

Stromverbrauch der Gebäudeautomation: eine Berechnungsmethodik

Philipp Kräuchi¹ und Olivier Steiger¹

¹ Hochschule Luzern – Technik und Architektur, CH-6048 Horw, www.hslu.ch
philipp.kraeuchi@hslu.ch, olivier.steiger@hslu.ch

Zusammenfassung

In diesem Paper wird eine Berechnungsmethodik für den Stromverbrauch der Gebäudeautomation präsentiert. Die Methodik erlaubt insbesondere die Speiseverluste realitätsnah zu quantifizieren. Dies wird erreicht, indem – von den Feldgeräten ausgehend – das gesamte Automationssystem durchschritten wird bis zum Netzanschluss.

Die Berechnungsmethodik kommt im BFE-Projekt «Musterbeispiele von Gebäudeautomationssystemen mit geringem Stromverbrauch» zum Einsatz. Im Projekt wird anhand realer Bauten ausgelotet, mit welchen Systemtopologien und Produkte-Typen sich tiefe Stromverbrauchswerte erreichen lassen – ohne Abstriche bei der Funktionalität. Das Projekt vertieft das BFE-Vorgängerprojekt «Eigenverbrauch der Gebäudeautomation».

Abstract

This paper presents a calculation method for the power consumption of building automation and control systems. The methodology notably allows one to quantify power supply losses in a realistic manner. This is achieved by stepping through the entire feeding tree, from the field devices up to the grid connection.

The calculation methodology is being used in the SFOE project «Examples of building automation systems showing a low electricity consumption». Based on real buildings, the project explores which system topologies and product types lead to low electricity consumption without sacrificing functionality. The project is based on the predecessor SFOE project «Electricity consumption of building automation».

1. Ausgangslage

Der Stromverbrauch der Gebäudeautomation wurde bisher kaum untersucht, wie eine Literaturrecherche im Rahmen des laufenden BFE-Projekts «Musterbeispiele von Gebäudeautomationsystemen mit geringem Stromverbrauch» gezeigt hat. In dieser Literaturrecherche wurde auch keine entsprechende Berechnungsmethodik gefunden. Eine solche Methodik und das zugehörige Tool werden in diesem Beitrag vorgestellt. Dies im Sinne eines Statusberichts, und ohne systematische Validierung der Methode.

Bei der vorgestellten Lösung handelt es sich in den Grundzügen um die bereits im vorausgegangenen BFE-Projekt [1] entwickelte Berechnungsmethodik und das zugehörige Tool. Das Tool wurde insbesondere hinsichtlich Eingabestruktur überarbeitet (Benutzerfreundlichkeit, Vorgabewerte). Das bisherige Tool und damit durchgeführte Analysen sind beschrieben in [1], [2], [3], [4] und [5].

2. Vorgehen (Berechnungsmethodik)

Hier werden die spezifischen Ziele, Grundzüge und Spezifikationen der Berechnungsmethodik für den Stromverbrauch der Gebäudeautomation dargelegt.

2.1 Ziele der Berechnungsmethodik

Bei der Konzeption der Berechnungsmethodik standen folgende Ziele im Vordergrund:

- Die Berechnungsmethodik sollte eine generische Methodik sein, d.h. das Berechnungsprinzip sollte unverändert für alle Geräte angewendet werden können, unabhängig vom Gerätetyp. Dies, um die Methodik möglichst einfach, nachvollziehbar und leicht implementierbar zu halten. Dieses Kriterium wurde auch als wichtig erachtet für die Akzeptanz der Methodik bzw. eines Tools bei Dritten, insbesondere bei GA-Planern. Denn das Tool sollte primär im laufenden BFE-Projekt «Musterbeispiele von Gebäudeautomationssystemen mit geringem Stromverbrauch» für die Analysen von mehreren Bauten eingesetzt werden. In dieser Arbeit ist die Zusammenarbeit mit den jeweiligen GA-Planern wichtig.
- Die Verluste der Speisegeräte (und anderer Geräte mit speisender Funktion) sollten näherungsweise korrekt abgebildet werden. Typische Wirkungsgrade bei Nominallast liegen um 85-90%. Das heisst, es fallen bei Nominallast Speiseverluste in der Höhe von 10-15% der bereitgestellten Leistung an. Werden die Speisegeräte in einem tiefen Teillastbereich betrieben, fallen die Wirkungsgrade teilweise bis unter 50%, wie in [1] (S. 18) gezeigte Messungen belegen. Da Speisegeräte in der Planungspraxis häufig grosszügig dimensioniert werden, dürften deren Speiseverluste deutlich mehr als 10-15% des von allen übrigen Geräten verbrauchten Stroms ausmachen.
- Eingabeseitig ergaben sich folgende Ziele:
 - Geringer Umfang der Eingabedaten
 - Auf Zeitreihen des Gerätebetriebs soll durchgängig verzichtet werden. Solche wären kaum verfügbar, brächten einen hohen Eingabeaufwand mit sich und führten schliesslich zu einem komplexen Berechnungstool.
 - Die Geräte eines GA-Systems sollen möglichst weitgehend zusammengefasst werden können. Das heisst identische Geräte sollten nur einmal eingegeben werden müssen. Dies unabhängig davon, wie oft sie im GA-System vorkommen.
 - Nur Eingabedaten, die verfügbar sind beim GA-Planer.
 - Die Basis der Eingaben soll das Mengengerüst der Feldgeräte bilden.
 - Die Eingaben sollen mit dem fortschreitenden Planungsstand ausdetailliert werden können.
 - Klassierungsdaten sollten Teil der Eingabedaten sein, um mit hoher Datenqualität entsprechende Auswertungen effizient (d.h. möglichst automatisch) vornehmen zu können. Die wichtigsten Klassen sind:
 - Ebene der Gebäudeautomation (Feld, Automation, Management)
 - Gewerkszuteilung (Heizung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung, Beschattung)
 - Gerätetyp (Aktor, Sensor, Speisung, ...)

2.2 Grundzüge der Berechnungsmethodik

Die Berechnungsmethodik basiert auf folgenden Grundzügen:

- Ausschliesslich zeitliche Mittelwerte der elektrischen Leistung, anstelle von Zeitreihen (Kapitel 2.3)
- Beschränkung auf zwei Betriebszustände pro Gerät: "aktiv" und "Standby" (Kapitel 2.4)
- Verwendung einer Speisungstopologie (Kapitel 2.5 und Kapitel 2.7)
- Ein bis mehrere strombeziehende Eingänge pro Gerät (Kapitel 2.5)
- Angabe des geräteinternen Verbrauchs (Kapitel 2.6)
- Speisegeräte: Die Verlustleistung ist eine lineare Funktion der Ausgangsleistung (Kapitel 2.6)

Diese Grundzüge werden in der Folge dieses Hauptkapitels 2 erläutert und spezifiziert.

2.3 Leistungsmittelwerte

Leistungswerte werden ausschliesslich als zeitliche Mittelwerte eingegeben und berechnet. Dies, weil damit die Eingaben schlank und praktikabel gehalten werden können, und Leistungsmittelwerte hier zum Zwecke der Energieberechnung vollauf genügen.

Pro Gerät sind ein- bis mehrere strombeziehende Eingänge sowie ein Ausgang möglich. Pro Eingang werden jeweils zwei eingehende Leistungsmittelwerte verwendet, je einer pro Betriebszustand. Bei nicht-speisenden Geräten sind dies direkte oder weiterverarbeitete Eingabewerte, bei speisenden Geräten berechnete Werte. Für den Ausgang wird ein ausgehender Leistungsmittelwert verwendet. Dieser ist immer berechnet. Er entspricht der Summe der Leistungsbezüge der vom Gerät belieferten Geräte, wobei deren Betriebszustände zeitanteilig einfließen.

Welche Eingaben bezüglich der Leistungswerte erforderlich sind, ist im Kapitel 2.6 ersichtlich. Das Zusammenspiel der Leistungswerte zwischen den Geräten ist im Kapitel 2.7 beschrieben.

2.4 Betriebszustände

Die Beschränkung auf die zwei Geräte-Betriebszustände «aktiv» und «Standby» erfolgte im Sinne schlanker Eingaben. Der aktive Betrieb ist beispielsweise der eines Antriebs, dessen Motor sich bewegt. Die Zeit im aktiven Betrieb und die Bereitschaftszeit (Standby) ergeben zusammen die gesamte Betrachtungszeit (typischerweise 1 Jahr).

2.5 Speisungstopologie

Die Verlustleistung eines Speisegeräts (und anderer Geräte mit speisender Funktion) ist massgeblich von dessen Ausgangsleistung abhängig. Um diese Ausgangsleistung quantifizieren zu können, wurde deshalb eine Methodik gewählt, welche die Speisungstopologie im System berücksichtigt.

Die Methodik erlaubt pro Gerät folgende Arten des Strombezugs:

- Netzbezug (direkt vom Netz oder indirekt via Relais)
- Via externes Speisegerät (direkt oder indirekt via Relais, Triac-Modul usw.)
- Via Bus, ausschliesslich oder zusätzlich zum Bezug via Netz oder via externes Speisegerät

Zur Modellierung der eben genannten Bezugsarten stellt die Methodik zwei Speisungstypen zur Verfügung, welche für jedes Gerät verwendet werden können (Abbildung 1):

- «Hauptspeisung»: Dieser Strombezug kann teilweise oder vollständig an weitere Geräte weitergegeben werden, auch in gewandelter Form (bezüglich Spannungsniveau, AC/DC oder auf Bus-Verbindung).
- «Weitere Speisung»: Dieser Strombezug wird vollständig vom beziehenden Gerät selbst verbraucht. Der Strombezug kann in beliebiger Form erfolgen (bezüglich Spannungsniveau, AC/DC oder ab Bus-Verbindung).

Der erste Speisungstyp («Hauptspeisung») ist zwingend bei jedem Gerät anzugeben, der zweite Speisungstyp («weitere Speisung», mehrfach möglich) ist optional.

Der Speisungstyp «Hauptspeisung» ist nur in einmal pro Gerät möglich. [Dies, damit der weiterzugegebene Strom einer einzigen Quelle zugeordnet werden kann, ohne weitere Eingabedaten dazu zu erfordern.]

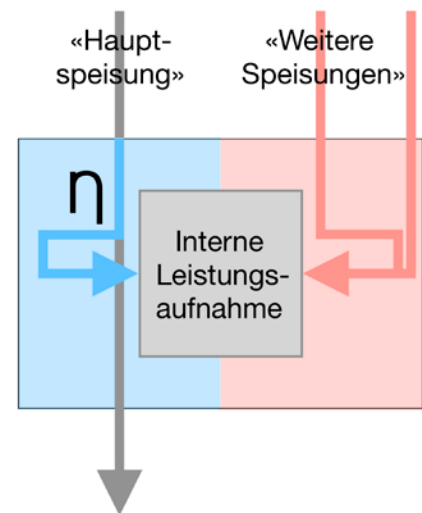


Abbildung 1: Gerät mit drei leistungsziehenden Eingängen: der immer vorhandene Speisungstyp «Hauptspeisung» sowie zweifach der Speisungstyp «Weitere Speisung»

Abbildung 2 zeigt exemplarisch eine Speisungstopologie einer möglichen Raumautomations. Es sind darin alle drei einleitend genannten Strombezugsmöglichkeiten ersichtlich:

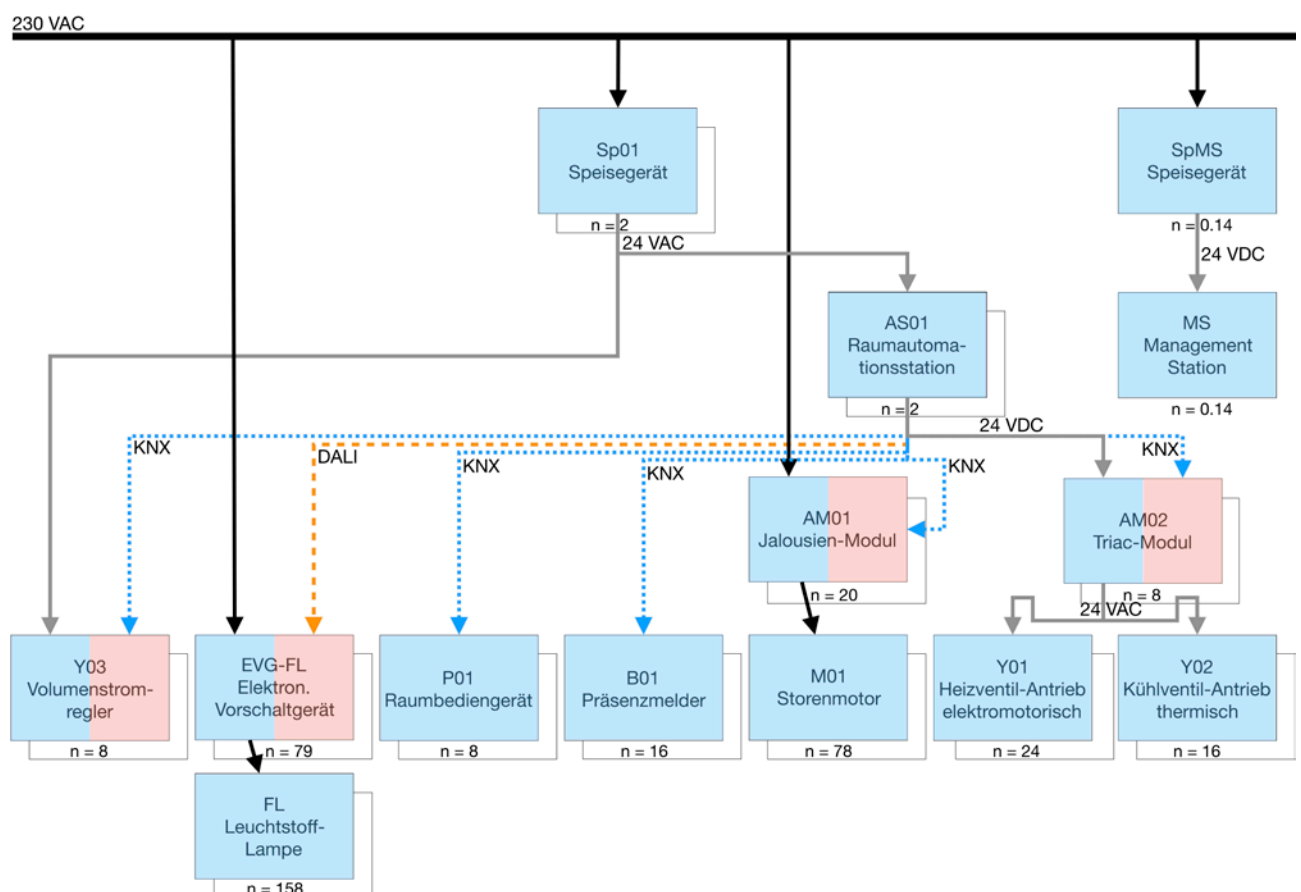


Abbildung 2: Speisungs-Topologie eines Beispiel-Raumautomations-Systems; blau: Eingangsbereich für die «Hauptspeisung», rot: Eingangsbereich für die Speisungen vom Typ «weitere Speisungen». Die elektronischen Vorschaltgeräte «EVG-FL» werden hier nur teilweise zur Raumautomation gezählt (Standby-Leistungsaufnahme, jedoch nicht die eigentlichen Speiseverluste), die Leuchtstoff-Lampen («FL») nicht dazugezählt.

2.6 Geräteinterner Verbrauch

Die Berechnungsmethodik basiert auf der Eingabe des geräteinternen Stromverbrauchs. Eine vom Gerät weitergegebene Leistung zählt nicht dazu. Der geräteinterne Stromverbrauch wird – allenfalls über mehrere Umwandlungsprozesse – als Wärme frei.

Ein Gerät, welches selbst elektrische Leistung weitergibt, kann sowohl einen fixen Verbrauch haben, wie auch einen linear von der weitergegebenen Leistung abhängigen Verbrauch. Beide Verbrauchsanteile sind optional. Ist ausschliesslich der verbrauchsabhängige Anteil vorhanden, genügt eine Wirkungsgradangabe. Sind beide Anteile vorhanden, werden ein Wirkungsgrad bei Nominalleistung sowie diese Nominalleistung benötigt. Dies ist typischerweise der Fall bei einem Speisegerät.

Weiter werden die zwei Betriebszustände «aktiv» und «Standby» unterschieden (Kapitel 2.4). Ein verbrauchsabhängiger Anteil ist lediglich für den Betriebszustand «aktiv» möglich.

Die Zahlenwerte-Eingabefelder, welche für jedes Gerät zur Verfügung stehen, sind in Abbildung 3 beschrieben.

| Speisungsart | Betriebszustand | |
|--------------------|--|--|
| | «Aktiv» | «Standby» |
| «Hauptspeisung» | Zeitanteil «aktiv» (im Tool «Anteil-on») | - [berechnet aus «Anteil-on»] |
| | Von «Hauptspeisung» bezogener, fixer, geräteinterner Leistungsaufnahme-Anteil in Watt, welcher unabhängig von der Ausgangsleistung an andere Geräte auftritt. <i>[Im Falle keiner Ausgangsleistung an andere Geräte: fixer, geräteinterner Leistungsaufnahme-Anteil.]</i> | Wie links |
| | Im Falle einer Ausgangsleistung an andere Geräte: - Nominalbetriebspunkt als Ausgangsleistung in Watt und - Wirkungsgrad in Prozent. <i>[Die Wirkungsgradangabe bezieht sich auf die «Hauptspeisung»; allfällige «weitere Speisungen» sind nicht enthalten. Denn nur von «Hauptspeisung» bezogener Strom kann an andere Geräte weitergegeben werden.]</i> | - [keine Ausgangsleistung im Betriebszustand «Standby»] |
| «Weitere Speisung» | Zeitanteil «aktiv» in Bezug zur «Hauptspeisung» (im Tool «Anteil-on relativ») <i>[Typischerweise 100%, das entspricht dem Fall, wo die «weitere Speisung» gleich lange aktiv ist wie die «Hauptspeisung». Bei mehreren Speisungen: mehrfache Werte.]</i> | - [berechnet aus «Anteil-on relativ»] |
| | Von «weitere Speisung» bezogener, fixer, geräteinterner Leistungsaufnahme-Anteil in Watt <i>[Bei mehreren Speisungen: mehrfache Werte.]</i> | Wie links |

Abbildung 3: Zahlenwerte-Eingabefelder nach Speisungstyp und Betriebszustand

2.7 Berechnungsalgorithmus

Die Berechnung startet bei jenen Geräten, die lediglich selbst Strom beziehen, nicht aber weitere Geräte mit Strom versorgen. Bei diesen Geräten ist die gesamte Leistungsaufnahme gleich der internen Leistungsaufnahme (Eingabewert pro Betriebszustand). Berechnet wird die nach Zeitanteil der beiden Betriebszustände gewichtete jahresmittlere Leistungsaufnahme.

Diese berechneten jahresmittleren Leistungsaufnahmen werden an die in der Speisungstopologie nächsthöheren Geräte weitergereicht. Für ein solches Gerät ergibt die Summe der Leistungsaufnahmen der von ihr versorgten Geräte ihre jahresmittlere Leistungslieferung. Unter Berücksichtigung ihres Wirkungsgrads ergibt sich ihre jahresmittlere Leistungsaufnahme. Für die jeweils nächsthöheren Geräte in der Speisungstopologie läuft die Berechnung nach demselben Muster ab.

Die Speisungstopologie wird im Tool als «Speisungsbaum» ausgegeben. In dieser Baumdarstellung erscheint ein Gerät (genauer: eine Gesamtheit von identischen Geräten) so oft, wie es von anderen Geräten (genauer: anderen Gesamtheiten von identischen Geräten) Strom bezieht. *[Das Ideal aus Nutzersicht von nur einer Datenzeile pro Gerät (genauer: pro Gesamtheit aller identischen Geräte) kann dann eingehalten werden, wenn dieses Gerät, überall wo es im System vorkommt von einem identischen Speisegerät gespeisen wird. Ansonsten sind mehrere Zeilen erforderlich: je eine Zeile pro verschiedenem Speisegerät.]*

3. Resultate (Berechnungstool)

Hier wird der aktuelle Stand des Berechnungstools vorgestellt und dessen Einsatz in einer konkreten Anwendung. Die Abbildungen beinhalten ein fiktives Beispiel für die Raumautomation auf einem Stockwerk eines Bürogebäudes. Es handelt sich um ein Beispiel basierend auf Automationsstationen, in dem alle Gewerke (Heizung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung und Beschattung) einen hohen Automationsgrad aufweisen.

3.1 Dateneingabe

Die Dateneingabe erfolgt im Wesentlichen über den Reiter «Haupteingaben». Weitere Reiter mit Eingabemöglichkeit dienen zum Versionsmanagement, der Konfiguration des Tools, dem Datenimport und zur Eingabe von Geräten mit mehreren «weiteren Speisungen». Im Tool wird anstelle des Begriffs «Gerät» der Begriff «Komponente» verwendet.

Der Eingabebereich des Reiters «Haupteingaben» ist gezeigt in Abbildung 4, Abbildung 5 und Abbildung 7. *[Zusätzlich zu den abgebildeten Eingabebereichen gibt es die produktspezifischen Spalten «Hersteller», «Typenbezeichnung» «URL zum Datenblatt» und «Datenblatt lokal», die beiden letztgenannten mit Link zum schnellen Aufrufen des Datenblatt.]*

Im Kopfbereich des Reiters «Haupteingaben» kann die Auswertung gestartet werden. Weiter können dort auch Eingabebereiche ein- und ausgeblendet werden. So ist für den Nutzer schnell wählbar, welche Eingabebereiche er nebeneinander auf dem Bildschirm sichtbar hat (effiziente Eingabe). Eine weitere Schaltfläche erstellt zum selektierten Eingabefeld eine neue Kommentarzeile im Reiter «Kommentare».

Etlliche Felder sind mit einer Picklisten-Auswahl ausgestattet. Dies erlaubt eine effiziente und standardisierte Dateneingabe. *[Die Picklisten-Werte stammen entweder aus der Spalte «Komponente_Referenz» (Abbildung 5: Felder «Speisende Komponente» in beiden Speisungs-Unterrubriken) oder lassen sich im Reiter «Stammdaten» konfigurieren (Abbildung 4: Felder der Rubrik «Klassierung_Komponententyp»; Abbildung 5: Felder «Haupttyp» und «Untertyp» in beiden Speisungs-Unterrubriken)]*

Einträge, welche mit Unterstreichung formatiert sind, weisen auf einen erfassten Kommentar hin. Im Tool sind sie zusätzlich mit einem Link versehen, der direkt zur entsprechenden Zeile im Blatt «Kommentare» führt.

| Komponente | | Klassierung | | | | | | Komponententyp | |
|------------|--|------------------|---------|---------|---------|-------------|-------------|---------------------------|------------------------|
| Referenz | Bezeichnung | GA-Zugehörigkeit | Gewerk | | | | | Haupttyp | Untertyp |
| | | | Heizung | Kühlung | Lüftung | Beleuchtung | Beschattung | | |
| Y01 | Heizventil-Stellantrieb elektromotorisch | 100.0% | 100.0% | | | | | Aktor | Stellantrieb motorisch |
| Y02 | Kühlventil-Stellantrieb thermisch | 100.0% | | 100.0% | | | | Aktor | Stellantrieb motorisch |
| Y03 | Volumenstromregler | 100.0% | | | 100.0% | | | Aktor | Klappenantrieb VAV |
| EVG-FL | EVG für Leuchtstoff-Leuchtmittel | 100.0% | | | | 100.0% | | Aktor | EVG |
| M01 | Stoeremotor | 100.0% | | | | | 100.0% | Aktor | Sonnenschutzaktor |
| P01 | Raumbediengerät (Messung: T, CO2, Luftvolumen; Touchkeys für alle Gewerke) | 100.0% | 20.0% | 20.0% | 20.0% | 20.0% | 20.0% | <u>Bediienung_Anzeige</u> | Raumbediengerät |
| B01 | Präsenzmelder | 100.0% | | | | 100.0% | | Sensor | Präsenzerkennung |
| AS01 | Raumautomationsstation mit KNX und Dali | 100.0% | 20.0% | 20.0% | 20.0% | 20.0% | 20.0% | Kontroller | - |
| AM01 | Jalousien-Modul | 100.0% | | | | | 100.0% | Output Modul | - |
| AM02 | Triac-Modul | 100.0% | 20.0% | 20.0% | 20.0% | 20.0% | 20.0% | Output Modul | - |
| MS | Management Station (Hutschienen-PC) | 100.0% | 20.0% | 20.0% | 20.0% | 20.0% | 20.0% | Management | |
| Sp01 | Speisegerät 230/24VAC | 100.0% | 20.0% | 20.0% | 20.0% | 20.0% | 20.0% | Speisung | 24 VAC |
| SpMS | Speisung für Management Station | 100.0% | 20.0% | 20.0% | 20.0% | 20.0% | 20.0% | Speisung | 24 VDC |

Abbildung 4: Klassierungs-Eingaben

| Komponente | | | Speisungen | | | | | |
|------------|---------|--|--|-----------------|-----------------------|---|-----------------|-----------------------|
| Referenz | Anzahl | Bezeichnung | Hauptspeisung (el. Leistung ziehend von) | | | Weitere Speisungen (el. Leistung ziehend von ...) | | |
| | | | Speisende Komponente | Haupttyp | Untertyp | Speisende Komponente | Haupttyp | Untertyp |
| Y01 | 24 | Heizventil-Stellantrieb elektromotorisch | AM02 | Spannung_In | 24 VAC | | | |
| Y02 | 16 | Kühlventil-Stellantrieb thermisch | AM02 | Spannung_In | 24 VAC | | | |
| Y03 | 8 | Volumenstromregler | Sp01 | Spannung_In | 24 VAC | AS01 | Bus_StromVomBus | KNX TP (twisted pair) |
| EVG-FL | 79 | EVG für Leuchtstoff-Leuchtmittel | Netzbezug | Spannung_In | 230 VAC | AS01 | Bus_StromVomBus | Dali |
| M01 | 78 | Stoßmotor | AM01 | Spannung_In | 230 VAC | | | |
| P01 | 8 | Raumbediengerät (Messung: T, CO2, Luftvolumen; Touchkeys für alle Gewerke) | AS01 | Bus_StromVomBus | KNX TP (twisted pair) | | | |
| B01 | 16 | Präsenzmelder | AS01 | Bus_StromVomBus | KNX TP (twisted pair) | | | |
| AS01 | 2 | Raumautomationsstation mit KNX und Dali | Sp01 | Spannung_In | 230 VAC | | | |
| AM01 | 20 | Jalousien-Modul | Netzbezug | Spannung_In | 230 VAC | AS01 | Spannung_In | 24 VDC |
| AM02 | 8 | Triac-Modul | AS01 | Spannung_In | 24 VAC | AS01 | Spannung_In | 24 VDC |
| MS | 0.14286 | Management Station (Hutschienen-PC) | SpMS | Spannung_In | 24 VDC | | | |
| Sp01 | 2 | Speisegerät 230/24VAC | Netzbezug | Spannung_In | 230 VAC | | | |
| SpMS | 0.14286 | Speisung für Management Station | Netzbezug | Spannung_In | 230 VAC | | | |

Abbildung 5: Speisungs-Eingaben

Die Speisungs-Topologie, welche der Nutzer eingegeben hat (Abbildung 5), entspricht dem in Kapitel 2.5 gezeigten Schema (Abbildung 2). Das Tool setzt die Speisungs-Eingaben bei der Berechnung zu einem Speisungsbaum zusammen (Abbildung 6). Der Baum ist von links nach rechts zu lesen. Die Nummerierung im Kopfbereich kennzeichnet die Speisungsebene. Speisungen aus der Unterrubrik «weitere Speisungen» erscheinen mit dem Zusatz «Signal». [Es ist angedacht, diesen Zusatz zukünftig wegzulassen und optional bei allen Geräten in Klammern den Wert aus dem Feld «Speisungen...Untertyp» aufzuführen.]

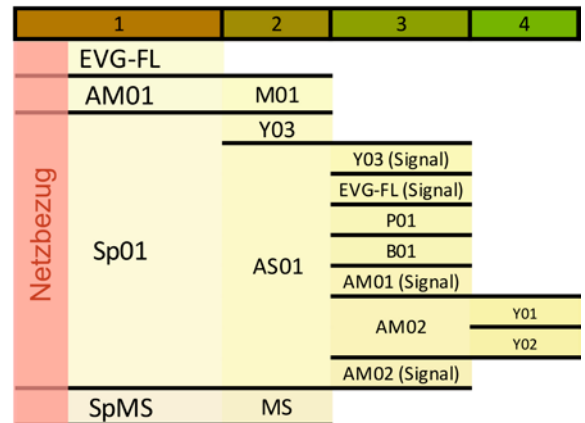


Abbildung 6: Speisungsbaum

| Komponente | Bezeichnung | Zeitangaben | | Nominalbetriebspunkt | | Interne Leistungsaufnahme | | | |
|------------|--|--------------------------|--|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|---|---------------------|
| | | Komponente Anteil-on [%] | Weitere Speisungen Anteil-on relativ [%] | Nominalleistung (Output) [W] | Wirkungsgrad bei Nominalleistung [%] | Von Hauptspeisung Aktiver Betrieb [W] | Standby-Betrieb [W] | Von weiteren Speisungen Aktiver Betrieb [W] | Standby-Betrieb [W] |
| Y01 | Heizventil-Stellantrieb elektromotorisch | 0.20% | | | | 1.5000 | 0.0000 | | |
| Y02 | Kühlventil-Stellantrieb thermisch | 9.00% | | | | 2.5000 | 0.0000 | | |
| Y03 | Volumenstromregler | 0.40% | 100.00% | | | 2.5000 | 0.5000 | 0.1000 | 0.1000 |
| EVG-FL | EVG für Leuchtstoff-Leuchtmittel | 100.00% | 100.00% | | | 0.3000 | | 0.0300 | |
| M01 | Stoßmotor | 0.30% | | | | 100.0000 | 0.0000 | | |
| P01 | Raumbediengerät (Messung: T, CO2, Luftvolumen; Touchkeys für alle Gewerke) | 100.00% | | | | 0.2400 | | | |
| B01 | Präsenzmelder | 100.00% | | | | 0.3500 | | | |
| AS01 | Raumautomationsstation mit KNX und Dali | 100.00% | | | | 8.0000 | | | |
| AM01 | Jalousien-Modul | 100.00% | 100.00% | | | 0.0000 | | 1.4000 | |
| AM02 | Triac-Modul | 100.00% | 100.00% | | | 0.0000 | | 1.0000 | |
| MS | Management Station (Hutschienen-PC) | 100.00% | | | | 10.0000 | | | |
| Sp01 | Speisegerät 230/24VAC | 100.00% | | 75 | 85% | 2.5000 | | | |
| SpMS | Speisung für Management Station | 100.00% | | 60 | 90% | 0.3000 | | | |

Abbildung 7: Zahlenwerte-Eingaben

Der Reiter «Kommentare» dient als Dokumentationsmöglichkeit für die gesamte Analyse. Die Kommentare werden feldspezifisch erfasst und lassen sich frei kategorisieren, zum Beispiel nach Kategorien wie «ToDo», «Datenblattangabe», «Anmerkung». [Nach allen Spalten ist sortier- und filterbar. Über einen Link (erste Spalte, nicht gezeigt) kann direkt zum betreffenden Feld auf dem Reiter «Haupteingaben» gesprungen werden (und von dort wieder zurück über den dortigen Link). Im Kopfbereich gibt es eine Schaltfläche zum Löschen jenes Kommentars, in welchem sich die Eingabemarke befindet. In einer weiteren Spalte «Protokollierung» (nicht gezeigt) können Änderungen optional festgehalten werden.]

| Referenz | Spalte | Kategorie | Kommentar |
|----------|---|------------------|---|
| AM01 | InterneLeistungsaufnahme_von-Hauptspeisung_AktiverBetrieb | Anmerkung | Weitergeleiteter Strom, deshalb Wert Null |
| AM01 | InterneLeistungsaufnahme_von-weiteren-Speisungen_Hauptspeisung_Untertyp | Datenblattangabe | "Leistungsaufnahme max. 1.4 W" |
| AM01 | | Anmerkung | Der via die Relais-Schaltausgängen weitergereichte 230 VAC-Strom wird hier als verlustfrei weitergegeben betrachtet (Annahme). Die 24 VDC-Spannung zum Betrieb des Moduls ist als "Weitere Speisung" erfasst. |
| AM02 | InterneLeistungsaufnahme_von-Hauptspeisung_AktiverBetrieb | Anmerkung | Weitergeleiteter Strom, deshalb Wert Null |
| AM02 | InterneLeistungsaufnahme_von-weiteren-Speisungen_Hauptspeisung_Untertyp | Datenblattangabe | "Leistungsaufnahme max. 1.0 W" |
| AM02 | | Anmerkung | Der via die Triac-Schaltausgängen weitergereichte 24 VAC-Strom wird hier als verlustfrei weitergegeben betrachtet (Annahme). Die 24 VDC-Spannung zum Betrieb des Moduls ist als "Weitere Speisung" erfasst. |
| AMSp01 | InterneLeistungsaufnahme_von-Hauptspeisung_AktiverBetrieb | Datenblattangabe | "Leistungsaufnahme, ohne Belastung durch Module und Feldgeräte 4 VA / 0.17 A" (Leistungsabhängige Verluste sind im Beispiel vernachlässigt.) |
| AS01 | InterneLeistungsaufnahme_von-Hauptspeisung_AktiverBetrieb | Datenblattangabe | "Leistungsaufnahme Grundlast (ohne Belastung durch Module und Feldgeräte) 8 VA" |
| AS01 | Klassierung_Komponententyp_Haupttyp | Anmerkung | Die Komponente beinhaltet auch Geräte anderer Kategorie (Speisung, Netzwerk). |

Abbildung 8: Eingabe-Kommentare (Auszug), sortiert nach Referenz (nicht gezeigt: Spalten «Nr.» und «Protokollierung»)

3.2 Ausgaben des Tools

Das Tool generiert eine Reihe von automatischen Auswertungen. Exemplarisch ist der Anteil pro Gerät am Stromverbrauch des analysierten Systems gezeigt (Abbildung 9).

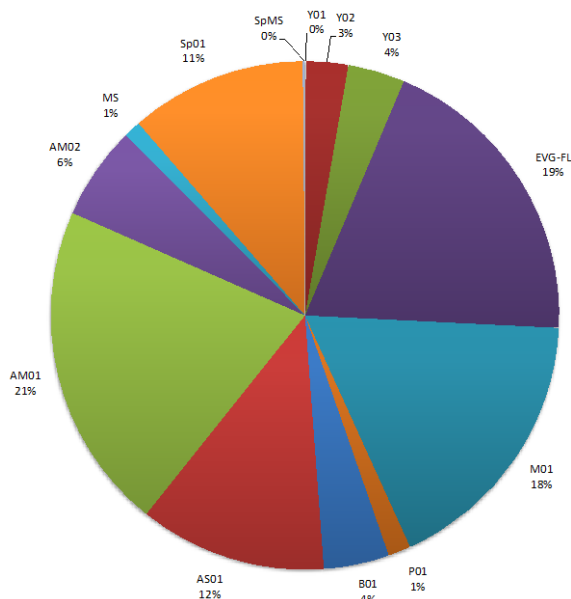


Abbildung 9: Verbrauchs-Anteil der Geräte

4. Diskussion und Ausblick

Die Zielsetzung, dass die Verluste der Speisegeräte (und anderer Geräte mit speisender Funktion) näherungsweise korrekt abgebildet werden, hat sich sehr prägend auf die Methodik ausgewirkt. Ohne diese Zielsetzung wäre eine wesentlich einfachere Methodik denkbar, welche auf den Speisungsbaum verzichtet. Allerdings könnte dann dem erheblichen Verbrauchsanteil der Speisegeräte nicht gebührend Rechnung getragen werden (sofern Speisegeräte mit unterschiedlichen Wirkungsgraden im System verbaut sind).

Der aktuelle Stand des Tools ist als gut funktional und der Aufgabe angemessen zu bezeichnen. In der weiteren Anwendungsphase allenfalls entdeckte Unzulänglichkeiten würden noch behoben.

Literatur

- [1] P. Kräuchi, D. Jurt und C. Dahinden, «Projekt „Eigenenergieverbrauch der Gebäudeautomation“ (EEV-GA)". Ergebnisbericht», Bundesamt für Energie BFE, Bern, 2016, <http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/>.
- [2] P. Kräuchi, C. Dahinden, D. Jurt, V. Wouters und U.-P. Menti, «Energiebedarf der Gebäudeautomation», in *Brenet Status-Seminar*, Zürich, 2016, <http://www.brenet.ch/downloads-2016/>.
- [3] P. Kräuchi, C. Dahinden, D. Jurt, V. Wouters, U.-P. Menti und O. Steiger, «Electricity consumption of building automation», *Energy Procedia*, pp. 295-300, 2017, <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.325>.
- [4] P. Kräuchi, D. Jurt und C. Dahinden, «Energiebedarf nicht vernachlässigen», *Haustech*, pp. 40-42, 5 2016, <https://www.hslu.ch/de-ch/hochschule-luzern/forschung/projekte/detail/?pid=2197>.
- [5] W. Schmid, «Teils auffällig hoher Stromverbrauch», *TGA Fachplaner*, pp. 6-10, 11 2016, <http://service.gentnerverlag.de/download/pdf/tga/Hslu.pdf>.