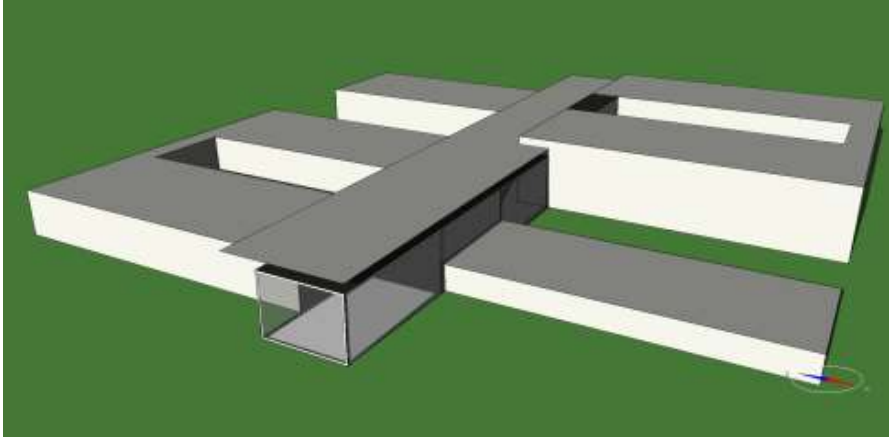


Parametric Runs in der Praxis

Daniel Ruepp
EQUA Solutions AG

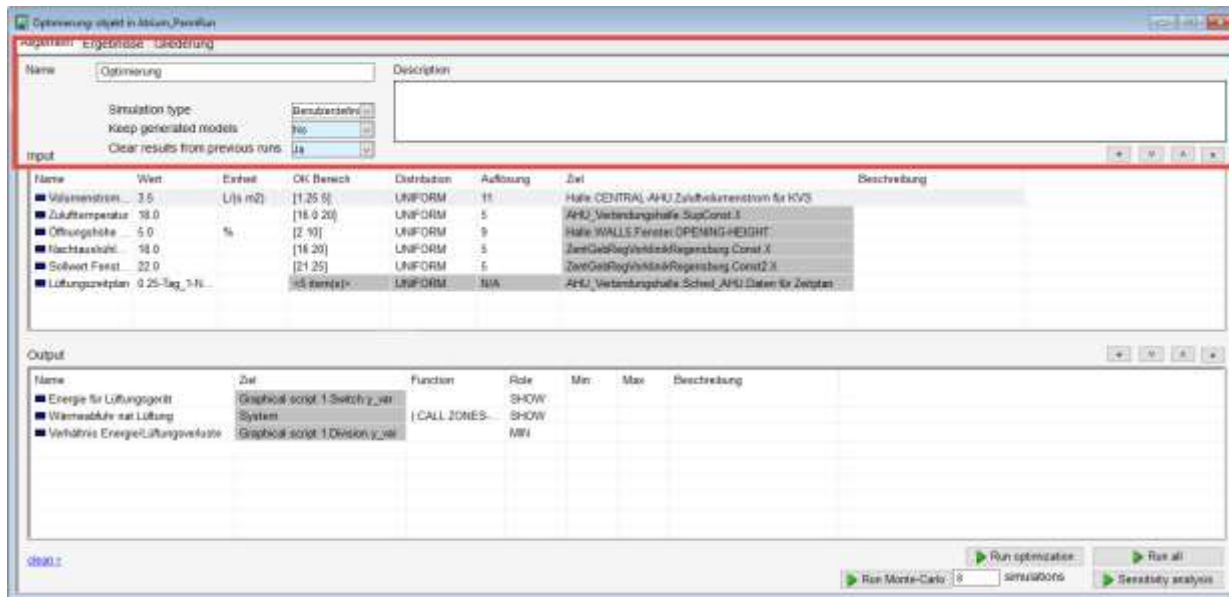
Inhalt



- Aufbau und Funktionen von “Parametric runs”
- Praxisbeispiel 1: verglastes Atrium
 - Natürliche und mechanische Belüftung
 - Sensitivitätsanalyse der Einzelparameter
 - Optimierung hinsichtlich Kühleffekt und Energiebedarf
- Praxisbeispiel 2: Solarthermieanlage für MFH
 - Mehrere Solarthermieanlagen ins Gebäude integriert
 - Variation der Speichergröße und der solaren Flächen
 - Optimierung hinsichtlich Gesamtkosten über 25 Jahre

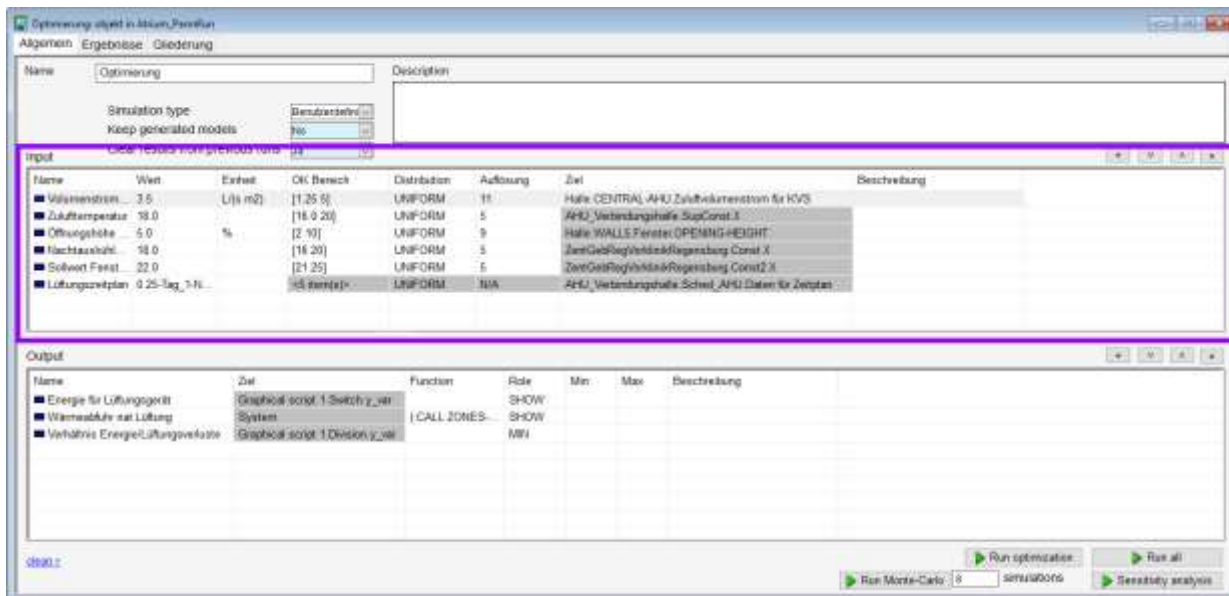
Aufbau und Funktionen - Generelles

- Parameter hinzufügen
 - rechte Maustaste >> Hinzufügen zu >> ParmRun
 - Drag&Drop
- Name & Beschreibung des Objekts
- Simulationstyp definieren
- Modelle erhalten
 - Achtung kann zu großen Dateigrößen führen, da die Modelle mit gepackt werden
- Alte Ergebnisse löschen?
 - Im Normalfall “Ja”, wird “Nein” gewählt werden die neuen Ergebnisse in der Liste angehängt.



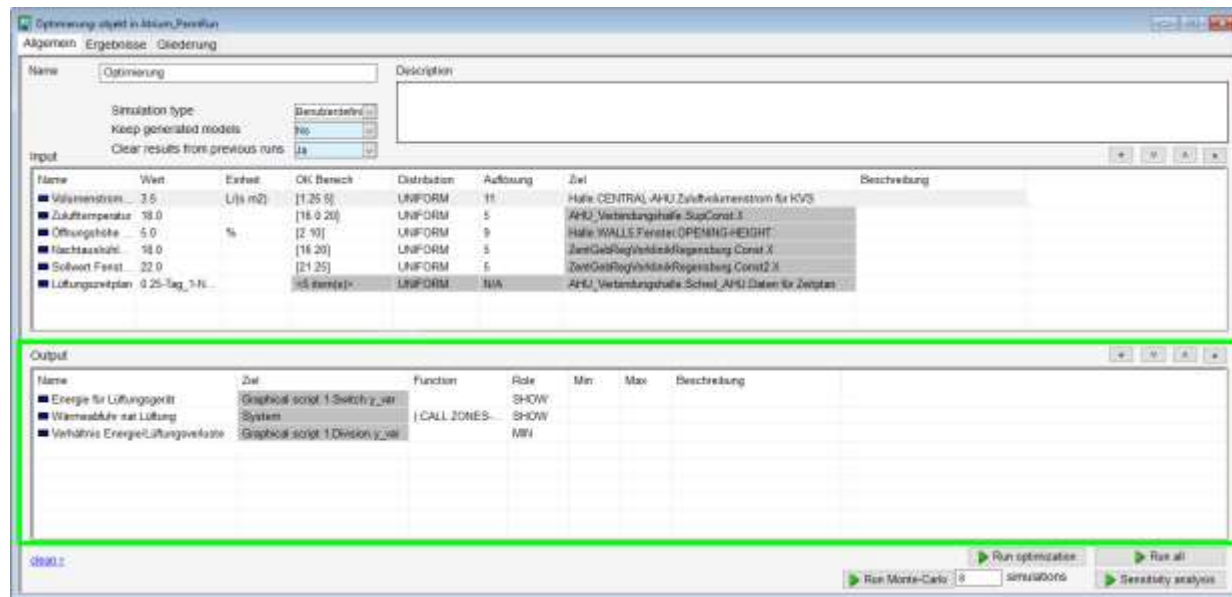
Aufbau und Funktionen - Input

- **Name:** rechte Maustaste >> Umbenennen
- **Wert:** Startwert des Parameters
- **OK Bereich:** Bereich, in dem der Parameter variiert werden kann
 - [] definiert Wertebereich [1 10]
 - *Mit Verteilung und Auflösung!*
 - () definiert Fixwerte (1 3 5 7 9)
 - *Ohne Verteilung und Auflösung!*
 - Diskrete Parameter in Liste wählen
- Verteilung “UNIFORM” oder “TRIANGLE”

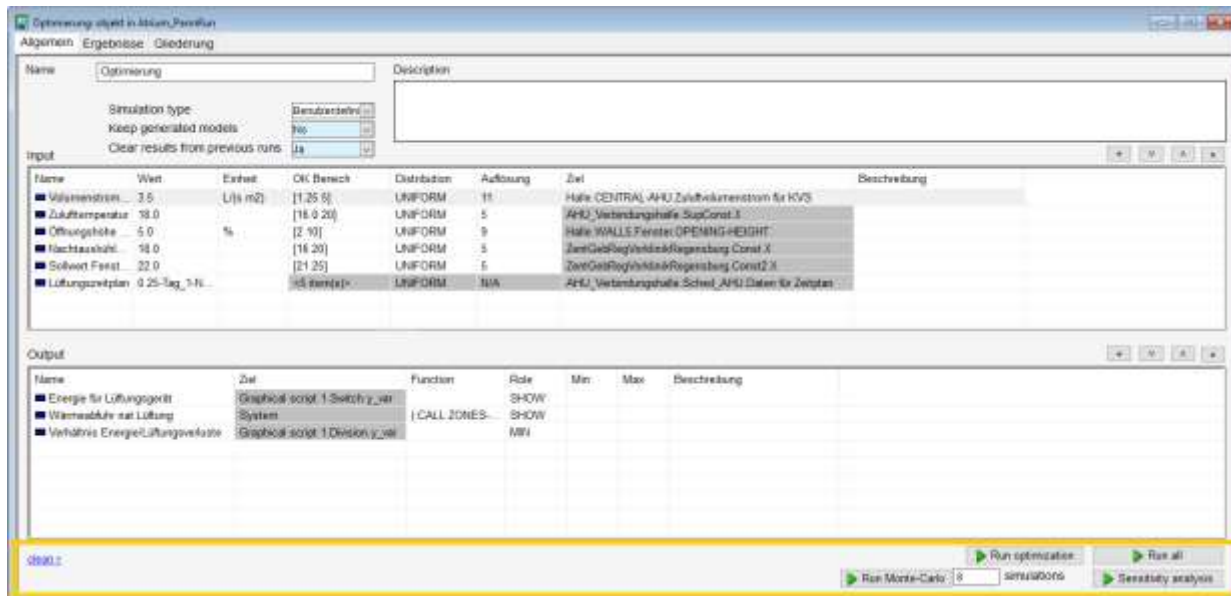


Aufbau und Funktionen - Output

- **Name:** rechte Maustaste >> Umbenennen
- **Ziel:** Woher kommt der Output
- **Funktion:** Beschreibt Funktion um den Parameter zu ermitteln, z.B. Summe der monatlichen Teilergebnisse
- Zuweisung einer **Rolle**
 - Ergebnis soll angezeigt werden (*SHOW*)
 - Parameter soll minimiert werden (*MIN*)
 - Parameter soll maximiert werden (*MAX*)
 - Ergebnis MUSS in einem bestimmten Bereich liegen (*CONSTRAIN*), Angabe von Min und Max

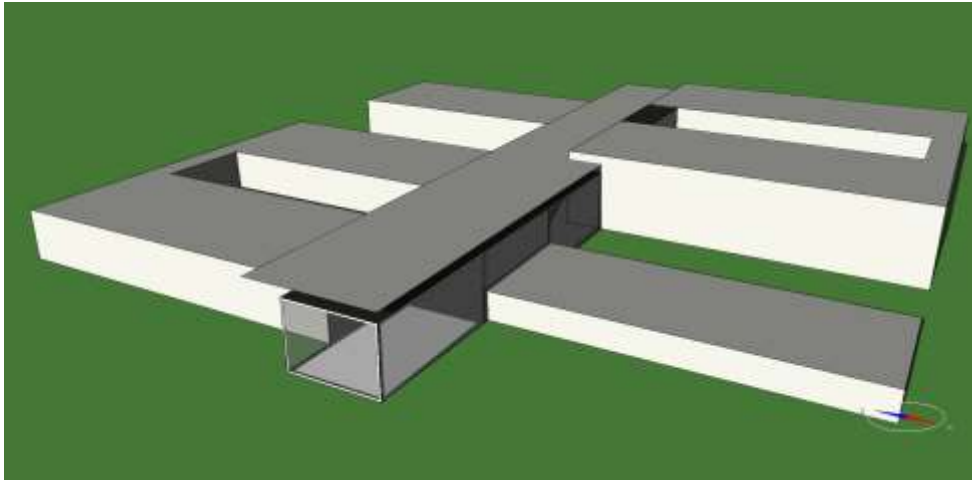


Aufbau und Funktionen - Simulation

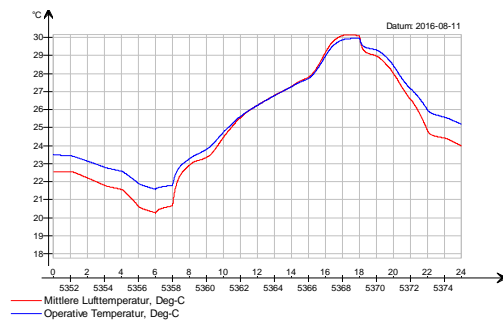
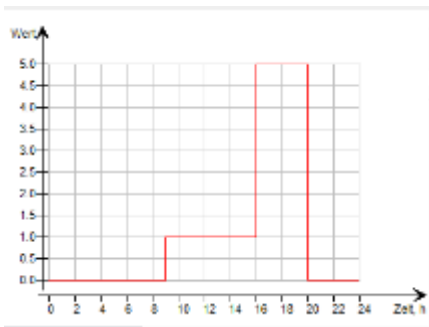


- **Clean** >> Close oder Kill child processes
- **Run Monte-Carlo:** Anzahl der gegebenen Simulationen mit Zufallssetting. Gut, um generelle Funktionsweise zu prüfen
- **Run all:** Alle möglichen Kombinationen werden simuliert.
- **Sensitivitätsanalyse:** Für jeden Parameter wird eine Simulation mit der unteren Grenze und der oberen Grenze gemacht
- **Run optimization:** Sendet die Parameterdefinitionen an ein Optimierungsprogramm (zB GenOpt)

Praxisbeispiel 1 – verglastes Atrium



- Sommerfall ohne bewegliche Verschattung
- Tägliche Standardbelegung: 200 Personen 9-20 Uhr
- Veranstaltungsbelegung: 1 mal im Monat 1000 pax
- **Temperatur nie über 28°C, CO₂ nie über 1500 ppm**
- Natürliche Belüftung über Fensterbänder
 - Optimale Öffnungsfläche? Sollwert Nachtauskühlung?
- Mechanische Belüftung zur Unterstützung
 - Welcher Luftwechsel und welche Zulufttemperatur?
 - Welcher Lüftungszeitplan?
- **Minimaler Energiebedarf bei Einhaltung der Kriterien!**



Parameter und Graphical Script

Optimierung: direkt in Ansys, Familien

Algemein Ergebnisse Gliederung

Name: Optimierung Description:

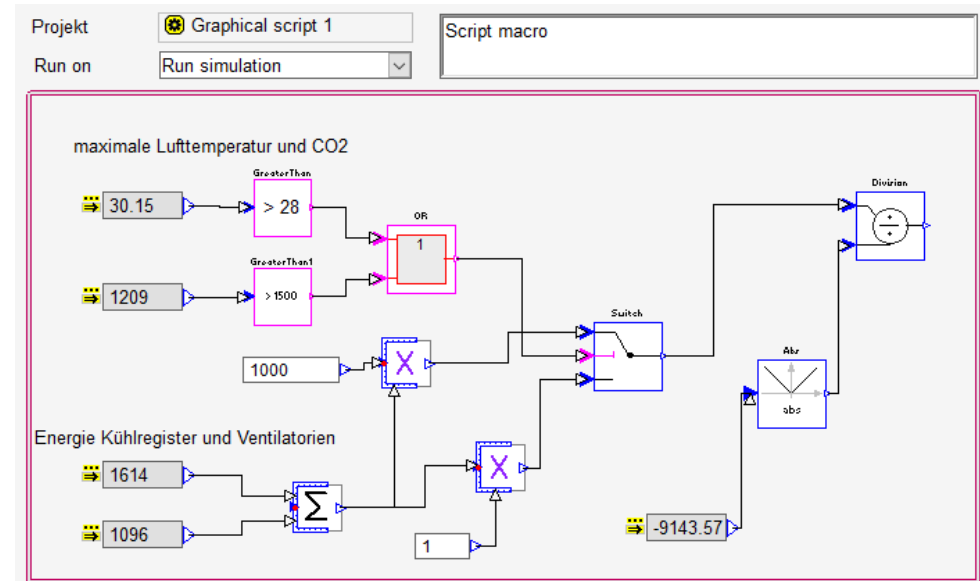
Simulation type: Benutzerdefiniert
 Keep generated models: No
 Clear results from previous runs: Ja

Name	Wert	Einheit	OK Bereich	Distribution	Auflösung	Ziel	Beschreibung
Volumenstrom CAV	2.5	L/s m2	[1.35 5]	UNIFORM	11	Halle CENTRAL-AHU Zufuhr...	
Zulufttemperatur	18.0		[16.0 20]	UNIFORM	5	AHU_Verfeinerungshalle_SupCo...	
Öffnungshöhe Fensterband	0.0	%	[2 10]	UNIFORM	9	Halle WALLS Fenster OFFEN...	
Nachströmleistung l/s	18.0		[16 20]	UNIFORM	5	ZerstGießRegenabstäckRagenab...	
Sollwert Fensterlüftung	22.0		[21 25]	UNIFORM	5	ZerstGießRegenabstäckRagenab...	
Lüftungszirkel	0.25-Tag_1-Nacht		<= 0.25	UNIFORM	NA	AHU_Verfeinerungshalle_Sch...	

Output

Name	Ziel	Function	Role	Min	Max	Beschreibung
Verhältnis Energie/Lüftungswerte	Graphical script 1/Division_y_var		MIN			
Energie für Lüftungsgewirr	Graphical script 1/Switch_y_var		SHOW			
Wärmeabfuhr mit Lüftung	System	CALL ZONES-ENERG	SHOW			

Buttons: Run optimization, Run all, Run Monte-Carlo 100 simulations, Sensitivity analysis



Optimierungsfunktion

$$y = \frac{\text{Energie AHU}}{\text{Wärmeabfuhr FL}}$$

Sensitivitätsanalyse

Sensitivitäten: objekt in Atrium_ParmRun

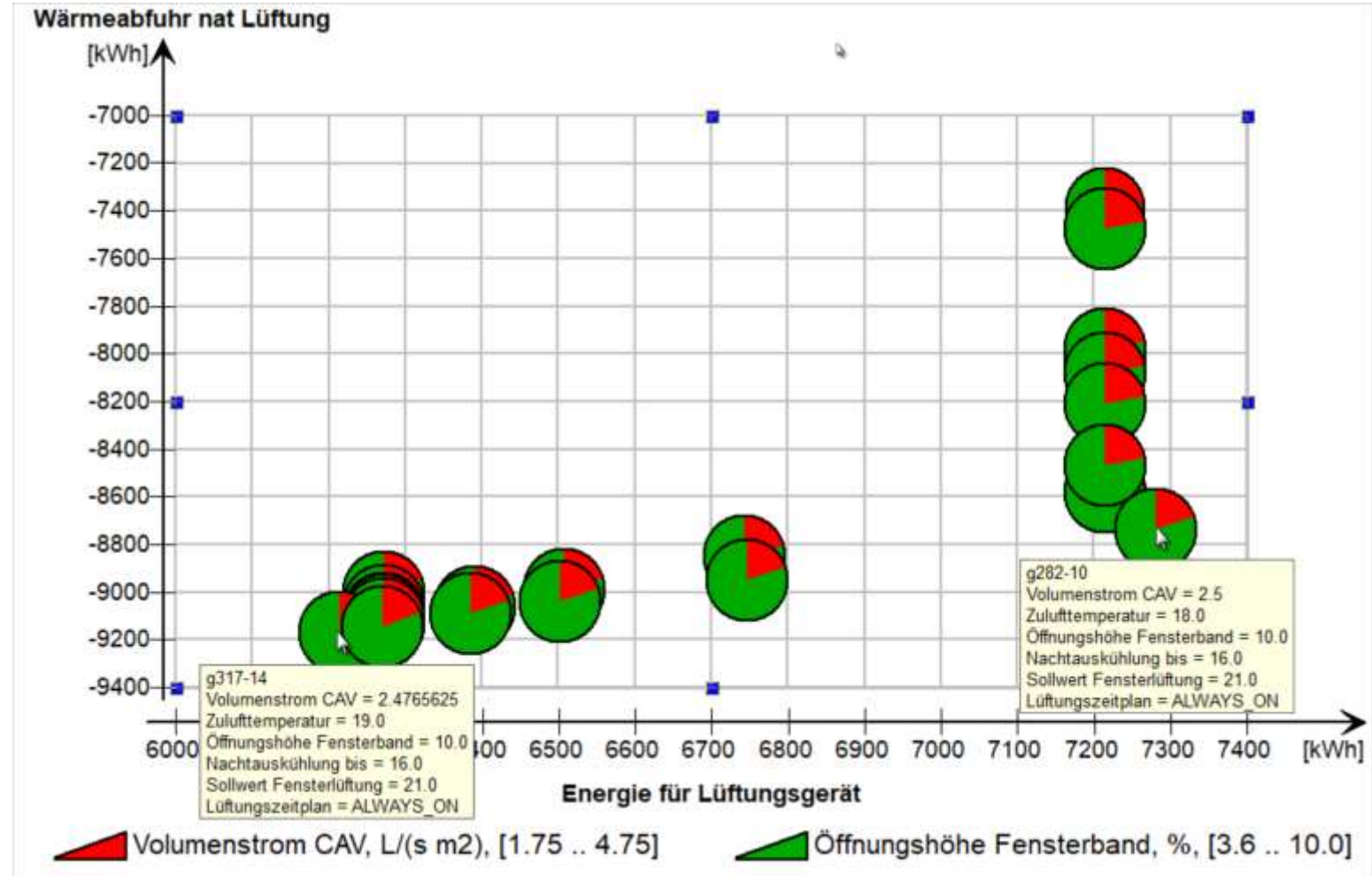
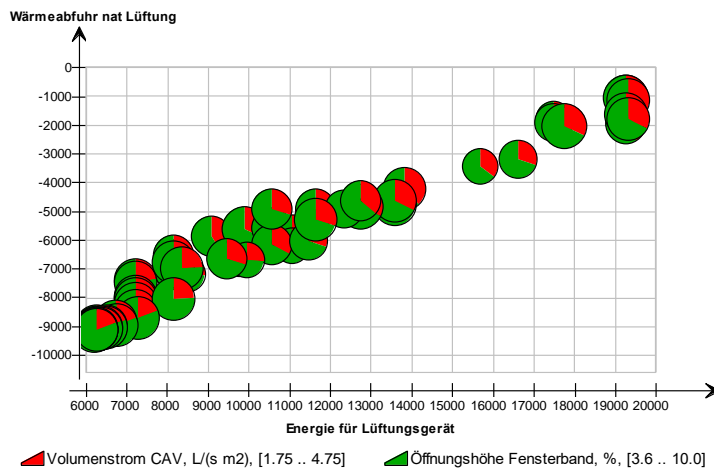
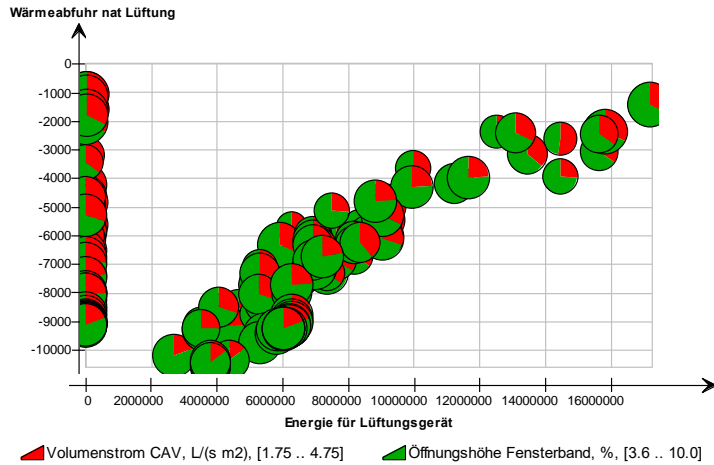
Allgemein Ergebnisse Gliederung

Summary

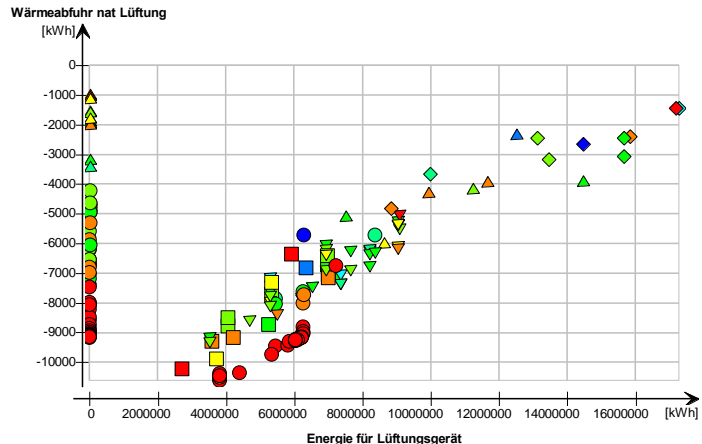
Name	Volumenstrom CAV	Zulufttemperatur	Öffnungshöhe Fensterband	Nachtauskühlung bis	Sollwert Fensteröffnung	Lüftungszeitplan	TAIR MAX	CO2 MAX	Verhältnis Energie/Nachtlüftung	Energie Lüftungsgerät	Wärmeabfuhr nat Lüftung
run00001	2.493	18.0	5.0	18.0	23.0	0.25-Tag_1-Nacht	30.01	1190.0	418.5	3666.0	-8759.5
run00002	1.25	18.0	5.0	18.0	23.0	0.25-Tag_1-Nacht	30.47	1426.0	170.1	1838.1	-10805.2
run00003	5.0	18.0	5.0	18.0	23.0	0.25-Tag_1-Nacht	29.14	1100.0	1306.6	7354.0	-5628.4
run00004	2.493	16.0	5.0	18.0	23.0	0.25-Tag_1-Nacht	29.85	1168.0	641.8	5226.0	-8142.4
run00005	2.493	20.0	5.0	18.0	23.0	0.25-Tag_1-Nacht	30.15	1210.0	294.6	2698.0	-9159.6
run00006	2.493	18.0	2.0	18.0	23.0	0.25-Tag_1-Nacht	30.32	1821.0	495.0	3666.0	-7405.9
run00007	2.493	18.0	10.0	18.0	23.0	0.25-Tag_1-Nacht	29.71	1100.0	379.3	3666.0	-9664.3
run00008	2.493	18.0	5.0	16.0	23.0	0.25-Tag_1-Nacht	29.86	1170.0	404.2	3666.0	-9070.2
run00009	2.493	18.0	5.0	20.0	23.0	0.25-Tag_1-Nacht	30.29	1232.0	455.6	3666.0	-8046.1
run00010	2.493	18.0	5.0	18.0	21.0	0.25-Tag_1-Nacht	29.91	1177.0	399.7	3666.0	-9172.1
run00011	2.493	18.0	5.0	18.0	25.0	0.25-Tag_1-Nacht	30.04	1193.0	428.6	3666.0	-8552.4
run00012	2.493	18.0	5.0	18.0	23.0	Immer ein	28.31	1100.0	1070.3	7260.0	-6783.1
run00013	2.493	18.0	5.0	18.0	23.0	0.25-Tag_3-Nacht	29.48	1129.0	2031.7	9020.0	-4439.7
run00014	2.493	18.0	5.0	18.0	23.0	0.5-Tag_3-Nacht	28.91	1100.0	2568.1	10121.0	-3941.0
run00015	2.493	18.0	5.0	18.0	23.0	0.5-Tag_1-Nacht	29.44	1100.0	596.7	4767.0	-7989.6

- Simulation Ausgangsvariante mit gegebenen Startwerten
- Für kontinuierliche Parameter einmal Min und Max, alle diskreten Parameter
- Erste Abschätzung, welche Parameter wie sensitive auf die Ergebnisse wirken
- Volumenstrom, Zeitplan Lüftungsanlage, Fensteröffnungsfläche und Temperatur Nachtlüftung

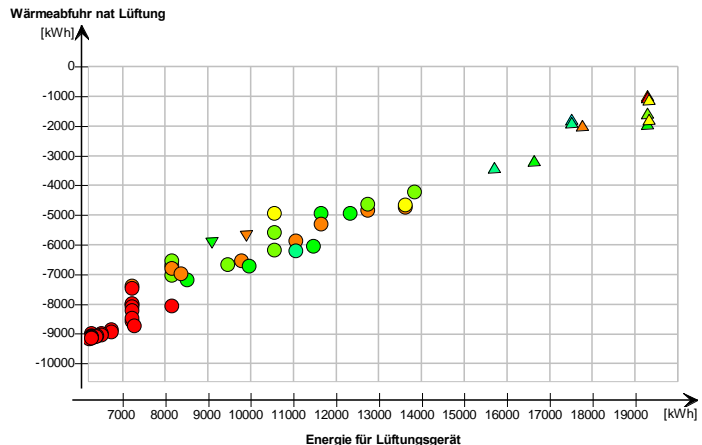
Parameteroptimierung mit GenOpt



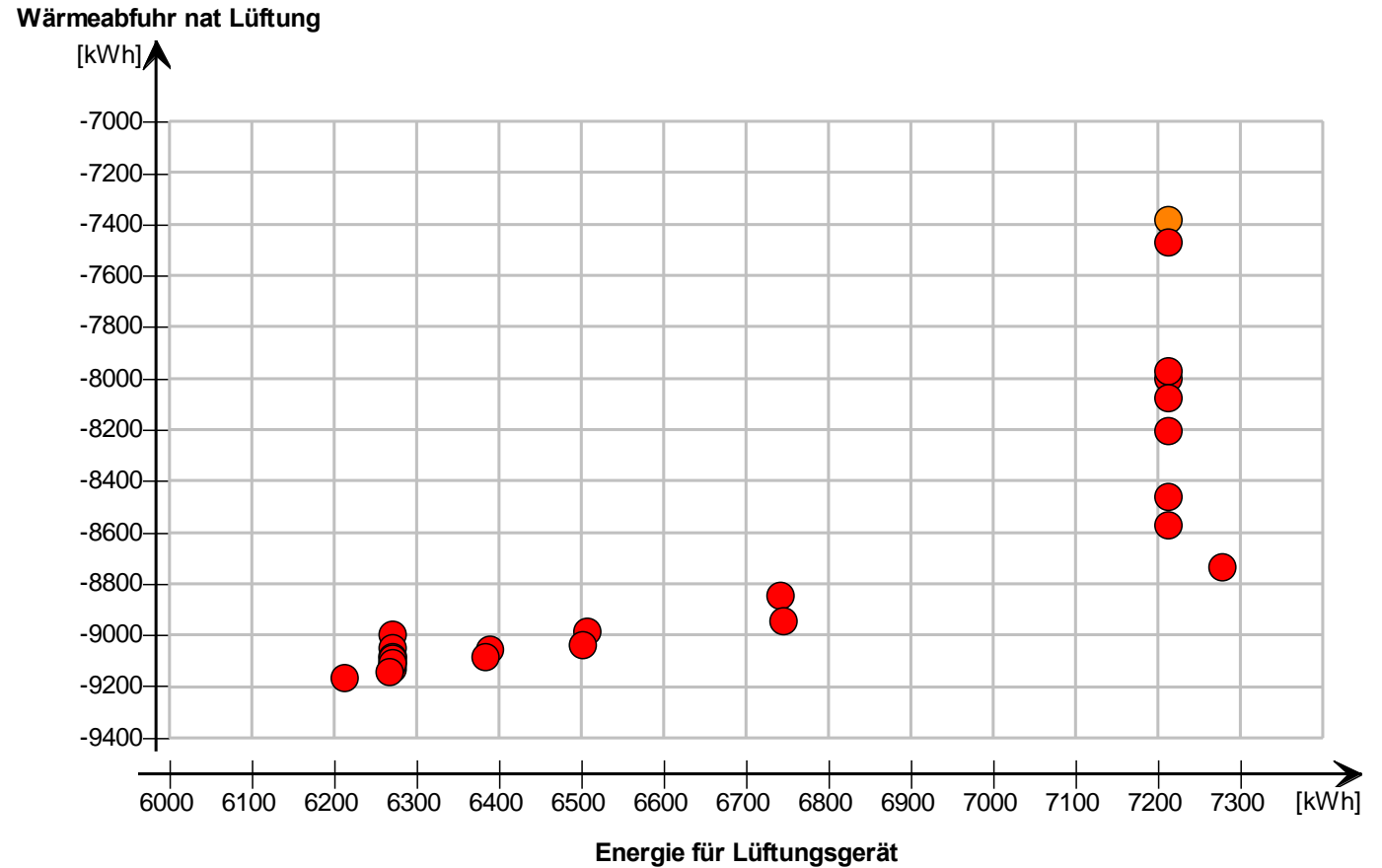
Parameteroptimierung mit GenOpt



■ Öffnungshöhe Fensterband, %, [3.6 .. 10.0]
○ Lüftungszeitplan, ○ = ALWAYS_ON, ◻ = 0.25-Tag_1-Nacht, ◊ = 0.25-Tag_3-Nacht, △ = 0.5-Tag_3-Nacht, ▽ = 0.5-Tag_1-Nacht

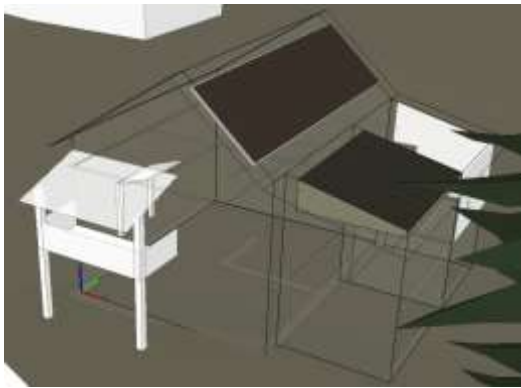
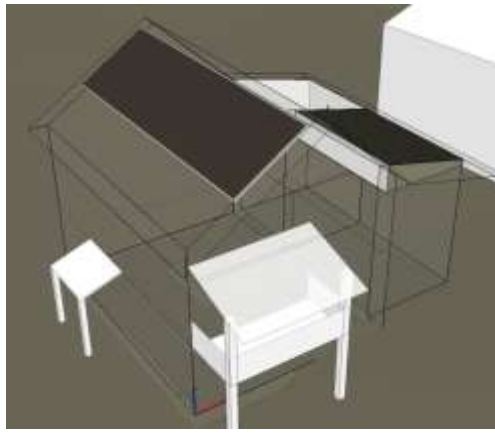


■ Öffnungshöhe Fensterband, %, [3.6 .. 10.0]
○ Lüftungszeitplan, ○ = ALWAYS_ON, ◻ = 0.25-Tag_1-Nacht, ◊ = 0.25-Tag_3-Nacht, △ = 0.5-Tag_3-Nacht, ▽ = 0.5-Tag_1-Nacht



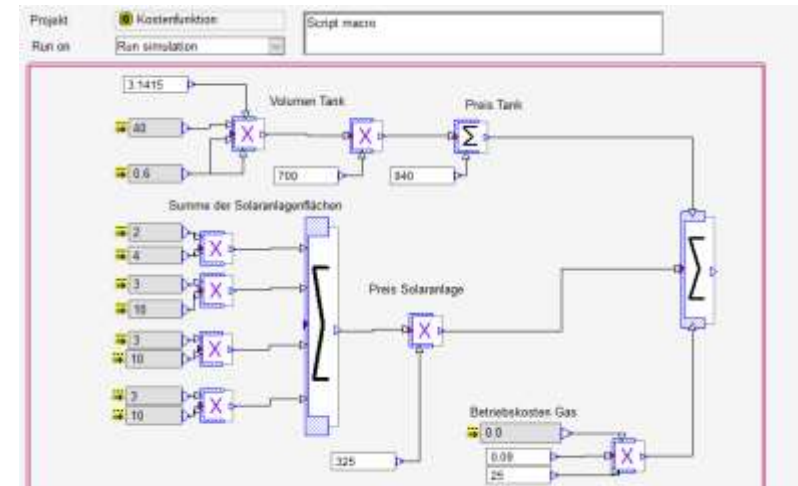
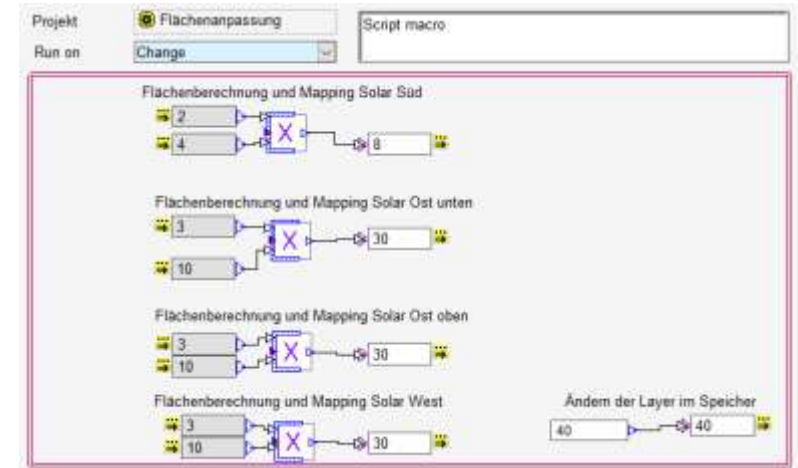
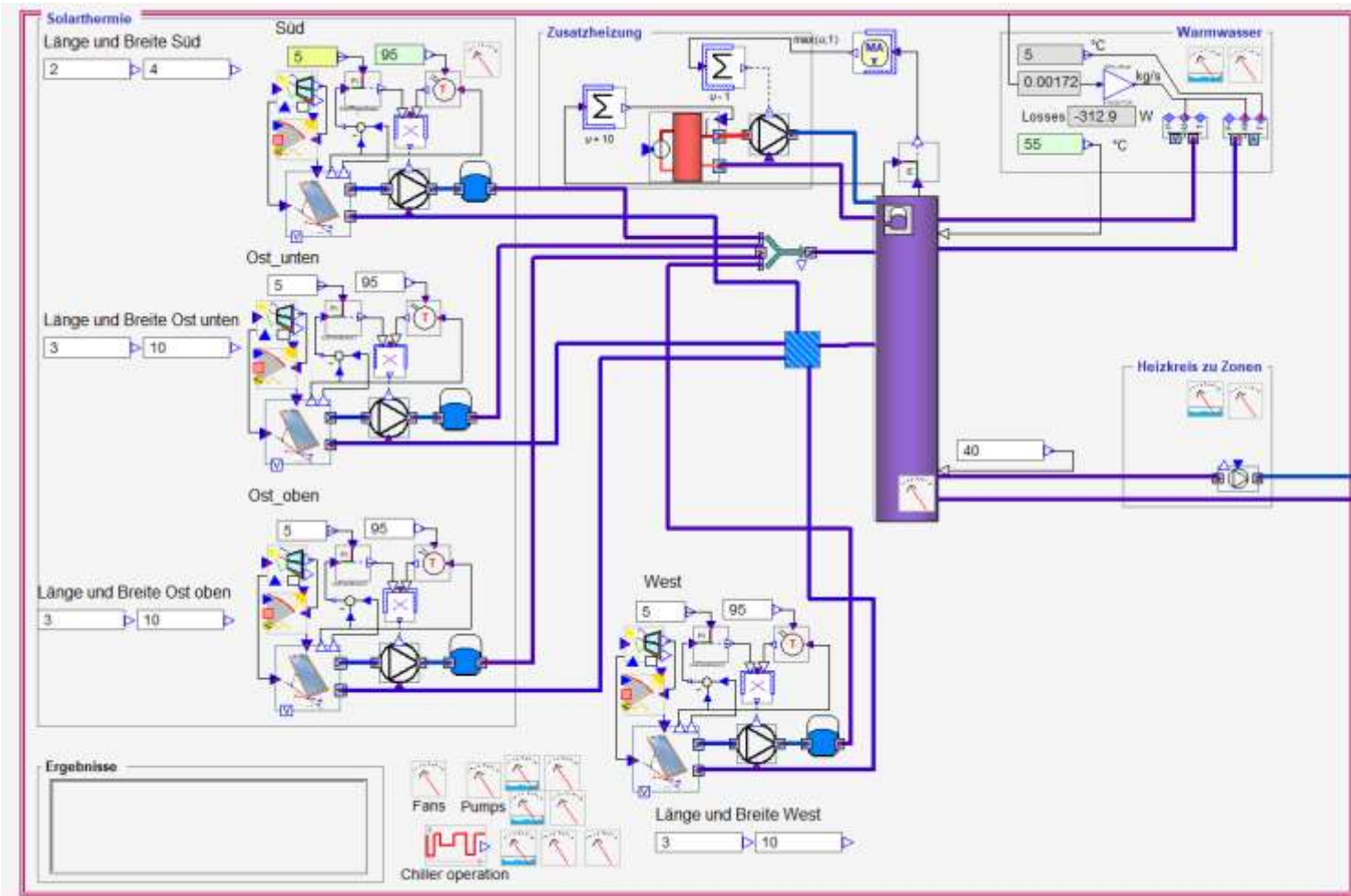
■ Öffnungshöhe Fensterband, %, [3.6 .. 10.0]
○ Lüftungszeitplan, ○ = ALWAYS_ON, ◻ = 0.25-Tag_1-Nacht, ◊ = 0.25-Tag_3-Nacht, △ = 0.5-Tag_3-Nacht, ▽ = 0.5-Tag_1-Nacht

Praxisbeispiel 2 – Solarthermie im MFH



- MFH Baujahr 1897, zuletzt saniert 1992, 4 Parteien
- Derzeit Heizung mit Gas, ca. 30000 kWh/Jahr
- Warmwasser mit Strom, ca. 6500 kWh/Jahr
- **Idee:** neuer Speicher mit Gas + Solarthermie
- Nur bestehende Flächen, keine Geometrieänderung
- Vordachfläche Süd, 2 Dachflächen Ost und 1 West
- **Macht das bei hohen Investkosten und günstigen Gaspreisen überhaupt Sinn?**
- **Welche Anlage sollte wie groß werden, um über 25 Jahre die geringsten Gesamtkosten zu haben?**
- **Größe des Warmwasserspeichers?**

Anlage und Graphical Scripts



Parameter Setup erster Durchlauf

Name: Description:

Simulation type:

Keep generated models:

Clear results from previous runs:

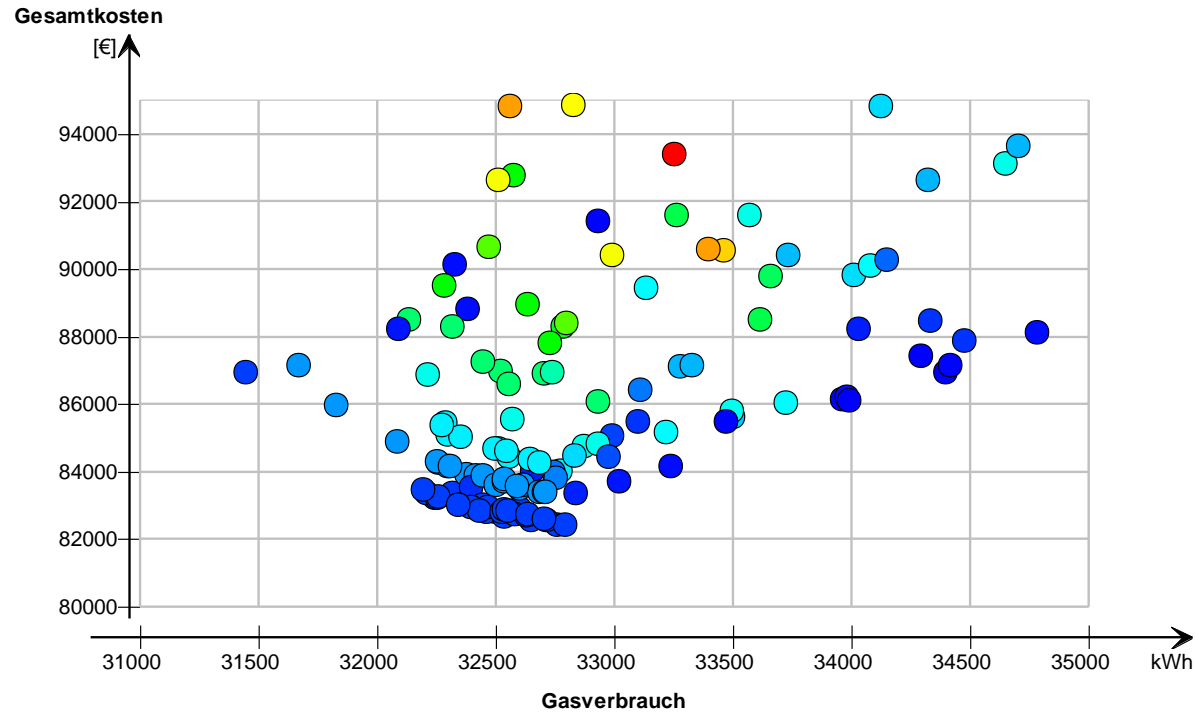
Input + v ^ x

Name	Wert	Ei...	OK Bereich	Distribution	Auflösung	Ziel	Beschreibung
■ Anzahl Schichten	20.0		(8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24)	UNIFORM	N/A	Flächenanpassung.Const.X	
■ Radius Tank	0.5	m	[0.3 1]	UNIFORM	11	Wärme- und Kälteerzeuger.Ho...	
■ Länge_Süd	1.5		[1 2]	UNIFORM	11	Wärme- und Kälteerzeuger.Lä...	
■ Breite_Süd	2.0		[1 4]	UNIFORM	11	Wärme- und Kälteerzeuger.Br...	
■ Länge_Ost_unten	2.0		[1 3]	UNIFORM	11	Wärme- und Kälteerzeuger.Lä...	
■ Breite_Ost_unten	5.0		[1 10]	UNIFORM	11	Wärme- und Kälteerzeuger.Br...	
■ Länge_Ost_oben	1.0		[1 3]	UNIFORM	11	Wärme- und Kälteerzeuger.Lä...	
■ Breite_Ost_oben	5.0		[1 10]	UNIFORM	11	Wärme- und Kälteerzeuger.Br...	
■ Länge_West	1.5		[1 3]	UNIFORM	11	Wärme- und Kälteerzeuger.Lä...	
■ Breite_West	5.0		[1 10]	UNIFORM	11	Wärme- und Kälteerzeuger.Br...	

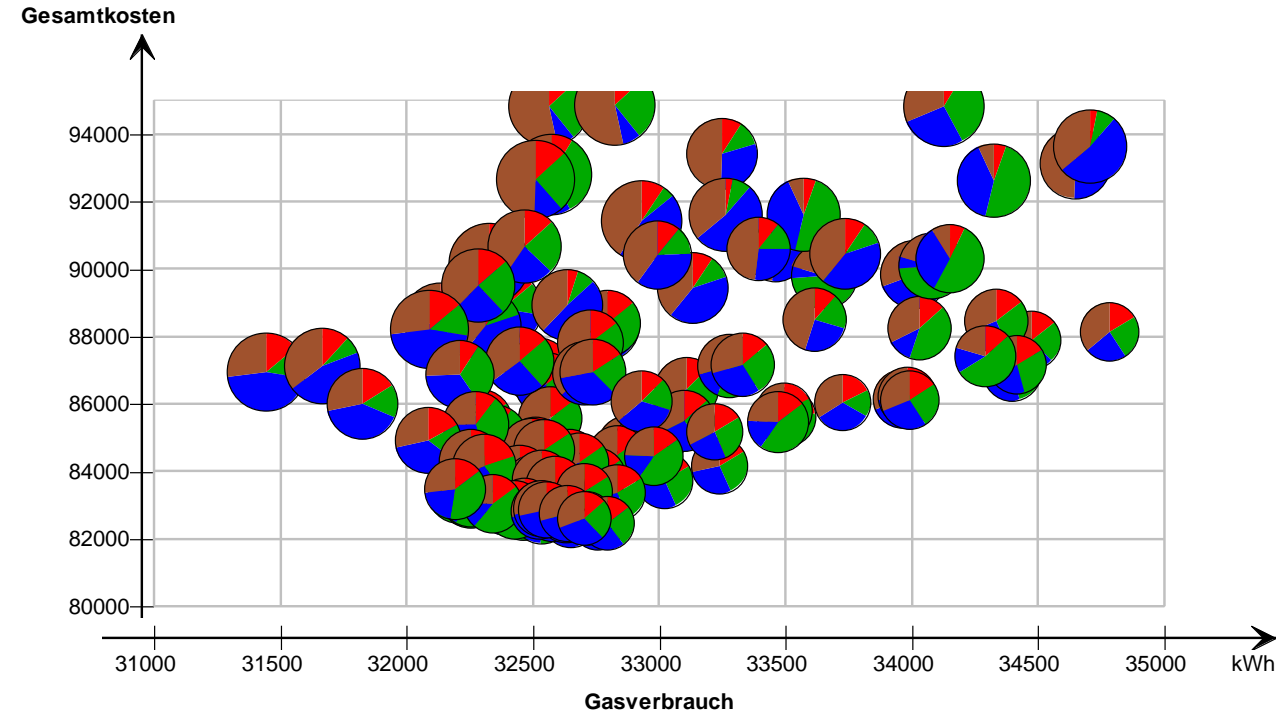
Output + v ^ x

Name	Ziel	Function	Role	Min	Max	Beschreibung
■ Gesamtkosten	Kostenfunktion.Gesamtkosten...		MIN			
■ Gasverbrauch	Energy-Report.Consumption.F...	[;TOTAL]	SHOW			
■ Fläche Süd	Kostenfunktion.Fläche_Süd.O...		SHOW			
■ Fläche Ost unten	Kostenfunktion.Fläche_Ost_u...		SHOW			
■ Fläche Ost oben	Kostenfunktion.Fläche_Ost_o...		SHOW			
■ Fläche West	Kostenfunktion.Fläche_West....		SHOW			
■ Volumen Tank	Kostenfunktion.Tankvolumen....		SHOW			

Ergebnisse erster Durchlauf



Volumen Tank, [0.3664 .. 7.39]



Fläche Süd, [1.441 .. 6.704]

Fläche Ost unten, [2.44 .. 19.58]

Fläche Ost oben, [1.964 .. 21.58]

Fläche West, [2.76 .. 26.6]

Parameter Setup zweiter Durchlauf

Name: Description:

Simulation type:

Keep generated models:

Clear results from previous runs:

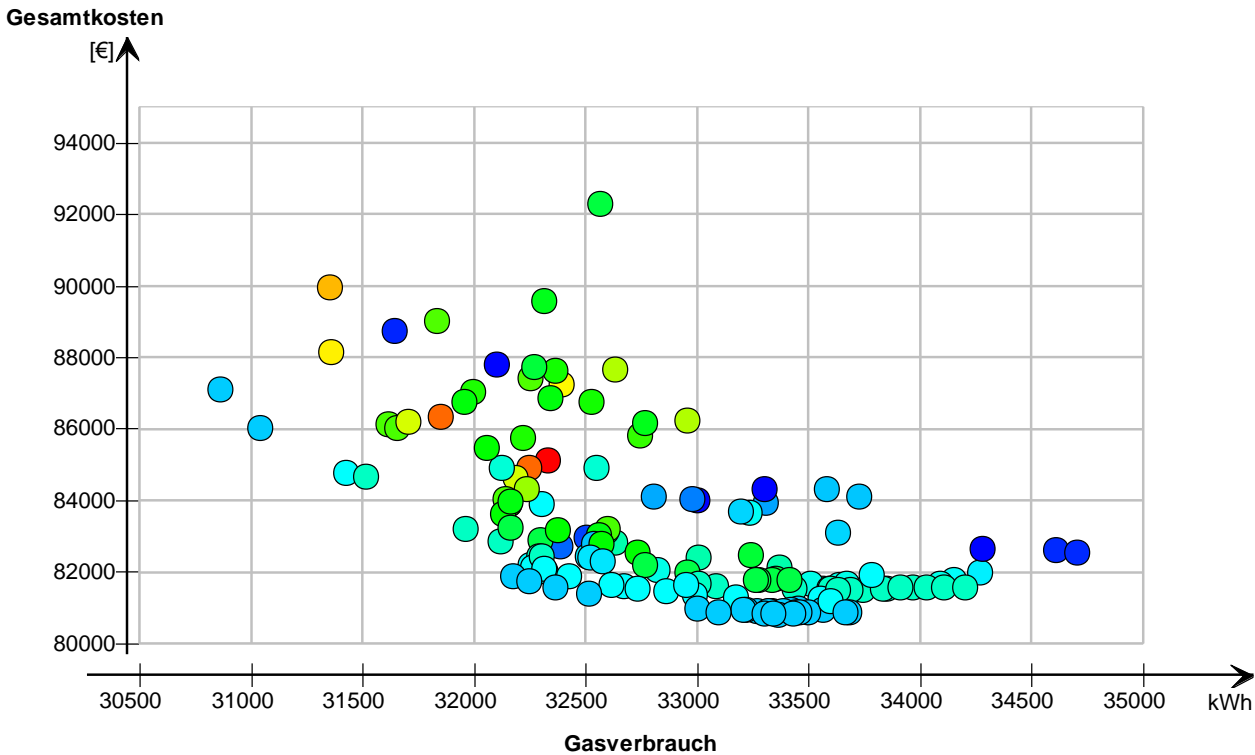
Input

Name	Wert	Ei...	OK Bereich	Distribution	Auflösung	Ziel	Beschreibung
<input checked="" type="checkbox"/> Anzahl Schichten	20.0		(15 16 17 18 19 20 21 22 23 24)	UNIFORM	N/A	Flächenanpassung.Const.X	
<input checked="" type="checkbox"/> Radius Tank	0.35	m	[0.3 0.5]	TRIANGLE	11	Wärme- und Kälteerzeuger.Ho...	
<input checked="" type="checkbox"/> Länge_Süd	1.5		[1 2]	UNIFORM	11	Wärme- und Kälteerzeuger.Lä...	
<input checked="" type="checkbox"/> Breite_Süd	2.0		[1 4]	UNIFORM	11	Wärme- und Kälteerzeuger.Br...	
<input checked="" type="checkbox"/> Länge_Ost_unten	2.0		[1 3]	UNIFORM	11	Wärme- und Kälteerzeuger.Lä...	
<input checked="" type="checkbox"/> Breite_Ost_unten	5.0		[1 10]	UNIFORM	11	Wärme- und Kälteerzeuger.Br...	
<input checked="" type="checkbox"/> Länge_Ost_oben	1.0		[1 3]	UNIFORM	11	Wärme- und Kälteerzeuger.Lä...	
<input checked="" type="checkbox"/> Breite_Ost_oben	2.0		[1 10]	UNIFORM	11	Wärme- und Kälteerzeuger.Br...	
<input checked="" type="checkbox"/> Länge_West	1.5		[1 3]	UNIFORM	11	Wärme- und Kälteerzeuger.Lä...	
<input checked="" type="checkbox"/> Breite_West	2.0		[1 10]	UNIFORM	11	Wärme- und Kälteerzeuger.Br...	

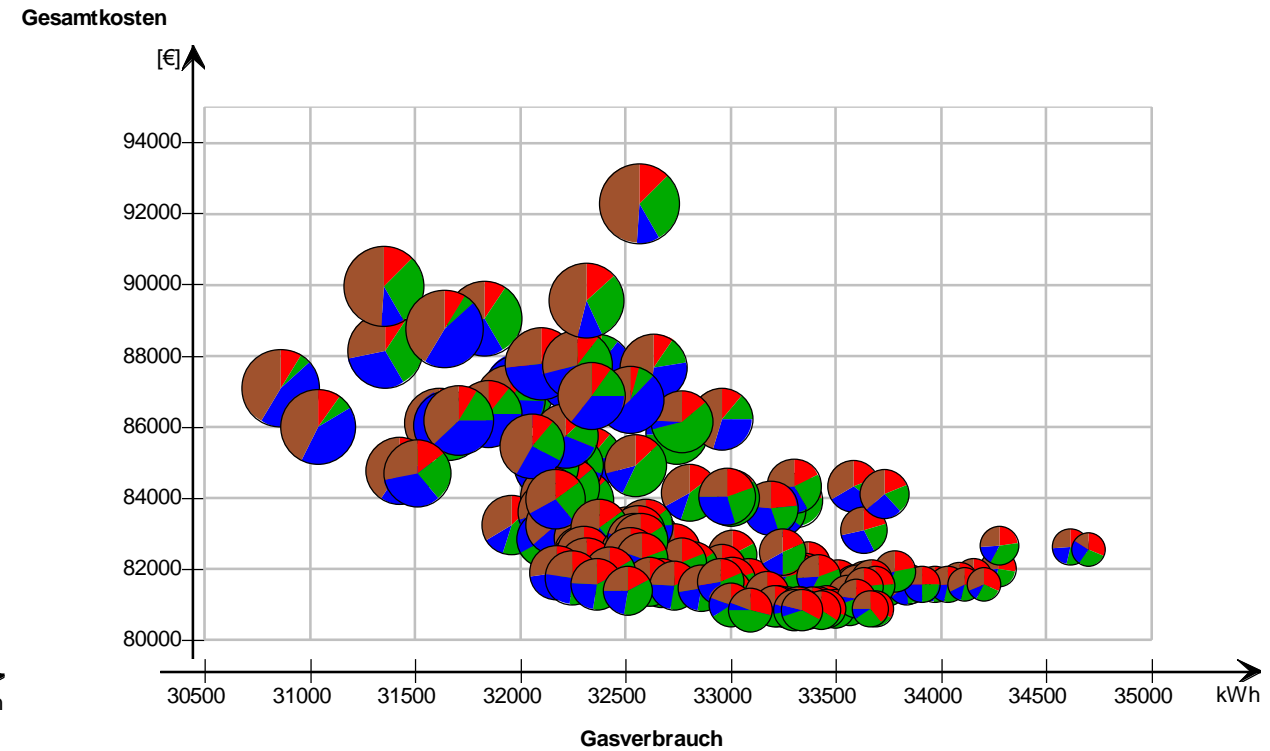
Output

Name	Ziel	Function	Role	Min	Max	Beschreibung
<input checked="" type="checkbox"/> Gesamtkosten	Kostenfunktion.Gesamtkosten...		MIN			
<input checked="" type="checkbox"/> Gasverbrauch	Energy-Report.Consumption.F...	[:TOTAL]	SHOW			
<input checked="" type="checkbox"/> Fläche Süd	Kostenfunktion.Fläche_Süd.O...		SHOW			
<input checked="" type="checkbox"/> Fläche Ost unten	Kostenfunktion.Fläche_Ost_u...		SHOW			
<input checked="" type="checkbox"/> Fläche Ost oben	Kostenfunktion.Fläche_Ost_o...		SHOW			
<input checked="" type="checkbox"/> Fläche West	Kostenfunktion.Fläche_West....		SHOW			
<input checked="" type="checkbox"/> Volumen Tank	Kostenfunktion.Tankvolumen....		SHOW			

Ergebnisse zweiter Durchlauf



Volumen Tank, [0.483 .. 1.81]



Fläche Süd, [1.21 .. 7.0]

Fläche Ost unten, [2.21 .. 20.13]

Fläche Ost oben, [1.1 .. 22.2]

Fläche West, [1.57 .. 26.01]

Fragen? 😊