Lucerne University of
Applied Sciences and Arts
HOCHSCHULE
LUZERN
Technik & Architektur

Gebäudeautomation bringt Effizienz:
Normative Grundlagen und ein Experiment

Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE

Prof. Urs-Peter Menti
Instituts- und Forschungsleitung

T direkt +41 41 349 33 17
urs-peter.menti@hslu.ch

Horw 22.11.2017

Chur / Poschiavo, 22.11.17

EFQM
Recognised for excellence
5 star - 2015

Agenda

- Ausgangslage
- Frühere Studien
- Normative Grundlagen – SIA 386.110
- Fragestellungen P+D-Projekt (BFE)
- Untersuchungsobjekt
- Projektablauf
- Resultate
- Fazit

Kurzvorstellung

- Prof. Urs-Peter Menti
- Dipl. Masch.-Ing. ETH / SIA, MBA Luzern
- Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE
- Hochschule Luzern – Technik & Architektur

- Instituts- und Forschungsleiter IGE
- Hauptamtlicher Dozent für Gebäudetechnik
- Diverse Funktionen bei Minergie®
- Vorstandsmitglied (Ausschuss) beim NNBS

- 1995 – 2004 Amstein + Walthert AG
- 2004 – heute Hochschule Luzern

Ausgangslage

(Erst) ein **hoher Automatisierungsgrad** der Gebäudetechnik führt zu **energieeffizienten** und **nutzerfreundlichen** Gebäuden

Viel Gebäudeautomation (GA) führt zu einem **hohen Energieverbrauch** (Eigenverbrauch der GA) und zu **unzufriedenen Nutzenden**

→ Frage: Führt ein hoher Automatisierungsgrad zu **energieeffizienteren Gebäuden** und zu einer **höheren Nutzendenzufriedenheit** ?

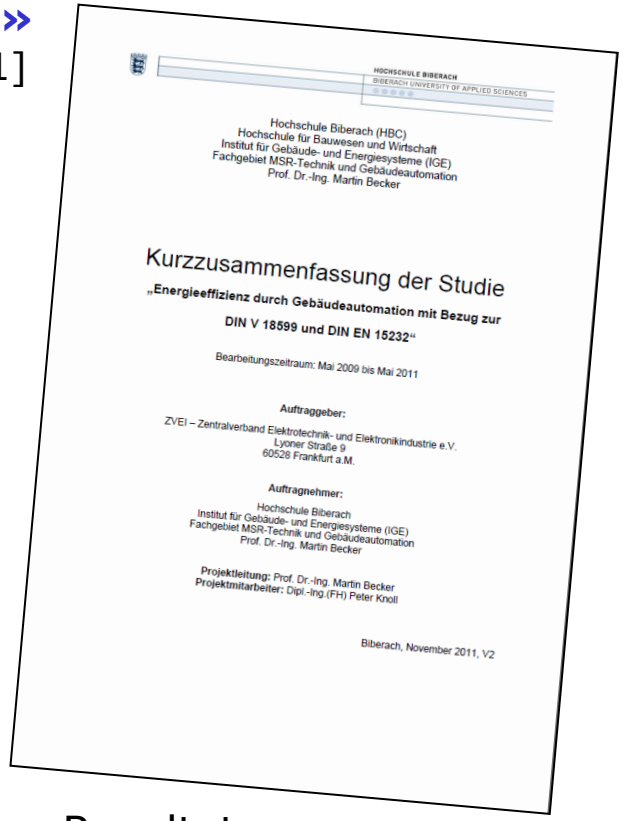
Studie Hochschule Biberach (2011)

- **«Energieeffizienz durch Gebäudeautomation»**
  [Hochschule Biberach, Prof. Dr. Martin Becker et al; 2011]

- **Ziel:** Beurteilung der Einsparpotenziale durch Raum- und Gebäudeautomation

- **Methodik:**
  - Literaturrecherche
  - Experimentelle Untersuchungen in verschiedenen Seminarräumen der Hochschule
  - Simulationen

- **Erkenntnisse:**
  - Erhebliche Einsparpotenziale durch Gebäudeautomation vorhanden
  - Analyse anhand verschiedener Räume führt möglicherweise zu grossen Abweichungen bei den Resultaten



HOCHSCHULE BIBERACH
BIBERACH UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Hochschule Biberach (HBC)
Hochschule für Bauwesen und Wirtschaft
Institut für Gebäude- und Energiesysteme (IGE)
Fachgebiet MSR-Technik und Gebäudeautomation
Prof. Dr.-Ing. Martin Becker

Kurzzusammenfassung der Studie

„Energieeffizienz durch Gebäudeautomation mit Bezug zur DIN V 18599 und DIN EN 15232“

Bearbeitungszeitraum: Mai 2009 bis Mai 2011

Auftraggeber:
ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt a.M.

Auftragnehmer:
Hochschule Biberach
Institut für Gebäude- und Energiesysteme (IGE)
Fachgebiet MSR-Technik und Gebäudeautomation
Prof. Dr.-Ing. Martin Becker

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Martin Becker
Projektmitarbeiter: Dipl.-Ing.(FH) Peter Knoll

Biberach, November 2011, V2

Studie Hochschule Luzern (2016)

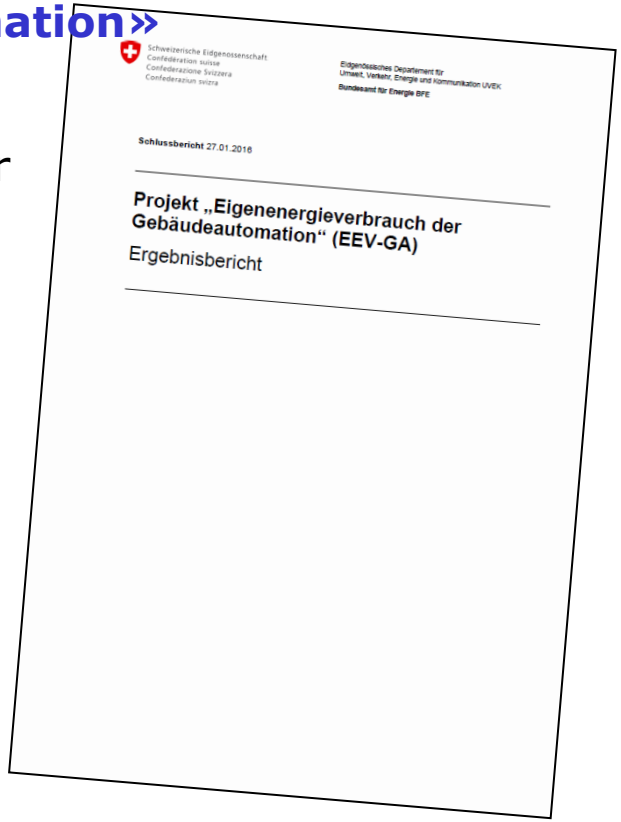
- **«Eigenenergieverbrauch der Gebäudeautomation»**
  [Hochschule Luzern, Philipp Kräuchi et al; 2016]

- **Ziel:** Beurteilung des Eigenenergieverbrauchs der Gebäudeautomation

- **Methodik:**
  - Messungen (Labor)
  - Simulationen

- **Erkenntnisse:**
  - Eigenenergieverbrauch nicht vernachlässigbar (Stromverbrauch GA 2-5 kWh/m^2.a)
  - Massgebend sind Produktwahl und System-gestaltung und weniger die Funktionalität

(mehr siehe www.bfe.admin.ch)


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)

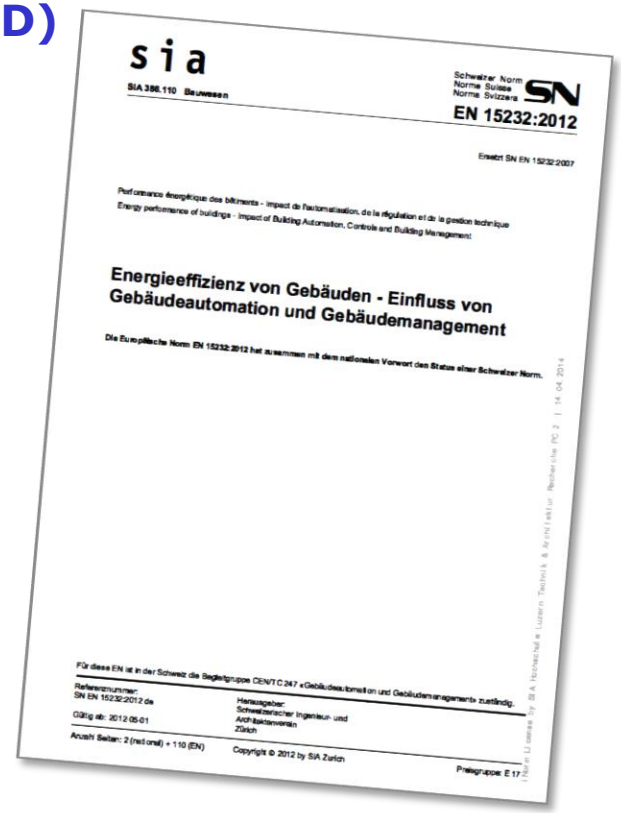
Ergebnisbericht

Normative Grundlagen

- **Energy Performance Building Directive (EPBD)**
  «Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden»

- **SIA 386.110 (SN EN 15232)**
  «Energieeffizienz von Gebäuden – Einfluss von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement»

  (Gültig seit: 1.5.2012)



sia

SIA 386.110 Bauwesen

Schweizer Norm
Norme Suisse
Norme Svizzera

SN

EN 15232:2012

Ersetzt SN EN 15232:2007

Performance énergétique des bâtiments - Impact de l'automatisation, de la régulation et de la gestion technique
Energy performance of buildings - Impact of Building Automation, Controls and Building Management

Energieeffizienz von Gebäuden - Einfluss von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement

Die Europäische Norm EN 15232:2012 hat zusammen mit dem nationalen Vorwort den Status einer Schweizer Norm.

Für diese EN ist in der Schweiz die Begleitgruppe CEN/TC 247 «Gebäudeautomation und Gebäudemanagement» zuständig.

Referenznummer:
SN EN 15232:2012 de

Gültig ab: 2012-05-01

Anzahl Seiten: 2 (Vorwort) + 110 (EN)

Herausgeber:
Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Zürich

Copyright © 2012 by SIA Zürich

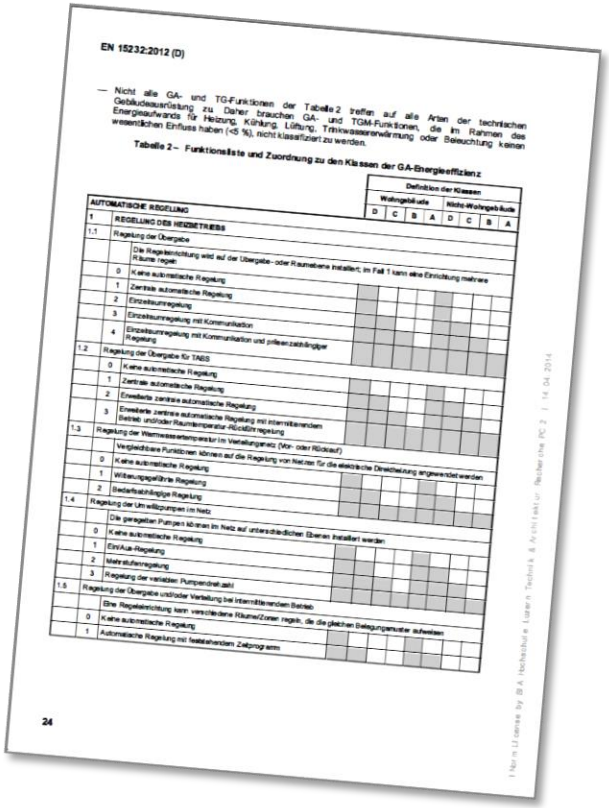
Preisgruppe: E 17

Nur zu Lehrzwecken für SIA Hochschule Luzern Technik & Architektur Recherche PC 2 | 14.04.2014

SIA 386.110: GA-Effizienzklassen

- **Vier GA-Effizienzklassen (A, B, C, D)**
  - **Klasse A**: hoch energieeffizientes GA-System und technisches Gebäudemanagement (TGM)
  - **Klasse B**: erweitertes GA-System und einige spezielle TGM-Funktionen
  - **Klasse C**: Standard GA-System
  - **Klasse D**: nicht-effizientes GA-System

- Je nach GA-Effizienzklasse wird die **Art der Regelung** für alle Gewerke und Komponenten (Funktionsliste) vorgeschrieben.
  (Unterschiedlich für Wohn- und Nicht-Wohngebäude)



EN 15232:2012 (D)

— Nicht alle GA- und TG-Funktionen der Tabelle 2 treffen auf alle Arten der technischen Gebäudeausrüstung zu. Daher brauchen GA- und TGM-Funktionen, die im Rahmen des Energieaufwands für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwassererwärmung oder Beleuchtung keinen wesentlichen Einfluss haben (<5 %), nicht klassifiziert zu werden.

Tabelle 2 – Funktionsliste und Zuordnung zu den Klassen der GA-Energieeffizienz

			Definition der Klassen							
			Wohngebäude				Nicht-Wohngebäude			
			D	C	B	A	D	C	B	A
1	AUTOMATISCHE REGELUNG									
1.1	REGELUNG DES HEIZBETRIEBS									
	Regelung der Übergabe									
		Die Regeleinrichtung wird auf der Übergabe- oder Raumebene installiert; im Fall 1 kann eine Einrichtung mehrere Räume regeln								
	0	Keine automatische Regelung								
	1	Zentrale automatische Regelung								
	2	Einzelraumregelung								
	3	Einzelraumregelung mit Kommunikation								
	4	Einzelraumregelung mit Kommunikation und pflegezeitabhängiger Regelung								
1.2	Regelung der Übergabe für TABS									
	0	Keine automatische Regelung								
	1	Zentrale automatische Regelung								
	2	Erweiterte zentrale automatische Regelung								
	3	Erweiterte zentrale automatische Regelung mit intermittierendem Betrieb und/oder Raumtemperatur-Rückführregelung								
1.3	Regelung der Warmwassertemperatur im Verteilungsnetz									
		Vergleichbare Funktionen können auf die Regelung von Netzen für die elektrische Direktheizung angewendet werden								
	0	Keine automatische Regelung								
	1	Witterungsgeführte Regelung								
	2	Bedarfsabhängige Regelung								
1.4	Regelung der Umwälzpumpen im Netz									
		Die geregelten Pumpen können im Netz auf unterschiedlichen Ebenen installiert werden								
	0	Keine automatische Regelung								
	1	Ein/Aus-Regelung								
	2	Mehrstufenregelung								
	3	Regelung der variablen Pumpendrehzahl								
1.5	Regelung der Übergabe und/oder Verteilung bei intermittierendem Betrieb									
		Eine Regeleinrichtung kann verschiedene Räume/Zonen regeln, die die gleichen Belegungsmuster aufweisen								
	0	Keine automatische Regelung								
	1	Automatische Regelung mit festlegbarem Zeitprogramm								

24

1 Non-Licence by © A. Hochschule Luzern Technik & Architektur Rechnerhalle PC 2 / 14.04.2014

SIA 386.110: GA-Effizienzklassen

- Anwendungsbeispiel:
  Es wird in einem Bürogebäude die **GA-Energieeffizienzklasse B** gewählt

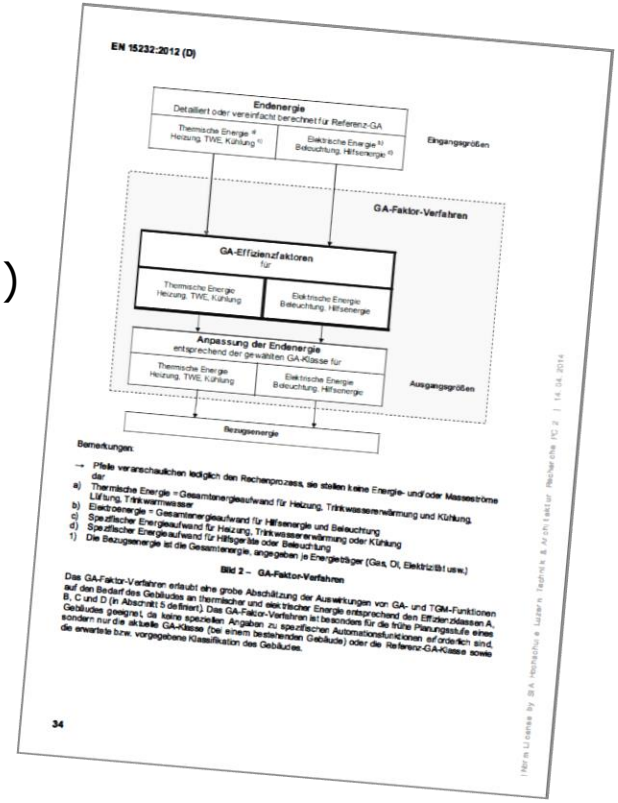
Tabelle 2 – Funktionsliste und Zuordnung zu den Klassen der GA-Energie-effizienz (SIA 368.110)

			Definition der Klassen							
			Wohngebäude				Nicht-Wohngebäude			
			D	C	B	A	D	C	B	A
AUTOMATISCHE REGELUNG										
1	**REGELUNG DES HEIZBETRIEBS**									
1.1	Regelung der Übergabe									
		Die Regeleinrichtung wird auf der Übergabe- oder Raumebene installiert; im Fall 1 kann eine Einrichtung mehrere Räume regeln								
	0	Keine automatische Regelung								
	1	Zentrale automatische Regelung								
	2	Einzelraumregelung								
	3	Einzelraumregelung mit Kommunikation							X	
	4	Einzelraumregelung mit Kommunikation und präsenzabhängiger Regelung							X	X
1.2	Regelung der Übergabe für TABS									
	0	Keine automatische Regelung								
	1	Zentrale automatische Regelung								
	2	Erweiterte zentrale automatische Regelung								
	3	Erweiterte zentrale automatische Regelung mit intermittierendem Betrieb und/oder Raumtemperatur-Rückführregelung								
1.3	Regelung der Warmwassertemperatur im Verteilungsnetz (Vor- oder Rücklauf)									
		Vergleichbare Funktionen können auf die Regelung von Netzen für die elektrische Direktheizung angewendet werden								

SIA 386.110: GA-Faktor-Verfahren

- Bestimmung des Energieverbrauches nach dem **GA-Faktor Verfahren**

- Faktor für therm. Energie (Raumheizung)
- Faktor für therm. Energie (Raumkühlung)
- Faktor für therm. Energie (Trinkwassererwärmung)
- Faktor für elektr. Energie (Lüftung, Beleuchtung und Hilfsgeräte)


EN 15232:2012 (D)

Bemerkungen:

→ Pfeile veranschaulichen lediglich den Rechenprozess, sie stellen keine Energie- und/oder Massenströme dar

a) Thermische Energie = Gesamtenergieaufwand für Heizung, Trinkwassererwärmung und Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser

b) Elektroenergie = Gesamtenergieaufwand für Hilfsenergie und Beleuchtung

c) Spezifischer Energieaufwand für Heizung, Trinkwassererwärmung oder Kühlung

d) Spezifischer Energieaufwand für Hilfsgeräte oder Beleuchtung

1) Die Bezugsenergie ist die Gesamtenergie, angegeben je Energieträger (Gas, Öl, Elektrizität usw.)

Bild 2 – GA-Faktor-Verfahren

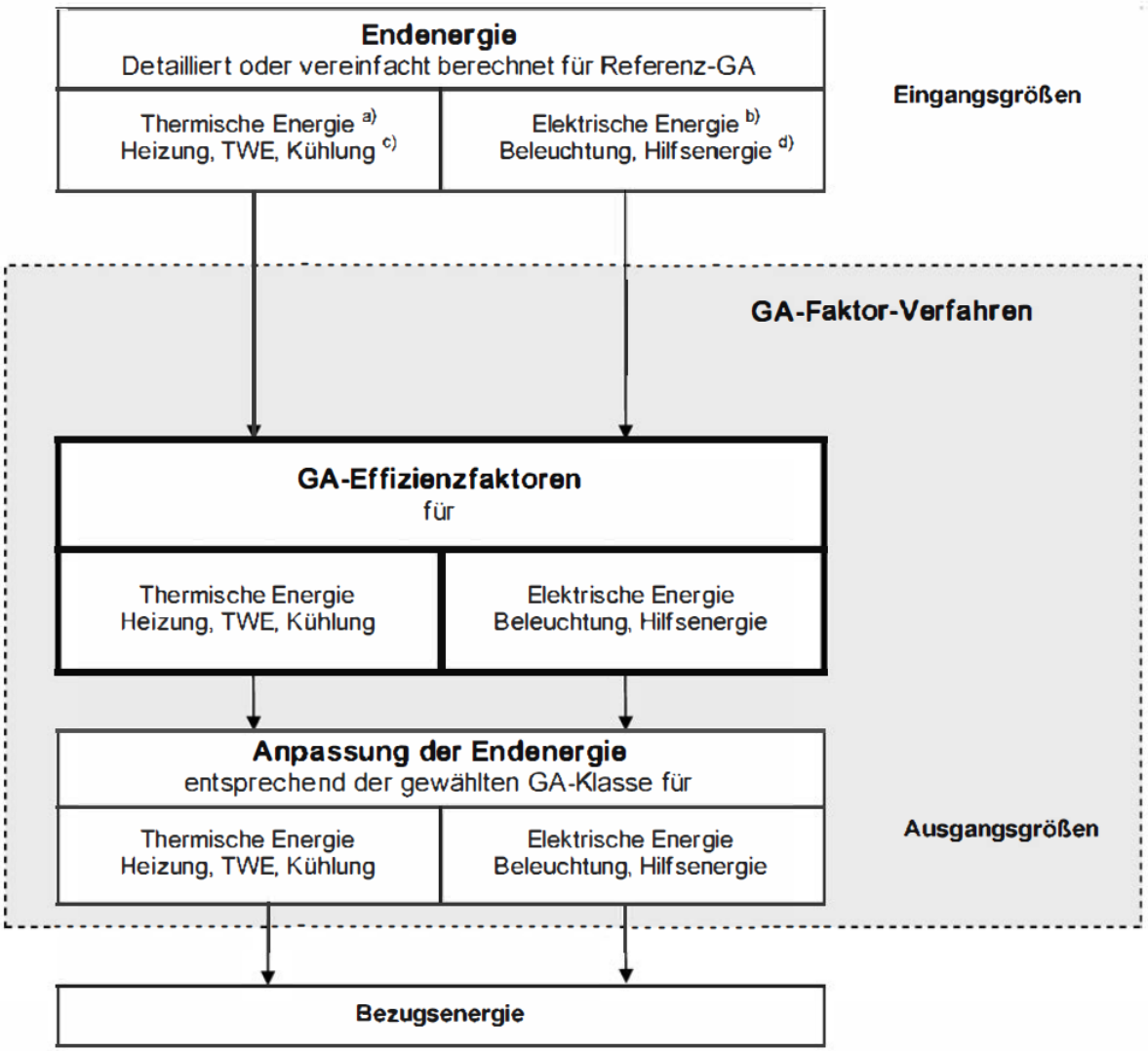
Das GA-Faktor-Verfahren erlaubt eine grobe Abschätzung der Auswirkungen von GA- und TGM-Funktionen auf den Bedarf des Gebäudes an thermischer und elektrischer Energie entsprechend den Effizienzklassen A, B, C und D (in Abschnitt 5 definiert). Das GA-Faktor-Verfahren ist besonders für die frühe Planungsstufe eines Gebäudes geeignet, da keine speziellen Angaben zu spezifischen Automationsfunktionen erforderlich sind, sondern nur die aktuelle GA-Klasse (bei einem bestehenden Gebäude) oder die Referenz-GA-Klasse sowie die erwartete bzw. vorgegebene Klassifikation des Gebäudes.

34

| Nur in Lizenz by SIA. Hochschule Luzern, Technik & Architektur, Recherche PC 2 | 14.04.2014

E_{end} Gebäude mit Klasse C **X** GA-Faktor A **=** E_{end} Gebäude mit Klasse A

SIA 386.110: GA-Faktorverfahren



SIA 386.110: GA-Faktorverfahren (Beispiel Büronutzung)

Energieeffizienzklassen EN 15232	Einsparpotenzial **thermische** Energie Büro	Einsparpotenzial **elektrische** Energie Büro
A Hoch energieeffiziente Raumautomation und vernetzte Gewerke	-30%	-13%
B Höherwertige, Gewerk-optimierte Einzellösung, partiell vernetzt	-20%	-7%
C Standard Raumautomation Referenzgrundlage	**100%**	**100%**
D Keine Raumautomation nicht energieeffizient	+51%	+10%

Das sagt die Norm.

Aber wie sieht die Realität aus?

… und was meinen die Nutzer/innen dazu?

Neubau Bürogebäude
HKG Engineering
in Aarau

Bürogebäude mit umschaltbaren GA-Effizienzklassen

Projektziele

- Quantifizieren des Energieverbrauchs des Gebäudes in Abhängigkeit verschiedener Effizienzklassen der Gebäudeautomation, differenzierte Energieverbrauchsauswertung (elektr.) nach Verbraucherkategorien (gemäss SIA 380/4)

- Ermitteln der realisierbaren Einsparpotentiale unterschiedlicher Effizienzklassen der Gebäudeautomation

- Auswirkungen von Werktagen und Wochenenden sowie der Jahreszeiten auf die Energieeinsparungen bei den verschiedenen Gebäudeautomations-Effizienzklassen

- Auswirkungen verschiedener Gebäudeautomations-Effizienzklassen auf die Nutzendenzufriedenheit

Projektpartner

P+D-Projekt; finanziert durch das Bundesamt für Energie

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE

Lucerne University of
Applied Sciences and Arts

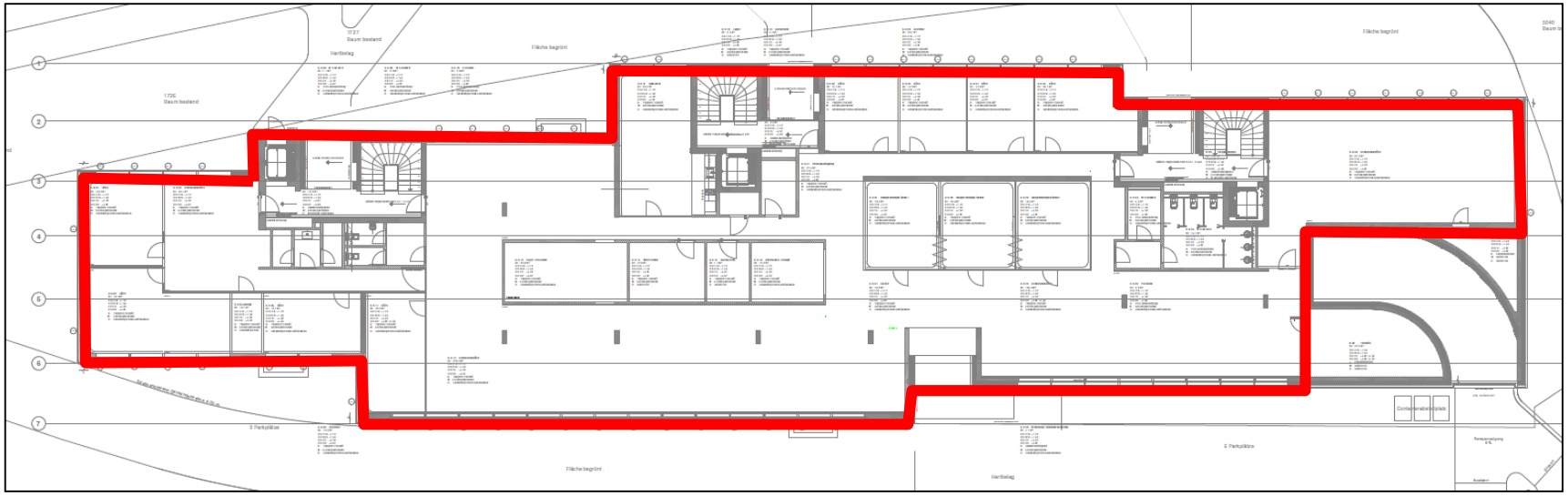
HOCHSCHULE
LUZERN

Technik & Architektur

Herzog Kull Group

Herzlichen Dank für die Unterstützung und die gute Zusammenarbeit!

Gebäudeplan (Bürogeschoss)



- **Erstellt: 2014**
- Einzelbüro: 175 m2
- Gruppenbüro: 350 m2
- Korridore: 110 m2
- ICT Raum: 13 m2

- **Energie: Fernwärme/-kälte**
- Cafeteria: 34 m2
- Lobby / Bespr. 70 m2
- Nebenräume: 100 m2
- **Nutzfläche: 850 m2**

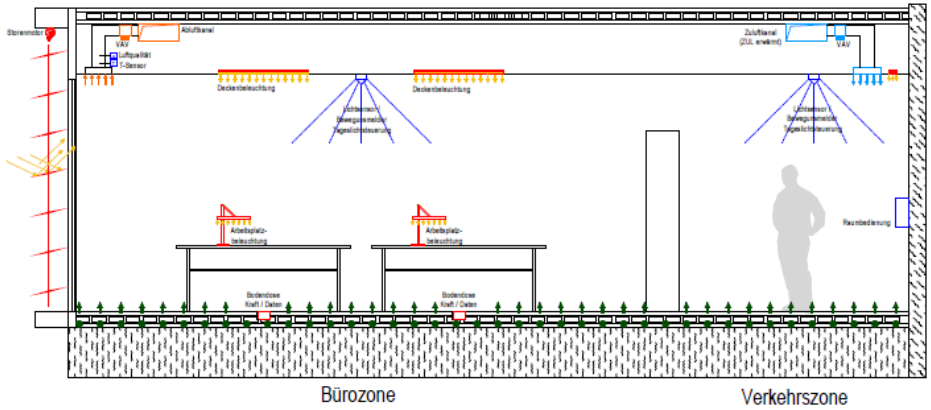
Lüftungs- und Heizungszonen

Lüftung

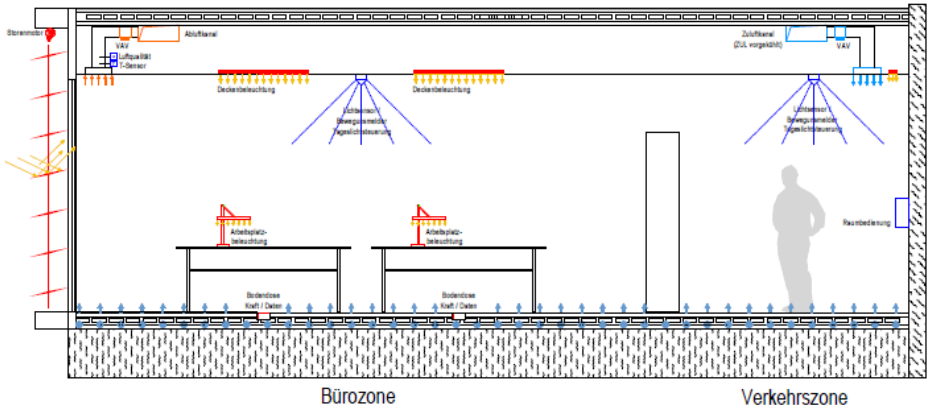
Heizung / Kühlung

Systemschnitt Büro

Raumnutzung Winter

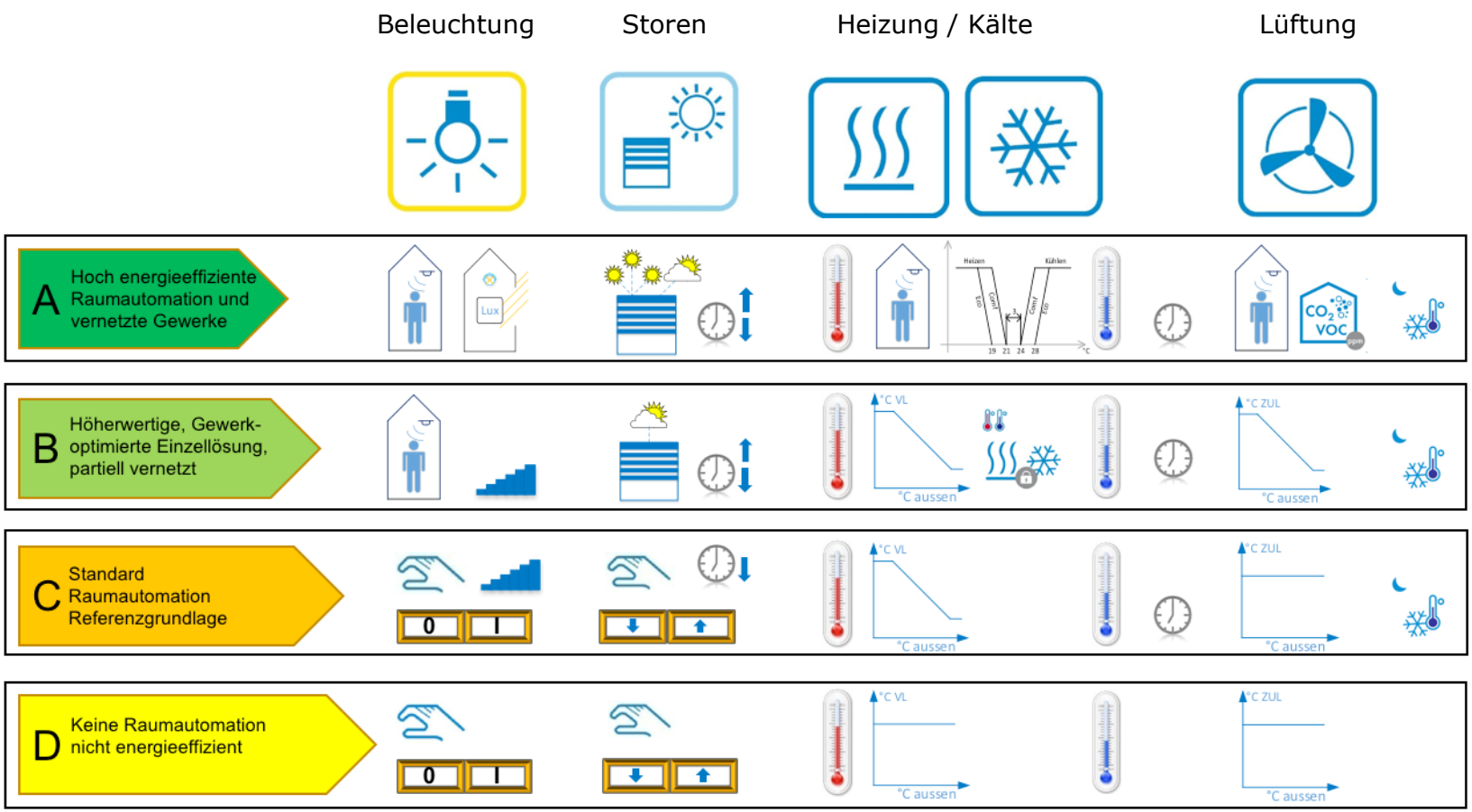


Raumnutzung Sommer



- Wärme
- Kälte
- Zuluft
- Abluft
- Licht
- Elektro
- Sensoren

Realisierung der Automatisierungsgrade nach SIA 386.110



Realisierung der Automatisierungsgrade nach SIA 386.110

Die **Vorgaben der SIA 386:110** wurden so gut wie möglich umgesetzt, teilweise war es aber aus technischer Sicht bei einzelnen Komponenten **nicht möglich**, eine vollständige Umschaltung A → B → C → D zu realisieren

Effektiv realisiert

Regelung des Luftvolumenstromes oder Drucks auf der Ebene der Luftbehandlungsanlage					
0 Keine automatische Regelung					D
1 Zeitabhängige Ein / Aus-Regelung					C
2 Mehrstufenregelung *(ZUL Druckregelung)*					B
3 Automatische Durchflussregelung *(nach Position der VAV)*					A

Regelung der beweglichen Sonnenschutzeinrichtungen					
0 Manueller Betrieb					
1 Motorbetrieben mit manueller Regelung					D/C
2 Motorbetrieben mit automatischer Regelung					B/A
3 Kombinierte Regelung der Beleuchtung/der Blenden/der HLK-Anlagen					

Messkonzept

Wärme-Kältezähler
- Fussbodenheizung
- Lüftung / Umluft (nur Kühlung)

Elektrozähler
- Lüftung
- Licht
- Steckdosen
- Storen
- GA (Eigenverbrauch)
- Pumpen
- Server
- Betriebseinrichtungen

#	Messstelle	ID[1]	BUS
2	L2 Deckenleuchten Einzelbüro/Management	H_00_SE01_X02_B001_250U2_MP05	UMG
3	L3 Deckenleuchten Einzelbüro/Management	H_00_SE01_X02_B001_250U2_MP06	UMG
4	Beleuchtung Nasszellen Management	H_00_SE01_X02_B001_250U2_MP07	UMG
5	Beleuchtung Nasszelle Grossraumbüro	H_00_SE01_X02_B001_250U2_MP08	UMG
6	Beleuchtung Deckenleuchten Lagerraum, Lager, Garderobe	H_00_SE01_X02_B001_250U2_MP09	UMG
7	Beleuchtung Sitzungszimmer	H_00_SE01_X02_B001_250U2_MP10	UMG
8	Steckdosen Sitzungszimmer	H_00_SE01_X02_B001_250U2_MP11	UMG
9	Steckdosen und Beleuchtung Admin Consulting Süd	H_00_SE01_X02_B001_250U2_MP12	UMG
0	Beleuchtung Cafeteria	H_00_SE01_X02_B001_250U2_MP13	UMG
1	Garderoben und WC 1.UG	H_00_SE01_X02_B001_250U2_MP14	UMG
2	Beleuchtung Empfang/Lounge	H_00_SE01_X02_B001_250U2_MP15	UMG
3	Beleuchtung Korridore	H_00_SE01_X02_B001_250U2_MP16	UMG
4	Kraft Kopierer / Drucker / Plotter	H_00_SE01_X02_B001_250U2_MP17	UMG
5	Kraft Einzelbüros Nord	H_00_SE01_X02_B001_250U2_MP18	UMG
6	Kraft Grossraumbüro Nord Consulting	H_00_SE01_X02_B001_250U2_MP19	UMG

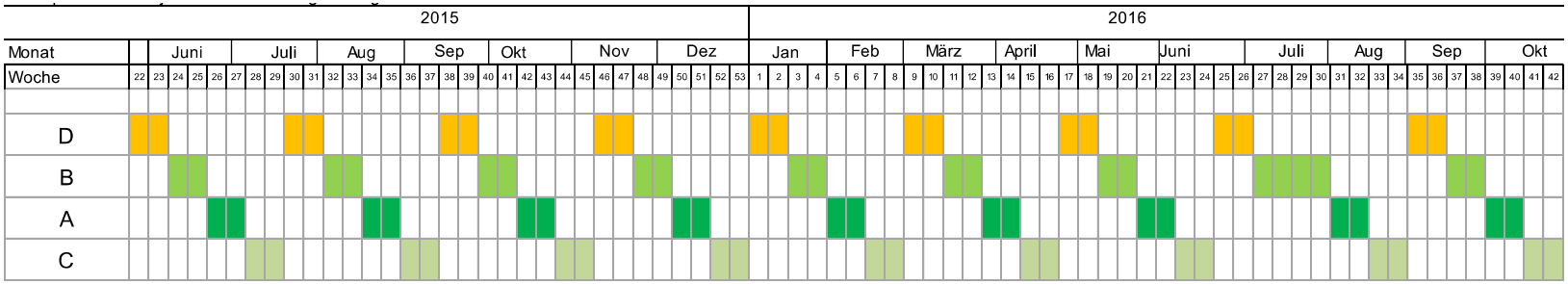
Messungen raum-/zonen- oder nutzungsspezifisch

Raumlufttemperaturen

Datenerfassung:
- Aggregierung der Momentanwerte zu Tagessummen

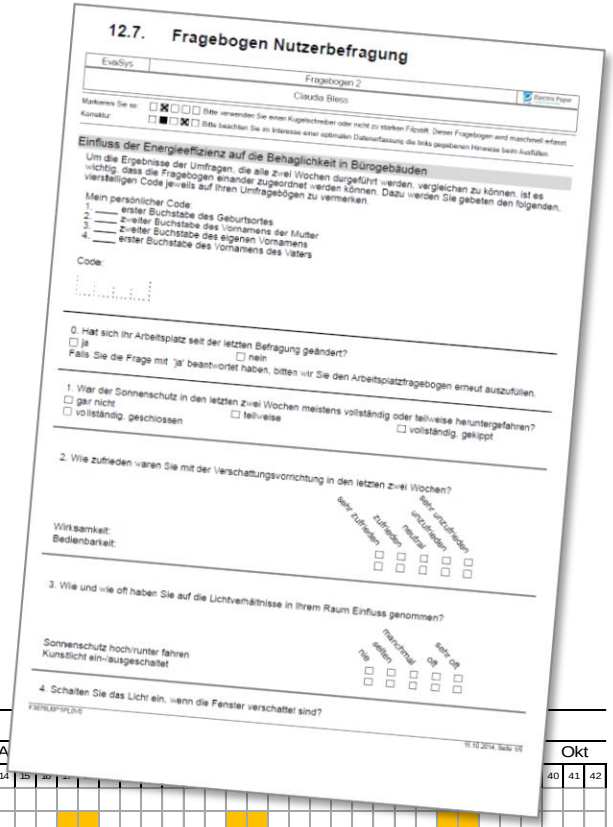
Ablauf der Messungen

- **Umschaltung der Klassen** alle zwei Wochen gemäss Plan
- Umschaltung jeweils am **Montagmorgen**
- Gleichmässige **Verteilung auf Jahreszeiten**
- Gleichmässige **Verteilung der Klassen** A, B, C, D
- **Messperiode**: 1.7.15 – 23.10.16



Befragung der Nutzenden

- Durchführung **alle zwei Wochen** (online, Umfang: 23 Fragen)
- Fragen zu Einflussnahme, **Akzeptanz**, **Behaglichkeit**, Betriebszeiten von Beleuchtung, Öffnungsgrad und Öffnungsdauer der Fenster, etc.
- **Rücklauf** variabel, Akzeptanz schwierig
- **Stichprobengrösse** zu gering → keine statistisch relevanten Aussagen möglich; **Trends / Tendenzen** lassen sich aber erkennen



12.7. Fragebogen Nutzerbefragung

EvaSys | Fragebogen 2 | Claudia Bless

Markieren Sie so: ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ Bitte verwenden Sie einen Kugelschreiber oder nicht zu starken Filzstift. Dieser Fragebogen wird maschinell erfasst.
Korrektur: ☐ ■ ☐ ☒ ☐ Bitte beachten Sie im Interesse einer optimalen Datenerfassung die links gegebenen Hinweise beim Ausfüllen.

Einfluss der Energieeffizienz auf die Behaglichkeit in Bürogebäuden

Um die Ergebnisse der Umfragen, die alle zwei Wochen durgeführt werden, vergleichen zu können, ist es wichtig, dass die Fragebogen einander zugeordnet werden können. Dazu werden Sie gebeten den folgenden, vierstelligen Code jeweils auf Ihren Umfragebögen zu vermerken.

Mein persönlicher Code:
1. ____ erster Buchstabe des Geburtsortes
2. ____ zweiter Buchstabe des Vornamens der Mutter
3. ____ zweiter Buchstabe des eigenen Vornamens
4. ____ erster Buchstabe des Vornamens des Vaters

Code:

0. Hat sich Ihr Arbeitsplatz seit der letzten Befragung geändert?
☐ ja ☐ nein
Falls Sie die Frage mit 'ja' beantwortet haben, bitten wir Sie den Arbeitsplatzfragebogen erneut auszufüllen.

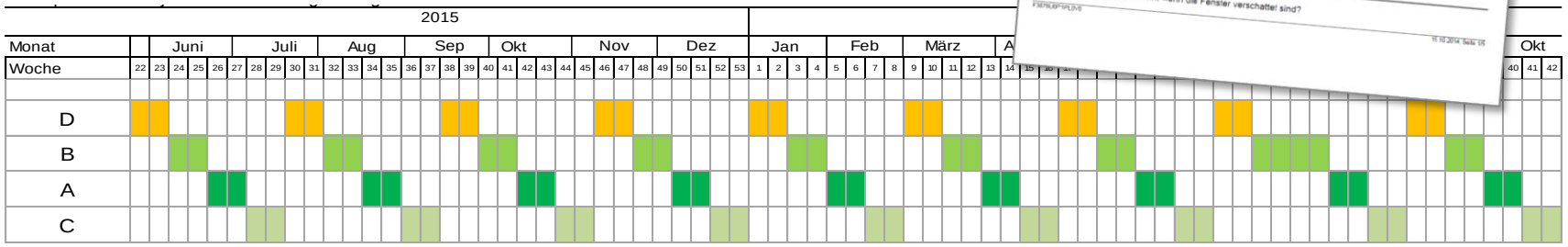
1. War der Sonnenschutz in den letzten zwei Wochen meistens vollständig oder teilweise heruntergefahren?
☐ gar nicht ☐ teilweise ☐ vollständig, gekippt
☐ vollständig, geschlossen

2. Wie zufrieden waren Sie mit der Verschattungsvorrichtung in den letzten zwei Wochen?
sehr zufrieden | zufrieden | neutral | unzufrieden | sehr unzufrieden
Wirksamkeit:
Bedienbarkeit:

3. Wie und wie oft haben Sie auf die Lichtverhältnisse in Ihrem Raum Einfluss genommen?
nie | selten | manchmal | oft | sehr oft
Sonnenschutz hoch/runter fahren
Kunstlicht ein-/ausgeschaltet

4. Schalten Sie das Licht ein, wenn die Fenster verschattet sind?

F.RPKUPTPLDVE



Erfahrungen aus den Messungen (Auswahl)

- Störgrössen / externe Einflüsse sind zu beachten (z.B.: Einfluss glänzende Motorhaube auf Tageslichtsensor…)
- Dank Monitoring Fehlfunktionen erkennbar (z.B.: Nachtauskühlung)
- Auswahl und Platzierung der Sensoren massgebend für Qualität der Regelung
- Der Nutzer wehrt sich, wenn er mit der Automation nicht zufrieden ist…

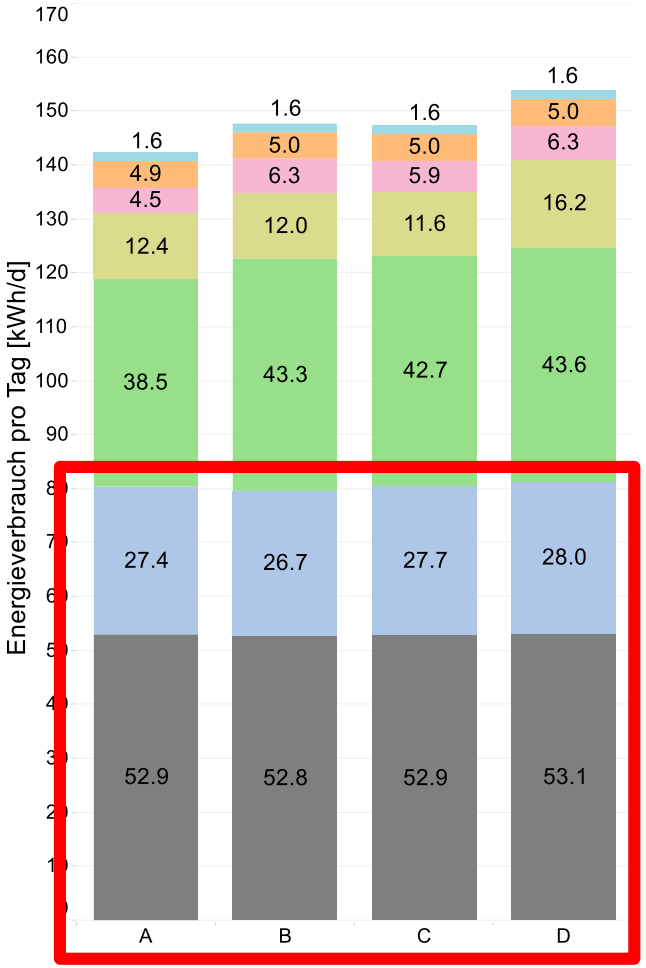
Gegenmassnahme in der Energieeffizienzklasse A für mehr Licht

Resultate

Gesamtenergie Elektrizität

- etwa 55%: GA-Klassen unabhängig (ICT, Betriebseinrichtungen)

- Klasse A: 96%
- Klasse B: 99 %
- Klasse C: 100%
- Klasse D: 105%

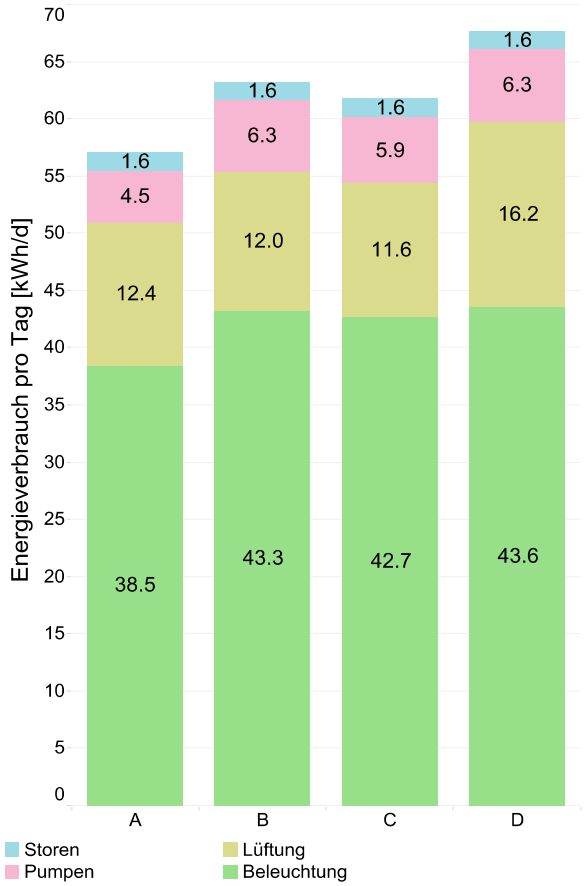


Storen
Eigenverbrauch GA
Pumpen
Lüftung
Beleuchtung
Betriebseinrichtung
ICT Server

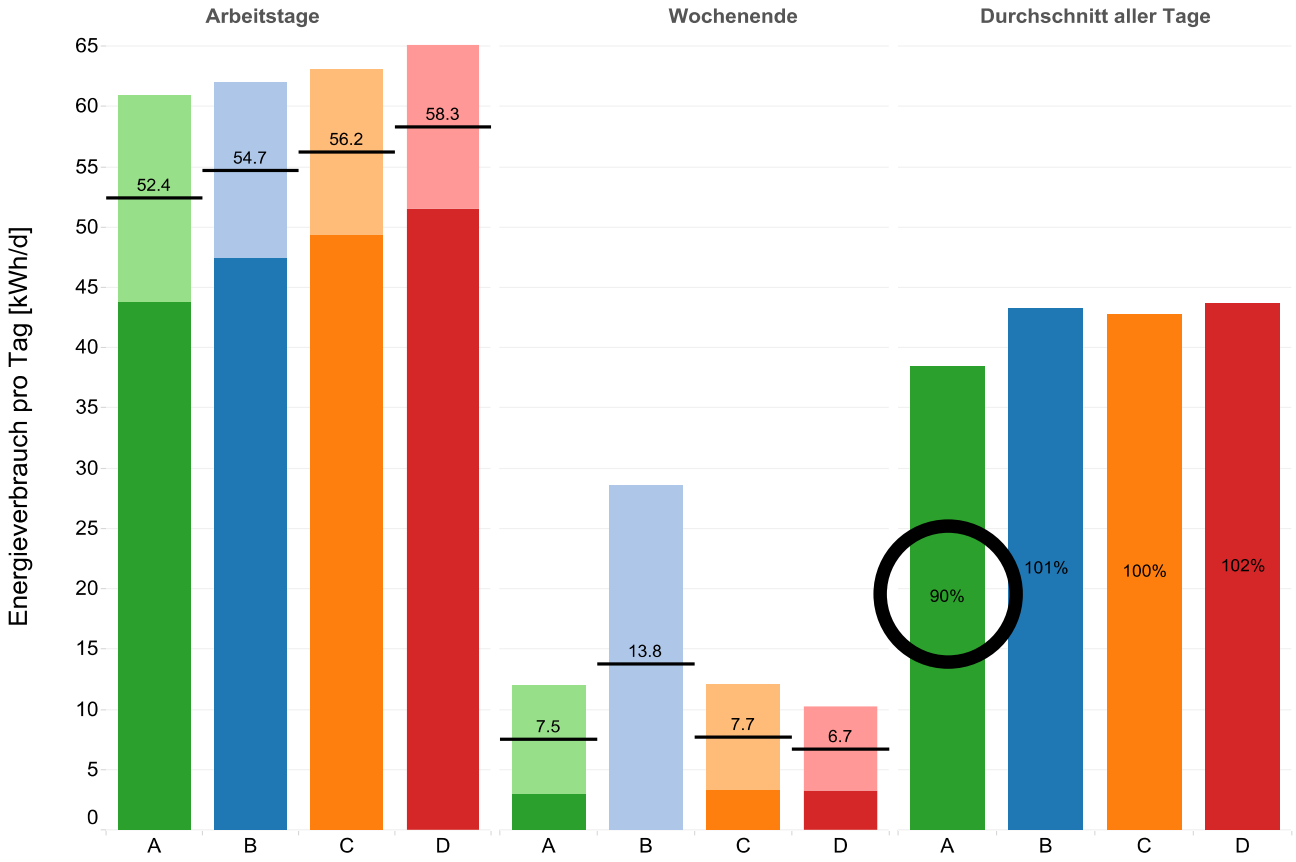
GA-abhängige Energie (Elektrizität)

Erster Hauptverbraucher: Beleuchtung
Zweiter Hauptverbraucher: Lüftung

Weitere Verbraucher:
Pumpen, Storen, Eigenverbrauch GA



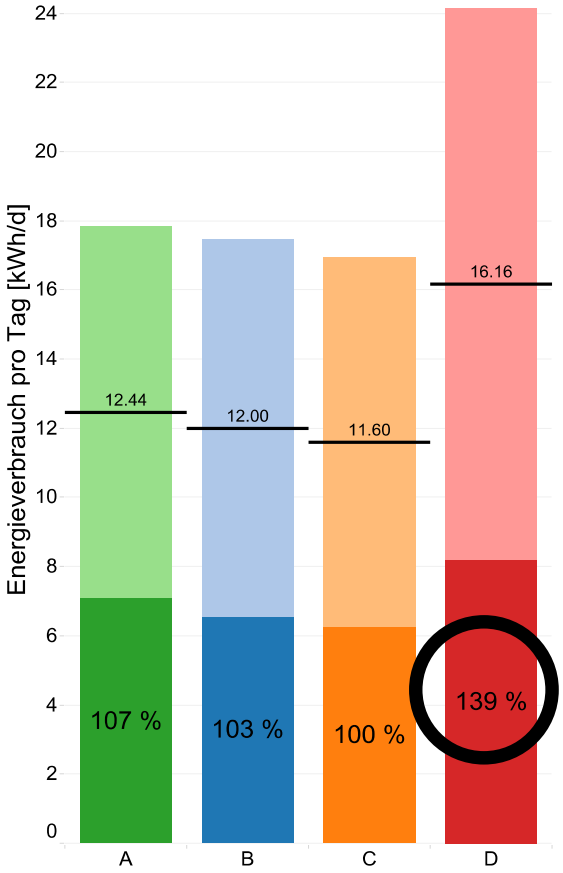
Erster Hauptverbraucher: Beleuchtung (30%)



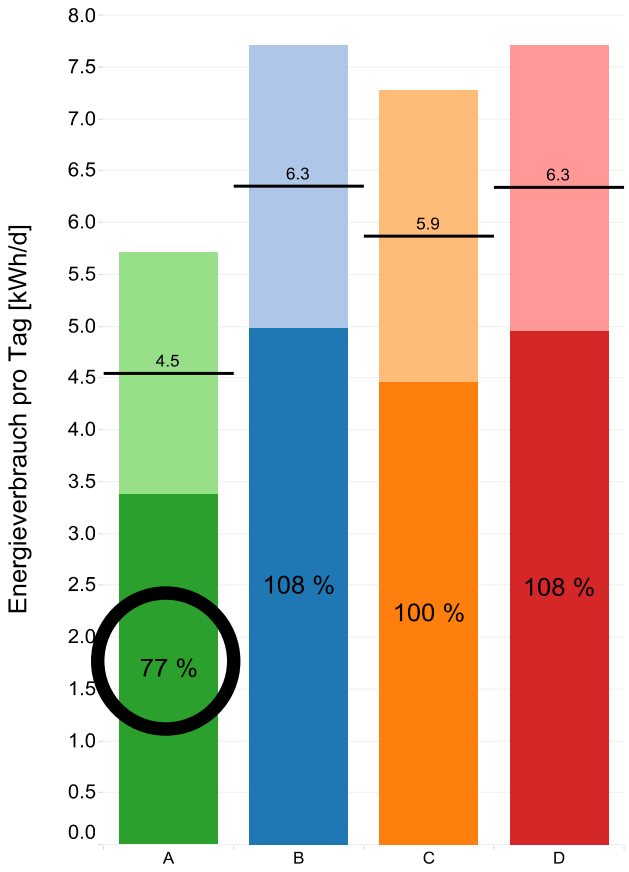
- Klasse A im Durchschnitt 10% (von 30%) besser als B,C,D

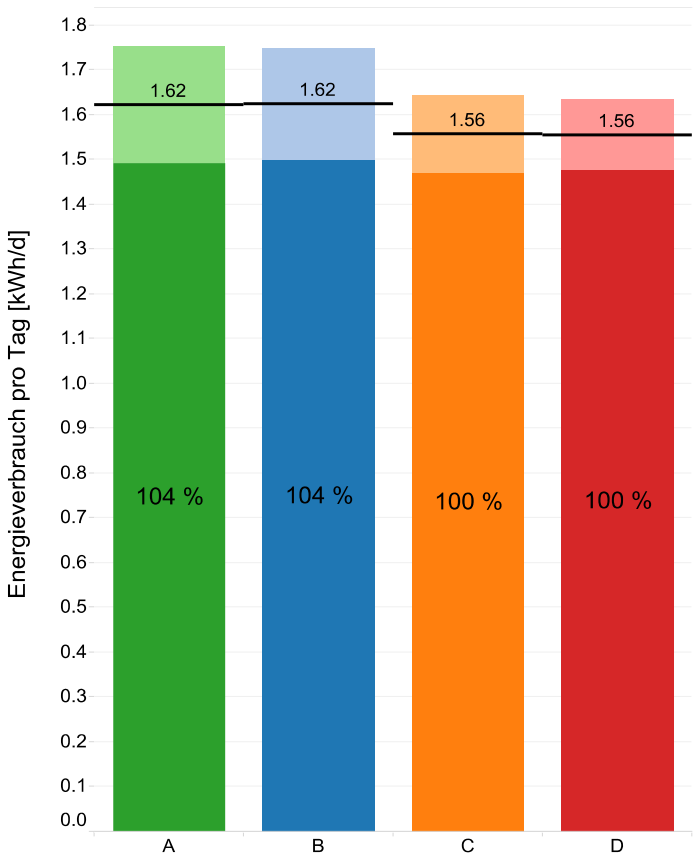
Zweiter Hauptverbraucher: Lüftung (8%)

- Klasse D im Durchschnitt 40% (von 8%) schlechter als A,B,C



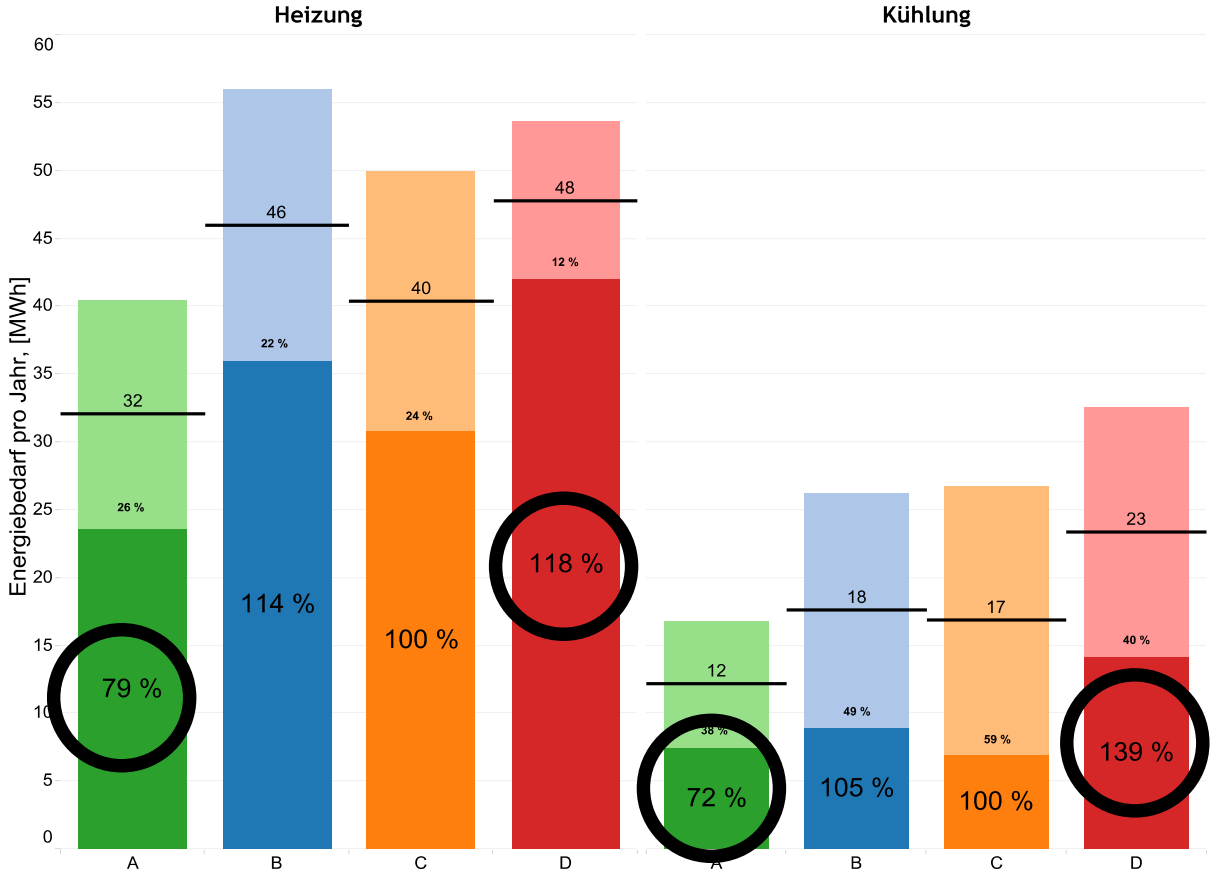
Weitere Verbraucher: Pumpen, Storen, Eigenverbrauch GA (7%)





Links: Pumpen (Klasse A am besten), Rechts: Storen (indifferent)

Thermischer Energieverbrauch



Hochgerechneter thermischer Jahresenergieverbrauch

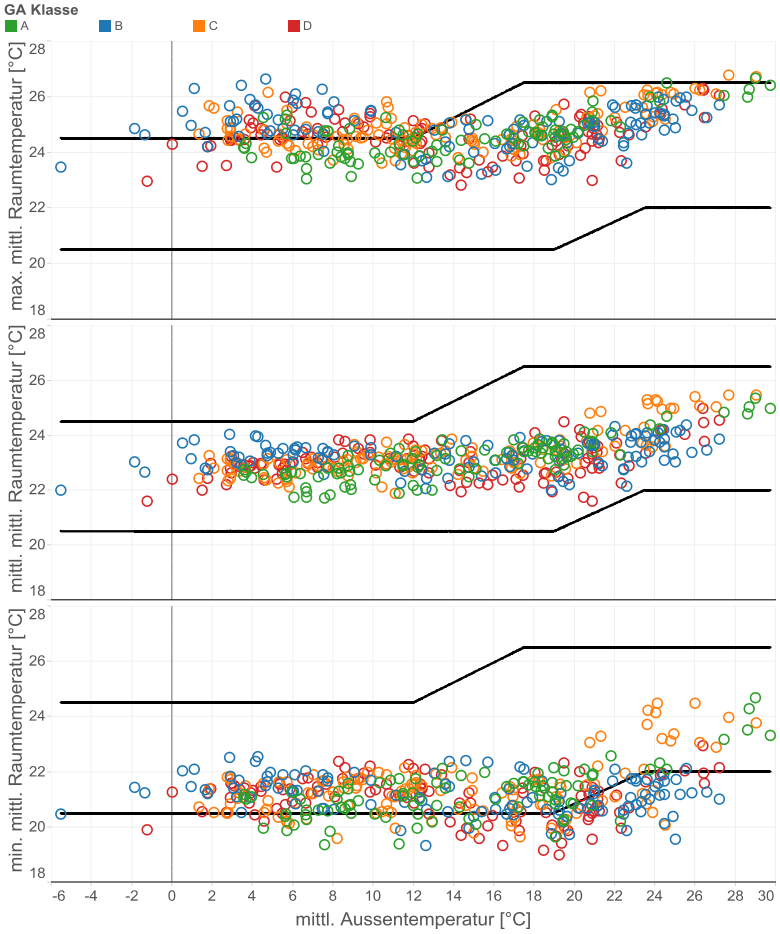
Komfort

Raumlufttemperaturen

Oben: Maximum

Mitte: Durchschnitt

Unten: Minimum



Gesamteffizienz in Abhängigkeit der Energieeffizienzklasse

Energieeffizienzklassen EN 15232	Einsparpotenzial thermische Energie Büro	Einsparpotenzial elektrische Energie Büro
A Hoch energieeffiziente Raumautomation und vernetzte Gewerke	-30%(-24%)	-13%(-7%)
B Höherwertige, Gewerk-optimierte Einzellösung, partiell vernetzt	-20%(+8%)	-7%(+2%)
C Standard Raumautomation Referenzgrundlage	**100%**	**100%**
D Keine Raumautomation nicht energieeffizient	+51% (+28%)	+10% (+10%)

Normwerte Projektwerte

Zusammenfassung / Take aways

- In der Tendenz führt ein hoher Automatisierungsgrad zu energieeffizienteren Gebäuden

- Die Unterschiede zwischen den Gebäudeautomationsklassen sind über alles gesehen beim Strom relativ gering, vor allem auch weil einige grosse Verbraucher von der GA unabhängig sind

- Bei der thermischen Energie sind die Unterschiede zwischen den verschiedenen Gebäudeautomationsklassen merklich grösser (gegen ± 30%)

- Die in der Norm gegebenen Einsparpotenziale konnten durch das P+D-Projekt im Grossen und Ganzen bestätigt werden.

Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!