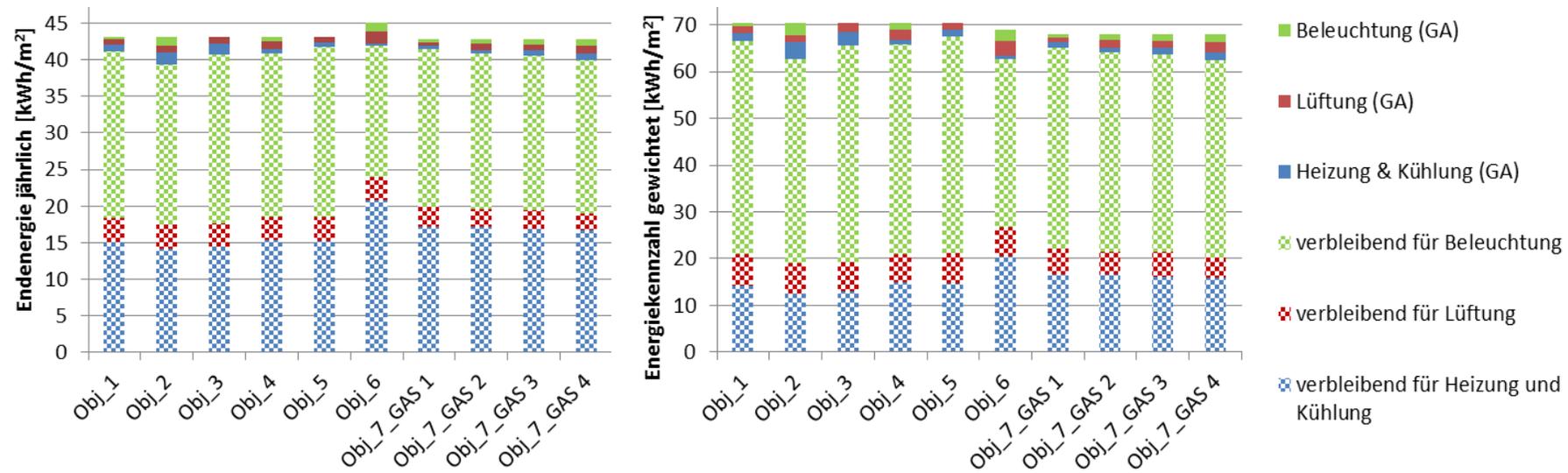


Abbildung 31: Anteil GA Raumautomation, absolut (links: Endenergie jährlich; rechts: Energiekennzahl gewichtet)

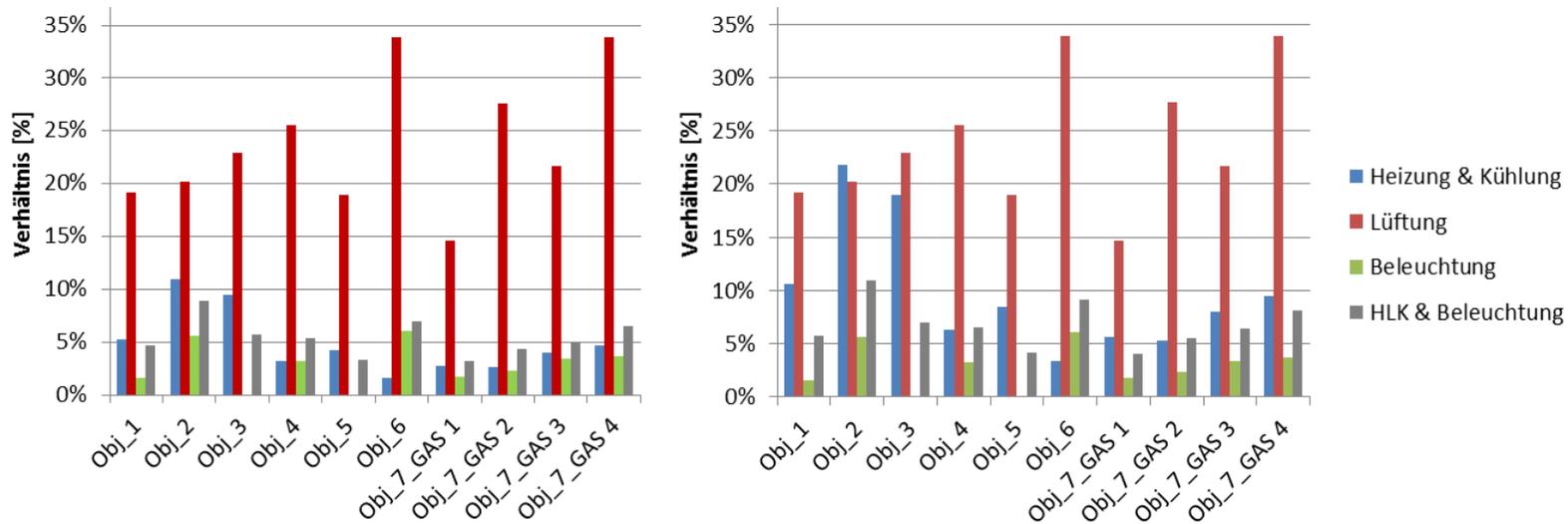


Abbildung 32: Verhältnis EEV GA Raumautomation zu Verbrauch (links: EEV/Endenergie; rechts: EEV/Energiekennzahl gewichtet)

Die Gewerks-spezifischen Verhältnis-Werte in Abbildung 32 sind berechnet als EEV GA Gewerk (gewichtet bzw. ungewichtet) dividiert durch Energiebedarf Gewerk (Endenergie bzw. gewichtete Energiekennzahl, auf Basis der Werte nach SIA 2024).

5.2.5 Einschätzung des GA-Eigenenergieverbrauchs anhand des Minergie-P-Grenzwertes

Als ergänzende Einschätzung zum Kapitel 5.2.4 wird in Abbildung 33 und Abbildung 34 der Minergie-P-Grenzwert für die Gebäudekategorie „Verwaltung“ (25 kWh/m²) herangezogen zur bedeutungsmässigen Einordnung der ermittelten EEV-Werte. Ein zusammenfassender Vergleich wird in Kapitel 8, Tabelle 19, gegeben.

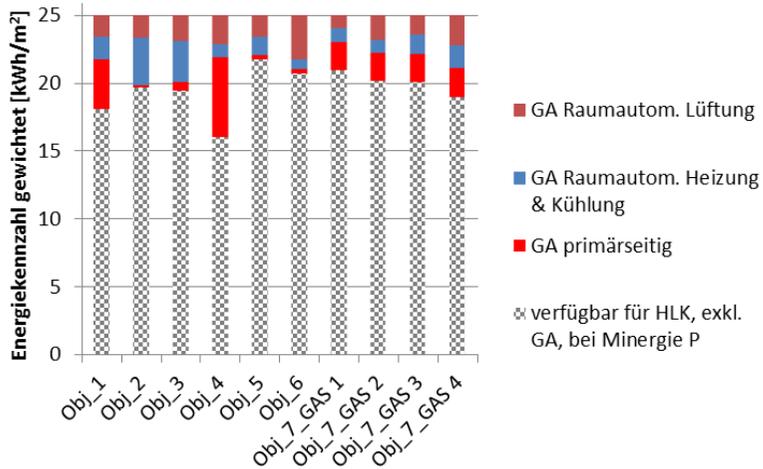


Abbildung 33: Anteil GA Raumautomation und primärseitig, absolut, Minergie-P

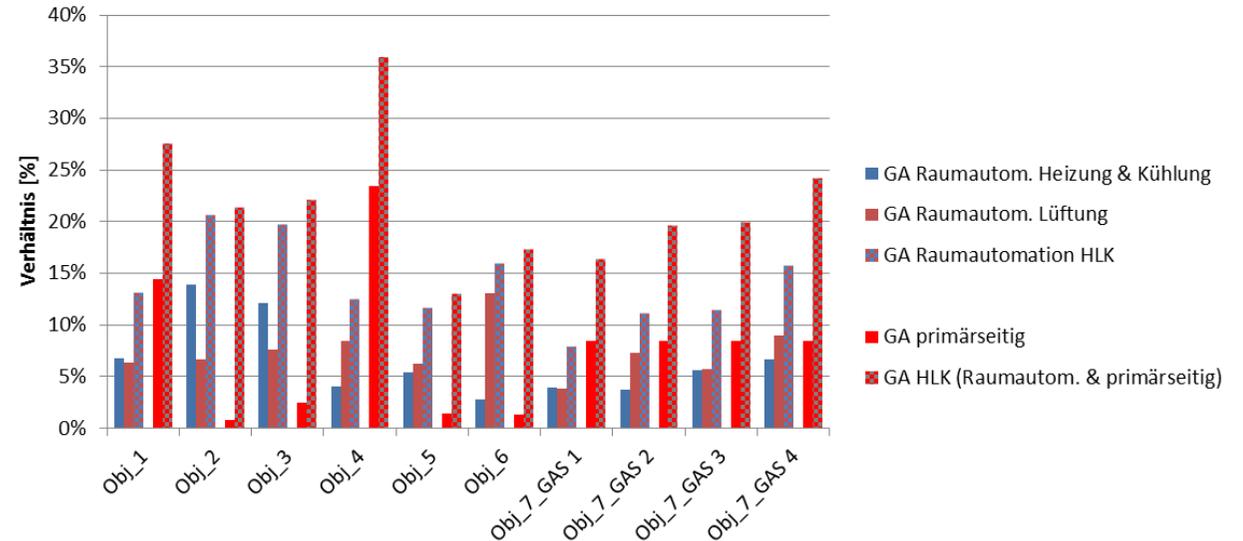


Abbildung 34: Verhältnis GA zu Gesamtanforderung Minergie-P (Energiekennzahl gewichtet: 25 kWh/m²)

Die Gewerks-spezifischen Verhältnis-Werte in Abbildung 34 sind berechnet als EEV Gewerk (gewichtet) dividiert durch Energiekennzahl gewichtet (Minergie-P-Grenzwert).

5.2.6 Einschätzung des GA-Eigenenergieverbrauchs anhand des simulierten Endenergieverbrauchs (Objekt 1)

Zum Objekt 1 wurde in [10] mit einem Simulationstool der jährliche Energiebedarf des Gebäudes bestimmt. Es ergaben sich folgende Werte:

- für die Raumheizung ein jährlicher thermischer Bedarf von 65'900 kWh (Konvektoren: 49'300 kWh; Lufterhitzer: 16'600 kWh) und ein elektrischer Bedarf von 170 kWh für die Verteilungspumpen zu den Konvektoren;
- für die Raumkühlung ein jährlicher elektrischer Bedarf von 10'740 kWh (Kühlmaschine: 9'000 kWh; Pumpen des Verdampfer- und Kondensatorkreislaufs: 1370 kWh; Verteilungspumpen zu den Kühldecken: 370 kWh);
- für die Lüftung ein jährlicher elektrischer Bedarf von 18'320 kWh (Ventilatoren des Lüftungs-Monoblocks: 18'009 kWh; Pumpen für den Wärmeaustauschkreislauf: 312 kWh)
- und für die Beleuchtung ein jährlicher elektrischer Bedarf von 32'268 kWh.

Somit resultiert für Objekt 1 ein jährlicher thermischer Nutzenergiebedarf von 65'900 kWh für die Raumheizung und ein jährlicher elektrischer Bedarf von 61'498 kWh (HLK und Beleuchtung, wobei der Eigenenergieverbrauchs erst teilweise berücksichtigt ist). Die Wärmeerzeugung erfolgt mit einer Gasheizung. Bei Gleichsetzung des thermischen Nutzenergiebedarfs mit dem thermischen Endenergiebedarf (1 kWh Erdgas entspreche 1 kWh Raumwärme) ergibt sich ein jährlicher Endenergiebedarf von 127398 kWh (ohne EEV). Dieser Wert liegt 53% über dem nach Merkblatt SIA 2024 abgeschätzten Wert von 83'476 ($1935 \text{ m}^2 * 43.13 \text{ kWh/m}^2$, siehe Tabelle 2 in Kapitel 4.2.2 und Tabelle 10 in Kapitel 5.2.4).

Der für Objekt 1 ermittelte jährliche Eigenenergieverbrauch beträgt für die Raumautomation 5'329 kWh ($1935 \text{ m}^2 * 2.754 \text{ kWh/m}^2$, siehe Tabelle 2 in Kapitel 4.2.2 und Tabelle 7 in Kapitel 5.2.2) und für die primärseitige Automation 416 W (Summe in Tabelle 80 in Kapitel 10.7.1) bzw. jährlich 3644 kWh, womit ein gesamter Eigenenergieverbrauch von jährlich 8973 kWh resultiert. Dies entspricht **7.0%** des mit dem Simulationstool berechneten Endenergieverbrauchs, oder **9.5%** bei zweifacher Gewichtung der Elektrizität ($2 * 8973 \text{ kWh} / (65'900 \text{ kWh} + 2 * 61'498 \text{ kWh})$).

Auf Basis des nach Merkblatt SIA 2024 hochgerechneten Endenergie-Wertes ergibt sich ein relativer Wert für den Eigenenergieverbrauch von **10.8%** (ungewichtet; $8973 \text{ kWh} / (1935 \text{ m}^2 * 43.13 \text{ kWh/m}^2)$) bzw. gewichtet von **13.2%** ($2 * 8973 \text{ kWh} / (1935 \text{ m}^2 * 70.39 \text{ kWh/m}^2)$; siehe Tabelle 2 in Kapitel 4.2.2 und Tabelle 10 in Kapitel 5.2.4).

5.2.7 Beleuchtungsvarianten

Es wurde untersucht, wie hoch der Eigenenergiebedarf der Gebäudeautomation bei verschiedenen Beleuchtungskonzepten ist. Die untersuchten Beleuchtungskonzepte sind in Tabelle 11 beschrieben. Pro Beleuchtungskonzept wurden jeweils verschiedene Varianten untersucht und dabei drei verschiedene Systemtypen unterschieden (Tabelle 12). Jede Variante wurde im EEV-GA-Tool gerechnet. Das Tool ist in Kapitel 5.3 vorgestellt. Die Leistungsdaten stammen grösstenteils aus den Labormessungen der Geräte (siehe Geräteliste in Tabelle 22, Anhang 10.2). Wo keine Messung der Hochschule Luzern – Technik & Architektur vorhanden ist, wurden Datenblätter verwendet.

Alle Varianten wurden für das Objekt 7 (fiktives Bürogebäude, Objektbeschreibung siehe Kapitel 4.2.2) ausgelegt, wobei das GA-System jeweils ausschliesslich das Gewerk Beleuchtung abdeckte. Ein vereinfachtes Elektroschema ist zu jeder Variante im Anhang 10.4 wiedergegeben.

Konzept	Beschreibung	Variante Nr.	Systemtyp	EN 15232 GA-Funktion GA-Funktions-Typ	EN 15232 Effizienzklasse Nicht-Wohngebäude
Handbetrieb Ein/Aus	Dies ist die einfachste Variante, in welcher ausschliesslich der Nutzer per Taster die Beleuchtung ein oder ausschaltet.	1	Konv.	5.1 0	D
		6, 7, 8	KNX		
		18, 19	AS	5.1 1	C
Anwesenheits- abhängig, automatisch	Über einen Präsenz- oder Bewegungsmelder wird erkannt, ob sich in der Zone Nutzer aufhalten. Solange eine Anwesenheit erkannt wird, ist die Beleuchtung eingeschaltet. Diese Variante wird häufig in Verkehrszonen eingesetzt.	2,	Konv.	5.1 2	A
		9, 10	KNX		
		20, 21	AS		
Anwesenheits- abhängig, halb- automatisch	Der Nutzer muss die Beleuchtung selbst per Taster einschalten. Wird aber vom Präsenzmelder keine Anwesenheit mehr festgestellt, schaltet sich die Beleuchtung automatisch ab.	3	Konv.	5.1 2	A
		11, 12	KNX		
		22, 23	AS		
Dimmen Handbetrieb	Der Nutzer kann über Tasten die Beleuchtung kontinuierlich oder schrittweise dimmen und so die Lichtstärke manuell anpassen. Diese Variante ist in Schul- oder Sitzungszimmer anzutreffen, wo für Beamer-Präsentationen die Helligkeit anzupassen ist.	4	Konv.	5.1 0	D
		13, 14	KNX		
		24, 25	AS		
Tageslicht- abhängige Steuerung	In einer Steuerung wird ein Schwellenwert der Leuchtdichte für das Ein- und Ausschalten der Beleuchtung definiert. Die Leuchtdichte wird im Raum mit einem Sensor gemessen. Somit wird die Beleuchtung innerhalb einer Hysterese den äusseren Gegebenheiten angepasst.	5	Konv.	5.2 1	A
		15	KNX		
		26	AS		
Konstantlicht- regelung	Bei der Konstantlichtregelung misst ein an der Decke montierter Lichtfühler die Leuchtdichte der Flächen in seinem Erfassungsbereich. Diesen Messwert vergleicht er mit dem vorgegebenen Sollwert und führt die Stellgröße so nach, dass die Abweichung zwischen Soll- und Istwert minimal wird. Die Beleuchtung wird also laufend automatisch gedimmt.	16, 17	KNX	5.2 1	A
		27, 28, 29	AS		

Tabelle 11: Untersuchte Beleuchtungskonzepte; Klassierung nach EN 15232 [5] gemäss [11]

Systemtyp	Beschreibung	Variante Nr.
Konventionell	Dies ist kein einheitliches System. Es ist damit gemeint, dass keine zentrale Lösung eingesetzt wird, sondern dezentral je nach Bedarf proprietäre Geräte mit den gewünschten Funktionen verbaut werden. Es besteht keine Kommunikation zwischen den Geräten. Für dieses System wurden alle Angaben aus Datenblättern verwendet.	1 - 5
KNX	KNX ist ein Feldbus zur Gebäudeautomation, welcher herstellerunabhängig und standardisiert ist. Alle Geräte wie Sensoren und Aktoren sind an den Bus angeschlossen und können miteinander kommunizieren. Die Logik ist dabei dezentral auf die verschiedenen Geräte verteilt. Es existiert keine zentrale Stelle, die alles steuert. Jedes Gerät stellt nur spezifische voreingestellte Funktionen bereit, die je nach Verwendung parametrisiert werden. Für die Untersuchung wurden Komponenten der Firma ABB verwendet.	6 - 17
AS	GA-System, in dem Automationsstationen vorhanden sind. Die Feldgeräte wie Taster, Sensoren und Aktoren werden entweder direkt auf Ein- und Ausgänge der Automationsstation verdrahtet oder die Signale über einen Bus kommuniziert. Die Ein- und Ausgänge können Teil der AS sein oder abgesetzte Module. Die Logik wird auf dem Prozessor der AS zentral abgearbeitet und kann bei freiprogrammierbaren AS beliebig angepasst werden. Für die Untersuchung wurde ein System von Saia-Burgess Controls verwendet.	18 - 29

Tabelle 12: Betrachtete Systeme zur Beleuchtungsautomation

Eine funktionale Klassierung jeder Variante ist über ihre Bezeichnung gegeben:

- Man: Manuell On/Off
- Dim: Manuell dimmen, beinhaltet manuell On/Off
- Praes: Präsenz berücksichtigt
- TL: Tageslicht berücksichtigt
- Konst: Leuchtdichte konstant halten

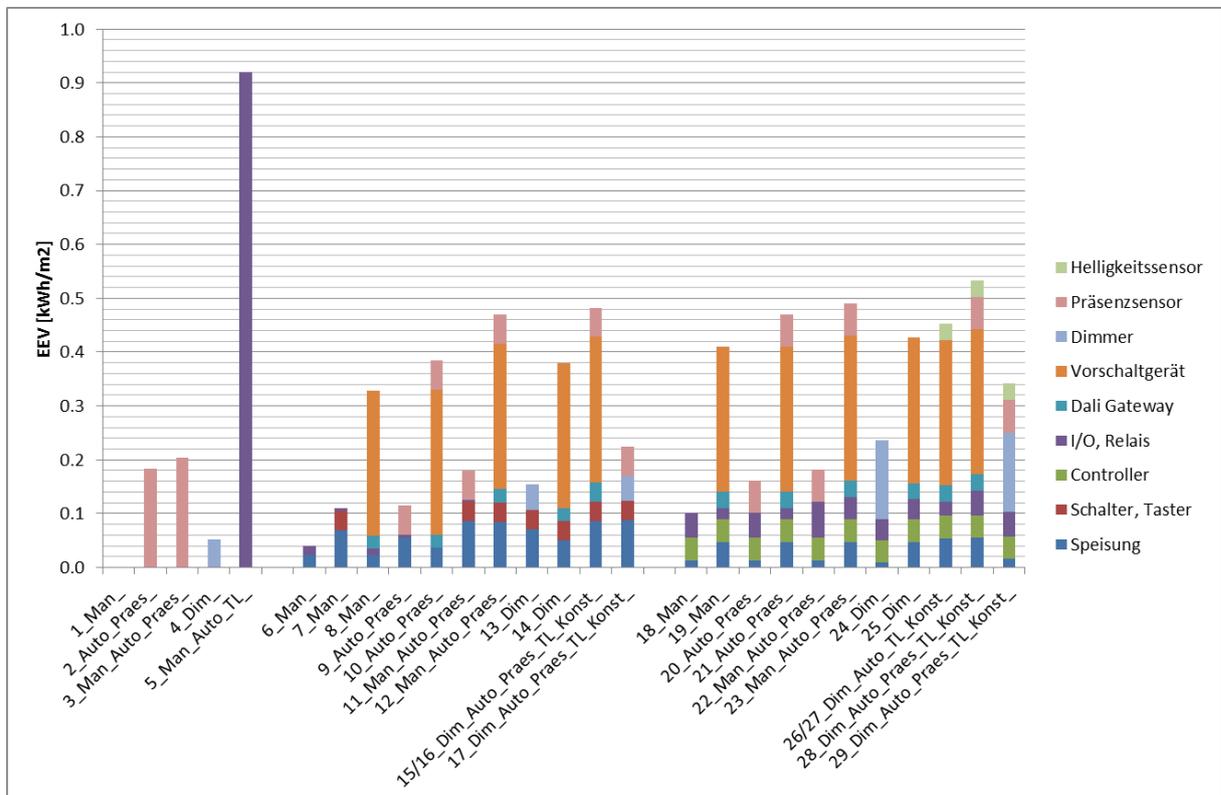


Abbildung 35: GA-Eigenleistungsaufnahme pro Leuchte für verschiedene Varianten (Systemtyp: links „konventionell“, Mitte „KNX, rechts „AS“)

Varianten 15 und 26 sind Tageslicht-abhängige Steuerungen (d.h. keine Konstantlichtregelungen)

Bei den untersuchten Varianten liegt der EEV für ein AS-System generell leicht höher als bei einem KNX System. Die konventionellen Lösungen liegen meist tiefer, allerdings bieten diese funktional auch weniger.

Die meisten Varianten, welche den Dali-Bus verwenden, zeigen einen höheren EEV als die übrigen Varianten. In den Dali-Varianten machen die Vorschaltgeräte mit Abstand den Hauptanteil aus (bis 82% bei Variante 8). Diese Aussage bezieht sich auf die angenommenen Produkte. Für das EVG wurde ganzjährig mit einer Standby-Leistungsaufnahme von 0.20 W gerechnet (zur Systemabgrenzung siehe Kapitel 4.2.1, Tabelle 1). Viele EVGs haben hingegen eine höhere Standby-Leistungsaufnahme. Für eine generelle Aussage zu Dali-Systemen wären weitergehende Untersuchungen nötig.

Die Präsenzsensoren bzw. die Helligkeitssensoren fallen bei den KNX- und AS-Varianten mit einem EEV von jährlich 0.05 – 0.06 kWh/m² kaum ins Gewicht. Bei den „konventionellen“ Varianten benötigen diese Sensoren wesentlich mehr; es handelt sich nicht um reine Sensoren, sie beinhalten gleichzeitig auch die schaltende Einheit (bei Variante 5 ist ein Lichtsensor an einen Dämmerungsschalter angeschlossen).

Ein Zusammenhang zwischen EEV und GA-Effizienzklasse besteht insofern, als die einfachsten Varianten (1 bis 4) des „konventionellen“ Systems einen deutlich geringeren EEV aufweisen als die meisten höher automatisierten Varianten mit KNX oder AS. Innerhalb der KNX und AS-Lösungen kann kein klarer Zusammenhang zwischen EEV und GA-Effizienzklasse ausgemacht werden. So zeigt Variante 8 einen relativ hohen EEV von 0.33 kWh/m², kann jedoch nur der Effizienzklasse D zugeordnet werden, da weder zeitgesteuerte Ausschaltung vorhanden ist, noch Präsenz oder Helligkeit mitberücksichtigt wird.

Die Quadratmeter-bezogenen Verbrauchswerte lassen sich durch Multiplikation mit 7.895 m²/Leuchte auf Verbrauchswerte pro Leuchte umrechnen. Es ergibt sich für die betrachteten Varianten folglich eine Spanne von 0 (Variante 1) bis 7.3 kWh/Leuchte (Variante 5). Dieser Maximalwert entspricht einer jahresgemittelten Eigenleistungsaufnahme von knapp 1 W/Leuchte.

Eine Standby-Leistungsaufnahme von 1 W pro Leuchte ergibt einen jährlichen Eigenenergieverbrauch von 8.76 kWh pro Leuchte. Ein modernes LED-Leuchtmittel mit einer Leistungsaufnahme von 10 W resultiert bei jährlich 2000 h Betriebszeit in einem Jahresverbrauch von 20 kWh. Zum Stromverbrauch des Leuchtmittels addiert sich die Standby-Leistungsaufnahme, womit sich ein jährlicher Stromverbrauch pro Leuchte von 28.76 kWh ergibt (Verlustanteil: $8.76 / 28.76 = 30\%$).

Bei einer bezüglich Eigenenergieverbrauch vorteilhaften GA-Lösung mit einer Standby-Leistungsaufnahme von 0.1 W pro Leuchte ergäbe sich für dasselbe Beispiel ein jährlicher Stromverbrauch pro Leuchte von 20.88 kWh (Verlustanteil: $0.88 / 20.88 = 4\%$). Demgegenüber liegt der jährliche Stromverbrauch im ersten System (Standby-Leistungsaufnahme von 1.0 W pro Leuchte) um 38% höher. Der Verlustanteil beträgt im ersten System 30%, im zweiten System 4%.

5.3 Berechnungs-Verfahren und -Tool

5.3.1 Grundidee

Eines der wesentlichen Ziele des Berechnungsverfahrens war es, die Eigenleistungsaufnahme der Speisegeräte realitätsnah quantifizieren zu können. Dies wird erreicht, indem von den Endverbrauchern ausgehend das gesamte Automationssystem durchschritten wird bis zum 230-V-Netzanschluss. Dabei werden für jede Komponente separat die Eingangs- und Ausgangsströme betrachtet (Input/Output-Ansatz). Alle komponentenbezogenen Eigenleistungsaufnahmen zusammen ergeben die Eigenleistungsaufnahme des Systems.

Konkret werden jeder Komponente eine Zeitkomponente, eine Standby-Leistungsaufnahme, eine Betriebs-Leistungsaufnahme, ein Wirkungsgrad sowie ein Output zugeordnet. Der Output ist die von der Komponente ausgeübte Leistung. Dies ist meist die elektrische Leistung, welche an weitere Komponenten weitergereicht wird. Bei Antrieben kann eine mechanische Leistung als Output angegeben werden. Bei den Objektanalysen in Kapitel 5.2 wurde keine mechanische Leistung erfasst, das heisst die Eigenleistungsaufnahme wurde bei Antrieben der elektrischen Leistungsaufnahme gleichgesetzt.

5.3.2 Eingaben

Es wurde bei der Konzeption des Berechnungs-Verfahrens darauf geachtet, den Umfang der Eingabedaten möglichst klein zu halten. Für ein beliebig grosses Gebäude kann das ganze GA-System in einer einzigen Tabelle abgebildet werden, wie beispielhaft in Tabelle 13 gezeigt. Wird eine Gewerkspezifische Analyse gewünscht oder eine Analyse nach benutzerdefinierten Kategorien werden lediglich noch die entsprechenden Komponentenzuordnungen benötigt.

Obj_1_Eingaben Fläche [m ²] 416			Hauptspeisung						Signal			
Komponente	Komponentenart	Anzahl	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-Fk [W]	Anteil-on	Nominalleistung [W]	Wirkungsgrad	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-Fk [W]	Anteil-on
T1_Steuertransformator 230V/24VAC	Speisungen	1.00	230V Speisung	0.00	12.40	1.0000	250.00	0.89				
T2_Spannungsversorgung	Speisungen	4.00	230V Speisung	0.00	2.40	1.0000	15.00	0.72				
A1_Raumautomationsstation	Controller	4.00	T1_Steuertransformator 230V/24VAC	0.00	4.10	1.0000						
A01_Speisungsmodul	Energietransfer	4.00	T1_Steuertransformator 230V/24VAC	0.00	0.40	1.0000	30.00	0.75				
A02_Jalousien-Modul	I/O	13.00	A01_Speisungsmodul	0.00	0.60	1.0000						
A03_Triac-Modul	I/O	4.00	A01_Speisungsmodul	0.00	0.24	1.0000	1.00	0.75				
A04_Digitaleingangs-Modul	I/O	4.00	A01_Speisungsmodul	0.00	0.60	1.0000	1.40	0.70				
A05_Messwertmodul	I/O	1.00	A01_Speisungsmodul	0.00	0.84	1.0000	1.50	0.60				
M1_Jalousiemotor	Antrieb Storen	25.00	230V Speisung	0.00	115.00	0.0030			A02_Jalousien-Modul	0.00	0.19	0.0030
Y1_Heizventil_Stellantrieb thermisch	Antrieb Ventil	12.00	A03_Triac-Modul	0.00	2.70	0.1500						
Y2_Kühlventil_Stellantrieb thermisch	Antrieb Ventil	12.00	A03_Triac-Modul	0.00	2.70	0.0900						
S1_Jalousie-Taster	Bedienung	16.00	A04_Digitaleingangs-Modul	0.00	0.04	0.0001						
S2_Beleuchtung-Taster	Bedienung	12.00	A04_Digitaleingangs-Modul	0.00	0.04	0.0001						
F1_Kondensationswächter	Sensor Kondensation	12.00	T1_Steuertransformator 230V/24VAC	0.00	0.10	1.0000						
B3_Aussenhelligkeit	Sensor Helligkeit	1.00	A05_Messwertmodul	0.00	0.15	1.0000						
B4_Sonnenstrahlung	Sensor Strahlung	0.00	A05_Messwertmodul	0.00	1.00	1.0000						
P1_Raumbediengerät	Bedienung	12.00	T2_Spannungsversorgung	0.00	0.30	1.0000						
B1_Raumfühler	Sensor Temperatur	12.00	T2_Spannungsversorgung	0.00	0.36	1.0000						
B2_Präsenzmelder	Sensor Präsenz	12.00	T2_Spannungsversorgung	0.00	0.24	1.0000						
Y3_VAV-Kompaktregler	Antrieb Klappen	24.00	T1_Steuertransformator 230V/24VAC	0.50	2.50	0.0040			T2_Spannungsversorgung	0.00	0.15	1.0000
L1_Stehleuchte	Vorschaltgerät	21.00	230V Speisung	0.00	0.00	0.2600			A1_Raumautomationsstation	0.00	0.03	1.0000
L2_LED-Bänder-Kernzone	Vorschaltgerät	48.00	230V Speisung	0.00	0.00	0.2600			A1_Raumautomationsstation	0.00	0.03	1.0000
Server	Systemgeräte	0.21	230V Speisung	0.00	80.00	1.0000						

Tabelle 13: Vollständige Eingabedaten zur Analyse der gesamten Raumautomation des Objektes 1

5.3.3 Baum

Die Komponenten bilden einen Baum, betrachtet man die Speisungssituation. Die Speisung einer Komponente ist deren „Elternkomponente“. Der Baum ergibt sich ausgehend von den untersten Komponenten über die „Eltern“-Komponenten und deren „Eltern“-Komponenten, etc. (beliebige Anzahl an Hierarchieebenen). Beispielsweise kann ein Temperaturfühler von einem I/O-Modul gespeist sein, welches seinerseits durch einen Raumcontroller gespeist wird, und dieser schliesslich über ein Speisegerät am 230-V-Anschluss. In Tabelle 14 ist gezeigt, in welcher Form eine solche Baumhierarchie im projektinternen Berechnungstool einzugeben ist. Der Baum wird vom Tool bei der Berechnung im Hintergrund generiert. Zur Visualisierung kann er auch ausgegeben werden (Abbildung 36). Zur Datenkontrolle lassen sich die meisten der Eingabe- und Ausgabedaten im Baum unterhalb des Komponentennamens ebenfalls ausgeben; im Beispiel wurde dazu das Feld „Anzahl“ ausgewählt.

Komponente	Anzahl	Speisung
VL-Temp.Fühler QAD22	15	I/O Module TXM1.8U
I/O Module TXM1.8U	15	Raumkontoller - PXC3.E75A
Raumkontoller - PXC3.E75A	46	Speisung für Raumkontoller
Speisung für Raumkontoller	46	230V Speisung
Raumbediengerät	225	Raumkontoller - PXC3.E75A
2. Speisung in I/O Box	257	230V Speisung
ZUL-VAV GLB181.1E/KN	65	2. Speisung in I/O Box
ABL-VAV GLB181.1E/KN	65	2. Speisung in I/O Box
Taupunktwächter QXA2000	200	2. Speisung in I/O Box

Tabelle 14: Zuordnung einer „Eltern“-Komponente (Spalte „Speisung“) zu jeder Komponente

Speisung für Raumkontoller 46	Raumkontoller - PXC3.E75A 46	I/O Module TXM1.8U 15	VL-Temp.Fühler QAD22 15
		Raumbediengerät 225	
	ZUL-VAV GLB181.1E/KN 65		
2. Speisung in I/O Box 257	ABL-VAV GLB181.1E/KN 65		
	Taupunktwächter QXA2000 200		

Abbildung 36: Generierter Baum der Speisungssituation zu den Eingaben in Tabelle 14

5.3.4 Abbildung einer Komponente

Jede Komponente hat das gleiche Set von Grössen zur Verfügung. In Tabelle 15 ist dieses Grössen-set wiedergeben. In Abweichung zur Terminologie (Kapitel 3) ist im Tool der Eigenenergieverbrauch als mittlere Jahresleistung [W] ausgewiesen.

Funktion	Grösse [Einheit]	Beschreibung
Eingabe	EEV-off [W]	Eigenleistungsaufnahme der Komponente im Standby
Eingabe	EEV-on-fix [W]	Eigenleistungsaufnahme der Komponente in Betrieb, ohne leistungsabhängige Verluste.
Eingabe	Wirkungsgrad [-]	Wirkungsgrad bei Nominalleistung. Er ist hier wie üblich definiert (Verhältnis Ausgangsleistung/Eingangsleistung). Ohne Wirkungsgrad-Angabe resultieren keine leistungsabhängigen Verluste, d.h. ein Wirkungsgrad von 100% würde angenommen.
Eingabe	Nominalleistung [W]	Output-Nominalleistung; wird verwendet, um daraus einen Hilfs-Wirkungsgrad sowie die Auslastung von Speisegeräten zu errechnen.
Eingabe	Anteil-on [-]	Zeitanteil, während dem die Komponente in Betrieb ist (1: Komponente immer in Betrieb; 0: Komponente immer ausgeschaltet).
Ausgabe	EEV-on-var [W]	Eigenleistungsaufnahme der Komponente in Betrieb, ohne nicht-leistungsabhängige Verluste

Ausgabe	EEV-on [W]	Eigenleistungsaufnahme der Komponente in Betrieb, gesamt (Summe der nicht-leistungsabhängigen und leistungsabhängigen Verluste)
Ausgabe	Input [W]	Zeitgemittelte Leistung, welche die Komponente aufnimmt.
Ausgabe bei Nicht-Endkomponenten; optionale Eingabe bei Endkomponenten	Output [W]	Leistung, welche von der Komponente ausgeübt wird. Beispielsweise ist bei einem Ausgangs-Modul diese Leistung eine elektrische Leistung zur Speisung weiterer Komponenten; bei einem Elektroantrieb ist diese Leistung eine mechanische Leistung. Sensoren haben typischerweise eine Outputleistung von Null. Die Grösse „Output“ als Ausgabewert ist immer eine zeitlich gemittelte Leistung, umfasst also anteilmässig die beiden Zustände „on“ und „off“. Gemittelt deshalb, weil die Summe der Input-Leistungen der direkt im Baum folgenden Komponenten den Output der betrachteten Komponente bestimmen; die Input-Leistungen sind ihrerseits zeitgemittelt. Eine Output-Eingabe ist ausschliesslich für Endkomponenten möglich; die Eingabe bezieht sich auf den Zustand („on“). Optional kann dann zusätzlich der Wirkungsgrad angegeben werden und ebenfalls optional die Nominalleistung. Ohne Wirkungsgrad-Angabe resultieren keine leistungsabhängigen Verluste, d.h. ein Wirkungsgrad von 100% würde angenommen. Weiter kann optional die Nominalleistung angegeben werden; es wird dann die Auslastung berechnet.
Ausgabe	Auslastung [%]	Die Auslastung wird als Verhältnis der zeitgemittelten Output-Leistung („Output“) und der Nominalleistung berechnet. Die Auslastung wird für Speisegeräte und Endkomponenten berechnet, sofern die Nominalleistung eingegeben wurde.

Tabelle 15: Grössen im Hochrechnungs-Verfahren

Eine Komponente ist einer Kategorienart sowie einem oder mehreren Gewerken zuzuordnen. Im Falle von endständigen Komponenten (Endverbrauchern) erfolgt die Zuordnung zu mehreren Gewerken über die Angabe eines prozentualen Anteils. Bei nicht-endständigen Komponenten wird der Gewerksbezogene Verbrauch anhand dem Input der angehängten Endverbraucher (und deren Gewerks-Zuteilung) automatisch zugeteilt.

5.3.5 Hauptspeisung und Signal

Das Verfahren betrachtet jede Komponente als Teilsystem mit zwei Inputs und einem Output. Über jede Komponente (Teilsystem) wird eine Bilanzierung gemacht; die Bilanz der Inputs (positiv gezählt) und des Outputs (negativ gezählt) ergibt die Eigenleistungsaufnahme der Komponente. Die zwei Inputs unterscheiden sich bezüglich der Speisungsart. Der eine Input ist die Hauptspeisung, der andere Input erfolgt über eine Signalleitung. Mindestens der Hauptspeisungs-Input muss bei jeder Komponente vorhanden sein.

Die beiden Speisungsarten formen einen Baum. Die oberste „virtuelle“ Komponente ist jeweils der 230 V Anschluss. Komponenten, welche beide Speisungsarten aufweisen, erscheinen im Baum zweifach: dabei ist die Komponente ein erstes Mal nur mit ihren eigentlichen Namen aufgeführt (Hauptspeisung) und ein zweites Mal mit dem Namenszusatz „(Signal)“.

Die Eingabedaten bezüglich der Hauptspeisung sind wie in Tabelle 15 aufgeführt (Funktion: „Eingabe“). Die Eingabedaten bezüglich der „Signal“-Speisung sind die Grössen „EEV-off“, „EEV-on-fix“ und „Anteil-on“. Ein Beispiel der vollständigen Eingabedaten gibt Tabelle 13 (S. 44).

5.4 Laufzeiten von Stellantrieben

Eine Studie zu den Laufzeiten von haustechnischen Raumgeräten wurde innerhalb dieses Projektes mit Unterstützung von Siemens Building Technologies, Zug, durchgeführt [12].

5.4.1 Anzahl Stellbewegungen und resultierende Laufzeiten

Die effektiven Laufzeiten bezogen auf ein Jahr sind relativ klein und liegen meist in der Grössenordnung von 0.5% bis 1%.

Die minimal nötigen Stellbewegungen ergeben sich durch die Tagesverläufe für den Bedarf von Heiz- oder Kühlleistung, Frischluft oder Sonnenschutz in einem Raum. Diese Tagesverläufe werden hauptsächlich durch folgende Einflussfaktoren bestimmt:

- für Heizen/Kühlen durch die Personenanwesenheit und wärmeerzeugende Geräte, sowie Aussentemperatur und Sonneneinstrahlung (saisontypische Tagesgänge),
- für Lüftung durch den Tagesverlauf der Personenbelegung,
- für Sonnenschutz durch den Tagesverlauf der Strahlung auf die Fassade.

Alle Einflussgrössen ändern sich langsam, so dass z.B. Nachstellungen alle 15 Minuten gemacht werden müssen. Für einen Tagesgang sind bei kontinuierlicher Regelung (PI) 1 bis 2 Stellzyklen (100% öffnen & schliessen) nötig. Die minimal nötigen Stellbewegungen wurden mittels Simulationen ermittelt.

Reale Regeleinrichtungen beinhalten diverse Nichtidealitäten, welche zu zusätzlichen Stellbewegungen führen. Solche Nichtidealitäten sind: Zweipunktregelung, low cost Ventile oder Luftklappen, schlechte Dimensionierung der Ventile oder Luftklappen, Quantisierung und Verzögerung der Regelgrösse in kommunikativen Systemen, falsch eingestellte Reglerparameter.

Diese Gegebenheiten erzeugen bis zu 50 zusätzliche Stellzyklen pro 24 h. Die Messdatenanalyse von Raumtemperaturregelungen zeigte, dass die Qualität der Komponenten eines Regelkreises die Anzahl der Stellbewegungen wesentlich mitbeeinflusst. Effekte wie Überschwingen und Nachschwingen führen zu zusätzlichen Teil-Stellbewegungen. Auf volle Stellbewegungen zusammengerechnet konnten aus den Messdaten folgende zusätzliche Stellbewegungen pro 24 h bei Konstantregelung abgeschätzt werden:

- Zweipunktregelung: 10 bis 50
- Radiatorregelung (low cost Ventil): 3 bis 10
- Fancoil (hochwertige Komponenten): 2 bis 5
- Kommunikativer Regler mit langen Zykluszeiten (15 bis 75 Minuten): 5 und mehr

Die Simulationsergebnisse und Erkenntnisse aus der Messdatenanalyse wurden in ein Excel-Berechnungsblatt integriert, welches die monatliche/jährliche Anzahl Stellzyklen sowie die monatlichen/jährlichen Antriebslaufzeiten berechnet. Für einen typischen Fall sind die resultierenden Werte in Tabelle 16 wiedergegeben. Die genannten Laufzeiten basieren auf den im Anhang 10.5 wiedergegebenen Werten (Tabelle 25), mit Nichtbelegung während des Wochenendes sowie einer Laufzeit pro Stellzyklus von 120 s für Heiz- und Kühlventile sowie 60 s für die Storen.

Heizen Stetig (PI) high end		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jahr [h]	Jahr [%]
Stellzyklen		35	31	18	8	2	0	0	0	0	7	24	36	161	
Laufzeit Stellglied [h]		2.31	2.04	1.21	0.53	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	1.60	2.40	11	0.1
Position Float [h]		152	138	36	21	5	0	0	0	0	21	38	190	599	6.8
Position Max [h]		68	68	25	3	0	0	0	0	0	3	40	80	286	3.3
Position Off [h]		525	466	684	698	738	720	744	744	720	721	642	474	7875	89.9
Stetig (PI) low cost															
Stellzyklen		47	42	21	10	3	0	0	0	0	9	27	52	211	
Laufzeit Stellglied [h]		3.15	2.81	1.41	0.64	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	1.81	3.45	14	0.2
Position Float [h]		152	138	36	21	5	0	0	0	0	21	38	190	599	6.8
Position Max [h]		68	68	25	3	0	0	0	0	0	3	40	80	286	3.3
Position Off [h]		525	466	684	698	738	720	744	744	720	721	642	474	7875	89.9
OnOff															
Stellzyklen		62	49	23	15	4	0	0	0	0	14	27	66	260	
Laufzeit Stellglied [h]		4.13	3.27	1.53	1.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	1.80	4.40	17	0.2
Position Max [h]		85	80	30	9	2	0	0	0	0	9	43	98	355	4.0
Position Off [h]		660	592	684	699	738	720	744	744	720	728	668	645	8342	95.2
Kühlen Stetig (PI) high end															
Stellzyklen		0	0	11	17	22	34	32	32	29	12	0	0	188	
Laufzeit Stellglied [h]		0.00	0.00	0.70	1.14	1.44	2.25	2.16	2.12	1.93	0.80	0.02	0.00	13	0.1
Position Float [h]		0	0	78	132	181	200	250	259	182	104	3	0	1387	15.8
Position Max [h]		0	0	0	0	0	33	2	2	0	0	0	0	36	0.4
Position Off [h]		745	672	666	589	562	488	493	484	538	640	717	743	7337	83.8
Stetig (PI) low cost															
Stellzyklen		0	0	17	28	37	50	53	53	44	21	1	0	304	
Laufzeit Stellglied [h]		0.00	0.00	1.14	1.87	2.44	3.36	3.54	3.56	2.94	1.38	0.04	0.00	20	0.2
Position Float [h]		0	0	78	132	181	200	250	259	182	104	3	0	1387	15.8
Position Max [h]		0	0	0	0	0	33	2	2	0	0	0	0	36	0.4
Position Off [h]		745	672	666	589	562	488	493	484	538	640	717	743	7337	83.8
OnOff															
Stellzyklen		0	0	27	47	63	109	105	110	78	32	2	0	573	
Laufzeit Stellglied [h]		0.00	0.00	1.80	3.13	4.20	7.27	7.00	7.33	5.20	2.13	0.13	0.00	38	0.4
Position Max [h]		0	0	13	24	31	75	51	55	38	16	1	0	303	3.5
Position Off [h]		745	672	672	590	663	645	693	689	682	641	718	743	8151	93.1
Lüften Stetig (PI) high end															
Stellzyklen		16	14	16	14	16	14	16	16	14	16	14	16	179	
Laufzeit Stellglied [h]		1.04	0.94	1.04	0.94	1.04	0.94	1.04	1.04	0.94	1.04	0.94	1.04	12	0.1
Position Float [h]		115	104	115	104	115	104	115	115	104	115	104	115	1322	15.1
Position Max [h]		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Position Off [h]		630	616	630	616	630	616	630	630	616	630	616	630	7487	85.5
Stetig (PI) low cost															
Stellzyklen		25	23	25	23	25	23	25	25	23	25	23	25	290	
Laufzeit Stellglied [h]		1.67	1.52	1.67	1.52	1.67	1.52	1.67	1.67	1.52	1.67	1.52	1.67	19	0.2
Position Float [h]		115	104	115	104	115	104	115	115	104	115	104	115	1322	15.1
Position Max [h]		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Position Off [h]		630	616	630	616	630	616	630	630	616	630	616	630	7487	85.5
OnOff															
Stellzyklen		44	40	44	40	44	40	44	44	40	44	40	44	508	
Laufzeit Stellglied [h]		2.93	2.67	2.93	2.67	2.93	2.67	2.93	2.93	2.67	2.93	2.67	2.93	34	0.4
Position Max [h]		22	20	22	20	22	20	22	22	20	22	20	22	254	2.9
Position Off [h]		722	700	722	700	722	700	722	722	700	722	700	722	8554	97.6
Storen															
Süd	Stellzyklen	58	57	65	68	68	63	66	66	59	59	52	51	732	
	Laufzeit Stellglied [h]	1.93	1.90	2.17	2.27	2.27	2.10	2.20	2.20	1.97	1.97	1.73	1.70	24	0.3
Ost	Stellzyklen	49	50	57	60	65	65	67	62	55	51	47	46	674	
	Laufzeit Stellglied [h]	1.63	1.67	1.90	2.00	2.17	2.17	2.23	2.07	1.83	1.70	1.57	1.53	22	0.3
Nord	Stellzyklen	20	20	20	20	32	38	32	21	20	20	20	20	283	
	Laufzeit Stellglied [h]	0.67	0.67	0.67	0.67	1.07	1.27	1.07	0.70	0.67	0.67	0.67	0.67	9	0.1
West	Stellzyklen	51	50	57	66	64	65	64	63	56	55	49	49	689	
	Laufzeit Stellglied [h]	1.70	1.67	1.90	2.20	2.13	2.17	2.13	2.10	1.87	1.83	1.63	1.63	23	0.3

Tabelle 16: Stellzyklen und Antriebslaufzeiten, monatlich und jährlich

Die Simulationen wurden für ein Bürogebäude durchgeführt. Dessen wichtigste Kenndaten sind folgende:

- Standort: Zug
- Masse (B T H) [m]: 20, 15, 6 (2 Etagen à 3 m)
- Orientierung: Längsrichtung in Ost-West
- Aussenwand: U-Wert 0.2 W/(m² K)
- Fenster: Fensteranteil an jeder Fassade 40%, U-Wert 0.8 W/(m² K), g-Wert 0.5, Reduktionsfaktor durch Aussen-Jalousien 0.3 (identisch für jede Fassade)
- Nutzung: Beleuchtungsleistung 13 W/m², Geräteleistung 10 W/m², Auslastung 13.3 m²/Person

5.4.2 Zeitanteil der Ansteuerung („Anteil-on“)

Der Zeitanteil, während dem der Antrieb unter Strom steht (Zeitanteil der Ansteuerung „Anteil-on“), ist im Falle von elektromotorischen Stellantrieben gleich dem Zeitanteil im Bewegungszustand (vorausgesetzt, dass in den Endlagen eine Spannungsfreischaltung stattfindet). Für Heizen/Kühlen werden anstelle von elektromotorischen Antrieben sehr oft kostengünstigere thermische Ventilantriebe eingesetzt. Bei diesem Antriebsprinzip hat diese Zeitgleichsetzung keine Gültigkeit. Denn für das Halten einer Zwischenstellung sowie der aktiven Endposition ist eine periodische Bestromung notwendig. Zudem wird in der Praxis bei thermischen Ventilantrieben oft keine konstante Zwischenstellung angesteuert, sondern eine zyklische Auf/Zu-Bewegung gefahren. Aus diesen Gründen ist der Zeitanteil der Bestromung von elektrothermischen Stellantrieben um ein Vielfaches höher als der Zeitanteil im Bewegungszustand bei entsprechenden elektromotorischen Stellantrieben. In einer Masterarbeit [10] wurden Laufzeit-Abschätzungen für beide Stellantriebs-Typen gemacht.

Eine Zusammenstellung der Laufzeiten aus zwei Quellen (die in Kapitel 5.4.1 zusammengefasste Studie [12] sowie die oben erwähnte Masterarbeit [10]) ist in Tabelle 17 wiedergegeben. Weiter sind in dieser Tabelle die in den Objektanalysen (Kapitel 5.2) verwendeten Laufzeiten aufgeführt. In der Masterarbeit wurden jeweils zwei unterschiedliche Laufzeiten ermittelt, eine erste für die zu erwartende effektive Laufzeit („Anteil-on“) sowie eine zweite Laufzeit für einen **Betrieb mit Nutzen** für die Gebäudenutzer („Anteil-on-BmN“).

Feldgerät	Anteil-on gemäss [12]	Anteil-on gemäss [10]	BmN gemäss [10]	Anteil-on in Analysen
Heizventil	Elektrom. 0.001 - 0.002	Elektrom. 0.012 Elektroth. 0.15	Elektrom. 0.012 Elektroth. 0.129	Elektrom. 0.002 Elektroth. 0.15
Kühlventil	Elektrom. 0.001 - 0.004	Elektrom. 0.005 Elektroth. 0.09	Elektrom. 0.005 Elektroth. 0.05	Elektrom. 0.004 Elektroth. 0.09
VAV-Klappe (Lüften)	0.001 - 0.004	0.04	0.04	0.004
Leuchte	-	0.26 Taster 0.0001	0.184	0.26
Stoerenmotor	0.001 - 0.003	0.003	-	0.003

Tabelle 17: Laufzeiten Feldgeräte: Werte gemäss zwei Studien sowie in Objektanalysen verwendete Werte

6 Empfehlungen an Planer

Basierend auf den Labormessungen, den Objektanalysen sowie ergänzenden Experteninterviews wurden einige Empfehlungen an Planer der Gebäudeautomation abgeleitet. Diese sind nachfolgend zusammengefasst. Sie sind motiviert aus Sicht des Eigenenergieverbrauchs der GA. Eine Ausnahme ist die Empfehlung 6.1.1, die in erster Linie aus Sicht der mittels GA bewirkten Energieeinsparungen motiviert ist. Der Planer hat auch andere Aspekte wie Kosten, Flexibilität, Erweiterbarkeit, Betriebssicherheit und Komfort zu beurteilen und zu berücksichtigen. Der Fokus der Empfehlungen liegt auf der Raumautomation; einige der Empfehlungen lassen sich auch auf die Automation der Primäranlagen anwenden. Für welche Fälle die Empfehlungen relevant sind, zeigt Abbildung 37.

Tipp-Nr.	Titel	Managementebene	Raumautomation nach Gewerk				Primäranlagen
			Heizung & Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Beschattung	
1	Generelle Empfehlungen						
1.1	GA-Funktion mit Effizienzklasse A wählen						
1.2	Bestgeräte verwenden						
1.3	Systemdurchgängige GA-Lösungen						
1.4	Komponenten spannungsfrei schalten						
1.5	Strommesser und Wärmezähler vorsehen (Energiemonitoring)						
1.6	GA-Management-System: Alternativen zu klassischem Server prüfen						
1.7	Energieautarke Komponenten (These)						
2	Speisungen						
2.1	Speisungen klein dimensionieren						
2.2	Speisungen mit geringer relativer Leerlaufverlustleistung wählen						
2.3	Speisungen mit hohem Wirkungsgrad nahe der Nennleistung wählen						
3	I/O-Module, Relais						
3.1	Hilfsrelais vermeiden						
3.2	Bistabile Relais verwenden bei langandauerndem Ein-Zustand						
3.3	Signaltyp 0(4)-20mA vermeiden						
3.4	Kombimodule einsetzen bei Steuersignal 0(1)-10V						
3.5	Modulgrößen geeignet wählen						
4	Antriebe						
4.1	3-Punkt-Antriebe in Betracht ziehen						
4.2	Elektromotorische Ventiltriebe einsetzen						
5	Bussysteme						
5.1	Standard-Protokolle für die Datenkommunikation verwenden						
5.2	Bus-lose Beleuchtungslösungen in Betracht ziehen						

Abbildung 37: Übersicht über die Empfehlungen mit Zuordnung zu den Anwendungsfällen (grün: Empfehlung anwendbar)

6.1 Generelle Empfehlungen

6.1.1 GA-Effizienzklasse A wählen

Grundsätzlich wird empfohlen, die höchste GA-Effizienzklasse zu wählen und gleichzeitig auf einen geringen Eigenenergieverbrauch der GA-Lösung zu achten. Wenn die Anwendung eines GA-Funktionstyps einer relevanten GA-Funktion im konkreten Fall keinen Nutzen gegenüber dem niedrig-rangigeren Funktionstyp bringt, oder sich der Mehrnutzen im Vergleich zum Mehraufwand nicht lohnt, soll zugunsten des niedrigrangigeren Funktionstyps darauf verzichtet werden.

Oder etwas anders ausgedrückt: Bei der GA Planung soll von der GA-Effizienzklasse A ausgegangen werden. Dann soll für jede GA-Funktion, die überhaupt für das Gebäude und ihre gebäudetechnischen Anlagen relevant ist, wie oben beschrieben geprüft werden, ob der GA-Funktionstyp durch einen niedrigrangigeren Typ ersetzt werden kann. Bei der Planung der Hardware, insbesondere bei der Wahl der Topologie und Produkte, soll zum Beispiel durch Anwendung der folgenden Empfehlungen darauf geachtet werden, dass die resultierende Funktionalität mit geringem Eigenenergieaufwand erreicht wird. Für die sich daraus ergebende Gesamtlösung soll nochmals abgewogen werden, ob der Nutzen den Aufwand lohnt.

Für dieses Vorgehen sprechen:

- Es besteht keine klare Korrelation zwischen Eigenenergieverbrauch und GA-Effizienzklasse. Die konkrete System-, Topologie- und Produktwahl ist entscheidender.
- Das elektrische und thermische Einsparpotential bei den Raumgewerken (wie auch den primärseitigen gebäudetechnischen Anlagen) ist gross beim Wechsel von einer niedrigen GA-Effizienzklasse zu einer hohen GA-Effizienzklasse, was einschliesst, dass die GA korrekt geplant und in Betrieb genommen ist (inkl. Einregulierung und Anpassungen an den tatsächlichen Bedarf) sowie während dem Betrieb überwacht wird. Als Anhaltspunkt für die erzielbaren Einsparungen können die thermischen und elektrischen BACS-Effizienzfaktoren der Norm EN 15232:2012 dienen [5].

Beispielsweise zeigte eine Analyse vieler Beleuchtungs-Topologien, dass Präsenz- und Helligkeitssensoren einen kleinen Anteil am GA-Eigenenergieverbrauch der Beleuchtung haben. Hingegen sind bekanntermassen markante elektrische Einsparungen durch präsenzabhängige Beleuchtungssteuerung oder Konstantlichtregelung erzielbar für Büroräume und Schulzimmer, sofern korrekt einreguliert [13]. Zu den direkten energetischen Einsparungen kommen indirekte energetische Einsparungen hinzu durch den geringeren Kühlbedarf aufgrund der reduzierten internen Wärmelasten.

Mit dem empfohlenen Wechsel von FL-Leuchten auf LED-Leuchten wächst der relative Anteil des Eigenenergieverbrauchs für die Beleuchtungssteuerung am Gesamtverbrauch des Gewerks. Insofern verdient das Thema Eigenenergieverbrauch gerade bei der Beleuchtung zukünftig vermehrte Beachtung bei der Systemkonzeption. Um Missverständnisse zu vermeiden: Der Gesamtverbrauch der Beleuchtung sinkt deutlich mit dem Wechsel auf LED-Leuchten und wird klar empfohlen.

6.1.2 Bestgeräte hinsichtlich Eigenenergieverbrauch verwenden

Messungen haben gezeigt, dass bei vielen GA-Komponenten grosse Unterschiede bestehen im Eigenenergieverbrauch bei gleicher Funktion.

Die Hochrechnungen für vier Raumautomations-Systeme ergaben für das rein KNX-basierte System einen klaren energetischen Vorteil im Vergleich zu den drei Systemen mit Automationsstationen. (Der Verbrauch des KNX-basierten Systems lag unter $\frac{1}{2}$ bzw. bei rund $\frac{3}{4}$ des automationsbasieren Systems mit dem höchsten bzw. niedrigsten Energieverbrauch.)

6.1.3 Systemdurchgängige GA-Lösungen statt separate gewerkspezifische GA-Teilsysteme

Ein GA-Gesamtsystem von einem Hauptlieferanten kommt in der Regel mit insgesamt weniger Komponenten aus als eine GA-Lösung mit separaten gewerkspezifischen GA-Teilsystemen. Da pro Gerät meist ganzjährig zumindest eine Standby-Leistung wirksam ist, wird sich bei einer systemdurchgängigen GA-Lösung typischerweise ein geringerer Eigenenergieverbrauch ergeben als bei separaten GA-Teilsystemen.

Weiter verstärkt wird dieser Vorteil durch die Management-Ebene. Beim Gesamtsystem eines Hauptlieferanten genügt ein Server. Bei separaten GA-Teilsystemen wird in der Regel pro Teilsystem ein Server verwendet (d.h. die GA-Lösung benötigt dann mehrere Server). Grundsätzlich könnten diese Teilsysteme in virtuellen Maschinen (VM) ebenfalls auf einem Server betrieben werden. In der Praxis dürfte dies schwierig umzusetzen sein, weil die Teilsystem-Lieferanten bevorzugt einen von ihnen vorkonfigurierten Rechner verwenden.

Ausschreibungen der GA, welche einen Gesamtauftrag betreffen, sind anzustreben. Damit haben die Offertsteller die Möglichkeit, eine systemdurchgängige Lösung anzubieten; anderenfalls wird eine systemdurchgängige Lösung schwierig zu realisieren.

Ein GA-Management-System kann statt auf einem herkömmlichen Server auch energieeffizienter betrieben werden: siehe Absatz 6.1.6.

6.1.4 Komponenten spannungsfrei schalten

Es wäre grundsätzlich wünschbar, Standby-Zustände zu vermeiden durch spannungsfrei schalten der Komponente während dieser Zeit. Leider ist das aus praktischen Gründen meist nicht möglich, sei es, weil der Einschaltvorgang verunmöglicht wird, Fehlermeldungen generiert werden oder aus weiteren Gründen.

Diese Empfehlung gilt breiter als nur betreffend der Gebäudeautomation. Insbesondere können gebäudetechnische Anlagen bzw. gebäudetechnische Anlagenteile (z.B. Speisungen oder Ventilatoren mit deren Frequenzumformern) bei Nicht-Gebrauch spannungsfrei geschaltet werden. Weiter kann primärseitig das Heizsystem (inkl. GA) ausgeschaltet werden, wenn es nicht für die Warmwasserversorgung benötigt wird. Ebenso kann primärseitig das Kühlsystem (inkl. GA) ausgeschaltet werden. Bei Heiz- und Kühlsystemen kann in der Nichtnutzungsperiode ein kurzes periodisches Betreiben notwendig sein, um Stillstands Schäden zu vermeiden.

In der Gebäudeautomation könnten beispielsweise folgende Komponenten spannungsfrei geschaltet werden:

- Heizventile, Heizungsregler im Raum, etc.:
In der Nicht-Heizperiode kann auf eine Ansteuerung der Heizventile verzichtet werden. Allenfalls können auch weitere Komponenten der Heizungsregelung spannungsfrei geschaltet werden.
- Kühlventile:
In der Heizperiode kann auf eine Ansteuerung der Kühlventile verzichtet werden. Allenfalls können auch weitere Komponenten der Kühlungsregelung spannungsfrei geschaltet werden. Primärseitig kann das Kühlsystem (inkl. GA) ausgeschaltet werden.
- EVGs 0-10V (Beleuchtung, mit Dimmen oder Konstantlichtregelung):
Elektronische Vorschaltgeräte, welche über 0(1)-10V angesteuert werden, können spannungsfrei geschaltet werden, während die Leuchte ausgeschaltet ist.

Zur Spannungsfreischaltung sind bistabile Relais-Module geeignet. Für die energetische Nettoeinsparung ist der Eigenverbrauch des Relais-Moduls einzurechnen. Das energetisch beste Modul lag in beiden Schaltzuständen bei 0.01 W pro Kanal (mit Berücksichtigung der Ruheleistungsaufnahme des Moduls, unabhängig von der Anzahl der konfigurierten Kanäle), wobei bis 230VAC/10A pro Kanal schaltbar sind. Bei Einsatz eines energetisch derart vorteilhaften Produkts für die Spannungsfreischaltung ist der Eigenverbrauch des Relais-Moduls deshalb vernachlässigbar und auch steuerseitig dürfte es keine relevanten Zusatzverbräuche geben.

6.1.5 Strommesser und Wärmehähler vorsehen (Energiemonitoring)

Ein Energiemonitoring ist faktisch unabdingbar, um systemtechnische Optimierungen vorzunehmen und betriebliche Energieeinsparungs-Massnahmen zu unterstützen. Verglichen mit den erzielbaren Einsparungen dürfte der Eigenenergieverbrauch der Strommesser und Wärmehähler sehr gering sein. Typische Strommesser der beteiligten Hersteller haben gemäss Datenblatt eine Leistungsaufnahme von 0.2 – 0.4 Watt. Wärmehähler sind von vielen Herstellern als batteriegespiesene Kompaktgeräte erhältlich. Eine 1 A Lithium-Zelle genügt typischerweise für eine Betriebszeit von 6 Jahren [14]. Hinzu kommt eine allfällige Leistungsaufnahme für die Kommunikationsschnittstelle. Beim verbreiteten M-Bus sind das 1.5 mA bei maximal 50 V, also eine Leistungsaufnahme kleiner 0.1 Watt. Weiter gibt es eine kleine hydraulische Verlustleistung, bedingt durch den verursachten Druckverlust.

Ein nachträglich installiertes Energiemonitoring dürfte preislich auf ein Mehrfaches zu stehen kommen im Vergleich zu einem in die GA-Lösung integrierten Energiemonitoring, vorausgesetzt das GA-System wird in einem Zuge installiert.

Eine GA-Effizienzklasse A (Empfehlung 6.1.1.) beinhaltet ein Monitoring (SIA 386.110:2012 [5], Tabelle 1, Abschnitt 7.2).

6.1.6 GA-Management-System: Alternativen zu klassischem Server prüfen

Anstelle eines herkömmlichen Servers dürfte ein Mini-PC oder Hutschienen-PC genügen. Diese weisen heutzutage eine beträchtliche Rechenleistung auf, und deren Leistungsaufnahme ist in der Regel um ein Vielfaches kleiner.

Als Hardware für das GA-Management-System kann anstelle eines lokalen Servers (bzw. Mini-PC, siehe oben) ein über die Cloud angebundener Server dienen. Allerdings liegen uns nur teilweise Daten vor; weshalb eine energetische Beurteilung dieser Option nicht vorgenommen werden konnte.¹

Grundsätzlich ist ein GA-Management-System anzustreben, welches alle Gewerke umfasst (siehe Empfehlung 6.1.3.)

6.1.7 Energieautarke Komponenten (These)

Einige der Raumautomations-Komponenten (Raumbediengerät, Taster, Temperatur- und Feuchte-Sensor, Fensteröffnungs-Sensor, Ventiltrieb, ...) sind als energieautonome, funkbasierte Komponenten erhältlich. Sie nutzen beispielsweise eine ins Gerät integrierte Solarzelle, ein piezoelektrisches Halbleiterelement oder ein thermoelektrisches Halbleiterelement, um die Betriebsenergie für das Gerät bereitzustellen. Ein gewisser Eigenenergieverbrauch ist seitens der Raumautomationsstation für die zusätzliche Funkinfrastruktur in Rechnung zu stellen. Wir vermuten, dass energieautarke Komponenten zu einer bezüglich des Eigenenergieverbrauchs vorteilhaften GA-Lösung beitragen können (sofern beim Produktdesign der Funkinfrastruktur durchgängig auf Energieeffizienz geachtet wurde, oder die Kommunikation drahtgebunden erfolgt).

¹ Als Beispiel seien die von der Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, an einen Provider ausgelagerten GA-Management-Systeme genannt. Nach Auskunft des Providers werden im firmeneigenen Datacenter zurzeit 500 GA-Management-Systeme betrieben auf insgesamt 700 virtuellen Rechnern (Stand Juni 2015). Ein virtueller Rechner benötigt 18-20 W. Hinzu kommen die energetischen Aufwendungen für die kundenseitige Anbindung an die Cloud sowie für die Datenübertragung in der Cloud selbst. Dazu liegen uns keine Daten vor.

6.2 Speisungen

Den Speisungen kommt eine hohe Bedeutung zu. Dies aus zwei Gründen:

- In der Regel sind die Speisungen ganzjährig in Betrieb. Somit fällt andauernd die Leerlauf-Leistungsaufnahme an.
- In der Praxis werden Speisungen oft grosszügig dimensioniert, oft sogar überdimensioniert. Dadurch operieren diese in einem tiefen Teillastbereich mit entsprechend tiefem Wirkungsgrad. So resultiert eine unnötig hohe Verlustleistung der Speisungen.

Unsere Objektanalysen belegen die hohe Bedeutung der Speisungen (siehe Kapitel 5.2.2, Abbildung 22).

Bei drei der fünf ausgemessenen Geräte lag der Wirkungsgrad in einem Bereich zwischen 80% bis 90%, sofern die Geräte in einem Lastbereich von über 40% der Nennleistung betrieben wurden (siehe Kapitel 5.1.1, Abbildung 11). Eines dieser Geräte erreichte einen Wirkungsgrad von über 80% bereits ab einem Teillastbereich von 20%.

6.2.1 Speisungen klein dimensionieren

Es wird empfohlen, die Speisung so zu wählen, dass ihre Nennleistung im Bereich von 100% bis 200% der mittleren angeschlossenen Leistung liegt. Der untere Wert von 100% ist zum Beispiel massgeblich, wenn ausschliesslich Geräte mit praktisch konstanter Leistungsaufnahme versorgt werden. Mit dem oberen Wert von 200% ist man auf der sicheren Seite, sofern deutlich variable Lasten vorhanden sind; bei sehr variablen Lasten ist das Gerät allenfalls noch grösser zu dimensionieren.

Begründung: Oberhalb einer Auslastung von 50% zeigten drei der fünf ausgemessenen Speisegeräte Wirkungsgrade von deutlich grösser als 80%; unterhalb einer Auslastung von 50% sank der Wirkungsgrad bei vier der fünf ausgemessenen Speisegeräte.

6.2.2 Speisungen mit geringer Leerlauf-Leistungsaufnahme wählen

Die Verlustleistung im Leerlauf ist ein gutes Mass für die Effizienz im tiefen Teillastbereich. Sie ist insbesondere bei Speisungen ausschlaggebend, welche langandauernd Geräte im Standby-Modus versorgen, sehr kurzzeitig aber hohe Nennleistungen zu erbringen haben. In diesem Fall kann der Wirkungsgrad bei Nennleistung von untergeordneter Bedeutung sein.

6.2.3 Speisungen mit hohem Wirkungsgrad nahe der Nennleistung wählen

Speisungen, welche dauernd laufende, leistungskonstante Geräte versorgen, können mit einer Nennleistung gewählt werden, welche der Summe der Nennleistung der versorgten Geräte entspricht (allenfalls mit einer kleinen Reserve für einen Systemausbau). Ausschlaggebend für ein geeignetes Speisegerät ist ein hoher Wirkungsgrad nahe der Nennleistung. In diesem Fall ist die Leerlauf-Leistungsaufnahme von untergeordneter Bedeutung.

6.3 I/O-Module, Relais

6.3.1 Hilfsrelais vermeiden (Beleuchtung, Beschattung, Primäranlagen)

Möglichst Relaismodule verwenden, welche Hilfsrelais überflüssig machen. Einige der Hersteller haben Relaismodule, welche Starkstrom bis 2A, 3A oder 10A schalten. Mit solchen Modulen können Storenmotoren und Leuchten direkt geschaltet werden. Beim Einsatz von Hilfsrelais tritt zweimalig ein Verluststrom auf (Anziehen des Relaiskanals sowie Anziehen des Hilfsrelais).

6.3.2 Bistabile Relais verwenden (Beleuchtung, Primäranlagen)

Bistabile Relais verwenden, insbesondere bei langandauerndem Ein-Zustand, sofern nicht sicherheitsrelevante Aspekte dagegen sprechen.

Bistabile Ausgänge benötigen lediglich einen Stromimpuls zum Schalten, während uni-stabile Ausgänge im angezogenen Zustand konstant Strom benötigen. Werden bei langandauerndem Ein-Zustand bistabile Relais verwendet anstelle von uni-stabilen Ausgängen, kann der Hilfs-Relaisstrom eingespart

werden während des Ein-Zustands. In gleicher Weise gilt dies auch für Miniatur- oder Industrie-Relais.

6.3.3 Signaltyp 0(4)-20mA vermeiden (Heizung & Kühlung, Lüftung, Primäranlagen)

Beim Vergleich der beiden analogen Signaltypen 0(1)-10V und 0(4)-20mA ergibt sich aus energetischer Sicht ein Vorteil für das 0(1)-10V-Signal aufgrund der elektrischen Leistung im Signalkreis. Aus Sicherheitsaspekten kann allerdings ein 0(4)-20mA-Signal benötigt sein (Fehlermeldung).

Pro Modulkanal, ohne die Leerlauf-Leistungsaufnahme des Moduls zu berücksichtigen, fließt mit den üblichen Widerstandslasten im Signalkreis bei einem Signalwert von 20 mA eine Leistung von 0.2 W. Bei Annahme eines gleichverteilten Signalwertes zwischen 4 und 20 mA resultiert eine mittlere Leistung von 0.12 W pro Kanal, also ein jährlicher Eigenverbrauch von rund 1 kWh. Beim 0(1)-10V Signal hat ein hochohmiger Widerstand angeschlossen zu sein, was in einer vielfach geringeren elektrischen Leistung im Signalkreis resultiert.

Für den kanalspezifischen Verbrauch kommt näherungsweise zu dem oben beschriebenen Verbrauch die auf die Anzahl Kanäle umgelegte Leerlauf-Leistungsaufnahme des Moduls hinzu. Ist die kanalspezifische Leerlauf-Leistungsaufnahme bei beiden Signaltypen vergleichbar hoch, sind wegen der oben beschriebenen geringeren Signalleistungen die 0(1)-10V-Module im Vorteil.

6.3.4 Kombimodule einsetzen bei Steuersignal 0(1)-10V (Beleuchtung)

Elektronische Vorschaltgeräte, welche über 0(1)-10V angesteuert werden, können spannungsfrei geschaltet werden, während die Leuchte ausgeschaltet ist (siehe auch Empfehlung 6.5.2). Der Markt bietet zu diesem Zweck Kombimodule, welche sowohl potentialfreie Ausgänge und 0-10V Ausgänge aufweisen (z.B. das Produkt „SD/S 2.16.1“ von ABB, das als „Schalt-/Dimmaktor“ benannt wird).

6.3.5 Modulgrößen geeignet wählen

Modulgrößen so wählen, dass möglichst alle Ein-/Ausgänge der Module belegt sind.

Innerhalb der gleichen Produktreihe Module mit vielen Ein-/Ausgängen gegenüber solchen mit wenigen Ein-/Ausgängen bevorzugen (sofern eine Vollbelegung der Ein /Ausgänge möglich ist).

Begründung: Bei Modulen, welche sich nur in der Anzahl der Ein-/Ausgänge unterscheiden, sinkt die maximale Leistungsaufnahme pro Ein-/Ausgang mit steigender Anzahl Ein-/Ausgängen. Dies zeigt eine Datenblatt-basierte Analyse (Anhang 10.3).

6.4 Antriebe

6.4.1 3-Punkt-Antriebe in Betracht ziehen

Ein Antrieb mit einer 3-Punkt-Ansteuerung hat keine Leistungsaufnahme im Haltezustand, sowohl in der Ausgangs- und Endposition wie in Zwischenpositionen. Die 3-Punkt-Ansteuerung ist derart zu implementieren, dass nach Erreichen der Ausgangs- oder Endposition nach kurzer Zeit spannungsfrei geschaltet wird.

Bei Anwendungen, welche kein Halten in Zwischenpositionen benötigen, können auch 2-Punkt angesteuerte Antriebe eingesetzt werden; allerdings kann in den Endlagen permanent eine Ruheleistungsaufnahme auftreten. Viele Produkte haben eine antriebsinterne Standby-Schaltung, welche die Ruheleistungsaufnahme in den Endlagen eliminiert oder zumindest beträchtlich reduziert. Eine vollständige Vermeidung dieser Ruheleistungsaufnahme kann auch durch zusätzliche mechanische Endlagenschalter erreicht werden.

0-10V angesteuerte oder Bus-angesteuerte Antriebe haben im Haltezustand andauernd eine zumindest kleine Leistungsaufnahme. PWM-Antrieben (elektrothermische Ventilantriebe) haben im Haltezustand typischerweise keine Leistungsaufnahme in der Ausgangsposition, hingegen in allen anderen Positionen (siehe Empfehlung 6.4.2).

Wird für die Regelung oder das Anlagenmonitoring die Ist-Position eines 3-Punkt-Antriebes benötigt (und ist keine gemessene Ist-Position verfügbar), ist im Automationssystem ein Hubmodell mitzufüh-

ren. Das Hubmodell läuft im Anwenderprogramm, welches vom GA-Hersteller bereitgestellt wird. Es läuft z.B. auf einer freiprogrammierbaren Automationsstation, auf einem Storenaktor oder einem Raumregler. Das Hubmodell stellt eine berechnete Ist-Position zur Verfügung (Storen-, Klappen- bzw. Ventilposition). Die Ist-Position erlaubt eine systemweite auf minimale Druckverluste optimierte Lüftungs- und Hydraulikregelung. Jedes Hubmodell ist mit der Laufzeit des entsprechenden Stellantriebs zu konfigurieren.

Die Empfehlung der 3-Punkt-Ansteuerung ist zur Storen- und Lüftungsteuerung nur bedingt relevant; dies aus folgenden Gründen:

- Zur Storensteuerung bietet der Markt aufeinander abgestimmte proprietäre Einheiten von Regelung und Antrieb (z.B. von Griesser oder Somfy). Diese Systeme wurden hier nicht untersucht.
- Klappen in Luftverteilsystemen mit variablem Volumenstrom (VVS oder VAV: Variable Air Volume) sind üblicherweise Teil einer als Einheit gelieferten Volumenstrom-Box. Diese hat ihrerseits meist einen VAV-Kompaktregler verbaut. Er erhält typischerweise den Volumenstrom-Sollwert digital über einen Bus oder als 0-10V-Wert.

VAV-Boxen sind das Mittel der Wahl, um eine bedarfsgerechte Mehrzonen-Lüftungsregelung zu realisieren. Eine bedarfsgeführte Mehrzonen-Lüftungsregelung ist beispielsweise in [15] beschrieben. Die Idee dieser Regelstrategie ist, dass zu jedem Moment mindestens in einer Zone eine Lüftungsklappe vollständig (in der Praxis z.B. 90%) geöffnet ist und gleichzeitig die Ventilatorleistung derart angepasst ist, dass alle Zonen ihren Bedarf erhalten. Abbildung 38 zeigt eine Variante, wie diese Regelstrategie umgesetzt werden kann: Die Ventilatorregelung C1 ist Differenzdruck-geführt (Druckdifferenz zwischen Hauptzulftleitung und Umgebung). Ihr Soll-Differenzdruck soll gerade so hoch sein, dass mindestens eine Zonenklappe vollständig (in der Praxis z.B. 90%) geöffnet werden kann, ohne die Zonen zu übersorgen. Dieser zeitlich variable Soll-Differenzdruck wird vom übergeordneten Regler C2 geliefert, aufgrund der Klappenstellungen (u_1, u_2).

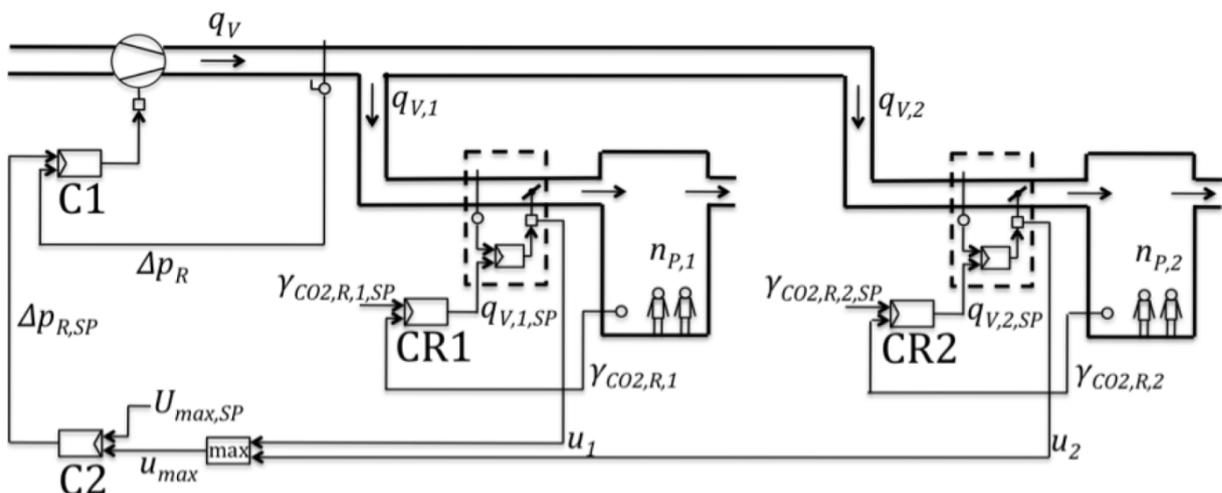


Abbildung 38: Bedarfsgeführte Lüftungsregelung mit minimalen Druckverlusten (Abbildung aus [15])

6.4.2 Elektromotorische Ventilantriebe einsetzen

Elektromotorische Ventilantriebe sind gegenüber elektrothermischen Ventilantrieben energetisch klar im Vorteil, sofern mit 3-Punkt angesteuert. Allerdings sind die Produktpreise elektrothermischer Ventilantriebe auch deutlich tiefer als die Produktpreise elektromotorischer Ventilantriebe. Die Objektanalysen zeigten einen praktisch vernachlässigbaren jährlichen Eigenenergieverbrauch für diesen Antriebs- und Signaltyp (siehe Kapitel 5.1.5.1, Abbildung 18, Rubrik „3-Punkt v2“).

Für das Monitoring der 3-Punkt-angesteuerten Ventilantriebe sowie für eine systemweite, auf minimale Druckverluste optimierte Ventil- und Pumpenregelung kann für jeden 3-Punkt-angesteuerten Ventilantrieb ein Hubmodell mitgeführt werden. Alternativ kann ein Fühler zur Erfassung der Stellung des Ventils oder des Ventilantriebs eingesetzt werden.

Allerdings sind mit PWM betriebene, mit 0-10V oder einem Bus-angesteuerte Ventilantriebe einfacher in ein GA-System zu integrieren und korrekt zu betreiben als 3-Punkt-angesteuerte Ventilantriebe. Zudem ist bei 0-10V und Bus-angesteuerten Ventilantrieben die Sollposition jederzeit im System verfügbar (bei Bus-angesteuerten zudem auch die Ist-Position sowie weitere Informationen). Das heisst mit letzteren Signaltypen sind die Voraussetzungen für ein Monitoring des Systems sowie für eine systemweite, auf minimale Druckverluste optimierte Hydraulikregelung stets gegeben, auch ohne Hubmodell.

6.5 Bussysteme

6.5.1 Standard-Protokolle für die Datenkommunikation verwenden

Standard-Kommunikationsprotokolle ergeben gegenüber Komponenten mit proprietärer Kommunikation grosse Auswahlmöglichkeiten an Produkten. Bei der Produktwahl kann im Sinne der Empfehlung „Bestgeräte verwenden“ auf eine geringe Eigenleistungsaufnahme geachtet werden.

Im Hinblick auf eine einfache, kostengünstige Datenaufzeichnung für ein Betriebsmonitoring ist es von Vorteil, wenn alle Daten auf dieselbe Weise zur Aufzeichnung konfiguriert werden können. Beispielsweise kann der BACnet oder der KNX-Standard die Kommunikation in allen Gewerken sowie Gewerks-übergreifend leisten. Protokolle wie DALI, MP-Bus, SMI oder M-Bus können dabei mittels Gateways eingebunden werden. Bezüglich BACnet sei auf die BACnet-Spezifikation des Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik (AMEV) hingewiesen.

6.5.2 Bus-lose Beleuchtungslösungen in Betracht ziehen

DSI- und DALI-Vorschaltgeräte lassen sich nicht spannungsfrei schalten und haben deshalb ganzjährig eine Standby-Leistungsaufnahme. Bei Bus-losen On/Off-Beleuchtungslösungen ist das Vorschaltgerät immer spannungsfrei, solange die Leuchte ausgeschaltet ist. Bei dimmbaren Beleuchtungslösungen mit 0(1)-10V oder Konstantlichtregelung mit 0(1)-10V wird empfohlen, I/O-Module einzusetzen (oder eine funktional gleichwertige Lösung zu wählen), sodass ermöglicht wird, dass das Vorschaltgerät spannungsfrei geschaltet wird, solange die Leuchte ausgeschaltet ist (siehe Empfehlung 6.3.4).

Allerdings gibt es grosse Unterschiede in der Standby-Leistungsaufnahme zwischen den Bus-gesteuerten Vorschaltgeräten und der für eine Bus-lose Ansteuerung und Schaltung benötigten I/O-Känale. Deshalb ist der Eigenenergieverbrauch fallweise für beiden Systemvarianten zu prüfen und es kann hier keine allgemeingültige Empfehlung gemacht werden. Zudem sind die Bus-bedingen Vorteile beim Systementscheid zu berücksichtigen (Flexibilität bei einer Änderungen der Raumaufteilung, Lampenrückmeldungen, Beleuchtungs-Szenen).

7 Empfehlungen an Hersteller

7.1 Eigenleistungsaufnahme in Datenblättern angeben

Damit der Planer die Hinweise in Kapitel 6 umsetzen und den Eigenenergieverbrauch eines GA-Systems verlässlich abschätzen kann, ist der einfache und schnelle Zugang zu EEV-relevanten Produktdaten unerlässlich.

Eine nicht-abschliessende Zusammenstellung EEV-relevanter Produktdaten ist für einige Produktkategorien in Tabelle 18 gegeben im Sinne einer Diskussionsgrundlage.

Geräte-kategorie	EEV-relevante Angaben
Ventilantriebe (elektromotorisch)	<ul style="list-style-type: none"> - Leistungsaufnahme [W] im Haltezustand - Leistungsaufnahme [W] bei Nominalleistung <p>Schalleistungspegel in dB(A), z.B. nach EN ISO 3741. Gegen eine Anwendung elektromotorischer Ventilantriebe in schallsensibler Umgebung (Schlafzimmer, etc.) wird oft der prinzipbedingte akustische Vorteil der thermischen Ventilantriebe genannt. Allerdings bietet der Markt heute leise Antriebe. Dank der Angabe des Schalleistungspegels wäre die Eignung des Produkts für eine schallsensible Umgebung einschätzbar.</p>
Ventilantriebe (thermisch)	<ul style="list-style-type: none"> - Leistungsaufnahme [W] bei Position 100% - Leistungsaufnahme [W] bei zyklischem Wechsel zwischen 0% und 100% (Position 50%) <p>Randbedingungen: Raumtemperatur (20 °C), im Steady-State bzw. nach dem Einschwingen gemessen, Leistungsaufnahme über mehrere Ansteuerungszyklen gemittelt.</p>
Automationsstation (CPU)	<ul style="list-style-type: none"> - Leistungsaufnahme im Idle-Zustand (d.h. ohne aktive Steuer- oder Regelprozesse) - Leistungsaufnahme typisch (d.h. bei üblicher Prozessorauslastung) - Leistungsaufnahme maximal (d.h. bei höchster Prozessorauslastung) <p>Bei Automationsstationen mit I/O-Kanälen: Angaben bezüglich der I/O-Kanäle wie bei I/O-Modulen (siehe unten).</p>
I/O-Module	<ul style="list-style-type: none"> - Leistungsaufnahme ohne aktive Kanäle - Zusätzliche Verlustleistung pro Kanal (mehrere Werte, abhängig vom Kanalzustand: z.B. On, Off, 0 V, 1 V, 10 V)
Speisungen	<p>Sowohl für Speisungen basierend auf Leistungselektronik wie auch für herkömmliche Transformatoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verlustleistung [W] im Leerlauf - Wirkungsgrad bei 100% der Nennleistung - Wirkungsgrad bei 75% der Nennleistung - Wirkungsgrad bei 50% der Nennleistung - Wirkungsgrad bei 25% der Nennleistung
Vorschaltgeräte	<ul style="list-style-type: none"> - Leistungsaufnahme im Standby-Betrieb (Leuchte aus) - Steuerleistung, allenfalls mehrere Werte (Leistungsaufnahme bei bestimmten Steuerwerten) <p>Die leistungsabhängigen Verluste wurden hier nicht der GA angelastet. Dennoch sind Wirkungsgradangaben erforderlich, um ein gutes Gerät auszuwählen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wirkungsgrad bei 100% der Nennleistung - Wirkungsgrad bei 75% der Nennleistung - Wirkungsgrad bei 50% der Nennleistung - Wirkungsgrad bei 25% der Nennleistung - Wirkungsgrad bei 10% der Nennleistung

Tabelle 18: Datenblattangaben bezüglich EEV

Teilweise wurden Angaben in der Form eines Maximalwert („Grösse < Zahlenwert“) gefunden. Wir empfehlen stattdessen einen typischen Wert anzugeben („Grösse = Zahlenwert“).

Vielfach sind die Zahlenwerte unpräzise, das heisst lediglich mit einer einziffrigen Signifikanz (z.B. 2 W, 0.3 W). Wir empfehlen mindestens eine zwei-ziffrige Signifikanz (z.B. 2.1 W, 0.34 W). Variiert der Wert, so dass kein zwei-ziffriger Wert angebar ist, der immer zutrifft, dann sind exemplarisch mehrere Werte anzugeben. Zu jedem dieser Werte sind klare Angaben über seine Gültigkeit zu machen (Betriebszustand, aktive Schnittstellen, etc.).

Es wäre wünschbar, wenn die Hersteller sich auf präzise Vorgaben für einzelne Angaben einigen wie auch auf eine gemeinsame Terminologie.

7.2 Standby-Leistung reduzieren und interne Spannungsfreischaltung

Die Laborauswertungen wie auch die Sichtung zahlreicher Datenblätter zeigten recht unterschiedliche Standby-Leistungsaufnahmen bei ähnlichen Geräten. Es wäre wünschbar, wenn beim Produktedesign der Standby-Leistungsaufnahme noch grösseres Augenmerk zukäme. Insbesondere vermuten wir, dass oft ein Verbesserungspotential besteht hinsichtlich

- der produkteinternen Speisungen,
- der Spannungsfreischaltung von internen Komponenten (während Betriebszuständen, wo diese nicht benötigt werden), sowie
- (bei Antrieben:) der aktiven Detektion von Endlagen (Wechsel in den Standby-Modus nach kurzer Latenzzeit).
- Bei Bus-gesteuerten EVGs (SMI, DALI) wären auch die Assoziationen gefordert, die Standby-Leistung durch geeignete Vorgaben weiter zu reduzieren.

7.3 Erkenntnisse von energieautonomen Komponenten nutzen

Einige der Raumautomations-Komponenten (Raumbediengerät, Taster, Temperatur- und Feuchte-Sensor, Fensteröffnungs-Sensor, Ventiltrieb, ...) sind als energieautonome, funkbasierte Komponenten erhältlich. Die Entwickler solcher Komponenten haben hinsichtlich eines sehr geringen Eigenenergieverbrauch viel geleistet und erreicht (z.B. durch nur kurzzeitige aktive Betriebsphasen). Deren Erkenntnisse sollten auch für herkömmlichen GA-Produkte genutzt werden. Allerdings ist sicherzustellen, dass die Regelqualität voll erhalten bleibt.

8 Fazit

Bei energetischen Betrachtungen zur Gebäudetechnik wurde bisher meist davon ausgegangen, dass der Stromverbrauch der Gebäudeautomations-Geräte vernachlässigbar klein ist im Vergleich zum Wärmebedarf des Gebäudes oder zum Stromverbrauch von Kühlgeräten, Ventilatoren, Pumpen und der Beleuchtung. Die Analysen zeigten, dass diese Ansicht zu revidieren ist. Entsprechend wird empfohlen, diesen zukünftig bei Energiebetrachtungen der Gebäudetechnik mit zu berücksichtigen. Er bleibt zurzeit sowohl beim Energienachweis nach SIA 380/1:2009 wie auch für die Minergie-zertifizierung weitgehend unberücksichtigt. Um Missverständnisse zu vermeiden: Der energetische Nutzen einer fachgerechten Gebäudeautomation wird von den Autoren bekräftigt. Für eine angebrachte GA-Funktionalität stellt sich vielmehr die Frage, wie diese Gebäudeautomation an sich möglichst gut und energieeffizient zu gestalten ist.

Zu den analysierten Objekten wurde

- ein jährlicher Eigenenergieverbrauch für die gesamte GA (Raumautomation und primärseitige GA) im Bereich von unter 3 bis 6 kWh/m² berechnet (nur Raumautomation: unter 2 bis 5 kWh/m²; für die Automation der Primäranlagen schätzungsweise 0.1 bis 2.9 kWh/m²), siehe Kapitel 5.2.3., Abbildung 29, und
- eine jährliche Endenergie für Heizung (ohne Brauchwarmwassererwärmung), Kühlung, Lüftung und Beleuchtung von 43 - 45 kWh/m² angenommen (basierend auf den Standardnutzungen gemäss Merkblatt SIA 2024, siehe Kapitel 5.2.4, Tabelle 10) bzw. mit Minergie-Gewichtungsfaktoren der Energieformen eine gewichtete Energiekennzahl von 68 - 70 kWh/m² (jeweils ohne Beschattung).

Ein Vergleich des Eigenenergieverbrauchs GA mit dem Energiebedarf der Gewerke lieferte für die vollständig analysierten Objekte mit allen Gewerken die in Tabelle 19 aufgeführten Verhältnisse. Für die Bestimmung der minimalen und maximalen Werte wurden die Objekte 3 und 5 weggelassen, da dort keine Daten zu allen Gewerken ermittelt werden konnten. Die minimalen Werte ergaben sich jeweils immer für Objekt 7, Variante GAS 1, die maximalen Werte ergaben sich ohne primärseitige GA jeweils für Objekt 2 und inklusive primärseitiger GA für Objekt 4.

Grösse, Einheit	Berücksichtigter EEV	Vergleichswert	Min.	Mittelwert	Max.
Endenergie [kWh/m ²]	Raumautomation: HLK und Beleuchtung, ohne Beschattung	Hochrechnung basierend auf Merkblatt SIA 2024 (HLK und Beleuchtung, ohne Beschattung)	3%	6%	9%
	ditto, zusätzlich grober Schätzwert für primärseitige GA		6%	8%	12%
Energiekennzahl gewichtet [kWh/m ²]	Wie oben, jedoch Elektrizität mit Faktor 2 gewichtet	Wie oben, jedoch Elektrizität mit Faktor 2 gewichtet	4%	7%	11%
	ditto, zusätzlich grober Schätzwert für primärseitige GA		7%	10%	15%
Energiekennzahl gewichtet [kWh/m ²]	Raumautomation: HLK, ohne Beleuchtung, ohne Beschattung	Grenzwert Minergie-P für Gebäudekategorie „Verwaltung“ (25 kWh/m ²), beinhaltet Raumheizung, Warmwasser und Elektrizität für mechanische Lüftung	8%	13%	21%
	ditto, zusätzlich grober Schätzwert für primärseitige GA		16%	23%	36%

Tabelle 19: Verhältnisse EEV GA zu Energiebedarf Gewerke

Die in Tabelle 19 aufgeführten Werte für das Verhältnis 'EEV GA' zu 'Energiebedarf Gewerke' sind mit Vorsicht zu interpretieren. Hohe Werte für dieses Verhältnis bedeuten nicht unbedingt, dass sich die

entsprechenden GA-Funktionen nicht lohnen, da der 'Energiebedarf Gewerke' die Wirkung eines gewissen (wenn auch nicht genau definierten) Einsatzes von GA-Funktionen voraussetzt. Der 'Energiebedarf Gewerke' ist in starkem Masse abhängig von den eingesetzten GA-Funktionen. Diese Abhängigkeit war allerdings bereits zum Vorherein ausgeklammert aus dem vorliegenden Projekt, um dieses klar fokussiert zu halten. Die gleiche Anmerkung wie zur Tabelle gilt selbstverständlich für deren zugrundeliegenden Detailergebnisse (Kapitel 5.2.4 bis 5.2.6; insb. Abbildung 32 & Abbildung 34).

Einen hohen Anteil am Eigenenergieverbrauch der Raumautomation machten immer die Speisungen aus (Anteile von 12% bis 65%), siehe Kapitel 5.2.2., Abbildung 22. Die anderen Gerätekategorien waren je nach Objekt sehr unterschiedlich stark vertreten, so dass sich keine generellen Werte pro Gerätekategorie nennen lassen. Bezüglich des Anteils der Gewerke zeigte sich ein homogeneres Bild, die Gewerke waren häufig von etwa gleicher Wichtigkeit (siehe Kapitel 5.2.1., Abbildung 19).

Beim Gewerk „Beleuchtung“ kommt dem Vorschaltgerät in Anbetracht der LED-Leuchtmittel eine grosse Bedeutung zu; insbesondere dann wenn das Vorschaltgerät bei Nicht-Betrieb der Leuchten eine Standby-Leistung aufweist.

Weiter zeigte sich, dass zwischen Eigenenergieverbrauch und GA-Effizienzklasse keine klare Beziehung besteht. Die konkrete System-, Topologie- und Produktwahl ist entscheidender.

Für die analysierten hochautomatisierten Objekte (Raumautomation ohne primärseitige GA) unterschied sich der jährliche Eigenenergieverbrauch um fast das Dreifache (1.7 kWh/m^2 für Objekt 2, 4.9 kWh/m^2 für Objekt 7, Variante GAS 1).

Demgegenüber dürften bei gleicher Topologie und Produkten desselben Herstellers eher kleine Unterschiede bestehen zwischen GA-Lösungen der Basis-GA-Effizienzklasse (C) und solchen einer hohen GA-Effizienzklasse (A oder B).

Exemplarisch wurde dies für Objekt 1 untersucht anhand von 5 verschiedenen GA-Varianten (Raumautomation ohne primärseitige GA), wobei der höchste Eigenenergieverbrauch rund 30% über dem niedrigsten Eigenenergieverbrauch lag (siehe Kapitel 5.2.1, letzter Absatz).

Ein weiteres Indiz dazu ist der Anteil der Gerätekategorien „Sensoren“ und „Gateways“ am Eigenenergieverbrauch der GA-Lösung bei allen analysierten Objekten. Mit eingerechnetem Speisungsanteil liegt die Summe der beiden Gerätekategorien-Anteile bei 6% bis 28% (siehe Kapitel 5.2.2, Abbildung 28, S. 34).

Schliesslich erlaubten die Labormessungen und Objektanalysen einige Empfehlungen zuhanden der Planer und Hersteller abzuleiten (Kapitel 6 und Kapitel 7).

Das im Projekt entwickelte Tool, welches für projektinterne Berechnungszwecke konzipiert wurde, hat sich zur Objektanalyse bewährt. Es wird eine bescheidene Menge an Inputdaten benötigt. Die Daten für die Berechnung der eigentlichen Kenngrössen umfassen lediglich eine Tabelle (siehe jeweils die erste Tabelle in der Dokumentation der Objektanalysen im Anhang 10.7, z.B. Tabelle 27). Ist eine Auswertung nach Gewerk erwünscht, wird eine zweite Tabelle benötigt, welche die Zuordnungsmatrix enthält (siehe jeweils die zweite Tabelle in der Dokumentation der Objektanalysen im Anhang 10.7, z.B. Tabelle 28).

9 Literaturverzeichnis

- [1] Tödtli, J., «Bericht der SIA KHE Spurguppe Gebäudeautomation, Teil 3 Beurteilung der Projektideen durch interessierte Partner,» 2011.
- [2] Tödtli, J., «SIA KGE Spurguppe GA, „Eigenenergieverbrauch der Gebäudeautomation, Schlussbericht über die erste Etappe“ (SIA internes Dokument),» 2011.
- [3] Grieder, T., Senn, T., Gehrig, M., «Neueste Entwicklungen im Bereich intelligentes Wohnen und des damit verbundenen Stromverbrauchs,» BFE, 2008.
- [4] Tønnesen, J., Novakovic, V., «Towards LCA of building automation and control systems in zero emission buildings – measurements of auxiliary energy to operate a KNX bus-system,» *Proceedings CISBAT*, 2013.
- [5] Norm SIA 386.110:2012 (SN EN 15232:2012), «Energieeffizienz von Gebäuden - Einfluss von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement,» Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein.
- [6] Wikipedia, «Verlustleistung,» [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/Verlustleistung>. [Zugriff am 20.10.2015].
- [7] Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, «„Raummodul Büro“,» 2008. [Online]. Available: https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/hbd/Deutsch/Hochbau/Weitere%20Dokumente/Fachstellen/Energie%26Gebaedetechnik/Richtlinien_Standards_Formulare/Richtlinie_Gebaedetechnik-Buero.pdf. [Zugriff am 20.11.2015].
- [8] Kieback&Peter, «Kleinstellantrieb MD15 und Zonenventile RZ, RWZ,» [Online]. Available: <http://www.kieback-peter.de/de-de/produkte/stellantriebe/kleinstellantrieb-md15/>. [Zugriff am 22.9.2015].
- [9] en:key, «Wie funktioniert en:key?,» [Online]. Available: <http://www.enkey.de/wie-funktioniert-enkey.html>. [Zugriff am 22.9.2015].
- [10] Imhasly, R., «Analyse des Objektes Concordia Luzern bezüglich dem Eigenenergieverbrauch der Gebäudeautomation (Masterarbeit EN Bau),» EN Bau, 2014.
- [11] Siemens Schweiz AG, «Gebäudeautomation – Einfluss auf die Energieeffizienz,» 2012.
- [12] Hegetschweiler, W., «Jahreslaufzeiten von Stellantrieben haustechnischer Raumgeräte,» HSLU, Horw, 2014.
- [13] Gasser, S., Simon, M., «Messprojekt: Präsenzmelder und Tageslicht-Regelungen in Schulhäusern der Stadt Zürich,» Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, Zürich, 2007.
- [14] Landis+Gyr, «Katalogblatt Ultraschall-Zähler T230,» [Online]. Available: <http://datenblatt.stark-elektronik.de/kamstrup/datenblatt-multical-302.pdf>. [Zugriff am 22.9.2015].
- [15] Tödtli, J., «The impact of control on the energy use of fans in building ventilation systems,» *REHVA Journal*, Oktober 2015.
- [16] Preisel, M., Wimmer, W., Frey, D., Huser, A., «Smart Metering consumption: Eigenverbrauch von Stromzählern,» Bundesamt für Energie BFE, Bern, 2012.

10 Anhang

10.1 Messwerte

10.1.1 Antriebe

Nr. Antrieb	Antriebsprinzip	Speisung	Stellsignal	Bewegen												Halten			
				Last: [N]	Weg: [mm]	mechanische Leistung für Hub [W]			Stelldauer [s]			Elektr. Wirkleistung Ø [W]			Elektr. Wirkleistung [W]				
						0% -> 100%	100% -> 0%	zeitl. Mittelwert	0% -> 100%	100% -> 0%	Ø	0% -> 100%	100% -> 0%	zeitl. Mittelwert	0	Zwischenhalt	1	Ø	
1	Elektromotorisch	AC	2-Punkt	510.7	25.0	0.0491	0.0491	0.0491	260	260	260	0.87	0.75	0.81	0.1	-	0.09	0.095	
			3-Punkt									0.88	0.75	0.82	0 (0.09*)	0 (-*)	0 (0.09*)	0 (0.09*)	
			2-Punkt									0.79	0.74	0.77	0.1	-	0.07	0.085	
			3-Punkt									0.84	0.71	0.78	0 (0.08*)	0 (-*)	0 (0.07*)	0 (0.075*)	
2	Elektromotorisch	DC	0-10V	483.7	25.5	0.0469	0.0465	0.0467	263	265	264	0.65	1.12	0.89	0.49	0.48^	0.49	0.49	
			DC			0.0467	0.0471	0.0469	264	262	263	0.49	0.98	0.74	0.35	0.35^	0.35	0.35	
3	Elektromotorisch	DC	0-10V	483.7	25.5	0.0473	0.0473	0.0473	261	261	261	1.44	1.72	1.58	1.29	1.32^	1.32	1.305	
			DC			0.0460	0.0455	0.0458	268	271	270	0.98	1.53	1.26	0.79	0.80^	0.80	0.80	
4	Elektromotorisch	AC	3-Punkt	91.3	8.2	0.0016	0.0016	0.0016	480	480	480	0.73	0.72	0.73	0 (0.04*)	0 (-*)	0 (0.73*)	0 (0.385*)	
5	Elektrothermisch	AC	PDM 0-100	91.3	6.1	0.0020	0.0006	0.0009	280	960	620	3.67	0	0.83	0	1.15	1.61	0.92	
			PDM 5-50			0.0010	0.0005	0.0007	545	1050	797.5	1.85	0.11	0.70	0.08	1.09	1.32	0.83	
6	Elektromotorisch	DC	0-10V	83.6	3.5	0.0081	0.0075	0.0078	36	39	37.5	1.58	1.56	1.57	0.48	0.08^	0.07	0.27	
			DC			0.0086	0.0077	0.0081	34	38	36	1.42	1.39	1.40	0.32	0.08^	0.07	0.19	
7	Elektrothermisch	AC	0-10V	83.6	3.5	0.0018	0.0003	0.0005	160	1130	645	3.445	0.118	0.53	0.113	1.021	1.50	0.88	
			DC			0.0015	0.0004	0.0007	212	738	475	4.16	0	0.93	0	1.24	1.87	1.04	
8	Elektrothermisch	AC	PDM 0-100	91.3	3.4	0.0007	0.0004	0.0005	420	724	572	2.27	0.17	0.94	0.24	1.09	1.55	0.96	
			PDM 5-50			0.0015	0.0004	0.0006	205	751	478	3.86	0	0.83	0	1.24	1.84	1.03	
			PDM 0-100			0.0006	0.0006	0.0006	536	493	515	2.07	0.15	1.15	0.24	0.97	1.51	0.91	
			PDM 5-50			0.0042	0.0043	0.0042	56	55	56	1.28	1.25	1.27	1.31	1.31^	1.30	1.31	
9	Elektromotorisch	DC	0-10V	65.0	4.2	0.0050	0.0049	0.0049	55	56	56	0.94	0.93	0.93	0.97	0.97^	0.97	0.97	
			DC			0.0019	0.0015	0.0017	57	69	63	0.65	0.66	0.66	0.56	0.56^	0.56	0.56	
10	Elektromotorisch	DC	42.2 (Bewegen)	91.3 (Halten)	2.5	0.0017	0.0016	0.0016	61	67	64	0.59	0.60	0.60	0.63	0.63^	0.63	0.63	
			DC			0.0017	0.0016	0.0016	61	67	64	0.59	0.60	0.60	0.63	0.63^	0.63	0.63	

*: solange angesteuert wird

^: Mittelwert aus Halten angesteuert mit 6 V und Halten angesteuert mit 2 V

#: Antriebe 1 - 3 mit der gleichen Last in umgekehrter Wirkrichtung gemessen (Messapparatur auf dem Kopf stehend montiert)

Tabelle 20: Gemessene Leistungen der Antriebe

Nr. Antrieb	Antriebsprinzip	Speisung	Stellsignal	Bewegen			Halten			
				Wirkungsgrad [%]			spezifische Leistungsaufnahme [W/N]			
				0% -> 100%	100% -> 0%	zeitl. Mittelwert	0	Zwischenhalt	1	Ø
1	Elektromotorisch	AC	2-Punkt	5.64	6.55	6.06	0.0002	-	0.0002	0.0002
			3-Punkt	5.58	6.55	6.03	0 (0.002*)	-	0 (0.002*)	0 (0.002*)
			2-Punkt	6.22	6.64	6.42	0.0002	-	0.0001	0.0002
			3-Punkt	5.85	6.92	6.34	0 (0.002*)	-	0 (0.001*)	0 (0.0015*)
2	Elektromotorisch	DC	0-10V	7.22	4.16	5.28	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
			DC	9.53	4.80	6.38	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
3	Elektromotorisch	DC	0-10V	3.28	2.75	2.99	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027
			DC	4.70	2.97	3.64	0.0016	0.0017	0.0017	0.0016
4	Elektromotorisch	AC	3-Punkt	0.21	0.22	0.22	0 (0.004*)	-	0 (0.008*)	0 (0.006*)
			DC	0.05	#DIV/0!	0.11	0.0000	0.0126	0.0176	0.0101
5	Elektrothermisch	AC	PDM 0-100	0.06	0.48	0.10	0.0009	0.0119	0.0145	0.0091
			PDM 5-50	0.51	0.48	0.50	0.0058	0.0010	0.0008	0.0025
6	Elektromotorisch	DC	0-10V	0.61	0.55	0.58	0.0038	0.0010	0.0008	0.0019
			DC	0.05	0.22	0.09	0.0014	0.0122	0.0179	0.0105
8	Elektrothermisch	AC	PDM 0-100	0.04	#DIV/0!	0.07	0.0000	0.0136	0.0205	0.0114
			PDM 5-50	0.03	0.25	0.06	0.0026	0.0119	0.0170	0.0105
			PDM 0-100	0.04	#DIV/0!	0.08	0.0000	0.0136	0.0202	0.0112
			PDM 5-50	0.03	0.42	0.05	0.0026	0.0106	0.0165	0.0099
9	Elektromotorisch	DC	0-10V	0.33	0.34	0.33	0.0202	0.0202	0.0200	0.0201
			DC	0.53	0.52	0.53	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149
10	Elektromotorisch	AC	0-10V	0.28	0.23	0.26	0.0061	0.0061	0.0061	0.0061
			DC	0.29	0.26	0.28	0.0069	0.0069	0.0069	0.0069

*: solange angesteuert wird

#: Antriebe 1 - 3 mit der gleichen Last in umgekehrter Wirkrichtung gemessen (Messapparatur auf dem Kopf stehend montiert)

Tabelle 21: Berechnete Kenngrößen der Antriebe

In Kapitel 5.1.5 (Abbildung 14 und Abbildung 15) sind die Spalten „Wirkungsgrad 0% -> 100%“ sowie „Halten Ø“ auf der Ordinate (y-Achse) dargestellt. Für die Abszisse (x-Achse) sind dieselben Spalten aus Tabelle 20 verwendet.

10.2 Gerätelisten

In Tabelle 22 und sind alle GA-Geräte aufgeführt, welche in den GA-Racks verbaut sind (bzw. auf ein zusätzliches Gestell montiert wurden); in Tabelle 23 sind die Antriebe aufgeführt. Grün markiert sind jeweils die an der Hochschule Luzern – Technik & Architektur ausgemessenen Geräte.

Typ	Unter-Typ	GA-Rack ABB	GA-Rack Leicom	GA-Rack Saia-Burgess Controls	GA-Rack Siemens Schweiz	externes Gestell	Firma	Produkt	Beschreibung	EEV gemäss Datenblatt	
Speisung		1					ABB	SV-S 30.640.5	Nennoutput: 30VDC, 640mA		
		1					ABB	SV-S 30.320.5	Nennoutput: 30VDC, 320mA		
		1					ABB	TS24/8-12-24	Klingeltransformator Nennoutput: 8-12-24 VAC /1 A		
		1					ABB	CP-D 24/0.42	Nennoutput: 24VDC, 0.42A, 10W		
		1	1				Wieland	wipos P1 24-5	Nennoutput: 24VDC, 5A, 120W		
				1			Saia-Burgess Controls	Q.P5-AD2-2405F	Nennoutput: 24VDC, 5A		
					1		Comatec	TBD2 035 24 P5	Sekundär: 24VAC, 1.45A, 34VA		
						1	Hager	ST312	Sicherheitstrafo Output: 12/24V, 25VA	1.8W	
							ABB	6126/02-84-500	KNX Bustaster 4 Fach mit Busankoppler	24mA	
							ABB	6125/01-500	KNX Bustaster 2 Fach mit Busankoppler	24mA	
						ABB	6127/01-500	KNX Bustaster 8 Fach mit Busankoppler	24mA		
						Siemens	Buskoppler UP 117/11 mit Taster UP 223/3	KNX Bustaster 3-fach mit Staus LED's	25+8mA		
						Siemens	QMx3.P36	KNX-PI Link Raumbediengerät mit NTC Widerstandsfühler	12.5mA		
Raumbediengerät Controller		1					B&R	X20 CP 1484	Intel Celeron CPU, 250 I/O Module anschliessbar	bis 10.5W	
			1				Saia-Burgess Controls	PCD3.M5560	inkl. Steckplätze für 4 Module	typisch 15W	
				1			Saia-Burgess Controls	PCD3.C100	Modulträger für 4 Module		
					1		Siemens	PXC3.E72A	Raumautomationsstation, KNX PL Link, DALI, TX/IO	8VA	
I/O	Digitale Eingänge	1					ABB	BE/S 4.20.2.1	4 potentialfreie Eingänge, gepulste Abfragespannung 35V	130mW	
		1					B&R	X20 D19371	12 digitale Eingänge 24VDC in 1-Leiter Sink-Beschaltung	1.75+1.8W	
		1		1			Saia-Burgess Controls	PCD3.E111	8 digitale Eingänge für Spannungen von 15 bis 30VDC	12mA	
		1					Saia-Burgess Controls	PCD3.E500	6 digitale Eingänge für Signale bis 250VAC	1+12mA	
	Digitale Ausgänge	1					B&R	X20 DO9322	12 digitale Ausgänge in 1-Leiterbeschaltung, 24VDC, I _n =0.5A	1.15+0.26W	
		1				1	Siemens	TXM1.8T	Triac-Modul für 24VAC Antriebe, 8 Ausgänge	1.0W	
	Analoge Eingänge	1					ABB	AE/S 4.2	4 analoge Signale: 0-10V, 0-20mA, 0-1000 Ohm, PT100 oder Impulse	3W	
		1					B&R	X20 AI4622	4 analoge Eingänge, 0-10V oder 0-20mA	1.1+0.01W	
		1					B&R	X20 AT4222	4 Eingänge für Widerstandsmessung, PT100 oder PT1000	1.1+0.01W	
		1				1	Saia-Burgess Controls	PCD3.W340	8 analoge Eingänge für 0-10V, 0-20mA oder PT1000	8+20mA	
	Analoge Ausgänge	1					ABB	AA/S 4.1	4 analoge Ausgänge, wahlweise mit 0-10V oder 0-20mA	310+150mW	
		2					B&R	X20 AO4622	4 analoge Ausgänge, ±10V oder 0-20mA	1.1+0.01W	
		1		1			Saia-Burgess Controls	PCD3.W400	4 analoge Ausgänge für 0-10V Signale	1+30mA	
		1			1		Saia-Burgess Controls	PCD3.W410	4 analoge Ausgänge für 0-10V oder 0-24mA Signale	30+1mA	
	potentialfreie Kontaktke	1					ABB	ES/S 4.1.2.1	4 Halbleiterausgänge für Ventilantriebe, 24...230V AC/DC, I _n =1A	250mW	
		1					ABB	SA/S 4.10.2.1	4 potentialfreie Kontakte bis 10A/230V	250mW	
		1					ABB	SA/S 8.10.2.1	8 potentialfreie Kontakte bis 10A/230V	250mW	
		1					ABB	JRA/S 2.230.5.1	2-fach Jalousieaktor für 230VAC	250mW	
						1	Siemens	TXM1.8RB	Jalousien-Modul, Schaltlast 3A / 250V	1.4W	
							Saia-Burgess Controls	PCD3.A200	4 Relaiskontakte für bis 2A/250VAC	10mA	
						1	ABB	SD/S 2.16.1	Schalt/Dimm Aktor 2 Ausgänge 0-10V, 2 Lastausgänge (potentialfrei, bis 16A/230V) Spannungsfreischaltung von EVG	250mW	
							Siemens	TXM1.8U	Input: pot.freie Abfrage, 0-10V, Widerstand, PTC, NTC Output: 0-10V	1.5W	
		Dimmen	1				ABB	US/U 4.2	4fach, potentialfreie Abfrage (20V), Ausgang: 5VDC, 2mA für LED	10mA	
			1				ABB	UD/S 4.210.2	Universaldimmfaktor 4 Leistungsausgänge à je max. 210W	1.5W	
	Gateways	DALI	1					ABB	DLR/S 8.16.1M	KNX-DALI-Gateway mit integrierten Lichtreglern	1.6W
			1	1				B&R	X20 CS1013	DALI Steuergerät, bis zu 64 Geräte	2.8+0.25W
			MP-Bus	1				Saia-Burgess Controls	PCD3.F261	Schnittstelle bis zu 64 Geräte	90+24mA
				1				ABB	UK 24 EIB	KNX-MP-Bus Gateway	k.A.
			1				Saia-Burgess Controls	PCD3.F281	2 serielle Ports, 1 fest für MP-Bus, 1 nicht belegt (PCD7.F1xx Moduls möglich)	90+15mA	
		USB	1				ABB	USB/S 1.1	USB Schnittstelle für Kommunikation zu PC	240mW	
		IP	1				ABB	IPS/S 2.1	IP Schnittstelle zum Anschluss an LAN	1.9W	
	KNX	1				Belimo	LK/S 4.2	Linienkoppler zum Verbinden zweier KNX Linien	0.25W		
Vorschaltgerät					2	Tridonic	PCA 1x14/24 T5 ECO Ip	DALI Vorschaltgerät	0.2W		
Messung		1					ABB	EM/S 3.16.1	Energieaktor zur Leistung / Energie Messen	250mW	
			2				Saia	ALD1D5F10	1-Phasen Energiezähler, serieller Modbus, bis 32A	0.4W	
Relais			9				Finder	40-61	Steck-/Print-Relais mit 1 Wechsler, 16 A, (immer mit B&R DO9322)		
Sensoren	Präsenz	1					ABB	6122/01-84-500	Busch-Wächter: 180°, Helligkeit, Konstantlichtregelung	k.A.	
		1					ABB	6131/11-24-500	Dualline KLAR : 360°, Präsenzmelder, Konstantlichtregelung	10mA	
				1			Siemens	UP Tastsensor KNX RTR+2/4303 403 102	KNX, Präsenz-, Bewegungsmelder, Helligkeitsregler	ca. 10mA	
					1		Thermokon	187060	PIR, potentialfreier Ausgang, Speisung 24V, Deckeneinbau	24mA	
	Luftqualität				1		B.E.G	Luxomat-PD2-S-AP	Bewegungsmelder für Innenräume, Impulsausgabe 230VAC		
				1			ABB	LGS/A 1.1	Luftgütesensor CO2, Feuchte	12mA	
				1			Sensortec	RAQ-100-E	VOC-Mischgassensor, 0-10V Signal	45mA	
				1			Sensortec	RACT H 05	CO2 Messung mit NDIR Prinzip	9mA	
	Temperatur			1				Sensortec	RFE02 P-PT1000	Raumtemperaturfühler passiv mit Bedienelementen	k.A.
					1			ABB	6124/01-500	Raumtemperaturregler mit LCD Display, 4 Taster	k.A.
							Landis&Gyr	QAS 21	LG-Ni100	k.A.	
Lichtsensor				1			Servodan	43-197	0-10V Ausgang, 24VDC Speisung	kA.	
							Thermokon	LDF	0-10V Ausgang, 24VDC Speisung, Deckeneinbau	20mA	
Druck						Siemens	QBE63-DP 01	Druckdifferenzfühler, 0-10V Signal, Speisung 24V, 0-100mbar	35mA		
Wetter		1				ABB	WS/S 1.1 + WES/A2.1	Wetterstation mit Windgeschw., Regen, Helligkeit, Temperatur, Position (GPS)	3W		

Tabelle 22: Geräteliste GA-Racks

Typ	Antriebsart	Firma	Produkt	Grösse	Angaben gemäss Datenblatt			
					Anwendung	Stellkraft	Hub	Leistungsaufnahme
Linear	Thermisch	Siemens	STA73	Klein	Heizkörperv., Zonenv., Kombiv.,	k.A.	4.5mm	2.5W
		Siemens	STA63	Klein	Heizkörperv., Zonenv., Kombiv.,	k.A.	4.5mm	2.5W
		Sauter	AXM111S F202	Klein	Einheitsventile	125N	4.5mm	3W
	Motorisch	Belimo	LV24A-TPC	Mittelgross	2/3-Weg Hubventile	500N	15mm	1VA
		Belimo	LV24A-SR-TPC	Mittelgross	2/3-Weg Hubventile	500N	15mm	2VA
		Belimo	LV24A-MP-TPC	Mittelgross	2/3-Weg Hubventile, MP Bus	500N	15mm	4VA
		Siemens	SSA81	Klein	Heizkörperv., 24VAC, 3-Punkt	100N	2.5mm	0.8VA
		Siemens	SSA61	Klein	Heizkörperv., 24V, 0-10V	100N	2.5mm	2.5VA
		Hora	MC 15/24	Klein	Durchgangs- und Dreiwegenventile	150N	9mm	2.5VA
Rotierend	Motorisch	Sauter	AXM117S F202	Klein	Einheitsventile	120N	4mm	5VA
		Siemens	GDB181.1E/KN	Mittelgross	VAV-Kompaktregler	5Nm	90°	2.5W
		Belimo	LMV-D3-MP	Mittelgross	VAV-Kompaktregler	5Nm	95°	3W
		Belimo	CQ24A	Klein	Zonenventile	1Nm	k.A.	0.6VA

Tabelle 23: Geräteliste Antriebe

Die Auswertungen zur Leistungsaufnahme (Kapitel 5.1.5, Abbildung 16 und Abbildung 17) wurden separat nach der Spalte „Grösse“ vorgenommen.

10.3 Vergleich I/O-Module nach Anzahl I/O

In Spalte „P_max/IO“ der Tabelle 24 ist basierend auf Datenblattangaben die maximale Leistungsaufnahme des Moduls bezogen auf einen I/O Kanal berechnet. Bei allen Modultypen ist festzustellen, dass diese Leistung abnimmt mit der Anzahl Kanäle pro Modul. Die dunkelgrün gekennzeichneten Module waren Teil der Labormessungen.

Typ	Firma	Produkt	Beschreibung	Anz. I/O's	max. Leistungsaufnahme [W]	max. Stromaufnahme [mA]	P_max/IO [W]	I_max/IO [mA]
Digitale Eingänge	ABB	BE/S 4.20.1	4 potentialfreie Eingänge, gepulste Abfragespannung 32 V	4	0.20	10	0.05	2.5
	ABB	BE/S 8.20.1	8 potentialfreie Eingänge, gepulste Abfragespannung 32 V	8	0.25	12	0.03	1.5
	ABB	BE/S 4.20.2.1	4 potentialfreie Eingänge, gepulste Abfragespannung 35 V	4	0.13	6	0.03	1.5
	ABB	BE/S 4.20.2.1	8 potentialfreie Eingänge, gepulste Abfragespannung 35 V	8	0.15	7	0.02	0.9
	B&R	X20 D2371	2 digitale Eingänge 24VDC in 3-Leiter Technik	2	0.41	-	0.21	-
	B&R	X20 D4371	4 digitale Eingänge 24VDC in 3-Leiter Technik	4	0.73	-	0.18	-
	B&R	X20 D6371	6 digitale Eingänge 24VDC in 1 oder 2 Leiter Beschaltung	6	1.03	-	0.17	-
	B&R	X20 D18371	8 digitale Eingänge 24VDC in 1-Leiter Sink-Beschaltung	8	1.38	-	0.17	-
	B&R	X20 D19371	12 digitale Eingänge 24VDC in 1-Leiter Sink-Beschaltung	12	1.93	-	0.16	-
	Saia-Burgess Controls	PCD3.E111	8 digitale Eingänge, 15-30VDC, 1 Leiter Technik	8	-	12	-	1.5
	Saia-Burgess Controls	PCD3.E161	16 digitale Eingänge, 15-30VDC, 1 Leiter Technik	16	-	8	-	0.5
	Digitale Ausgänge	B&R	X20 D02322	2 digitale Ausgänge in 3-Leiterbeschaltung, 24VDC, I_n=0.5A	2	0.46	-	0.23
B&R		X20 D04322	4 digitale Ausgänge in 3-Leiterbeschaltung, 24VDC, I_n=0.5A	4	0.65	-	0.16	-
B&R		X20 D06322	6 digitale Ausgänge in 1 oder 2 Leiterbeschaltung, 24VDC, I_n=0.5A	6	0.89	-	0.15	-
B&R		X20 D08322	8 digitale Ausgänge in 1-Leiterbeschaltung, 24VDC, I_n=0.5A	8	1.06	-	0.13	-
B&R		X20 D09322	12 digitale Ausgänge in 1-Leiterbeschaltung, 24VDC, I_n=0.5A	12	1.41	-	0.12	-
Analoge Eingänge		B&R	X20 AI2622	2 analoge Eingänge, 0-10V oder 0-20mA	2	0.81	-	0.41
	B&R	X20 AI4622	4 analoge Eingänge, 0-10V oder 0-20mA	4	1.11	-	0.28	-
	B&R	X20 AT2222	2 Eingänge für Widerstandsmessung, PT100 oder PT1000	2	1.11	-	0.56	-
	B&R	X20 AT4222	4 Eingänge für Widerstandsmessung, PT100 oder PT1000	4	1.11	-	0.28	-
Analoge Ausgänge	ABB	AA/S 2.1	2 analoge Ausgänge, 0-10V oder 0-20mA	2	4VA	-	2VA	-
	ABB	AA/S 4.1	4 analoge Ausgänge, 0-10V oder 0-20mA	4	0.15	320	0.04	80.0
	ABB	AA/S 4.1 + AAM/S 4.1	8 analoge Ausgänge, 0-10V oder 0-20mA	8	-	446	-	55.8
	B&R	X20 AO2622	2 analoge Ausgänge, ±10V oder 0-20mA	2	1.11	-	0.56	-
B&R	X20 AO4622	4 analoge Ausgänge, ±10V oder 0-20mA	4	2.21	-	0.55	-	
potentialfreie Kontakte	ABB	ES/S 4.1.2.1	4 Halbleiterausgänge für Ventiltriebe, 24...230 V AC/DC, I_n=1A	4	0.25	12	0.06	3.0
	ABB	ES/S 8.1.2.1	8 Halbleiterausgänge für Ventiltriebe, 24...230 V AC/DC, I_n=1A	8	0.25	12	0.03	1.5
	ABB	SA/S 2.10.2.1	2 potentialfreie Kontakte bis 10A/230V	2	0.25	12	0.13	6.0
	ABB	SA/S 4.10.2.1	4 potentialfreie Kontakte bis 10A/230V	4	0.25	12	0.06	3.0
	ABB	SA/S 8.10.2.1	8 potentialfreie Kontakte bis 10A/230V	8	0.25	12	0.03	1.5
	ABB	SA/S 16.10.2.1	16 potentialfreie Kontakte bis 10A/230V	16	0.25	12	0.02	0.8
	ABB	JRA/S 2.230.5.1	2-fach Jalousieaktor für 230VAC	2	0.25	12	0.13	6.0
	ABB	JRA/S 4.230.5.1	4-fach Jalousieaktor für 230VAC	4	0.25	12	0.06	3.0
	ABB	JRA/S 8.230.5.1	8-fach Jalousieaktor für 230VAC	8	0.25	12	0.03	1.5
	Saia-Burgess Controls	PCD3.A200	4 Relaiskontakte für bis 2A/250VAC	4	-	15	-	3.8
	Saia-Burgess Controls	PCD3.A220	6 Relaiskontakte für bis 2A/250VAC	6	-	20	-	3.3
	Kombi-Module	ABB	SD/S 2.16.1	Schalt/Dimm Aktor, 2x 0-10V, 2x frei (16A/230V)	2	0.25	8.5	0.13
ABB		SD/S 4.16.1	Schalt/Dimm Aktor, 4x 0-10V, 4x frei (16A/230V)	4	0.25	9	0.06	2.3
ABB		SD/S 8.16.1	Schalt/Dimm Aktor, 8x 0-10V, 8x frei (16A/230V)	8	0.25	9.5	0.03	1.2
ABB		US/U 2.2	2fach, pot.Freie Abfrage (20V), Ausgang: 5VDC, 2mA für LED	2	-	10	-	5.0
ABB		US/U 4.2	4fach, pot.Freie Abfrage (20V), Ausgang: 5VDC, 2mA für LED	4	-	10	-	2.5
ABB		US/U 12.2	4fach, pot.Freie Abfrage (20V), Ausgang: 5VDC, 2mA für LED	12	-	10	-	0.8

Tabelle 24: Maximale Leistungsaufnahme pro I/O-Kanal (Auswertung basierend auf Datenblattangaben)

10.4 Elektroschemas Beleuchtung

In Kapitel 5.2.7 wurden Abschätzungen zum EEV der Beleuchtung gemacht. Nachfolgend sind die zugehörigen Elektroschemas gezeigt:

- 5 Varianten für System „konventionell“ (Anhang 10.4.1, Abbildung 39)
- 10 Varianten für System „KNX“ (Anhang 10.4.2, Abbildung 40)
- 10 Varianten für System „AS“ (Anhang 10.4.3, Abbildung 41)

Die Varianten sind beschrieben in Kapitel 5.2.7, Tabelle 11.

10.4.1 System „konventionell“

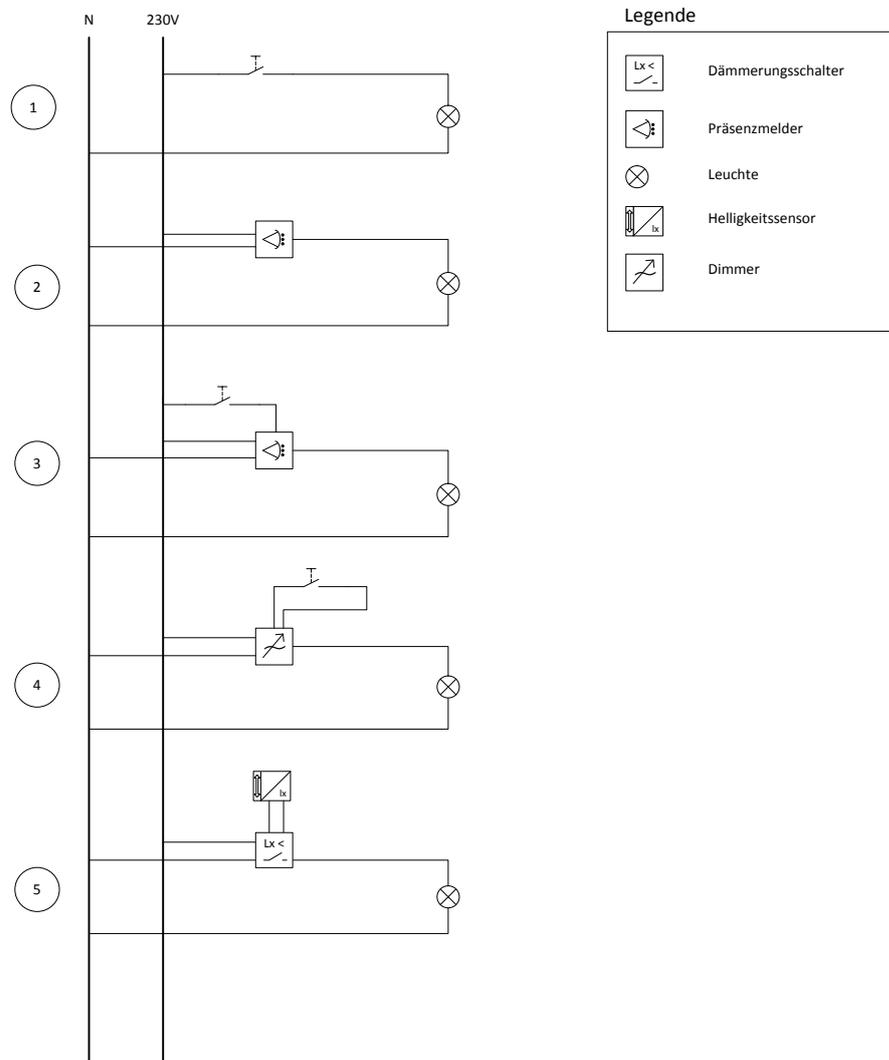


Abbildung 39: Elektroschemas für die Beleuchtungsautomation mittels eines Systems „konventionell“

10.4.2 System „KNX“

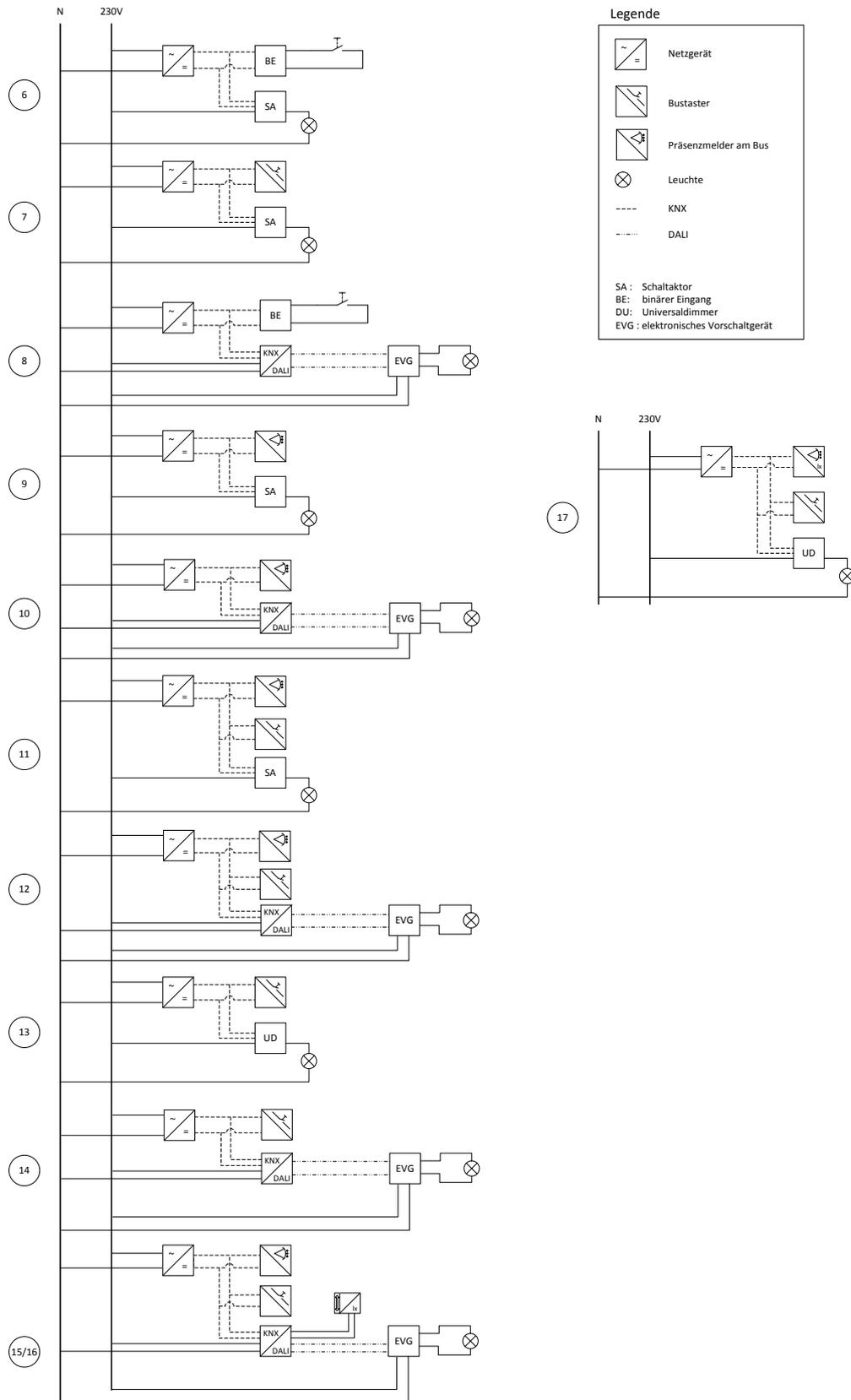


Abbildung 40: Elektroschemas für die Beleuchtungsautomation mittels eines KNX-Systems

10.4.3 System „AS“

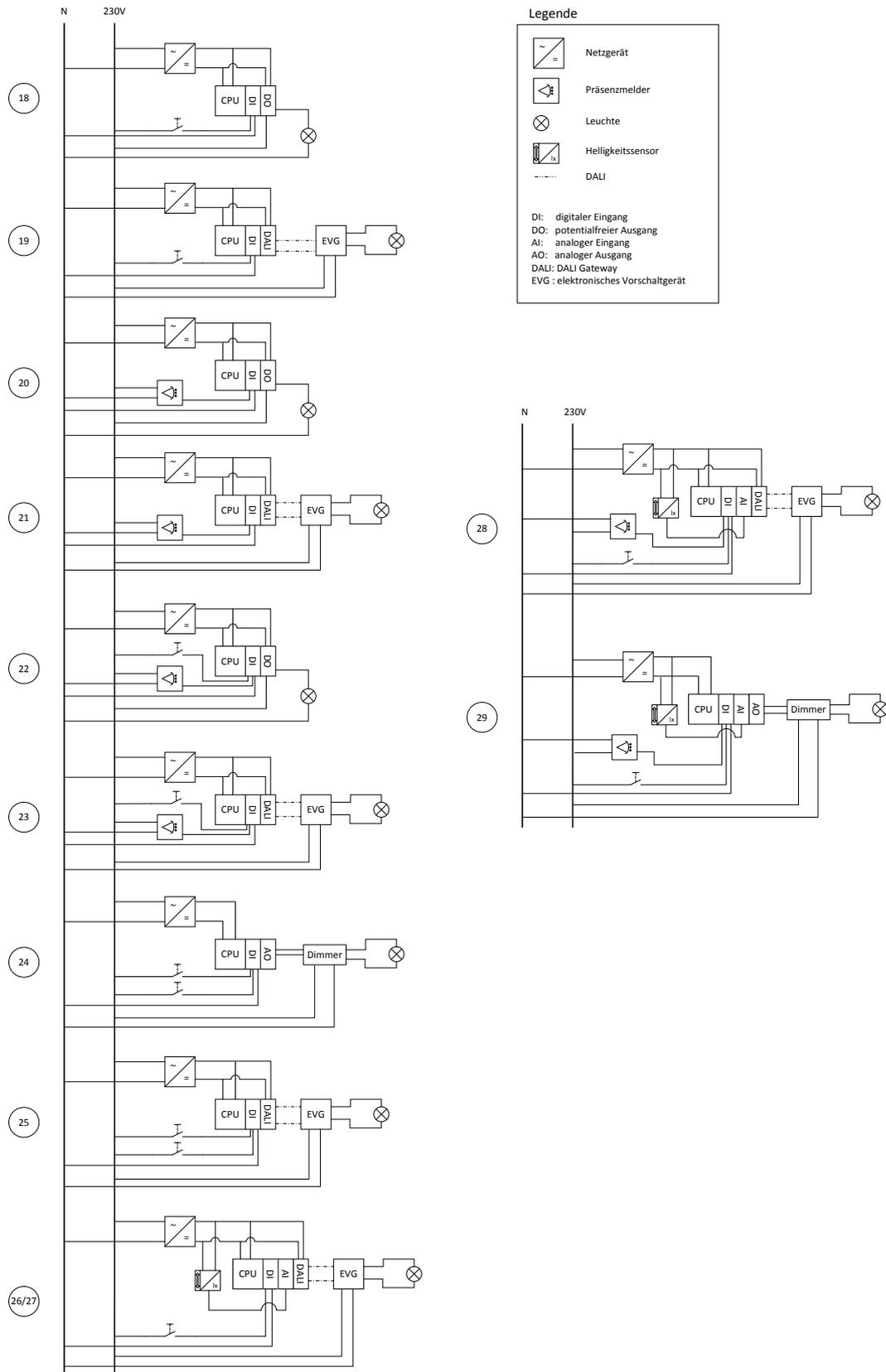


Abbildung 41: Elektroschemas für die Beleuchtungsautomation mittels eines AS-Systems

10.5 Stellzyklen

In [12] wurden mittels Simulation die Anzahl der Stellzyklen simuliert, wobei eine ideale Regelung angenommen wurde. Die resultierenden idealen Stellzyklen sind gezeigt in Tabelle 25, die geschätzten zusätzlichen Stellzyklen durch Nicht-Idealitäten und Benutzerbefehle in Tabelle 26. Weitergehende Angaben finden sich in Kapitel 5.4.1.

Referenzwerte 2 Wochenendtage, Belegung 12h, OnOff: TiCycleOn 30min, TiCycleOff50 60min															
Regelkreis															
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		
Heizen	Stellzyklen Stetig	28	25	17	7	2	0	0	0	0	6	22	28	136	
	Position Float [h]	152	138	36	21	5	0	0	0	0	21	38	190	599	6.8
	Position Max [h]	68	68	25	3	0	0	0	0	0	3	40	80	286	3.3
	Position Off [h]	525	466	684	698	738	720	744	744	720	721	642	474	7875	89.9
	Stellzyklen OnOff	62	49	23	15	4	0	0	0	0	14	27	66	260	
	Position Max [h]	85	80	30	9	2	0	0	0	0	9	43	98	355	4.0
	Position Off [h]	660	592	684	699	738	720	744	744	720	728	668	645	8342	95.2
Kühlen	Stellzyklen Stetig	0	0	7	12	14	25	22	21	21	8	0	0	131	
	Position Float [h]	0	0	78	132	181	200	250	259	182	104	3	0	1387	15.8
	Position Max [h]	0	0	0	0	0	33	2	2	0	0	0	0	36	0.4
	Position Off [h]	745	672	666	589	562	488	493	484	538	640	717	743	7337	83.8
	Stellzyklen OnOff	0	0	27	47	63	109	105	110	78	32	2	0	573	
	Position Max [h]	0	0	13	24	31	75	51	55	38	16	1	0	303	3.5
	Position Off [h]	745	672	672	590	663	645	693	689	682	641	718	743	8151	93.1
Lüften	Stellzyklen Stetig	11	10	11	10	11	10	11	11	10	11	10	11	124	
	Position Float [h]	115	104	115	104	115	104	115	115	104	115	104	115	1322	15.1
	Position Max [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	Position Off [h]	630	616	630	616	630	616	630	630	616	630	616	630	7487	85.5
	Stellzyklen OnOff	44	40	44	40	44	40	44	44	40	44	40	44	508	
	Position Max [h]	22	20	22	20	22	20	22	22	20	22	20	22	254	2.9
	Position Off [h]	722	700	722	700	722	700	722	722	700	722	700	722	8554	97.6
Referenzwerte 1 Wochenendtag, Belegung 12h, OnOff: TiCycleOn 30min, TiCycleOff50 60min															
Regelkreis															
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		
Heizen	Stellzyklen Stetig	32	28	17	7	1	0	0	0	0	5	24	34	149	
	Position Float [h]	118	104	36	22	3	0	0	0	0	20	46	174	522	6.0
	Position Max [h]	70	71	22	2	0	0	0	0	0	2	27	84	277	3.2
	Position Off [h]	556	498	687	698	740	720	744	744	720	723	648	485	7961	90.9
	Stellzyklen OnOff	55	42	26	17	3	0	0	0	0	13	27	62	245	
	Position Max [h]	84	78	28	8	1	0	0	0	0	7	33	101	341	3.9
	Position Off [h]	661	594	687	699	740	720	744	744	720	731	675	642	8358	95.4
Kühlen	Stellzyklen Stetig	0	0	11	15	17	32	24	24	27	10	1	0	161	
	Position Float [h]	0	0	112	161	210	256	293	297	229	130	12	0	1700	19.4
	Position Max [h]	0	0	0	0	0	28	0	2	0	0	0	0	30	0.3
	Position Off [h]	745	672	632	560	533	436	451	445	491	614	709	743	7030	80.2
	Stellzyklen OnOff	0	0	40	56	76	141	119	125	99	39	2	0	697	
	Position Max [h]	0	0	20	28	37	84	58	62	48	20	1	0	356	4.1
	Position Off [h]	745	672	644	560	649	637	687	683	672	614	709	743	8014	91.5
Lüften	Stellzyklen Stetig	13	12	13	12	13	12	13	13	12	13	12	13	154	
	Position Float [h]	141	130	141	130	141	130	141	141	130	141	130	141	1637	18.7
	Position Max [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	Position Off [h]	603	590	603	590	603	590	603	603	590	603	590	603	7172	81.9
	Stellzyklen OnOff	54	50	54	50	54	50	54	54	50	54	50	54	628	
	Position Max [h]	27	25	27	25	27	25	27	27	25	27	25	27	314	3.6
	Position Off [h]	717	695	717	695	717	695	717	717	695	717	695	717	8494	97.0
Sonnenschutzzyklen															
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
	Süd	18	17	25	28	28	23	26	26	19	19	12	11	252	
	Ost	9	10	17	20	25	25	27	22	15	11	7	6	194	
	Nord	0	0	0	0	12	18	12	1	0	0	0	0	43	
	West	11	10	17	26	24	25	24	23	16	15	9	9	209	

Tabelle 25: Stellzyklen; oben & Mitte: HLK, Gebäude unbelegt am Wochenende bzw. unbelegt am Sonntag; unten: Sonnenschutz

	Regelung	Stör-Zyklen pro 24 h Position Float		Benutzer-Zyklen pro Tag	
Heizen	Stetig (PI) high end	1	Sonnenschutz	Süd	2
	Stetig (PI) low cost	3		Ost	2
	OnOff Zyklus *	30/60 Minuten		Nord	1
			West	2	
Kühlen	Stetig (PI) high end	1			
	Stetig (PI) low cost	3			
	OnOff Zyklus *	30/60 Minuten			
Lüften (Luftqualität)	Stetig (PI) high end	1			
	Stetig (PI) low cost	3			
	OnOff Zyklus *	30/60 Minuten			

* 30 Minuten eingeschaltet, 60 Minuten ausschaltet bei 50% Last

Tabelle 26: Zusätzliche Stellzyklen durch Nicht-Idealitäten (links) und Benutzerbefehle (rechts)

10.6 Objektanalysen Raumautomation: Eingaben und Ergebnisse

Die Größen der nachfolgenden Tabellen sind in Kapitel 5.3.4 erklärt. In Abweichung zur Terminologie (Kapitel 3.1) ist in den nachfolgenden Tabellen der Eigenenergieverbrauch als mittlere Jahresleistung [W] ausgewiesen.

Die Größe „Wirkungsgrad“ ist in der Eingabe- und der Ergebnistabelle unterschiedlich definiert. In der Eingabetabelle handelt es sich um die übliche Definition des auf die Nominalleistung bezogenen Wirkungsgrades. Demgegenüber bezieht sich die Angabe in der Ergebnistabelle auf einen berechneten Hilfs-Wirkungsgrad (Wirkungsgrad bezüglich des leistungsabhängigen Teils der elektrischen Leistungsaufnahme). Dieser Hilfs-Wirkungsgrad wird vom Tool für die Berechnung der leistungsabhängigen Verluste verwendet.

10.6.1 Objekt 1

Obj_1_Eingaben			Hauptspeisung						Signal					
Fläche [m ²] 416														
Komponente	Komponentenart	Anzahl	Speisung	EEV-voff [W]	EEV-onfix [W]	Anteil-on	Nominalleistung [W]	Wirkungsgrad	Speisung	EEV-voff [W]	EEV-onfix [W]	Anteil-on		
T1_Steuertransformator 230V/24VAC	Speisungen	1.00	230V Speisung	0.00	12.40	1.0000	250.00	0.89						
T2_Spannungsversorgung	Speisungen	4.00	230V Speisung	0.00	2.40	1.0000	15.00	0.72						
A1_Raumautomationsstation	Controller	4.00	T1_Steuertransformator 230V/24VAC	0.00	4.10	1.0000								
A01_Speisungsmodul	Energietransfer	4.00	T1_Steuertransformator 230V/24VAC	0.00	0.40	1.0000	30.00	0.75						
A02_Jalousien-Modul	I/O	13.00	A01_Speisungsmodul	0.00	0.60	1.0000								
A03_Triac-Modul	I/O	4.00	A01_Speisungsmodul	0.00	0.24	1.0000	1.00	0.75						
A04_Digitaleingangs-Modul	I/O	4.00	A01_Speisungsmodul	0.00	0.60	1.0000	1.40	0.70						
A05_Messwertmodul	I/O	1.00	A01_Speisungsmodul	0.00	0.84	1.0000	1.50	0.60						
M1_Jalousiemotor	Antrieb Storen	25.00	230V Speisung	0.00	115.00	0.0030			A02_Jalousien-Modul	0.00	0.19	0.0030		
Y1_Heizventil_Stellantrieb thermisch	Antrieb Ventil	12.00	A03_Triac-Modul	0.00	2.70	0.1500								
Y2_Kühlventil_Stellantrieb thermisch	Antrieb Ventil	12.00	A03_Triac-Modul	0.00	2.70	0.0900								
S1_Jalousie-Taster	Bedienung	16.00	A04_Digitaleingangs-Modul	0.00	0.04	0.0001								
S2_Beleuchtung-Taster	Bedienung	12.00	A04_Digitaleingangs-Modul	0.00	0.04	0.0001								
F1_Kondensationswächter	Sensor Kondensation	12.00	T1_Steuertransformator 230V/24VAC	0.00	0.10	1.0000								
B3_Aussenhelligkeit	Sensor Helligkeit	1.00	A05_Messwertmodul	0.00	0.15	1.0000								
B4_Sonnenstrahlung	Sensor Strahlung	0.00	A05_Messwertmodul	0.00	1.00	1.0000								
P1_Raumbediengerät	Bedienung	12.00	T2_Spannungsversorgung	0.00	0.30	1.0000								
B1_Raumfühler	Sensor Temperatur	12.00	T2_Spannungsversorgung	0.00	0.36	1.0000								
B2_Präsenzmelder	Sensor Präsenz	12.00	T2_Spannungsversorgung	0.00	0.24	1.0000								
Y3_VAV-Kompaktregler	Antrieb Klappen	24.00	T1_Steuertransformator 230V/24VAC	0.50	2.50	0.0040			T2_Spannungsversorgung	0.00	0.15	1.0000		
L1_Stehleuchte	Vorschaltgerät	21.00	230V Speisung	0.00	0.00	0.2600			A1_Raumautomationsstation	0.00	0.03	1.0000		
L2_LED-Bänder-Kernzone	Vorschaltgerät	48.00	230V Speisung	0.00	0.00	0.2600			A1_Raumautomationsstation	0.00	0.03	1.0000		
Server	Systemgeräte	0.21	230V Speisung	0.00	80.00	1.0000								

Tabelle 27: Eingabedaten zur Speisung und Topologie

1	2	3	4
T1_Steuertransformator 230V/24VAC	A01_Speisungsmodul	L1_Stehleuchte (Signal)	
		L2_LED-Bänder-Kernzone (Signal)	
		A02_Jalousien-Modul	M1_Jalousiemotor (Signal)
		A03_Triac-Modul	Y1_Heizventil_Stellantrieb thermisch
			Y2_Kühlventil_Stellantrieb thermisch
		A04_Digitaleingangs-Modul	S1_Jalousie-Taster
			S2_Beleuchtung-Taster
		A05_Messwertmodul	B3_Aussenhelligkeit
			B4_Sonnenstrahlung
			F1_Kondensationswächter
T2_Spannungsversorgung	Y3_VAV-Kompaktregler		
	P1_Raumbediengerät		
	B1_Raumfühler		
	B2_Präsenzmelder		
	Y3_VAV-Kompaktregler (Signal)		
M1_Jalousiemotor			
L1_Stehleuchte			
L2_LED-Bänder-Kernzone			
Server			

Abbildung 42: Topologie in Baum-Darstellung, links: oberste Ebene (Ebene 1), gespeisen mit 230 V AC

Obj_1_Eingaben	Zuordnung							
	Eingegebene Werte [-]				Verwendete Werte (automatisch) [-]			
	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung
Komponente								
T1_Steuertransformator 230V/24VAC	0.25	0.25	0.25	0.25	0.31334	0.27664	0.11122	0.29881
T2_Spannungsversorgung	0.33	0.33	0.34		0.50000	0.36667	0.13333	0.00000
A1_Raumautomationsstation	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
A01_Speisungsmodul	0.33		0.33	0.34	0.45748	0.00000	0.07406	0.46846
A02_Jalousie-Modul				1.00				1.00000
A03_Triac-Modul	1.00				1.00000	0.00000	0.00000	0.00000
A04_Digitaleingangs-Modul	0.33		0.33	0.34	0.00000	0.00000	0.42857	0.57143
A05_Messwertmodul			0.50	0.50	0.00000	0.00000	0.50000	0.50000
M1_Jalousiemotor				1.00				1.00000
Y1_Heizventil_Stellantrieb thermisch	1.00				1.00000			
Y2_Kühlventil_Stellantrieb thermisch	1.00				1.00000			
S1_Jalousie-Taster				1.00				1.00000
S2_Beleuchtung-Taster			1.00				1.00000	
F1_Kondensationswächter	1.00				1.00000			
B3_Aussenhelligkeit			0.50	0.50			0.50000	0.50000
B4_Sonnenstrahlung			0.50	0.50			0.50000	0.50000
P1_Raumbediengerät	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
B1_Raumfühler	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
B2_Präsenzmelder	0.50		0.50		0.50000		0.50000	
Y3_VAV-Kompaktregler		1.00				1.00000		
L1_Stehleuchte			1.00				1.00000	
L2_LED-Bänder-Kernzone			1.00				1.00000	
Server	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000

Tabelle 28: Gewerks-Zuordnung

Obj_1_Ergebnisse		
Zusammenfassung - 'Stammbaumköpfe'		
	Input (Durchschnitt) [W]	Auslastung [%]
230V Speisungen		
T1_Steuertransformator 230V/24VAC	77.66	24.30
T2_Spannungsversorgung	27.30	24.00
M1_Jalousiemotor	8.63	
L1_Stehleuchte	0.00	
L2_LED-Bänder-Kernzone	0.00	
Server	17.20	
Gesamtenergiebedarf Gebäudeautomat	130.78	

Tabelle 29: Auslastung der Speisungen

Obj_1_Ergebnisse	Summe [W]			Hauptspeisung										Signal					
	Anzahl	130.78	125.09	5.68	[W]; [-] bei Wirkungsgrad										[W]				
		EEV gesamt, alle Geräte [W]	EEV Hauptspeisung, alle Geräte [W]	EEV Signal, alle Geräte [W]	EEV total (Durchschnitt)	EEV-Fix (Durchschnitt)	EEV-on-Fix	EEV-off	EEV-on-var (Durchschnitt)	Nominalleistung	Wirkungsgrad	Input (Durchschnitt)	Output (Durchschnitt)	EEV total (Durchschnitt)	EEV-Fix (Durchschnitt)	EEV-on-Fix	EEV-off	Input (Durchschnitt)	
T1_Steuertransformator 230V/24VAC	1	16.90	16.90		16.90	12.40	12.40	0.00	4.50	250.00	0.931	77.66	60.76						
T2_Spannungsversorgung	4	12.90	12.90		3.22	2.40	2.40	0.00	0.82	15.00	0.814	6.82	3.60						
A1_Raumautomationsstation	4	16.40	16.40		4.10	4.10	4.10	0.00				4.62	0.52						
A01_Speisungsmodul	4	8.22	8.22		2.05	0.40	0.40	0.00	1.65	30.00	0.758	7.23	5.17						
A02_Jalousie-Modul	13	7.80	7.80		0.60	0.60	0.60	0.00				0.60	0.00						
A03_Triac-Modul	4	1.69	1.69		0.42	0.24	0.24	0.00	0.18	1.00	0.915	2.37	1.94						
A04_Digitaleingangs-Modul	4	2.40	2.40		0.60	0.60	0.60	0.00	0.00	1.40	1.000	0.60	0.00						
A05_Messwertmodul	1	0.86	0.86		0.86	0.84	0.84	0.00	0.02	1.50	0.904	1.01	0.15						
M1_Jalousiemotor	25	8.64	8.63	0.01	0.35	0.35	115.00	0.00				0.35	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	
Y1_Heizventil_Stellantrieb thermisch	12	4.86	4.86		0.41	0.41	2.70	0.00				0.41	0.00						
Y2_Kühlventil_Stellantrieb thermisch	12	2.92	2.92		0.24	0.24	2.70	0.00				0.24	0.00						
S1_Jalousie-Taster	16	0.00	0.00		0.00	0.00	0.04	0.00				0.00	0.00						
S2_Beleuchtung-Taster	12	0.00	0.00		0.00	0.00	0.04	0.00				0.00	0.00						
F1_Kondensationswächter	12	1.20	1.20		0.10	0.10	0.10	0.00				0.10	0.00						
B3_Aussenhelligkeit	1	0.15	0.15		0.15	0.15	0.15	0.00				0.15	0.00						
B4_Sonnenstrahlung	0	0.00	0.00		1.00	1.00	1.00	0.00				1.00	0.00						
P1_Raumbediengerät	12	3.60	3.60		0.30	0.30	0.30	0.00				0.30	0.00						
B1_Raumfühler	12	4.32	4.32		0.36	0.36	0.36	0.00				0.36	0.00						
B2_Präsenzmelder	12	2.88	2.88		0.24	0.24	0.24	0.00				0.24	0.00						
Y3_VAV-Kompaktregler	24	15.79	12.19	3.60	0.51	0.51	2.50	0.50				0.51	0.00	0.15	0.15	0.15	0.00	0.15	
L1_Stehleuchte	21	0.63	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00	0.00	0.03	0.03	0.03	0.00	0.03	
L2_LED-Bänder-Kernzone	48	1.44	0.00	1.44	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00	0.00	0.03	0.03	0.03	0.00	0.03	
Server	0	17.20	17.20		80.00	80.00	80.00	0.00				80.00	0.00						

Tabelle 30: Ergebnisse pro Komponente

Obj_1_Ergebnisse	EEV [W]							Speisungen	Summe
	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Teilsomme	Summe			
Komponentenart									
Antrieb Klappen	0.00	15.79	0.00	0.00	15.79		6.61	22.41	
Antrieb Storen	0.00	0.00	0.00	8.64	8.64			8.64	
Antrieb Ventil	7.78	0.00	0.00	0.00	7.78			7.78	
Bedienung	1.80	1.80	0.00	0.00	3.60	3.22		6.82	
Controller	4.10	4.10	4.10	4.10	16.40	5.14		21.54	
Energietransfer	3.76	0.00	0.61	3.85	8.22	8.04		16.25	
I/O	1.69	0.00	1.46	9.60	12.74			12.74	
Sensor Helligkeit	0.00	0.00	0.08	0.08	0.15			0.15	
Sensor Kondensation	1.20	0.00	0.00	0.00	1.20	0.33		1.53	
Sensor Präsenz	1.44	0.00	1.44	0.00	2.88	2.58		5.46	
Sensor Strahlung	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00	
Sensor Temperatur	2.16	2.16	0.00	0.00	4.32	3.87		8.19	
Vorschaltgerät	0.00	0.00	2.07	0.00	2.07			2.07	
Systemgeräte	4.30	4.30	4.30	4.30	17.20			17.20	
Teilsomme	28.22	28.15	14.05	30.56	100.99	29.79		130.78	
Speisungen	11.74	9.40	3.60	5.05	29.79				
Summe	39.96	37.55	17.65	35.61	130.78				

Tabelle 31: Ergebnisse pro Gewerk und Kategorie

10.6.2 Objekt 2

Anmerkung: Gleiche Komponenten sind in dieser Analyse mehrfach aufgeführt. Der Grund dafür ist, dass die Analyse für zwei, sich räumlich unterscheidende Stockwerke durchgeführt wurde. Diese zwei Stockwerk-Analysen wurden schliesslich in einem Analysefile zusammengeführt.

Obj_2_Eingaben			Hauptspeisung						Signal				
Fläche [m ²] 120000													
Komponente	Komponentenart	Anzahl	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fix [W]	Anteil-on	Nominalleistung [W]	Wirkungsgrad	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fix [W]	Anteil-on	
Netzgerät 230V/24VDC	Speisungen	840.00	230V Speisung	0.00	20.00	1.0000	400.00	0.85					
Compact CPU	Controller	840.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.00	3.00	1.0000							
Busmodul	Energietransfer	#####	Netzgerät 230V/24VDC	0.00	0.13	1.0000							
Temperatur Eingangsmodul	I/O	840.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.01	1.10	1.0000	5.00	0.80					
Analog Input	I/O	840.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.01	0.80	1.0000			Helligkeitssensor	0.00	0.10	1.0000	
Analog Output 1	I/O	840.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.01	1.50	1.0000							
Analog Output 2	I/O	840.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.01	1.50	1.0000							
Analog Output 3	I/O	840.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.01	1.50	1.0000							
Digital Input 1	I/O	840.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.18	1.75	1.0000			Präsenzmelder	0.00	0.10	1.0000	
Digital Input 2	I/O	840.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.18	1.75	1.0000							
Digital Input 3	I/O	840.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.18	1.75	1.0000							
Digital Ouput 1	I/O	840.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.26	1.15	1.0000							
Digital Ouput 2	I/O	840.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.26	1.15	1.0000							
Digital Ouput 3	I/O	840.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.26	1.15	1.0000	12.00	0.91					
Digital Ouput 4	I/O	840.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.26	1.15	1.0000	12.00	0.91					
Relais	Relais	#####	Netzgerät 230V/24VDC	0.00	0.60	0.2600							
Präsenzmelder	Sensor Präsenz	1680.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.00	0.50	1.0000							
Helligkeitssensor	Sensor Helligkeit	1680.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.00	0.48	1.0000							
Schaltbare Steckdose	Relais	1680.00	230V Speisung	0.00	0.48	0.2600			Digital Ouput 1	0.00	0.10	0.2600	
EVG_Leuchte A	Vorschaltgerät	3360.00	230V Speisung	0.30	0.30	0.2600			Analog Output 1	0.00	0.10	0.2600	
EVG_Leuchte I	Vorschaltgerät	3360.00	230V Speisung	0.30	0.30	0.2600			Analog Output 2	0.00	0.10	0.2600	
Jalousiemotor	Antrieb Store	3360.00	230V Speisung	0.00	108.00	0.0030			Digital Ouput 2	0.00	0.10	0.0030	
Fenstersteuerung	Steuerung dezentral	1680.00	230V Speisung	0.00	1.92	1.0000			Digital Ouput 2	0.00	0.10	1.0000	
Fenstermotor	Antrieb Fenster	1680.00	230V Speisung	0.00	140.00	0.0040			Fenstersteuerung	0.00	0.10	1.0000	
Raumtemperaturfühler	Sensor Temperatur	1680.00	Temperatur Eingangsmodul	0.00	0.50	1.0000							
Regelventil	Antrieb Ventil	3360.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.63	0.60	0.0020			Analog Output 3	0.00	0.10	0.0020	
Ventil	Antrieb Ventil	3360.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.63	0.60	0.0020			Digital Ouput 3	0.00	0.10	0.0020	
Taster Jalousie	Bedienung	1680.00	Digital Ouput 3	0.00	1.92	0.0030							
Taster Jalousie/Fenster	Bedienung	1680.00	Digital Ouput 3	0.00	1.92	0.0040							
Raumbediengerät	Bedienung	1680.00	Digital Ouput 4	0.00	1.92	1.0000							
Netzgerät 230V/24VDC (KL)	Speisungen	120.00	230V Speisung	0.00	20.00	1.0000	400.00	0.85					
Compact CPU (KL)	Controller	120.00	Netzgerät 230V/24VDC (KL)	0.00	9.00	1.0000							
Busmodul (KL)	Energietransfer	960.00	Netzgerät 230V/24VDC (KL)	0.00	0.13	1.0000							
Temperatur Eingangsmodul (KL)	I/O	120.00	Netzgerät 230V/24VDC (KL)	0.01	1.10	1.0000	5.00	0.80					
Analog Input (KL)	I/O	120.00	Netzgerät 230V/24VDC (KL)	0.01	0.80	1.0000			Helligkeitssensor (KL)	0.00	0.10	1.0000	
Analog Output 1 (KL)	I/O	120.00	Netzgerät 230V/24VDC (KL)	0.01	1.50	1.0000							
Analog Output 2 (KL)	I/O	120.00	Netzgerät 230V/24VDC (KL)	0.01	1.50	1.0000							
Digital Input 1 (KL)	I/O	120.00	Netzgerät 230V/24VDC (KL)	0.18	1.75	1.0000			Präsenzmelder (KL)	0.00	0.10	1.0000	
Digital Input 2 (KL)	I/O	120.00	Netzgerät 230V/24VDC (KL)	0.18	1.75	1.0000							
Digital Output 1 (KL)	I/O	120.00	Netzgerät 230V/24VDC (KL)	0.26	1.15	1.0000							
Digital Output 2 (KL)	I/O	120.00	Netzgerät 230V/24VDC (KL)	0.26	1.15	1.0000	12.00	0.91					
Relais (KL)	Relais	1440.00	Netzgerät 230V/24VDC (KL)	0.00	0.60	0.2600							
Präsenzmelder (KL)	Sensor Präsenz	240.00	Netzgerät 230V/24VDC (KL)	0.00	0.50	1.0000							
Helligkeitssensor (KL)	Sensor Helligkeit	240.00	Netzgerät 230V/24VDC (KL)	0.00	0.48	1.0000							
Schaltbare Steckdose (KL)	Relais	240.00	230V Speisung	0.00	0.48	0.2600			Digital Output 1 (KL)	0.00	0.10	0.2600	
Leuchte A (KL)	Vorschaltgerät	120.00	230V Speisung	0.30	0.30	0.2600			Analog Output 1 (KL)	0.00	0.10	0.2600	
Leuchte I (KL)	Vorschaltgerät	120.00	230V Speisung	0.30	0.30	0.2600			Analog Output 1 (KL)	0.00	0.10	0.2600	
Jalousiemotor (KL)	Antrieb Store	240.00	230V Speisung	0.00	108.00	0.0030			Digital Output 1 (KL)	0.00	0.10	0.0030	
Regelventil (KL)	Antrieb Ventil	480.00	Netzgerät 230V/24VDC (KL)	0.63	0.60	0.0020			Analog Output 2 (KL)	0.00	0.10	0.0020	
Ventil (KL)	Antrieb Ventil	480.00	Netzgerät 230V/24VDC (KL)	0.63	0.60	0.0020			Digital Output 1 (KL)	0.00	0.10	0.0020	
Taster Jalousie (KL)	Bedienung	240.00	Digital Output 2 (KL)	0.00	1.92	0.0030							
Raumbediengerät (KL)	Bedienung	240.00	Temperatur Eingangsmodul (KL)	0.00	1.92	1.0000							
Server	Systemgeräte	1.00	230V Speisung	0.00	80.00	1.0000							

Tabelle 32: Eingabedaten zur Speisung und Topologie

1	2	3
Netzgerät 230V/24VDC	Compact CPU	
	Busmodul	
	Temperatur Eingangsmodul	Raumtemperaturfühler
	Analog Input	
	Analog Output 1	EVG_Leuchte A (Signal)
	Analog Output 2	EVG_Leuchte I (Signal)
	Analog Output 3	Regelventil (Signal)
	Digital Input 1	
	Digital Input 2	
	Digital Input 3	
	Digital Ouput 1	Schaltbare Steckdose (Signal)
	Digital Ouput 2	Fenstersteuerung (Signal)
		Jalousiemotor (Signal)
		Ventil (Signal)
	Digital Ouput 3	Taster Jalousie
		Taster Jalousie/Fenster
	Digital Ouput 4	Raumbdiengerät
	Relais	
	Präsenzmelder	Digital Input 1 (Signal)
	Helligkeitssensor	Analog Input (Signal)
Regelventil		
Ventil		
Schaltbare Steckdose		
EVG_Leuchte A		
EVG_Leuchte I		
Jalousiemotor		
Fenstersteuerung	Fenstermotor (Signal)	
Fenstermotor		
Netzgerät 230V/24VDC (KL)	Compact CPU (KL)	
	Busmodul (KL)	
	Temperatur Eingangsmodul (KL)	Raumbdiengerät (KL)
	Analog Input (KL)	
	Analog Output 1 (KL)	Leuchte I (KL) (Signal)
		Leuchte A (KL) (Signal)
	Analog Output 2 (KL)	Regelventil (KL) (Signal)
	Digital Input 1 (KL)	
	Digital Input 2 (KL)	
	Digital Output 1 (KL)	Schaltbare Steckdose (KL) (Signal)
		Ventil (KL) (Signal)
		Jalousiemotor (KL) (Signal)
	Digital Output 2 (KL)	Taster Jalousie (KL)
	Relais (KL)	
	Präsenzmelder (KL)	Digital Input 1 (KL) (Signal)
Helligkeitssensor (KL)	Analog Input (KL) (Signal)	
Regelventil (KL)		
Ventil (KL)		
Schaltbare Steckdose (KL)		
Leuchte A (KL)		
Leuchte I (KL)		
Jalousiemotor (KL)		
Server		

Abbildung 43: Topologie in Baum-Darstellung, links: oberste Ebene (Ebene 1), gespeisen mit 230 V AC

Obj_2_Eingaben	Zuordnung							
	Eingegebene Werte [-]				Verwendete Werte (automatisch) [-]			
	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung
Komponente								
Netzgerät 230V/24VDC	0.25	0.25	0.25	0.25	0.36093	0.15347	0.26199	0.22361
Compact CPU	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Busmodul	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Temperatur Eingangsmodul	1.00				1.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Analog Input			0.50	0.50			0.50000	0.50000
Analog Output 1			1.00				1.00000	
Analog Output 2			1.00				1.00000	
Analog Output 3	1.00				1.00000			
Digital Input 1				1.00				1.00000
Digital Input 2	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Digital Input 3		0.50		0.50		0.50000		0.50000
Digital Output 1			1.00				1.00000	
Digital Output 2				1.00				1.00000
Digital Output 3	1.00				0.46512	0.46512	0.00000	0.06977
Digital Output 4	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Relais	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Präsenzmelder			1.00				1.00000	
Helligkeitssensor			0.50	0.50			0.50000	0.50000
Schaltbare Steckdose			1.00				1.00000	
EVG_Leuchte A			1.00				1.00000	
EVG_Leuchte I			1.00				1.00000	
Jalousiemotor				1.00				1.00000
Fenstersteuerung	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Fenstermotor	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Raumtemperaturfühler	1				1.00000			
Regelventil	1				1.00000			
Ventil	1				1.00000			
Taster Jalousie				1				1.00000
Taster Jalousie/Fenster	0.5	0.5			0.50000	0.50000		
Raumbdiengerät	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Netzgerät 230V/24VDC (KL)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.37581	0.15989	0.24270	0.22161
Compact CPU (KL)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Busmodul (KL)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Temperatur Eingangsmodul (KL)	0.5	0.5			0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Analog Input (KL)			0.5	0.5			0.50000	0.50000
Analog Output 1 (KL)	0.5		0.5		0.50000		0.50000	
Analog Output 2 (KL)	1				1.00000			
Digital Input 1 (KL)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Digital Input 2 (KL)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Digital Output 1 (KL)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Digital Output 2 (KL)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000
Relais (KL)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Präsenzmelder (KL)			1				1.00000	
Helligkeitssensor (KL)			0.5	0.5			0.50000	0.50000
Schaltbare Steckdose (KL)			1				1.00000	
Leuchte A (KL)			1				1.00000	
Leuchte I (KL)			1				1.00000	
Jalousiemotor (KL)				1				1.00000
Regelventil (KL)	1				1.00000			
Ventil (KL)	1				1.00000			
Taster Jalousie (KL)				1				1.00000
Raumbdiengerät (KL)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Server	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000

Tabelle 33: Gewerks-Zuordnung

Obj_2_Ergebnisse		
Zusammenfassung - 'Stammbaumköpfe'		
	Input (Durchschnitt) [W]	Auslastung [%]
230V Speisungen		
Netzgerät 230V/24VDC	52355.48	9.39
Schaltbare Steckdose	209.66	
EVG_Leuchte A	1008.00	
EVG_Leuchte I	1008.00	
Jalousiemotor	1088.64	
Fenstersteuerung	3393.60	
Fenstermotor	940.80	
Netzgerät 230V/24VDC (KL)	6980.38	8.47
Schaltbare Steckdose (KL)	29.95	
Leuchte A (KL)	36.00	
Leuchte I (KL)	36.00	
Jalousiemotor (KL)	77.76	
Server	80.00	
Gesamtenergiebedarf Gebäudeautomat	67244.28	

Tabelle 34: Auslastung der Speisungen

Obj_2_Ergebnisse		Summe [W]			Hauptspeisung								Signal					
		67244.28	66482.78	761.50	[W]; [-] bei Wirkungsgrad								[W]					
Komponente	Anzahl	EEV gesamt alle Geräte [W]	EEV Hauptspeisung, alle Geräte [W]	EEV Signal, alle Geräte [W]	EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	EEV-on-var (Durchschnitt)	Nominalleistung	Wirkungsgrad	Input (Durchschnitt)	Output (Durchschnitt)	EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	Input (Durchschnitt)
Netzgerät 230V/24VDC	840	20791.87	20791.87		24.75	20.00	20.00	0.00	4.75	400.00	0.888	62.33	37.58					
Compact CPU	840	2520.00	2520.00		3.00	3.00	3.00	0.00				3.00	0.00					
Busmodul	###	1310.40	1310.40		0.13	0.13	0.13	0.00				0.13	0.00					
Temperatur Eingangsmodul	840	949.20	949.20		1.13	1.10	1.10	0.01	0.03	5.00	0.971	2.13	1.00					
Analog Input	840	756.00	672.00	84.00	0.80	0.80	0.80	0.01				0.80	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10
Analog Output 1	840	1260.00	1260.00		1.50	1.50	1.50	0.01				1.60	0.10					
Analog Output 2	840	1260.00	1260.00		1.50	1.50	1.50	0.01				1.60	0.10					
Analog Output 3	840	1260.00	1260.00		1.50	1.50	1.50	0.01				1.50	0.00					
Digital Input 1	840	1554.00	1470.00	84.00	1.75	1.75	1.75	0.18				1.75	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10
Digital Input 2	840	1470.00	1470.00		1.75	1.75	1.75	0.18				1.75	0.00					
Digital Input 3	840	1470.00	1470.00		1.75	1.75	1.75	0.18				1.75	0.00					
Digital Output 1	840	966.00	966.00		1.15	1.15	1.15	0.26				1.20	0.05					
Digital Output 2	840	966.00	966.00		1.15	1.15	1.15	0.26				1.35	0.20					
Digital Output 3	840	966.43	966.43		1.15	1.15	1.15	0.26	0.00	12.00	0.997	1.32	0.17					
Digital Output 4	840	975.90	975.90		1.16	1.15	1.15	0.26	0.01	12.00	0.997	5.00	3.84					
Relais	###	3407.04	3407.04		0.16	0.16	0.60	0.00				0.16	0.00					
Präsenzmelder	###	840.00	840.00		0.50	0.50	0.50	0.00				0.55	0.05					
Helligkeitssensor	###	806.40	806.40		0.48	0.48	0.48	0.00				0.53	0.05					
Schaltbare Steckdose	###	253.34	209.66	43.68	0.12	0.12	0.48	0.00				0.12	0.00	0.03	0.03	0.10	0.00	0.03
EVG_Leuchte A	###	1095.36	1008.00	87.36	0.30	0.30	0.30	0.30				0.30	0.00	0.03	0.03	0.10	0.00	0.03
EVG_Leuchte B	###	1095.36	1008.00	87.36	0.30	0.30	0.30	0.30				0.30	0.00	0.03	0.03	0.10	0.00	0.03
Jalousiemotor	###	1089.65	1088.64	1.01	0.32	0.32	108.00	0.00				0.32	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
Fenstersteuerung	###	3393.60	3225.60	168.00	1.92	1.92	1.92	0.00				2.02	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10
Fenstermotor	###	1108.80	940.80	168.00	0.56	0.56	140.00	0.00				0.56	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10
Raumtemperaturfühler	###	840.00	840.00		0.50	0.50	0.50	0.00				0.50	0.00					
Regelventil	###	2117.27	2116.60	0.67	0.63	0.63	0.60	0.63				0.63	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
Ventil	###	2117.27	2116.60	0.67	0.63	0.63	0.60	0.63				0.63	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
Taster Jalousie	###	9.68	9.68		0.01	0.01	1.92	0.00				0.01	0.00					
Taster Jalousie/Fenster	###	129.02	129.02		0.08	0.08	1.92	0.00				0.08	0.00					
Raumbediengerät	###	3225.60	3225.60		1.92	1.92	1.92	0.00				1.92	0.00					
Netzgerät 230V/24VDC (KL)	120	2914.25	2914.25		24.29	20.00	20.00	0.00	4.29	400.00	0.888	58.17	33.88					
Compact CPU (KL)	120	1080.00	1080.00		9.00	9.00	9.00	0.00				9.00	0.00					
Busmodul (KL)	960	124.80	124.80		0.13	0.13	0.13	0.00				0.13	0.00					
Temperatur Eingangsmodul (KL)	120	145.82	145.82		1.22	1.10	1.10	0.01	0.12	5.00	0.971	5.06	3.84					
Analog Input (KL)	120	108.00	96.00	12.00	0.80	0.80	0.80	0.01				0.80	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10
Analog Output 1 (KL)	120	180.00	180.00		1.50	1.50	1.50	0.01				1.55	0.05					
Analog Output 2 (KL)	120	180.00	180.00		1.50	1.50	1.50	0.01				1.50	0.00					
Digital Input 1 (KL)	120	222.00	210.00	12.00	1.75	1.75	1.75	0.18				1.75	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10
Digital Input 2 (KL)	120	210.00	210.00		1.75	1.75	1.75	0.18				1.75	0.00					
Digital Output 1 (KL)	120	138.00	138.00		1.15	1.15	1.15	0.26				1.20	0.05					
Digital Output 2 (KL)	120	138.00	138.00		1.15	1.15	1.15	0.26	0.00	12.00	0.997	1.16	0.01					
Relais (KL)	###	224.64	224.64		0.16	0.16	0.60	0.00				0.16	0.00					
Präsenzmelder (KL)	240	120.00	120.00		0.50	0.50	0.50	0.00				0.55	0.05					
Helligkeitssensor (KL)	240	115.20	115.20		0.48	0.48	0.48	0.00				0.53	0.05					
Schaltbare Steckdose (KL)	240	36.19	29.95	6.24	0.12	0.12	0.48	0.00				0.12	0.00	0.03	0.03	0.10	0.00	0.03
Leuchte A (KL)	120	39.12	36.00	3.12	0.30	0.30	0.30	0.30				0.30	0.00	0.03	0.03	0.10	0.00	0.03
Leuchte I (KL)	120	39.12	36.00	3.12	0.30	0.30	0.30	0.30				0.30	0.00	0.03	0.03	0.10	0.00	0.03
Jalousiemotor (KL)	240	77.83	77.76	0.07	0.32	0.32	108.00	0.00				0.32	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
Regelventil (KL)	480	302.47	302.37	0.10	0.63	0.63	0.60	0.63				0.63	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
Ventil (KL)	480	302.47	302.37	0.10	0.63	0.63	0.60	0.63				0.63	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
Taster Jalousie (KL)	240	1.38	1.38		0.01	0.01	1.92	0.00				0.01	0.00					
Raumbediengerät (KL)	240	460.80	460.80		1.92	1.92	1.92	0.00				1.92	0.00					
Server	1	80.00	80.00		80.00	80.00	80.00	0.00				80.00	0.00					

Tabelle 35: Ergebnisse pro Komponente

Obj_2_Ergebnisse Kategorien	EEV [W]							
	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Teilsomme	Speisungen	Summe	
Antrieb Fenster	554.40	554.40	0.00	0.00	1108.80		1108.80	
Antrieb Store	0.00	0.00	0.00	1167.48	1167.48		1167.48	
Antrieb Ventil	4839.48	0.00	0.00	0.00	4839.48	3221.96	8061.43	
Bedienung	986.11	986.11	921.60	932.66	3826.48		3826.48	
Controller	900.00	900.00	900.00	900.00	3600.00	2434.05	6034.05	
Energietransfer	358.80	358.80	358.80	358.80	1435.20	952.64	2387.84	
I/O	4086.63	2342.43	4430.93	4315.36	15175.35	13311.18	28486.53	
Relais	907.92	907.92	1197.46	907.92	3921.22	2405.32	6326.53	
Sensor Helligkeit	0.00	0.00	460.80	460.80	921.60	677.70	1599.30	
Sensor Präsenz	0.00	0.00	960.00	0.00	960.00	703.27	1663.27	
Sensor Temperatur	840.00	0.00	0.00	0.00	840.00		840.00	
Vorschaltgerät	0.00	0.00	2268.96	0.00	2268.96		2268.96	
Steuerung dezentral	1696.80	1696.80	0.00	0.00	3393.60		3393.60	
Systemgeräte	20.00	20.00	20.00	20.00	80.00		80.00	
Teilsomme	15190.14	7766.46	11518.55	9063.02	43538.17	23706.12	67244.28	
Speisungen	8599.52	3656.87	6154.53	5295.20	23706.12			
Summe	23789.65	11423.33	17673.07	14358.22	67244.28			

Tabelle 36: Ergebnisse pro Gewerk und Kategorie

10.6.3 Objekt 3

Obj_3_Eingaben			Hauptspeisung					Signal					
Fläche [m²] 7988													
Komponente	Komponentenart	Anzahl	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fix [W]	Anteil-on	Nominalleistung [W]	Wirkungsgrad	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fix [W]	Anteil-on	
Temperaturfühler Vorlauf	Sensor Temperatur	15.00	Universalmodul	0.00	0.10	1.0000							
Universalmodul	I/O	15.00	Raumcontoller	0.79	0.80	1.0000	1.50						
Raumcontoller	Controlller	46.00	Speisungstrafo	0.00	5.00	1.0000	240.00	0.80					
Speisungstrafo	Speisungen	46.00	230V Speisung	2.50	4.00	1.0000	75.00	0.73					
Raumbediengerät	Bedienung	225.00	Speisungstrafo	0.19	0.21	0.2000							
Speisungstrafo (2)	Speisungen	257.00	230V Speisung	2.50	3.00	1.0000	75.00	0.74					
ZUL-VAV Regler	Antrieb Klappe	65.00	Speisungstrafo (2)	0.64	3.50	0.0040			Raumcontoller	0.16	0.16	1.0000	
ABL-VAV Regler	Antrieb Klappe	65.00	Speisungstrafo (2)	0.64	3.50	0.0040			Raumcontoller	0.16	0.16	1.0000	
Taupunktwärter	Sensor Taupunkt	200.00	Speisungstrafo (2)	0.00	0.80	1.0000							
Speisungstrafo (3)	Speisungen	257.00	230V Speisung	0.00	1.00	1.0000	12.00	0.82	Raumcontoller	0.00	0.10	1.0000	
HK-Ventil motorisch	Antrieb Ventil	489.00	Speisungstrafo (3)	0.14	0.56	0.0020							
KD-Ventil motorisch	Antrieb Ventil	243.00	Speisungstrafo (3)	0.14	0.56	0.0040							
spez. Trenntrafo	Speisungen	1.00	230V Speisung	0.00	5.00	1.0000	200.00	0.81					
Controlller	Controlller	1.00	spez. Trenntrafo	0.00	9.60	1.0000							
Controlller (2)	Controlller	3.00	spez. Trenntrafo	0.00	9.60	1.0000							
Controlller (3)	Controlller	1.00	spez. Trenntrafo	0.00	6.40	1.0000							
Speisungsmodul	Energietrasfer	1.00	spez. Trenntrafo	0.00	3.20	1.0000							
Universalmodul (2)	I/O	1.00	spez. Trenntrafo	0.00	2.20	1.0000							
Relaismodul	I/O	3.00	spez. Trenntrafo	0.00	1.90	1.0000							
Speisungsmodul (2)	Energietrasfer	1.00	spez. Trenntrafo	0.00	3.20	1.0000							
Server	Systemgeräte	0.69	230V Speisung	0.00	80.00	1.0000							

Tabelle 37: Eingabedaten zur Speisung und Topologie

1	2	3	4
Speisungstrafo	Raumcontoller	ZUL-VAV Regler (Signal)	
		ABL-VAV Regler (Signal)	
		Speisungstrafo (3) (Signal)	
		Universalmodul	Temperaturfühler Vorlauf
Speisungstrafo (2)	Raumbediengerät	ZUL-VAV Regler	
		ABL-VAV Regler	
		Taupunktwärter	
Speisungstrafo (3)	HK-Ventil motorisch	HK-Ventil motorisch	
		KD-Ventil motorisch	
		Controlller	
spez. Trenntrafo	Controlller (2)	Controlller (2)	
		Controlller (3)	
		Speisungsmodul	
		Universalmodul (2)	
		Relaismodul	
		Speisungsmodul (2)	
Server			

Abbildung 44: Topologie in Baum-Darstellung, links: oberste Ebene (Ebene 1), gespeisen mit 230 V AC

Obj_3_Eingaben	Zuordnung							
	Eingegebene Werte [-]				Verwendete Werte (automatisch) [-]			
Komponente	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung
Temperaturfühler Vorlauf	1.00	0.00			1.00000	0.00000		
Universalmodul	1.00	0.00			1.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Raumcontoller	0.58	0.42			1.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Speisungstrafo	0.50	0.50			0.93718	0.06282	0.00000	0.00000
Raumbediengerät	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Speisungstrafo (2)	0.34	0.66			0.32695	0.67305	0.00000	0.00000
ZUL-VAV Regler	0.00	1.00			0.00000	1.00000		
ABL-VAV Regler	0.00	1.00			0.00000	1.00000		
Taupunktwärter	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Speisungstrafo (3)	1.00	0.00			1.00000	0.00000	0.00000	0.00000
HK-Ventil motorisch	1.00	0.00			1.00000	0.00000		
KD-Ventil motorisch	1.00	0.00			1.00000	0.00000		
spez. Trenntrafo	0.50	0.50			0.50000	0.50000	0.00000	0.00000
Controlller	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Controlller (2)	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Controlller (3)	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Speisungsmodul	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Universalmodul (2)	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Relaismodul	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Speisungsmodul (2)	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Server	0.50	0.50			0.50000	0.50000		

Tabelle 38: Gewerks-Zuordnung

Obj_3_Ergebnisse		
Zusammenfassung - 'Stammbaumköpfe'		
	Input (Durchschnitt) [W]	Auslastung [%]
230V Speisungen		
Speisungstrafo	641.36	10.07
Speisungstrafo (2)	1091.87	1.27
Speisungstrafo (3)	374.37	3.35
spez. Trenntrafo	76.49	29.55
Server	55.57	
Gesamtenergiebedarf Gebäudeautomat	2239.65	

Tabelle 39: Auslastung der Speisungen

Obj_3_Ergebnisse	Summe [W]			Hauptspeisung								Signal						
	2239.65	2193.15	46.50	[W]; [-] bei Wirkungsgrad								[W]						
Komponente	Anzahl	EEV gesamt alle Geräte [W]	EEV Hauptspeisung, alle Geräte [W]	EEV Signal, alle Geräte [W]	EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	EEV-on-var (Durchschnitt)	Nominalleistung	Wirkungsgrad	Input (Durchschnitt)	Output (Durchschnitt)	EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	Input (Durchschnitt)
Temperaturfühler Vorlauf	15	1.50	1.50		0.10	0.10	0.10	0.00				0.10	0.00					
Universalmodul	15	12.00	12.00		0.80	0.80	0.80	0.79	0.00	1.50	1.000	0.90	0.10					
Raumcontoller	46	243.75	243.75		5.30	5.00	5.00	0.00	0.30	240.00	0.814	6.60	1.30					
Speisungstrafo	46	293.96	293.96		6.39	4.00	4.00	2.50	2.39	75.00	0.760	13.94	7.55					
Raumbediengerät	225	43.65	43.65		0.19	0.19	0.21	0.19				0.19	0.00					
Speisungstrafo (2)	257	847.18	847.18		3.30	3.00	3.00	2.50	0.30	75.00	0.763	4.25	0.95					
ZUL-VAV Regler	65	52.74	42.34	10.40	0.65	0.65	3.50	0.64				0.65	0.00	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
ABL-VAV Regler	65	52.74	42.34	10.40	0.65	0.65	3.50	0.64				0.65	0.00	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Taupunktwärter	200	160.00	160.00		0.80	0.80	0.80	0.00				0.80	0.00					
Speisungstrafo (3)	257	296.77	271.07	25.70	1.05	1.00	1.00	0.00	0.05	12.00	0.880	1.46	0.40	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10
HK-Ventil motorisch	489	68.87	68.87		0.14	0.14	0.56	0.14				0.14	0.00					
KD-Ventil motorisch	243	34.43	34.43		0.14	0.14	0.56	0.14				0.14	0.00					
spez. Trenntrafo	1	17.39	17.39		17.39	5.00	5.00	0.00	12.39	200.00	0.827	76.49	59.10					
Controller	1	9.60	9.60		9.60	9.60	9.60	0.00				9.60	0.00					
Controller (2)	3	28.80	28.80		9.60	9.60	9.60	0.00				9.60	0.00					
Controller (3)	1	6.40	6.40		6.40	6.40	6.40	0.00				6.40	0.00					
Speisungsmodul	1	3.20	3.20		3.20	3.20	3.20	0.00				3.20	0.00					
Universalmodul (2)	1	2.20	2.20		2.20	2.20	2.20	0.00				2.20	0.00					
Relaismodul	3	5.70	5.70		1.90	1.90	1.90	0.00				1.90	0.00					
Speisungsmodul (2)	1	3.20	3.20		3.20	3.20	3.20	0.00				3.20	0.00					
Server	1	55.57	55.57		80.00	80.00	80.00	0.00				80.00	0.00					

Tabelle 40: Ergebnisse pro Komponente

Obj_3_Ergebnisse	EEV [W]							
	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Teilsomme	Speisungen	Summe	
Antrieb Klappe	0.00	105.49	0.00	0.00	105.49	293.21	398.70	
Antrieb Ventil	103.30	0.00	0.00	0.00	103.30	296.77	400.07	
Bedienung	21.83	21.83	0.00	0.00	43.65	36.94	80.59	
Controller	266.15	22.40	0.00	0.00	288.55	270.21	558.76	
Energietrasfer	3.20	3.20	0.00	0.00	6.40	1.88	8.28	
I/O	15.95	3.95	0.00	0.00	19.90	2.32	22.22	
Sensor Taupunkt	80.00	80.00	0.00	0.00	160.00	553.97	713.97	
Sensor Temperatur	1.50	0.00	0.00	0.00	1.50		1.50	
Systemgeräte	27.78	27.78	0.00	0.00	55.57		55.57	
Teilsomme	519.71	264.65	0.00	0.00	784.35	1455.30	2239.65	
Speisungen	857.94	597.36	0.00	0.00	1455.30			
Summe	1377.65	862.01	0.00	0.00	2239.65			

Tabelle 41: Ergebnisse pro Gewerk und Kategorie

10.6.4 Objekt 4

Obj_4_Eingaben			Hauptspeisung					Signal					
Fläche [m²] 1196													
Komponente	Komponentenart	Anzahl	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fix [W]	Anteil-on	Nominalleistung [W]	Wirkungsgrad	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fix [W]	Anteil-on	
Netzgerät 230V/24VDC	Speisungen	2.00	230V Speisung	0.00	5.00	1.0000	240.00	0.89					
Steuertransformator 230V/24VAC	Speisungen	1.00	230V Speisung	0.00	24.00	1.0000	200.00	0.80					
Stromüberwachungsschalter	Energietransfer	1.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.00	3.20	1.0000	576.00	0.90					
Stromüberwachungsschalter (2)	Energietransfer	1.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.00	6.40	1.0000	384.00	0.80					
KNX Speisung	Speisungen	1.00	230V Speisung	0.00	5.00	1.0000	19.20	0.75					
Raumbediengerät	Bedienung	3.00	Analog Eingang Widerstandsmessung	0.00	0.24	1.0000							
Präsenzmelder	Sensor Präsenz	46.00	KNX Speisung	0.00	0.39	1.0000							
CO2 Sensor	Sensor Luftqualität	3.00	Stromüberwachungsschalter	0.00	1.00	1.0000							
Kanal-Luftqualitätsfühler	Sensor Luftqualität	13.00	Steuertransformator 230V/24VAC	0.00	1.20	1.0000							
Temperaturfühler	Sensor Temperatur	14.00	Steuertransformator 230V/24VAC	0.00	0.32	1.0000							
VAV Regler	Antrieb Klappe	28.00	Steuertransformator 230V/24VAC	1.30	2.50	0.0040	6.25	0.65	MP-Bus Modul	0.00	0.10	1.0000	
Drehantrieb Kugelhahnen	Antrieb Ventil	4.00	Steuertransformator 230V/24VAC	1.20	2.00	0.0020	5.00	0.65	MP-Bus Modul	0.00	0.10	1.0000	
Storenantriebe	Antrieb Store	58.00	230V Speisung	0.00	100.00	0.0030			Schnittstelle SMI - Seriell	0.00	2.00	0.1000	
Relais	Relais	1.00	Digital Ausgang	0.00	0.90	1.0000							
DALI Vorschaltgerät	Vorschaltgerät	30.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.30	0.30	0.2600							
Controller	Controller	1.00	Netzgerät 230V/24VDC	0.00	2.25	1.0000	12.00	0.80					
Controller (1)	Controller	1.00	Stromüberwachungsschalter (2)	0.00	2.25	1.0000	12.00	0.80					
Potentialeinspeisung	Energietransfer	2.00	Stromüberwachungsschalter	0.00	0.00	1.0000	12.00	0.80					
Potentialeinspeisung (2)	Energietransfer	1.00	Stromüberwachungsschalter (2)	0.00	0.00	1.0000	12.00	0.80					
Potentialeinspeisung (3)	Energietransfer	4.00	Stromüberwachungsschalter (2)	0.00	0.00	1.0000							
Digital Eingang	I/O	11.00	Controller	0.00	0.41	1.0000							
Digital Eingang (1)	I/O	7.00	Potentialeinspeisung (2)	0.00	0.41	1.0000							
Digital Ausgang	I/O	1.00	Potentialeinspeisung	0.00	0.60	1.0000	12.00	0.80					
Digital Ausgang (2)	I/O	1.00	Potentialeinspeisung (2)	0.00	0.60	1.0000							
Analog Eingang Widerstandsmessung	I/O	1.00	Potentialeinspeisung	0.00	1.56	1.0000	12.00	0.80					
Analog Eingang 0-10V	I/O	5.00	Potentialeinspeisung	0.00	1.44	1.0000							
Analogausgang 0-10V	I/O	1.00	Potentialeinspeisung (2)	0.00	3.00	1.0000							
KNX Schnittstelle	Gateway KNX	1.00	Controller (1)	0.00	0.60	1.0000			KNX Speisung	0.00	0.10	1.0000	
DALI Master	Gateway DALI	4.00	Potentialeinspeisung (2)	0.00	0.72	1.0000			Potentialeinspeisung (3)	0.00	0.10	1.0000	
Schnittstelle SMI - Seriell	Gateway SMI	4.00	Stromüberwachungsschalter (2)	0.00	1.32	1.0000							
MP-Bus Modul	Gateway MP-Bus	5.00	Controller	0.00	0.36	1.0000							
Serielle Schnittstelle	Gateway Seriell	7.00	Controller (1)	0.00	2.04	1.0000							
EnOcean Empfänger	Gateway EnOcean	3.00	Stromüberwachungsschalter (2)	0.00	0.80	1.0000			Serielle Schnittstelle	0.00	0.10	1.0000	
M-Bus Pegelwandler	Gateway M-Bus	1.00	Stromüberwachungsschalter	0.00	15.00	1.0000							
KNX Programmierschnittstelle	Systemgeräte	1.00	KNX Speisung	0.00	0.54	1.0000							
Energiemessgerät	Systemgeräte	3.00	230V Speisung	0.00	2.40	1.0000			M-Bus Pegelwandler	0.00	0.10	1.0000	
Meteostation	Sensor Wetter	1.00	Stromüberwachungsschalter (2)	0.00	14.40	1.0000							
Datenkonzentrator	Systemgeräte	1.00	Steuertransformator 230V/24VAC	0.00	15.00	1.0000							
Server	Systemgeräte	1.00	230V Speisung	0.00	80.00	1.0000							

Tabelle 42: Eingabedaten zur Speisung und Topologie

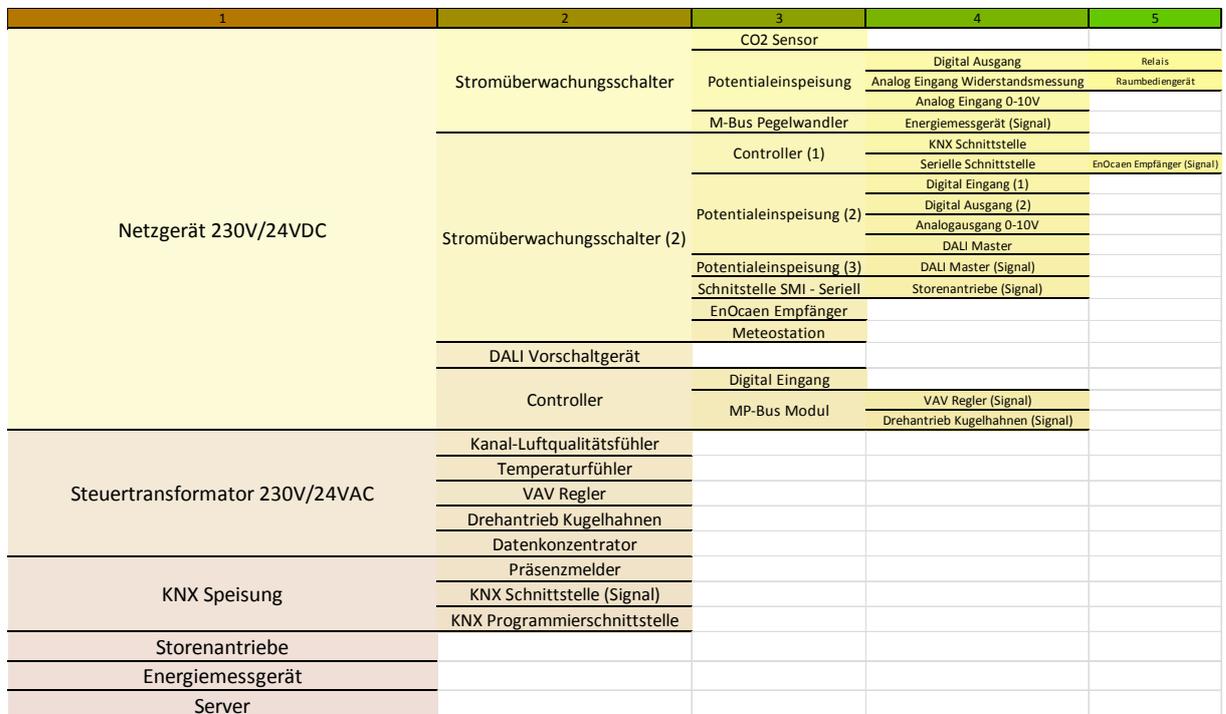


Abbildung 45: Topologie in Baum-Darstellung, links: oberste Ebene (Ebene 1), gespeisen mit 230 V AC

Obj_4_Eingaben	Zuordnung							
	Eingegebene Werte [-]				Verwendete Werte (automatisch) [-]			
	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung
Komponente								
Netzgerät 230V/24VDC	0.25	0.25	0.25	0.25	0.20157	0.22635	0.31691	0.25518
Steuertransformator 230V/24VAC	0.25	0.25	0.25	0.25	0.14063	0.76238	0.04849	0.04849
Stromüberwachungsschalter	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24968	0.34239	0.20396	0.20396
Stromüberwachungsschalter (2)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.19386	0.19386	0.30614	0.30614
KNX Speisung	0.25	0.25	0.25	0.25	0.00731	0.00731	0.97808	0.00731
Raumbediengerät	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Präsenzmelder			1.00				1.00000	
CO2 Sensor		1.00					1.00000	
Kanal-Luftqualitätsfühler	0.00	1.00			0.00000	1.00000		
Temperaturfühler	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
VAV Regler		1.00					1.00000	
Drehantrieb Kugelhähnen	1.00				1.00000			
Storenantriebe				1.00				1.00000
Relais	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
DALI Vorschaltgerät			1.00				1.00000	
Controller	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Controller (1)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Potentialeinspeisung	0.25	0.25	0.25	0.25	0.30262	0.30262	0.19738	0.19738
Potentialeinspeisung (2)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Potentialeinspeisung (3)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Digital Eingang	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Digital Eingang (1)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Digital Ausgang	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Digital Ausgang (2)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Analog Eingang Widerstandsmessung	0.25	0.25	0.25	0.25	0.50000	0.50000	0.00000	0.00000
Analog Eingang 0-10V	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Analogausgang 0-10V	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
KNX Schnittstelle	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
DALI Master	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Schnittstelle SMI - Seriell	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
MP-Bus Modul	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Serielle Schnittstelle	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
EnOcean Empfänger	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
M-Bus Pegelwandler	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
KNX Programmierschnittstelle	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Energiemessgerät	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Meteostation			0.5	0.5			0.50000	0.50000
Datenkonzentratoren	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Server	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000

Tabelle 43: Gewerks-Zuordnung

Obj_4_Ergebnisse		
Zusammenfassung - 'Stammbaumköpfe'		
	Input (Durchschnitt) [W]	Auslastung [%]
230V Speisungen		
Netzgerät 230V/24VDC	170.78	30.37
Steuertransformator 230V/24VAC	111.38	38.66
KNX Speisung	24.93	96.77
Storenantriebe	17.40	
Energiemessgerät	7.20	
Server	80.00	
Gesamtenergiebedarf Gebäudeautomat	411.70	

Tabelle 44: Auslastung der Speisungen

Obj_4_Ergebnisse	Summe [W]			Hauptspeisung										Signal							
	Anzahl	EEV gesamt alle Geräte [W]	EEV Hauptspeisung alle Geräte [W]	[W]; [-] bei Wirkungsgrad										[W]							
				EEV Signal alle Geräte [W]	EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	EEV-on-ver (Durchschnitt)	Nominalleistung	Wirkungsgrad	Input (Durchschnitt)	Output (Durchschnitt)	EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	Input (Durchschnitt)			
Netzgerät 230V/24VDC	2	24.98	24.98		12.49	5.00	5.00	0.00	0.00	7.49	240.00	0.907	85.39	72.90							
Steuertransformator 230V/24VAC	1	34.05	34.05		34.05	24.00	24.00	0.00	0.00	10.05	200.00	0.885	111.38	77.33							
Stromüberwachungsschalter	1	6.62	6.62		6.62	3.20	3.20	0.00	0.00	3.42	576.00	0.905	38.97	32.36							
Stromüberwachungsschalter (2)	1	21.36	21.36		21.36	6.40	6.40	0.00	0.00	14.96	384.00	0.811	85.49	64.13							
KNX Speisung	1	6.35	6.35		6.35	5.00	5.00	0.00	0.00	1.35	19.20	0.932	24.93	18.58							
Raumbediengerät	3	0.72	0.72		0.24	0.24	0.24	0.00	0.00				0.24	0.00							
Präsenzmelder	46	17.94	17.94		0.39	0.39	0.39	0.00	0.00				0.39	0.00							
CO2 Sensor	3	3.00	3.00		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00				1.00	0.00							
Kanal-Luftqualitätsfühler	13	15.60	15.60		1.20	1.20	1.20	0.00	0.00				1.20	0.00							
Temperaturfühler	14	4.54	4.54		0.32	0.32	0.32	0.00	0.00				0.32	0.00							
VAV Regler	28	39.43	36.63	2.80	1.31	1.30	2.50	1.30	0.00	6.25	0.878	1.33	0.03	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10			
Drehantrieb Kugelhähnen	4	5.21	4.81	0.40	1.20	1.20	2.00	1.20	0.00	0.00	0.878	1.21	0.01	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10			
Storenantriebe	58	29.00	17.40	11.60	0.30	0.30	100.00	0.00	0.00				0.30	0.00	0.20	0.20	2.00	0.00	0.00		
Relais	1	0.90	0.90		0.90	0.90	0.90	0.00	0.00				0.90	0.00							
DALI Vorschaltgerät	30	9.00	9.00		0.30	0.30	0.30	0.30	0.00				0.30	0.00							
Controller	1	2.84	2.84		2.84	2.25	2.25	0.00	0.59	12.00	0.941	12.33	9.49								
Controller (1)	1	3.20	3.20		3.20	2.25	2.25	0.00	0.95	12.00	0.941	18.38	15.18								
Potentialeinspeisung	2	2.81	2.81		1.41	0.00	0.00	0.00	1.41	12.00	0.800	7.03	5.62								
Potentialeinspeisung (2)	1	2.33	2.33		2.33	0.00	0.00	0.00	2.33	12.00	0.800	11.67	9.34								
Potentialeinspeisung (3)	4	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00				0.10	0.10								
Digital Eingang	11	4.49	4.49		0.41	0.41	0.41	0.00				0.41	0.00								
Digital Eingang (1)	7	2.86	2.86		0.41	0.41	0.41	0.00				0.41	0.00								
Digital Ausgang	1	0.78	0.78		0.78	0.60	0.60	0.00	0.18	12.00	0.833	1.68	0.90								
Digital Ausgang (2)	1	0.60	0.60		0.60	0.60	0.60	0.00				0.60	0.00								
Analog Eingang Widerstandsmessung	1	1.65	1.65		1.65	1.56	1.56	0.00	0.09	12.00	0.893	2.37	0.72								
Analog Eingang 0-10V	5	7.20	7.20		1.44	1.44	1.44	0.00				1.44	0.00								
Analogausgang 0-10V	1	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00	0.00				3.00	0.00								
KNX Schnittstelle	1	0.70	0.60	0.10	0.60	0.60	0.60	0.00				0.60	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00			
DALI Master	4	3.28	2.88	0.40	0.72	0.72	0.72	0.00				0.72	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00			
Schnittstelle SMI - Seriell	4	5.28	5.28		1.32	1.32	1.32	0.00				4.22	2.90								
MP-Bus Modul	5	1.80	1.80		0.36	0.36	0.36	0.00				1.00	0.64								
Serielle Schnittstelle	7	14.28	14.28		2.04	2.04	2.04	0.00				2.08	0.04								
EnOcean Empfänger	3	2.70	2.40	0.30	0.80	0.80	0.80	0.00				0.80	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00			
M-Bus Pegelwandler	1	15.00	15.00		15.00	15.00	15.00	0.00				15.30	0.30								
KNX Programmierschnittstelle	1	0.54	0.54		0.54	0.54	0.54	0.00				0.54	0.00								
Energiemessgerät	3	7.50	7.20	0.30	2.40	2.40	2.40	0.00				2.40	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00			
Meteostation	1	14.40	14.40		14.40	14.40	14.40	0.00				14.40	0.00								
Datenkonzentratoren	1	15.00	15.00		15.00	15.00	15.00	0.00				15.00	0.00								
Server	1	80.00	80.00		80.00	80.00	80.00	0.00				80.00	0.00								

Tabelle 45: Ergebnisse pro Komponente

Obj_4_Ergebnisse Kategorien	EEV [W]						
	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Teilsumme	Speisungen	Summe
Komponentenart							
Antrieb Klappe	0.00	39.43	0.00	0.00	39.43	16.44	55.87
Antrieb Store	0.00	0.00	0.00	29.00	29.00		29.00
Antrieb Ventil	5.21	0.00	0.00	0.00	5.21	2.14	7.35
Bedienung	0.36	0.36	0.00	0.00	0.72		0.72
Controller	1.51	1.51	1.51	1.51	6.04	2.11	8.15
Energietransfer	7.23	7.84	9.03	9.03	33.12	21.33	54.45
Gateway DALI	0.82	0.82	0.82	0.82	3.28		3.28
Gateway EnOcean	0.68	0.68	0.68	0.68	2.70		2.70
Gateway KNX	0.18	0.18	0.18	0.18	0.70	0.03	0.73
Gateway M-Bus	3.75	3.75	3.75	3.75	15.00		15.00
Gateway MP-Bus	0.45	0.45	0.45	0.45	1.80		1.80
Gateway Seriell	3.57	3.57	3.57	3.57	14.28		14.28
Gateway SMI	1.32	1.32	1.32	1.32	5.28		5.28
I/O	5.55	5.55	4.73	4.73	20.57		20.57
Relais	0.23	0.23	0.23	0.23	0.90		0.90
Sensor Luftqualität	0.00	18.60	0.00	0.00	18.60	6.87	25.47
Sensor Präsenz	0.00	0.00	17.94	0.00	17.94	6.14	24.08
Sensor Temperatur	2.27	2.27	0.00	0.00	4.54	2.00	6.55
Sensor Wetter	0.00	0.00	7.20	7.20	14.40		14.40
Vorschaltgerät	0.00	0.00	9.00	0.00	9.00	1.54	10.54
Systemgeräte	25.76	25.76	25.76	25.76	103.04	6.79	109.83
Teilsumme	58.88	112.32	86.15	88.21	345.57	65.39	410.96
Speisungen	9.87	31.66	15.78	8.07	65.39		
Summe	68.75	143.98	101.94	96.29	410.96		

Tabelle 46: Ergebnisse pro Gewerk und Kategorie

10.6.5 Objekt 5

Obj_5_Eingaben			Hauptspeisung						Signal					
Fläche [m ²] 27614														
Komponente	Komponentenart	Anzahl	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fik [W]	Anteil-on	Nominalleistung [W]	Wirkungsgrad	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fik [W]	Anteil-on		
Transformator	Speisungen	66.00	230V Speisung	0.00	20.00	1.0000	480.00	0.78						
Lastkreisüberwachung	Energietransfer	132.00	Transformator	0.00	0.10	1.0000								
Spannungsversorgung	Energietransfer	66.00	Transformator	0.00	3.50	1.0000	48.00	0.90						
CPU-Grundmodul	Controller	66.00	Spannungsversorgung	0.00	6.00	1.0000								
MP-Bus	Gateway MP-Bus	109.00	Spannungsversorgung	0.00	1.56	1.0000								
Serielle Schnittstelle	Gateway Seriell	56.00	Raumbediengerät	0.00	1.56	1.0000								
Potenzialeinspeiseklemme	Energietransfer	416.00	Spannungsversorgung	0.00	0.01	1.0000	240.00	0.95						
Digital-Eingang	I/O	86.00	Potenzialeinspeiseklemme	0.00	0.48	1.0000			Taupunktwärter	0.00	0.01	0.0001		
Digital-Ausgang	I/O	66.00	Potenzialeinspeiseklemme	0.00	1.87	1.0000								
Digital-Ausgang (2)	I/O	246.00	Potenzialeinspeiseklemme	0.00	0.94	1.0000								
Analog-Eingang	I/O	96.00	Potenzialeinspeiseklemme	0.00	2.04	1.0000	20.00	0.90						
Analog-Eingang (2)	I/O	86.00	Potenzialeinspeiseklemme	0.00	2.40	1.0000			Luftqualitätsfühler	0.00	0.01	0.0001		
Endklemme	I/O	66.00	Spannungsversorgung	0.00	0.01	1.0000								
Watchdog	Systemgeräte	66.00	Transformator	0.00	1.00	1.0000			Digital-Ausgang	0.00	0.01	1.0000		
Umluftkühlgerät	Steuerung dezentral	48.00	Transformator	0.00	10.00	0.1000			Digital-Ausgang	0.00	0.01	0.1000		
Raumtemperaturfühler	Sensor Temperatur	66.00	Analog-Eingang	0.00	0.19	1.0000								
VAV Klappe	Antrieb Klappe	655.00	Transformator	0.00	3.00	0.0040			MP-Bus	0.00	0.01	0.0040		
Luftqualitätsfühler	Sensor Luftqualität	266.00	Transformator	0.00	1.00	1.0000								
Heizventil motorisch	Antrieb Ventil	1287.00	Transformator	0.00	1.80	0.0020			Digital-Ausgang (2)	0.00	0.01	0.0020		
Kühlventil motorisch	Antrieb Ventil	1562.00	Transformator	0.00	1.80	0.0040			Digital-Ausgang (2)	0.00	0.01	0.0040		
Kanalfühler	Sensor Temperatur	542.00	Analog-Eingang	0.00	0.20	1.0000								
Taupunktwärter	Sensor Taupunkt	524.00	Transformator	0.00	0.20	1.0000								
Raumbediengerät	Bedienung	190.00	Transformator	0.00	0.24	1.0000	10.00	0.95						
Relais	Relais	138.00	Transformator	0.00	0.60	0.0040								
Kühlventil	Antrieb Ventil	18.00	Transformator	2.50	3.50	0.0040			Analog-Ausgang	0.00	0.01	0.0040		
Analog-Ausgang	I/O	18.00	Potenzialeinspeiseklemme	0.00	0.48	1.0000								
Umluftkühlgerät (2)	Steuerung dezentral	5.00	Transformator	0.00	10.00	0.1000			Digital-Ausgang	0.00	0.01	0.1000		
Umluftkühlgerät (3)	Steuerung dezentral	13.00	Transformator	0.00	10.00	0.1000			Digital-Ausgang	0.00	0.01	0.1000		
Server	Systemgeräte	1.00	230V Speisung	0.00	80.00	1.0000								

Tabelle 47: Eingabedaten zur Speisung und Topologie

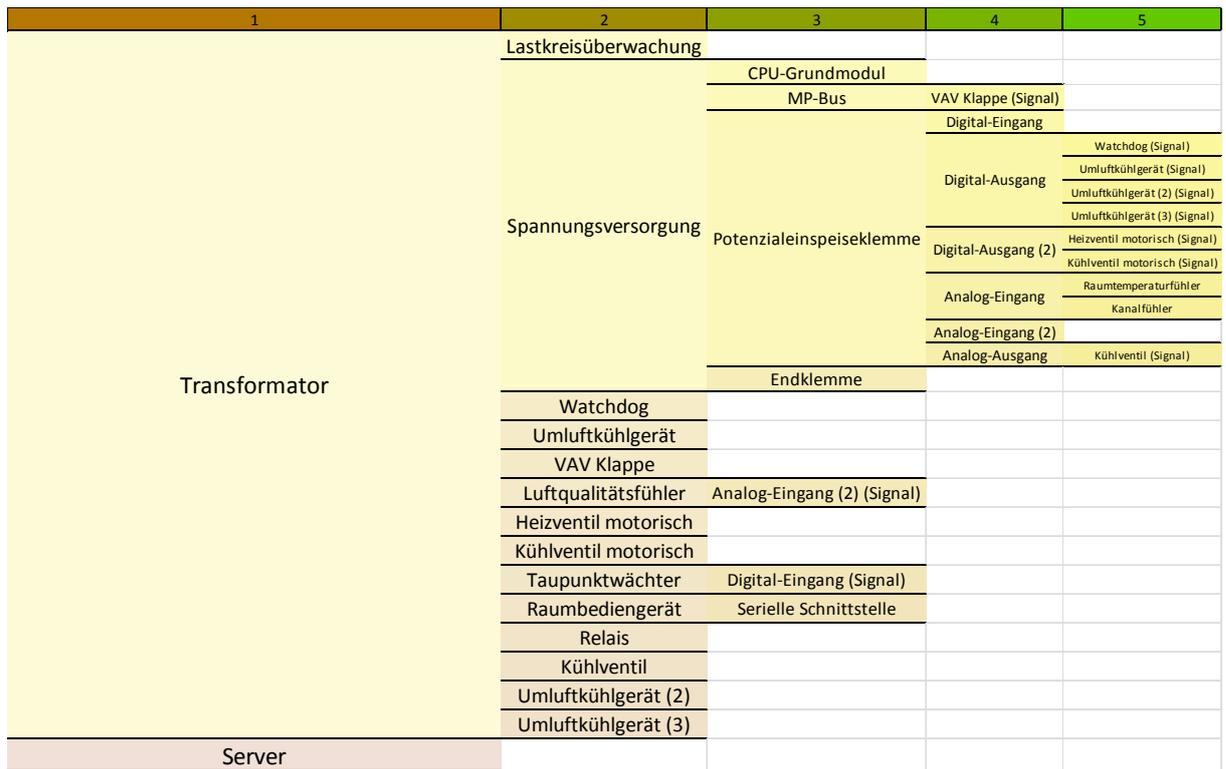


Abbildung 46: Topologie in Baum-Darstellung, links: oberste Ebene (Ebene 1), gespeisen mit 230 V AC

Obj_5_Eingaben	Zuordnung							
	Eingegebene Werte [-]				Verwendete Werte (automatisch) [-]			
	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung
Komponente								
Transformator	0.50	0.50			0.46054	0.53946	0.00000	0.00000
Lastkreisüberwachung	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Spannungsversorgung	0.50	0.50			0.50295	0.49705	0.00000	0.00000
CPU-Grundmodul	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
MP-Bus	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Serielle Schnittstelle	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Potenzialeinspeiseklemme	0.50	0.50			0.50465	0.49535	0.00000	0.00000
Digital-Eingang	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Digital-Ausgang	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Digital-Ausgang (2)	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Analog-Eingang	0.50	0.50			0.50000	0.50000	0.00000	0.00000
Analog-Eingang (2)	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Endklemme	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Watchdog	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Umluftkühlgerät	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Raumtemperaturfühler	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
VAV Klappe		1.00				1.00000		
Luftqualitätsfühler		1.00				1.00000		
Heizventil motorisch	1.00				1.00000			
Kühlventil motorisch	1.00				1.00000			
Kanalfühler	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Taupunktwärchter	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Raumbdiengerät	0.50	0.50			0.50000	0.50000	0.00000	0.00000
Relais	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Kühlventil	1				1.00000			
Analog-Ausgang	1				1.00000			
Umluftkühlgerät (2)	0.5	0.5			0.50000	0.50000		
Umluftkühlgerät (3)	0.5	0.5			0.50000	0.50000		
Server	0.5	0.5			0.50000	0.50000		

Tabelle 48: Gewerks-Zuordnung

Obj_5_Ergebnisse		
Zusammenfassung - 'Stammbaumköpfe'		
	Input (Durchschnitt) [W]	Auslastung [%]
230V Speisungen		
Transformator	4495.68	8.08
Server	80.00	
Gesamtenergiebedarf Gebäudeautomat	4575.68	

Tabelle 49: Auslastung der Speisungen

Obj_5_Ergebnisse	Summe [W]			Hauptspeisung										Signal				
	Anzahl	4575.68	4574.84	0.84	[W]; [-] bei Wirkungsgrad										[W]			
		EEV gesamt, alle Geräte [W]	EEV Hauptspeisung, alle Geräte [W]	EEV Signal, alle Geräte [W]	EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	EEV-on-var (Durchschnitt)	Nominalleistung	Wirkungsgrad	Input (Durchschnitt)	Output (Durchschnitt)	EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	Input (Durchschnitt)
Transformator	66	1935.44	1935.44		29.32	20.00	20.00	0.00	9.32	480.00	0.806	68.12	38.79					
Lastkreisüberwachung	132	13.20	13.20		0.10	0.10	0.10	0.00				0.10	0.00					
Spannungsversorgung	66	290.18	290.18		4.40	3.50	3.50	0.00	0.90	48.00	0.963	27.87	23.48					
CPU-Grundmodul	66	396.00	396.00		6.00	6.00	6.00	0.00				6.00	0.00					
MP-Bus	109	170.04	170.04		1.56	1.56	1.56	0.00				1.56	0.00					
Serielle Schnittstelle	56	87.36	87.36		1.56	1.56	1.56	0.00				1.56	0.00					
Potenzialeinspeiseklemme	416	53.05	53.05		0.13	0.01	0.01	0.00	0.12	240.00	0.950	2.36	2.23					
Digital-Eingang	86	41.28	41.28	0.00	0.48	0.48	0.48	0.00				0.48	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Digital-Ausgang	66	123.42	123.42		1.87	1.87	1.87	0.00				1.88	0.01					
Digital-Ausgang (2)	246	231.24	231.24		0.94	0.94	0.94	0.00				0.94	0.00					
Analog-Eingang	96	196.94	196.94		2.05	2.04	2.04	0.00	0.01	20.00	0.991	3.31	1.26					
Analog-Eingang (2)	86	206.40	206.40	0.00	2.40	2.40	2.40	0.00				2.40	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Endklemme	66	0.66	0.66		0.01	0.01	0.01	0.00				0.01	0.00					
Watchdog	66	66.66	66.00	0.66	1.00	1.00	1.00	0.00				1.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
Umluftkühlgerät	48	48.05	48.00	0.05	1.00	1.00	10.00	0.00				1.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Raumtemperaturfühler	66	12.54	12.54		0.19	0.19	0.19	0.00				0.19	0.00					
VAV Klappe	655	7.89	7.86	0.03	0.01	0.01	3.00	0.00				0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Luftqualitätsfühler	266	266.00	266.00		1.00	1.00	1.00	0.00				1.00	0.00					
Heizventil motorisch	###	4.66	4.63	0.03	0.00	0.00	1.80	0.00				0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Kühlventil motorisch	###	11.31	11.25	0.06	0.01	0.01	1.80	0.00				0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Kanalfühler	542	108.40	108.40		0.20	0.20	0.20	0.00				0.20	0.00					
Taupunktwärchter	524	104.80	104.80		0.20	0.20	0.20	0.00				0.20	0.00					
Raumbdiengerät	190	48.10	48.10		0.25	0.24	0.24	0.00	0.01	10.00	0.972	0.71	0.46					
Relais	138	0.33	0.33		0.00	0.00	0.60	0.00				0.00	0.00					
Kühlventil	18	45.07	45.07	0.00	2.50	2.50	3.50	2.50				2.50	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Analog-Ausgang	18	8.64	8.64		0.48	0.48	0.48	0.00				0.48	0.00					
Umluftkühlgerät (2)	5	5.01	5.00	0.01	1.00	1.00	10.00	0.00				1.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Umluftkühlgerät (3)	13	13.01	13.00	0.01	1.00	1.00	10.00	0.00				1.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Server	1	80.00	80.00		80.00	80.00	80.00	0.00				80.00	0.00					

Tabelle 50: Ergebnisse pro Komponente

Obj_5_Ergebnisse Kategorien	EEV [W]						
	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Teilsomme	Speisungen	Summe
Komponentenart							
Antrieb Klappe	0.00	7.89	0.00	0.00	7.89	5.94	13.83
Antrieb Ventil	61.04	0.00	0.00	0.00	61.04	46.08	107.12
Bedienung	24.05	24.05	0.00	0.00	48.10	102.40	150.50
Controller	198.00	198.00	0.00	0.00	396.00		396.00
Energietransfer	179.32	177.11	0.00	0.00	356.43	1400.67	1757.10
Gateway MP-Bus	85.02	85.02	0.00	0.00	170.04		170.04
Gateway Seriell	43.68	43.68	0.00	0.00	87.36		87.36
I/O	408.61	399.97	0.00	0.00	808.58		808.58
Relais	0.17	0.17	0.00	0.00	0.33	0.25	0.58
Sensor Luftqualität	0.00	266.00	0.00	0.00	266.00	201.09	467.09
Sensor Taupunkt	52.40	52.40	0.00	0.00	104.80	79.22	184.02
Sensor Temperatur	60.47	60.47	0.00	0.00	120.94		120.94
Systemgeräte	73.33	73.33	0.00	0.00	146.66	49.89	196.55
Steuerung dezentral	33.03	33.03	0.00	0.00	66.07	49.89	115.96
Teilsomme	1219.12	1421.12	0.00	0.00	2640.24	1935.44	4575.68
Speisungen	891.34	1044.10	0.00	0.00	1935.44		
Summe	2110.46	2465.22	0.00	0.00	4575.68		

Tabelle 51: Ergebnisse pro Gewerk und Kategorie

10.6.6 Objekt 6

Obj_6_Eingaben Fläche [m ²] 3374			Hauptspeisung						Signal			
Komponente	Komponentenart	Anzahl	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fik [W]	Anteil-on	Nominalleistung [W]	Wirkungsgrad	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fik [W]	Anteil-on
Präsenzmelder	Sensor Präsenz	3.00	230V Speisung	0.70	0.00	1.0000						
Präsenzmelder (2)	Sensor Präsenz	46.00	230V Speisung	0.00	0.70	1.0000						
Präsenzmelder (3)	Sensor Präsenz	83.00	230V Speisung	0.00	0.80	1.0000						
Zuluftventilator Regelung	Steuerung/Regelung d	54.00	Netzgerät	1.30	1.30	0.0040						
Abluftventilator Regelung	Steuerung/Regelung d	54.00	Netzgerät	1.30	1.30	0.0040						
Fenstermotorik 120	Antrieb Fenster	112.00	Fenster Riegelmotor 120	0.00	19.20	0.0040						
Fenstermotorik 75	Antrieb Fenster	82.00	Fenster Riegelmotor 75	0.00	19.20	0.0040						
Fenster Riegelmotor 120	Antrieb Fenster	112.00	Netzgerät (2)	0.00	18.00	0.0040						
Fenster Riegelmotor 75	Antrieb Fenster	82.00	Netzgerät	0.00	18.00	0.0040						
Storenmotor	Antrieb Store	115.00	230V Speisung	0.00	95.00	0.0030						
Heizventil motorisch	Antrieb Ventil	44.00	230V Speisung	0.00	0.80	0.0020						
Temperatur-CO2 Raumfühler	Sensore Temperatur/I	46.00	Netzgerät	0.00	0.50	1.0000						
PIR	Sensor Präsenz	1.00	230V Speisung	0.00	0.90	1.0000						
Netzgerät	Speisungen	52.00	230V Speisung	0.00	4.00	1.0000		0.83				
Netzgerät (2)	Speisungen	13.00	230V Speisung	0.00	6.40	1.0000		0.88				
LON Feldbuskoppler Waco System	Controller LON	35.00	Netzgerät	0.00	1.72	1.0000						
Potentialeinspeisung	Energietransfer	35.00	Netzgerät	0.00	5.00	1.0000		0.85				
Digitaler Eingang (relais)	I/O	1.00	Potentialeinspeisung	0.41	0.61	0.2600						
Digitaler Eingang (relais D)	I/O	30.00	Potentialeinspeisung	0.41	0.48	0.2600						
Digitaler Eingang (Präsenz)	I/O	18.00	Potentialeinspeisung	0.41	0.95	0.2600						
Digitaler Eingang (Präsenz ohne)	I/O	6.00	Potentialeinspeisung	0.41	0.81	0.2600						
Digitaler Eingang	I/O	47.00	Potentialeinspeisung	0.41	0.95	0.2600						
Digitaler Ausgang	I/O	101.00	Potentialeinspeisung	0.60	3.48	0.0040						
Analoger Eingang	I/O	27.00	Netzgerät	0.00	1.44	0.0040						
Relaisspule Licht (230V)	Relais	5.00	230V Speisung	0.00	1.30	0.2600						
Relaisspule Licht D (230V)	Relais	26.00	230V Speisung	0.00	1.30	0.2600						
Relaisspule (24V)	Relais	551.00	Netzgerät	0.00	2.00	0.2600						
Server	Systemgeräte	0.12	230V Speisung	0.00	80.00	1.0000						

Tabelle 52: Eingabedaten zur Speisung und Topologie

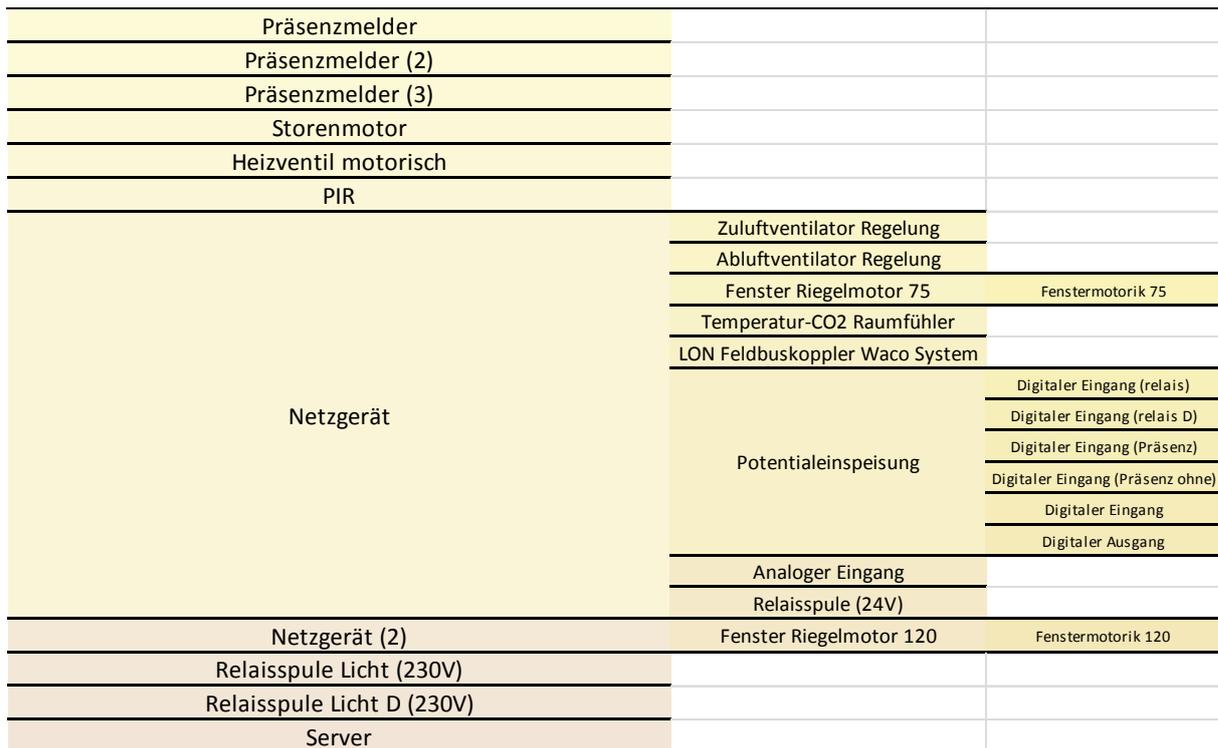


Abbildung 47: Topologie in Baum-Darstellung, links: oberste Ebene (Ebene 1), gespeisen mit 230 V AC

Obj_6_Eingaben	Zuordnung							
	Eingegebene Werte [-]				Verwendete Werte (automatisch) [-]			
	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung
Komponente								
Präsenzmelder	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000
Präsenzmelder (2)	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000
Präsenzmelder (3)	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000
Zuluftventilator Regelung	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000
Abluftventilator Regelung	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000
Fenstermotorik 120	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000
Fenstermotorik 75	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000
Fenster Riegelmotor 120	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000
Fenster Riegelmotor 75	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000
Stoerenmotor	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000
Heizventil motorisch	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Temperatur-CO2 Raumfühler	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50000	0.50000	0.00000	0.00000
PIR	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000
Netzgerät	0.25	0.25	0.25	0.25	0.10996	0.43173	0.27873	0.17958
Netzgerät (2)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000
LON Feldbuskoppler Waco System	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Potentialeinspeisung	0.25	0.25	0.25	0.25	0.13553	0.19229	0.42313	0.24906
Digitaler Eingang (relais)	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000
Digitaler Eingang (relais D)	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000
Digitaler Eingang (Präsenz)	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000
Digitaler Eingang (Präsenz ohne)	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000
Digitaler Eingang	0.00	0.25	0.25	0.50	0.00000	0.25000	0.25000	0.50000
Digitaler Ausgang	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Analoger Eingang	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50000	0.50000	0.00000	0.00000
Relaispule Licht (230V)	0	0	1	0	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000
Relaispule Licht D (230V)	0	0	1	0	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000
Relaispule (24V)	0.08	0.42	0.3	0.2	0.08000	0.42000	0.30000	0.20000
Server	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000

Tabelle 53: Gewerks-Zuordnung

Obj_6_Ergebnisse		
Zusammenfassung - 'Stammbaumköpfe'		
	Input (Durchschnitt) [W]	Auslastung [%]
230V Speisungen		
Präsenzmelder	0.00	
Präsenzmelder (2)	32.20	
Präsenzmelder (3)	66.40	
Stoerenmotor	32.78	
Heizventil motorisch	0.07	
PIR	0.90	
Netzgerät	1209.82	
Netzgerät (2)	102.14	
Relaispule Licht (230V)	1.69	
Relaispule Licht D (230V)	8.79	
Server	9.59	
Gesamtenenergiebedarf Gebäudeautomat	1464.38	

Tabelle 54: Auslastung der Speisungen

Obj_6_Ergebnisse	Summe [W]			Hauptspeisung							Signal							
	Anzahl	1464.38		[W]; [-] bei Wirkungsgrad							[W]							
		EEV gesamt, alle Geräte [W]	EEV Hauptspeisung, alle Geräte [W]	EEV Signal, alle Geräte [W]	EEV total (Durchschnitt)	EEV fix (Durchschnitt)	EEV on-fix	EEV off	EEV on-var (Durchschnitt)	Nominalleistung	Wirkungsgrad	Input (Durchschnitt)	Output (Durchschnitt)	EEV total (Durchschnitt)	EEV fix (Durchschnitt)	EEV on-fix	EEV off	Input (Durchschnitt)
Präsenzmelder	3	0.00	0.00															
Präsenzmelder (2)	46	32.20	32.20	0.70	0.70	0.70	0.00						0.70	0.00				
Präsenzmelder (3)	83	66.40	66.40	0.80	0.80	0.80	0.00						0.80	0.00				
Zuluftventilator Regelung	54	70.20	70.20	1.30	1.30	1.30	1.30						1.30	0.00				
Abluftventilator Regelung	54	70.20	70.20	1.30	1.30	1.30	1.30						1.30	0.00				
Fenstermotorik 120	112	8.60	8.60	0.08	0.08	19.20	0.00						0.08	0.00				
Fenstermotorik 75	82	6.30	6.30	0.08	0.08	19.20	0.00						0.08	0.00				
Fenster Riegelmotor 120	112	8.06	8.06	0.07	0.07	18.00	0.00	0.00		1.000			0.15	0.08				
Fenster Riegelmotor 75	82	5.90	5.90	0.07	0.07	18.00	0.00	0.00		1.000			0.15	0.08				
Stoerenmotor	115	32.78	32.78	0.29	0.29	95.00	0.00						0.29	0.00				
Heizventil motorisch	44	0.07	0.07	0.00	0.00	0.80	0.00						0.00	0.00				
Temperatur-CO2 Raumfühler	46	23.00	23.00	0.50	0.50	0.50	0.00						0.50	0.00				
PIR	1	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.00						0.90	0.00				
Netzgerät	52	378.31	378.31	7.28	4.00	4.00	0.00						23.27	15.99				
Netzgerät (2)	13	85.47	85.47	6.57	6.40	6.40	0.00	0.17		0.880			7.86	1.28				
LON Feldbuskoppler Waco System	35	60.20	60.20	1.72	1.72	1.72	0.00						1.72	0.00				
Potentialeinspeisung	35	195.11	195.11	5.57	5.00	5.00	0.00	0.57		0.850			8.83	3.26				
Digitaler Eingang (relais)	1	0.46	0.46	0.46	0.46	0.61	0.41						0.46	0.00				
Digitaler Eingang (relais D)	30	12.85	12.85	0.43	0.43	0.48	0.41						0.43	0.00				
Digitaler Eingang (Präsenz)	18	9.91	9.91	0.55	0.55	0.95	0.41						0.55	0.00				
Digitaler Eingang (Präsenz ohne)	6	3.08	3.08	0.51	0.51	0.81	0.41						0.51	0.00				
Digitaler Eingang	47	25.87	25.87	0.55	0.55	0.95	0.41						0.55	0.00				
Digitaler Ausgang	101	61.76	61.76	0.61	0.61	3.48	0.60						0.61	0.00				
Analoger Eingang	27	0.16	0.16	0.01	0.01	1.44	0.00						0.01	0.00				
Relaispule Licht (230V)	5	1.69	1.69	0.34	0.34	1.30	0.00						0.34	0.00				
Relaispule Licht D (230V)	26	8.79	8.79	0.34	0.34	1.30	0.00						0.34	0.00				
Relaispule (24V)	551	286.52	286.52	0.52	0.52	2.00	0.00						0.52	0.00				
Server	0	9.59	9.59	80.00	80.00	80.00	0.00						80.00	0.00				

Tabelle 55: Ergebnisse pro Komponente

Obj_6_Ergebnisse Kategorien	EEV [W]						
	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Teilsumme	Speisungen	Summe
Komponentenart							
Antrieb Fenster	0.00	28.87	0.00	0.00	28.87	91.02	119.89
Antrieb Store	0.00	0.00	0.00	32.78	32.78		32.78
Antrieb Ventil	0.07	0.00	0.00	0.00	0.07		0.07
Controller LON	15.05	15.05	15.05	15.05	60.20	27.39	87.59
Energietransfer	26.44	37.52	82.55	48.59	195.11	140.60	335.71
I/O	15.52	21.99	48.21	28.38	114.09	0.07	114.16
Relais	22.92	120.34	96.43	57.30	297.00	130.36	427.35
Sensor Präsenz	0.00	0.00	99.50	0.00	99.50		99.50
Sensore Temperatur/Luftqualität	11.50	11.50	0.00	0.00	23.00	10.46	33.46
Systemgeräte	2.40	2.40	2.40	2.40	9.59		9.59
Steuerung/Regelung dezentral	0.00	140.40	0.00	0.00	140.40	63.88	204.28
Teilsumme	93.90	378.06	344.14	184.49	1000.60	463.78	1464.38
Speisungen	41.60	248.80	105.45	67.94	463.78		
Summe	135.50	626.86	449.59	252.43	1464.38		

Tabelle 56: Ergebnisse pro Gewerk und Kategorie

10.6.7 Objekt 7, GAS 1

Obj_7_GAS_1_Eingaben Fläche [m²] 3300			Hauptspeisung						Signal			
Komponente	Komponententart	Anzahl	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fix [W]	Anteil-on	Nominalleistung [W]	Wirkungsgrad	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fix [W]	Anteil-on
Busspeisung	Speisungen	31.00	230V Speisung	0.00	1.32	1.0000	9.60	0.70				
Tastensensor mit Temp.Sensor	Bedienung	85.00	Busspeisung	0.00	0.23	1.0000						
Binäreingang	I/O	20.00	Busspeisung	0.00	0.13	1.0000						
Schaltaktor Ventil	Speisungen	25.00	230V Speisung	0.00	0.00	0.1500	920.00	1.00	Busspeisung	0.00	0.12	1.0000
Ventilantrieb thermisch	Antrieb Ventil	90.00	Schaltaktor Ventil	1.04	2.08	0.1500						
Luftgüte Sensor	Sensor Luftqualität	75.00	Busspeisung	0.00	0.30	1.0000						
VAV-klappen Regler	Antrieb Klappe	160.00	230V Speisung	0.48	2.93	0.0040			Busspeisung	0.00	0.16	1.0000
Präsenzmelder	Präsenzsensoren	140.00	Busspeisung	0.00	0.13	1.0000						
Tastensensor	Bedienung	115.00	Busspeisung	0.00	0.10	1.0000						
DALI Gateway	Gateway DALI	25.00	230V Speisung	0.00	0.71	1.0000			Busspeisung	0.00	0.13	1.0000
Schaltaktor	I/O	15.00	Busspeisung	0.00	0.08	1.0000						
Vorschaltgerät	Vorschaltgerät	175.00	230V Speisung	0.00	0.20	1.0000			DALI Gateway	0.00	0.16	1.0000
Wetterstation	Sensor Wetter	1.00	230V Speisung	0.00	3.64	1.0000			Busspeisung	0.00	0.04	1.0000
Schaltaktor Store	I/O	90.00	Busspeisung	0.00	0.11	1.0000						
Storenmotor	Antrieb Store	180.00	230V Speisung	0.00	108.00	0.0030						
Ethernet Gateway	Gateway Ethernet	1.00	230V Speisung	0.00	1.54	1.0000			Busspeisung	0.00	0.05	1.0000
USB Gateway	Gateway USB	6.00	Busspeisung	0.00	0.16	1.0000						
KNX Gateway	Gateway KNX	16.00	Busspeisung	0.00	0.26	1.0000						
Server	Systemgeräte	1.00	230V Speisung	0.00	80.00	1.0000						
Touchpanel	Systemgeräte	5.00	230V Speisung	2.00	19.30	0.0420						

Tabelle 57: Eingabedaten zur Speisung und Topologie

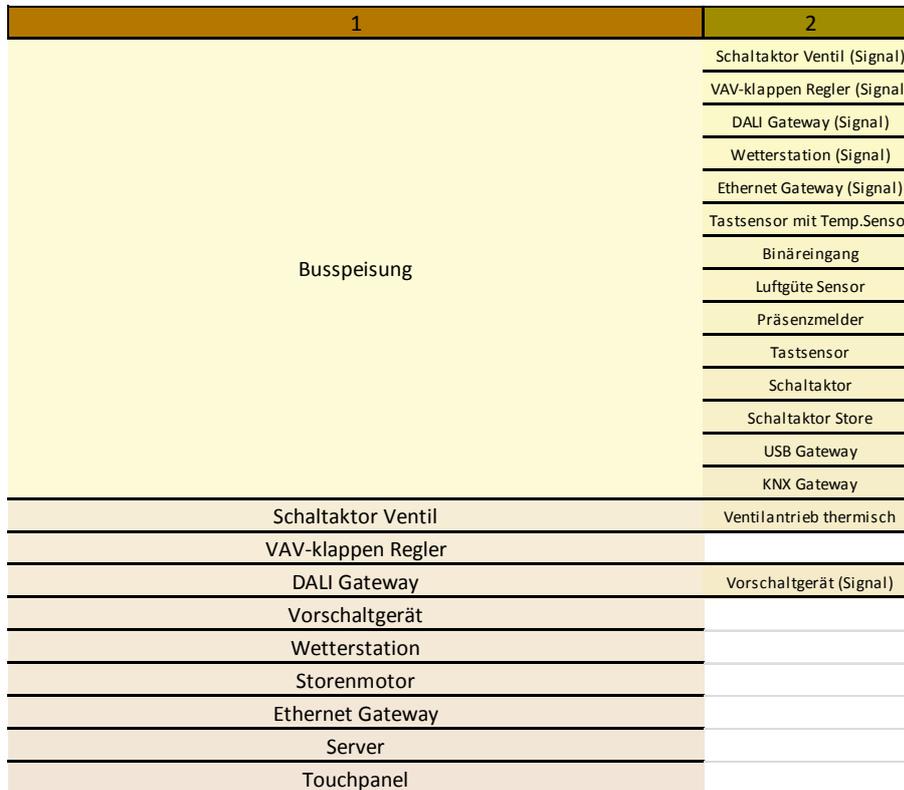


Abbildung 48: Topologie in Baum-Darstellung, links: oberste Ebene (Ebene 1), gespeisung mit 230 V AC

Obj_7_GAS_1_Eingaben	Zuordnung							
	Eingegebene Werte [-]				Verwendete Werte (automatisch) [-]			
	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung
Komponente								
Busspeisung			1.00		0.29654	0.32920	0.20393	0.17033
Tastsensor mit Temp.Sensor	1.00				1.00000			
Binäreingang	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Schaltaktor Ventil	1.00				1.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Ventilantrieb thermisch	1.00				1.00000			
Luftgüte Sensor		1.00				1.00000		
VAV-klappen Regler		1.00		0.00		1.00000		0.00000
Präsenzmelder	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Tastsensor					1.00000			
DALI Gateway					1.00000			
Schaltaktor					1.00000			
Vorschaltgerät			1.00			1.00000		
Wetterstation	0.50			0.50	0.50000			0.50000
Schaltaktor Store					1.00			1.00000
Storenmotor					1.00			1.00000
Ethernet Gateway	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
USB Gateway	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
KNX Gateway	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Server	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Touchpanel	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000

Tabelle 58: Gewerks-Zuordnung

Obj_7_GAS_1_Ergebnisse		
Zusammenfassung - 'Stammbaumköpfe'		
	Input (Durchschnitt) [W]	Auslastung [%]
230V Speisungen		
Busspeisung	198.77	41.08
Schaltaktor Ventil	108.18	3.12
VAV-klappen Regler	78.37	
DALI Gateway	45.75	
Vorschaltgerät	35.00	
Wetterstation	3.64	
Storenmotor	58.32	
Ethernet Gateway	1.54	
Server	80.00	
Touchpanel	13.63	
Gesamtenergiebedarf Gebäudeautomat	623.20	

Tabelle 59: Auslastung der Speisungen

Obj_7_GAS_1_Ergebnisse	Summe [W]				Hauptspeisung							Signal						
	623.20				[W]; [-] bei Wirkungsgrad							[W]						
	Anzahl	EEV gesamt alle Geräte [W]	EEV Hauptspeisung, alle Geräte [W]	EEV Signal, alle Geräte [W]	EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	EEV-on-var (Durchschnitt)	Nominalleistung	Wirkungsgrad	Input (Durchschnitt)	Output (Durchschnitt)	EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	Input (Durchschnitt)
Busspeisung	31	76.51	76.51		2.47	1.32	1.32	0.00	1.15	9.60	0.775	6.41	3.94					
Tastsensor mit Temp.Sensor	85	19.55	19.55		0.23	0.23	0.23	0.00				0.23	0.00					
Binäreingang	20	2.60	2.60		0.13	0.13	0.13	0.00				0.13	0.00					
Schaltaktor Ventil	25	3.54	0.54	3.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	920.00	0.995	4.33	4.31	0.12	0.12	0.12	0.00	0.12
Ventilantrieb thermisch	90	107.64	107.64		1.20	1.20	2.08	1.04				1.20	0.00					
Luftgüte Sensor	75	22.50	22.50		0.30	0.30	0.30	0.00				0.30	0.00					
VAV-klappen Regler	160	103.97	78.37	25.60	0.49	0.49	2.93	0.48				0.49	0.00	0.16	0.16	0.16	0.00	0.16
Präsenzmelder	140	18.62	18.62		0.13	0.13	0.13	0.00				0.13	0.00					
Tastsensor	115	11.27	11.27		0.10	0.10	0.10	0.00				0.10	0.00					
DALI Gateway	25	21.00	17.75	3.25	0.71	0.71	0.71	0.00				1.83	1.12	0.13	0.13	0.13	0.00	0.13
Schaltaktor	15	1.22	1.22		0.08	0.08	0.08	0.00				0.08	0.00					
Vorschaltgerät	175	63.00	35.00	28.00	0.20	0.20	0.20	0.00				0.20	0.00	0.16	0.16	0.16	0.00	0.16
Wetterstation	1	3.68	3.64	0.04	3.64	3.64	3.64	0.00				3.64	0.00	0.04	0.04	0.04	0.00	0.04
Schaltaktor Store	90	9.45	9.45		0.11	0.11	0.11	0.00				0.11	0.00					
Storenmotor	180	58.32	58.32		0.32	0.32	108.00	0.00				0.32	0.00					
Ethernet Gateway	1	1.59	1.54	0.05	1.54	1.54	1.54	0.00				1.54	0.00	0.05	0.05	0.05	0.00	0.05
USB Gateway	6	0.96	0.96		0.16	0.16	0.16	0.00				0.16	0.00					
KNX Gateway	16	4.16	4.16		0.26	0.26	0.26	0.00				0.26	0.00					
Server	1	80.00	80.00		80.00	80.00	80.00	0.00				80.00	0.00					
Touchpanel	5	13.63	13.63		2.73	2.73	19.30	2.00				2.73	0.00					

Tabelle 60: Ergebnisse pro Komponente

Obj_7_GAS_1_Ergebnisse	EEV [W]							
	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Teilsomme	Speisungen	Summe	
Komponentenart								
Antrieb Klappe	0.00	103.97	0.00	0.00	103.97	16.02	119.99	
Antrieb Store	0.00	0.00	0.00	58.32	58.32		58.32	
Antrieb Ventil	107.64	0.00	0.00	0.00	107.64	3.54	111.18	
Bedienung	19.55	0.00	11.27	0.00	30.82	19.29	50.11	
Gateway DALI	0.00	0.00	21.00	0.00	21.00	2.03	23.03	
Gateway Ethernet	0.40	0.40	0.40	0.40	1.59	0.03	1.61	
Gateway KNX	1.04	1.04	1.04	1.04	4.16	2.60	6.76	
Gateway USB	0.24	0.24	0.24	0.24	0.96	0.60	1.56	
I/O	1.30	1.30	1.22	9.45	13.27	8.30	21.57	
Präsenzsensoren	4.66	4.66	4.66	4.66	18.62	11.65	30.27	
Sensor Luftqualität	0.00	22.50	0.00	0.00	22.50	14.08	36.58	
Sensor Wetter	1.84	0.00	0.00	1.84	3.68	0.03	3.71	
Vorschaltgerät	0.00	0.00	63.00	0.00	63.00		63.00	
Systemgeräte	23.41	23.41	23.41	23.41	93.63		93.63	
Teilsomme	160.07	157.51	126.22	99.35	543.15	78.17	623.20	
Speisungen	26.23	25.19	15.60	13.03	80.05			
Summe	186.30	182.69	141.83	112.38	623.20			

Tabelle 61: Ergebnisse pro Gewerk und Kategorie

10.6.8 Objekt 7, GAS 2

Obj_7_GAS_2_Eingaben Fläche [m²] 3300			Hauptspeisung						Signal			
Komponente	Komponentenart	Anzahl	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fix [W]	Anteil-on	Nominalleistung [W]	Wirkungsgrad	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fix [W]	Anteil-on
Netzgerät	Speisungen	17.00	230V Speisung	0.00	0.02	1.0000	120.00	0.84				
Controller	Controller	16.00	Netzgerät	0.00	3.97	1.0000						
Raumbediengerät	Bediengerät	75.00	Controller	0.00	1.20	1.0000						
Fensterkontakt	Steuerung/Regelung d	80.00	Netzgerät	0.00	0.00	0.0300						
Digitaleingang	I/O	10.00	Controller	0.01	0.07	0.0300			Fensterkontakt	0.00	0.84	0.0300
Analogausgang	I/O	25.00	Controller	0.01	0.03	0.0020						
Ventilantrieb motorisch	Antrieb Ventil	90.00	Netzgerät	0.97	0.93	0.0020						
CO2 Sensor	Sensor Luftqualität	75.00	Netzgerät	0.00	0.82	1.0000						
Analogeingang	I/O	20.00	Controller	0.00	0.12	1.0000						
MP Gateway	Gateway MP-Bus	5.00	Controller	0.44	0.44	1.0000						
VAV-klappen Regler	Antrieb Klappe	160.00	Netzgerät	1.02	1.25	0.0100						
Lichtsensord	Sensor Helligkeit	65.00	Netzgerät	0.00	0.10	1.0000						
Präsenzmelder	Sensor Präsenz	140.00	230V Speisung	0.00	0.15	0.2600						
Binäreingang	I/O	35.00	Controller	0.00	0.00	1.0000			Präsenzmelder	0.00	0.72	0.2600
DALI Gateway	Gateway DALI	15.00	Netzgerät	0.00	0.58	1.0000			Controller	0.00	0.45	1.0000
Vorschaltgerät	Vorschaltgerät	175.00	230V Speisung	0.00	0.20	1.0000			DALI Gateway	0.00	0.16	1.0000
Relaismodul	I/O	120.00	Netzgerät	0.01	0.64	0.2600			Controller	0.01	0.08	0.2600
Storenmotor	Antrieb Store	180.00	230V Speisung	0.00	108.00	0.0030						
Wetterstation	Sensor Wetter	1.00	Netzgerät	0.00	2.88	1.0000						
Server	Systemgeräte	1.00	230V Speisung	0.00	80.00	1.0000						
Touchpanel	Systemgeräte	5.00	230V Speisung	2.00	19.30	0.0420						

Tabelle 62: Eingabedaten zur Speisung und Topologie

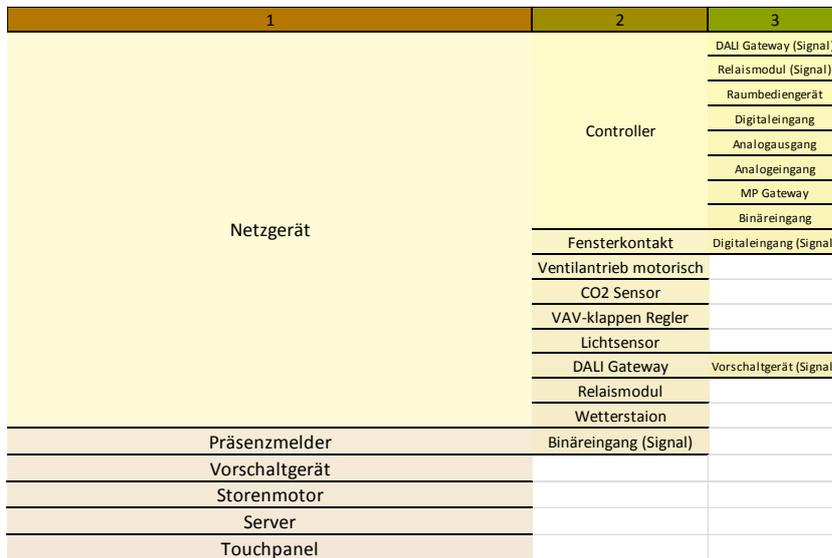


Abbildung 49: Topologie in Baum-Darstellung, links: oberste Ebene (Ebene 1), gespeisen mit 230 V AC

Obj_7_GAS_2_Eingaben	Zuordnung							
	Eingegebene Werte [-]				Verwendete Werte (automatisch) [-]			
Komponente	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung
Netzgerät	0.25	0.25	0.25	0.25	0.23336	0.49489	0.17722	0.09453
Controller	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24018	0.27334	0.24956	0.23692
Raumbediengerät	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Fensterkontakt	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Digitaleingang	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Analogausgang	1.00				1.00000			
Ventilantrieb motorisch	1.00				1.00000			
CO2 Sensor		1.00				1.00000		
Analogeingang		0.50	0.50			0.50000	0.50000	
MP Gateway		1.00				1.00000		
VAV-klappen Regler		1.00				1.00000		
Lichtsensord			1.00				1.00000	
Präsenzmelder	0.30	0.30	0.40		0.30000	0.30000	0.40000	
Binäreingang			1.00				1.00000	
DALI Gateway			1.00				1.00000	
Vorschaltgerät			1.00				1.00000	
Relaismodul			0.50	0.50			0.50000	0.50000
Storenmotor				1.00				1.00000
Wetterstation			0.50	0.50			0.50000	0.50000
Server	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Touchpanel	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000

Tabelle 63: Gewerks-Zuordnung

Obj_7_GAS_2_Ergebnisse		
Zusammenfassung - 'Stammbaumköpfe'		
230V Speisungen	Input (Durchschnitt) [W]	Auslastung [%]
Netzgerät	652.83	26.87
Präsenzmelder	11.90	
Vorschaltgerät	35.00	
Storenmotor	58.32	
Server	80.00	
Touchpanel	13.63	
Gesamtenergiebedarf Gebäudeautomat	851.69	

Tabelle 64: Auslastung der Speisungen

Obj_7_GAS_2_Ergebnisse		Summe [W]			Hauptspeisung								Signal					
		851.69	806.75	44.94	[W]; [-] bei Wirkungsgrad								[W]					
Komponente	Anzahl	EEV gesamt, alle Geräte [W]	EEV Hauptspeisung, alle Geräte [W]	EEV Signal, alle Geräte [W]	EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	EEV-on-var (Durchschnitt)	Nominalleistung	Wirkungsgrad	Input (Durchschnitt)	Output (Durchschnitt)	EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	Input (Durchschnitt)
Netzgerät	17	104.66	104.66		6.16	0.02	0.02	0.00	6.14	120.00	0.840	38.40	32.25					
Controller	16	63.52	63.52		3.97	3.97	3.97	0.00	0.00		1.000	10.54	6.57					
Raumbediengerät	75	90.00	90.00		1.20	1.20	1.20	0.00				1.20	0.00					
Fensterkontakt	80	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00				0.00	0.00					
Digitaleingang	10	0.37	0.12	0.25	0.01	0.01	0.07	0.01				0.01	0.00	0.03	0.03	0.84	0.00	0.03
Analogausgang	25	0.25	0.25		0.01	0.01	0.03	0.01				0.01	0.00					
Ventilantrieb motorisch	90	87.29	87.29		0.97	0.97	0.93	0.97				0.97	0.00					
CO2 Sensor	75	61.50	61.50		0.82	0.82	0.82	0.00				0.82	0.00					
Analogeingang	20	2.40	2.40		0.12	0.12	0.12	0.00				0.12	0.00					
MP Gateway	5	2.20	2.20		0.44	0.44	0.44	0.44				0.44	0.00					
VAV-Klappen Regler	160	163.57	163.57		1.02	1.02	1.25	1.02				1.02	0.00					
Lichtsensoren	65	6.50	6.50		0.10	0.10	0.10	0.00				0.10	0.00					
Präsenzmelder	140	5.35	5.35		0.04	0.04	0.15	0.00				0.09	0.05					
Binäreingang	35	6.55	0.00	6.55	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00	0.00	0.19	0.19	0.72	0.00	0.19
DALI Gateway	15	15.45	8.70	6.75	0.58	0.58	0.58	0.00				2.45	1.87	0.45	0.45	0.45	0.00	0.45
Vorschaltgerät	175	63.00	35.00	28.00	0.20	0.20	0.20	0.00				0.20	0.00	0.16	0.16	0.16	0.00	0.16
Relaismodul	120	24.24	20.86	3.38	0.17	0.17	0.64	0.01				0.17	0.00	0.03	0.03	0.08	0.01	0.03
Stoeremotor	180	58.32	58.32		0.32	0.32	108.00	0.00				0.32	0.00					
Wetterstation	1	2.88	2.88		2.88	2.88	2.88	0.00				2.88	0.00					
Server	1	80.00	80.00		80.00	80.00	80.00	0.00				80.00	0.00					
Touchpanel	5	13.63			2.73	2.73	19.30	2.00				2.73	0.00					

Tabelle 65: Ergebnisse pro Komponente

Obj_7_GAS_2_Ergebnisse								
Kategorien	EEV [W]							
	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Teilsomme	Speisungen	Summe	
Komponentenart								
Antrieb Klappe	0.00	163.57	0.00	0.00	163.57	31.23	194.80	
Antrieb Store	0.00	0.00	0.00	58.32	58.32		58.32	
Antrieb Ventil	87.29	0.00	0.00	0.00	87.29	16.67	103.96	
Bediengerät	22.50	22.50	22.50	22.50	90.00		90.00	
Controller	15.26	17.36	15.85	15.05	63.52	32.20	95.72	
Gateway DALI	0.00	0.00	15.45	0.00	15.45	7.01	22.46	
Gateway MP-Bus	0.00	2.20	0.00	0.00	2.20		2.20	
I/O	0.44	1.39	19.87	12.12	33.81	3.98	37.80	
Sensor Helligkeit	0.00	0.00	6.50	0.00	6.50	1.24	7.74	
Sensor Luftqualität	0.00	61.50	0.00	0.00	61.50	11.74	73.24	
Sensor Präsenz	1.61	1.61	2.14	0.00	5.35		5.35	
Sensor Wetter	0.00	0.00	1.44	1.44	2.88	0.55	3.43	
Vorschaltgerät	0.00	0.00	63.00	0.00	63.00		63.00	
Steuerung/Regelung dezentral	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	
Systemgeräte	23.41	23.41	23.41	23.41	93.63		93.63	
Teilsomme	150.50	293.53	170.16	132.84	747.03	104.66	851.69	
Speisungen	24.42	51.80	18.55	9.89	104.66			
Summe	174.92	345.33	188.71	142.73	851.69			

Tabelle 66: Ergebnisse pro Gewerk und Kategorie

10.6.9 Objekt 7, GAS 3

Obj_7_GAS_3_Eingaben			Hauptspeisung						Signal				
Fläche [m ²] 3300													
Komponente	Komponentenart	Anzahl	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fik [W]	Anteil-on	Nominalleistung [W]	Wirkungsgrad	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fik [W]	Anteil-on	
Speisungstransformator	Speisungen	41.00	230V Speisung	0.00	2.33	1.0000	35.00	0.80					
KNX Speisung	Speisungen	15.00	230V Speisung	0.00	1.32	1.0000	9.60	0.70					
Controller	Controller	26.00	Speisungstransformator	0.00	5.24	1.0000							
Raumbediengerät	Bedienung	75.00	KNX Speisung	0.19	0.21	0.2600							
Triacmodul	I/O	15.00	Controller	0.19	0.92	0.1500							
Ventilantrieb thermisch	Antrieb Ventil	90.00	Triacmodul	0.92	0.83	0.1500							
CO2 Sensor	Sensor Luftqualität	75.00	Speisungstransformator	0.00	0.82	1.0000							
Universalmodul	I/O	20.00	Controller	0.79	0.93	1.0000							
VAV-Klappen Regler	Antrieb Klappe	160.00	Speisungstransformator	0.48	2.93	0.0040			KNX Speisung	0.00	0.16	1.0000	
Bustaster	Bedienung	115.00	KNX Speisung	0.00	0.28	1.0000							
Präsenzmelder	Sensor Präsenz	75.00	KNX Speisung	0.15	0.17	0.2600							
Präsenz-Licht Sensor	Sensor Licht/Präsenz	65.00	KNX Speisung	0.00	0.24	1.0000							
Relaismodul	I/O	60.00	Controller	0.61	3.49	0.2600							
Vorschaltgerät	Vorschaltgerät	175.00	230V Speisung	0.00	0.20	1.0000			Controller	0.00	0.16	1.0000	
Storenmotor	Antrieb Store	180.00	230V Speisung	0.00	108.00	0.0030							
Wetterstation	Sensor Wetter	1.00	Speisungstransformator	0.00	2.30	1.0000			Controller	0.00	0.19	1.0000	
Server	Systemgeräte	1.00	230V Speisung	0.00	80.00	1.0000							
Touchpanel	Systemgeräte	5.00	230V Speisung	2.00	19.30	0.0420							

Tabelle 67: Eingabedaten zur Speisung und Topologie

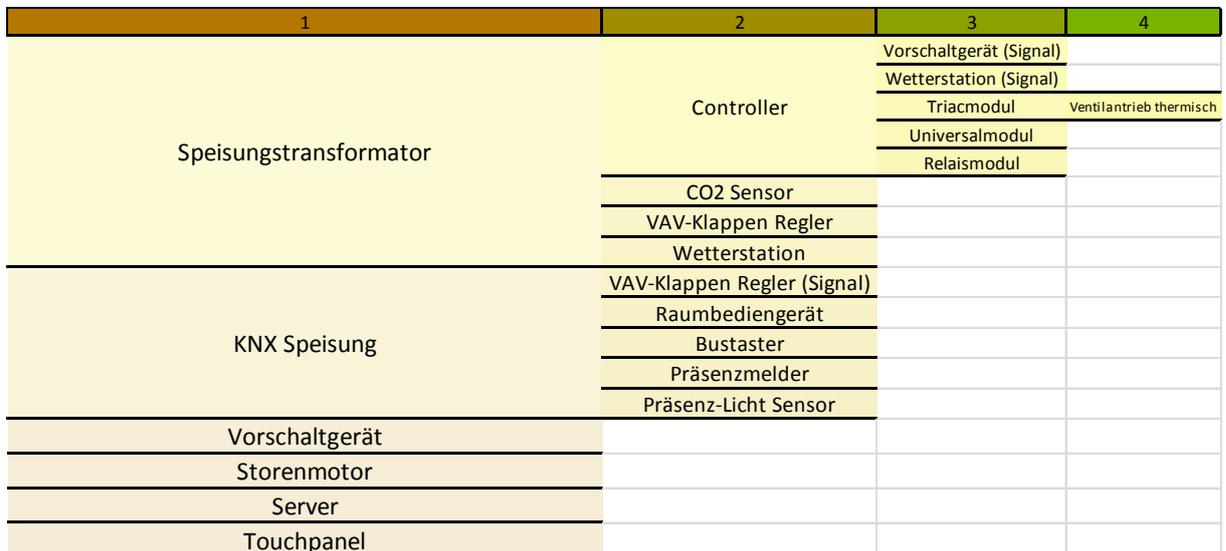


Abbildung 50: Topologie in Baum-Darstellung, links: oberste Ebene (Ebene 1), gespeisen mit 230 V AC

Obj_7_GAS_3_Eingaben	Zuordnung							
	Eingegebene Werte [-]				Verwendete Werte (automatisch) [-]			
Komponente	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung
Speisungstransformator	0.25	0.25	0.25	0.25	0.36678	0.31936	0.15693	0.15693
KNX Speisung					1.00	0.04941	0.04941	0.74649
Controller	0.25	0.25	0.25	0.25	0.51222	0.04994	0.21892	0.21892
Raumbediengerät	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Triacmodul	1.00				1.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Ventilantrieb thermisch	1.00				1.00000			
CO2 Sensor		1.00				1.00000		
Universalmodul	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
VAV-Klappen Regler		1.00				1.00000		
Bustaster			1.00				1.00000	
Präsenzmelder			1.00				1.00000	
Präsenz-Licht Sensor			0.50	0.50			0.50000	0.50000
Relaismodul			0.50	0.50			0.50000	0.50000
Vorschaltgerät			1.00				1.00000	
Storenmotor				1.00				1.00000
Wetterstation	0.50		0.25	0.25	0.50000		0.25000	0.25000
Server	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Touchpanel	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000

Tabelle 68: Gewerks-Zuordnung

Obj_7_GAS_3_Ergebnisse		
Zusammenfassung - 'Stammbaumköpfe'		
	Input (Durchschnitt) [W]	Auslastung [%]
230V Speisungen		
Speisungstransformator	678.73	34.34
KNX Speisung	148.49	69.22
Vorschaltgerät	35.00	
Storenmotor	58.32	
Server	80.00	
Touchpanel	13.63	
Gesamtenergiebedarf Gebäudeautomat	1014.18	

Tabelle 69: Auslastung der Speisungen

Obj_7_GAS_3_Ergebnisse		Summe [W]			Hauptspeisung								Signal					
		1014.18	960.39	53.79	[W]; [-] bei Wirkungsgrad								[W]					
Komponente	Anzahl	EEV gesamt alle Geräte [W]	EEV Hauptspeisung, alle Geräte [W]	EEV Signal, alle Geräte [W]	EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	EEV-on-ver (Durchschnitt)	Nominalleistung	Wirkungsgrad	Input (Durchschnitt)	Output (Durchschnitt)	EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	Input (Durchschnitt)
Speisungstransformator	41	185.92	185.92		4.53	2.33	2.33	0.00	2.20	35.00	0.845	16.55	12.02					
KNX Speisung	15	48.81	48.81		3.25	1.32	1.32	0.00	1.93	9.60	0.775	9.90	6.65					
Controller	26	136.24	136.24		5.24	5.24	5.24	0.00	0.00		1.000	13.49	8.25					
Raumbediengerät	75	14.64	14.64		0.20	0.20	0.21	0.19				0.20	0.00					
Triacmodul	15	4.49	4.49		0.30	0.30	0.92	0.19	0.00		1.000	5.74	5.44					
Ventilantrieb thermisch	90	81.59	81.59		0.91	0.91	0.83	0.92				0.91	0.00					
CO2 Sensor	75	61.50	61.50		0.82	0.82	0.82	0.00				0.82	0.00					
Universalmodul	20	18.60	18.60		0.93	0.93	0.93	0.79				0.93	0.00					
VAV-Klappen Regler	160	103.97	78.37	25.60	0.49	0.49	2.93	0.48				0.49	0.00	0.16	0.16	0.16	0.00	0.16
Bustaster	115	32.20	32.20		0.28	0.28	0.28	0.00				0.28	0.00					
Präsenzmelder	75	11.64	11.64		0.16	0.16	0.17	0.15				0.16	0.00					
Präsenz-Licht Sensor	65	15.60	15.60		0.24	0.24	0.24	0.00				0.24	0.00					
Relaismodul	60	81.53	81.53		1.36	1.36	3.49	0.61				1.36	0.00					
Vorschaltgerät	175	63.00	35.00	28.00	0.20	0.20	0.20	0.00				0.20	0.00	0.16	0.16	0.16	0.00	0.16
Stoerenmotor	180	58.32	58.32		0.32	0.32	108.00	0.00				0.32	0.00					
Wetterstation	1	2.49	2.30	0.19	2.30	2.30	2.30	0.00				2.30	0.00	0.19	0.19	0.19	0.00	0.19
Server	1	80.00	80.00		80.00	80.00	80.00	0.00				80.00	0.00					
Touchpanel	5	13.63	13.63		2.73	2.73	19.30	2.00				2.73	0.00					

Tabelle 70: Ergebnisse pro Komponente

Obj_7_GAS_3_Ergebnisse							
Kategorien	EEV [W]						
	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Teilsomme	Speisungen	Summe
Antrieb Klappe	0.00	103.97	0.00	0.00	103.97	42.10	146.07
Antrieb Store	0.00	0.00	0.00	58.32	58.32		58.32
Antrieb Ventil	81.59	0.00	0.00	0.00	81.59		81.59
Bedienung	3.66	3.66	35.86	3.66	46.84	22.94	69.78
Controller	69.78	6.80	29.83	29.83	136.24	132.29	268.53
I/O	13.79	9.30	40.76	40.76	104.62		104.62
Sensor Licht/Präsenz	0.00	0.00	7.80	7.80	15.60	7.64	23.24
Sensor Luftqualität	0.00	61.50	0.00	0.00	61.50	23.20	84.70
Sensor Präsenz	0.00	0.00	11.64	0.00	11.64	5.70	17.34
Sensor Wetter	1.25	0.00	0.62	0.62	2.49	0.87	3.36
Vorschaltgerät	0.00	0.00	63.00	0.00	63.00		63.00
Systemgeräte	23.41	23.41	23.41	23.41	93.63		93.63
Teilsomme	193.48	208.64	212.92	164.40	779.44	234.74	1014.18
Speisungen	70.61	61.79	65.62	36.73	234.74		
Summe	264.08	270.43	278.54	201.13	1014.18		

Tabelle 71: Ergebnisse pro Gewerk und Kategorie

10.6.10 Objekt 7, GAS 4

Obj_7_GAS_4_Eingaben			Hauptspeisung						Signal				
Fläche [m²] 3300													
Komponente	Komponentenart	Anzahl	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fix [W]	Anteil-on	Nominalleistung [W]	Wirkungsgrad	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fix [W]	Anteil-on	
Netzgerät	Speisungen	16.00	230V Speisung	0.00	0.54	1.0000	120.00	0.80					
Controller	Controller	16.00	Netzgerät	0.00	9.04	1.0000							
CAN Gateway	Gateway CAN	6.00	Netzgerät	0.00	1.44	1.0000							
Raumbediengerät	Bedienung	75.00	Netzgerät	0.00	1.68	1.0000							
Digitaleingang	I/O	10.00	Netzgerät	0.00	0.06	1.0000							
Analogausgang	I/O	65.00	Netzgerät	1.11	1.15	0.0200							
Ventilantrieb motorisch	Antrieb Ventil	90.00	Netzgerät	0.97	0.93	0.0020							
CO2 Sensor	Sensor Luftqualität	75.00	Netzgerät	0.00	0.82	1.0000							
Analogeingang	I/O	65.00	Netzgerät	0.00	0.70	1.0000							
VAV-Klappen Regler	Antrieb Klappe	160.00	Netzgerät	1.02	1.25	0.0040							
Digitaleingang 230V	I/O	50.00	Netzgerät	0.17	1.08	0.2600							
Präsenzmelder	Sensor Präsenz	140.00	230V Speisung	0.00	0.15	0.2600							
Lichtsensormelder	Sensor Helligkeit	65.00	Netzgerät	0.00	0.10	1.0000							
Digitalausgang 230V	I/O	75.00	Netzgerät	1.00	3.16	0.2600							
DALI Gateway	Gateway DALI	15.00	Netzgerät	0.00	0.58	1.0000							
Vorschaltgerät	Vorschaltgerät	175.00	230V Speisung	0.00	0.20	1.0000			DALI Gateway	0.00	0.16	1.0000	
Stoerenmotor	Antrieb Store	180.00	230V Speisung	0.00	108.00	0.0030							
Wetterstation	Sensor Wetter	1.00	Netzgerät	0.00	3.12	1.0000							
Server	Systemgeräte	1.00	230V Speisung	0.00	80.00	1.0000							
Touchpanel	Systemgeräte	5.00	230V Speisung	2.00	19.30	0.0420							

Tabelle 72: Eingabedaten zur Speisung und Topologie

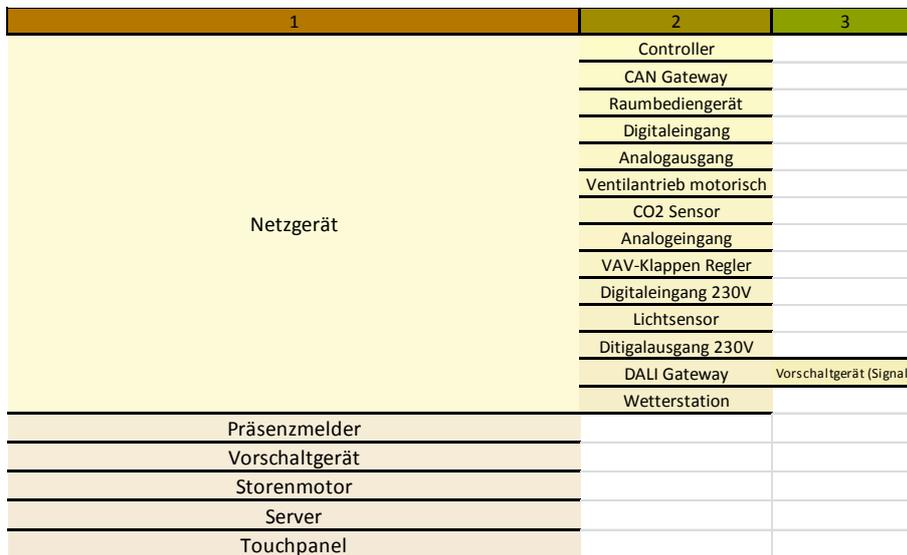


Abbildung 51: Topologie in Baum-Darstellung, links: oberste Ebene (Ebene 1), gespeisung mit 230 V AC

Obj_7_GAS_4_Eingaben	Zuordnung							
	Eingegebene Werte [-]				Verwendete Werte (automatisch) [-]			
Komponente	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung
Netzgerät	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25732	0.35525	0.21789	0.16954
Controller	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
CAN Gateway	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Raumbediengerät	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Digitaleingang	1.00				1.00000			
Analogausgang	1.00				1.00000			
Ventilantrieb motorisch	1.00				1.00000			
CO2 Sensor		1.00				1.00000		
Analogeingang		0.50	0.25	0.25		0.50000	0.25000	0.25000
VAV-Klappen Regler		1.00				1.00000		
Digitaleingang 230V			0.50	0.50			0.50000	0.50000
Präsenzmelder	0.30	0.30	0.40		0.30000	0.30000	0.40000	
Lichtsensormelder			1.00				1.00000	
Digitalausgang 230V			0.50	0.50			0.50000	0.50000
DALI Gateway			1.00				1.00000	
Vorschaltgerät			1.00				1.00000	
Stoerenmotor				1.00				1.00000
Wetterstation			0.50	0.50			0.50000	0.50000
Server	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Touchpanel	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000

Tabelle 73: Gewerks-Zuordnung

Obj_7_GAS_4_Ergebnisse		
Zusammenfassung - 'Stammbaumköpfe'		
	Input (Durchschnitt) [W]	Auslastung [%]
230V Speisungen		
Netzgerät	1121.48	46.54
Präsenzmelder	5.35	
Vorschaltgerät	35.00	
Stoerenmotor	58.32	
Server	80.00	
Touchpanel	13.63	
Gesamtenergiebedarf Gebäudeautomat	1313.79	

Tabelle 74: Auslastung der Speisungen

Obj_7_GAS_4_Ergebnisse		Summe [W]			Hauptspeisung								Signal					
		1313.79	1285.79	28.00	[W]; [-] bei Wirkungsgrad								[W]					
Komponente	Anzahl	EEV gesamt alle Geräte [W]	EEV Hauptspeisung, alle Geräte [W]	EEV Signal, alle Geräte [W]	EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	EEV-on-var (Durchschnitt)	Nominalleistung	Wirkungsgrad	Input (Durchschnitt)	Output(Durchschnitt)	EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	Input (Durchschnitt)
Netzgerät	16	227.99	227.99		14.25	0.54	0.54	0.00	13.71	120.00	0.803	70.09	55.84					
Controller	16	144.64	144.64		9.04	9.04	9.04	0.00				9.04	0.00					
CAN Gateway	6	8.64	8.64		1.44	1.44	1.44	0.00				1.44	0.00					
Raumbediengerät	75	126.00	126.00		1.68	1.68	1.68	0.00				1.68	0.00					
Digitaleingang	10	0.60	0.60		0.06	0.06	0.06	0.00				0.06	0.00					
Analogausgang	65	72.20	72.20		1.11	1.11	1.15	1.11				1.11	0.00					
Ventilantrieb motorisch	90	87.29	87.29		0.97	0.97	0.93	0.97				0.97	0.00					
CO2 Sensor	75	61.50	61.50		0.82	0.82	0.82	0.00				0.82	0.00					
Analogeingang	65	45.50	45.50		0.70	0.70	0.70	0.00				0.70	0.00					
VAV-Klappen Regler	160	163.35	163.35		1.02	1.02	1.25	1.02				1.02	0.00					
Digitaleingang 230V	50	20.33	20.33		0.41	0.41	1.08	0.17				0.41	0.00					
Präsenzmelder	140	5.35	5.35		0.04	0.04	0.15	0.00				0.04	0.00					
Lichtsensoren	65	6.50	6.50		0.10	0.10	0.10	0.00				0.10	0.00					
Digitalausgang 230V	75	117.12	117.12		1.56	1.56	3.16	1.00				1.56	0.00					
DALI Gateway	15	8.70	8.70		0.58	0.58	0.58	0.00				2.45	1.87					
Vorschaltgerät	175	63.00	35.00	28.00	0.20	0.20	0.20	0.00				0.20	0.00	0.16	0.16	0.16	0.00	0.16
Stoßmotor	180	58.32	58.32		0.32	0.32	108.00	0.00				0.32	0.00					
Wetterstation	1	3.12	3.12		3.12	3.12	3.12	0.00				3.12	0.00					
Server	1	80.00	80.00		80.00	80.00	80.00	0.00				80.00	0.00					
Touchpanel	5	13.63	13.63		2.73	2.73	19.30	2.00				2.73	0.00					

Tabelle 75: Ergebnisse pro Komponente

Obj_7_GAS_4_Ergebnisse							
Kategorien	EEV [W]						
	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Teilsomme	Speisungen	Summe
Komponentenart							
Antrieb Klappe	0.00	163.35	0.00	0.00	163.35	41.68	205.03
Antrieb Store	0.00	0.00	0.00	58.32	58.32		58.32
Antrieb Ventil	87.29	0.00	0.00	0.00	87.29	22.27	109.57
Bedienung	31.50	31.50	31.50	31.50	126.00	32.15	158.15
Controller	36.16	36.16	36.16	36.16	144.64	36.91	181.55
Gateway CAN	2.16	2.16	2.16	2.16	8.64	2.20	10.84
Gateway DALI	0.00	0.00	8.70	0.00	8.70	9.36	18.06
I/O	72.80	22.75	80.10	80.10	255.75	65.26	321.01
Sensor Helligkeit	0.00	0.00	6.50	0.00	6.50	1.66	8.16
Sensor Luftqualität	0.00	61.50	0.00	0.00	61.50	15.69	77.19
Sensor Präsenz	1.61	1.61	2.14	0.00	5.35		5.35
Sensor Wetter	0.00	0.00	1.56	1.56	3.12	0.80	3.92
Vorschaltgerät	0.00	0.00	63.00	0.00	63.00		63.00
Systemgeräte	23.41	23.41	23.41	23.41	93.63		93.63
Teilsomme	254.93	342.43	255.23	233.21	1085.80	227.99	1313.79
Speisungen	58.67	81.00	49.68	38.65	227.99		
Summe	313.60	423.43	304.91	271.86	1313.79		

Tabelle 76: Ergebnisse pro Gewerk und Kategorie

10.7 Objektanalysen GA primärseitig: Eingaben und Ergebnisse

10.7.1 Objekt 1, GA primärseitig

Obj_1_Primaeranlage_Eingabe Fläche [m ²] 460			Hauptspeisung						Signal			
Komponente	Komponentenart	Anzahl	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fix [W]	Anteil-on	Nominalleistung [W]	Wirkungsgrad	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fix [W]	Anteil-on
Speisungstransformator	Speisungen	5.00	230V Speisung	0.00	14.90	1.0000	250.00	0.89				
Speisungsmodul	Energietransfer	4.00	Speisungstransformator	0.00	4.00	1.0000	57.00	0.75				
Controller	Controller	2.00	Speisungstransformator	0.00	24.00	1.0000						
Gatewaymodul	Gateway	2.00	Speisungsmodul	0.00	1.32	1.0000			Controller	0.00	0.00	1.0000
Buserweiterungs Modul	Gateway	2.00	Speisungsmodul	0.00	1.20	1.0000			Controller	0.00	0.00	1.0000
Digitaleingangs-Modul	I/O	6.00	Speisungsmodul	0.00	0.60	1.0000			Controller	0.00	0.00	1.0000
Relais Modul	I/O	7.00	Speisungsmodul	0.00	1.90	1.0000			Controller	0.00	0.00	1.0000
Universalmodul	I/O	9.00	Speisungsmodul	0.00	1.50	1.0000			Controller	0.00	0.00	1.0000
Universalmodul mit lok. Bedienung	I/O	3.00	Speisungsmodul	0.00	1.80	1.0000			Controller	0.00	0.00	1.0000
Bediengerät	Bediengerät	1.00	Speisungstransformator	0.00	7.00	1.0000						
Pegelwandler	Gateway	1.00	DC Speisung	0.00	15.00	1.0000			Buserweiterungs Modul	0.00	0.00	1.0000
DC Speisung	Speisungen	1.00	230V Speisung	0.00	1.80	1.0000	60.00	0.88				
Ethernet Switch	Gateway	1.00	Speisungstransformator	0.00	18.00	1.0000						
Zeitrelais	Relais	2.00	230V Speisung	0.00	2.00	0.9900			Relais Modul	0.00	0.00	0.9900
Wärmezähler	Sensor	7.00	230V Speisung	0.00	0.80	1.0000			Pegelwandler	0.00	0.08	1.0000
Frostschutzwächter	Sensor	1.00	Speisungstransformator	0.00	6.00	1.0000						
Strömungswächter	Sensor	4.00	230V Speisung	0.00	3.00	1.0000						
Drucksensor	Sensor	2.00	Speisungsmodul	0.00	0.50	1.0000						
Klappenantriebe 3punkt	Antrieb	4.00	230V Speisung	0.00	3.00	0.0400			Relais Modul	0.00	0.00	1.0000
Klappenantrieb kont.	Antrieb	1.00	Speisungsmodul	1.50	5.50	0.0400			Universalmodul	0.00	0.00	1.0000
BSK Antriebe	Antrieb	7.00	BSK Steuerung	3.00	2.50	0.0050						
BSK Steuerung	Steuerung	7.00	Speisungstransformator	0.00	1.40	1.0000						
BSK Rauchmelder	Rauchmelder	7.00	BSK Steuerung	0.00	0.62	1.0000						
Wetterstation	Sensor	1.00	Speisungstransformator	0.00	15.00	1.0000			Gatewaymodul	0.00	0.00	1.0000
Sonnenfühler	Sensor	1.00	Speisungsmodul	0.00	1.00	1.0000						
Ventilantrieb elektrohydraulisch	Antrieb	1.00	Speisungsmodul	0.00	13.00	0.0020			Universalmodul mit lok. Bedienung	0.00	0.00	1.0000
Ventilantrieb elektromotorisch	Antrieb	7.00	Speisungsmodul	0.00	3.75	0.0020			Universalmodul	0.00	0.00	1.0000
Stellantrieb elektromotorisch	Antrieb	1.00	Speisungsmodul	0.00	4.50	0.0020			Universalmodul	0.00	0.00	1.0000
Signalrelais	Relais	20.00	Speisungstransformator	0.00	2.00	0.5000						
Pumpenschütz	Relais	14.00	Speisungsmodul	0.00	4.40	0.8000						

Tabelle 77: Eingabedaten zur Speisung und Topologie

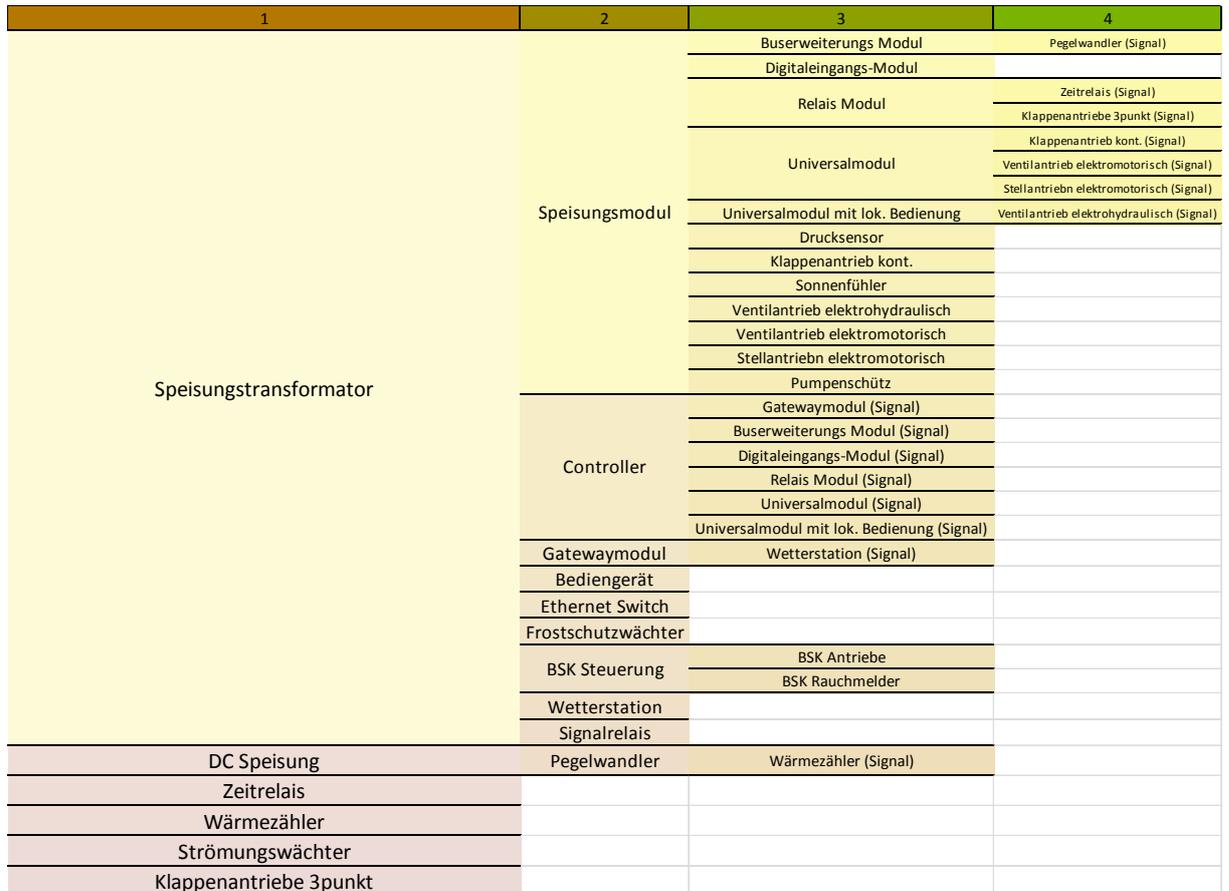


Abbildung 52: Topologie in Baum-Darstellung, links: oberste Ebene (Ebene 1), gespeisen mit 230 V AC

Obj_1_Primaeranlage_Eingabe	Zuordnung							
	Eingegebene Werte [-]				Verwendete Werte (automatisch) [-]			
Komponente	Heizung & Kühlung	Luftung	Licht	Beschattung	Heizung & Kühlung	Luftung	Licht	Beschattung
	Speisungstransformator	0.50	0.50			0.40616	0.56480	0.01452
Speisungsmodul	0.50	0.50			0.48289	0.51163	0.00274	0.00274
Controller	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Gatewaymodul	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Buserweiterungs-Modul	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Digitaleingangs-Modul	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Relais Modul	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Universalmodul	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Universalmodul mit lok. Bedienung	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Bediengerät	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Pegelwandler	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
DC Speisung	0.50	0.50			0.50000	0.50000	0.00000	0.00000
Ethernet Switch	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Zeitrelais	0.50	0.50			0.50000	0.50000		
Wärmezähler	1.00				1.00000			
Frostschutzwächter		1.00				1.00000		
Strömungswächter		1.00				1.00000		
Drucksensor		1.00				1.00000		
Klappenantriebe 3punkt		1.00				1.00000		
Klappenantrieb kont.		1.00				1.00000		
BSK Antriebe		1.00				1.00000		
BSK Steuerung		1.00			0.00000	1.00000	0.00000	0.00000
BSK Rauchmelder		1.00				1.00000		
Wetterstation	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Sonnenfühler	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000
Ventilantrieb elektrohydraulisch	1					1.00000		
Ventilantrieb elektromotorisch	0.7	0.3			0.70000	0.30000		
Stellantriebe elektromotorisch		1				1.00000		
Signalrelais	0.5	0.5			0.50000	0.50000		
Pumpenschütz	0.5	0.5			0.50000	0.50000		

Tabelle 78: Gewerks-Zuordnung

Obj_1_Primaeranlage_Ergebnisse		
Zusammenfassung - 'Stammbaumköpfe'		
	Input (Durchschnitt)	Auslastung [%]
230V Speisungen		
Speisungstransformator	375.61	22.64
DC Speisung	18.98	25.88
Zeitrelais	3.96	
Wärmezähler	5.60	
Strömungswächter	12.00	
Klappenantriebe 3punkt	0.48	
Gesamtenergiebedarf Gebäudeautomat	416.62	

Tabelle 79: Auslastung der Speisungen

Obj_1_Primaeranlage_Ergebnis	Summe [W]				Hauptspeisung										Signal			
	Anzahl	EEV gesamt, alle Geräte [W]	EEV Hauptspeisung, alle Geräte [W]	EEV Signal, alle Geräte [W]	[W]; [-] bei Wirkungsgrad										[W]			
Komponente					EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	EEV-on-ver (Durchschnitt)	Nominalleistung	Wirkungsgrad	Input (Durchschnitt)	Output (Durchschnitt)	EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	Input (Durchschnitt)
Speisungstransformator	5	92.61	92.61		18.52	14.90	14.90	0.00	3.62	250.00	0.940	75.12	56.60					
Speisungsmodul	4	40.01	40.01		10.00	4.00	4.00	0.00	6.00	57.00	0.792	32.81	22.81					
Controller	2	48.00	48.00		24.00	24.00	24.00	0.00				24.00	0.00					
Gatewaymodul	2	2.64	2.64	0.00	1.32	1.32	1.32	0.00				1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Buserweiterungs-Modul	2	2.40	2.40	0.00	1.20	1.20	1.20	0.00				1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Digitaleingangs-Modul	6	3.60	3.60	0.00	0.60	0.60	0.60	0.00				0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Relais Modul	7	13.30	13.30	0.00	1.90	1.90	1.90	0.00				1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Universalmodul	9	13.50	13.50	0.00	1.50	1.50	1.50	0.00				1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Universalmodul mit lok. Bedienung	3	5.40	5.40	0.00	1.80	1.80	1.80	0.00				1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bediengerät	1	7.00	7.00		7.00	7.00	7.00	0.00				7.00	0.00					
Pegelwandler	1	15.00	15.00	0.00	15.00	15.00	15.00	0.00				15.53	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DC Speisung	1	3.45	3.45		3.45	1.80	1.80	0.00	1.65	60.00	0.904	18.98	15.53					
Ethernet Switch	1	18.00	18.00		18.00	18.00	18.00	0.00				18.00	0.00					
Zeitrelais	2	3.96	3.96	0.00	1.98	1.98	2.00	0.00				1.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wärmezähler	7	6.13	5.60	0.53	0.80	0.80	0.80	0.00				0.80	0.00	0.08	0.08	0.08	0.00	0.08
Frostschutzwächter	1	6.00	6.00		6.00	6.00	6.00	0.00				6.00	0.00					
Strömungswächter	4	12.00	12.00		3.00	3.00	3.00	0.00				3.00	0.00					
Drucksensor	2	1.00	1.00		0.50	0.50	0.50	0.00				0.50	0.00					
Klappenantriebe 3punkt	4	0.48	0.48	0.00	0.12	0.12	0.30	0.00				0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Klappenantrieb kont.	1	1.66	1.66	0.00	1.66	1.66	5.50	1.50				1.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BSK Antriebe	7	20.98	20.98		3.00	3.00	2.50	3.00				3.00	0.00					
BSK Steuerung	7	9.80	9.80		1.40	1.40	1.40	0.00	0.00	1.000		5.02	3.62					
BSK Rauchmelder	7	4.34	4.34		0.62	0.62	0.62	0.00				0.62	0.00					
Wetterstation	1	15.00	15.00	0.00	15.00	15.00	15.00	0.00				15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sonnenfühler	1	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	0.00				1.00	0.00					
Ventilantrieb elektrohydraulisch	1	0.03	0.03	0.00	0.03	0.03	13.00	0.00				0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ventilantrieb elektromotorisch	7	0.05	0.05	0.00	0.01	0.01	3.75	0.00				0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stellantriebe elektromotorisch	1	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	4.50	0.00				0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Signalrelais	20	20.00	20.00		1.00	1.00	2.00	0.00				1.00	0.00					
Pumpenschütz	14	49.28	49.28		3.52	3.52	4.40	0.00				3.52	0.00					

Tabelle 80: Ergebnisse pro Komponente

Obj_1_Primaeranlage_Ergebnisse							
Komponentenart	EEV [W]						
	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Teilsomme	Speisungen	Summe
Antrieb	0.06	23.15	0.00	0.00	23.21		23.21
Bediengerät	3.50	3.50	0.00	0.00	7.00	2.29	9.29
Controller	24.00	24.00	0.00	0.00	48.00	15.71	63.71
Energietransfer	19.32	20.47	0.11	0.11	40.01	42.95	82.95
Gateway	19.02	19.02	0.00	0.00	38.04	10.21	48.25
I/O	17.90	17.90	0.00	0.00	35.80		35.80
Rauchmelder	0.00	4.34	0.00	0.00	4.34		4.34
Relais	36.62	36.62	0.00	0.00	73.24	6.54	79.78
Sensor	10.13	23.00	4.00	4.00	41.13	6.87	48.00
Steuerung	0.00	9.80	0.00	0.00	9.80	11.49	21.29
Teilsomme	130.55	181.80	4.11	4.11	320.56	96.06	416.62
Speisungen	39.34	54.03	1.34	1.34	96.06		
Summe	169.89	235.83	5.45	5.45	416.62		

Tabelle 81: Ergebnisse pro Gewerk und Kategorie

10.7.2 Objekt 3, GA Lüftung primärseitig

Obj_3_Primaeranlage_Eingabe			Hauptspeisung						Signal			
Komponente	Komponentenart	Anzahl	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fix [W]	Anteil-on	Nominalleistung [W]	Wirkungsgrad	Speisung	EEV-off [W]	EEV-on-fix [W]	Anteil-on
Speisungstransformator	Speisungen	2.00	230V Speisung	0.00	14.90	1.0000	250.00	0.89				
Speisungsmodul	Energietransfer	4.00	Speisungstransformator	0.00	4.00	1.0000	57.00	0.75				
Controller	Controller	2.00	Speisungstransformator	0.00	24.00	1.0000						
Bediengerät	Bediengerät	1.00	Speisungstransformator	0.00	7.00	1.0000						
Digitaleingangs-Modul	I/O	6.00	Speisungsmodul	0.00	0.60	1.0000			Controller	0.00	0.00	1.0000
Relais Modul	I/O	9.00	Speisungsmodul	0.00	1.90	1.0000			Controller	0.00	0.00	1.0000
Universalmodul	I/O	4.00	Speisungsmodul	0.00	1.50	1.0000			Controller	0.00	0.00	1.0000
Universalmodul mit lok. Bedienung	I/O	4.00	Speisungsmodul	0.00	1.80	1.0000			Controller	0.00	0.00	1.0000
Widerstand-Messmodul	I/O	1.00	Speisungsmodul	0.00	1.20	1.0000			Controller	0.00	0.00	1.0000
Zeitrelais	Relais	2.00	230V Speisung	0.00	2.00	0.9900			Relais Modul	0.00	0.00	0.9900
Energiezähler	Sensor	2.00	230V Speisung	0.00	0.80	1.0000						
Volumenstromwächter	Sensor	4.00	Speisungsmodul	0.00	0.96	1.0000						
Ventilantrieb AHU	Antrieb	4.00	Speisungstransformator	0.00	4.00	0.0020			Universalmodul mit lok. Bedienung	0.00	0.00	1.0000
Ventilantrieb Torluftschleier	Antrieb	2.00	Speisungsmodul	0.00	2.00	0.0020			Universalmodul mit lok. Bedienung	0.00	0.00	1.0000
Frostschutzwächter	Sensor	2.00	Speisungstransformator	0.00	6.00	1.0000						
Klappenantriebe 3punkt	Antrieb	10.00	230V Speisung	0.00	3.00	0.0400			Relais Modul	0.00	0.00	1.0000
Klappenantrieb kont.	Antrieb	1.00	Speisungsmodul	1.50	5.50	0.0400			Universalmodul	0.00	0.00	1.0000
Signalrelais	Relais	33.00	Speisungstransformator	0.00	2.00	0.5000						

Tabelle 82: Eingabedaten zur Speisung und Topologie

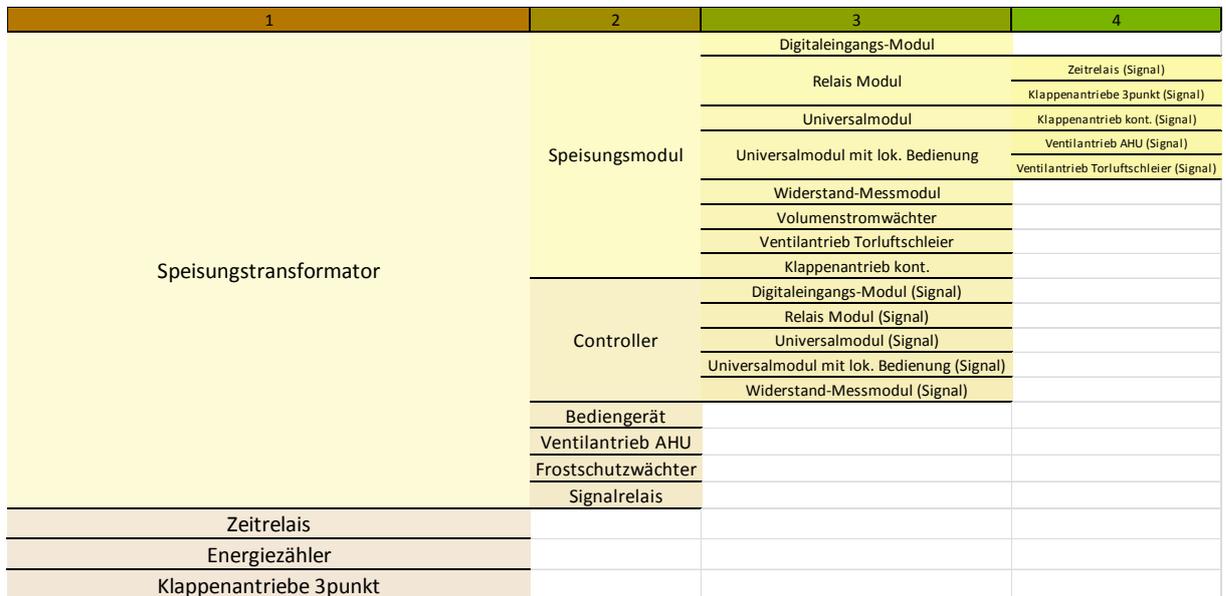


Abbildung 53: Topologie in Baum-Darstellung, links: oberste Ebene (Ebene 1), gespeisen mit 230 V AC

Obj_3_Primaeranlage_Eingabe	Zuordnung							
	Eingegebene Werte				Verwendete Werte (automatisch)			
Komponente	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung
Speisungstransformator		1.00			0.00000	1.00000	0.00000	0.00000
Speisungsmodul		1.00			0.00000	1.00000	0.00000	0.00000
Controller		1.00				1.00000		
Bediengerät		1.00				1.00000		
Digitaleingangs-Modul		1.00				1.00000		
Relais Modul		1.00				1.00000		
Universalmodul		1.00				1.00000		
Universalmodul mit lok. Bedienung		1.00				1.00000		
Widerstand-Messmodul		1.00				1.00000		
Zeitrelais		1.00				1.00000		
Energiezähler		1.00				1.00000		
Volumenstromwächter		1.00				1.00000		
Ventilantrieb AHU		1.00				1.00000		
Ventilantrieb Torluftschleier		1.00				1.00000		
Frostschutzwächter		1.00				1.00000		
Klappenantriebe 3punkt		1.00				1.00000		
Klappenantrieb kont.		1.00				1.00000		
Signalrelais		1.00				1.00000		

Tabelle 83: Gewerks-Zuordnung

Obj_3_Primaeranlage_Ergebnisse	Zusammenfassung - 'Stammbaumköpfe'	
	Input (Durchschnitt) [W]	Auslastung [%]
230V Speisungen		
Speisungstransformator	207.83	33.47
Zeitrelais	3.96	
Energiezähler	1.60	
Klappenantriebe 3punkt	1.20	
Gesamtenergiebedarf Gebäudeautomat	214.59	

Tabelle 84: Auslastung der Speisungen

Obj_3_Primaeranlage_Ergebn		Summe [W]			Hauptspeisung								Signal					
		214.59	214.59	0.00	[W]; [-] bei Wirkungsgrad								[W]					
Komponente	Anzahl	EEV gesamt alle Geräte [W]			EEV Signal alle Geräte [W]								EEV Hauptspeisung alle Geräte [W]					
		EEV gesamt alle Geräte [W]	EEV Hauptspeisung alle Geräte [W]	EEV Signal alle Geräte [W]	EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	EEV-on-var (Durchschnitt)	Nominalleistung	Wirkungsgrad	Input (Durchschnitt)	Output (Durchschnitt)	EEV total (Durchschnitt)	EEV-fix (Durchschnitt)	EEV-on-fix	EEV-off	Input (Durchschnitt)
Speisungstransformator	2	40.51	40.51		20.25	14.90	14.90	0.00	5.35	250.00	0.940	103.92	83.66					
Speisungsmodul	4	26.69	26.69		6.67	4.00	4.00	0.00	2.67	57.00	0.792	16.82	10.15					
Controller	2	48.00	48.00		24.00	24.00	24.00	0.00				24.00	0.00					
Bediengerät	1	7.00	7.00		7.00	7.00	7.00	0.00				7.00	0.00					
Digitaleingangs-Modul	6	3.60	3.60	0.00	0.60	0.60	0.60	0.00				0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Relais Modul	9	17.10	17.10	0.00	1.90	1.90	1.90	0.00				1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Universalmodul	4	6.00	6.00	0.00	1.50	1.50	1.50	0.00				1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Universalmodul mit lok. Bedienung	4	7.20	7.20	0.00	1.80	1.80	1.80	0.00				1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Widerstand-Messmodul	1	1.20	1.20	0.00	1.20	1.20	1.20	0.00				1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zeitrelais	2	3.96	3.96	0.00	1.98	1.98	2.00	0.00				1.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Energiezähler	2	1.60	1.60		0.80	0.80	0.80	0.00				0.80	0.00					
Volumenstromwächter	4	3.84	3.84		0.96	0.96	0.96	0.00				0.96	0.00					
Ventilantrieb AHU	4	0.03	0.03	0.00	0.01	0.01	4.00	0.00				0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ventilantrieb Torlufschleier	2	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Frostschutzwächter	2	12.00	12.00		6.00	6.00	6.00	0.00				6.00	0.00					
Klappenantriebe 3punkt	10	1.20	1.20	0.00	0.12	0.12	3.00	0.00				0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Klappenantrieb kont.	1	1.66	1.66	0.00	1.66	1.66	5.50	1.50				1.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Signalrelais	33	3.00	3.00	1.00	1.00	1.00	2.00	0.00				1.00	0.00					

Tabelle 85: Ergebnisse pro Komponente

Baum_Ergebnisse	EEV [W]						
	Heizung & Kühlung	Lüftung	Licht	Beschattung	Teilsomme	Speisungen	Summe
Antrieb	0.00	2.90	0.00	0.00	2.90	0.01	2.91
Bediengerät	0.00	7.00	0.00	0.00	7.00	1.69	8.69
Controller	0.00	48.00	0.00	0.00	48.00	11.62	59.62
Energietransfer	0.00	26.69	0.00	0.00	26.69	16.29	42.98
I/O	0.00	35.10	0.00	0.00	35.10		35.10
Relais	0.00	36.96	0.00	0.00	36.96	7.99	44.95
Sensor	0.00	17.44	0.00	0.00	17.44	2.91	20.35
Teilsomme	0.00	174.09	0.00	0.00	174.09	40.51	214.59
Speisungen	0.00	40.51	0.00	0.00	40.51		
Summe	0.00	214.59	0.00	0.00	214.59		

Tabelle 86: Ergebnisse pro Gewerk und Kategorie