

Mit Regeneration wird die Nutzung der oberflächennahen Geothermie effizienter

F. J. Zapp, Ch. Rosinski, K. Kundmüller
GEFGA mbH

Keywords: Regeneration, thermische Simulation

Zusammenfassung

Beim Beheizen eines Gebäudes mit Erdwärme wird dem Untergrund kontinuierlich Energie entzogen und damit eine Temperatursenke erzeugt. Die Temperatursenke bildet sich solange weiter aus, bis sich ein Gleichgewicht zwischen entzogener Energie und Energienachführung aus dem Untergrund einstellt. Dieser Prozess kann in der Regel bis zu 10 Jahren dauern. Während dieser Zeit reduziert sich die Quelltemperatur kontinuierlich, was zur Folge hat, dass sich die Leistungsziffer der Erdwärmeanlage verschlechtert.

Die Leistungsziffer einer Sole-Wasserwärmepumpe wird maßgeblich durch den Temperaturhub zwischen Energiequelle und Verbrauchertemperatur bestimmt. Kann die Quelltemperatur angehoben werden, steigt die Effizienz des Sole-Wasser-Wärmepumpensystems. Neben der solaren Regeneration eignet sich zur Quelltemperaturerhöhung unter anderem auch die Gebäudeabwärme beim Kühlen sowie prozessbedingte Abwärme. An dem Beispiel eines Hotels und einer Fabrikationshalle wird gezeigt, wie durch die Nutzung von Solarenergie und Gebäudeabwärme die Regeneration genutzt werden kann, ohne Verluste in der Leistungsziffer zu haben.

Führt man dem Untergrund über das Jahr hin soviel Energie zu, wie zu Heizzwecken dem Untergrund entzogen wird, verhält sich eine Erdwärmesondenanlage wie im ersten Betriebsjahr. Eine dauerhafte Energiesenke wird nicht ausgebildet, die mittlere Quelltemperatur kann je nach Auslegung bis zu ca. 6 K angehoben werden und damit die Effizienz des Erdwärmesystems verbessern.

Eine Erdwärmeanlage ist am effizientesten, wenn der Jahresenergieentzug aus dem Untergrund mit dem Jahresenergieeintrag in den Untergrund ausgeglichen ist. Bei der Auslegung von Heiz-Kühlanlagen mittels Geothermie sollten ausgeglichene Energiebilanzen angestrebt werden. Dabei sollten die Gebäudehüllflächen thermisch so optimiert sein, dass der Heizenergieverbrauch mit dem Energiegewinn aus Gebäudekühlung und Prozesswärme gedeckt werden kann.

1. Einleitung

In den vergangenen Jahren wurden unterschiedliche Pilotprojekte mit solarer Regeneration und solare Regeneration gekoppelt mit Photovoltaik durch die Fa. GEFGA mbH verwirklicht, sowie durch unabhängige Institute wissenschaftlich betreut, welche auch im Rahmen dieser Veranstaltung vorgestellt worden sind. Im Folgenden soll am Beispiel von zwei Gebäuden mit unterschiedlichem Nutzungsprofil gezeigt werden, auf welche Weise der Untergrund regeneriert werden kann, und somit als „Rangierbahnhof“ für Energieströme genutzt werden kann.

Einerseits muss dem Gebäude im Winter Wärme (Heizenergie) zugeführt werden, andererseits im Sommer Energie entzogen werden (Kühlen). Bei den Produktionsprozessen fällt Prozesswärme an die ebenfalls abgeführt werden muss. Die Prozesse Heizen und Kühlen verlaufen in der Regel jahreszyklisch versetzt, so dass zur Nutzung der Gebäudeabwärme zu Heizzwecken die Energie langfristig gespeichert werden muss. Dies setzt große Wärmespeichersysteme voraus. Mit einem Erdwärmesystem kann ein derartiger Wärmespeicher realisiert werden.

2. Energieversorgungskonzept für ein Hotel in Frankfurt

Bei diesem Projekt handelt es sich um einen Hotelbetrieb mit gehobenen Ansprüchen, es soll ein 5-Sterne-Standard erreicht werden. Zur Medienversorgung Heizen und Kühlen sind drei Temperaturebenen vorgesehen

Temperaturebene Heizen mit VL/RL	35/30°C
Temperaturebene Kühlen mit VL/RL	16/19°C
Temperaturebene Kälte RLT mit VL/RL	6/12°C

Mit der Temperaturebene Heizen sollen alle Heizverbraucher wie Fußboden-, Deckenheizsysteme, Heizregister und die Lüftungsanlagen versorgt werden. Die Temperaturebene Kühlen soll alle Kühlböden-, Kühldeckensysteme und Kühlregister mit Kühlmedium versorgen. Mit der Temperaturebene Kälte sollen alle Kühlregister der RLT-Anlagen zur Luftaufbereitung der Zuluft, kühlen und entfeuchten, versorgt werden.

2.1 Ergebnisse der thermischen Gebäudesimulation

Nachfolgend sind die Energie- und Leistungswerte für das Gebäude dargestellt.

Die Energiebilanz, Heizenergie zu Kühlenergie, mit 1.685.060 kWh/a Heizenergiebedarf zu 894.724 kWh/a Abwärme (Kühlenergie) aus dem Gebäude, stellt sich negativ dar.

Um den Energiehaushalt auszugleichen, müssen dem Gebäude 790.336 kWh/a Wärme zugeführt werden. Diese Energiemenge kann aus dem Erdwärmesondenfeld nicht dauerhaft entnommen werden.

Die Energiemenge von 790.336 kWh/a könnte man über eine konventionelle Gaskesselanlage dem Gebäude zuführen, oder die fehlende Wärmemenge durch Umweltwärme, wie durch Solarthermie abdecken.

Zur Deckung der Wärmemengen zur Warmwassererzeugung eignen sich im Zusammenhang mit einem Erdwärmespeicher insbesondere unverglaste Solarkollektoren, Solarabsorber. Diese werden direkt in das Erdwärmesondenfeld hydraulisch eingebunden. Sobald die Solarabsorber durch Sonneneinstrahlung eine höhere Temperaturebene erreichen als die Temperaturebene des Erdwärmesondenfeldes, wird Energie dem System zugeführt und kann zu Heizzwecken oder Warmwasseraufbereitung über Wärmepumpen abgerufen werden.

Über die Solaranlage kann das Jahresenergiedefizit ausgeglichen werden.

Die Solarabsorberflächen können auf dem flachen Teil des Daches untergebracht werden.

Die für dieses Projekt ermittelte Solarabsorberauslegung ergibt eine Fläche von 300 m², die zur solaren Regeneration des Erdwärmesondenfeldes nötig ist. Der Solarabsorber kann auf dem Dach des Hotels integriert werden.

Die Ergebnisse der Simulationsberechnungen zeigen, dass folgendes Energieerzeugungskonzept zu realisieren ist:

- 100% Deckung des Heizwärmebedarfs des Gebäudes über Erdwärme.
- 100% Deckung der Schwimmbadbeheizung über Erdwärme und Wärmerückgewinnung.
- 100% Deckung der Heizenergie RLT-Anlagen über Erdwärme und Wärmerückgewinnung.
- 100% Deckung Heizenergie Warmwasseraufbereitung über Erdwärme und Solarenergie über unverglaste Solarkollektoren.
- 100% Rückführung der Gebäudeabwärme (Kühlung) in den Erdwärmespeicher.

2.2 Auslegung des Erdwärmesondenfelds

Aus Platzgründen ist das Erdwärmesondenfeld unter der Bodenplatte des Hotels angeordnet, die Versorgungsleitungen der einzelnen Sonden werden jeweils paarweise auf insgesamt zwei Soleverteiler in das Gebäude geführt. Aus strömungstechnischen Gründen wurden ausschließlich Koaxialerdwärmesonden mit einem Außendurchmesser von $d=63\text{mm}$ und einer Länge von 100 m abgeteuft. Für die Energieversorgung des Gebäudes, unter Berücksichtigung der solaren Regeneration, werden 110 Erdwärmesonden benötigt.

In folgender Darstellung ist die Auslegung des Erdwärmesondenfeldes über einen Zeitraum von 25 Jahren dargestellt. Aus der Darstellung kann man deutlich erkennen, dass sich keine Temperatursenke über diesen Nutzungszeitraum einstellt. Die Temperaturen im Erdreich verhalten sich auch nach einer Betriebsdauer von 25 Jahren wie im 1. Betriebsjahr.

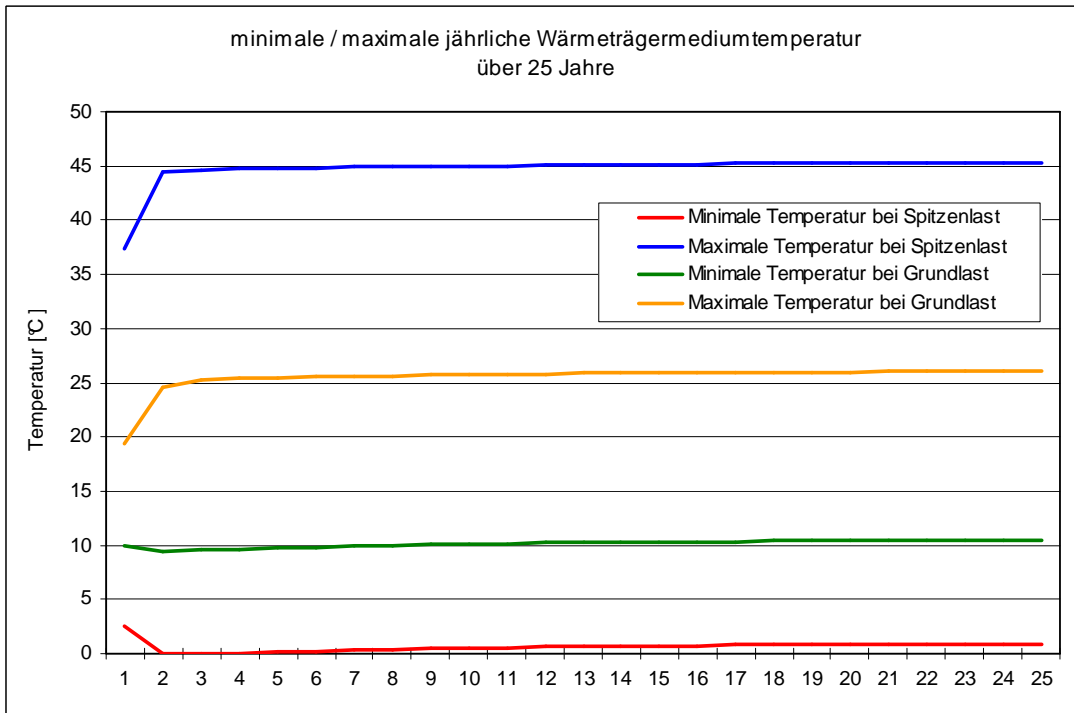


Abb. 1: Ergebnisse EED Berechnung Erdwärmesondenfeld mit Regeneration über einen Zeitraum von 25 Jahren.

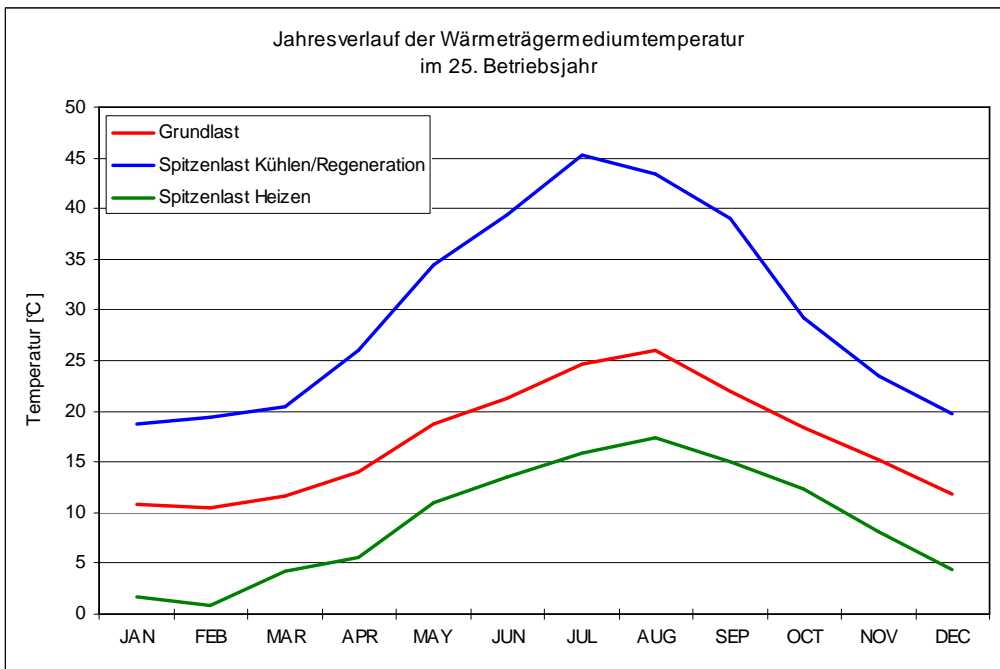


Abb. 2: Ergebnisse EED Berechnung Erdwärmesondenfeld mit Regeneration im 25. Jahr.

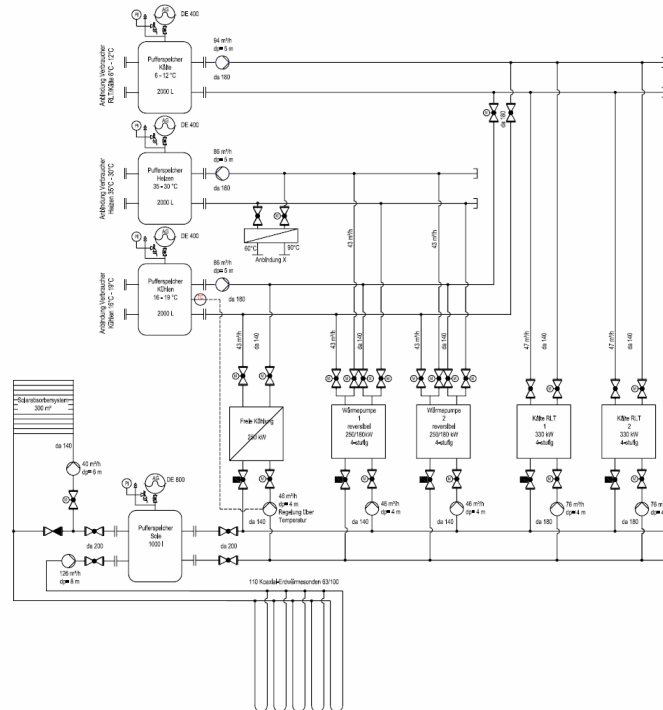


Abb. 3: Schema Energieerzeugung mit Erdwärmesondenfeld und Solarabsorber auf der Soleleitung des Systems.

3. Entwicklung eines Energiekonzeptes für ein Verwaltungs- und Fabrikationsgebäude von Antriebstechnologie

Für den Neubau eines Verwaltungs- und Fabrikationsgebäudes eines Herstellers für Antriebstechnologie sollte ein Konzept entwickelt und verwirklicht werden, welches mit die neusten innovativen Technologien der Gebäudetechnik berücksichtigt.

Durch die Verknappung von Primärenergie, die geführte Diskussion über globale Erderwärmung sowie durch CO₂-Ausstoß beim Verbrennen von Primärenergie (Gas, Öl) und der daraus resultierenden Gesundheitsgefährdung durch Feinstaubemission bei Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen, wurde darüber nachgedacht, die Heiz- und Kühlenergieversorgung des Gebäudekomplexes mit erneuerbaren Energien zu realisieren.

Einerseits muss dem Gebäude im Winter Wärme (Heizenergie) zugeführt werden, andererseits im Sommer Energie entzogen werden (Kühlen).

Bei den Produktionsprozessen fällt Prozesswärme an, die ebenfalls abgeführt werden muss. Die Prozesse Heizen und Kühlen verlaufen in der Regel jahreszyklisch versetzt, so dass zur Nutzung der Gebäudeabwärme die Energie langfristig gespeichert werden muss. Dies setzt große Wärmespeichersysteme voraus. Mit Erdwärmesystemen kann ein derartiger Wärmespeicher realisiert werden.

3.1 Eckdaten des Gebäudes

Verwaltung: 1. Ausbaustufe ca. 1000 m² Nutzfläche auf 3 Etagen

Produktions- und Lagerhalle: ca. 2500 m² aufgliedert in Produktion, Montage und Lager

Leistungsdaten nach Gebäudesimulation VDI 2067/10

RLT Heizen:	120 kW	
RLT Kühlen:	150 kW	
Heiz/Kühldecke Büro/Halle:	Heizen 60 kW	Kühlen 60 kW
Messraum /Server Büro/Halle:	Heizen - kW	Kühlen 10 kW
Heiz-/Kühlboden Fabrikation:	Heizen 55 kW	Kühlen 55 kW
Heiz-/Kühlboden Montage:	Heizen 18 kW	Kühlen 15 kW
Heiz-/Kühlboden Lager:	Heizen 52 kW	Kühlen – kW
Rückkühlen Maschinen Fabrikation:		Kühlen 80 kW

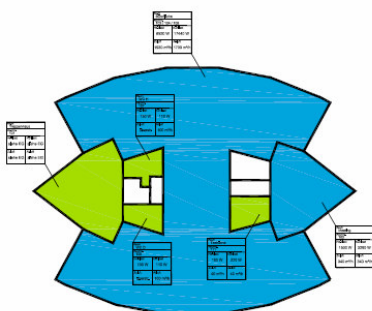
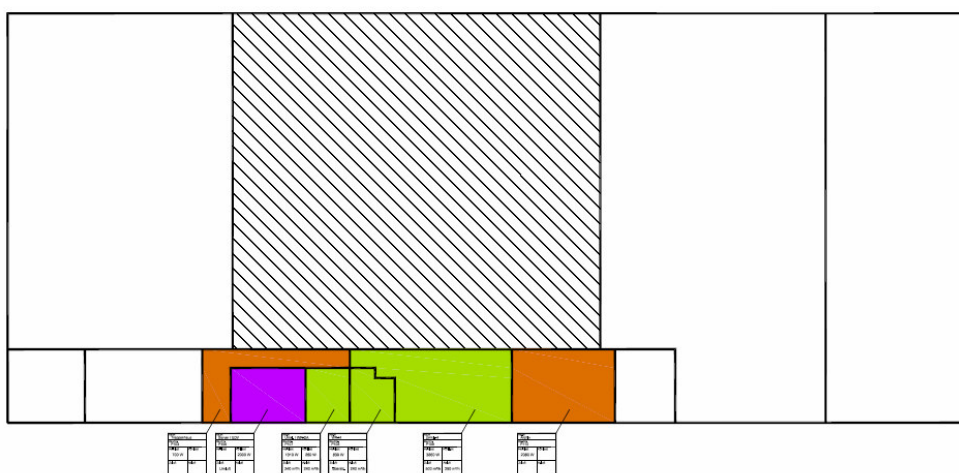


Abb. 4: Gebäudeübersicht, oben Produktion und Lager, unten Verwaltungsgebäude.

3.2 Systemaufbau

Zur Ausbildung eines Erdwärmespeichers wurden 32 Koaxialerdwärmesonden mit einer Länge von 100 m abgeteuft. Die Erdwärmesonden wurden über einen, im Außenbereich liegenden, Erdwärmesondenverteiler mit der Energiezentrale innerhalb des Gebäudes verbunden.

Die installierte Wärmepumpengruppe ist zum Heizen und Kühlen reversibel aufgebaut, sowie zur Leistungsregelung in mehreren Stufen schaltbar ausgeführt.

Die Bürobereiche sind mit einer Heiz-Kühldecke, sowie in einigen Bereichen mit einem Heiz-Kühlboden in Kapillarrohrtechnik, ausgerüstet.

Für den Produktionsbereich ist eine Industriefußbodenheizung mit Kühlfunktion vorgesehen.

Die während der Produktion entstehende Prozesswärme kann über einen Wärmetauscher direkt an das Erdwärmesondenfeld abgegeben werden. Steigt die Prozesswärme über 30°C an, kann diese im Winter ebenfalls über Wärmetauscher direkt in das Heiznetz eingebracht werden um die Gesamteffizienz des Systems zu erhöhen.

In Situationen, in denen die abgeführten Energiemengen größer sind, als die benötigte Heizenergiemenge, wird die überschüssige Energie direkt über einen Rückkühler mit leistungsgesteuerten Ventilatoren an die Umgebungsluft abgeführt oder/und über eine Rückkühlung, welche sich unter der Zufahrt für die Parkplätze befindet, an die Umgebung abgegeben. Dies hat den nützlichen Nebeneffekt, dass die Zufahrten der Parkebenen im Winter frostfrei gehalten werden können.

Zur Reduzierung des Lüftungswärmebedarfs und zur Versorgung der Büro- und Produktionsbereiche mit Außenluft wurde eine mechanische Belüftungsanlage mit einem Wärme- und Feuchterückgewinnungssystem vorgesehen. Die Anlagen sind so ausgelegt, dass der Mindestaußenluftbedarf nach VDI 1946 gedeckt wird. Die Zuluft wird im Sommer über die Erdwärmanlage gekühlt und entfeuchtet.

Die Warmwassererzeugung für die Sozialbereiche der Werkhalle wird über eine separate Wärmepumpe gesichert.

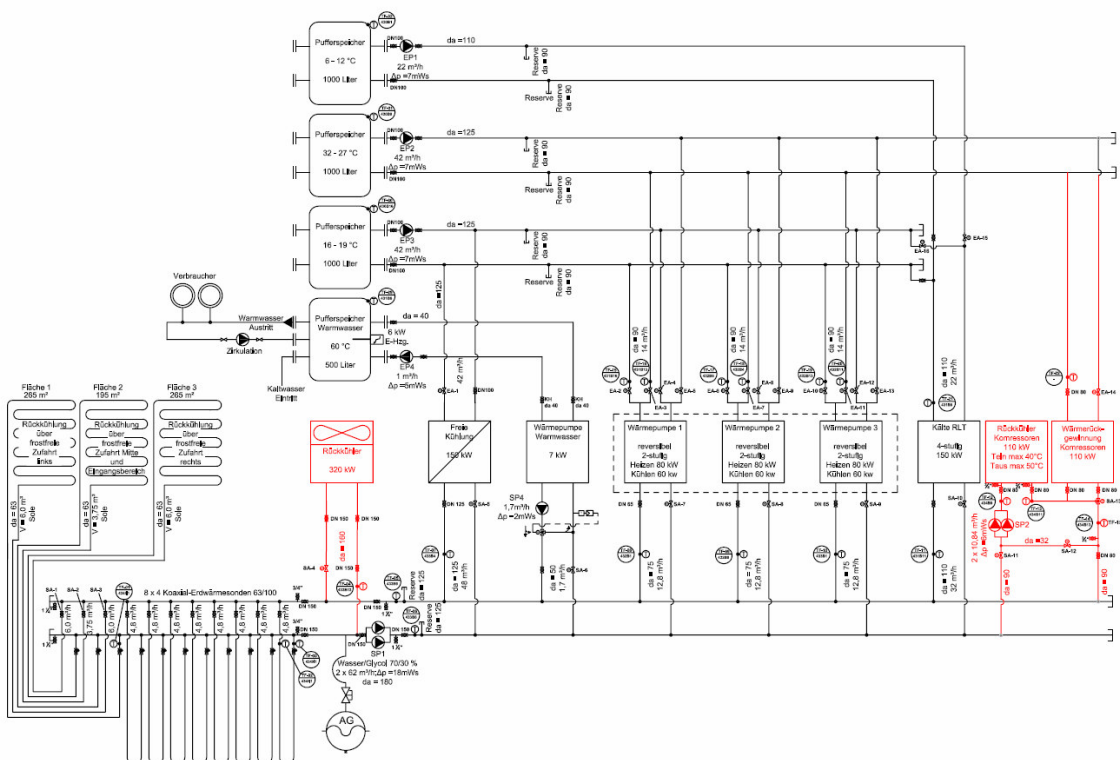


Abb. 5: Anlagenschema Energieerzeugung

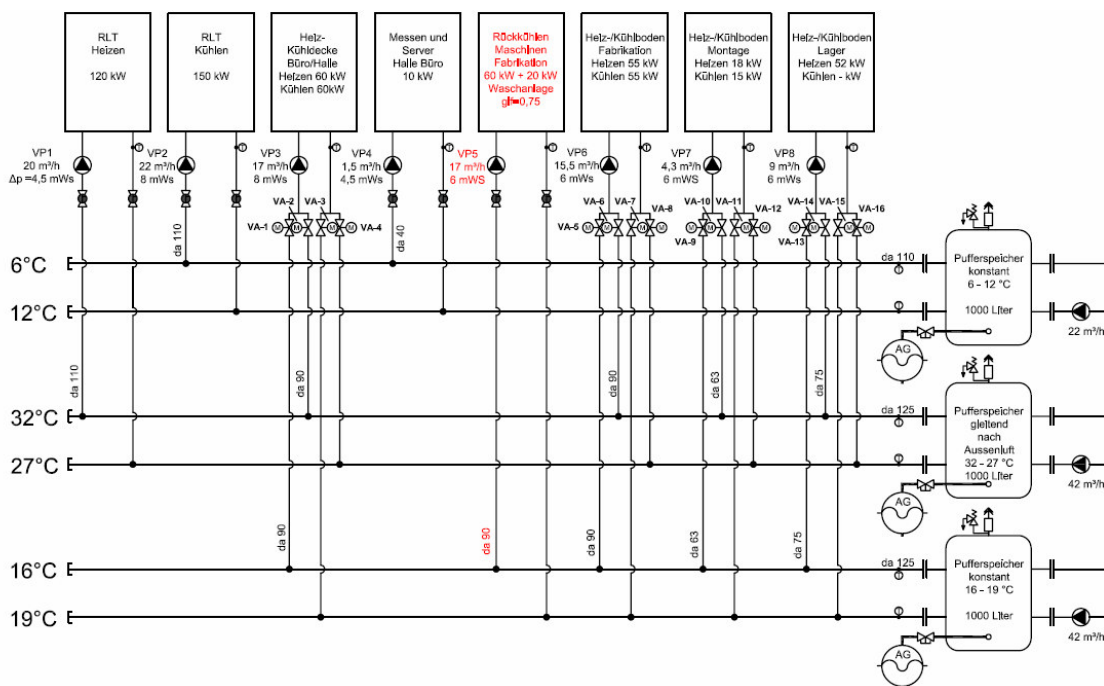


Abb. 6: Anlagenschema Energieverteilung

4. Fazit

Die Regeneration von Erdwärmesondenfeldern wirkt sich positiv auf die Effizienz der Anlage aus. Negative Temperatursenken werden vermieden. Vor der Auslegung der Anlagen ist es unverzichtbar, umfangreiche thermische Simulationen des Gebäudes und Berechnungen über den solaren Eintrag, sowie EED Berechnungen des Untergrundes der jeweiligen Objekte, durchzuführen. Nur in Verbindung mit solchen Berechnungen sind die zu erwartenden Energieströme innerhalb von Gebäuden mit hinreichender Genauigkeit zu erfassen und das Erdwärmesondenfeld auszulegen.

Die hydraulische Berechnung und der zugehörige Abgleich der einzelnen Systemkomponenten hat ebenfalls einen großen Einfluss auf die zu erwartende energetische Effizienz von Gebäuden und ist unabdingbar.

Mit den vorgestellten Anlagenkombinationen ist es möglich, das Emittieren von schädlichen Feinstäuben und den CO₂-Ausstoß zu vermindern, da keine zusätzlichen fossilen Brennstoffträger zum Beheizen und Kühlen der Gebäude nötig sind.

Die geringen Betriebskosten führen zu niedrigen Amortisationszeiten der Mehrinvestitionen gegenüber konventionellen Systemen. Bei diesen Beispielen liegt die Amortisationszeit gegenüber konventioneller Anlagentechnik bei ca. 8 Jahren.