



Abb. 1 Der Datenzugriff ist jederzeit möglich, hier bei der Anlagenüberwachung über das Mobiltelefon.

Quelle, alle: GeoAlto GmbH

Monitoring (kalter) Nahwärmenetze und geothermischer Anlagen – was tun mit all den Daten?

In diesem Beitrag werden die Motivation und Ziele für die Überwachung geothermischer Anlagen mit oder ohne angeschlossene kalte Nahwärmenetze erörtert und zudem ein sinnvolles Konzept für Messtechnik vorgeschlagen. Praxisbeispiele verdeutlichen die zeitgemäße automatisierte Aggregation und Visualisierungen von Betriebsdaten, die sowohl Betreibern als auch Fachingenieuren auf einen Blick eine grundlegende Bewertung des Systemzustandes „Geothermie“ ermöglichen.

Kalte Nahwärmenetze und geothermische Großanlagen werden regelmäßig mit mehr oder weniger Messtechnik zur Erfassung von z. B. Leistung, Temperatur, Druck und Energie ausgestattet. Parameter wie Messintervall, Anzahl und Lage der Datenpunkte sowie Speicherdauer historischer Daten werden dabei allerdings sehr unterschiedlich gehandhabt; selten wird der geothermische Fachplaner in das Messkonzept einbezogen. Soll z. B. eine unerwartete Temperaturentwicklung oder die Auslastung der

Quellenanlage später bewertet werden, liegen Betriebsdaten häufig nicht in einer verwertbaren Form oder Auflösung vor.

Warum Wärmenetze und geothermische Anlagen überwachen?

Bei Nahwärmenetzen der vierten oder fünften Generation – wenn diese aus öffentlichen Fördermitteln bezuschusst werden – ist die Online-Überwachung des Anlagenbetriebes regelmäßig eine Auflage des Fördermittelgebers. Für Be-

treiber mit verbrauchsorientierten Tarifmodellen ist die Erfassung der dezentralen Verbraucher zwingend notwendig für die Abrechnung mit Kunden. Aber auch ohne formale Notwendigkeit ist die Erhebung von Betriebsdaten zwingende Voraussetzung für ein nachhaltiges Betriebsmanagement. Insbesondere bei geothermischen Anlagen kommt hinzu, dass damit ein unterirdisches Energiereservoir erschlossen wird, dessen Wärmeinhalt nicht unerschöpflich ist und die Effizienz von Wärmepumpen

über seine langfristige Temperaturentwicklung maßgeblich beeinflusst.

Was aber genau bedeutet nun „Betriebsmanagement“ im Zusammenhang etwa mit einem kalten Nahwärmenetz in Verbindung mit einer oberflächennahen geothermischen Wärmequelle? Folgende Ziele können hierfür beispielhaft definiert werden:

- ▶ Überwachung behördlicher und/oder technischer Auflagen für den Betrieb (z. B. Leckageüberwachung, Temperaturgrenzen, Energiemengen)
- ▶ Gewährleistung der langfristigen Betriebssicherheit durch frühe Identifikation abnormaler Temperaturtrends im unterirdischen Reservoir (z. B. starke Auskühlung)
- ▶ Vergleich der Planung (Spitzenleistung, Gesamtbedarf, Gleichzeitigkeit) mit dem tatsächlichen Betrieb als Lernerfolg für zukünftige Vorhaben
- ▶ Identifizieren ungenutzter Potenziale: Ist eine Erhöhung bzw. Erweiterung der Anschlussleistung möglich?
- ▶ Koordination von Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen (Identifikation und Festlegung des operativen Handlungsbedarfes)

Oftmals lässt sich der Anlagenbetrieb aus den Erfahrungen der ersten Betriebsjahre optimieren und die Wirtschaftlichkeit verbessern. Voraussetzung hierfür sind jedoch die detaillierte Kenntnis und das Verständnis des Systemverhaltens, um dieses bewerten zu können.

Sinnvolle Messtechnik für geothermische Anlagen

In Wärmenetzen und/oder geothermischen Anlagen können nahezu alle relevanten Betriebsdaten über Wärmemengenzähler erfasst werden, sofern neben den klassischen fortlaufenden Zählerständen der Energiesumme auch die Einzelwerte der Sensoren miterfasst werden (Abb. 2). Die bei Anlagen mit Wasser/Glykol-Gemischen gemäß AwSV notwendige Leckageüberwachung wird üblicherweise durch eine zusätzliche Überwachung des Systemdruckes realisiert.

Sensor/Messgröße	Einheit
 Wärmemengenzähler (Einzelwerte!)	
↳ Vorlauftemperatur	[°C]
↳ Rücklauftemperatur	[°C]
↳ Volumenstrom	[m³/h]
↳ Aktuelle Leistung	[W]
↳ Wärmemenge Entzug	[Σ kWh]
↳ Wärmemenge Eintrag	[Σ kWh]
Intervall: 30 s – 5 min. / Speicherdauer: > 10 Jahre	
 Differenzdruckmessung	
↳ Druck Vorlauf	[mbar]
↳ Druck Rücklauf	[mbar]
Intervall: 30 s – 5 min. / Speicherdauer: ~ 2 Jahre	

Abb. 2 Vorgeschlagene Sensoren und Einzeldatenpunkte für geothermische Anlagen

Aufgrund der Trägheit des Untergrundes bei der Wärmeleitung ist eine lange Speicherdauer der Betriebsdaten essenziell für die Erkennung langfristiger Trends oder späterer Ursachen bei Anomalien im Anlagenbetrieb. Demgegenüber hat sich aus der Erfahrung des Autors ein Aufzeichnungsintervall von maximal 5 Minuten als ausreichender Kompromiss zwischen zeitlicher Auflösung und erforderlichem Speichervolumen erwiesen. Abbildung 2 fasst die vorgeschlagene minimale messtechnische Ausstattung einer geothermischen Anlage oder eines kalten Nahwärmenetzes zusammen.

Was tun mit all den Daten?

Selbst wenn energietechnische Anlagen sinnvoll mit Messtechnik ausgestattet sind und die Datenerfassung und -speicherung reibungslos verläuft, werden diese Informationen oft nur rudimentär ausgewertet und interpretiert. Üblich ist sicher die Darstellung der aktuellen Sensorwerte, etwa in einem Dashboard oder als Diagramm zum Verlauf der Sensorwerte über die Zeit. Für eine Plausibilisierung der Messdaten oder einen Abgleich z. B. mit den Planungsannahmen sind Messwerte in der Regel zu aggregieren und sinnvoll zu visualisieren. Nachfolgend werden einige Beispiele für die rückwirkende Visualisierung von Betriebsdaten eines Jahres vorgestellt, die aus einem hydraulisch passiven kalten Nahwärmenetz (Anschlussquote zum Zeitpunkt des Artikels ca. 50 %, zwei Cluster mit insgesamt 60 Erdwärmesonden) sowie einer Erdwärmesondenanlage für einen Wohnkomplex (21 Erdwärmesonden) stammen.



Qualität Made in Germany

**Brunnenbau
Hochwasserschutz
Erdwärme
Umwelttechnik**

Maßgeschneiderte Lösungen.

SAVE THE DATE!
18. + 19. März 2026
driller days
BY GEOTEC & STÜWA




STÜWA Konrad Stükerjürgen GmbH
Tel. +49 5244 407-0 | info@stuewa.de | www.stuewa.de

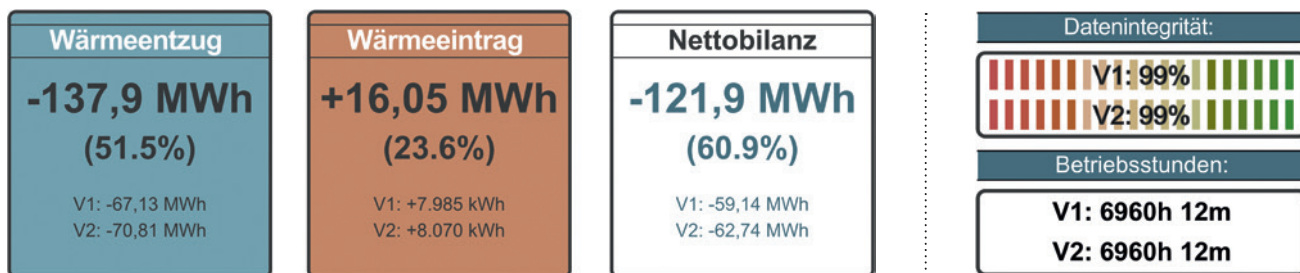


Abb. 3a+b Darstellung der Jahreswärmebilanz inkl. Datenintegrität und Laufzeit

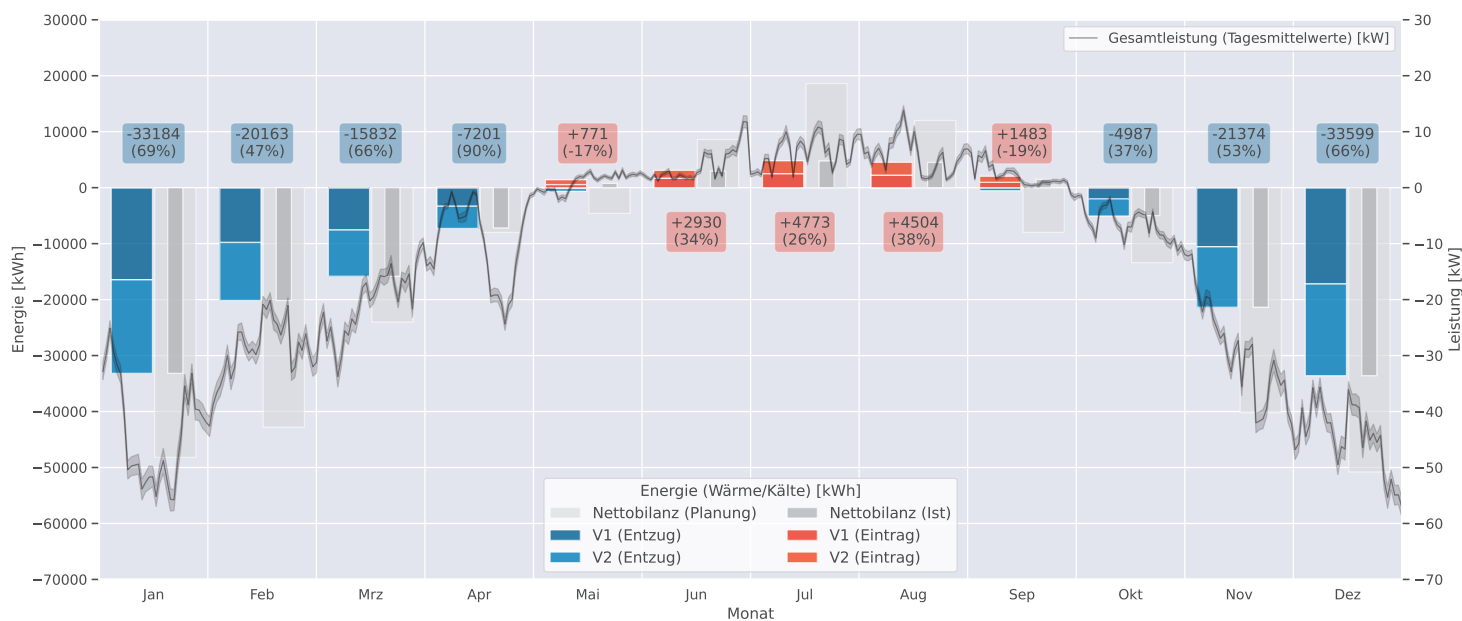


Abb. 4 Monatliche Bilanzierung einer geothermischen Anlage und Vergleich mit den Planwerten; zusätzlich mit Darstellung der mittleren Tagesleistung

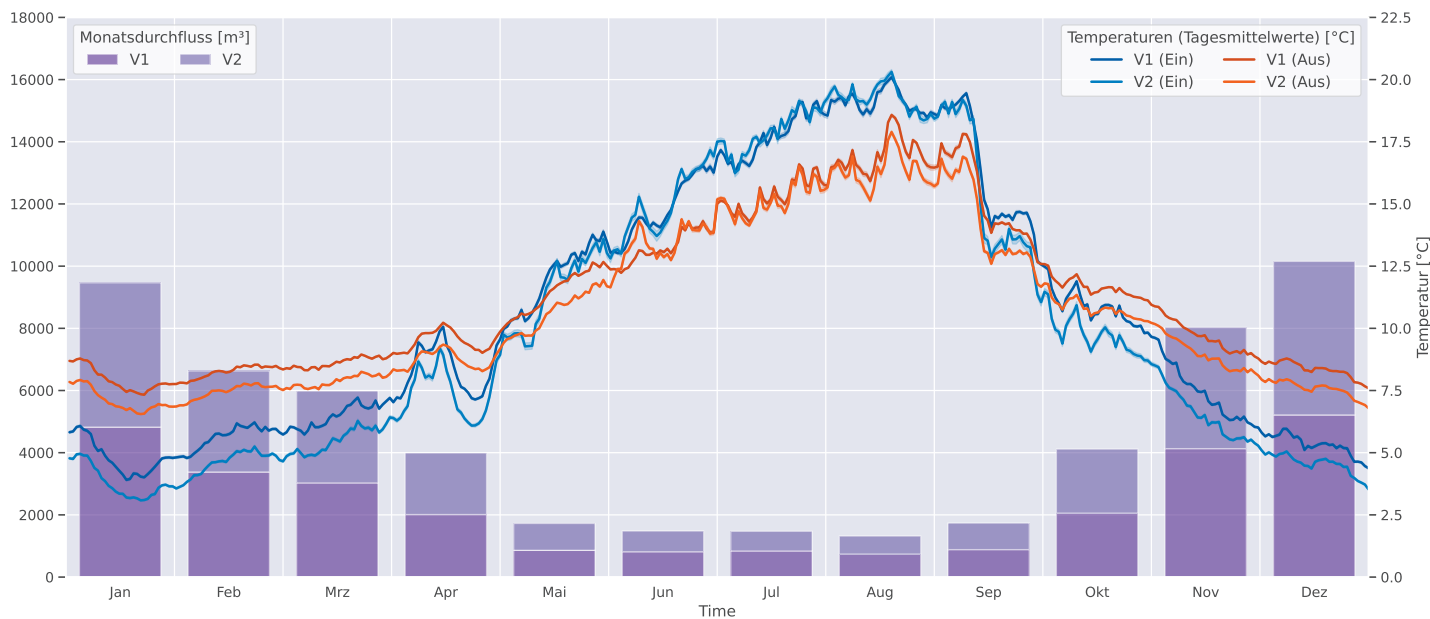


Abb. 5 Vor- und Rücklauftemperaturen als Tagesmittelwerte und monatlicher Gesamtdurchfluss

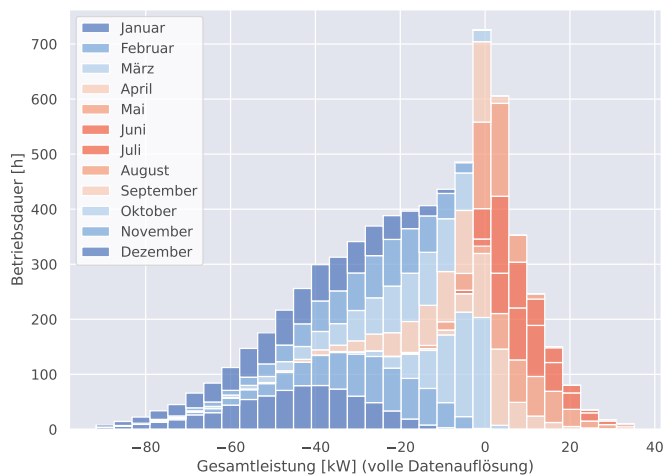


Abb. 6 Links: Betriebsdauer in Stunden je Leistung (Histogramm, Nullwerte ausgeblendet); rechts: Stundenmittelwerte des Volumenstroms über Spreizung (Nullwerte ausgeblendet)

Bilanzierung und Datenintegrität

Einer der am häufigsten geforderten Überwachungswerte bei geothermischen Anlagen bezieht sich auf die jährliche Wärmebilanz. Sinnvoll ist dabei die getrennte Bilanzierung des Wärmezuges sowie des Wärmeeintrages und daraus die Ableitung der Nettobilanz, allein um Missverständnissen vorzubeugen. Bei Anlagen mit mehreren Quellen hilft auch die Aufteilung in die verschiedenen Quellen (oder hier: Sondencluster) zur Plausibilisierung sowie ein Vergleich mit den zulässigen Grenzwerten (bei Abb. 3a in Prozent angegeben).

Vor jeglicher automatisierten Auswertung von Betriebsdaten ist deren Integrität zu überprüfen, d. h., wurden überhaupt im Auswertezeitraum aussagekräftige Daten erfasst? Dies ist in Abb. 3b (rechts) für jede Messgruppe (V1/V2) anhand des Verhältnisses der vorhandenen zu den erwarteten Datenpunkten in Abhängigkeit des Messintervalls dargestellt.

Wesentlich aufschlussreicher ist jedoch die monatliche Aufschlüsselung der Energiebilanz (siehe Abb. 4). Neben den Energiemengen sowie der Tagesmittelwerte der thermischen Leistung sind in hier auch die geplante sowie tatsächliche Nettobilanz der geothermischen Anlage für jeden Monat geplottet, sodass ein Vergleich mit der geplanten Auslegung auf einen Blick möglich ist.

Temperaturverlauf und Einhaltung vorgegebener Grenztemperaturen

Zur Bewertung des Temperaturverlaufes im Wärmeträgermedium ist als Jahresübersicht ein Plot der Tagesmittelwerte geeignet (siehe Abb. 5). Die Temperaturkurven können ergänzend mit einem Konfidenzintervall, z. B. der täglichen Standardabweichung, schattiert werden. Tatsächlich ist dies bei der vorgestellten Anlage jedoch nicht notwendig, da die Glättung der Temperaturen über einen Tag durch das kalte Nahwärmenetz nur geringfügige tägliche Schwankungen hervorbringt. Der Monatsdurchfluss ist ergänzend zur visuellen Bewertung dargestellt, ob die Anlage im entsprechenden Monat stark oder weniger stark ausgelastet war.

Statistische Leistungsverteilung und Pumpeneffizienz

Abb. 6 zeigt links ein statistisches Histogramm der Wärmeleistung der geothermischen Anlage und rechts die gefahrenen

Volumenströme über die an der geothermischen Anlage gemessene Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf (nach Aggregation auf Stundenmittelwerte). Zusätzlich ist in den Daten der Monat des Jahres farblich codiert (blau für Wintermonate, rot für Sommermonate). Erwartungsgemäß werden Spitzenlasten im Nahwärmenetz vergleichsweise selten gefahren.

Die Daten für Abb. 6 (rechts) stammen aus einem geothermisch versorgten Wohnkomplex. Sie zeigen beispielhaft, dass >



Kompakte Informationen:
www.bbr-online.de

Facebook: www.facebook.de/bbrfachmagazin

LinkedIn: <https://de.linkedin.com/showcase/bbr-leitungsbau-brunnenbau-geothermie>





Abb. 7 Thermische Antwort der Anlage auf Lastanforderungen (Thermal Response), inklusive linearer Regression über Stundenmittelwerte

» Angepasste Messtechnik inklusive Datenfernübertragung ist aktuell auch für Installationen direkt in Geothermieranlagen verfügbar. «

hier offensichtlich keine geregelten Umwälzpumpen zum Einsatz kommen. Insbesondere im Sommer werden teilweise hohe Volumenströme bei sehr kleinen Spreizungen gefahren, wodurch unnötig Pumpenstrom verbraucht wird. Eine regelungstechnische Optimierung wäre hier angebracht.

Thermal Response des unterirdischen Reservoirs

Die für geothermische Anlagen wohl interessanteste Darstellung ist Abb. 7, in der die auf Stundenmittelwerte aggregierte Leistung der Anlage über die aktuelle Betriebstemperatur geplottet ist. Analog zu Abb. 6 (rechts) stammen diese Daten von der Erdwärmesondenanlage eines Wohnkomplexes. Die durchgezogene schwarze Regressionsgerade entspricht etwa der Erwartung: Je höher die Entzugsleistung, desto kälter die Temperaturantwort des Untergrundes und umgekehrt. Bewegt sich diese Ausgleichsgerade Jahr für Jahr in ähnlichen Temperaturbereichen, ist das unterirdi-

sche Reservoir annähernd temperaturstabil. Verlagert sich diese Gerade Jahr für Jahr in kältere Regionen, droht die Auskühlung der geothermischen Anlage bei langfristig möglicherweise reduzierter Effizienz der Wärmepumpen.

Online-Monitoring und automatisiertes Reporting fürs Betriebsmanagement

Die Aggregation und Visualisierung der für Menschen unlesbaren Zahlenkolonnen gestattet das schnelle Erfassen des Zustandes eines kalten Nahwärmenetzes bzw. einer geothermischen Anlage. Die im Beitrag vorgestellte Visualisierung von Betriebsdaten lässt sich mit modernen Tools zur statistischen Datenanalyse automatisieren und etwa in monatlichen oder jährlichen Berichten zusammenstellen. Dies ermöglicht Betreibern eine fundierte Bewertung des Anlagenbetriebes im Hinblick auf die Auslastung, die Einhaltung der Auslegungsgrenzwerte und bezüglich von Trends bei der thermischen Antwort der

Anlage. Hinzu kommt die nun zuverlässig, termingerecht und umfassend mögliche Erfüllung von Auflagen zum Anlagenmonitoring aus Zulassungs- oder Förderbescheiden.

Die Erfassung solcher Betriebsdaten, näherungsweise in Echtzeit mit redundanter Online-Speicherung, erlaubt die automatisierte Überwachung des Dateneingangs und ermöglicht eine sofortige Alarmierung bei Ausfall eines Sensors oder der Unter- bzw. Überschreitung kritischer Grenzwerte.

Angepasste Messtechnik inklusive Datenfernübertragung ist zum aktuellen Stand auch für Installationen direkt in geothermischen Anlagen verfügbar. Damit ist z. B. auch die nach § 35 AwSV geforderte Leckageüberwachung für geothermische Anlagen ohne dedizierte Gebäudeleittechnik wirtschaftlich umsetzbar.

AUTOR

Dr. David Kuntz
Geschäftsführer GeoAlto GmbH
Wilhelm-Maybach-Str. 3
72108 Rottenburg
Tel.: +49 (0)7472 16695-81
david.kuntz@geoalto.de
www.geoalto.de