

Bericht

Technikumstrasse 21, CH-6048 Horw
T +41 41 349 33 11
www.hslu.ch

Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE Zentrum für
Integrale Gebäudetechnik

Andrii Zakovorotnyi
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

T direkt +41 41 349 33 42
andrii.zakovorotnyi@hslu.ch

Luzern, 3. Juli 2020
Seite 1/14

GEAS 95 – Auslegungstool Dokumentation

Änderungsverzeichnis

Version	Datum	Status	Änderungen und Bemerkungen	Bearbeitet von
Nr. 1	04.06.2020	Erstellt	-	zaa

Inhaltsverzeichnis

1.	Wichtige Information vor der Anwendung des Auslegungstools	2
2.	Ausgangslage und Ziele	3
3.	Methodologie	4
4.	Bedingungsanleitung	5
4.1.	Eingabe der Nutzerprofile (Arbeitsblatt «Profile»)	5
4.2.	Eingabe des Standorts (Arbeitsblatt «Schema»)	6
4.3.	Ein- oder Ausschaltung diverser Komponenten der Energieversorgung (Arbeitsblatt «Schema»)	6
4.4.	Eingabe der Kenngrößen der Komponente der Energieversorgung (Arbeitsblatt «Schema»)	7
4.5.	Drucken die Taste «Iterationen durchführen» (Arbeitsblatt «Schema»)	11
4.6.	Eingabe der Kosten (Arbeitsblatt «Schema»)	11
4.7.	Analyse der Simulationsergebnisse (Arbeitsblatt «Schema»)	11
5.	Beschreibung der Berechnungen (schematisch)	12
5.1.	Berechnung der Sonnenposition	12
5.2.	Berechnung der PV-Anlage	12
5.3.	Berechnung der Solarthermie	13
5.4.	Berechnung des Heizwärmebedarfs des Gebäudes	13
5.5.	Berechnung des GEAS Speichers	13
5.6.	Berechnung des Stromspeichers	14
5.7.	Berechnung der Wärmepumpe	14

Horw, 3. Juli 2020
Seite 2 / 14

GEAS 95 – Auslegungstool
Dokumentation

1. Wichtige Information vor der Anwendung des Auslegungstools

Das bestehende Auslegungstool wurde zu diesem Zeitpunkt nicht zertifiziert und weder mit den Schweizer Normen, noch mit den realen Fällen verifiziert. Das Auslegungstool soll nur für informative Zwecke und nur auf eigene Verantwortung genutzt werden. Die Hochschule Luzern übernimmt diesbezüglich keine Verantwortung für falsche oder nicht optimale Auslegung der Energieversorgung.

2. Ausgangslage und Ziele

Die swisspor AG arbeitet zusammen mit der Hochschule Luzern – Technik & Architektur am Innosuisse-Projekt «Hochleistung-Wärmedämmung für saisonale Warmwasserspeicher». Die zentrale Fragestellung liegt bei der Entwicklung eines integralen Dämm- und Abdichtungssystems «GEAS 95», welches an der Innenseite von neuen und bestehenden Hohlräumen (z.B. Keller eines Gebäudes) angebracht werden kann. Die Hohlräume können als kostengünstige saisonale thermische Energiespeicher (weiter bezeichnet als GEAS Speicher) verwendet werden.

Das Projekt zielt unter anderem auf:

1. Die Speicherung von Wärme bis 95°C. Dies ermöglicht, Hochtemperaturwärme mittels solarthermischer Anlagen oder industrieller Abwärme zu speichern;
2. Die Realisierung von Warmwasserspeichern mit einer maximalen Höhe von 12 m, was einem maximalen hydrostatischen Druck von 1.2 bar entspricht. Bei Warmwasserspeichern ist die Speicherhöhe für die thermische Schichtung von zentraler Bedeutung;
3. Die Betrachtung des GEAS Speichers als Teil der Energieversorgung. Die Wärmeflüsse sowie die angeschlossene Technik sollen wissenschaftlich untersucht, simuliert und optimiert werden.

Um die dritte Frage zu beantworten, soll ein vereinfachtes Auslegungstool für HLK-Planer entwickelt werden. Das Tool soll eine Auslegung des saisonalen GEAS Speichers sowie eine Abschätzung dessen Wirtschaftlichkeit ermöglichen. Das Tool soll auch die Anwendungsmöglichkeiten des GEAS Speichers zeigen, in welchen der GEAS Speicher möglichst maximales Sparen der CO₂-Emissionen und höchste Autarkie des Gebäudes gewährleisten kann.

3. Methodologie

Das Auslegungstool führt eine jährliche thermische Simulation der Energieversorgung eines Gebäudes oder industriellen Prozesses mit der stündlichen Zeitauflösung, ermöglicht eine Auslegung des GEAS Speichersystems sowie eine Abschätzung dessen Wirtschaftlichkeit und berücksichtigt folgende Energieverbraucher sowie Energieerzeuger:

1. Energieverbraucher:
 - Heizwärmebedarf eines Gebäudes;
 - Wärmebedarf für die Erwärmung des Brauchwarmwassers;
 - Industrieller Wärmebedarf;
 - Strombedarf eines Gebäudes;
 - Klimakältebedarf eines Gebäudes;
2. Energieerzeuger:
 - Photovoltaik-Anlage;
 - Solarthermie;
 - Luft-Wasser und Wasser-Wasser Wärmepumpen;
 - Industrielle Abwärme;
3. Speichersysteme:
 - GEAS Speicher;
 - Stromspeicher.

Die simulierten Energieversorgungskonzepte mit dem GEAS Speicher werden im Tool gemäss folgenden Kriterien bewertet:

1. jährliche CO₂-Emissionen;
2. Autarkiegrad der Wärmeenergieversorgung;
3. Autarkiegrad der Stromenergieversorgung;
4. Investitionskosten;
5. Amortisationszeit.

Das Auslegungstool basiert auf der Microsoft Excel Arbeitsmappe, welche folgende Arbeitsblätter enthält:

«Schema»	In diesem Arbeitsblatt werden diverse Komponenten der Energieversorgung und ihre Parameter eingegeben sowie die Simulationsergebnisse automatisch ausgewertet;
«Berechnung»	In diesem Arbeitsblatt findet die Durchführung der jährlichen Simulation der Energieversorgung statt;
«Klimadaten»	Eine Sammlung der Wetterdaten für die repräsentativen Standorte der Schweiz;
«Profile»	Dieses Arbeitsblatt enthält nutzerdefinierte Profile;
«Hausmodell»	In diesem Arbeitsblatt findet die Durchführung der thermischen Gebäudesimulation statt;
«Speichermodell»	In diesem Arbeitsblatt findet die Durchführung der thermischen Simulation des GEAS Speichers statt;

4. Bedingungsanleitung

Diese Bedingungsanleitung geht davon aus, dass der Nutzer bereits Basiskenntnisse im MS Excel hat und folgende Manipulationen erledigen kann:

1. Auswahl verschiedener Arbeitsblätter in der Arbeitsmappe;
2. Eingabe der numerischen Werte in die Zelle;
3. Auswahl des Zellenwerts von Zellen-Liste (falls vorhanden).

Die Auslegung des GEAS Speichers und sonstiger Komponenten der Energieversorgung ist grundsätzlich ein iterativer Prozess. Die Entscheidung über die optimale Auslegung der Energieversorgung liegt beim Nutzer. Der iterative Prozess berücksichtigt eine Wiederholung folgender Schritte:

1. Eingabe der Nutzerprofile (Arbeitsblatt «Profile»);
2. Ein- oder Ausschaltung diverser Komponenten der Energieversorgung (Arbeitsblatt «Schema»);
3. Eingabe des Standorts (Arbeitsblatt «Schema»);
4. Eingabe der Kenngrößen der Komponenten der Energieversorgung (Arbeitsblatt «Schema»);
5. Drucken der Taste «Iterationen durchführen» (Arbeitsblatt «Schema»);
6. Eingabe der Kosten (Arbeitsblatt «Schema»);
7. Analyse der Simulationsergebnisse (Arbeitsblatt «Schema»).

Jeder einzelne Punkt wird unten in separaten Kapiteln detailliert beschrieben.

4.1. Eingabe der Nutzerprofile (Arbeitsblatt «Profile»)

Im Arbeitsblatt «Profile» kann der Nutzer folgende Jahres- und Tagesprofile auf der stündlichen Basis definieren:

1. Spalte B – Jahresprofil der geförderten Temperatursteigerung [K] für das Brauchwarmwasser oder für den Prozesswärmebedarf (insgesamt 8760 Werte);
2. Spalte C – Jahresprofil des Massenstroms [kg/s] für das Brauchwarmwasser oder für den Prozesswärmebedarf (insgesamt 8760 Werte);
3. Spalte D – Jahresprofil des Strombedarfs [W] des Gebäudes (8760 Werte);
4. Spalte E – Jahresprofil des Heizwärmebedarfs [W] des Gebäudes (8760 Werte);
5. Spalte I – Tagesprofil der Nutzung des Strombedarfs (24 Werte).
Hier sollen die prozentualen stündlichen Anteile des Strombedarfs eingegeben werden.
Falls ein Pufferspeicher (z.B. Stahlwassertank) vorgesehen ist, sollen die prozentualen stündlichen Anteile der Ladezeit des Pufferspeichers entsprechen.
Es ist empfohlen, dass die Summe der prozentualen Anteile 100 % ist;
6. Spalte J – Tagesprofil der Nutzung des Brauchwarmwassers (24 Werte).
Hier sollen die prozentualen stündlichen Anteile des Brauchwarmwassers eingegeben werden.
Falls ein Pufferspeicher (z.B. Stahlwassertank) vorgesehen ist, sollen die prozentualen stündlichen Anteile der Ladezeit des Pufferspeichers entsprechen.
Falls eine Frischwasserstation erwünscht ist, sollen die prozentualen stündlichen Anteile den aufsummierten Zapfprofilen entsprechen.
Es ist empfohlen, dass die Summe der prozentualen Anteile 100 % ist;
7. Spalte M – Jahresprofil der Aussenlufttemperatur [°C] (8760 Werte);
8. Spalte N – Jahresprofil der direkten normalen Bestrahlung [W/m²] (8760 Werte);
9. Spalte O – Jahresprofil der diffusen normalen Bestrahlung [W/m²] (8760 Werte);
10. Spalte P – Jahresprofil des Massenstroms [kg/s] für die erste Prozesswärmezuführung (8760 Werte);
11. Spalte Q – Jahresprofil der Vorlauftemperatur [°C] für die erste Prozesswärmezuführung (8760 Werte);
12. Spalte R – Jahresprofil des Massenstroms [kg/s] für die zweite Prozesswärmezuführung (8760 Werte);
13. Spalte S – Jahresprofil der Vorlauftemperatur [°C] für die zweite Prozesswärmezuführung (8760 Werte);

14. Spalte T – Jahresprofil des Massenstroms [kg/s] für die dritte Prozesswärmezuführung (8760 Werte);
15. Spalte U – Jahresprofil der Vorlauftemperatur [°C] für die dritte Prozesswärmezuführung (8760 Werte).

4.2. Eingabe des Standorts (Arbeitsblatt «Schema»)

In der Zelle «AM26» soll der Standort eingegeben werden. Hier sind folgende Optionen vorhanden:

- Benutzerdefiniert;
- Aarau;
- Altdorf;
- Basel;
- Bern;
- Davos;
- Engelberg;
- Geneve;
- Glarus;
- Güttingen;
- Interlaken;
- La_Chaux_de_Fonds;
- La_Fretaz;
- Locarno;
- Lugano;
- Luzern;
- Rünenberg;
- Samedan;
- San_Bernardino;
- Schaffhausen;
- Scuol;
- Sion;
- St_Gallen;
- Vaduz;
- Zermatt;
- Zürich.

Falls die Option «Benutzerdefiniert» ausgewählt wird, werden die Eingabedaten von Spalten «M», «N» und «O» im Arbeitsblatt «Klimadaten» für die Berechnung verwendet. Zusätzlich kann der mittlere oder starke Effekt des Klimawandels berücksichtigt werden, wenn die entsprechende Option in der Zelle «AP26» ausgewählt wird.

4.3. Ein- oder Ausschaltung diverser Komponenten der Energieversorgung (Arbeitsblatt «Schema»)

Im Energieversorgungskonzept können folgende Komponenten ein- oder ausgeschaltet werden (Arbeitsblatt «Schema»):

- Energiequelle:
 1. «PV-Anlage» (Eingabezellen: B4:D17)
Stündliche von Ort, Position und Temperatur abhängige Berechnung der produzierten Stromleistung
 2. «Solarthermie» (Eingabezellen: B31:D46)

Stündliche von Ort, Position und Temperatur abhängige Berechnung der produzierten Wärmeleistung

3. «Zuführung der Prozesswärme» (Eingabezellen: C25:E27)
Hier können bis zu drei verschiedene Prozesswärmen mit stündlicher Zeitauflösung und zeitabhängigen Massenströmen und Temperaturen gleichzeitig berücksichtigt werden
4. «Netz» ausbalanciert den Strombedarf mittels Netzstrom, ohne Nutzereingaben
5. «LW Wärmepumpe» (Eingabezellen: S19:U20)
Optionale Luft-Wasser Wärmepumpe, dient als Wärmequelle für die Abdeckung des Wärmebedarfs des Gebäudes
6. «Heizsystem» ausbalanciert den Wärmebedarf mittels Brennstoff, ohne Nutzereingaben
- Speichersystem:
 1. «Wärmepumpe» (Eingabezellen: G20:J23)
Optionale Wärmequelle für GEAS Speicher, welche den PV-Strom in die thermische Energie umwandelt
 2. «WW Wärmepumpe» (Eingabezellen: P28:R31)
Optionale Wasser-Wasser Wärmepumpe, erhöht das Wärmepotential für die weitere Abdeckung des Wärmebedarfs des Gebäudes
 3. «GEAS Speicher» (Eingabezellen: J35:L49)
Saisonaler thermischer Energiespeicher
 4. «Stromspeicher» (Eingabezellen: J8:M11)
Saisonaler elektrischer Energiespeicher
- Energiebedarf:
 1. «Strombedarf des Gebäudes» (Eingabezellen: AL20:AM23)
 2. «Brauchwarmwasser/Prozesswärme» (Eingabezellen: AE28:AI31)
Der Wärmebedarf wird entweder nur für die Erwärmung des Brauchwarmwassers oder nur für die Prozesswärme berechnet.
 3. «Raumheizung» (Eingabezellen: AL33:AR53; AI35:AK36).

4.4. Eingabe der Kenngrößen der Komponenten der Energieversorgung (Arbeitsblatt «Schema»)

Die Kenngrößen der Energieversorgungskomponenten sind in der Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1 - Komponenten der Energieversorgung

Typ	Komponente	Kenngrößen	Eingabezellen	Mögliche Eingaben	Beschreibung
Energiequelle	PV-Anlage	Einsatz	D4	Ja; Nein	Ein- oder Ausschaltung der PV-Anlage in der Simulation des Energieversorgungskonzepts
		Max. Effizienz, [%]	D5	0..100	Maximale Effizienz der PV-Anlage ohne Berücksichtigung des Temperaturkoeffizients
		Temperaturkoef., [%/K]	D6	≥ 0	Temperaturkoeffizient der PV-Anlage – Reduzierung der PV-Effizienz mit der Aussentemperaturänderung
		Horizontale Fläche, [m ²]	D7	≥ 0	Fläche der horizontalen PV-Zellen
		Neigungswinkel Süd, [°]	D9	0..90	Neigungswinkel der südlich-orientierten PV-Zellen: 0° - horizontale Ausrichtung; 90° - vertikale Ausrichtung.
		Fläche Süd, [m ²]	D10	≥ 0	Fläche der südlich-orientierten PV-Zellen

Horw, 3. Juli 2020
Seite 8 / 14

GEAS 95 – Auslegungstool
Dokumentation

		Neigungswinkel West, [°]	D12	0..90	Neigungswinkel der westlich-orientierten PV-Zellen: 0° - horizontale Ausrichtung; 90° - vertikale Ausrichtung.
		Fläche West, [m²]	D13	≥ 0	Fläche der westlich-orientierten PV-Zellen
		Neigungswinkel Ost, [°]	D15	0..90	Neigungswinkel der östlich-orientierten PV-Zellen: 0° - horizontale Ausrichtung; 90° - vertikale Ausrichtung.
		Fläche Ost, [m²]	D16	≥ 0	Fläche der östlich-orientierten PV-Zellen
	Solarthermie	Einsatz	D31	Ja; Nein	Ein- oder Ausschaltung der Solarthermie in der Simulation des Energieversorgungskonzepts
		Max. Effizienz, [%]	D32	0...100	Maximale Effizienz der Solarthermie ohne Berücksichtigung des Temperaturkoeffizients
		Verlustkoef. 1, [W/m²/K]	D33	≥ 0	Temperaturkoeffizient k1 der Solarthermie (siehe Kapitel 5 «Beschreibung der Berechnung»)
		Verlustkoef. 2, [W/m²/K²]	D34	≥ 0	Temperaturkoeffizient k2 der Solarthermie (siehe Kapitel 5 «Beschreibung der Berechnung»)
		Horizontale Fläche, [m²]	D35	≥ 0	Fläche der horizontalen Sonnenkollektoren
		Neigungswinkel Süd, [°]	D38	0..90	Neigungswinkel der südlich-orientierten Sonnenkollektoren: 0° - horizontale Ausrichtung; 90° - vertikale Ausrichtung.
		Fläche Süd, [m²]	D39	≥ 0	Fläche der südlich-orientierten Sonnenkollektoren
		Neigungswinkel West, [°]	D41	0..90	Neigungswinkel der westlich-orientierten Sonnenkollektoren: 0° - horizontale Ausrichtung; 90° - vertikale Ausrichtung.
		Fläche West, [m²]	D42	≥ 0	Fläche der westlich-orientierten Sonnenkollektoren
		Neigungswinkel Ost, [°]	D44	0..90	Neigungswinkel der östlich-orientierten Sonnenkollektoren: 0° - horizontale Ausrichtung; 90° - vertikale Ausrichtung.
		Fläche Ost, [m²]	D45	≥ 0	Fläche der östlich-orientierten Sonnenkollektoren
	Zuführung der Prozesswärme	Einsatz	E25	Ja; Nein	Ein- oder Ausschaltung der Zuführung der Prozesswärme in der Simulation des Energieversorgungskonzepts
		Wärmewirkungsgrad des Wärmetauschers, [%]	E26	0..100	Wärmewirkungsgrad des Wärmetauschers, wo die Energie vom Prozesswärme zum GEAS Speicher zugeführt wird (siehe auch Kapitel 5 «Beschreibung der Berechnung»)
	LW Wärmepumpe	Einsatz	U19	Ja; Nein	Ein- oder Ausschaltung der Zuführung der Prozesswärme in der Simulation des Energieversorgungskonzepts
		Elektrische Leistung, [W]	U20	≥ 0	Elektrische Leistung der Luft-Wasser-Wärmepumpe für die Abdeckung des Wärmebedarfs
Speicher	Wärme	Einsatz	H20	Ja; Nein	Ein- oder Ausschaltung der Erwärmung des GEAS Speichers mit der PV-Strom

Horw, 3. Juli 2020
Seite 9 / 14

GEAS 95 – Auslegungstool
Dokumentation

		El. Leistung	H21	≥ 0	Elektrische Leistung der Wärmepumpe
		Typ	H22	Luft-Wasser; Wasser-Wasser	Auswahl des Typs der Wärmepumpe
		Energiequelle	H23	AUL; KONST	Auswahl, ob die Wärmepumpe die Energiequelle mit der konstanten Temperatur oder die Umgebungsluft nutzt
		Wert (falls KONST ausgewählt)	J23	Zahl	Wert, welche die Temperatur der Energiequelle beschreibt
	WW Wärmepumpe	Einsatz	R28	Ja; Nein	Ein- oder Ausschaltung der Wasser-Wasser Wärmepumpe für die Erhöhung des Wärmepotentials des GEAS-Speichers für die Abdeckung des Wärmebedarfs
		El. Leistung	R29	≥ 0	Elektrische Leistung der Wasser-Wasser Wärmepumpe
		Anwendung für Raumheizung	R30	Ja; Nein	Auswahl, ob die Wasser-Wasser Wärmepumpe den Heizwärmebedarf abdecken wird
		Anwendung für BWW /Prozesswärme	R31	Ja; Nein	Auswahl, ob die Wasser-Wasser Wärmepumpe den Wärmebedarf für die Erwärmung des Brauchwarmwassers abdecken wird oder Prozesswärme zuführen wird
	GEAS Speicher	Einsatz	L35	Ja; Nein	Ein- oder Ausschaltung des GEAS Speichers in der Energieversorgung
		Länge, [m]	L37	≥ 0	Länge des GEAS Speichers
		Breite, [m]	L38	≥ 0	Breite des GEAS Speichers
		Höhe, [m]	L39	≥ 0	Höhe des GEAS Speichers
		Max. Temperatur, [°C]	L40	0..100	Maximal erlaubte Temperatur im GEAS Speicher
		U-Wert, [W/m²/K]	L42	≥ 0	Isolierung des U-Werts
		Umgebungstemp., [°C]	L43	Zahl	Umgebungstemperatur des GEAS Speichers (Kellertemperatur oder Erdreichtemperatur)
		Anwendung für Raumheizung	L46	Ja; Nein	Auswahl, ob der GEAS Speicher den Heizwärmebedarf abdecken wird
		Anwendung für BWW	L47	Ja; Nein	Auswahl, ob der GEAS Speicher den Wärmebedarf für die Erwärmung des Brauchwarmwassers abdecken wird oder Prozesswärme zuführen wird
		Min. Temperatur, [°C]	L48	≥ 0	Minimale erlaubte Temperatur im GEAS Speicher
		Temperaturgrad., [K]	L49	> 0	Maximaler erlaubter Temperaturgradient im GEAS Speicher
		Max. Volumenstrom, [L/s]	L50	> 0	Maximaler erlaubter Volumenstrom durch GEAS-Speicher
	Strom-speicher	Einsatz	M8	Ja; Nein	Ein- oder Ausschaltung des Stromspeichers in der Energieversorgung
		Kapazität des Stromspeichers, [kWh]	M9	> 0	Maximale Kapazität des Stromspeichers

Energiebedarf	Strombedarf des Gebäudes	Berechnungsmethode	AM20	Nicht berücksichtigt; Tagesprofil; Jahresprofil	Mit der Eingabe «Nicht berücksichtigt» wird der Strombedarf in der Energieversorgung nicht betrachtet. Mit der Eingabe «Tagesprofil» werden die Zellen «AM21» und «AM22» sowie die Spalte «I» des Arbeitsblatts «Profile» berücksichtigt. Mit der Eingabe «Jahresprofil» wird die Spalte «D» des Arbeitsblatts «Profile» in der Berechnung berücksichtigt. Die Werte in den Zellen «AM21» und «AM22» werden nicht mitberechnet.
		Jahresstromverbrauch, [kWh/m²/a]	AM21	≥ 0	Jahresstromverbrauch pro Fläche
		Fläche, [m²]	AM22	≥ 0	Strombezugsfläche
	Brauchwarmwasser / Prozesswärme	Berechnungsmethode	AH28	Nicht berücksichtigt; Tagesprofil; Jahresprofil	Mit der Eingabe «Nicht berücksichtigt» wird der Wärmebedarf für das Brauchwarmwasser oder Prozesswärme in der Energieversorgung nicht betrachtet. Mit der Eingabe «Tagesprofil» werden die Zellen «AH29», «AH30» und «AH31» sowie die Spalte «J» des Arbeitsblatts «Profile» berücksichtigt. Mit der Eingabe «Jahresprofil» wird die Spalte «C» des Arbeitsblatts «Profile» in der Berechnung berücksichtigt. Die Werte in den Zellen «AH29», «AH30» und werden nicht mitberechnet.
		Kaltwassertemperatur, [°C]	AH29	Zahl	Kaltwassertemperatur (Eintrittstemperatur) BWB. Berücksichtigt, falls in der Zelle «AH28» den Wert «Tagesprofil» steht
		Tagesverbrauch, [Liter pro Tag]	AH30	≥ 0	Massenstrom BWB. Berücksichtigt, falls in der Zelle «AH28» den Wert «Tagesprofil» steht. Der Massenstrom wird mit den Werten von der Spalte «J» des Arbeitsblatts «Profile».
		Warmwassertemperatur, [°C]	AH31	Zahl	Temperatursollwert (Austrittstemperatur). Berücksichtigt, falls in der Zelle «AH28» den Wert «Tagesprofil» oder «Jahresprofil» steht
	Raumheizung	Berechnungsmethode	AM33	Nicht berücksichtigt; Jahresprofil; Einfache Berechnung; Detaillierte Berechnung	Mit der Eingabe «Nicht berücksichtigt» wird der Heizwärmebedarf in der Energieversorgung nicht betrachtet. Mit der Eingabe «Jahresprofil» werden die Zellen «AK35» und «AK36» sowie die Spalte «E» des Arbeitsblatts «Profile» berücksichtigt. Andere Eingabezellen bei dieser Komponente werden nicht berücksichtigt. Mit der Eingabe «Einfache Berechnung» werden die Zellen «AN35» und «AN36» berücksichtigt. Andere Eingabezellen bei dieser Komponente werden nicht berücksichtigt. Mit der Eingabe «Detaillierte Berechnung» werden die Zellen im Bereich von «AM39» bis «AN53» sowie von «AR35» bis «AR53» berücksichtigt. Andere Eingabezellen bei dieser Komponente werden nicht berücksichtigt.
		Vorlauftemperatur, [°C]	AK35	≥ 0	Vorlauftemperatur in das Raumheizungssystem
		Rücklauftemperatur, [°C]	AK36	≥ 0	Rücklauftemperatur vom Raumheizungssystem

4.5. Drucken der Taste «Iterationen durchführen» (Arbeitsblatt «Schema»)

Mit der Taste wird ein VBA-Makro ausgeführt, welches die Unterschiede der Stromspeicherkapazität und der GEAS-Temperaturen mittels Iterationen am Jahresanfang und am Jahresende reduziert. Am Ende der Durchführung des VBA-Makros sollen die Zellen «L44» und «L45» sowie die Zellen «M10» und «M11» gleich sein. Falls nicht, kann die Taste nochmals gedrückt werden.

4.6. Eingabe der Kosten (Arbeitsblatt «Schema»)

Zusätzlich werden die Investitionskosten sowie die Amortisationszeit mitberechnet. Dafür sind folgende Eingaben nötig:

- Kosten des Stromspeichers pro 1 kWh der Stromspeicherkapazität – Zelle «AG55»
- Kosten des GEAS Speichers – Zelle «AG56»
- Kosten der PV-Anlage pro 1 m² – Zelle «AG57»
- Kosten der Solarthermie pro 1 m² – Zelle «AG58»
- Kosten der Wasser-Wasser Wärmepumpe – Zelle «AG59»
- Kosten der Luft-Wasser Wärmepumpe – Zelle «AG60»
- Kosten Strombezug pro 1 kWh – Zelle «AM56»
- Preis PV-Stromabgabe pro 1 kWh – Zelle «AM57»
- Kosten Brennstoff pro 1 kWh Wärmeenergie – Zelle «AM58»
- CO₂-Emissionen pro 1 kWh Wärmeenergie – Zelle «AM59»
- CO₂-Emissionen pro 1 kWh Wärmeenergie – Zelle «AM60»

4.7. Analyse der Simulationsergebnisse (Arbeitsblatt «Schema»)

Die Beurteilung der Simulationsergebnisse wird gemäss folgenden Kennwerten:

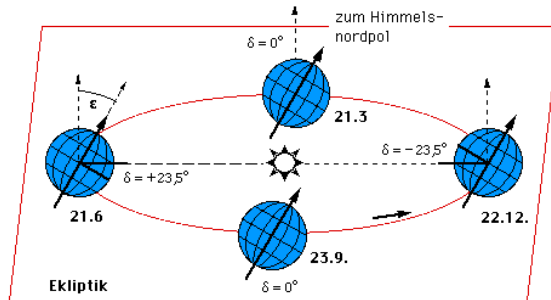
1. Jährliche CO₂-Emissionen der Energieversorgung, [kg]
2. Elektrischer Autarkiegrad, [%]
3. Thermischer Autarkiegrad, [%]
4. Investitionskosten, [kCHF]
5. Amortisationszeit, [Jahre]

5. Beschreibung der Berechnungen (schematisch)

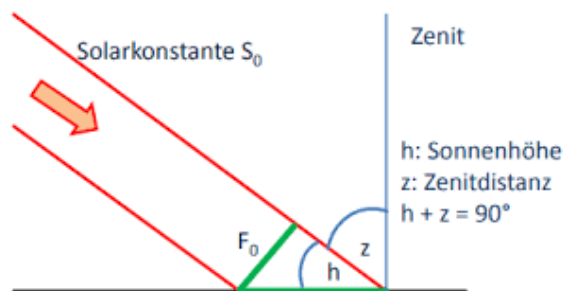
5.1. Berechnung der Sonnenposition

Die Sonnenposition wird mit den folgenden Kennwerten beschrieben:

- Sonnendeklination



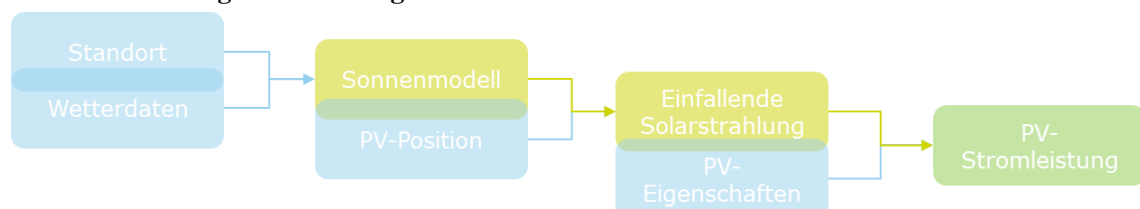
- Sonnenhöhe



- Azimut der Sonne



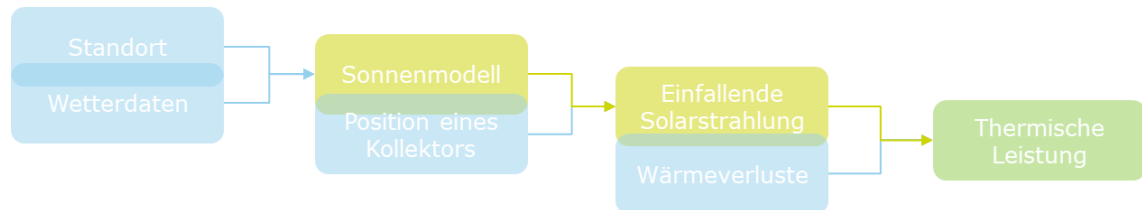
5.2. Berechnung der PV-Anlage



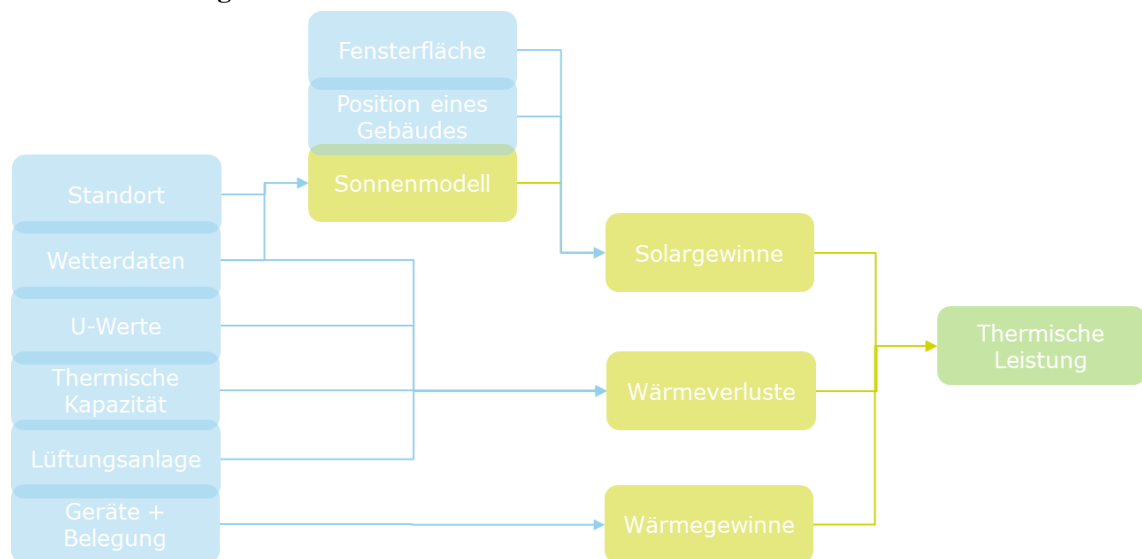
Horw, 3. Juli 2020
Seite 13 / 14

GEAS 95 – Auslegungstool
Dokumentation

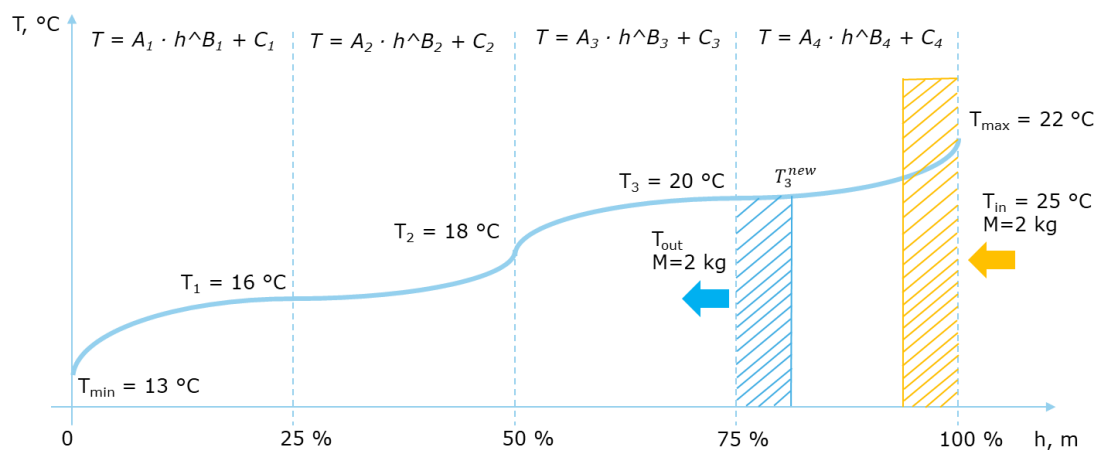
5.3. Berechnung der Solarthermie



5.4. Berechnung des Heizwärmebedarfs des Gebäudes



5.5. Berechnung des GEAS Speichers



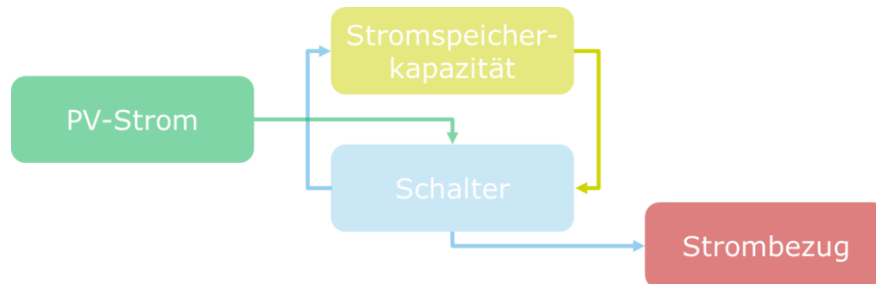
$$T_3^{\text{new}} = A_4 \cdot \left(\frac{M}{\text{Dichte} \cdot \text{Speicherfläche}} \right)^{B_4} + C_4 \quad T_{\text{out}} = \frac{B_4 \cdot T_3 + T_3^{\text{new}}}{B_4 + 1}$$

$$\frac{B_4^{\text{new}} \cdot T_3^{\text{new}} + T_{\text{in}}}{B_4^{\text{new}} + 1} \cdot 0.25 \cdot h = \frac{B_4 \cdot T_3 + T_{\text{max}}}{B_4 + 1} \cdot 0.25 \cdot h + \frac{M \cdot (T_{\text{in}} - T_{\text{out}})}{\text{Dichte} \cdot \text{Speicherfläche}}$$

Horw, 3. Juli 2020
Seite 14 / 14

GEAS 95 – Auslegungstool
Dokumentation

5.6. Berechnung des Stromspeichers



5.7. Berechnung der Wärmepumpe

