

Der Beitrag oberflächennaher Geothermie zur emissionsfreien Energieversorgung in Industrie und Gewerbe

Lars KÜHL, Janine TEELEN

Institut für energieoptimierte Systeme (EOS)

Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften

38302 Wolfenbüttel

Burkhard SANNER, Erich MANDS

UBeG Dr. Erich Mands & Dipl.-Geol. Marc Sauer GbR, 35580 Wetzlar

Deutschland

ABSTRACT

Das Forschungsvorhaben „geo_base - Energetische und ökologische Optimierung von Betriebs- und Regelstrategien für komplexe Energieversorgungssysteme auf Basis oberflächennaher Geothermie im Gewerbe- und Nichtwohnbau“ (gefördert vom BMWK, Fkz 03ET1552A) wurde in Kooperation mit dem E.ON Energy Research Center des Institute for Energy Efficient Buildings and Indoor Climate (EBC) der RWTH Aachen sowie der UBeG Dr. Erich Mands & Dipl.-Geol. Marc Sauer GbR, Wetzlar, durchgeführt und im April 2023 abgeschlossen.

Vorgestellt wird das Teilvorhaben „Geothermie und Thermische Speicher in komplexen Energieversorgungssystemen für

Produktion und Gewerbe“ des Instituts für energieoptimierte Systeme (EOS) an der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften.

Übergeordnetes Ziel des Projektes war die Überwachung, Bewertung, Simulation und Optimierung der geothermischen Energienutzung für die Beheizung und Kühlung von Produktionsgebäuden und -prozessen. Eine Bewertung der Eignung verschiedener Speichertechnologien in komplexen Energiesystemen und deren Übertragbarkeit auf andere Standorte wurde vorgenommen. Die Evaluierung der Regeneration des Untergrundes erfolgte auf Basis einer Wärme- und Kältebilanzierung sowie mittels Simulationen.

Stichworte: Industrie, Gewerbe- und Nichtwohnbau, Energieversorgungssysteme, Energiebilanz, Simulationsmodelle, Betriebsoptimierung

UNTERSUCHTE LIEGENSCHAFTEN

Innerhalb des Forschungsvorhabens „geo_base“ wurden zwei Industriestandorte untersucht – einer davon mit geothermischer Energienutzung mittels Energiepfählen sowie als Referenz ein weiterer Standort mit Wasserspeichersystemen für Wärme und Kälte. Die Liegenschaften werden im Folgenden näher beschrieben.

Volkswagen AG, Emden

Das Werk der Volkswagen AG in Emden liegt direkt am Nordufer der Ems. Halle 18 wird für den Karosseriebau genutzt und umfasst eine Grundfläche von ca. 60.000 m². Die Halle ist auf etwa 5.000 Betonpfählen mit einer Länge mittleren Länge von 18 m gegründet. Ca. 3.350 der etwa 5.000 Gründungspfähle sind als Energiepfähle ausgeführt.

Die Anlagentechnik der Produktionshalle sorgt neben der Konditionierung des Hallenbereichs und des Bürotraktes auch für die Abfuhr der Abwärme aus den Robotern der Karosseriefertigung. Die Roboterabwärme wird zur Regeneration des Erdreichs oder zur Heizung genutzt. Die Energiepfähle sollen als

Erweiterung für die thermischen Speicher dienen und die saisonale Verschiebung der Wärme- und Kälteversorgung ermöglichen. Die Energiebereitstellung zur Heizung und Kühlung in den Hallenbereichen ist in vier gleiche Systeme mit jeweils einem zentralem Zortström-Verteiler bzw. -Speicher als hydraulische Weiche und je einer Wärmepumpe (1.430 kW Heizleistung) untergliedert. Die Wärmepumpen entnehmen den Speichern das Wasser auf niedrigem Temperaturniveau und heben die Temperatur auf die von den RLT-Anlagen benötigten 45 °C an. Die RLT-Anlagen sind mit einer Wärmerückgewinnung und Lufterhitzern ausgestattet und versorgen die Hallenbereiche mit auf Niedertemperaturniveau erwärmter Frischluft zur Beheizung. Die Abwärme der Roboter wird direkt in den Zortström-Speicher eingeleitet.



Abb. 1: Zortström-Verteiler, VW AG Emden

Der Speicher ist darauf ausgelegt, die unterschiedlich warmen Wassermengen zu schichten, sodass jede angeschlossene Anlage die benötigte Temperatur beziehen kann. Da alle wichtigen Anlagenkomponenten an den Speicher angeschlossen sind, ist der Speicher gleichzeitig als Sammler und Verteiler eingesetzt.

Die Energiepfähle dienen zum einen dazu, den Zortström-Speicher im Sommer zu kühlen und zum anderen dazu, ihn im Winter mit der eingespeicherten Wärme zu beladen. Die vier identisch aufgebauten Teilanlagen, die jeweils aus einer Wärmepumpe und einem Zortström-Verteiler bestehen, sind jeweils an ein Viertel des Energiepfählfeldes und der Roboter angeschlossen.

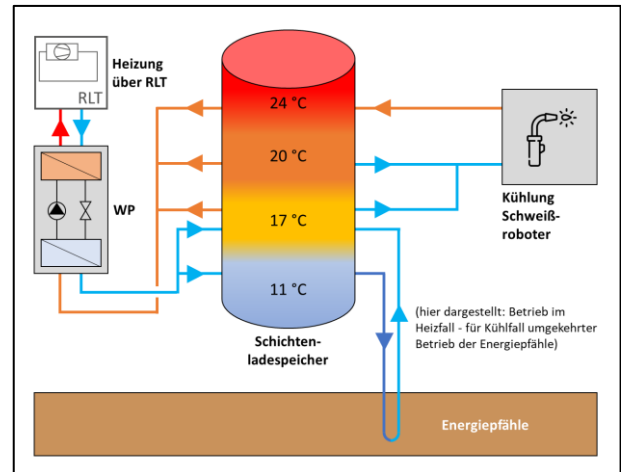


Abb. 2: schematische Darstellung Energieversorgungsschema, VW AG Emden

Das Kühlwasser für die Schweißroboter wird mit einer Kühlwassertemperatur von 17 °C bis 20 °C aus der zweiten und dritten Schicht von oben des in vier Schichten eingeteilten Zortström-Verteilers entnommen, von einem Beimischventil auf konstanten 20 °C gehalten und durch die Schweißprozesse auf 24 °C erwärmt. Das erwärmte Wasser wird in die oberste Schicht des Schichtenspeichers eingeleitet. Die RLT-Anlagen werden im Auslegungsfall mit einer Spreizung von 45/33 °C betrieben. Die Vorlauftemperatur ist dabei außentemperaturgeführt. Dazu entnimmt die Wärmepumpe das Wasser aus der ersten Schicht und kühlt dieses auf 11 °C ab (unterste Schicht). In den Phasen ohne Wärmebedarf wird die Abwärme der Roboter in das Geothermiefeld gespeichert. Für den Fall, dass die Kühlung nicht ausreicht, kann über die Wärmepumpen notgekühlt werden.

Ein großes Problem im Anlagebetrieb besteht darin, dass sich das Erdreich über die Betriebszeit seit der Errichtung des Gebäudes im Jahr 2014 soweit erwärmt hat, dass eine Überschreitung des maximal zulässigen Grenzwertes für das Erdreich in Höhe von 20 °C zu befürchten ist. Grund dafür sind in erster Linie die allgemein höheren Kühllasten aus der Fertigung. Da das Werk in den nächsten Jahren tiefgehend umgebaut werden soll, liegt das Augenmerk des Monitorings darauf, dieses Wärmepotenzial abzuschätzen und Strategien für eine Nutzung auf dem Gelände zu entwickeln.

Oeding print GmbH, Braunschweig

Der 2013 bezogene Neubau der Betriebsstätte der Druckerei oeding print GmbH liegt in Braunschweig-Rautheim. Schon in der Planungsphase standen Ausrichtung und Beschaffenheit der Gebäudehülle ebenso im Fokus, wie die optimal auf die Nutzung abgestimmte Anlagen- und Produktionstechnik.

Bei der Gebäudeplanung wurde besonderer Wert auf einen sehr weitreichenden winterlichen und sommerlichen Wärmeschutz gelegt. Die U-Werte unterschreiten die Anforderungen in der EnEV 2009 im Mittel um ca. 50 %. Das Energiekonzept des Gebäudes beinhaltet insbesondere einen Niedertemperaturspeicher (NT-Speicher) mit

einem erheblichen Volumen von 100 m³, dessen Nutzung zur Kühlung und Heizung im Rahmen des Projektes untersucht wird.

Die Wärmebereitstellung erfolgt durch den Einsatz einer Kraft-Wärme-Kopplung in Form eines Blockheizkraftwerkes (BHKW, 40 kW_{th} / 20 kW_{el}). Eine 222 kW_p Photovoltaikanlage (PV-Anlage) liefert zusätzlich Strom für den Gebäude- und Anlagenbetrieb. Überschüssiger Strom wird in das Netz eingespeist und bilanziell verrechnet. Die Wärme- und Kältebereitstellung innerhalb des Gebäudes erfolgt über Split-Wärmepumpen mittels eines VRF (Variable Refrigerant Flow)-Systems. Die Wärmeabgabe bzw. Wärmeentnahme in den Räumen erfolgt über die Innengeräte. Die Speisung des VRF-Systems wird über die im Gebäude anfallende Abwärme aus dem Produktionsprozess realisiert.

Die Kältebereitstellung zur Kühlung der Server erfolgt über zwei Adsorptionskältemaschinen mit einer Leistung von jeweils 10 kW. Die thermische Antriebsenergie wird über das BHKW erzeugt. Da der Kältebedarf der Server ganzjährig besteht, kann so eine hohe Laufzeit für das BHKW erreicht werden.

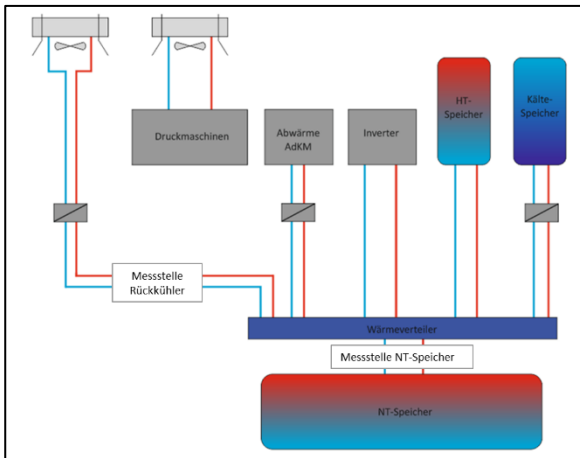


Abb. 3: Systemintegration NT-Speicher, oeding-print GmbH

Wesentlicher Bestandteil des Versorgungskonzeptes ist die thermische Energiespeicherung auf drei unterschiedlichen Temperaturniveaus in einem Hochtemperatur (HT)-Speicher (2000 L, Speisung über BHKW, u. Kompressorabwärme, 80 – 90°C), einem Trinkwarmwasserspeicher (1000 L), dem Niedertemperatur (NT)-Speicher (100 m³) und einem Kältespeicher (2000 L, Speisung über Kältemaschinen, 12 – 16°C). Der Kältespeicher wird zur Kühlung der Serverbereiche eingesetzt.

Das Herzstück der Speicherkombination bildet der NT-Speicher. Er dient im Wesentlichen als Senke für die Wärmerückgewinnung und zur Speisung des VRF-Systems, für das ein Temperaturniveau von 10 °C bis 45 °C vorzuhalten ist.



Abb. 4: NT-Speicher, oeding-print GmbH

Das Temperaturniveau im NT-Speicher wird über eine Ankopplung an den HT- und den Kältespeicher sowie über einen Rückkühler erreicht.

MONITORINGERGEBNISSE

Für die Optimierung von Betriebs- und Regelstrategien sowie zur Validierung der Simulationsmodelle wurden umfangreiche Messdaten der beiden Liegenschaften ausgewertet.

Volkswagen AG, Emden

Über die Messdaten der Wärmeaufnahme der Verdampfer und der Wärmeabgabe aus dem Kühlkreis der Roboter kann die Wärmemenge bestimmt werden, die entweder ins Erdreich gespeichert oder aus dem Erdreich entnommen wird. Im Sommer werden die

größten Wärmemengen in das Erdreich gespeichert, in den Wintermonaten wird jedoch nicht die gleiche Wärmemenge entnommen. Stattdessen wird auch in einigen Wintermonaten Wärme ins Erdreich eingespeichert.

Neben den Energiemengen wurden die Temperaturen im Erdreich untersucht. Die Daten werden an zehn Messstellen in jeweils 2 Tiefen bei etwa 7,5 m und 11 m gemessen. Die Messwerte zeigen, dass das Geothermiefeld sehr ungleichmäßig belastet wird.

Die Auswertung der monatlichen Temperaturmesswerte aus dem kompletten Geothermiefeld zeigt, dass sich nur 4 % der Messwerte im Bereich zwischen 18 °C und 19 °C befinden. Über 80 % liegen unterhalb von 17 °C. Da einige Teile des Geothermiefeldes offenbar intensiver erwärmt werden als andere, lässt sich daraus ein großes Potenzial für eine effizientere Nutzung ableiten. Könnte man die Wärmezufuhr gleichmäßig verteilen, würde eine ausgewogene Erwärmung stattfinden. Das Problem der Überwärmung über einen längeren Zeitraum kann damit jedoch nicht verhindert werden. Durch eine gleichmäßige Temperaturverteilung könnte jedoch der Betrieb des Feldes aufrechterhalten werden, bis eine nachhaltige Lösung für das Wärmeüberangebot gefunden ist.

Dass sich das Feld auch weiterhin erwärmt, wird durch den Vergleich der mittleren Erdreichtemperatur deutlich. Anfang Juli 2018 betrug der Mittelwert aller Messstellen im Erdreich 15,7 °C. Nach einem Jahr erhöhte sich dieser Mittelwert um 0,5 K auf 16,2 °C.

Für weitere Berechnungen wurden die Messdaten zur Wärmebilanz aus dem Wärmepumpenkreislauf untersucht. Die Auswertung zeigt, dass die vier Wärmepumpen im einjährigen Betrachtungszeitraum (04/2018 – 03/2019) 7.483 MWh Wärme zur Verfügung gestellt haben. Dabei haben diese 947 MWh Strom aufgenommen, sodass sich daraus eine mittlere gemessene Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen (SPF gemäß VDI 4650-1) von 7,9 ergibt. Die Wassertemperatur aus dem Erdreich beträgt dabei ca. 10 °C – 15 °C bei einer Zieltemperatur der Heizregister der Lüftungsanlagen in Höhe von 45 °C. Die Auswertung der durch die Wärmepumpen aufgenommenen und durch die Schweißroboter abgegebenen Wärmemengen zeigt hier ein großes Potenzial in Form eines Abwärmeüberschusses für eine weitere Wärmeproduktion, die in den umliegenden Gebäuden genutzt werden könnte.

Der Zortströmverteiler als zentrales Element des Versorgungssystems weist idealerweise vier Temperaturschichten auf. Diese liegen bei

11 °C, 17 °C, 20 °C und 24 °C. Bei der Datenauswertung fällt auf, dass eine klare Temperaturschichtung nicht vorhanden ist. Die Schicht 1 und 2 liegen sehr nah beieinander, ebenso wie die Schicht 3 und 4, siehe Abb. 5.

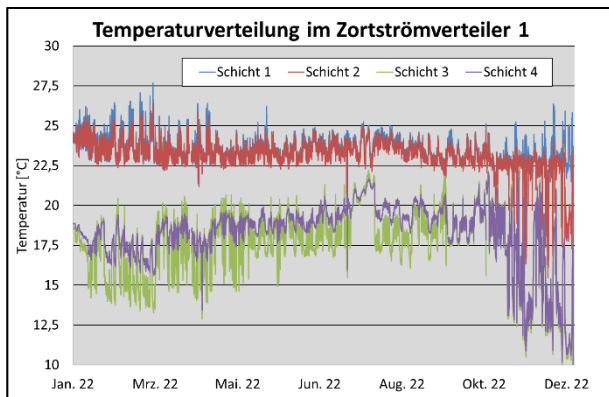


Abb. 5: Temperaturverteilung im Zortströmverteiler, VW AG Emden

Im Betrieb bilden sich nur zwei Schichten aus - eine bei 23 °C und eine bei 15 bis 17 °C. Dies lässt auf eine nicht ordnungsgemäße Betriebsweise und ggf. ein vorhandenes Optimierungspotenzial schließen.

Oeding print GmbH, Braunschweig

Der Hochtemperaturspeicher, der NT-Speicher und der Kältespeicher sind mit Temperatursensoren in verschiedenen Schichten ausgestattet. Die zu- und abgeführten Energiemengen erfasst. Die Daten zu den Temperaturen im NT-Speicher, der das Herzstück der Anlagentechnik darstellt, zeigen deutlich den Unterschied zwischen dem Sommer- und dem Winterbetrieb.

In den Wintermonaten wird die Temperatur aktiv auf ca. 15 °C gehalten, da der NT-Speicher in diesem Zeitraum den Invertern als Wärmequelle dient. Mit einer Umstellung der Druckprozesse im späten Projektverlauf fällt die Abwärme aus der Produktion, wie sie ursprünglich zur Einspeisung in den NT-Speicher konzipiert wurde, weg. Der Stützbetrieb erfolgt über das BHKW oder den nachgerüsteten Gasbrennwertkessel.

In den Sommermonaten wird das Speichervolumen des NT-Speichers als Wärmesenke genutzt. Bei der Betrachtung des Temperaturverlaufes über die Sommermonate ist deutlich zu erkennen, dass die Temperatur im NT-Speicher mit steigender Außentemperatur ansteigt. Die Kühlung des Gebäudes über den NT-Speicher erfolgt bis dieser einen Schwellenwert von max. 40 °C bis 45 °C erreicht hat. Anschließend wird die Wärme der Inverter direkt über den Rückkühler abgeführt, um eine Überhitzung des Speichers zu umgehen.

Die Energiebilanzen aus dem Gebäudebetrieb zeigt Abb. 6.

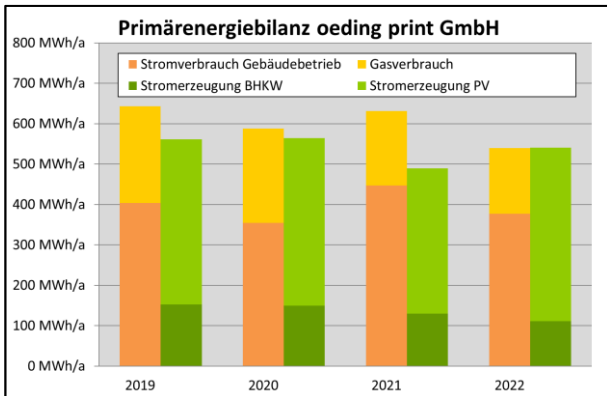


Abb. 6: Primärenergiebilanz, PE-Faktoren gemäß GEG, oeding print GmbH

Die durch das BHKW und die PV-Anlage produzierten Strommengen haben einen erheblichen Einfluss auf die Primärenergiebilanz. Beim Vergleich der letzten Energiebilanzen der Jahre 2019 bis 2022 zeigt sich, dass der angestrebte jahresbilanzielle Plusenergiestandard nur im letzten betrachteten Jahr 2022 erreicht wird.

SIMULATIONSERGEBNISSE

Die Simulationen von Gebäude und Anlagentechnik werden mit TRNSYS18 durchgeführt [2]. Wetterdaten der Standorte werden verwendet [4]. Simulationsrechnungen der Geothermie am Standort werden ergänzend mit EED [3] durchgeführt. Die Geothermie wird jedoch auch im Gebäude- und Anlagenmodell mit abgebildet. Die Validierung der Modelle erfolgt über die Daten aus dem Monitoring.

Volkswagen AG, Emden

Die Halle 18 wird als 4-Zonen-Modell abgebildet. Die Hallenbereiche sind hinsichtlich der Ausstattung an Technik sowie der thermischen Lasten aus der Produktion jeweils vergleichbar, so dass die Simulationsberechnungen jeweils für ein Viertel des gesamten Hallenbereiches durchgeführt werden.

Die aus dem Monitoring vorliegenden Daten weisen aufgrund unterschiedlicher Auslastung der Anlagen auch unterschiedliche Werte auf. Zur Validierung des Modells sind daher die wesentlichen Eckdaten zu den Maximalleistungen, der Temperaturen im Speicher und der zu- und abführenden Rohrleitungen und der Temperaturerhöhung im Erdreich als maßgebend herangezogen worden.

Das umgesetzte Verhältnis des Zortström-Speichers von Volumen zu benötigter Heizleistung beträgt 4,5 l/kW. Dies erscheint zunächst sehr gering, zeigt sich aber in der Praxis als taugliche Größe in Kombination mit einer funktionierenden Schichtenladeeinrichtung. Es wurden ergänzend Simulationen mit einer Variation des Speichervolumen von bis zu 35 l/kW durchgeführt. Diese haben keine signifikante Veränderung von Temperaturverlauf und Speicherbilanz ergeben. Der Speicher

übernimmt damit im System lediglich die Funktion einer hydraulischen Weiche und einer temperaturgeführten Verteileinrichtung der ein- und austretenden Wärmeströme. Im Gegensatz zur Erhöhung der Speichergröße hat sich im Betrieb die Notwendigkeit der Integration einer Schnittstelle am Speicher zur Auskopplung überschüssiger Wärme aus der Produktion in das Verteilnetz am Standort ergeben. Eine Anhebung des Temperaturniveaus im Erdreich sowie in der Rückspeisung von Kühlwasser in die Produktion könnte so wirksam vermieden werden.

Ohne die Auskopplung überschüssiger Wärme resultiert aus der sich so simulierten bilanziell ergebenden Überwärmung des Erdreichs eine Zunahme der Erdreichtemperatur, die sich hier auf einen Wert von 0,23 K im Betrachtungszeitraum eines Jahres beziffert.

Von dem Kooperationspartner UBeG wurde eine Analyse der Erdpfähle unter der Halle 18 vorgenommen.

Dabei wurden 2 Grenzfälle betrachtet. Ziel war, dass sich die Erdreichtemperatur bei einer Leistung von 330 W pro Pfahl für das Heizen und das Kühlen sowie einer jährlich übertragenen Wärmemenge von 1,5 MWh pro Pfahl nicht über 20 °C erhöht.

Zum einen betrachtet wurde der Fall, dass über einen Zeitraum von 25 Jahren jeweils ein 6-

monatiger durchgängiger Wärmeeintrag ins Erdreich mit anschließender 6-monatiger Entnahme erfolgt. Das zweite Szenario stellt dar, dass jeden Tag sowohl gekühlt als auch geheizt wird. Beide Fälle sind jeweils mit einer ausgeglichenen Bilanz zwischen Heizen und Kühlen simuliert worden, wobei die Zieltemperatur von 20 °C nicht erreicht wurde.

Ergänzend wurde im weiteren Projektverlauf mit einem überarbeiteten Gebäudemodell der Halle 18 eine Simulation für den Wärmebedarf durchgeführt. Die Simulation mit einer Wärmerückgewinnung von 80 % in den RLT-Anlagen ergibt einen Verlauf, der sich gut mit den vorhandenen Messwerten aus dem Jahr 2018/2019 deckt.

Zusätzlich wurde aus einem Datensatz für die Roboter kühlung eine Referenzwoche gebildet und damit ein Jahresverlauf für die anfallende Abwärme generiert. Die Simulation des Heizwärmebedarfs ergibt eine Gesamtmenge von 7.300 MWh. Im Vergleich dazu ergab die Messung für die Halle 18 im VW Werk am Standort Emden einen Wärmeverbrauch von 7.500 MWh für das Jahr 2018/2019. Die ermittelte Abwärmemenge aus der Roboter kühlung beträgt etwa 10.500 MWh. Dies ergibt einen Wärmeüberschuss von rund 3.000 MWh, der während des Jahres ins Erdreich abgeführt wird und dieses erwärmt. Ausgehend von den Lastdaten aus der

Gebäudesimulation wurde anschließend ein Szenario gesucht, bei dem die Temperaturen im Erdreich auch langfristig im Bereich von maximal 20 °C bleiben. Dazu müssten die Kühllasten entsprechend begrenzt werden. Bei einer Begrenzung des Wärmeeintrags auf maximal 1.500 kW wäre ein langfristig stabiler Betrieb möglich.

Oeding print GmbH, Braunschweig

Für die Wärmeversorgung der Fa. oeding print GmbH in Braunschweig wurde im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung der Planung und Umsetzung des Null-Emissions-Druckereigebäudes ein Simulationsmodell ebenfalls mit dem Werkzeug TRNSYS18 [2] erstellt.

Ein Lastverlauf aus der Simulation für den Wärme- und Kältebedarf ist in Abb. 7 enthalten. Signifikant ist der in einer Grundlastanforderung bestehende Kältebedarf (blau) für die Servertechnik und die Druckmaschinen, der entsprechend über die Anlagentechnik zu decken ist.

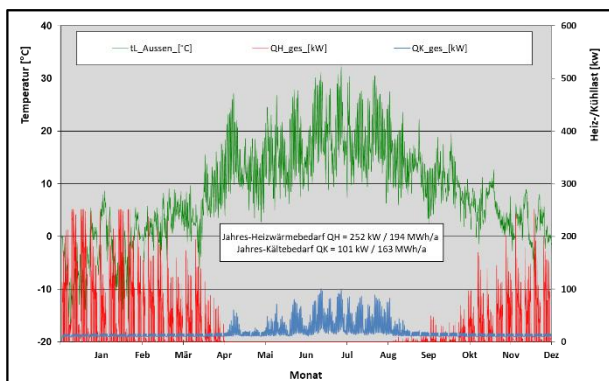


Abb. 7: Simulierter Lastverlauf, oeding print GmbH

Die Anlagentechnik wurde in Abhängigkeit des entwickelten Energiekonzeptes im Modell abgebildet. Wesentliches Element und besondere Anforderung der Modellierung war hierbei die Abbildung des NT-Speichers einschließlich dessen Einbindung in das Gesamtsystem.

Die Simulation ergibt, dass der NT-Speicher hinsichtlich der Temperaturen über die Speicherhöhe zwischen knapp unter 20 °C unten und 40 °C oben pendelt. In Phasen großer Wärmeentnahme ist eine Nachspeisung erforderlich. Der NT-Speicher ist auf die Einspeisung der Hochtemperaturseite angewiesen, um den Betrieb des VRF-Systems für die Beheizung des Büro- und Verwaltungsbereichs zu gewährleisten.

Das relativ große Volumen von 100 m³ wurde unter Beachtung der nicht ausgeglichenen Wärmebilanz in der Heizperiode sowie der ungünstigen geometrischen Verhältnisse des liegenden Speichers festgelegt. Die Anordnung des Speichers liegend und im Außenbereich ist der fehlenden Fläche und Aufstellhöhe im Inneren des Gebäudes geschuldet. Jedoch erfolgt die Ein- und Ausspeisung im Speicher damit auf geringem Höhenunterschied, eine wirkliche Schichtung kann sich so nicht ergeben.

Das umgesetzte Verhältnis von Volumen zu benötigter Heizleistung beträgt 400 l/kW. Es wurden ergänzend Simulationen mit einer Variation des Speichervolumen zwischen 50 l/kW (entspr. 12,5 m³) und 600 l/kW (entspr. 150 m³) durchgeführt.

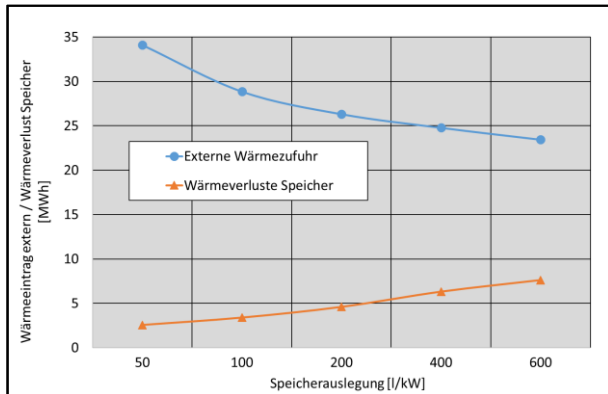


Abb. 8: Entwicklung der Speicherverluste (orange) sowie des ergänzenden Wärmebedarfes (blau) bei Erhöhung des Speichervolumens

Mit erhöhtem Speichervolumen ergibt sich zwar durch eine ausgeglichenerere Wärmebilanz ein geringerer ergänzender Wärmebedarf, allerdings erhöhen sich auch die Speicherverluste.

QUERVERGLEICH DER KONZEPTANSÄTZE FLINKER UND TRÄGER SPEICHERSYSTEME

Eine weitere Fragestellung innerhalb des Vorhabens stellte die Eignung flinker und träger Speichersysteme im Bereich der Gewerbe- und Produktionsgebäude dar. Hierbei konkurrieren konventionelle

Pufferspeicher mit kurzer Reaktionszeit, jedoch auch geringerer Speicherkapazität mit geothermischen Anlagen als trägen Speichersystemen großer Kapazität.

Das Temperaturniveau bewegt sich bei den geothermischen Anlagen auf einem eher niedrigen Niveau. Dies ermöglicht die Nutzung im „direct cooling“-Betrieb, z.B. zur Gebäude-, Server- oder Produktionskühlung ohne weitere Temperaturabsenkung. Aufgrund ihres typischer Weise höheren Temperaturniveaus zu direkten Heizzwecken bieten konventionelle Pufferspeicher diese Möglichkeit nicht. Im Gegenzug sind die höheren Temperaturniveaus hier direkt nutzbar, während bei den niedrigen Temperaturniveaus geothermischer Anlagen in diesem Fall die Einbindung von Wärmepumpen notwendig ist.

Bezüglich des Platzbedarfes der Speichersysteme müssen die örtlichen Gegebenheiten bewertet werden. Für geothermische Speichersysteme wird zwar ein sehr großes Volumen benötigt, nimmt im Allgemeinen jedoch eine Produktionsflächen in Anspruch. Flinke Speicher hingegen benötigen zwar vergleichsweise kleine Volumina, trotzdem führen sie zu einem Platzbedarf im Gebäude.

Sind in der Energiebilanz einer Liegenschaft deutliche saisonale thermische Gegensätze

erkennbar - typischerweise ein Kühlbedarf im Sommer sowie ein Heizbedarf im Winter – kann eine saisonale thermische Energiespeicherung bzw. Wärmeverschiebung mittels träger Speichersysteme in Form geothermischer Anlagen zur Reduzierung der Energiekennwerte und somit Kosteneinsparung beitragen. Der Einsatz von flinken Speichersystemen hingegen ist dann sinnvoll, wenn nur eine kurzzeitige Speicherung mit schneller Reaktion benötigt wird, bspw. um Lastspitzen abzufedern oder Wärmeverschiebung in kurzen Zeiträumen (Stunden/Tage) zu realisieren.

Einen weiteren signifikanten Vorteil der geothermischen Anlagen als träge Speichersysteme stellt die Grundlastfähigkeit bei großen umzusetzenden Wärmemengen dar, sodass lediglich ein geringer Anteil an thermischer Energie noch zusätzlich zugeführt werden muss.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass ein träges Speichersystem im direkten Vergleich zu konventionellen Pufferspeichern als flinkes Speichersystem insbesondere für Gewerbe- oder Produktionsgebäude die geeignetere Lösung darstellt. Hierfür sollte es jedoch mit einem geeigneten flinken Speicher als Bindeglied zwischen den auftretenden Wärmeströmen kombiniert werden.

FAZIT

Die Integration von thermischen Speichern in Abwärme oder regenerative Energien nutzende thermische Energieversorgungssysteme für Industrie- und Gewerbeanwendungen ist nach den Ergebnissen aus den begleiteten Projekten innerhalb dieses Vorhabens in jedem Fall sinnvoll. Von herausragender Bedeutung sind hierbei als Zielvorgaben für die sinnvolle Planung und Auslegung der Geothermienutzung ein langzeitliches stabiles Temperaturprofil im Erdreich – welches durch eine bereits während der Planungsphase durchgeführte simulative Bewertung erreicht werden kann – sowie die angepasste ergänzende Einbindung von flinken Speichersystemen, um einen effizienten und funktionsgerechten Betrieb zu ermöglichen.

Abschließend lässt sich feststellen, dass ausgewogene geothermische Systeme durchaus in der Lage sind, die Grundlast zum Heizen und Kühlen von Produktionsgebäuden und -prozessen zu decken und dazu beitragen können, die Emissionen und den Primärenergieverbrauch in diesem Wirtschaftszweig zu reduzieren. Somit können geothermische Systeme in Gewerbe und Industrie einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten.

LITERATUR

- [1] Kühl, L., & Schneider, F. (2019).
Forschungsvorhaben: Energieoptimiertes
Bauen: Monitoring Neubau Plusenergie-
Druckerei Oeding in Braunschweig:
Schlussbericht zum Projektende am
31.01.2019. Ostfalia Hochschule für
angewandte Wissenschaften.
<https://doi.org/10.2314/KXP:1687629439>
- [2] „TRNSYS“, Transsolar Energietechnik
GmbH, Curiestraße 2, D-70563 Stuttgart,
<https://www.trnsys.de/>
- [3] „EED – Earth Energy Designer“, Building
Physics, BLOCON AB, Nordmannavägen 96, SE-
224 75 Lund, Sweden,
<https://buildingphysics.com/eed-2/>
- [4] Deutscher Wetterdienst – DWD,
Frankfurter Straße 135, D - 63067 Offenbach,
www.dwd.de, Kundenberatungsmodul,
Klimadaten Testreferenzjahre TRY, 2024.