

Großwärmepumpen-Integration an Kraftwerksstandorten aus dem Blickwinkel des Generalplaners

Praxisbeispiel WPA2 am Grosskraftwerk Mannheim

Olaf Thun

Einleitung

Großwärmepumpen gelten als Schlüsseltechnologie für die Dekarbonisierung der Fernwärme. An bestehenden Kraftwerksstandorten entscheidet jedoch nicht allein die Wärmepumpe über den Projekterfolg, sondern vor allem ihre sichere und zuverlässige Integration in vorhandene technische Systeme. Das Projekt WPA2 am Grosskraftwerk Mannheim zeigt exemplarisch, wie Flusswasser, Fernwärme, elektrische Anbindung, Leittechnik, Sicherheit, Verfügbarkeit, Bau und Inbetriebnahme zu einem abgestimmten Gesamtsystem zusammengeführt werden müssen. Als Generalplaner

begleitet die INP Deutschland GmbH die Planung und Umsetzung komplexer Energieinfrastrukturprojekte. Der Beitrag beschreibt die wesentlichen planerischen, technischen und organisatorischen Anforderungen bei der Integration einer Großwärmepumpe an einem bestehenden Kraftwerksstandort und zeigt anhand des Projekts WPA2, warum insbesondere die frühzeitige Abstimmung aller Schnittstellen entscheidend für eine erfolgreiche Umsetzung ist.

Technisches Systemkonzept am Beispiel WPA2

Großwärmepumpen werden häufig über ihre Grundfunktion beschrieben: Sie entziehen einer Umweltquelle Wärme, heben diese mithilfe elektrischer Energie auf ein nutzbares Temperaturniveau an und speisen sie in ein Wärmenetz ein. Für ein Projekt an einem bestehenden Kraftwerksstandort reicht diese Betrachtung jedoch nicht aus. Dort

muss die Wärmepumpe in vorhandene Wasserwege, Fernwärmesysteme, Hoch- und Mittelspannungsanlagen, Leittechnik, Betriebsvorgaben, Sicherheitskonzepte und Bauabläufe eingebunden werden. Das Projekt WPA2 am Standort des Grosskraftwerks Mannheim (GKM) verbindet einen Kraftwerksstandort mit bestehender Strom- und Fernwärmeerzeugung mit den Anforderungen einer zukunftsfähigen Wärmeversorgung (Bild 1). Die MVV realisiert hier eine Großwärmepumpe, um die Fernwärmeauskopplung aus konventionellen Kraftwerken durch eine regenerative Wärmequelle zu ergänzen und langfristig teilweise zu ersetzen. Damit wird der bestehende Kraftwerksstandort nicht ersetzt, sondern technisch weiterentwickelt.

Das Anlagenprinzip ist eindeutig: Flusswasser aus dem Rhein dient als Wärmequelle, elektrische Energie treibt die Verdichter des Kältemittelkreislaufs an und die erzeugte Wärme wird in das Fernwärmenetz eingespeist. Für die Generalplanung stehen je-

Autor

Dr. Olaf Thun
Projektleiter Energie- und
Wärmeversorgung
INP Deutschland GmbH
Römerberg, Deutschland



Bild 1. Grosskraftwerk Mannheim, Foto: Dirk Schatz / www.photo-schatz.de.

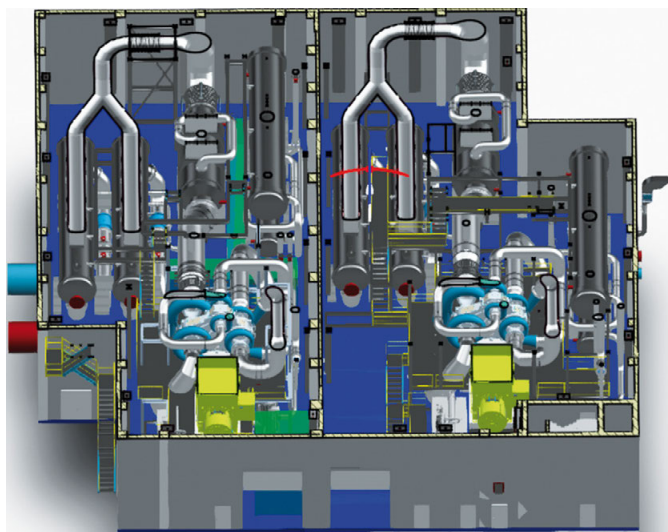


Bild 2. Aktueller Planungsstand: Innenansicht 3D-Modell Wärmepumpe WPA2. Quelle: STRABAG Umwelttechnik.

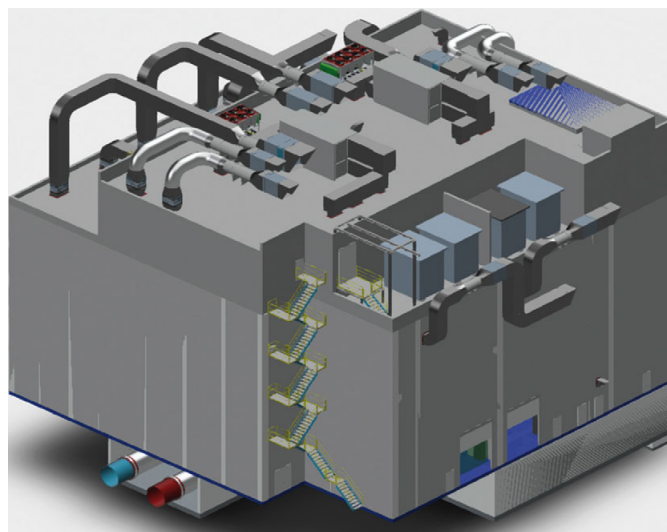


Bild 3. Aktueller Planungsstand: Außenansicht 3D-Modell Wärmepumpe WPA2. Quelle: STRABAG Umwelttechnik.

doch nicht allein diese drei Energieflüsse im Mittelpunkt. Entscheidend sind ebenso Leistungsdaten, Massenströme, Temperaturniveaus, Anschlussbedingungen, Mediengrenzen und sicherheitstechnische Anforderungen. Für WPA2 sind zwei Wärmepumpen mit jeweils bis zu $82,5 \text{ MW}_{\text{th}}$ vorgesehen. Zusammen ergibt sich eine thermische Gesamtleistung von $165 \text{ MW}_{\text{th}}$. Die Einbindung erfolgt in das Fernwärmenetz der MVV mit einer maximalen Vorlauftemperatur von 130°C . Als Kältemittel ist Iso-Butan vorgesehen, mit einer Füllmenge von ca. 60 t je Wärmepumpe. Die Verdichter werden jeweils durch einen Antriebsmotor mit ca. $34 \text{ MW}_{\text{el}}$ betrieben. Die elektrische Einbindung erfolgt auf 10 kV mit Anfahrumsrichter.

Auf der Quellenseite wird Rheinwasser über ein bestehendes Entnahmebauwerk genutzt. Die maximale Flusswassermenge beträgt einschließlich der bereits für WPA1 benötigten Wassermenge $10,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Für die Förderung sind zwei neue Flusswasserpumpen mit einer elektrischen Leistung von jeweils $1,3 \text{ MW}_{\text{el}}$ sowie Frequenzumrichter vorgesehen. Der Transport erfolgt über GFK-Rohrleitungen mit einem Durchmesser von zwei Metern vom bestehenden Pumpenhaus zum neuen Gebäude der WPA2 und anschließend zurück in den Rhein.

Diese technischen Eckdaten verdeutlichen, dass sich eine Großwärmepumpe nicht als einzelnes Aggregat betrachten lässt. Die Flusswasserseite bestimmt Rohrleitungsführung, Pumpen, Bauabläufe und Hydraulik. Die Fernwärmeite definiert Temperaturanforderungen, Einbindung und Betriebsweise (Bild 2 und 3). Gleichzeitig muss die Elektrotechnik die hohen Antriebsleistungen zuverlässig bereitstellen. Hinzu kommen Anforderungen des Kältemittelkreislaufs an Aufstellung, Überwachung, Sicherheitsfunktionen und Genehmigung. Erst das Zusammenspiel dieser Gewerke macht aus standardisierter Technik eine standortspezifische Anlage.

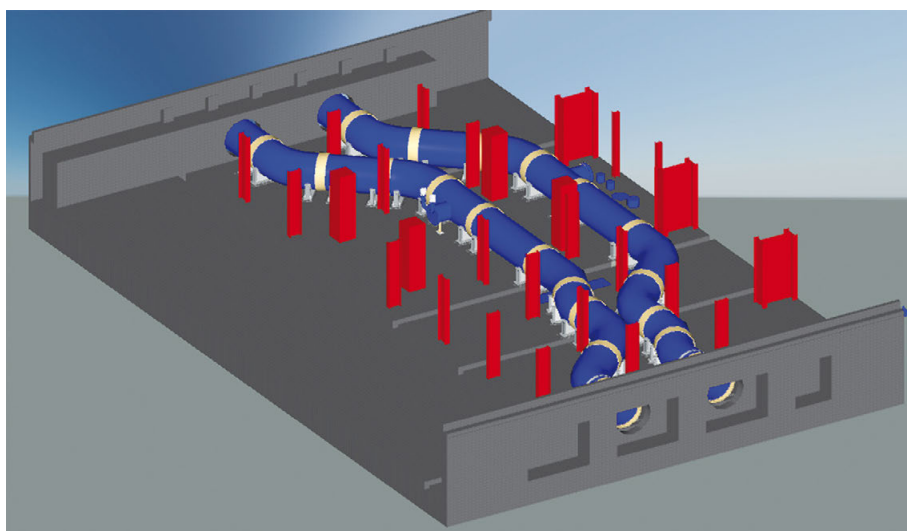


Bild 4. Aktueller Planungsstand: Verlauf der Rheinwasserleitung durch den Keller Block 8. Quelle: STRABAG Umwelttechnik.

Integration in den bestehenden Kraftwerksstandort

Die Integration am GKM Mannheim ist nicht mit einer Anlage auf freier Fläche vergleichbar. Neue Komponenten müssen zwischen bestehenden Gebäuden, Verkehrswegen, Medienführungen, elektrischen Anlagen, Wasserbauwerken und betrieblichen Sperrflächen ihren Platz finden (Bild 4). Zum Integrationsraum gehören unter anderem das Wärmepumpengebäude, das Trafogebäude, Rohrbrücken, Flusswasserpumpen, die Stickstoffversorgung sowie brand-schutztechnische Einrichtungen. Jede Rohrleitung und jedes Kabelsystem ist dabei zugleich technisches Anlagenelement, Schnittstelle zum Bestand und späterer Betriebspunkt. Besonders prägend ist die großdimensionierte Flusswasseranbindung. Rohrleitungen der Nennweite DN 2000 lassen sich nicht nachträglich beliebig verschieben. Sie beeinflussen die Fundamentplanung, Baugruben, Montageabläufe, Verkehrsflächen sowie Kreuzungen mit bestehenden Medien. Gleichzeitig müssen Fernwärmean-

bindung, Transformatorenstandorte und Kabeltrassen so geplant werden, dass sowohl die Montage als auch die spätere Instandhaltung uneingeschränkt möglich bleiben. Für den Generalplaner entsteht daraus die Aufgabe, sämtliche technischen Systeme so aufeinander abzustimmen, dass neue und bestehende Anlagen dauerhaft zuverlässig zusammenarbeiten. Entscheidend ist nicht die einzelne Komponente, sondern ihr Zusammenspiel im Gesamtsystem.

Generalplanung als technische Klammer

Für INP beginnt Generalplanung nicht mit der Addition einzelner Fachplanungen, sondern mit einer tragfähigen Struktur des Gesamtprojekts. Bereits in der frühen Machbarkeitsphase müssen Flächenverfügbarkeit, Wasserentnahme, Fernwärmeanbindung, elektrische Leistung, Genehmigungsfähigkeit, Kosten, Termine und Bauabläufe gemeinsam bewertet werden. Ein positives Ergebnis in einer Disziplin reicht nicht aus, wenn eine andere die Umsetzung des Ge-

samtprojekts beeinträchtigt. Die Aufgaben reichen von Machbarkeit, Vorplanung sowie Ausschreibung und Vergabe über die Erstellung der Genehmigungsunterlagen und die Planung der einzelnen Lose bis hin zu Bau, Montage, Inbetriebsetzung, Probetrieb und Abnahme. Generalplanung bedeutet für INP technische Schnittstellen nicht isoliert zu betrachten, sondern alle Fachdisziplinen frühzeitig miteinander zu verzahnen. Erst wenn Verfahrenstechnik, Elektrotechnik, Leittechnik, Bau und Genehmigung von Beginn an gemeinsam geplant werden, entsteht ein belastbares Gesamtsystem.

Elektro-, Leit- und Informationstechnik als Schlüsselgewerke

Die Elektro-, Leit- und Informationstechnik ist bei der WPA2 kein nachgeordnetes Hilfsgewerk, sondern ein wesentlicher Bestandteil der Anlagenintegration. Sie beeinflusst maßgeblich Leistungsfähigkeit, Sicherheit, Verfügbarkeit und Bedienbarkeit der Gesamtanlage. Vorgesehen ist die Netzanbindung über eine bestehende 110-kV-Schaltanlage. Hierzu gehören zwei neue 110-kV-Schaltfelder, zwei 110-kV-Kabelsysteme zu den Transformatoren, zwei 50/63-MVA-Transformatoren (110/10 kV) sowie jeweils vier 10-kV-Kabelsysteme zur WPA2. Diese Auslegung verdeutlicht, dass die Wärmepumpe elektrisch nicht als gewöhnlicher Verbraucher betrachtet werden kann. Die Verdichterantriebe mit jeweils ca. 34 MW_{el}, die Flusswasserpumpen mit jeweils 1,3 MW_{el} und die Nebenaggregate prägen Schaltanlagenkonzept, Transformatorauslegung, Kabeldimensionierung, Schutztechnik, Anfahrverhalten und Redundanz. Die elektrische Infrastruktur wird damit Teil der Prozessfähigkeit der Gesamtanlage. Die enge Abstimmung zwischen Elektro- und Leittechnik bildet die Grundlage für einen sicheren und zuverlässigen Anlagenbetrieb. Ebenso anspruchsvoll ist die Leittechnik. Eine Großwärmepumpe ist aus verfahrenstechnischer Sicht eine Kälteanlage mit anlagenspezifischer Leittechnik, eigener Kennzeichnung, herstellerbezogenen Normen und Herstellervorgaben. Der Kraftwerksstandort arbeitet dagegen mit Kraftwerksleittechnik T3000, KKS, kraftwerkstypischen Vorgaben und Werksnormen. Signale, Betriebsarten, Verriegelungen, Störmeldungen, Abschaltketten und Bedienbilder müssen so ausgelegt werden, dass sich die neue Anlage eindeutig und sicher in den bestehenden Kraftwerksbetrieb integrieren lässt.

Sicherheit, Redundanz und Verfügbarkeit

Verfügbarkeit entsteht bei einer Anlage dieser Größenordnung nicht erst im Betrieb, sondern in der Systemarchitektur. Für WPA2 sind wichtige Messstellen, mehrfache Geber, 2v3-Messungen und SIL-Betrachtungen re-

levant. Das Redundanzkonzept ist so auszulegen, dass ein einzelner Ausfall maximal 50 % der Anlagenleistung betrifft. In Teilbereichen ist eine 3 x 50 %-Auslegung vorgesehen, beispielsweise bei Fernwärmepumpen. Auch Nebenaggregate, beispielsweise Lüfter der Frequenzumrichter, sind Bestandteil dieses Konzepts. Der planerische Anspruch besteht darin, nicht nur Hauptaggregate redundant auszulegen. Eine Wärmepumpe kann nur verfügbar sein, wenn Flusswasserförderung, Kältemittelkreislauf, Verdichterantrieb, Wärmeübertragung, Fernwärmeinbindung, elektrische Versorgung, Hilfsysteme, Messstellen, Sicherheitsfunktionen und Leittechnik gemeinsam funktionieren. Sicherheitsfunktionen müssen daher bereits frühzeitig in P&IDs, Funktionsbeschreibungen, Messstellenlisten, Ursache-Wirkungs-Matrizen sowie in die Elektro- und Leittechnikplanung, Ausschreibungen und Inbetriebnahmekonzepte integriert werden.

Projektentwicklung, langfristige Beschaffungspositionen und Lessons Learned

Die Projektentwicklung einer Großwärmepumpe am Kraftwerksstandort dauert mehrere Jahre. Sie umfasst Vorplanung, Ausschreibung, Genehmigungsverfahren, Planung der Los-Lieferanten, Fertigung der Bauteile, Bau, Montage, Inbetriebnahme, Probetrieb und Abnahme. Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei langfristigen Beschaffungspositionen, insbesondere Transformatoren, Wärmetauschern und Verdichtern. Eine wesentliche Erfahrung lautet: Terminplanung beginnt nicht mit dem Bau, sondern mit der Systementscheidung. Trans-

formatoren, Verdichter, Wärmeübertrager, große Rohrleitungen, Pumpen, Schaltanlagen und Leittechnik müssen früh in ein gemeinsames Termin- und Schnittstellenmodell eingebunden werden. Ebenso entscheidend ist eine klar strukturierte Losplanung. Losgrenzen sind nicht nur Einkaufsgrenzen; sie müssen technische Verantwortung, Dokumentation, Prüfung und Inbetriebnahme eindeutig abbilden. Den Abschluss bilden Systemtests, Betriebsartenprüfungen, Redundanznachweise sowie eine strukturierte Übergabe an den späteren Betrieb.

Fazit: Beherrschbare Technologie, anspruchsvolle Integration

Das Projekt WPA2 am GKM Mannheim zeigt exemplarisch: Die Großwärmepumpe ist als Technologie beherrschbar. Ihre erfolgreiche Umsetzung an einem bestehenden Kraftwerksstandort entscheidet sich jedoch an den Schnittstellen. Flusswasser, Fernwärme, Hochspannung, Mittelspannung, Leittechnik, Kältemittelkreislauf, Bauwerk, Bestandssysteme, Sicherheit, Genehmigung, Montage und Inbetriebnahme müssen zu einem belastbaren Gesamtsystem zusammengeführt werden. Standardisierte Technik bedeutet noch keine standardisierte Anlage. Am Kraftwerksstandort wird die Großwärmepumpe erst durch konsequente Generalplanung zu einer funktionsfähigen und betrieblich integrierbaren Wärmeerzeugungseinheit. Wer die Schnittstellen früh versteht, sauber spezifiziert und bis zur Inbetriebnahme verfolgt, reduziert Risiken dort, wo sie in komplexen Projekten am häufigsten entstehen: an den Übergängen zwischen den Gewerken.

Abstract

Large-scale heat pump – integration at power station sites from the perspective of the master planner

Large-scale heat pumps are often described in terms of their basic function: they extract heat from an environmental source, use electrical energy to raise it to a usable temperature, and feed it into a heating network. However, this approach is not sufficient for a project at an existing power station site. There, the heat pump must be integrated into existing water circuits, district heating systems, high- and medium-voltage installations, control systems, operational specifications, safety concepts and construction processes. The WPA2 project at the Grosskraftwerk (GKM) Mannheim site combines a power station site with existing electricity and district heating generation with the requirements of a sustainable heat supply. MVV is implementing a large-scale heat pump here to supplement – and, in the long term, partially replace – district heating extracted from conventional power stations

with a renewable heat source. This does not replace the existing power station site, but rather further develops it technically.

The WPA2 project at the GKM Mannheim serves as a prime example: the large-scale heat pump is a manageable technology. However, its successful implementation at an existing power station site depends on the interfaces. River water, district heating, high-voltage and medium-voltage systems, control technology, the refrigerant circuit, the building structure, existing systems, safety, planning permission, installation and commissioning must all be integrated into a robust overall system. Standardised technology does not automatically mean a standardised plant. At the power station site, it is only through consistent overall planning that the large-scale heat pump becomes a functional heat generation unit that can be integrated into operations. Those who understand the interfaces early on, specify them clearly and monitor them right through to commissioning reduce risks where they most frequently arise in complex projects: at the interfaces between the various trades.