

Industrielle Kühlung mittels Brunnenwasser

Höchste Effizienz bei der Prozesskühlung und Abwärmenutzung in einem Metall verarbeitenden Betrieb

Höchste Präzision in der Metall verarbeitenden Industrie kennzeichnet zunehmend den Standort Deutschland. Für die spananhebende Bearbeitung von Werkstücken werden entsprechende Schneidöle und Schneidmittel verwendet, um die Standzeiten der Werkzeuge und die Bearbeitungsgeschwindigkeit zu erhöhen. Die durch die Bearbeitung zugeführte Energie in das Schneidmedium muss mittels entsprechender Kühlsysteme kontinuierlich abgeführt werden. Für die Firma NOSTA im bayerischen Höchstädt an der Donau, einem mittelständischen Hersteller von Norm- und Präzisionsteilen, wurde ein Kühlsystem zur Prozess- und Raumkühlung, auf Basis von Grundwasser in Verbindung mit einer Wärmepumpe für die Heizphase im Winter, durch den Gebäudetechnikfachbetrieb JULIUS GAISER GmbH & Co. KG, Ulm, projektiert und umgesetzt. Leistungszahlen von >30 sind hier auch bei Außentemperaturen von 35°C möglich.



Dipl. Ing. (FH)
Christian Zeisberger
Leiter der Projekt-
entwicklung
Julius Gaiser GmbH
& Co. KG

Aufgabenstellung - Kühlkonzept - Wärmerückgewinnung

Mitte 2012 trat die Firma NOSTA an das Haus Gaiser heran, um für ihren Neubau eine zentrale Kühlwasserversorgung zu planen und umzusetzen. Aufgrund der allgemein günstigen Grundwasserbedingungen im bayerisch-schwäbischen Donautal sollte die Kühlung im Wesentlichen auf Basis von Grundwasser erfolgen. Hierzu wurden Pro-

bebohrungen auf dem Gelände durchgeführt und durch die fundierte Begleitung eines erfahrenen Geologen zeigte sich ein Kühlpotential von etwa 300 - 500 kW als erschließbar. Neben der Kühlwasserversorgung wurde durch Gaiser Gebäudetechnik bereits im Vorfeld ein Heizungs- und Lüftungskonzept für die Produktionshalle geplant und gebaut, welches auf Basis von Quelllüftung im Aufstellbereich der Maschinen für thermisch

Zentrale Schmiermittelaufbereitung

Im bayerischen Höchstädt an der Donau befindet sich die im Jahr 1976 gegründete Firma NOSTA, ein mittelständisches Familienunternehmen der Metallindustrie. NOSTA stellt aus kaltgezogenen Profilen Normteile für die Kraftübertragung an Welle-Nabe-Verbindungen sowie Präzisionsbauteile zur Fixierung und Befestigung her und ist in den Bereichen Maschinenbau, Fahrzeugtechnik, Lagertechnik und Schienentechnik präsent. Zur Herstellung der vielfältigen Teile sind klassische spanabhebende Bearbeitungen, wie Drehen und Fräsen, sowie Schleifbearbeitungen nötig. Beim Neubau der Produktionshalle im Jahr 2012 wurde erstmals je eine zentrale Schleiföl- und Kühlschmierstoffaufbereitung geplant und realisiert. Diese Anlagen reinigen das rückgeführte Schleiföl bzw. -emulsion und führen den eingebrachten Energieeintrag einer Wärmerückgewinnung zu. So wird ganzjährig für eine konstante Temperatur der Bearbeitungsmedien von etwa 20 - 21°C gesorgt. Ohne diese konstante Temperatur sind die im Produktionsprozess geforderten Toleranzen von wenigen 1/1000 Millimeter nicht darstellbar.



Abbildung 1: zentrale
Kühlschmierstoffauf-
bereitung



Abbildung 2: Produktionshalle mit Quelllüftung.



Abbildung 3: Be- und Entlüftungsgerät, 75.000 m³/h.

optimal konstante Bedingungen sorgt. Trotz hocheffizienter Wärmerückgewinnung mittels Wärmerad muss ab Außentemperaturen von weniger als 5 °C dem Lüftungsgerät Wärme zugeführt werden. Im Sommer kann die Zuluft der Halle gekühlt zugeführt werden, um die Voraussetzungen für eine ganzjährige Präzisionsherstellung zu schaffen. Aus Effizienzgründen wurde beim Lüftungsgerät ein Kombiregister verwendet, welches sowohl den Kühllastfall als auch den Heizlastfall abdecken kann und entsprechend der jeweiligen Anforderung auf der Wasserseite hydraulisch bedient wird. Die Auslegung des Kombiregisters wurde hierbei für die Anwendungsfälle Brunnenwasserkühlung (14/18°C) und Niedertemperaturwärme (50/35°C) ausgelegt.

Hier zeigen sich jedoch bereits die Grenzen klassischer Grundwasserkühlung: bei Kaltwassertemperaturen von weniger als 10°C bzw. bei klassischen Klimakaltwassertemperaturen von 6°C ist der Einsatz in der Regel nicht möglich, d. h. auch, dass sie für jegliche Anwendungsfälle zur Entfeuchtung von Luft nicht geeignet ist.

Der in den letzten Jahren jedoch stark zunehmende Bereich der Oberflächenkühlung mittels Baumasse (BKT) bzw. Anwendungen mit kombinierten Heiz- und Kühldecken, entsprechend ausgelegten Kühlregistern mit trockener Kühlung der Luft und der große Bereich der industriellen Werkzeugmaschi-

nenkühlung im Temperaturbereich um ca. 15 - 20°C, sind prädestiniert für Grundwasserkühlung.

Da zum Betrieb der Brunnenwasserkühlanlage lediglich der Pumpenstrom für die Brunnenwasserpumpen benötigt wird, sind hier Leistungszahlen von > 20 in der Regel nahezu immer möglich.

Brunnenanlagen

Herz der gesamten Anlage sind die Grundwasserentnahme- und Einleitsysteme, in der Regel in Form von gebohrten Brunnenbauwerken. Hier empfiehlt sich die partnerschaftliche Zusammenarbeit mit erfahrenen Geologen und Brunnenbaufachfirmen be-

Grundwasserkühlung: Potentiale - Grenzen

Je nach geologischen Gegebenheiten besteht die Möglichkeit, im oberflächennahen Bereich bis ca. 20 m unter Gelände auf Grundwasservorkommen zu stoßen, die hinsichtlich ihrer chemischen Beschaffenheit (geringer Eisen- und Mangengehalt, etc.) für eine thermische Nutzung geeignet sind. Das Prinzip Grundwasserwärmepumpe wird seit vielen Jahren erfolgreich umgesetzt. Betrachtet man den jahreszeitlichen Temperaturverlauf des Grundwassers, sieht man, dass dieser sich weitgehend im Bereich um etwa 10°C bewegt, mit leicht zeitlich versetzten Temperaturverschiebungen zur Außentemperatur.

Je nach Aufgabenstellung sind hiermit Pumpenkaltwasservorlauftemperaturen von 12 - 14°C wirtschaftlich darstellbar. In der Regel wird hierzu das Grundwasser mittels Plattenwärmeübertragern im Gegenstrom mit dem Pumpenkaltwasserkreislauf verschaltet und entzieht dabei dem Pumpenkaltwasserkreislauf Energie.

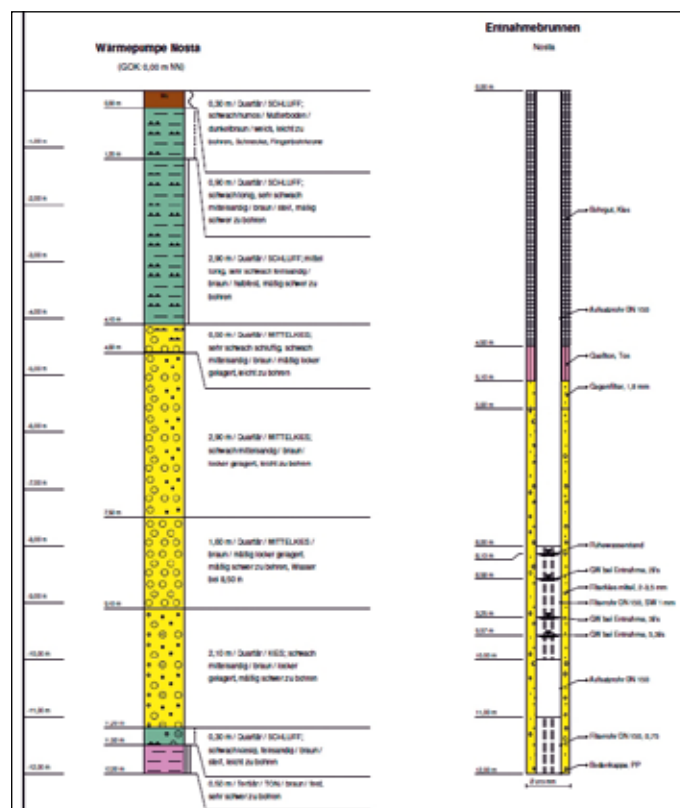


Abbildung 4: Brunnenausbauplan, Wasserentnahme ca. 10,50 m u. Gelände.



Abbildung 5: 4" - Unterwasserpumpe vor dem Einbau.

reits zu Beginn der Planungsüberlegungen. Häufig kann der Geologe und Brunnenfachmann aus vorhandenen Bodensondierungen von Baumaßnahmen der Vergangenheit (Rammkernsondierungen, etc.) bzw. aufgrund eingetragener Brunnenanlagen in der Umgebung eine erste Einschätzung über mögliche Grundwasserpotentiale liefern.

Probepumpungen mit 72-h-Pumpversuchen liefern im Weiteren die zu erwartenden Grundwasserpotentiale und werden durch chemische Analysen des Grundwassers in Bezug auf Werkstoffwahl und eventuell vorhandene Altlasten im Untergrund ergänzt.

All diese Schritte sind jedoch nur in Abstimmung und nach vorheriger Genehmigung durch die zuständigen unteren Wasserschutzbehörden, i.d.R. sind dies die Landratsämter, möglich und erfordern ei-

nigen planerischen und organisatorischen Aufwand. Auch hier empfiehlt sich dringend der fachkundige Rat und die Hilfe eines versierten Geologen. Sind alle planerischen und genehmigungsrechtlichen Hürden überwunden, wird in der Regel eine wasserrechtliche Genehmigung für die Dauer von 20 Jahren mit einer vorher festgelegten jährlich nutzbaren Wassermenge erteilt.

Beim Projekt der Firma NOSTA wurden zwei Entnahmekbrunnen und zwei Einleitbrunnen auf dem Gelände erstellt. Zusammen verfügen diese über eine nutzbare Grundwasserentnahmemenge von jährlich 300.000 m³ bei einer Entnahmelistung von max. 18 l/s. Bei einer nutzbaren Temperaturdifferenz des Grundwassers von 6 K entspricht dies einer maximalen Kühlleistung von 452 kW. Einziger Energiebedarf zur Erzeugung dieser Kälteenergie sind die beiden Unterwasserpumpen mit Drehzahlregelung. Bei einer elektrischen Leistungsaufnahme von knapp 7 kW je Pumpe im Betriebspunkt, ergibt dies eine theoretische Leistungszahl von etwa EER 32. Und dies auch im Sommer bei Außentemperaturen von über 30°C.

Berücksichtigt man Einschränkungen bei der Ausnutzung der möglichen Temperaturdifferenz zwischen Entnahme- und Wiedereinleittemperatur sowie Wirkungsgradverluste durch Drosselung, sind dennoch Arbeitszahlen EER > 20 die Regel.

Abwärmernutzung - Wärmepumpe als zusätzliche Effizienzquelle

Da die Produktionskühlung auch in den Wintermonaten benötigt wird, hier aber gleichzeitig der Bedarf an Heizenergie zur Hallenheizung abgedeckt werden muss, wurde durch den Einsatz einer Wärmepumpe das Abwärmepotential der Maschinenkühlung

genutzt und auf einem Temperaturniveau von max. 50°C der Belüftungsanlage der Halle zugeführt. Durch eine entsprechende lastabhängige hydraulische Schaltung wird sichergestellt, dass das zur Verfügung stehende Abwärmerniveau von etwa 18°C der Wasser/Wasser-Wärmepumpe zur Verfügung steht und dabei die Prozesskühlseite möglichst wieder auf 14°C abkühlt wird. Zum Einsatz kam hier eine Wasser/Wasser-Wärmepumpe des Herstellers Waterkotte mit FU geregelterm Verdichter. Bei einer Pumpenwarmwassertemperatur von 50/35°C werden hier 132 kW Nutzwärme bei lediglich 32 kW zugeführter elektrischer Energie benötigt. Gleichzeitig wird dem Prozesskühlkreis eine Energie von etwa 100 kW an Wärme entzogen, so dass hierdurch eine Leistungszahl von:

$$\text{COP} = \frac{\text{Gesamtnutzen}}{\text{Aufwand}}$$

$$\text{COP} = \frac{(132 \text{ kW} + 100 \text{ kW})}{32 \text{ kW}} = 7,25$$

erreicht wird.

Zusammen mit der Wärmerückgewinnung des Druckluftkompressors, welcher Hochtemperaturwärme bei etwa 75°C für die Brauchwarmwasserbereitung mittels Frischwasserstation und die diversen Heizkörper in den Büroräumen liefert, wurde hier eine hoch effiziente Kälte- und Wärmeenergieversorgung errichtet. Der Wärmehaushalt wird durch zwei Pufferspeicher mit einem Volumen von jeweils 1.750 l zeitlich ausgeglichen. Auf der Kälteseite wurde zur Sicherstellung entsprechender Laufzeiten der Wärmepumpe ein Puffervolumen von 1.000 Litern vorgesehen.

Gesamthydraulische Schaltung

Das gesamthydraulische Schaltbild zeigt die Zusammenhänge der vorbeschriebenen Anlage, bestehend aus den Hauptkomponenten:

- Brunnenwasserkühlung
- Wärmepumpe
- Lüftungsanlage
- WRG-Kompressor
- Pufferspeicher.

Da es sich beim beschriebenen Objekt um eine Werkerweiterung handelt, wurde im Weiteren auch eine entsprechende hydraulische Verknüpfung der Neuanlage mit der bestehenden Wärmeversorgung des Betriebes aufgebaut, um Wärmeenergie-mengen vom Alt- zum Neubaubereich und umgekehrt verschieben zu können. Um diese komplexen regelungstechnischen Zusammenhänge richtig abzubilden, wurde die gesamte Anlage mit einer DDC-Regelung inkl. Visualisierung ausgestattet und erlaubt so dem Anlagenbetreiber, alle Zusammenhänge übersichtlich angezeigt zu bekommen.



Abbildung 6: Plattenwärmübertrager mit Brunnenwasserseite.



Abbildung 7: Wasser/Wasser - Wärmepumpe.

Erste Betriebsergebnisse

Erste positive Ergebnisse des Kühlkonzeptes aus dem Sommer 2013 liegen bereits vor. Gleiches gilt auch für die Heizenergieversorgung im Herbst/Winter des zu Ende gegangenen Jahres 2013. Auch hier konnte das geplante Konzept die Erwartungen erfüllen.

Ausblick / Zusammenfassung

Das beschriebene Beispiel zeigt, welche energetischen Potentiale bei einer ganzheitlichen Planung einer Industriehalle inkl. deren Produktionsabläufen und -verfahren möglich sind. Das häufige Auftreten von Kühl- und Heizprozessen kann durch entsprechende Wärmepumpentechnologien auf den dafür notwendigen Temperaturniveaus abgebildet werden.

Kälteversorgungen mit entsprechend hohen Betriebszeiten, bei Temperaturniveaus ab etwa 14°C, sind mittels Grundwasser-

kühlung extrem wirtschaftlich. Industriekühlungen, Rechenzentren und dergleichen, sind hier einige Beispiele, welche von Gaiser Gebäudetechnik mit dieser Technik in der jüngsten Zeit erfolgreich umgesetzt werden konnten.

Bereits durch die Planung des entsprechenden Lüftungssystems mit Quellluftversorgung konnte der erforderliche Gesamtluftvolumenstrom der Halle reduziert werden. Die geschickte Auslegung der Wärmerückgewinnung inkl. der energetischen Einbindung der Absaugung sowie die Auslegung des Kombinationsregisters zum Heizen und Kühlen, ermöglicht die Nutzung von Grundwasserkälte und Wärmeversorgung auf Wärmepumpenniveau.

Das Projekt fand bereits überregionale Beachtung und wurde beispielsweise im Rahmen des LEW Innovationspreis 2013 entsprechend ausgezeichnet.

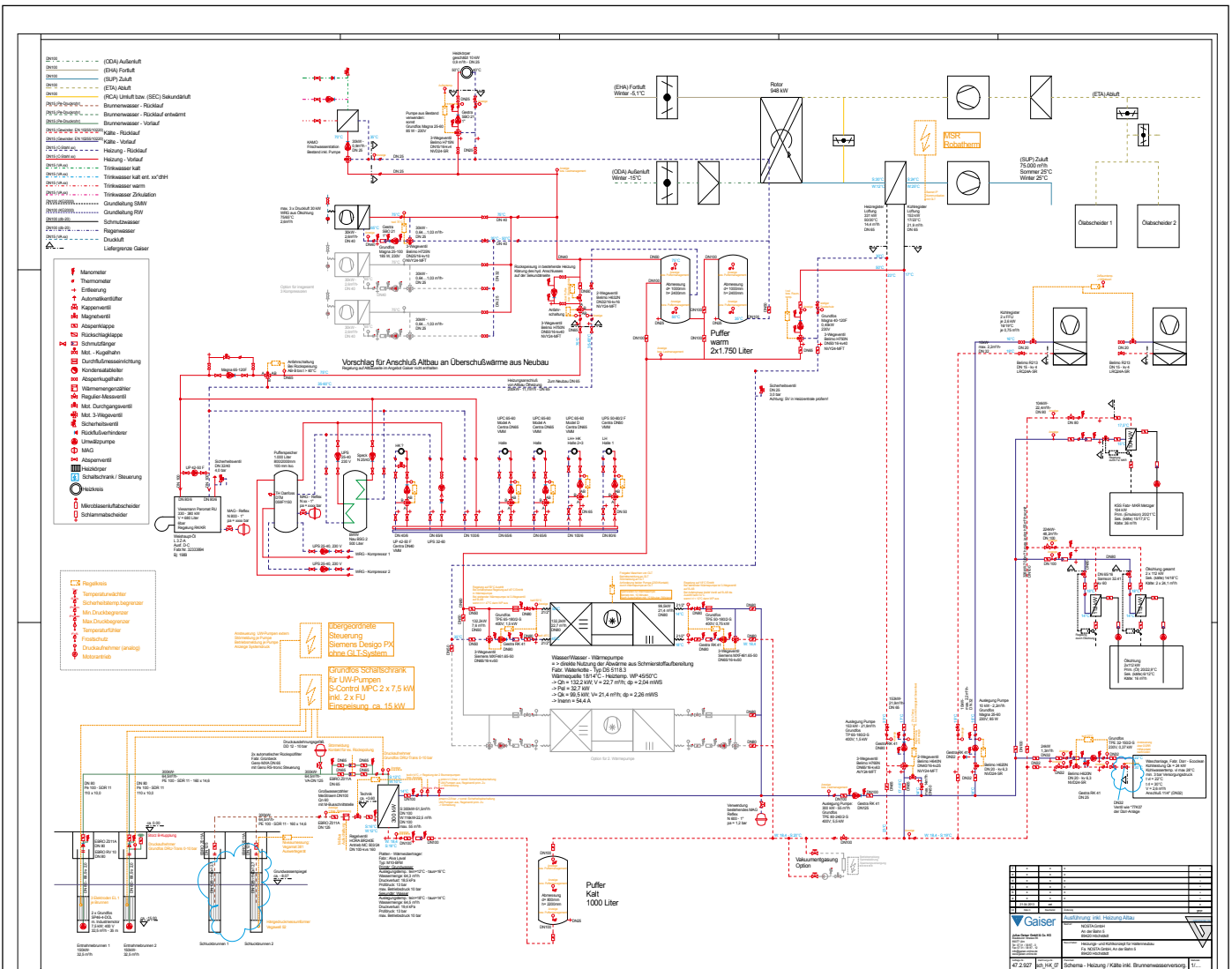


Abbildung 8: Hydraulisches Gesamtschema.