



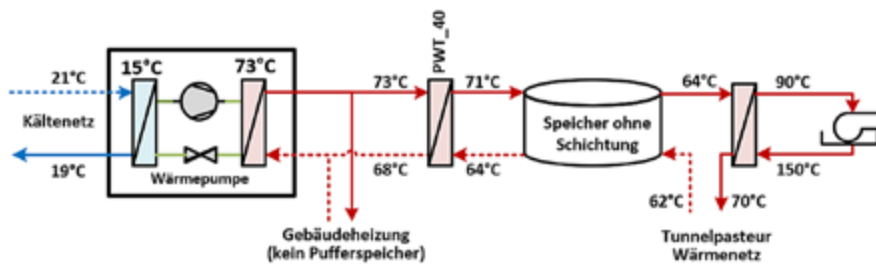
Wärmepumpen-Feldmessung (Teil 6)

Gross-Wärmepumpe für prozessintegrierten Einsatz

Feldschlösschen hat eine Gross-Wärmepumpe in eine bestehende Getränke-Pasteurierungsanlage integriert. Dies soll einen grossen Teil der fossilen Brennstoffe ersetzen und bis zu 300 t CO₂ pro Jahr einsparen. In einer Studie wurde untersucht, wie effizient die Wärmepumpe im Feld läuft und wo die Optimierungspotentiale liegen.

Text Ekaterina Möhr, Stefan Bertsch*
Bilder WPZ Buchs, Feldschlösschen

* beide von der
OST-Ostschweizer Fachhochschule



Grafik 1: Vereinfachtes Schema der Wärmepumpen-Einbindung bei Feldschlösschen.

Die Wärmeerzeugung in der Heizzentrale von Feldschlösschen erfolgt heute zu ca. 65% mit erneuerbarer Energie und zu ca. 35% aus Erdgas. Durch die Wärmepumpe mit einer Wärmeleistung von ca. 400 kW kann der Verbrauch an fossilen Brennstoffen signifikant reduziert werden.

	1 Mai – 27 Mai 2022 15min Auflösung	1 Jan - 27 Mai 2022 1h Auflösung	Sollwert Jahr
Betriebsstunden WP, Stunden	407	3123	5200
Betriebszeit WP, %	55 %	72 %	
Mediale Betriebszeit, Stunden	0.9	26	
Mittlere Heizleistung	210 kW	231 kW	
Produzierte Wärmemenge	135 MWh	815 MWh	1357 MWh
Elektrischer Energieverbrauch	43 MWh	258 MWh	
COP	3.1	3.2	
Gütegrad	51 %	49 %	
Tverd / Tkond, °C	15.7 / 72.2 (± 4K)	15.8 / 73.1 (± 4K)	
Anzahl Starts der WP	88	60	
CO2 Emission Ersparnis für Erdgas mit EF 201.6 gCO2/kWh*	27 to CO ₂	164 to CO ₂	274 to CO ₂
CO2 Emission Ersparnis für Heizöl mit EF 318 gCO2/kWh*	43 to CO ₂	259 to CO ₂	432 to CO ₂

* CO₂-Emissionsfaktor (EF) für Erdgas und Heizöl ist von BAFU «Faktenblatt CO₂-Emissionsfaktoren für die Berichterstattung der Kantone», 2018.

Bei Feldschlösschen werden mikrobiologisch sensible Produkte (Biermischgetränke und alkoholfreie Biere) und Dosen via Tunnelpasteur wärmebehandelt. Das Aufheizen und Abkühlen erfolgt passiv in Rekuperationszonen des Apparats. Gleichwohl muss, um die notwendige Auslauftemperatur der Produkte zu erreichen, aktiv gekühlt werden (ab Kühlturm oder mit Wasser ab Netzversorgung) und fehlende Wärme zugeführt werden. Aufgrund der hohen Nutzungsdauer von ca. 5200 h/a eignet sich der Tunnelpasteur sehr gut für einen grosstechnisch, prozessintegrierten Einsatz einer Wärmepumpe.

Zu 65% mit erneuerbarer Energie

Die Wärmeerzeugung in der Heizzentrale von Feldschlösschen erfolgt heute zu ca. 65% mit erneuerbarer Energie und zu ca. 35% aus Erdgas. Durch die Installation einer Wärmepumpe mit einer Wärmeleistung von ca. 400 kW kann der Verbrauch an fossilen Brennstoffen signifikant reduziert werden. Um eine gute Datengrundlage für Optimierungen und Auswertungen zu ermöglichen, wurde das System mit umfassender Messtechnik und Software zur Auswertung ausgerüstet.

Ein vereinfachtes Schema (Grafik 1) zeigt das Einbindungsprinzip der Wärmepumpe, die einen signifikanten Teil des Heizbedarfs vom Gebäude und dem Tunnelpasteur

abdeckt. Als Wärmequelle wird Kühlwasser aus Kühlzonen genutzt, das nicht direkt für die Rekuperation verwendet werden kann. Eine weitere Wärmequelle ist Abwärme von der Druckluftzentrale. Wenn nicht genügend Abwärme vorhanden ist, wird die Heizleistung der Wärmepumpe dementsprechend reduziert.

Im Rahmen des Projekts wurden Messdaten vom Jahr 2022 (Januar bis Ende Mai) im Stundentakt, sowie Daten mit 15-Minuten-Zeitauflösung im Monat Mai 2022, erfasst. Die Kennwerte der Messdaten sind in der Tabelle zusammengefasst.

Beurteilung des Systems:

- Die Wärmepumpe für die vorliegende Anwendung ist gut dimensioniert und erreicht etwa 50% Gütegrad.
- Im Frühsommer ist die Wärmepumpe zu 68% ausgelastet, was etwa 300 kW Heizleistung entspricht. Im Winter bringt die WP 400 kW Heizleistung und ist somit zu 90% ausgelastet.
- Die Laufzeiten der Wärmepumpe sind sehr gut. Der mediale Wert während der Messperiode beträgt 26 Stunden, wobei sie im Winter kontinuierlich während knapp 500 Stunden ohne Unterbruch lief (Grafik 2).
- Dank dem Betrieb der Wärmepumpe wurden während der Messperiode Januar bis Mai 2022 insgesamt 164 t CO₂

Übersicht Messdaten vom Jahr 2022: Messdaten im Mai mit 15 Minuten Zeitauflösung und Januar bis Ende Mai mit 1 Stunde Zeitauflösung. Jahressollwert von 5200 Betriebsstunden entspricht den Angaben von Feldschlösschen, Jahresenergieverbrauch ist extrapoliert von Messdaten Januar bis Mai.

gespart (Versorgung der Wärmepumpe mit 100% zertifizierter Elektrizität aus erneuerbaren Quellen). Dieser Effekt kann auf das gesamte Jahr (5200 Betriebsstunden) extrapoliert werden. Die Jahres-CO₂-Einsparung beträgt somit 274 t CO₂.

- Während der warmen Monate und bei reduziertem Wochenendbetrieb weist die Wärmepumpe viele kurze Starts auf (kürzer als 15 Minuten). Dies wird analysiert und durch Anpassungen in der Einbindung/Regelung bekämpft, um eine unnötige Alterung der Wärmepumpe zu vermeiden.

Gemäss Messdaten ...

... läuft die Wärmepumpe während der Woche konstant mit einer Heizleistung von ca. 300 kW (max. 400 kW im Januar). Jeweils am Wochenende und an Feiertagen



Bei Feldschlösschen werden mikrobiologisch sensible Produkte (Biermischgetränke und alkoholfreie Biere) und Dosen via Tunnelpasteur wärmebehandelt.

wird die Heizleistung in den Wintermonaten auf ca. 100 kW und ab April bis auf das Minimum reduziert, um ausschliesslich den Heizbedarf der Gebäude zu decken. Während der Übergangszeit im April bis Mai ist der Heizbedarf sehr gering und es kommt zum häufigen Takten der Wärmepumpe (Grafik 2). Dies ist in den Messdaten mit 15 Minuten Zeitaufösung gut ersichtlich.

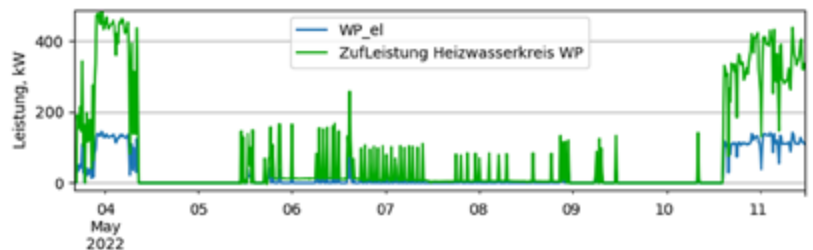
Grafik 3 zeigt einen solchen Zeitabschnitt mit häufigem Takten. Da die Wärmeleistung während des Taktens auf einem sehr niedrigen Wert läuft, dürfte es sich um ein hydraulisches Problem mit zu geringer Speicherkapazität handeln. Hierzu wäre eine Lösung mit Pufferspeicher überlegenswert. Zurzeit verfügt der Gebäude-Heizkreislauf über keinen Pufferspeicher, somit kann das häufige Takten nur bedingt steuertechnisch verbessert werden. Es werden folgende Massnahmen weiterverfolgt:

- Die Gebäudebeheizung wird mit einer grösseren Temperaturhysterese gefahren.
- Ein zusätzliches Gebäude wird an das Heizsystem angeschlossen. Dies wird das Wasservolumen im System vergrössern und bei einem geringen Heizbedarf das Takten reduzieren. Zudem wird die Wärmepumpe auch während des Wochenendbetriebs in den Wintermonaten besser ausgenutzt.

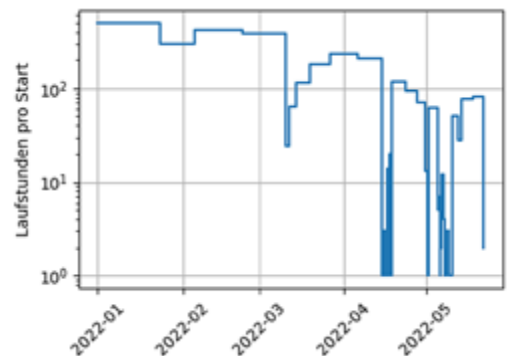
Effizienz der Wärmepumpe und Dimensionierung der Peripherie

Im Volllastbetrieb läuft die Wärmepumpe mit einer konstanten Kondensationstemperatur von ca. 75 °C, die Verdampfungstemperatur variiert dabei zwischen 10 °C und 20 °C (Grafik 4, links), direkt abhängig von der Quellenrücklauftemperatur. Der COP der Wärmepumpe ist stark vom Temperaturhub abhängig. Pro 1 K Hub sinkt der COP um etwa 2,7 % (Grafik 4, rechts). Die Kondensationstemperatur der Anlage

Grafik 3: Beispiel von vielen kurzen Starts der Wärmepumpe im Mai 2022. «ZufLeistung Heizwasserkreis WP» entspricht der Heizleistung und «WP_el» der elektrischen Aufnahmeleistung der Wärmepumpe.



Grafik 2: Laufstunden der Wärmepumpe pro Start.



ist von der Heizwasser-Vorlauftemperatur im Tunnelpasteur direkt abhängig. Um diese möglichst tief zu halten, wird in der Anlage die Vermischung von kälterem Rücklaufwasser aus den Heizzonen des Tunnelpasteurs auf das Minimum reduziert. Dies senkt die Kondensationstemperatur und erhöht somit die Effizienz der Wärmepumpe.

Die kleinen Temperaturspreizungen von 1,5 K bis 4 K im Vor- und Rücklauf von Kondensator und Verdampfer sowie an dem Plattenwärmetauscher PWT_40* sprechen für eine gute Auslegung der Wärmepumpe und Peripherie.

Fazit: 270 t CO₂ pro Jahr einsparen

Der Einsatz einer Wärmepumpe für den Tunnelpasteur bei Feldschlösschen erweist sich als sehr sinnvoll. Der stabile Arbeitspunkt hat eine gute Dimensionierung der Wärmepumpe ermöglicht. Dies wird durch

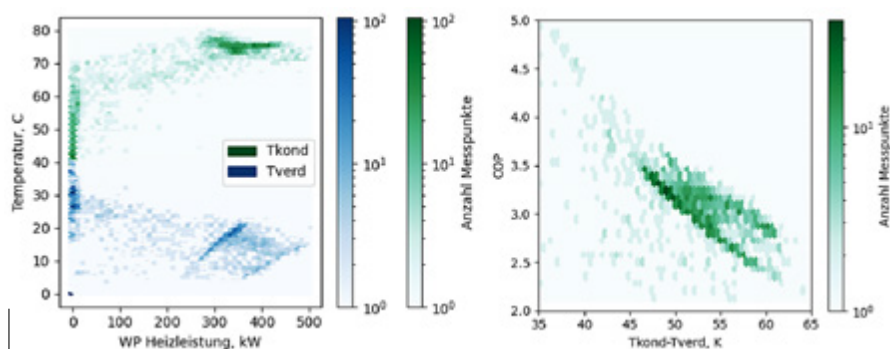
*PWT_40 ist ein Plattenwärmetauscher zwischen dem Heizwasserverteilsystem für den Tunnelpasteur und dem Sekundärkreislauf von der Wärmepumpe an der Senkenseite (Grafik 1).

einen hohen im Feld gemessenen Gütegrad von ca 50 % bestätigt. Die Wärmepumpe erreicht eine gute Effizienz von ca. 3,2 bei einem Temperaturhub von etwa 57 K und einer Kondensationstemperatur von 73 °C. Die Temperaturabstände in den Wärmetauschern sind klein und die Messdaten sind vertrauenswürdig.

Im Normalbetrieb sind die Laufzeiten der Wärmepumpe sehr gut, nur im tieferen Lastbereich kommt es zu einem häufigeren Takten des Kompressors. Hierzu werden bereits seitens Feldschlösschen einige Massnahmen ergriffen.

Obwohl die Datenlage keine abschliessende Analyse erlaubt, scheint die Wärmepumpe insgesamt aber gut integriert zu sein. Unter Annahme einer mittleren Heizleistung der Wärmepumpe von ca. 230 kW lassen sich etwa 270 t CO₂ pro Jahr einsparen.

Bei der aktuellen turbulenten Lage auf dem Energiemarkt lässt sich die Rückzahlung der Investition schlecht abschätzen. Die gesamte Investitionssumme für die Aufrüstung der Pasteuranlage mit der 400-kW-Wärmepumpe liegen bei rund



Grafik 4: Kondensations-/Verdampfungstemperatur vs. Heizleistung der Wärmepumpe (links), Effizienz der Wärmepumpe vs. Temperaturhub ($T_{\text{kond}} - T_{\text{verd}}$) der Wärmepumpe (rechts).

500 000 Franken, inklusive der umfangreichen Messtechnik für die ingenieurtechnische Auswertung der Anlage durch die Fachhochschule (etwa 20% der Gesamtkosten).

Bei Gas- und Strompreisen für Industriekunden in der Schweiz von etwa 15 Rp/kWh zum Zeitpunkt der Installation würde die Wärmepumpe sich in etwa 7,5 Jahren amortisieren. Dank einer BFE-Förderung von rund 30% reduziert sich diese Frist auf etwa 5,5 Jahre. Die stetig steigenden Gaspreise werden die bis jetzt eher geringe Wirtschaftlichkeit einer solchen Aufrüstung in Zukunft sehr wahrscheinlich noch deutlich verbessern. ■

ost.ch

wpz.ch



ALLES ZUR
OPTIARMATUR-
UP-BOX MIT
OPTIFLEX-
VERTEILER-BOX:
JETZT
SCANNEN.



NUSSBAUM_{RN}

An alles gedacht.

NEU: DIE UP-BOX MIT VERTEILER-BOX! PERFEKTE KALT- UND WARMWASSERTRENNUNG MIT HANFFREIEN VERBINDUNGSTECHNIKEN

Neu ist die Optiarmatur-UP-Box mit der gedämmten Optiflex-Verteiler-Box erhältlich. Diese überzeugt mit den beiden sicheren, innovativen und hanffreien Verbindungstechniken: der Schnellkupplung und den Steckübergängen – und ist auch mit den Nussbaum Systemen Optipress-Aquaplus, Optiflex-Profix und Optiflex-Flowpress sowie den Systemen anderer Anbieter kompatibel. Die beiden Boxen trennen Kalt- und Warmwasser bis zum Anschluss auf die Etagenverteilung im Einzelzapfstellensystem. Übrigens: Demnächst ist die Optiarmatur-UP-Box mit der Optiflex-Verteiler-Box im Konfigurator objektspezifisch erhältlich. nussbaum.ch/up-box