

Grundlagen Solarthermie:

Solarthermie leistet einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz und ist in Österreich im Bereich der Wärme- und Warmwasserversorgung auch ein wichtiger Industriezweig. Die Installation von Solaranlagen wird auf Bundes- Landes- und Gemeindeebene gefördert. Solaranlagen sind technisch ausgereift und funktionieren einwandfrei, wenn sie technisch richtig geplant sind. Wenn sie auch anwendungsorientiert zweckmäßig geplant sind, ist auch beste kaufmännische Rentabilität zu erwarten.



hat in der Stadt Leonding ein integriertes Energiesystem mit solarer Großanlage geplant, realisiert und ausgewertet und kann auf umfassendes Wissen und Erfahrung zurückgreifen.

Um ihnen einen Überblick über das System und die physikalischen Grundlagen zu geben, stellen wir ihnen einen Projektbericht und eine Zusammenfassung der theoretischen Grundlagen zur Verfügung.

Falls sie ein ähnliches Projekt in dieser Technologie planen, sind wir gerne ihr Partner – wir beraten sie auf höchstem Qualitätsniveau !

Inhaltsverzeichnis

- 1 Energiequelle**
- 2 Begriffe und Kenngrößen**
 - 2.1 Kollektorwirkungsgrad
 - 2.2 Solarer Deckungsgrad
 - 2.3 Systemnutzungsgrad
 - 2.4 Spezifischer Systemertrag
 - 2.5 weitere Kenngrößen und Parameter
 - 2.6 Zusammenfassung der Begriffe und Kenngrößen
- 3 Projektierung**
- 4 Die Solaranlage in der Freizeitanlage Leonding**
 - 4.1 Ergänzende Projektierungsunterlagen
 - 4.2 Betriebserfahrungen

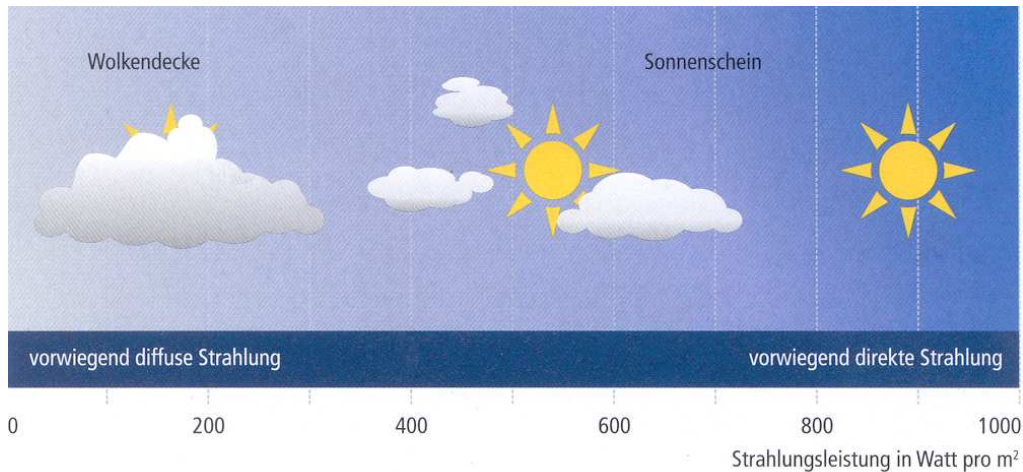
1 Energiequelle

Die Sonne gilt für menschliche Verhältnisse als praktisch unerschöpflicher Energielieferant und stellt diese Energie auch dort regional zur Verfügung, wo sie benötigt wird. Im Gegensatz dazu stehen die fossilen Brennstoffe, deren Anwendung sehr abhängig ist vom Verhältnis der fördernden und der verbrauchenden Länder.

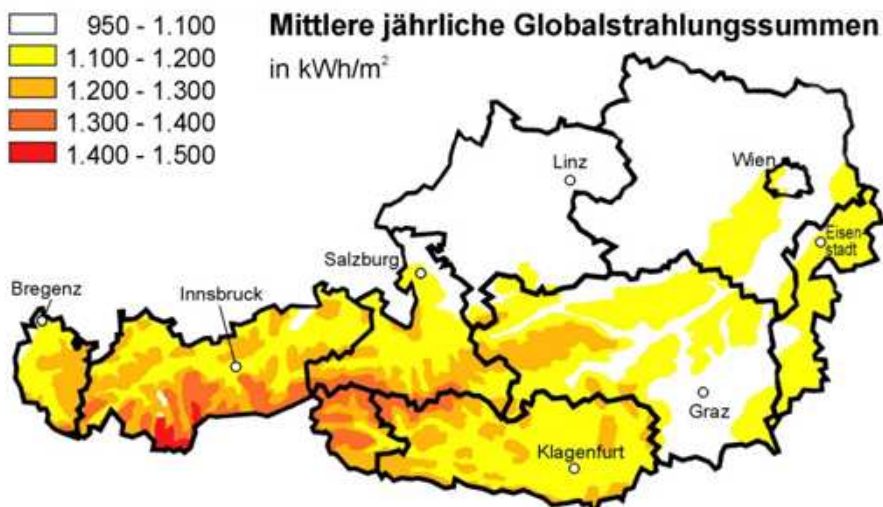
Die von der Sonne abgegebene elektromagnetische Strahlung besteht aus oszillierenden, also sich zeitlich verändernden elektrischen und magnetischen Feldern.

Unter Solarthermie versteht man die Umwandlung von kurzwelliger Sonnenenergie in nutzbare langwellige thermische Energie.

Die durchschnittliche Strahlungsleistung der Sonne im Wellenlängenbereich von 0,25 ... 2,5 µm wird als Solarkonstante bezeichnet und beträgt außerhalb der Erdatmosphäre 1367 W/m². Beim Durchtritt durch die Erdatmosphäre wird die Strahlung durch verschiedene Effekte abgeschwächt und es treffen maximal 1000 W/m² auf der Erdoberfläche auf. Dieser Wert wird als Globalstrahlung bezeichnet, die sich wiederum aus direkter und diffuser Strahlung zusammensetzt.



Globalstrahlungsleistung, Quelle: MEA Solar



Globalstrahlungsenergie, Quelle: AEE

Als Richtwerte für Jahressolarerträge bei Kombination Warmwasserbereitung und Raumheizung in 350 – 750 m Seehöhe gelten (Quelle: O.Ö. Akademie für Umwelt und Natur):

Flachkollektor mit hochselektiver Beschichtung: 380 kWh

Vakuumröhrenkollektor: 400 kWh

2 Begriffe und Kenngrößen

2.1 Kollektorwirkungsgrad

Verhältnis von Nutzen zu Aufwand, von abgegebener Leistung zu zugeführter Leistung, er beschreibt die Effizienz bez. Wirtschaftlichkeit von Energiewandlungen. Der Wert ist immer kleiner als 1.

$$\eta = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{\text{nutzbare Wärmeleistung}}{\text{eingestrahlte Sonnenenergie}} \quad \eta = \eta_0 - k_1 \frac{T_{\text{Kol}} - T_U}{E_e} - k_2 \frac{(T_{\text{Kol}} - T_U)^2}{E_e}$$

η Wirkungsgrad

η_0 optischer Wirkungsgrad (Konversionsfaktor): maximal nutzbare Wärmeleistung der auftreffenden Strahlung unter Annahme keiner thermischen Verluste (Kollektortemperatur = Umgebungstemperatur). Abhängig von Transmissionsgrad der Kollektorabdeckung τ , Absorptionsgrad des Absorbers α und Wirkungsgrad des Absorbers F

$$\eta_0 = \alpha \cdot \tau \cdot F$$

Wert eines guten Flachkollektors: $\eta_0 = 0,75$

k_1 Wärmeverlustkoeffizient linear: Verluste auf Grund der Temperaturdifferenz Kollektor und Umgebung

Wert eines guten Flachkollektors: $k_1 = 3,5$

k_2 Wärmeverlustkoeffizient quadratisch: Verluste auf Grund von Strahlung

Wert eines guten Flachkollektors: $k_2 = 0,015$

T_{Kol} mittlere Absorbentemperatur

T_U mittlere Umgebungstemperatur

E_e einfallende Strahlungsleistung

Der Wirkungsgrad eines Kollektors ist keine konstante Größe, er ist neben den konstruktiven Eigenschaften auch stark von den Betriebsbedingungen abhängig:

Mittlere Kollektortemperatur: Wirkungsgrad verschlechtert sich mit steigender Heizmitteltemperatur

Mittlere Umgebungstemperatur: Wirkungsgrad verschlechtert sich mit sinkender Außentemperatur

Einfallende Strahlungsleistung: Wirkungsgrad verschlechtert sich mit sinkender Strahlungsleistung

An folgenden Betriebsfällen wird diese Situation bei einer Aussentemperatur von 5 °C betrachtet:

Strahlungsleistung 1000 W/m², Heizmitteltemperatur 70 °C: $\eta = 0,459$, Wärmeleistung 459 W

Strahlungsleistung 1000 W/m², Heizmitteltemperatur 30 °C: $\eta = 0,653$, Wärmeleistung 653 W

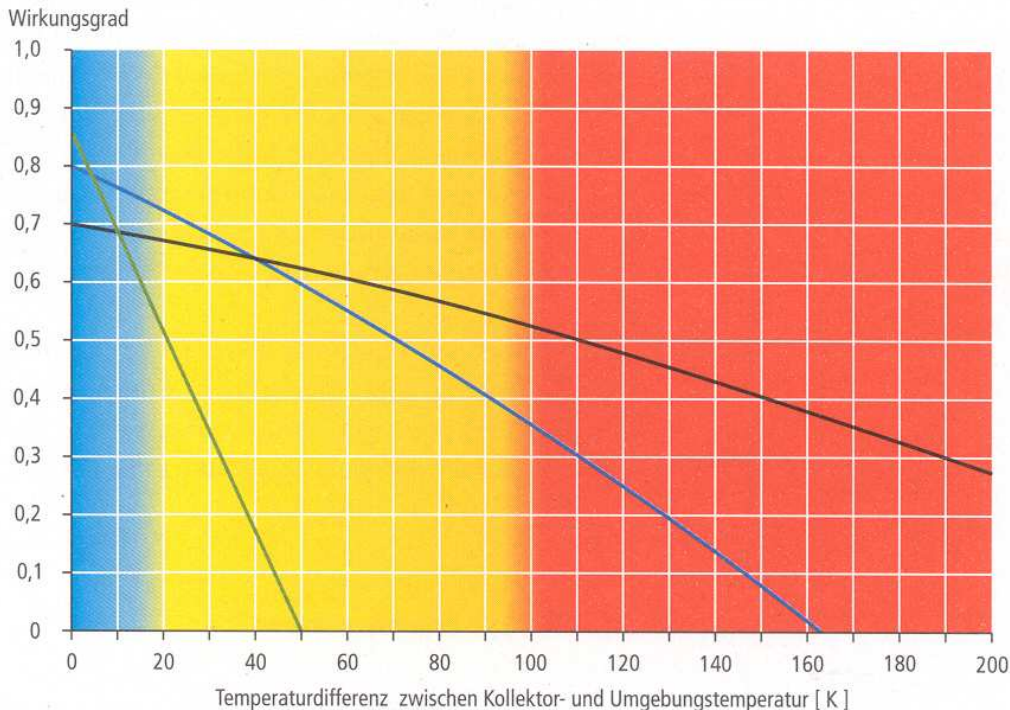
Strahlungsleistung 500 W/m², Heizmitteltemperatur 70 °C: $\eta = 0,168$, Wärmeleistung 84 W

Strahlungsleistung 500 W/m², Heizmitteltemperatur 30 °C: $\eta = 0,556$, Wärmeleistung 278 W

Man sieht, dass die Betrachtung der unterschiedlichen Betriebsverhältnisse ganz gravierende Leistungsunterschiede ergeben. Die Leistungsunterschiede gelten jedoch als Momentaufnahmen ohne Berücksichtigung der Jahreshäufung der Betriebszustände.

Die Wirkungsgradkennlinien der Kollektor-Prüfzertifikate bzw. Hersteller-Datenblätter gelten nur bei Normbedingungen, dienen somit nur dem Produktvergleich und haben keine Aussagekraft über den Ertrag beim geplanten Einsatz.

Der beschriebene mathematische Zusammenhang kann auch grafisch als Wirkungsgrad-Kennlinie dargestellt werden, welche in übersichtlicher Form die Leistungsfähigkeit charakterisiert.



Kennlinien verschiedener Kollektortypen bei Standardtestbedingungen, Quelle: MEA Solar

- grün: Absorber
- blau: Flachkollektor
- schwarz: Vakuum-Röhrenkollektor

2.2 Solarer Deckungsgrad

Beschreibt den solaren Anteil an der Energiebereitstellung

$$SD = \frac{Q_{Solar}}{Q_{Kessel} + Q_{Solar}} \quad SD \quad \text{Solarer Deckungsgrad}$$

Q_{Solar} jährlicher Wärmeeintrag des Solarsystems in den Energiespeicher

Q_{Kessel} jährlicher Wärmeeintrag des konventionellen Wärmeerzeugers in den Energiespeicher

z.B.: Energie aus Solaranlage 20.000 kWh/a
 Energie aus Gaskessel 80.000 kWh/a
 Solarer Deckungsgrad SD = 20 %

2.3 Systemnutzungsgrad

Beschreibt die Effizienz der Nutzung der auf die Kollektorfläche eingestrahltene Energie

$$SN = \frac{Q_{Solar}}{Q_{Sonne}} \quad SN \quad \text{Systemnutzungsgrad}$$

Q_{Solar} jährlicher Wärmeeintrag des Solarsystems in den Energiespeicher

Q_{Sonne} jährliche auf die Kollektorfläche eingestrahltene Sonnenenergie

z.B.: Energie aus Solaranlage	20.000 kWh/a
eingestrahlte Energie	50.000 kWh/a
Systemnutzungsgrad	SN = 40 %

2.4 Spezifischer Systemertrag

Beschreibt die jährliche Energiemenge, welche pro m² Kollektorfläche dem Heizsystem zugeführt wird.

$$SE = \frac{Q_{Solar}}{m^2_{Kollektor}} \quad SE \quad \text{spezifischer Systemertrag}$$

Q_{Solar} jährlicher Wärmeeintrag des Solarsystems in den Energiespeicher
 $m^2_{Kollektor}$ 1 m² Kollektorfläche

2.5 weitere Kenngrößen und Parameter

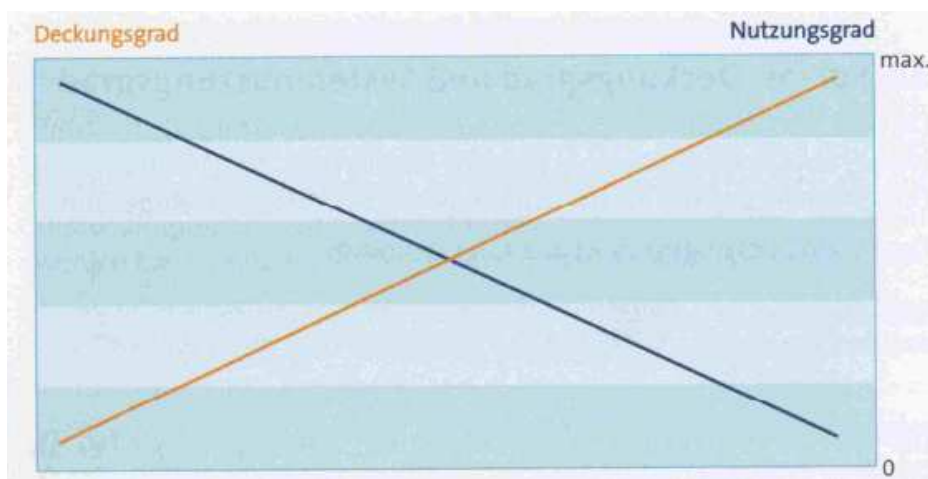
es gibt noch eine Vielzahl an Kenngrößen und Parameter, welche die Leistungsfähigkeit einer Solaranlage beeinflussen, die wesentlichen sind nachstehen angeführt. Bei Bedarf geben wir gerne tiefgreifende Informationen.

- Azimutwinkel: Kollektorausrichtung nach Himmelsrichtung
- Aufstellwinkel: Kollektorneigung zur Horizontalen
- Speichergröße: Kurzzeitspeicher, Langzeitspeicher
- Schaltungsvariante: Einbindung der Solaranlage in das Gesamtsystem
- Hydraulisches Netzkonzept: Vier-Leiter, Zwei-Leiter
- Kollektorverschaltung: Reihenschaltung, Parallelschaltung, Kombinationen
- Kollektorkreisbetrieb: Low-Flow, High-Flow, Matched-Flow
- Auslastung: Bestimmt die Laufzeit der Kollektoranlage
- Arbeitszahl: Verhältnis Solarertrag zur aufgewendeten elektrischen Energie

2.6 Zusammenfassung der Begriffe und Kenngrößen

Jede Kenngröße charakterisiert nur einen Teilbereich und sagt noch nichts über die Qualität der gesamten Anlage aus, beispielhaft sei angeführt:

- Ein hoher solarer Deckungsgrad bringt maximale Brennstoffeinsparung, meist aber niedrigen Systemnutzungsgrad und schlechte Wirtschaftlichkeit.



- Ein niedriger Kollektorwirkungsgrad durch höhere Systemtemperatur kann möglicherweise durch einen besseren Systemnutzungsgrad kompensiert werden.
- Generell gilt aber: Kollektortemperatur so tief als möglich, Kollektorstillstand vermeiden

3 Projektierung

Jeder Anwendungsfall hat nun unterschiedliche Prioritäten und Ziele, wie hohe Primärenergie-substitution, niedriger solarer Wärmepreis, Kesselstillstand im Sommerbetrieb, Anlagenkosten, Betriebskosten, Wirtschaftlichkeit, Integration in das Heizsystem, bauliche Integration der Kollektoren (Aufdach, Indach, Flachdach, Fassade ...), funktionelle Integration in das Gebäude (Überdachung, Regenschutz, Sonnenschutz ...). Jeder Fall verlangt meist Kompromisse bei der Dimensionierung und Wahl der Kenngrößen.

All diese Parameter können mit einfachen Rechenvorgängen nicht mehr miteinander verknüpft werden. Will man die Gesamtleistungsfähigkeit und den Ertrag der Anlage optimieren, kann dies nur mittels dynamischer Anlagensimulation mit möglichst flexibler Software erfolgen.

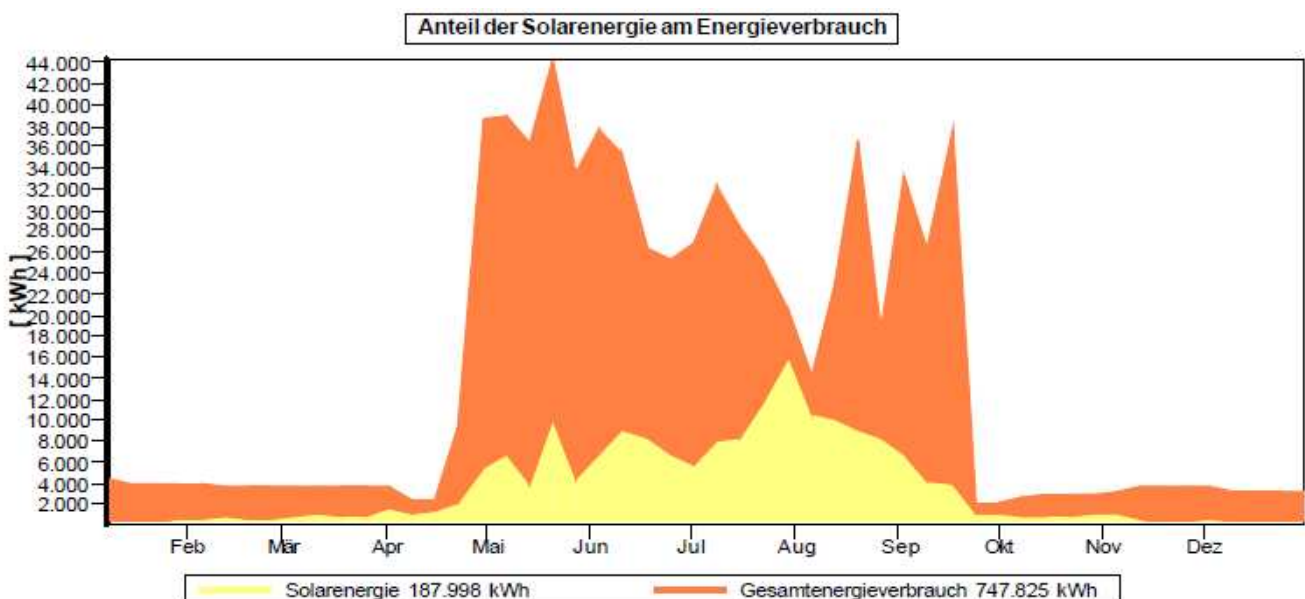
4 Die Solaranlage in der Freizeitanlage Leonding

wie kann nun ein derartiges Projekt entwickelt werden?

Grundlage für alle Planungsentscheidungen war ein Energiekonzept, das die Stadt Leonding beim Ingenieurbüro Mittermair & GmbH in Auftrag gegeben hat. Bei diesem Projekt hat sich von Beginn an der entscheidende Vorteil gezeigt, wenn das Konzept von einem Fachplaner erstellt wird:

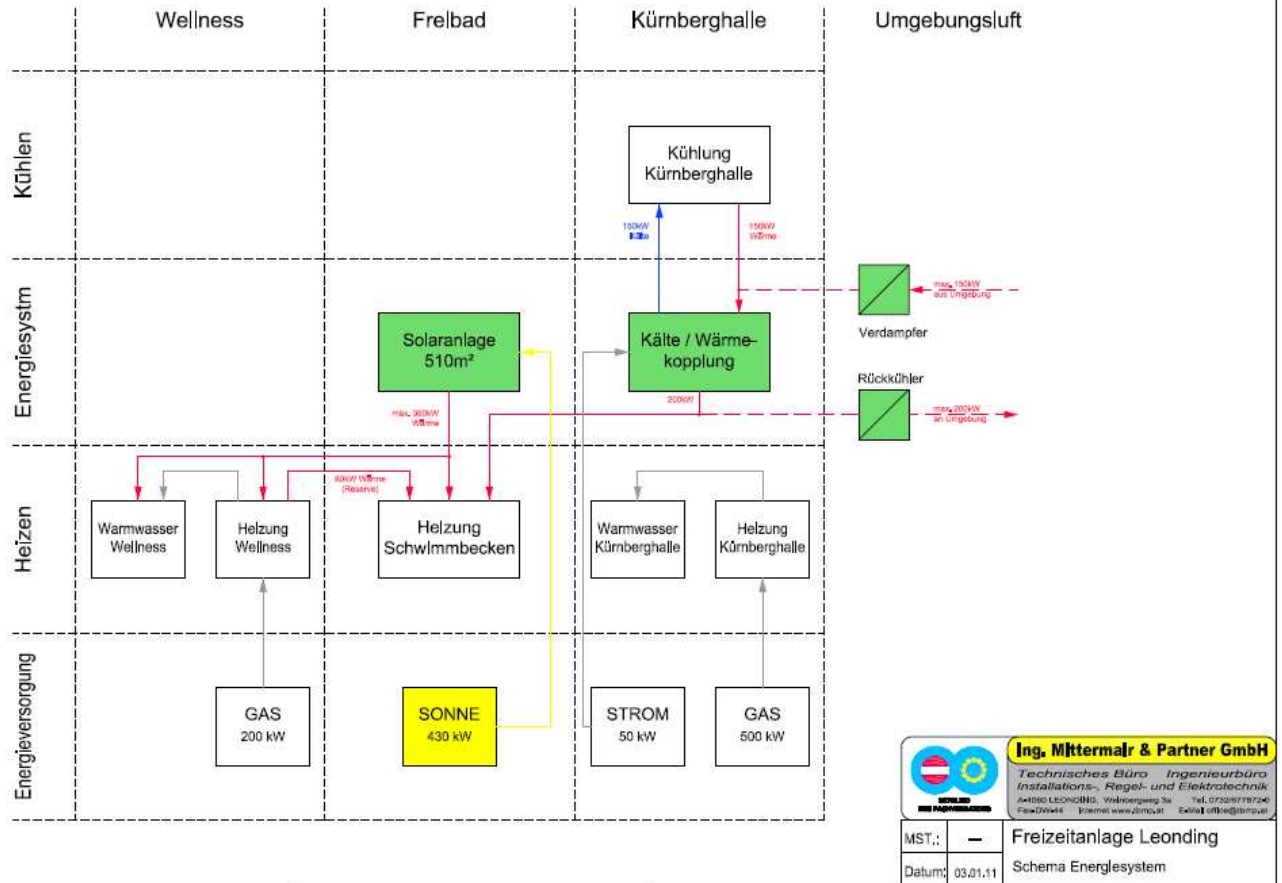
Bei allen Schritten der Konzeptentwicklung kann parallel dazu die praktische Umsetzbarkeit geprüft werden – dazu sind umfassende Kenntnisse in Installationstechnik, Elektrotechnik und Bautechnik erforderlich. Die Konzeptfindung, die Grundlagen und die Komponenten sind im Projektbericht beschrieben.

4.1 Ergänzende Projektierungsunterlagen

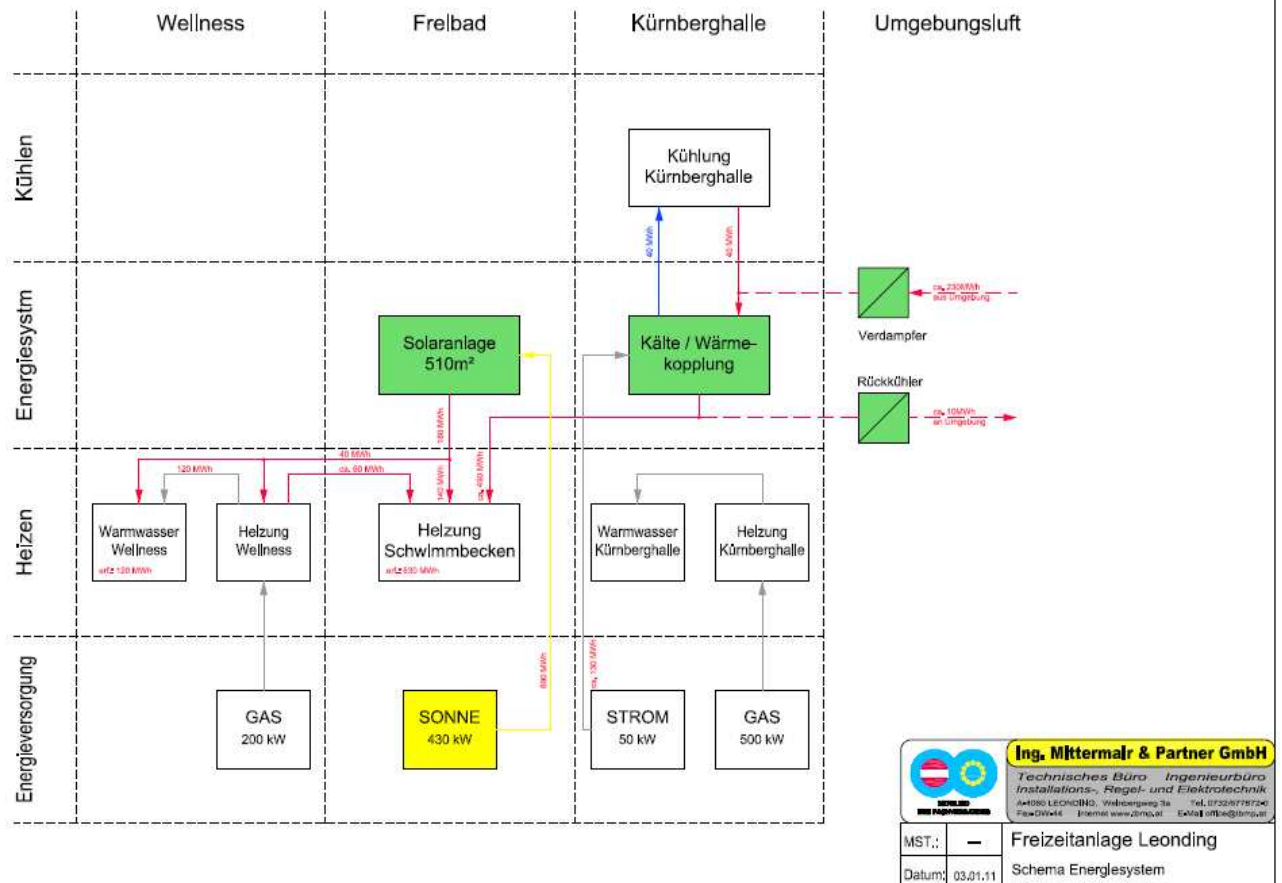


Simulationsdetail, Quelle: ASIC

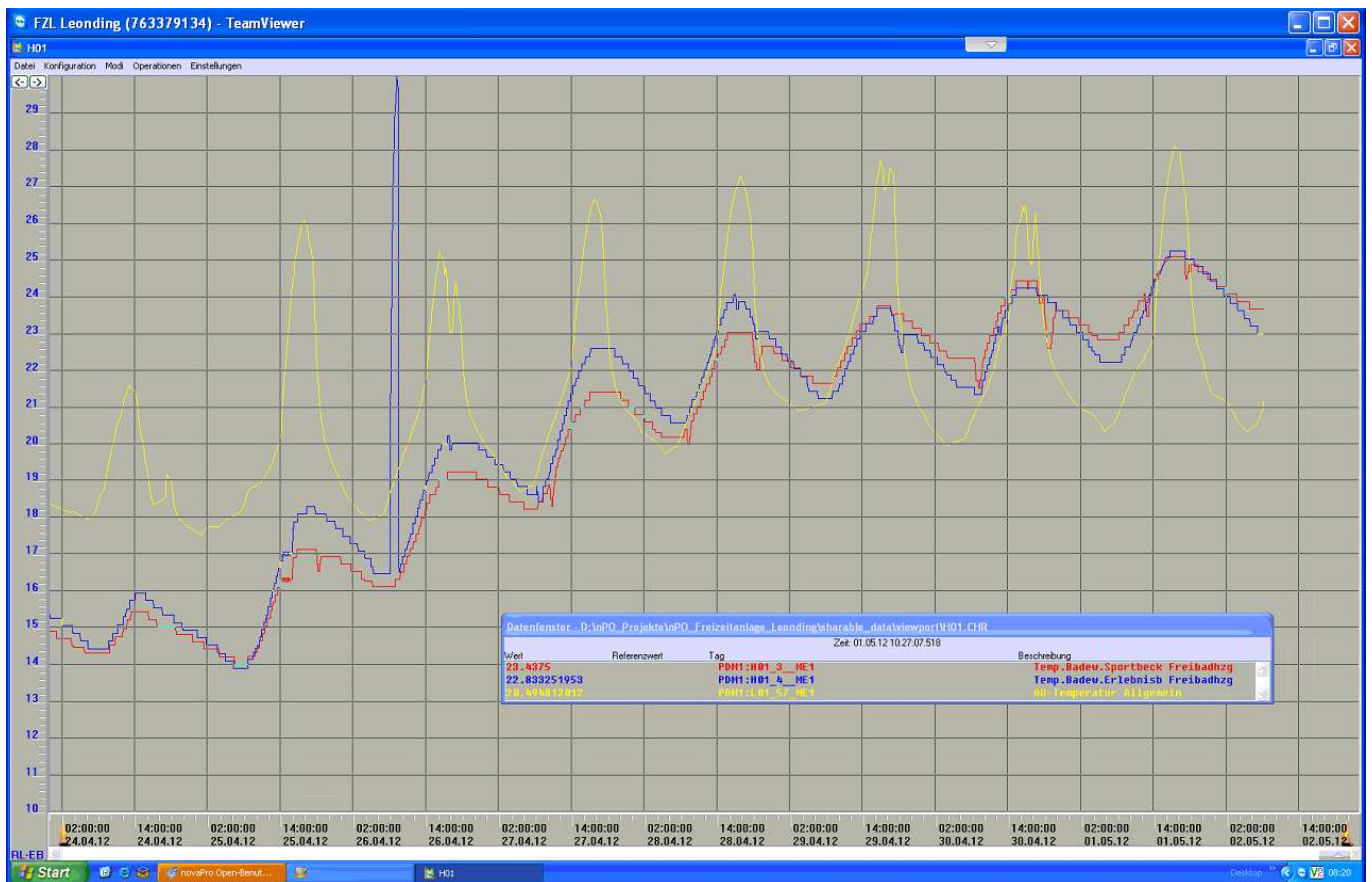
Schema Energiesystem - Leistungen



Schema Energiesystem - Energieflüsse



4.2 Betriebserfahrungen



Aus Datenaufzeichnung 2012: bei guter Witterung werden die Becken durch die Solaranlage und die Wärmepumpe binnen 3 Tagen von der Starttemperatur 14 °C auf die Sockeltemperatur von 22 °C aufgeheizt.

- Die Anlage läuft den dritten Sommer störungsfrei und erfüllt alle Vorgaben
- Kosten des Energiesystems: 370.000,-
- Förderung Bund: keine
- Förderung Land O.Ö.: 68.170,-
- Betriebskosteneinsparung jährlich: 50.000,-