

## Akademisches Jahr 2017/2018

### Projektbericht P4



# Sparpotenzialanalyse mit einem intelligenten Heizkörperthermostat

---

<b>Vertiefung</b>	Energetik
<b>Student</b>	Igor Gagliardi
<b>Professor</b>	Prof. Dr. Jérôme Kaempf
<b>Mandant</b>	Simply Home Gmbh Bethlehemstrasse, 173 CH – 3018 Bern
<b>Projektnummer</b>	GM_1718_P4_25 _Gagliardi_ KJH
<b>Datum</b>	9 Januar 2018

## **i. Danksagung**

Ich danke dem Professor Dr. Jerome Kaempf, der aufgrund seines ausgezeichneten Fachwissens auf dem Gebiet der Bauphysik immer in der Lage war, meine Fragen ausführlich zu beantworten.

Ich danke auch dem Mitarbeiter von Minusio, Kevin Kalbermatten, und Simply Home für die Informationen über das Rathaus.

## ii. Zusammenfassung

Das Rathaus von Minusio wurde mit der Simply-Home-Technologie ausgestattet, die es ermöglicht, die Temperatur in jedem einzelnen Raum zu regulieren. Dank Sense-Sensoren ist es möglich, die Temperatur und die Anwesenheit von Personen in jedem Raum zu kennen, um nur dann eine optimale Temperatur zu haben, wenn sie benutzt wird.

Ziel dieses Projekts ist es, die Auswirkungen des Simply-Home-Technologie im Minusio Gebäude zu bewerten und die Ergebnisse der Simulation mit realen Werten zu vergleichen.

Für diese Studie wurde das SketchUP-Programm verwendet, um das 3D-Modell des Gebäudes zu erstellen, und das EnergyPlus-Programm für die Energiesimulation. Alle Werte für die Erstellung der Wetterdatei wurden von METEOSWISS übernommen.

Die Simulation wurde mehrmals validiert, wobei die Ergebnisse mit den realer Werten verglichen wurden, wobei etwa 5% Abweichung für das 3D-Modell und etwa 10% für den realeren Jahresverbrauch erhalten wurden. Diese Unterschiede sind hauptsächlich auf die zu Beginn getroffenen Annahmen und auf die Tatsache zurückzuführen, dass die Temperatur in jedem Raum während des Jahres variieren kann, während sie im Modell «aktuell» als konstant betrachtet wird.

Diese Studie zeigte, dass durch die Ausstattung dieses Gebäudes mit der Simply Home Technologie Einsparungen von über 36% erzielt werden konnten. Aus den Ergebnissen wurde ersichtlich, dass die mit der Simply Home-Technologie erzielte Energieeinsparung nicht das ganze Jahr über konstant ist, sondern je nach Zeitraum sehr unterschiedlich ist. Der grösste Einsparungsprozentsatz in dieser Simulation lag im September bei einem Wert von 51%.

In dieser Simulation war die Befehl des Ausschaltens der Heizkörper immer und für alle Zonen eine Stunde vorher. Eine detailliertere Studie könnte den Kühleffizienten jeder einzelnen Zone für jede Periode des Jahres finden, so dass der Kühler im Voraus ausgeschaltet werden kann, um eine optimale Temperatur aufrechtzuerhalten.

## iii. Inhaltsverzeichnis

i.	Danksagung.....	2
ii.	Zusammenfassung .....	3
iii.	Inhaltsverzeichnis .....	4
iv.	Abbildungsverzeichnis .....	5
v.	Tabellenverzeichnis .....	5
vi.	Diagrammeverzeichnis .....	5
vii.	Gleichungsverzeichnis.....	5
v.	Nomenklatur .....	6
1.	Einleitung .....	7
2.	Ziel der Arbeit .....	8
2.1	Zielvorgabe.....	8
2.2	Vorgehensweise .....	8
3.	Beurkundung .....	9
3.1	Simply Home in kürze.....	9
3.1.1	Simply Thermo .....	9
3.1.2	Simply Sense.....	9
3.1.3	Algorithmus Simply Home .....	9
3.2	Hypothesen und Parameter .....	10
3.2.1	Materialien .....	10
3.2.2	Wettervorhersage .....	10
3.2.3	Zonentemperaturen .....	10
3.2.4	Aufteilung der Zonen .....	10
4.	Beschreibung der Ausführung .....	12
4.1	Schaffung des 3D-Modells.....	12
4.2	Erstellung der Wetterdatei .....	13
4.3	Modellkalibrierung.....	13
4.3.1	Berechnung fehlender Werte.....	14
4.4	Simulation verschiedener Szenarien.....	15
4.4.1	Modell "aktuell" .....	15
4.4.2	Modell mit "Simply-Home-Technologie" .....	17
5.	Resultate und Analysen.....	18
5.1	Modellvalidierung.....	18
5.1.1	Resultate .....	18
5.1.2	Analyse.....	18
5.2	Validierung das Modell «aktuell» .....	19
5.2.1	Resultate .....	19
5.2.2	Analyse.....	19
5.3	Vergleich der Modelle .....	20
5.3.1	Resultate .....	20
5.3.2	Analyse.....	21
6.	Schlussfolgerungen .....	22
6.1	Rekapitulation.....	22
6.2	Empfehlungen .....	22
7.	Selbsterklärung.....	22

8. Bibliographie .....	23
9. Anhänge .....	24

## iv. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Minusio Rathaus .....	7
Abbildung 2: Simply Thermo .....	9
Abbildung 3: Simply Sense.....	9
Abbildung 4: Erdgeschoss, hellgrün markiert die Sense und in dunkelgrün die Thermo .....	11
Abbildung 5: Erster Stock, hellgrün markiert die Sense und in dunkelgrün die Thermo .....	11
Abbildung 6: Zweiter Stock, hellgrün markiert die Sense und in dunkelgrün die Thermo .....	11

## v. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 : Materialeigenschaften .....	12
Tabelle 2: Fenstereigenschaften .....	12
Tabelle 3: Daten, die zum Erstellen einer Wetterdaten benötigt werden.....	13
Tabelle 4: Daten für ein Verwaltungsgebäude .....	13
Tabelle 5: Temperatur der Zonen im Modell "aktuell" .....	15
Tabelle 6: jährliche Verbrauchsberechnungswerte .....	16
Tabelle 7: Validierung der 3D-Modell.....	18
Tabelle 8: Validierung das Modell "aktuell" .....	19
Tabelle 9: Vergleich dem jährlicheren Energieverbrauch zwischen Modell « aktuell».....	20

## vi. Diagrammeverzeichnis

Diagramm 1: Beschäftigungsquote für das Modell "Kalibrierung" .....	14
Diagramm 2: Simuliert Beschäftigungsgrad "Sense 1" .....	16
Diagramm 3: Real Beschäftigungsgrad "Sense 1" .....	16
Diagramm 4: Temperatur der Zonen im Modell mit "Simply Home Technologie", .....	17
Diagramm 5: Vergleich dem monatlichen Energieverbrauch zwischen Modell « aktuell» .....	20
Diagramm 6: Monatlichen Einsparungen mit der Simply Home Technologie .....	21

## vii. Gleichungenverzeichnis

Gleichung 1: Wärmebedarf für Heizung.....	14
Gleichung 2: Belüftungsrate für das simulierte Modell .....	14
Gleichung 3: jährliche Verbrauchsberechnung .....	16
Gleichung 4: Wärmebedarf der Heizung.....	18

## v. Nomenklatur

### Formelzeichen:

Symbol	Beschreibung	Einheit
$U$	Globaler Wärmeübertragungskoeffizient	$[W/m^2 \cdot K]$
$\lambda$	Leitungskoeffizient	$[W/m \cdot K]$
$\rho$	Dichte	$[kg/m^3]$
$V_k$	Kraftstoffvolumen	$[l]$
$H_i$	Heizwert	$[MJ/kg]$
$E_g$	Jährlicheren Energieverbrauch	$[MJ]$
$h_s$	Höhen das Stockwerk	$[m]$
$c_p$	Wärmeübergangskoeffizient	$[J/kg \cdot K]$
$A_e$	Energierferenzoberfläche	$[m^2]$
$s$	Externe Luftströmung	$[m^3/m^2 \cdot h]$
$n_t$	Literaturwert Lüftungsrate	$[h^{-1}]$
$n_k$	Kalibration Lüftungsrate	$[h^{-1}]$
$Q_{h,r}$	Realer Wärmebedarf für Heizung	$[MJ/m^2 \cdot Jahr]$
$Q_{h,k}$	Simulierter Wärmebedarf für Heizung	$[MJ/m^2 \cdot Jahr]$
$Q_p$	Wärmeabgabe pro Person	$[W/p]$
$A_p$	Oberfläche pro Person	$[m^2/p]$
$T_{a,k}$	Kalibration Raumtemperatur	$[^{\circ}C]$
$T_{a,1}$	Raumtemperatur des Modells «aktuell»	$[^{\circ}C]$
$T_{a,2}$	Raumtemperatur des Modells «Simply Home»	$[^{\circ}C]$

# 1. Einleitung

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes (siehe Referenz [7]) wurden in der Schweiz rund 60% der Gebäude vor 1975 gebaut.

Diese Wohnungen sind in der Regel nicht mit Dämmschichten ausgestattet, 50% von ihnen verwenden eine Erdölheizung. Obwohl bereits viele Gebäude saniert sind, ist es dennoch undenkbar in kurzer Zeit den gesamten Schweizer Immobilienpark zu renovieren.

Als kurzfristige Lösung könnte die Heizung in jedem Raum individuell eingestellt werden, um dadurch der Energieverschwendung entgegenzuwirken.

Simply Home ist ein Schweizer Firma, dass ein Produkt entwickelt hat, dass in Form eines thermostatischen Aktuators direkt auf den Heizkörper wirkt, abhängig von der täglichen Benutzung der verschiedenen Gebäudeteile, der Jahreszeit und dem Wetter.

Die Stadt Minusio hat im Herbst 2017 das Rathaus mit Thermostaten und Simply Home Sensoren ausgestattet.

Die Studie an diesem Gebäude dient dazu, die Auswirkungen der Simply Home Technologie zu bewerten.

Die Eigenschaften des Gebäudes sind:

- Baujahr: 1850
- Art: Rathaus
- $A_e$ : 635 [ $m^2$ ]
- Energieindex: 520 [ $MJ/m^2 \cdot Jahr$ ]
- Energiequelle: Heizöl



**Abbildung 1: Minusio Rathaus**

## **2. Ziel der Arbeit**

### **2.1 Zielvorgabe**

Ziel dieses Projekts ist es, die Auswirkungen des Simply Home Systems im Minusio-Gebäude zu bewerten.

Dank der Anwesenheitssensoren im Gebäude und der Wetterdaten ist es möglich, herauszufinden wie die Simply Home Thermostate funktionieren.

Es simuliert also den Energieverbrauch des Gebäudes mit und ohne Simply-Home-Technologie und vergleicht es mit den tatsächlichen Energieverbrauchswerten.

### **2.2 Vorgehensweise**

Das Projekt wird in den folgenden Schritten verwirklicht:

- Kennenlernen des SketchUp-Programms und der EnergyPlus-Erweiterung
- Konstruktion des 3D-Modells des städtischen Gebäudes von Minusio mit allen physikalischen Parametern
- Modellkalibrierung, Vergleich der erhaltenen Werte mit den realen Werten
- Simulation verschiedener Szenarien mit und ohne Simply-Home-Technologie
- Analyse der Messresultate



## 3. Beurkundung

### 3.1 *Simply Home in kürze*

Simply Home Technologie besteht aus drei Hauptelementen, ein Sensor, ein Aktuator und einem Algorithmus der sie verbindet.

#### 3.1.1 *Simply Thermo*

In einem Gebäude, das Simply-Home-Technologie nutzt, sind die Heizkörper mit einem speziellen Thermostat namens Simply Thermo (siehe Abbildung 2), ausgestattet, welche mittels einer Wi-Fi-Verbindung mit den Servern kommunizieren.

Dank dieses Thermostates ist es nicht nur möglich den Heizkörper zu aktivieren oder zu deaktivieren, sondern auch die Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Raum zu messen.

#### 3.1.2 *Simply Sense*

Dank des Simply Sense Sensors (siehe Abbildung 3) ist es möglich die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und insbesondere die Anwesenheit von Personen in einem bestimmten Bereich des Gebäudes in Echtzeit zu erkennen.

#### 3.1.3 *Algorithmus Simply Home*

Das Herz der Simply Home Technologie ist ihr Algorithmus der in einer Cloud gespeichert ist, dieser ist in der Lage, Gewohnheiten zu erkennen und anschliessend bereits vor dem Betreten des Raumes diesen auf die gewünschte Temperatur aufzuheizen, was ein optimaler Einsatz der Heizenergie ermöglicht.



**Abbildung 2: *Simply Thermo***



**Abbildung 3: *Simply Sense***

## **3.2 Hypothesen und Parameter**

Um eine Simulation mit dem EnergyPlus-Programm starten zu können, wurden viele bekannte Parameter aus Praxisversuchen eingefügt und einige Hypothesen aufgestellt, die die Endergebnisse beeinflussen könnten.

### **3.2.1 Materialien**

Die Materialdaten stammten hauptsächlich aus zwei Berichten der Gemeinde Minusio, die erste von SUPSI und die zweite von "Energie Stadt".

Die anderen Daten wurden vom Lesosail-Programm abgeleitet. In diesem Fall wurden jedoch einige Annahmen über die Auswahl der Materialien getroffen, die auf dem Baujahr und den im Laufe der Jahre durchgeführten Restaurierungen basieren.

### **3.2.2 Wettervorhersage**

Innerhalb des Energy Plus-Programms ist es möglich, den Verbrauch an Heizenergie eines Gebäudes anhand der Aussentemperatur zu simulieren. Zu diesem Zweck wurden die Wetterdaten der Region Locarno benötigt, welche von METEOSWISS zur Verfügung gestellt wurden. Um das Modell kalibrieren zu können, wurde die Wetterdatei des Milan Malpensa-Gebiets von Energy Plus (siehe Referenz [7]) mit den charakteristischen Daten dieses Gebiets verwendet.

### **3.2.3 Zonentemperaturen**

Während dieser Studie wurden verschiedene Situationen erstellt, bei welchen von einer Mindesttemperatur von 16°C und einer Maximaltemperatur von 25°C ausgegangen wurden. Obwohl der Dachboden kein beheizter Bereich ist, wurde eine Temperatur von 16 ° C gewählt, um Frostprobleme zu vermeiden.

### **3.2.4 Aufteilung der Zonen**

Das gesamte Gebäude ist in verschiedene Bereiche unterteilt, dies ermöglicht es in jedem Bereich eine unterschiedliche Temperatur einzustellen. Die Zonen wurden basierend auf dem Vorhandensein eines Simply-Sense-Sensors ausgewählt, welcher es ermöglichte die Präsenz von Personen zu erkennen und anhand dieser Präsenzen die entsprechende Temperatur einzustellen sowie mit dem Aufheizen des Raumes frühgenug zu beginnen, damit dieser zum Zeitpunkt der Benützung bereits auf die gewünschte Temperatur aufgeheizt ist.

Die folgenden Bilder zeigen die Aufteilung der Zonen mit ihrer Benennung und dem Vorhandensein der Sense-Sensoren (mit dem hellgrünen Symbol S gekennzeichnet) und den Thermostaten (mit dem dunkelgrünen Symbol T gekennzeichnet).



Abbildung 4: Erdgeschoss, hellgrün markiert die Sense und in dunkelgrün die Thermo

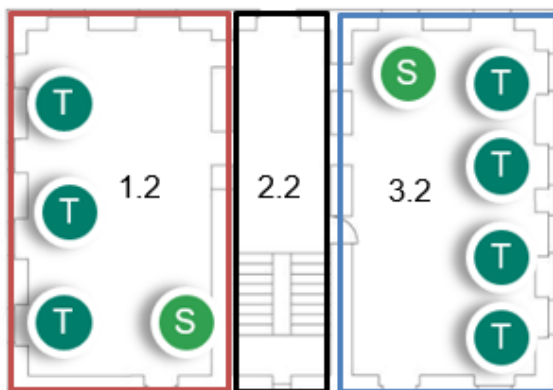


Abbildung 5: Erster Stock, hellgrün markiert die Sense und in dunkelgrün die Thermo

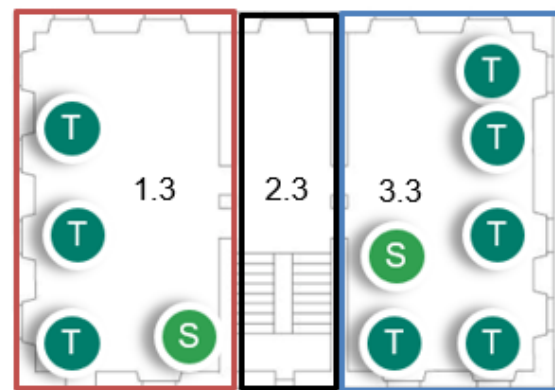


Abbildung 6: Zweiter Stock, hellgrün markiert die Sense und in dunkelgrün die Thermo

## 4. Beschreibung der Ausführung

Diese Studie wurde mithilfe des SketchUp-Programms erstellt, um das 3D-Modell des Gebäudes zu erstellen. Während der Simulation wurde Energie Plus (in SketchUp integriert) mit der Euclide-Schnittstelle verwendet.

### 4.1 Schaffung des 3D-Modells

Um die Energiesimulation durchzuführen, wurde ein 3D-Modell des Gebäudes erstellt, basierend auf den Plänen der Gemeinde Minusio. Die Werte bezüglich der Eigenschaften der Materialien wurden hauptsächlich aus dem SUPSI-Bericht (siehe Referenz [5]) und dem Bericht "Energistadt" (siehe Referenz [4]) entnommen, der ebenfalls von der Gemeinde Minusio zur Verfügung gestellt wurde. Alle anderen Werte wurden jedoch den Programmen Lesosai und Energy Plus entnommen, was einige Hypothesen enthielt, die während der Kalibrierungsphase des Modells validiert wurden.

Zu dem ursprünglichen Gebäude aus dem Jahr 1850 wurde ein zweites Gebäude mit nur einer Etage hinzugefügt. Dieses Gebäude, genannt AVS, ist im vorherigen Kapitel (siehe 3.2.4) grün markiert und umfasst die Zonen 4.1 – 4.2.

	Material	$L$ [mm]	$\lambda$ [W/m · K]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	$c_p$ [J/Kg · K]	Quelle
Wand						
Rathaus	Mauerwerk	600	1	1800	1044	Lesosai
AVS	Isolierender Backstein	300	0.47	1200	900	Lesosai
Dach						
Rathaus	Holz	25	0.15	608	1630	EnergyPlus
AVS	Glasfaserplatten	100	0.036	60	601.2	Lesosai
	Leichtbeton	100	0.53	1280	840	EnergyPlus

**Tabelle 1 : Materialeigenschaften**

	Art	$U$ [W/m <sup>2</sup> · K]
Fenster		
Rathaus	Doppelglas	3
AVS	Doppelglas	1.5

**Tabelle 2: Fenstereigenschaften**

## 4.2 Erstellung der Wetterdatei

Wie im vorherigen Kapitel (siehe 3.2.2) im Energy Plus Programm beschrieben, ist es notwendig, eine Wetterdatei der Wetterstation so nah wie möglich einzufügen. Für diese Studie wurde die Wetterstation Locarno-Monti für diesen Zeitraum ausgewählt 01.12.2016 – 30.11.2017.

Um eine mit dem Programm Energy Plus kompatible Wetterdatei zu erstellen, ist es wichtig, dass einige unentbehrlich Daten vorhanden sind, die in der folgenden Tabelle beschrieben sind. Andere Werte können gleichermassen eingefügt werden um das Modell zu ergänzen sind jedoch nicht zwingend ausschlaggebend (siehe Referenz [6]).

Lufttemperatur	[°C]
Taupunkt	[°C]
Atmosphärendruck	[%]
Horizontale Infrarotstrahlungsintensität	[Wh/m <sup>2</sup> ]
Direkte normale Strahlung	[Wh/m <sup>2</sup> ]
Diffuse horizontale Strahlung	[Wh/m <sup>2</sup> ]
Windrichtung	[°]
Windstärke	[m/s]
Schnee	[cm]
Niederschlagsmenge	[mm]

**Tabelle 3: Daten, die zum Erstellen einer Wetterdaten benötigt werden**

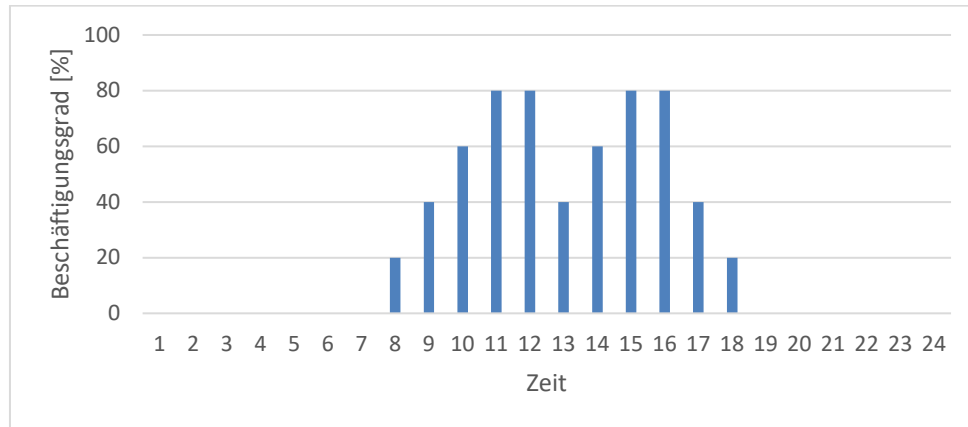
Von der Wetterstation von Locarno-Monti konnte nur die globale horizontale Strahlung aufgenommen werden. Um die Werte der direkten normalen Strahlung und der Diffusen horizontale Strahlung zu erhalten, wurde das CitySim-Programm verwendet.

## 4.3 Modellkalibrierung

Um die Simulation validieren zu können, wurden alle Werte, die für die Erstellung des 3D-Modells in Bezug auf die Auswahl von Temperaturen und Daten sowie auf die Anwesenheit von Personen verwendet wurden, aus dem SUPSI-Bericht (siehe Referenz [5]) und SIA 380-1 (siehe Referenz [2]) und SIA 2024 (siehe Referenz [3]) für fehlende Werte genommen. Auf diese Weise war es möglich, den Wärmebedarf für das Aufheizen des «Simulationsmodell» zu berechnen und es mit dem realen Modell zu vergleichen, um so ein Modell zu erhalten, dass die Realität so gut wie möglich darstellt.

Oberfläche pro Person	$A_p$ [m <sup>2</sup> /p]	20
Wärmeerzeugung pro Person	$Q_p$ [W/p]	80
Umgebungstemperatur	$T_{a,k}$ [°C]	21
Wärmebedarf für Heizung	$Q_h$ [MJ/m <sup>2</sup> a]	555.5
Externe Luftströmung	[m <sup>3</sup> /h · m <sup>2</sup> ]	0.85

**Tabelle 4: Daten für ein Verwaltungsgebäude**



**Diagramm 1: Beschäftigungsquote für das Modell "Kalibrierung"**

### 4.3.1 Berechnung fehlender Werte

Die Wärmeanforderung zum Heizen eines Gebäudes wird aus der folgenden Gleichung berechnet:

$$Q_h = \frac{E_t}{A_e} [MJ/m^2 \cdot Jahr]$$

**Gleichung 1: Wärmebedarf für Heizung**

Mit:

$Q_h$ : Wärmebedarf für Heizung [ $MJ/m^2 \cdot Jahr$ ]

$A_e$ : Energierferenzoberfläche [ $m^2$ ]

$E_t$ : Energieverbrauch [ $MJ$ ]

Die Gebäudelüftung wird im SUPSI-Bericht als Volumen pro Stunde pro Quadratmeter angegeben. Während im Programm Energy Plus die Belüftungsrate mit der folgenden Gleichung beschrieben wird:

$$n_k = \frac{h_s \cdot A - s}{h_s \cdot A} = \frac{3 \cdot 1 - 0.85}{3 \cdot 1} = 0.72 \text{ h}^{-1}$$

**Gleichung 2: Belüftungsrate für das simulierte Modell**

Mit:

$n_k$ : Kalibration Lüftungsrate [ $h^{-1}$ ]

$h_s$ : Höhen das Stockwerk [ $m$ ]

$A$ : Oberfläche [ $m^2$ ]

$s$ : Externe Luftströmung [ $m^3/m^2 \cdot h$ ]

Vergleichen den berechneten Wert mit dem der Literatur (siehe, Referenz [1]), erlaubt den direkten Vergleich mit einem akzeptablen Wert für ein Gebäude das vor 1945 erstellt wurde.

## 4.4 Simulation verschiedener Szenarien

Nach der Kalibrierung des Modells war es möglich, die verschiedenen Szenarien mit und ohne Simply-Home-Technologie zu simulieren, um den tatsächlichen Vorteil der neuen Thermostatventile zu bewerten.

### 4.4.1 Modell "aktuell"

Dank der Anwesenheit von Sense-Sensoren war es möglich, die Temperatur und die Anwesenheit von Personen in jedem einzelnen Bereich zu erkennen, bevor die neuen Thermo-Thermostate installiert wurden. Basierend auf diesen Werten wurde eine Temperatur gewählt, die für jede Zone als angenehm betrachtet wurde und während der gesamten Simulation konstant gehalten wurde. Während des Jahres ist es möglich, dass die Temperatur von den Büronutzern anders eingestellt wurde. Um genauere Werte zu erhalten, wurden die Simulationsergebnisse mit dem jährlichen Kraftstoffverbrauch verglichen.

<i>Sense</i>	<i>Bereich</i>	$T_{a,1}$ [°C]
1	3.1.1 3.1.2	22
2	1.1.1 1.1.2	22
3	3.2	25
4	1.2	24
5	1.3	24
6	3.3	22
-	2.1	21
-	2.2	21
-	2.3	21
-	4.1	23
-	4.2	23
-	5	16

**Tabelle 5: Temperatur der Zonen im Modell "aktuell"**

Um die Präsenz in den verschiedenen Bereichen zu kennen, wurden Daten von den verschiedenen Sense-Sensoren genommen und basierend auf den Daten der verschiedenen Wochen ein Durchschnittswert (siehe Anhänge A1) für den Bereich erstellt, der durch die Sense Sensor Nummer 2 gesteuert wird. Damit wurde eine Hypothese aufgestellt, da selbst bei einer Nichtbenützung der Sensoren, eine optimale Temperatur im Falle einer sofortigen Verwendung garantiert sein muss. Die Zonen 4.1 und 4.2 sind nicht mit der Simply-Home-Technologie ausgestattet, so dass die genauen Werte der Anwesenheit nicht bekannt sind und daher das Kalibrierungsmodell verwendet wurde (siehe Tabelle 4; Diagramm 1).

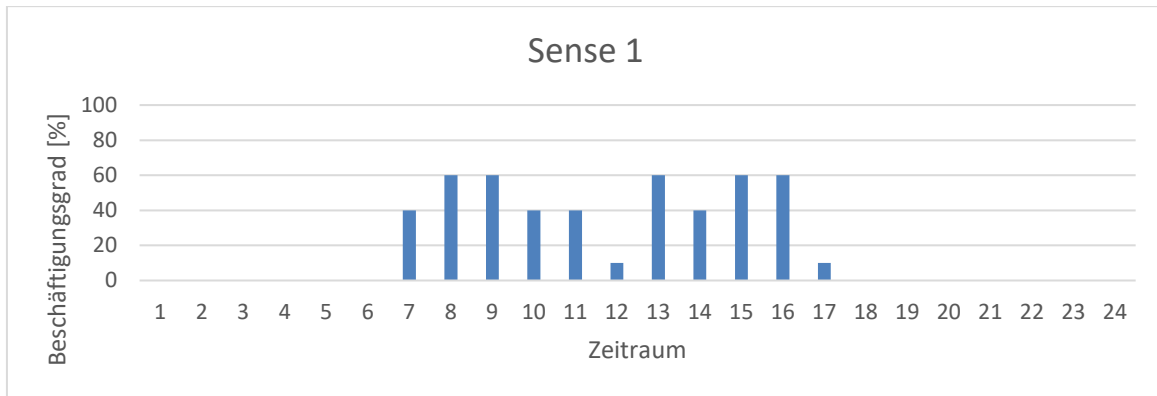


Diagramm 2: Simuliert Beschäftigungsgrad "Sense 1"

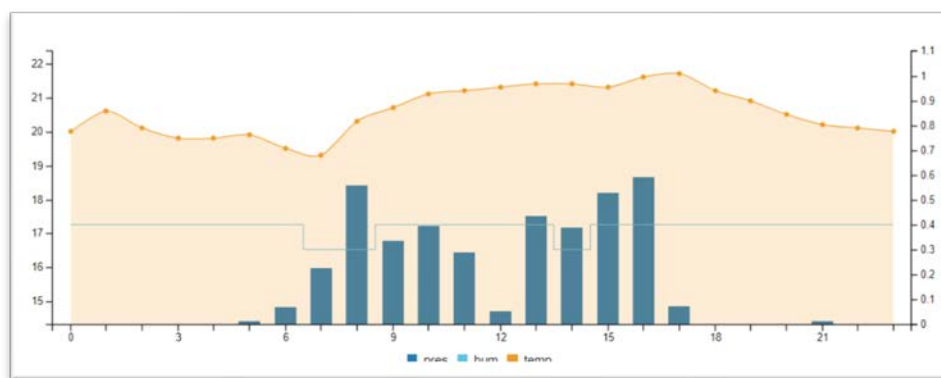


Diagramm 3: Real Beschäftigungsgrad "Sense 1"

Um die Ergebnisse der Simulation validieren zu können, wurde der jährliche Verbrauch der Gemeinde anhand der in der folgenden Tabelle beschriebenen Werte berechnet:

$V_k$ [l]	8503
$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	850
$H_i$ [MJ/kg]	44.4

Tabelle 6: jährliche Verbrauchsberechnungswerte

Um die Gesamtenergie zu kennen, mit der das Gebäude in der Periode 01.12.2016 – 30.11.2017 beheizt wurde, wurde die folgende Gleichung verwendet:

$$E_g = \frac{V_k \cdot \rho \cdot H_i}{1000} = \frac{8503 \cdot 850 \cdot 44.4}{1000} = 320'903 \text{ MJ}$$

Gleichung 3: jährliche Verbrauchsberechnung

Mit:

$E_g$ : Jährlicher Energieverbrauch [MJ]

$V_k$ : Kraftstoffvolumen [l]

$\rho$ : Dichte [kg/m<sup>3</sup>]

$H_i$ : Heizwert [MJ/kg]



#### 4.4.2 Modell mit "Simply-Home-Technologie"

Um die tatsächlichen Energieeinsparungen durch die Simply-Home-Technologie zu bewerten, wurde ein neues Modell erstellt, das dieselben grundlegenden Parameter wie das Modell "Aktuell" beibehält. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die Temperatur in einem bestimmten Bereich variiert, die "Komfort" Temperatur während der Betriebsstunden beibehalten wird und in den Stunden, in denen sie nicht genutzt wird, bis auf 16 ° C absinkt.

Die folgende Tabelle beschreibt die Temperatur jeder Zone und ihrer Zeitzone. Während des Wochenendes und an Feiertagen wird die Temperatur auf ein Minimum von 16 ° C gebracht. Für Bereiche in denen kein Sense-Sensor vorhanden ist, wird die Temperatur während der gesamten Dauer der Simulation konstant gehalten.

<i>Sense</i>	<i>Bereich</i>	<i>Zeitplan [h]</i>	<i>T<sub>a,2</sub> [°C]</i>
1	3.1.1 3.1.2	7 – 17	22
2	1.1.1 1.1.2	7 – 15 / 15 – 21	19/22
3	3.2	7 – 16	25
4	1.2	8 – 15	24
5	1.3	9 – 18	24
6	3.3	8 – 18	22
-	2.1	-	21
-	2.2	-	21
-	2.3	-	21
-	4.1	-	23
-	4.2	-	23
-	5	-	16

**Diagramm 4: Temperatur der Zonen im Modell mit "Simply Home Technologie",  
Temperatur am Wochenende und an Feiertagen 16 ° C**

## 5. Resultate und Analysen

### 5.1 Modellvalidierung

Wie im vorherigen Kapitel (siehe 4.3) beschrieben, ist es wichtig, dass 3D-Modell zu validieren, indem die Ergebnisse der Simulation mit den realen Daten verglichen werden, bevor andere Simulationen durchgeführt werden.

#### 5.1.1 Resultate

Der Wärmebedarf der Heizung für das simulierte Modell wurde aus der folgenden Gleichung berechnet:

$$Q_{h,k} = \frac{E_t}{A_e} = \frac{332990}{635} = 524.4 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{Jahr}$$

**Gleichung 4: Wärmebedarf der Heizung  
des simulierten Modells**

Mit:

$Q_{h,k}$ : Simulierter Wärmebedarf für Heizung [ $\text{MJ/m}^2 \cdot \text{Jahr}$ ]

$E_t$ : Energieverbrauch [ $\text{MJ}$ ]

$A_e$ : Energiereferenzoberfläche [ $\text{m}^2$ ]

Beschreibung	Wärmebedarf [ $\text{MJ/m}^2 \cdot \text{Jahr}$ ]	Abweichung
Kalibrierwert	524.4	5.6%
Sollwert	555.5	

**Tabelle 7: Validierung der 3D-Modell**

#### 5.1.2 Analyse

In der vorherigen Tabelle, kann man sehen, dass die Abweichung zwischen dem simulierten und dem realen Wert 5,6% beträgt. Wenn man bedenkt, dass eine Simulation bis zu einer Abweichung von 20% gültig ist, wird das Projekt als gültiges «Simulationsmodell» angesehen.

## 5.2 Validierung des Modell «aktuell»

In Anbetracht der Tatsache, dass für die Vergabe der Temperaturwerte für jede Zone ein Mittelwert gebildet wurde, um das Modell «aktuell» zu validieren, wurde der Wert der gesamten jährlichen Energie, die für die Beheizung des Gebäudes verwendet wurde, mit den realen Werten verglichen. Der tatsächliche Wert wurde durch den jährlichen Kraftstoffverbrauch ermittelt, der im vorherigen Kapitel (siehe 4.4.1) berechnet wurde.

### 5.2.1 Resultate

Beschreibung	Energie [MJ]	Abweichung
Realwert	320903	10.6%
Simuliert wert	287000	

*Tabelle 8: Validierung des Modell "aktuell"*

### 5.2.2 Analyse

In der vorherigen Tabelle, kann man sehen, dass die Abweichung zwischen dem simulierten und dem realen Wert 10.6% beträgt. Dieser Unterschied kann durch den bei der Kalibrierung des Modells gefundenen Fehler von 5,6% und durch die Tatsache verursacht werden, dass die für diese Berechnung (siehe Gleichung 3) berücksichtigte Kraftstoffmenge nicht die genaue Menge eines Jahres ist, sondern sich um einige Wochen ändern kann. Wenn man bedenkt, dass eine Simulation bis zu einer Abweichung von 20% gültig ist, wird das Modell «aktuell» als gültig angesehen.

### 5.3 Vergleich der Modelle

Nach der Validierung des Modells «aktuell» konnte die Simulation des Szenarios mit Simply-Home-Technologie durchgeführt werden.

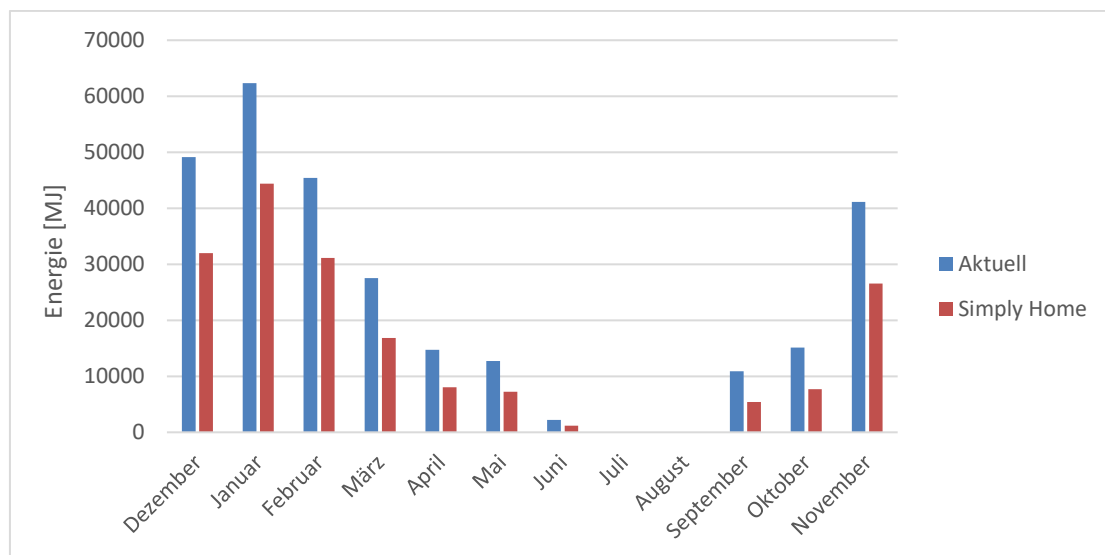
#### 5.3.1 Resultate

Die folgende Tabelle zeigt den Vergleich dem jährlicheren Energieverbrauch zwischen dem Modell «aktuell» und dem Modell «Simply Home-Technologie».

Beschreibung	Energie [MJ]	Abweichung
Aktuell	284040	36.3%
Simply Home	180880	

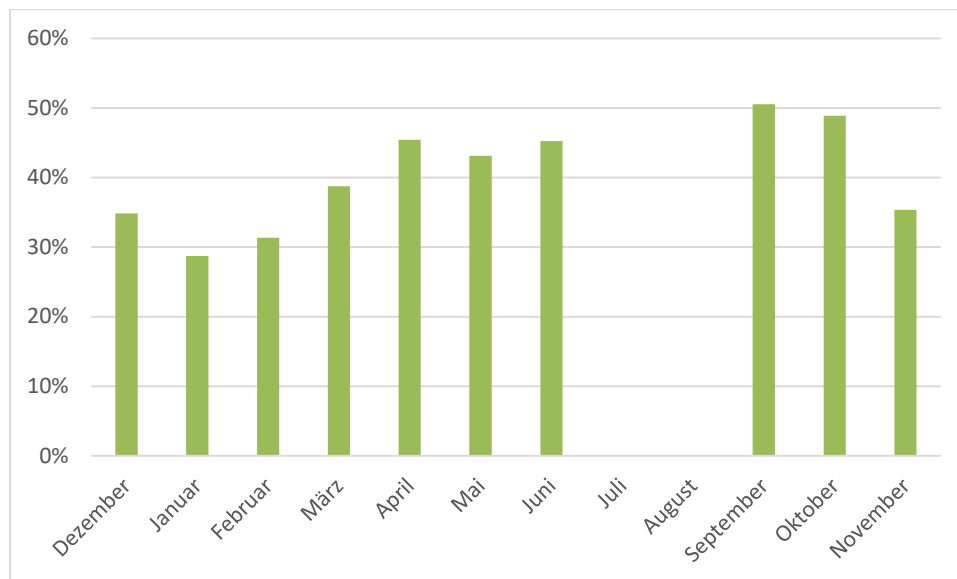
**Tabelle 9: Vergleich dem jährlicheren Energieverbrauch zwischen Modell «aktuell» und Modell «Simply-Home-Technologie»**

Das folgende Diagramm zeigt den Vergleich des monatlichen Energieverbrauches zwischen dem Modell «aktuell» und dem Modell «Simply-Home-Technologie». Für die Monate Juli und August wurde davon ausgegangen, dass das Heizsystem ausgeschaltet war.



**Diagramm 5: Vergleich dem monatlichen Energieverbrauch zwischen Modell «aktuell» und Modell «Simply-Home-Technologie»**

Die folgenden Diagramme zeigt die monatlichen Einsparungen mit der Simply-Home-Technologie.



**Diagramm 6: Monatlichen Einsparungen mit der Simply-Home-Technologie**

### 5.3.2 Analyse

Die Simulationsergebnisse (siehe Tabelle 9) zeigen, dass mit der Simply-Home-Technologie jährliche Energieverbrauch Einsparungen von 36,3% erzielt werden können. Darüber hinaus ist es möglich, zu sehen, wie dieser Wert aufgrund der Jahreszeit variiert. Aus den Ergebnissen (Diagramm 5) ist zu entnehmen, dass die grössten prozentualen Einsparungen in der Übergangszeit liegen. Im September ergibt dies einen Ersparnis von 51%.

Man kann auch (siehe Anhang A3) beobachten, dass die festgelegte Mindesttemperatur von 16 ° C in den Monaten Januar und Februar leicht erreicht wird, während in den anderen Monaten nur in einigen Gebieten und nur für wenige Stunden die Temperatur auf 16 °C herunterkühlt. Das bedeutet, dass Sie während der Übergangszeit die Heizkörper vor dem Befehl, der für diese Simulation verwendet wird, abschalten können, um den Verbrauch weiter zu reduzieren.

Die Temperatur in Zone 5 (siehe Anhang A3) liegt immer über den eingestellten 16 ° C. Das bedeutet, dass die Hypothese, die zu Beginn der Simulation gemacht wurde, nämlich die Einstellung einer Frostschutztemperatur korrekt ist, da selbst wenn der Raum nicht direkt erwärmt wird, er durch die darunterliegenden Räume auf einer bestimmten Temperatur gehalten wird.

## 6. Schlussfolgerungen

### 6.1 Rekapitulation

Das 3D-Modell der durchgeführten Simulation wurde validiert, indem die erhaltenen Werte mit den realen Werten verglichen wurden, die in dem SUPSI-Bericht beschrieben sind, wobei eine Abweichung von 5,6% erhalten wurde. Das Modell "aktuelle" wurde auch validiert, indem die Simulationsergebnisse mit dem jährlichen Kraftstoffverbrauch verglichen wurden und eine Abweichung von 10,6% erreicht wurde. Während der Simulation konnten auch die zu Beginn getroffenen Hypothesen validiert werden, wie z. B. das Einstellen einer Frostschutztemperatur von 16 ° C in Zone 5, auch wenn dieser Raum nicht tatsächlich beheizt ist, aber immer noch von den darunterliegenden Räumen beheizt wird.

Aus den Ergebnissen wurde ersichtlich, dass die mit der Simply-Home-Technologie erzielte Energieeinsparung nicht das ganze Jahr über konstant ist, sondern je nach Zeitraum sehr unterschiedlich ist. Der grösste Einsparungsprozentsatz in dieser Simulation lag im September bei einem Wert von 51%. Diese Studie zeigt, dass durch die Ausstattung dieses Gebäudes mit der Simply-Home-Technologie, Einsparungen bis 36% pro Jahr erzielt werden können.

### 6.2 Empfehlungen

Für diese Studie wurde eine Mindesttemperatur von 16 ° C berücksichtigt, um Mauerwerkprobleme zu vermeiden, sollte in einer eingehenden Studie die Kondensationstemperatur in jedem Bereich der Wand analysiert, so dass den Kondensationspunkt auf der Aussenseite ist. Diese Analyse ist wichtig, weil einen Kondensationspunkt auf die innere Seite könnte das Mauerwerk stark beschädigen (Luftfeuchtigkeit).

Für diese Simulation werden die Temperaturwerte in den Betriebsstunden konstant gehalten, wobei die Heizung eine Stunde vor der vollständigen Abwesenheit von Personen innerhalb jeder Zone abgeschaltet wurde. Aus den Ergebnissen ist erkennbar, dass die Temperatur sehr langsam sinkt. Mit der Berechnung einen Kühlfaktor für jede Zone, könnte den richtigen Ausschaltungspunkt im Voraus definiert werden. Diese Verbesserung kann das Einsparungspotential steigern. Diese Studie könnte während des P5-Projekts durchgeführt werden.

Durch die Ausstattung aller Bereiche ohne die Simply-Home-Technologie könnten zudem Energieeinsparungen erzielt werden.

## 7. Selbsterklärung

Ich Igor Gagliardi bestätige hiermit, dass dieses Projekt das Ergebnis meiner persönlichen Arbeit ist und nur mittels der angegebenen Hilfsmittel erstellt wurde. Des weiteren bestätige ich nicht auf Plagiate oder andere Betrugsformen zurückgegriffen zu haben. Alle Informationsquellen die verwendet wurden sind entsprechend aufgeführt.

## 8. Bibliographie

- [1] **D. Perez, J.-L. Scartezzini and J. H. Kämpf (Dirs.)**, 2014, *A framework to model and simulate the disaggregated energy flows supplying buildings in urban areas*. These EPFL, n° 6102, p. 60
- [2] **Schweizerischer ingenieur- und architektenverein (SIA)**, 2009, *Thermische Energie im Hochbau*. Schweizerischen Normen, SIA 380/1, p.32-33
- [3] **Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA)**, 2006, *Conditions d'utilisation standard pour l'énergie et les installations du bâtiment*, SIA 2024, p.34
- [4] **Studio d'ingegneria PROTEC**, 2010, *Minusio – Descrizione edificio e impianti*, Energiestadt Bericht
- [5] **Supsi**, 2014, *Diagnosi di risanamento della Casa comunale*, p.4, p.12
- [6] **U.S Department of Energy**, 2016, *Auxiliary Programs*, EnergyPlus Version 8.7 Documentation, p.26-27
- [7] **Konferenz Kantonalen Energiedirektoren**, 2014, *Energieverbrauch von Gebäuden*, p.4-5
- [8] **<https://energyplus.net/weather>**, konsultiert 28.11.2017

## 9. Anhänge

A1 : Beschäftigungsgrad

A2 : Temperaturverlauf

A3 : Vergleich dem monatlichen Energieverbrauch



Akademisches Jahr 2017/2018

# Anhänge



## Sparpotenzialanalyse mit einem intelligenten Heizkörperthermostat

---

<b>Vertiefung</b>	Energetik
<b>Student</b>	Igor Gagliardi
<b>Professor</b>	Prof. Dr. Jérôme Kaempf
<b>Mandant</b>	Simply Home Gmbh Bethlehemstrasse, 173 CH – 3018 Bern
<b>Projektnummer</b>	GM_1718_P4_25 _Gagliardi_ KJH
<b>Datum</b>	9 Januar 2018

### **iii. Inhaltsverzeichnis**

iii.	Inhaltsverzeichnis .....	2
A1	Beschäftigungsgrad .....	3
A2	Temperaturverlauf .....	5
A3	Vergleich des monatlichen Energieverbrauches .....	10

# A1 Beschäftigungsgrad

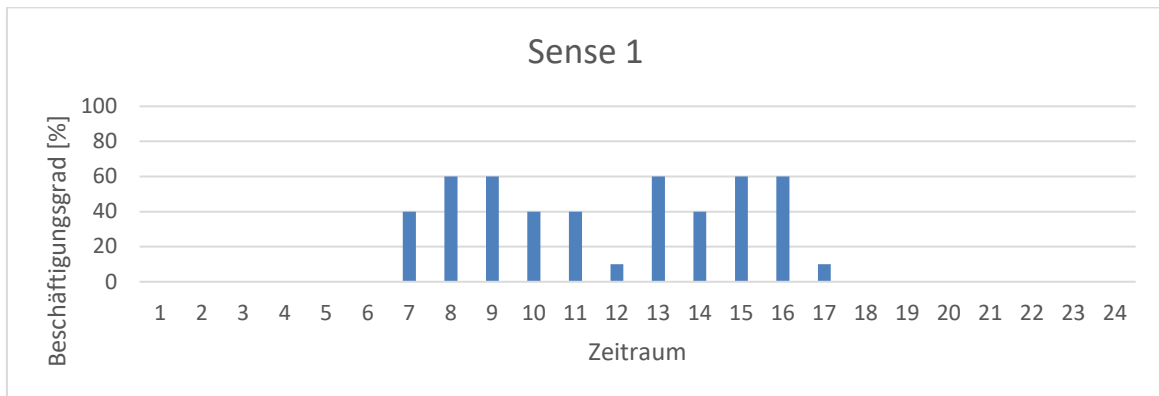


Diagramm 1: Beschäftigungsgrad "Sense 1"

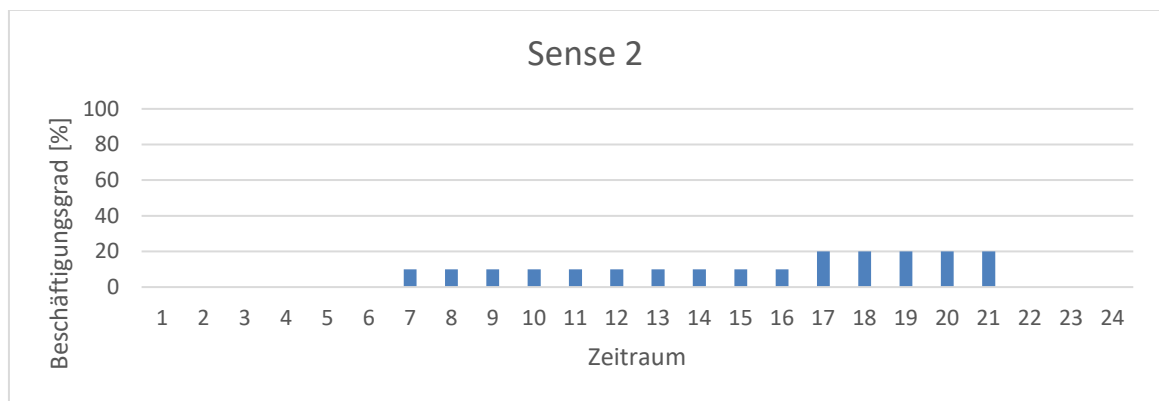


Diagramm 2: Beschäftigungsgrad "Sense 2"

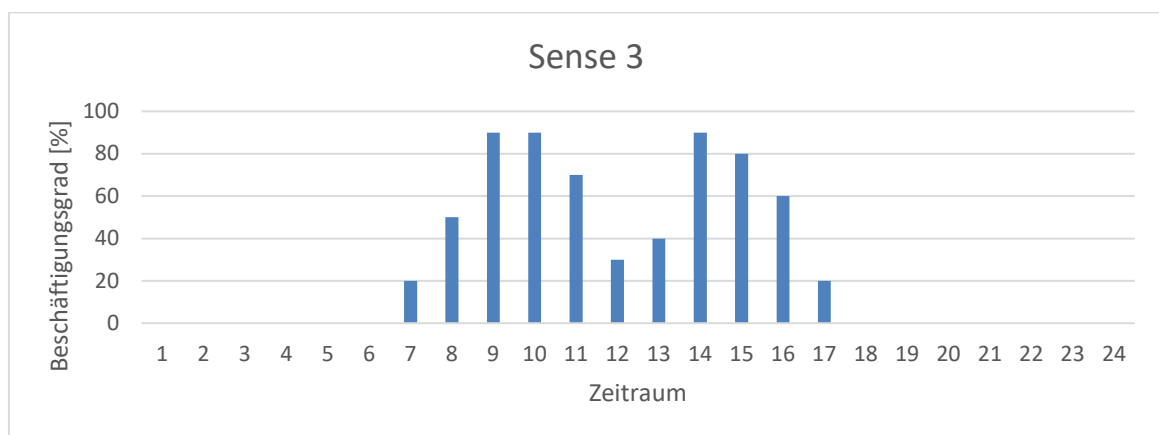


Diagramm 3: Beschäftigungsgrad "Sense 3"

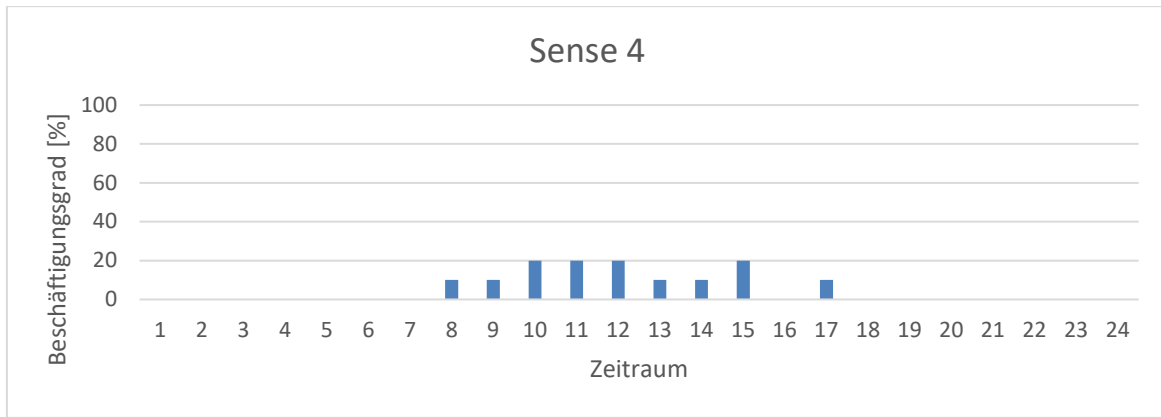


Diagramm 4: Beschäftigungsgrad "Sense 4"

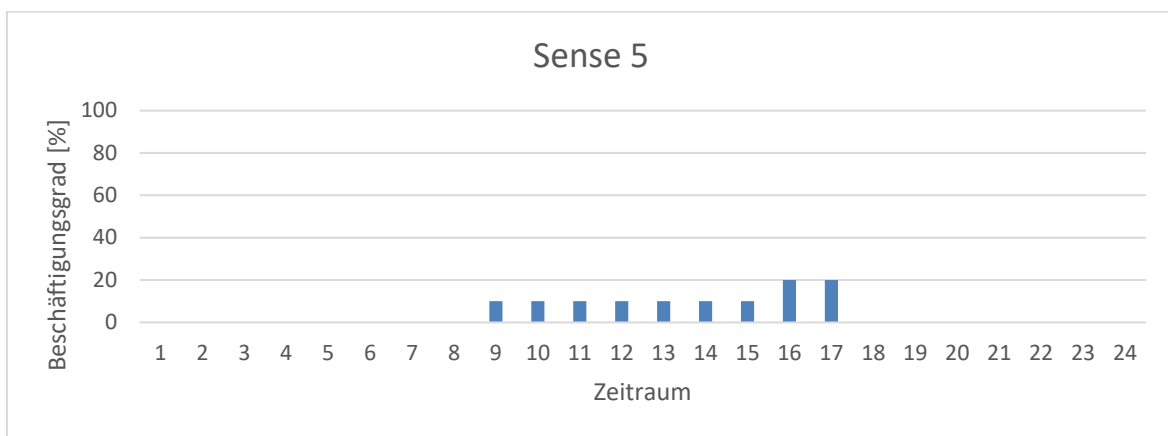


Diagramm 5: Beschäftigungsgrad "Sense 5"

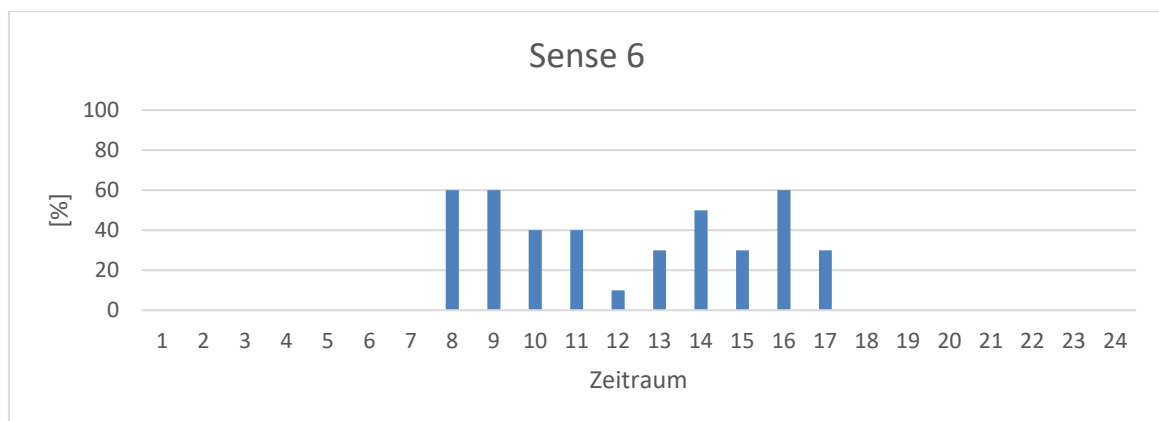
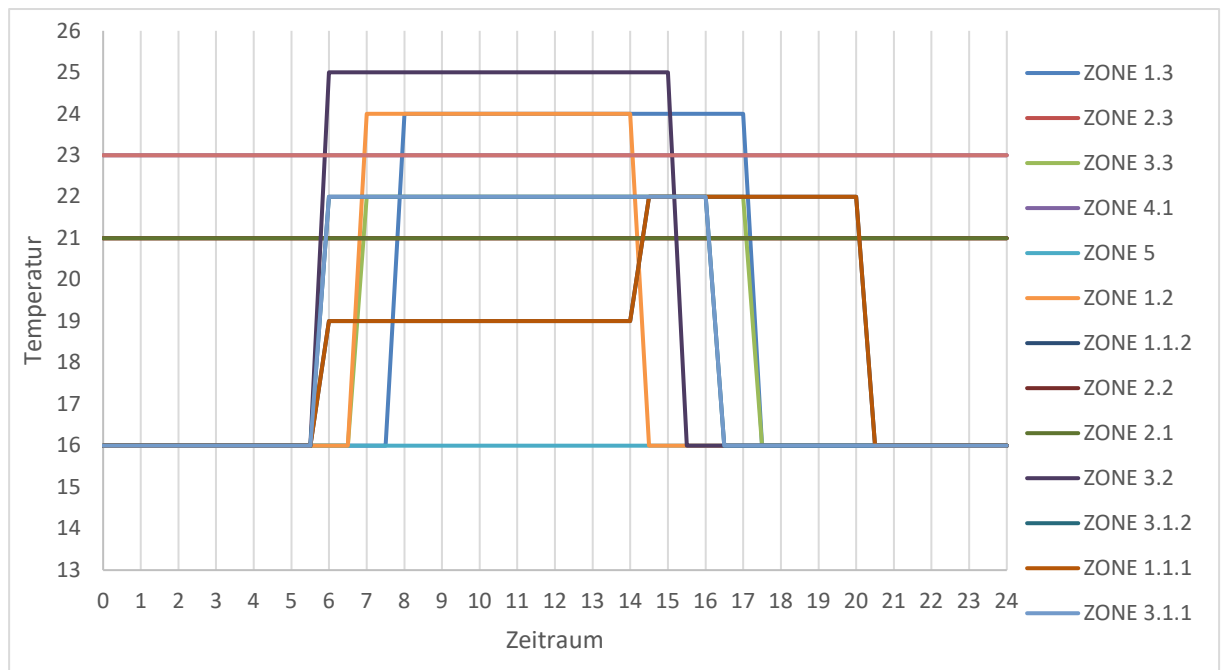


Diagramm 6: Beschäftigungsgrad "Sense 6"

# A2 Temperaturverlauf

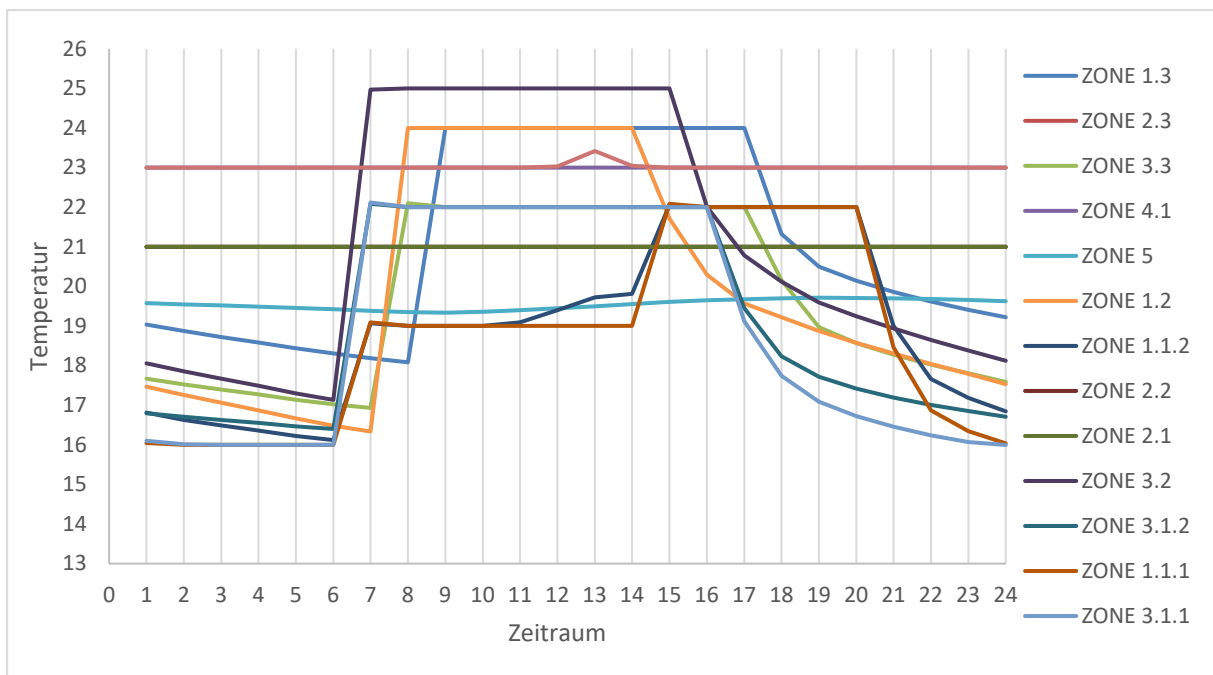
Temperatur Eingabe für das Modell "mit Simply-Home-Technologie":

		Befehl														
		SENSE 5	-	SENSE 6	-	-	SENSE 4	SENSE 2	-	-	SENSE 3	SENSE 1	SENSE 2	SENSE 1	-	
		ZONE 1.3	ZONE 2.3	ZONE 3.3	ZONE 4.1	ZONE 5	ZONE 1.2	ZONE 1.1.2	ZONE 2.2	ZONE 2.1	ZONE 3.2	ZONE 3.1.2	ZONE 1.1.1	ZONE 3.1.1	ZONE 4.2	
0		16	21	16	23	16	16	16	21	21	16	16	16	16	23	
5.5		16	21	16	23	16	16	16	21	21	16	16	16	16	23	
6		16	21	16	23	16	16	19	21	21	25	22	19	22	23	
6.5		16	21	16	23	16	16	19	21	21	25	22	19	22	23	
7		16	21	22	23	16	24	19	21	21	25	22	19	22	23	
7.5		16	21	22	23	16	24	19	21	21	25	22	19	22	23	
8		24	21	22	23	16	24	19	21	21	25	22	19	22	23	
8.5		24	21	22	23	16	24	19	21	21	25	22	19	22	23	
9		24	21	22	23	16	24	19	21	21	25	22	19	22	23	
9.5		24	21	22	23	16	24	19	21	21	25	22	19	22	23	
10		24	21	22	23	16	24	19	21	21	25	22	19	22	23	
10.5		24	21	22	23	16	24	19	21	21	25	22	19	22	23	
11		24	21	22	23	16	24	19	21	21	25	22	19	22	23	
11.5		24	21	22	23	16	24	19	21	21	25	22	19	22	23	
12		24	21	22	23	16	24	19	21	21	25	22	19	22	23	
12.5		24	21	22	23	16	24	19	21	21	25	22	19	22	23	
13		24	21	22	23	16	24	19	21	21	25	22	19	22	23	
13.5		24	21	22	23	16	24	19	21	21	25	22	19	22	23	
14		24	21	22	23	16	24	19	21	21	25	22	19	22	23	
14.5		24	21	22	23	16	16	22	21	21	25	22	22	22	23	
15		24	21	22	23	16	16	22	21	21	25	22	22	22	23	
15.5		24	21	22	23	16	16	22	21	21	16	22	22	22	23	
16		24	21	22	23	16	16	22	21	21	16	22	22	22	23	
16.5		24	21	22	23	16	16	22	21	21	16	22	22	16	23	
17		24	21	22	23	16	16	22	21	21	16	22	22	16	23	
17.5		16	21	16	23	16	16	22	21	21	16	22	22	16	23	
18		16	21	16	23	16	16	22	21	21	16	22	22	16	23	
18.5		16	21	16	23	16	16	22	21	21	16	22	22	16	23	
19		16	21	16	23	16	16	22	21	21	16	22	22	16	23	
20		16	21	16	23	16	16	22	21	21	16	22	22	16	23	
20		16	21	16	23	16	16	22	21	21	16	22	22	16	23	
20.5		16	21	16	23	16	16	16	21	21	16	22	22	16	23	
21		16	21	16	23	16	16	16	21	21	16	22	22	16	23	
24		16	21	16	23	16	16	16	21	21	16	22	22	16	23	



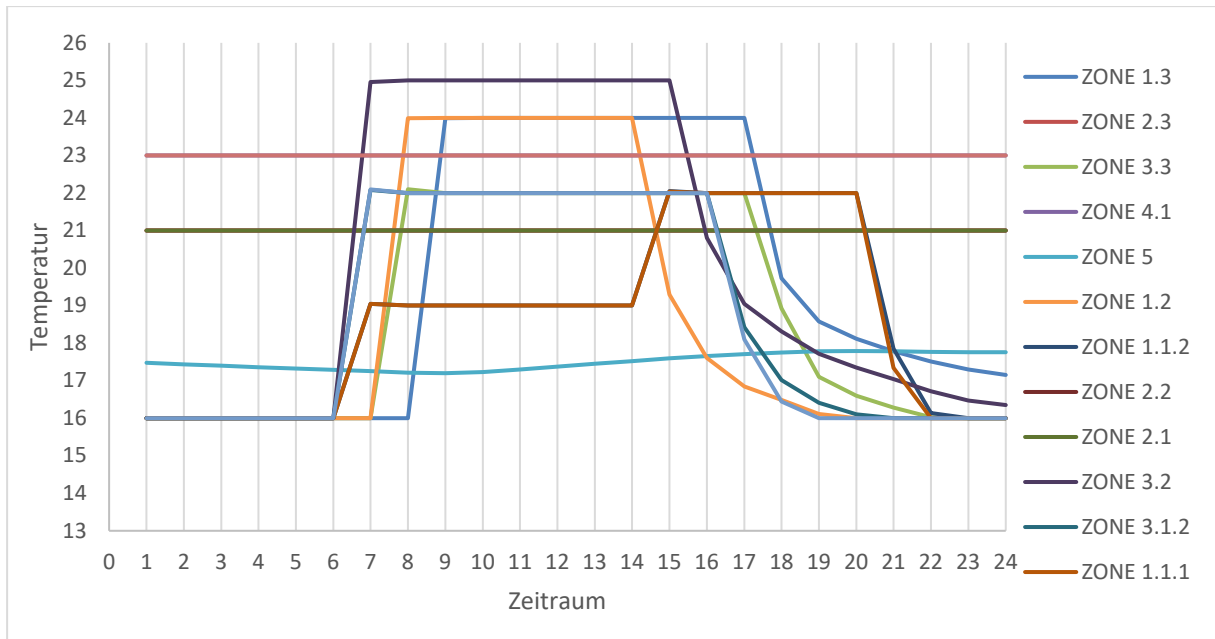
Temperaturverlauf 02.Dezember.2016:

02.Dezember.2016															
	SENSE 5	-	SENSE 6	-	-	SENSE 4	SENSE 2	-	-	SENSE 3	SENSE 1	SENSE 2	SENSE 1	-	
	ZONE 1.3	ZONE 2.3	ZONE 3.3	ZONE 4.1	ZONE 5	ZONE 1.2	ZONE 1.1.2	ZONE 2.2	ZONE 2.1	ZONE 3.2	ZONE 3.1.2	ZONE 1.1.1	ZONE 3.1.1	ZONE 4.2	
1	19.0	21	17.7	23	19.6	17.5	16.8	21	21	18.1	16.8	16.0	16.1	23	
2	18.9	21	17.5	23	19.5	17.3	16.6	21	21	17.9	16.7	16.0	16.0	23	
3	18.7	21	17.4	23	19.5	17.1	16.5	21	21	17.7	16.6	16.0	16.0	23	
4	18.6	21	17.3	23	19.5	16.9	16.4	21	21	17.5	16.6	16.0	16.0	23	
5	18.4	21	17.1	23	19.5	16.7	16.2	21	21	17.3	16.5	16.0	16.0	23	
6	18.3	21	17.0	23	19.4	16.5	16.1	21	21	17.1	16.4	16.0	16.0	23	
7	18.2	21	16.9	23	19.4	16.3	19.1	21	21	25.0	22.1	19.1	22.1	23	
8	18.1	21	22.1	23	19.4	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23	
9	24.0	21	22.0	23	19.3	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23	
10	24.0	21	22.0	23	19.4	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23	
11	24.0	21	22.0	23	19.4	24.0	19.1	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23	
12	24.0	21	22.0	23	19.4	24.0	19.4	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23.0	
13	24.0	21	22.0	23	19.5	24.0	19.7	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23.4	
14	24.0	21	22.0	23	19.6	24.0	19.8	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23.0	
15	24.0	21	22.0	23	19.6	21.7	22.1	21	21	25.0	22.0	22.1	22.0	23	
16	24.0	21	22.0	23	19.7	20.3	22.0	21	21	22.0	22.0	22.0	22.0	23	
17	24.0	21	22.0	23	19.7	19.6	22.0	21	21	20.8	19.4	22.0	19.1	23	
18	21.3	21	20.2	23	19.7	19.2	22.0	21	21	20.1	18.2	22.0	17.7	23	
19	20.5	21	19.0	23	19.7	18.9	22.0	21	21	19.6	17.7	22.0	17.1	23	
20	20.1	21	18.6	23	19.7	18.6	22.0	21	21	19.2	17.4	22.0	16.7	23	
21	19.9	21	18.3	23	19.7	18.3	19.0	21	21	18.9	17.2	18.5	16.5	23	
22	19.6	21	18.0	23	19.7	18.0	17.7	21	21	18.6	17.0	16.9	16.2	23	
23	19.4	21	17.8	23	19.7	17.8	17.2	21	21	18.4	16.9	16.3	16.1	23	
24	19.2	21	17.6	23	19.6	17.5	16.8	21	21	18.1	16.7	16.0	16.0	23	



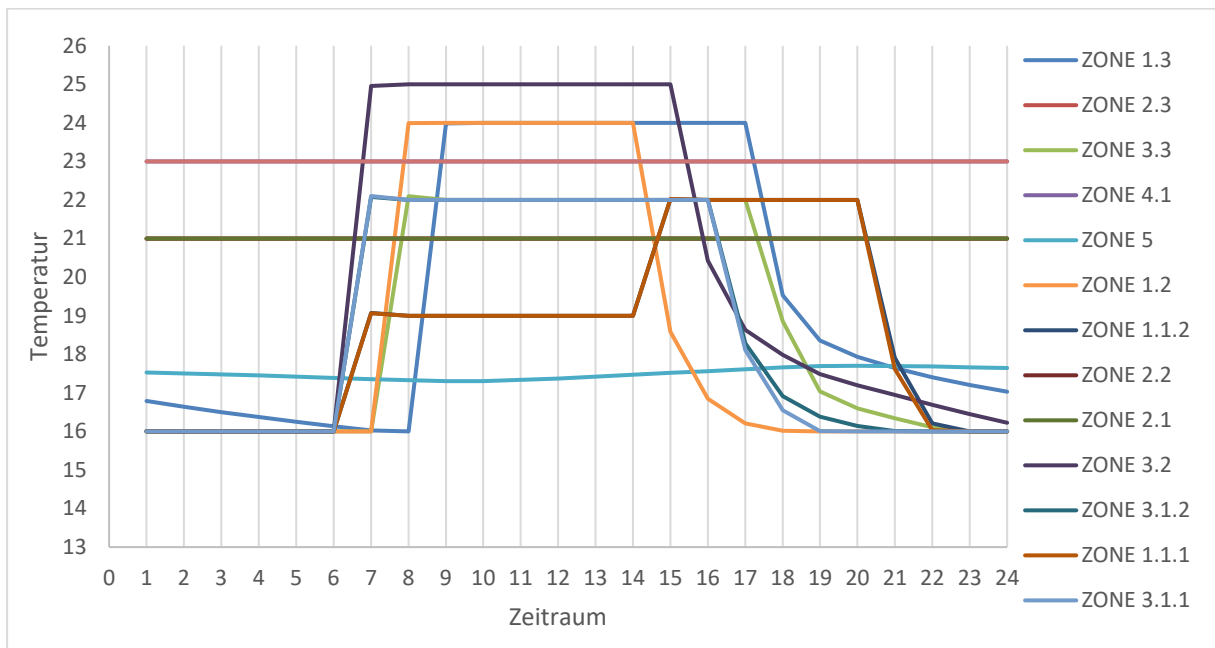
Temperaturverlauf 02.Januar.2017:

02.Januar.2017															
	SENSE 5	-	SENSE 6	-	-	SENSE 4	SENSE 2	-	-	SENSE 3	SENSE 1	SENSE 2	SENSE 1	-	
	ZONE 1.3	ZONE 2.3	ZONE 3.3	ZONE 4.1	ZONE 5	ZONE 1.2	ZONE 1.1.1	ZONE 2.2	ZONE 2.1	ZONE 3.2	ZONE 3.1.1	ZONE 1.1.1	ZONE 3.1.1	ZONE 4.2	
1	16.0	21	16.0	23	17.5	16.0	16.0	21	21	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	23
2	16.0	21	16.0	23	17.4	16.0	16.0	21	21	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	23
3	16.0	21	16.0	23	17.4	16.0	16.0	21	21	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	23
4	16.0	21	16.0	23	17.4	16.0	16.0	21	21	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	23
5	16.0	21	16.0	23	17.3	16.0	16.0	21	21	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	23
6	16.0	21	16.0	23	17.3	16.0	16.0	21	21	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	23
7	16.0	21	16.0	23	17.3	16.0	19.0	21	21	25.0	22.1	19.0	22.1	19.0	23
8	16.0	21	22.1	23	17.2	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	19.0	23
9	24.0	21	22.0	23	17.2	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	19.0	23
10	24.0	21	22.0	23	17.2	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	19.0	23
11	24.0	21	22.0	23	17.3	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	19.0	23
12	24.0	21	22.0	23	17.4	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	19.0	23
13	24.0	21	22.0	23	17.4	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	19.0	23
14	24.0	21	22.0	23	17.5	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	19.0	23
15	24.0	21	22.0	23	17.6	19.3	22.1	21	21	25.0	22.0	22.0	22.0	22.0	23
16	24.0	21	22.0	23	17.7	17.6	22.0	21	21	20.8	22.0	22.0	22.0	22.0	23
17	24.0	21	22.0	23	17.7	16.8	22.0	21	21	19.0	18.4	22.0	18.1	18.1	23
18	19.7	21	18.9	23	17.7	16.5	22.0	21	21	18.3	17.0	22.0	16.4	16.4	23
19	18.6	21	17.1	23	17.8	16.1	22.0	21	21	17.7	16.4	22.0	16.0	16.0	23
20	18.1	21	16.6	23	17.8	16.0	22.0	21	21	17.3	16.1	22.0	16.0	16.0	23
21	17.8	21	16.3	23	17.8	16.0	17.9	21	21	17.0	16.0	17.3	16.0	16.0	23
22	17.5	21	16.0	23	17.8	16.0	16.1	21	21	16.7	16.0	16.0	16.0	16.0	23
23	17.3	21	16.0	23	17.8	16.0	16.0	21	21	16.5	16.0	16.0	16.0	16.0	23
24	17.2	21	16.0	23	17.8	16.0	16.0	21	21	16.4	16.0	16.0	16.0	16.0	23



Temperaturverlauf 02.Februar.2017:

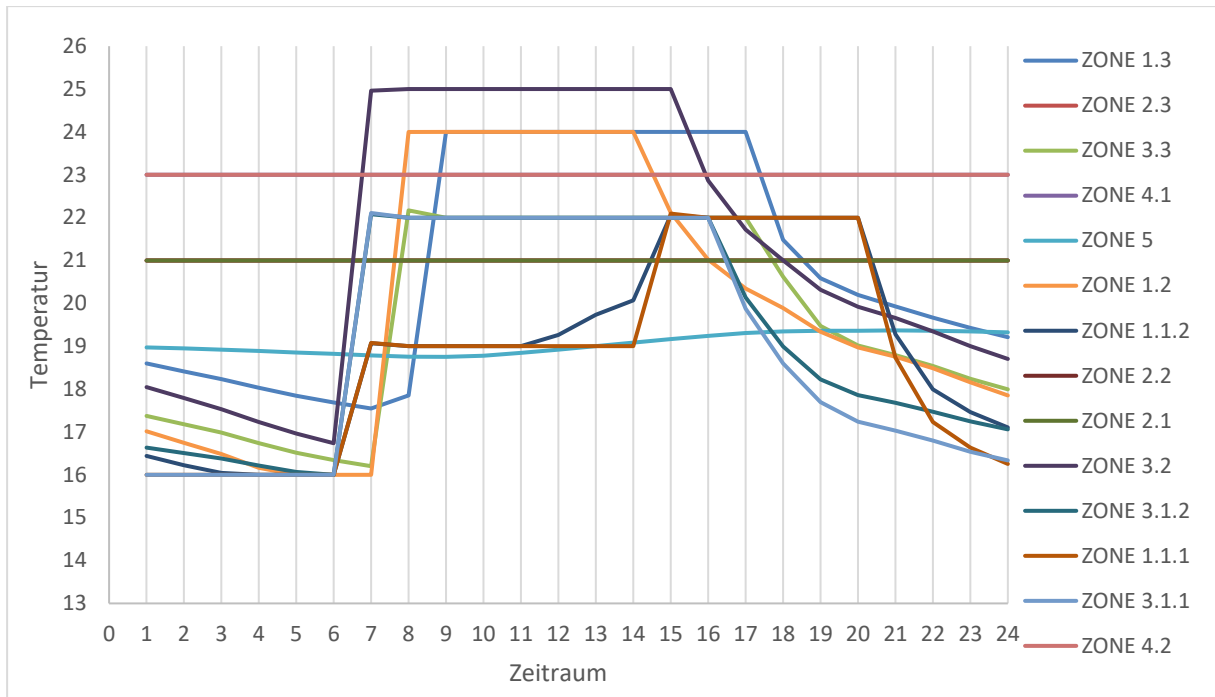
02.Februar.2017														
	SENSE 5	-	SENSE 6	-	-	SENSE 4	SENSE 2	-	-	SENSE 3	SENSE 1	SENSE 2	SENSE 1	-
	ZONE 1.3	ZONE 2.3	ZONE 3.3	ZONE 4.1	ZONE 5	ZONE 1.2	ZONE 1.1.1	ZONE 2.2	ZONE 2.1	ZONE 3.2	ZONE 3.1.1	ZONE 1.1.1	ZONE 3.1.1	ZONE 4.2
1	16.8	21	16.0	23	17.5	16.0	16.0	21	21	16.0	16.0	16.0	16.0	23
2	16.6	21	16.0	23	17.5	16.0	16.0	21	21	16.0	16.0	16.0	16.0	23
3	16.5	21	16.0	23	17.5	16.0	16.0	21	21	16.0	16.0	16.0	16.0	23
4	16.4	21	16.0	23	17.5	16.0	16.0	21	21	16.0	16.0	16.0	16.0	23
5	16.2	21	16.0	23	17.4	16.0	16.0	21	21	16.0	16.0	16.0	16.0	23
6	16.1	21	16.0	23	17.4	16.0	16.0	21	21	16.0	16.0	16.0	16.0	23
7	16.0	21	16.0	23	17.4	16.0	19.1	21	21	25.0	22.1	19.1	22.1	23
8	16.0	21	22.1	23	17.3	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23
9	24.0	21	22.0	23	17.3	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23
10	24.0	21	22.0	23	17.3	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23
11	24.0	21	22.0	23	17.3	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23
12	24.0	21	22.0	23	17.4	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23
13	24.0	21	22.0	23	17.4	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23
14	24.0	21	22.0	23	17.5	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23
15	24.0	21	22.0	23	17.5	18.6	22.0	21	21	25.0	22.0	22.0	22.0	23
16	24.0	21	22.0	23	17.6	16.8	22.0	21	21	20.4	22.0	22.0	22.0	23
17	24.0	21	22.0	23	17.6	16.2	22.0	21	21	18.6	18.3	22.0	18.1	23
18	19.5	21	18.9	23	17.7	16.0	22.0	21	21	18.0	16.9	22.0	16.6	23
19	18.4	21	17.0	23	17.7	16.0	22.0	21	21	17.5	16.4	22.0	16.0	23
20	17.9	21	16.6	23	17.7	16.0	22.0	21	21	17.2	16.1	22.0	16.0	23
21	17.6	21	16.3	23	17.7	16.0	17.9	21	21	16.9	16.0	17.6	16.0	23
22	17.4	21	16.1	23	17.7	16.0	16.2	21	21	16.7	16.0	16.0	16.0	23
23	17.2	21	16.0	23	17.7	16.0	16.0	21	21	16.4	16.0	16.0	16.0	23
24	17.0	21	16.0	23	17.6	16.0	16.0	21	21	16.2	16.0	16.0	16.0	23





Temperaturverlauf 02.März.2017:

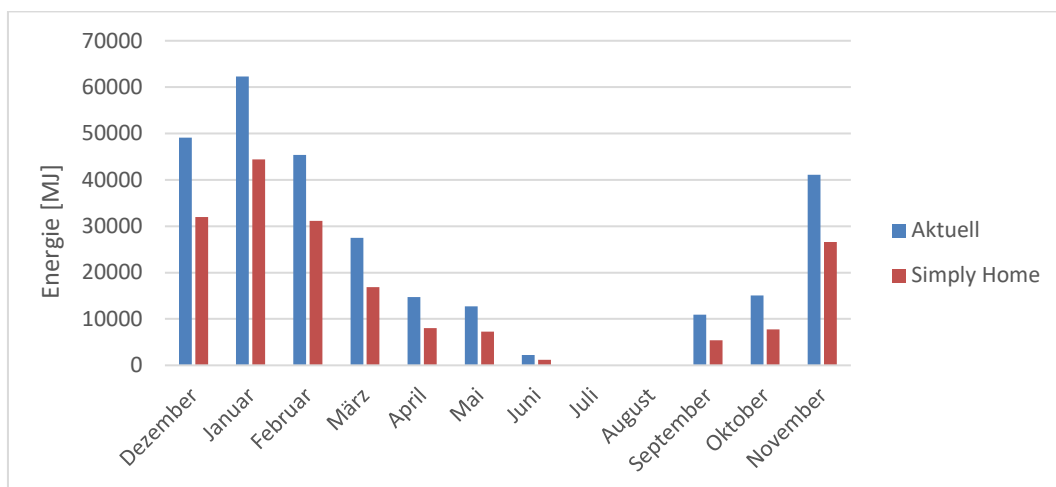
02.März.2017														
	SENSE 5	-	SENSE 6	-	-	SENSE 4	SENSE 2	-	-	SENSE 3	SENSE 1	SENSE 2	SENSE 1	-
	ZONE 1.3	ZONE 2.3	ZONE 3.3	ZONE 4.1	ZONE 5	ZONE 1.2	ZONE 1.1.1	ZONE 2.2	ZONE 2.1	ZONE 3.2	ZONE 3.1.1	ZONE 1.1.1	ZONE 3.1.1	ZONE 4.2
1	18.6	21	17.4	23	19.0	17.0	16.4	21	21	18.0	16.6	16.0	16.0	23
2	18.4	21	17.2	23	18.9	16.8	16.2	21	21	17.8	16.5	16.0	16.0	23
3	18.2	21	17.0	23	18.9	16.5	16.0	21	21	17.5	16.4	16.0	16.0	23
4	18.0	21	16.7	23	18.9	16.2	16.0	21	21	17.2	16.2	16.0	16.0	23
5	17.8	21	16.5	23	18.9	16.0	16.0	21	21	17.0	16.1	16.0	16.0	23
6	17.7	21	16.3	23	18.8	16.0	16.0	21	21	16.7	16.0	16.0	16.0	23
7	17.5	21	16.2	23	18.8	16.0	19.1	21	21	25.0	22.1	19.1	22.1	23
8	17.9	21	22.2	23	18.8	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23
9	24.0	21	22.0	23	18.8	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23
10	24.0	21	22.0	23	18.8	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23
11	24.0	21	22.0	23	18.8	24.0	19.0	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23
12	24.0	21	22.0	23	18.9	24.0	19.3	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23
13	24.0	21	22.0	23	19.0	24.0	19.7	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23
14	24.0	21	22.0	23	19.1	24.0	20.1	21	21	25.0	22.0	19.0	22.0	23
15	24.0	21	22.0	23	19.2	22.1	22.1	21	21	25.0	22.0	22.1	22.0	23
16	24.0	21	22.0	23	19.2	21.0	22.0	21	21	22.9	22.0	22.0	22.0	23
17	24.0	21	22.0	23	19.3	20.3	22.0	21	21	21.7	20.1	22.0	19.9	23
18	21.5	21	20.6	23	19.3	19.9	22.0	21	21	21.0	19.0	22.0	18.6	23
19	20.6	21	19.5	23	19.4	19.3	22.0	21	21	20.3	18.2	22.0	17.7	23
20	20.2	21	19.0	23	19.4	19.0	22.0	21	21	19.9	17.9	22.0	17.2	23
21	19.9	21	18.8	23	19.4	18.8	19.3	21	21	19.7	17.7	18.7	17.0	23
22	19.7	21	18.5	23	19.4	18.5	18.0	21	21	19.3	17.5	17.2	16.8	23
23	19.4	21	18.2	23	19.3	18.2	17.5	21	21	19.0	17.2	16.6	16.5	23
24	19.2	21	18.0	23	19.3	17.9	17.1	21	21	18.7	17.1	16.3	16.3	23



## A3 Vergleich des monatlichen Energieverbrauches

Vergleich des monatlichen Energieverbrauches zwischen Modell « aktuell» und Modell «Simply-Home-Technologie».

	Aktuell	Simply Home	Gewinn
Dezember	49130	32010	35%
Januar	62320	44410	29%
Februar	45400	31160	31%
März	27510	16850	39%
April	14750	8050	45%
Mai	12750	7250	43%
Juni	2210	1210	45%
Juli	0	0	0%
August	0	0	0%
September	10920	5400	51%
Oktober	15100	7720	49%
November	41130	26580	35%



Die folgenden Diagramme zeigen die monatlichen Einsparungen mit der Simply Home Technologie.

