

Philipp Kräuchi, Prof. Dr. Olivier Steiger
 Hochschule Luzern – Technik & Architektur
 Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE

Zusammenfassung

An der Hochschule Luzern – Technik & Architektur ist in den vergangenen 6 Jahren als projektinternes Arbeitsmittel ein Berechnungstool für den Stromverbrauch von gebäudetechnischen Systemen erarbeitet worden (BFE-Projekte *Eigenenergieverbrauch der Gebäudeautomation* und *Musterbeispiele von Gebäudeautomationssystemen mit geringem Stromverbrauch*). Die erarbeitete Berechnungsmethodik bildet neben dem «direkten» Stromverbrauch der Feldgeräte auch deren «indirekten» Stromverbrauch ab (Speisungsverluste). Dies wird erreicht, indem der ganze Speisungsbaum durchschritten wird – ausgehend von den Feldgeräten bis zum Netzanschluss. Das Tool und damit durchgeführte Analysen sind beschrieben in [1], [2], [3], [4], [5], [6].

Ziele und Eigenschaften

Ziel	Eigenschaft
Generische Methodik	Gleiches Gerätemodell, unabhängig vom Gerätetyp Angabe des geräteinternen Verbrauchs
Speiseverluste näherungsweise korrekt abgebildet	Verwendung einer Speisungstopologie Die Verlustleistung ist eine lineare Funktion der Ausgangsleistung
Vollständigkeit	Ein bis mehrere strombeziehende Eingänge pro Gerät
Kleiner Aufwand zur Anwendung	Geringe Anzahl der Eingabe-Objekte: Identische Geräte sind nur einmal einzugeben. Dies unabhängig davon, wie oft sie im GA-System vorkommen ^a . Geringe Anzahl der Attribute/Werte pro Eingabe-Objekt: <ul style="list-style-type: none"> • Zeitliche Mittelwerte der elektrischen Leistung, statt Zeitreihen • Nur zwei Betriebszustände pro Gerät: <i>aktiv</i> und <i>Standby</i> • Speisungstopologie reduziert die Klassierungseingaben Leichte Verfügbarkeit der Eingabe-Daten: Die Basis der Eingaben bildet das Mengengerüst der Feldgeräte (welches ohnehin verfügbar ist beim GA-Planer).
Breite Anwendung	Die Eingaben sind mit dem fortschreitenden Planungsstand ausdetaillierbar.
Aggregierte Auswertungen	Klassierungsdaten sind Teil der Eingabedaten, um entsprechende Auswertungen automatisch auszugeben. Die wichtigsten Klassen sind: <ul style="list-style-type: none"> • Aufteilung in Gebäudeautomation und Nicht-Gebäudeautomation^b • Ebene der Gebäudeautomation (Feld, Automation, Management) • Gewerkszugeilung (Heizung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung, Beschattung) • Gerätetyp (Aktor, Sensor, Speisung, ...)

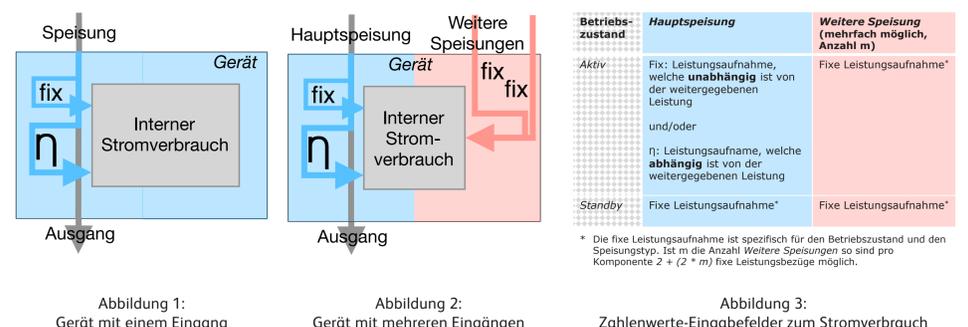
^a Sofern diese identischen Geräte von unter sich wiederum identischen Geräten gespeisen werden.
^b Die Systemgrenze Gebäudeautomation/Nicht-Gebäudeautomation kann durch den Nutzer selbst gezogen werden. Dies, um unterschiedlichen Auffassungen der Systemabgrenzung gerecht werden zu können.

Gerätemodell

Die Berechnungsmethodik basiert auf der Eingabe des geräteinternen Stromverbrauchs. Ein Gerät kann sowohl einen fixen Verbrauch haben, wie auch einen linear von der weitergegebenen Leistung abhängigen Verbrauch (Abbildung 1). Zudem kann ein Gerät beliebig viele strombeziehende Eingänge haben. Es stehen zwei Speisungstypen zur Verfügung (Abbildung 2):

- **Hauptspeisung:** Dieser Strombezug kann teilweise oder vollständig an weitere Geräte weitergegeben werden, auch in gewandelter Form (bezüglich Spannungsniveau, AC/DC oder auf Bus-Verbindung). Pro Gerät ist nur eine Hauptspeisung zulässig.
- **Weitere Speisung:** Dieser Strombezug wird vollständig vom beziehenden Gerät selbst verbraucht.

Weiter werden die zwei Betriebszustände *aktiv* und *Standby* unterschieden. Damit stehen die in Abbildung 3 gezeigten Zahlenwerte-Eingabefelder für jedes Gerät zur Verfügung.



Speisungsbaum

Abbildung 4 zeigt exemplarisch eine Speisungstopologie eines möglichen Gebäudetechnik-Systems. Die Berechnung startet bei den Feldgeräten (Volumenstromregler, Leuchtstofflampe, ...) und schreitet den Speisungsbaum ab bis zum Netzbezug.

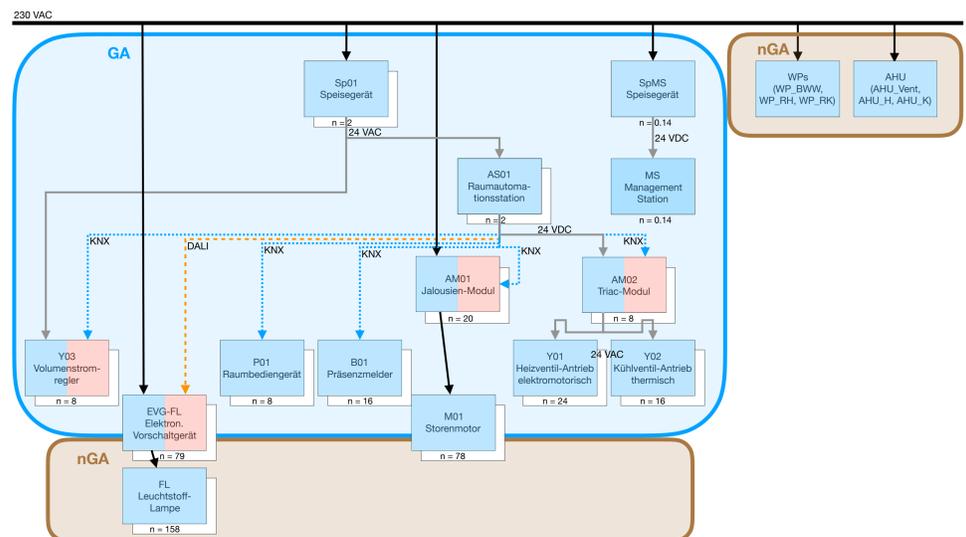


Abbildung 4: Speisungs-Topologie eines Beispiel-Gebäudetechnik-Systems; jedes eingefärbte Rechteck repräsentiert ein Gerät; n bezeichnet, wie oft das Gerät vorkommt. nGA: Nicht-Gebäudeautomation

Implementation

Die Berechnungsmethodik wurde als Berechnungstool in Excel umgesetzt. Der eigentliche Berechnungscode wurde dabei in VBA realisiert. Ein Zusatztool erlaubt vergleichende Auswertungen. Exemplarisch sind gezeigt: der jährliche Stromverbrauch pro Quadratmeter Geschossfläche für die Gebäudeautomation für zwei Systemvarianten (Abbildung 5). Auswertungen für die Nicht-Gebäudeautomation sind ebenfalls verfügbar.

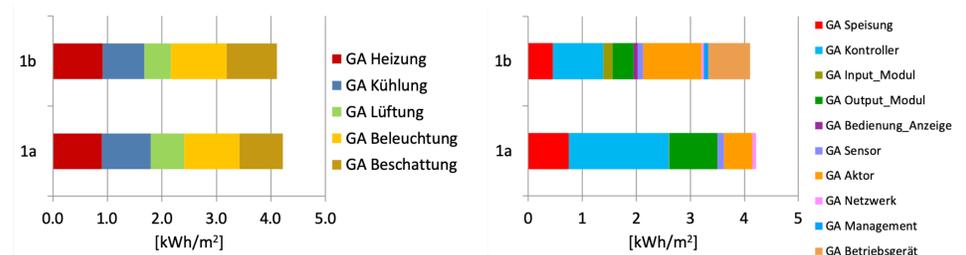


Abbildung 5: GA-Stromverbrauch nach Gewerken (rechts) und nach Geräte-Haupttyp (links)

Ausblick

Das Tool, ergänzt und angepasst, möchten wir Dritten, insbesondere den Gebäudeautomations- und Gebäudetechnik-Planern, verfügbar machen als Planungsgrundlage und Entscheidungshilfe, mit dem Ziel eines tieferen Stromverbrauchs der realisierten Systeme. Dieses Vorhaben ist der Inhalt des mit Vorbehalten bewilligten BFE-Projekts *StromGT*.

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», 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», Haustechnik, pp. 40-42, 5 2016, <https://www.hslu.ch/dech/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>
 [6] P. Kräuchi und O. Steiger, «Stromverbrauch der Gebäudeautomation: eine Berechnungsmethodik», Brenet Status-Seminar, Zürich, 2018, <http://www.brenet.ch/downloads-2018/>



Hochschule Luzern – Technik & Architektur
 Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE
Philipp Kräuchi
 T: +41 349 32 24
 philipp.kraeuchi@hslu.ch
 www.hslu.ch/ige