

Abwärme für Bestand und Neubau über kalte Nahwärme im Shamrockpark Herne

Bestand und Neubau, die Erschließung bisher ungenutzter Wärmequellen auf niedrigem Temperaturniveau und smarte Sektorenkopplung – der Shamrockpark in Herne konzentriert auf der Quartiersebene viele Herausforderungen und Chancen, die auch für die Wärmewende insgesamt von größter Relevanz sind.

Der Shamrockpark in Herne umfasst 11 Bestandsgebäude, die derzeit um 15 geplante Neubauten ergänzt werden. Anknüpfend an eine eng mit dem Thema Energie verknüpfte Geschichte entsteht damit ein heterogenes Mischquartier mit großem Potenzial für ein besonders effizientes Energiesystem. Als lokale Wärmequellen stehen dazu die Abwärme eines benachbarten Industrieunternehmens und eines Rechenzentrums im Quartier zur Verfügung. Ziel ist es, unter diesen Voraussetzungen eine möglichst effiziente und klimaneutrale Versorgung der Gebäude mit Wärme und Kälte zu realisieren. Wichtige Aspekte sind dabei sowohl die Einbindung der Bestandsgebäude als auch die Sektorenkopplung zwischen thermischer Seite und dem Stromnetz.

Als Lösung für diese Zielstellung wird im Shamrockpark ein kaltes, bidirektionales Wärme- und Kälte-

netz umgesetzt. Dafür ist der Shamrockpark Teil des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz als „Reallabor der Energiewende“ geförderten Forschungsprojekts Trans-Urban-NRW. In diesem Projekt werden solche Wärme- und Kältenetze der fünften Generation an vier Standorten in Nordrhein-Westfalen (NRW) unter verschiedenen Randbedingungen geplant, umgesetzt und im Betrieb optimiert. Der Shamrockpark enthält dabei im Vergleich mit den drei weiteren Demonstrationsquartieren den höchsten Anteil an Bestandsgebäuden und das größte lokale Abwärmepotenzial.

Ausgangslage und Simulation der Gebäudebedarfe

Bild 1 zeigt den Shamrockpark mit Gebäuden und thermischem Netz sowie den Standort der Energiezentrale. Die Darstellung stammt

aus dem Heatbeat-Digital-Twin, der als digitaler Zwilling des Quartiers sowohl die Daten des Quartiers erfasst als auch dynamische Simulationsmodelle enthält. Dabei sind die Bestandsgebäude in Weiß gehalten und die geplanten Neubauten in Blau gezeichnet. Darüber hinaus ist in Rot der Trassenverlauf des Wärme- und Kältenetzes mit einer Gesamtlänge von etwa 2 km zu sehen.

Bezüglich der Nutzungsarten handelt es sich um ein heterogenes Quartier. Darin enthalten sind sowohl Wohngebäude im Norden als auch viele Nicht-Wohngebäude, die z. B. Büroflächen, ein Hotel, eine Kantine und ein Gesundheitszentrum umfassen. Und aus energetischer Sicht besonders wichtig ist, dass in einem der Bestandsgebäude ein Rechenzentrum ertüchtigt wird. Damit entsteht im Quartier zusätzlich zu den Wärmebedarfen für Heizwärme und Trinkwarm-

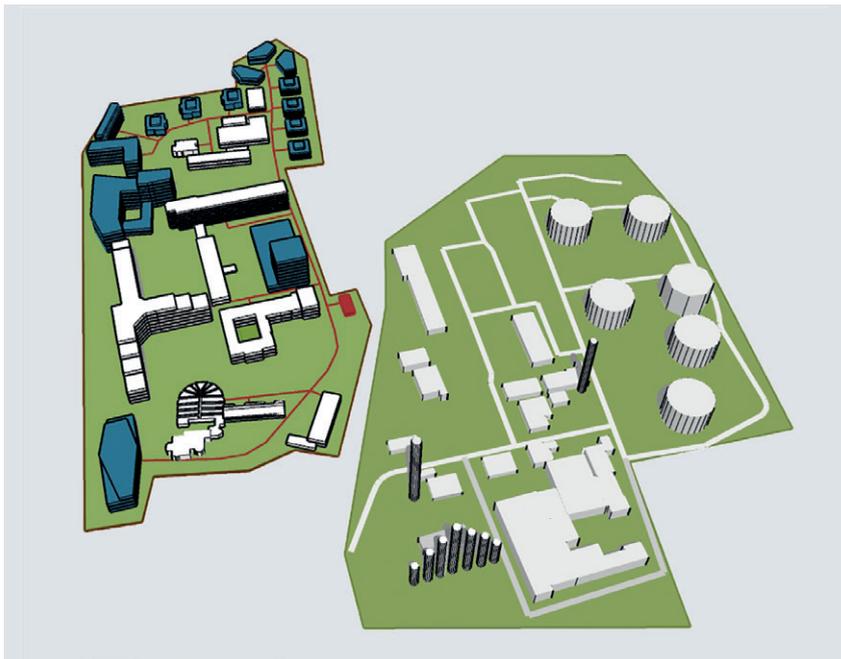


Bild 1. 3D-Darstellung des Quartiers im Digital Twin

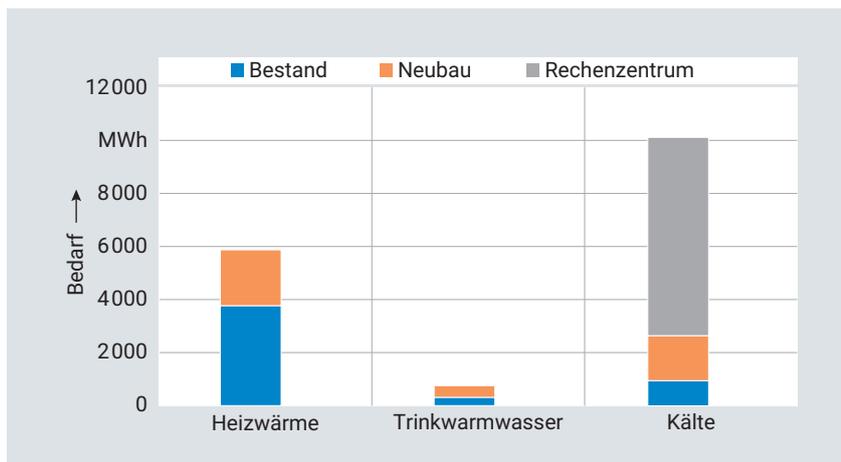


Bild 2. Übersicht der Bedarfe im Quartier

wasser auch ein deutlich erhöhter Kältebedarf.

Dazu zeigt Bild 2 eine Übersicht über die simulierten Bedarfe im Quartier. Zur Simulation der Bedarfe können die im digitalen Zwilling erfassten Gebäudedaten direkt in je ein automatisiert erstelltes dynamisches Simulationsmodell überführt werden. Damit simuliert der digitale Zwilling die Heizwärme- und Kältebedarfe in stündlicher Auflösung für ein Jahr abhängig von den Nutzungsarten und den angenommenen Wetterdaten. Ergänzt wird diese Gebäudesimulation um ein stochastisches Trinkwarmwassermodell, das für jedes Gebäude ein Trinkwarmwasserprofil in minutenscharfer Auflösung erstellt. Daraus ergibt sich nicht nur die Übersicht der Jahreswerte aus Bild 2, sondern auch ein in 15-Minuten-Schritten hochaufgelöster Lastgang mit individuellem Bedarfsprofil für jedes Gebäude. Diese hohe zeitliche und räumliche Auflösung ist eine wichtige Grundlage bei der Bewertung und Optimierung des Systembetriebs.

Funktionsweise des Wärme- und Kältenetzes

Aus der Übersicht der Gebäudebedarfe (Bild 2) lässt sich schlussfol-

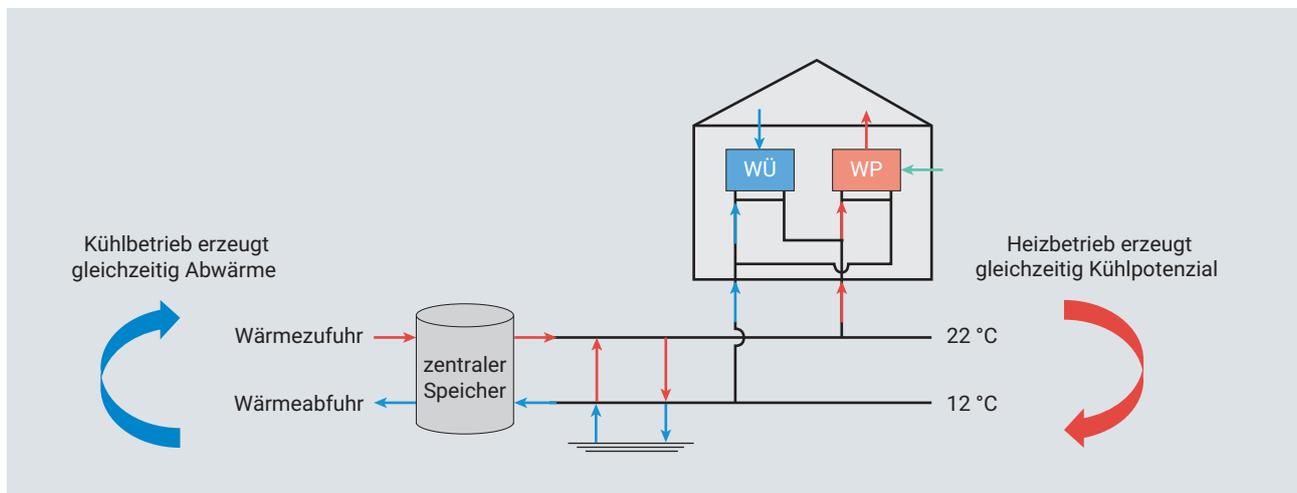


Bild 3. Schema des Energiesystems; WP Wärmepumpe; WÜ Wärmeübertrager

gern, dass durch das Rechenzentrum der Kältebedarf höher ist als der Wärmebedarf. Dabei liegt aber der Schlüssel für ein möglichst effizientes System darin, dass dieser Kältebedarf gleichzeitig ein großes Abwärmepotenzial darstellt. Daher ist die zentrale Idee des Energiesystems im Shamrockpark in Herne, ein bidirektionales kaltes Nahwärmenetz als Energieplattform einzusetzen. Dazu zeigt Bild 3 schematisch den Aufbau des Wärme- und Kältenetzes. Dabei ermöglicht ein warmer Leiter bei 22 °C, dass Wärmequellen mit niedrigem Temperaturniveau wie das Rechenzentrum und die Industrie ihre Wärme direkt in das Netz einspeisen können. Gleichzeitig ermöglicht ein kalter Leiter bei 12 °C, dass die Gebäude direkt Kälte aus dem Netz beziehen können. Dazu ist es wichtig, dass das Netz als bidirektionales Netz verstanden wird. Dadurch können die Gebäude über dezentrale Pumpen je nach Wärme- oder Kältebedarf die Fließrichtung ändern und je nach Bedarf aus dem warmen oder kalten Leiter versorgt werden.

Ein wichtiger Nebeneffekt dieser bidirektionalen Nutzung ist, dass jede Wärmeabnahme aus dem warmen Leiter gleichzeitig ein Kühlpotenzial in den kalten Leiter des Netzes zurückgibt. Gleichzeitig erzeugt jede Kälteabnahme aus dem kalten Leiter mit Rückspeisung der überschüssigen Wärme in den warmen Leiter des Netzes ein Abwärmepotenzial. Das bedeutet auch, dass sich ein großes Potenzial für Synergien ergibt. Wenn im Netz gleichzeitig Wärme- und Kältebedarfe anliegen, können sich diese innerhalb des Netzes selbst ausgleichen. Und da mit dem Rechenzentrum auch während der Heizperiode ein hoher Kältebedarf vorliegt, bietet der Shamrockpark sehr gute Voraussetzungen für dieses Energiekonzept.

Um trotz des niedrigen Temperaturniveaus im Netz die Temperaturanforderungen der Gebäude bedienen zu können, enthalten die Übergabestationen zusätzlich dezentrale Wärmepumpen. Dabei liegt die Quelltemperatur für die Wärmepumpen mit dem Netz bei 22 °C sehr günstig. Deshalb können in diesem Fall auch die Bestandsgebäude mit höheren Temperaturanforderungen im Gebäude von 60 bis 65 °C effizient über die Wärmepumpen versorgt werden.

Simulation und Bewertung des Netzbetriebs

Durch dieses Energiekonzept ergibt sich ein komplexes Zusammenspiel zwischen den Einspeisungen und den Gebäuden sowie der Wärmeverschiebung bei gleichzeitigem Wärme- und Kältebedarf im Netz. Als Folge dieser Komplexität ist eine Systembewertung und Optimierung anhand einfacher Erfahrungswerte oft nicht möglich. Darüber hinaus zeigt sich, dass eine hohe zeitliche und räumliche Betrachtung über den kompletten Jahresverlauf nötig ist, um das Systemverhalten bewerten zu können. Dabei spielen Teillastzustände ebenso eine wichtige Rolle wie das sich ständig verändernde Verhält-

nis zwischen den Wärme- und Kältebedarfen. Und dazu kommt, dass jedes Gebäude durch dezentrale Netzpumpen zusätzlich Einfluss auf die Druckzustände im Netz nimmt, was das Gesamtverhalten des Systems zusätzlich beeinflusst.

Um diese Wechselwirkungen im System zu veranschaulichen, zeigt Bild 4 beispielhaft die Volumenströme und Temperaturen im warmen Leiter für einen Zeitpunkt mit hohem Wärmebedarf. Bezüglich der Netztemperaturen zeigt sich ein homogenes Bild, da in diesem Anwendungsfall gedämmte Rohre eingesetzt werden und damit die Netztemperaturen sehr stabil beim Sollwert 22 °C bleiben. Zusätzlich veranschaulicht die Linienstärke für jeden Rohrabschnitt den Volumenstrom, wobei eine dickere Linie einen höheren Volumenstrom anzeigt. Dadurch vermittelt Bild 4 einen Eindruck über die Flüsse im Netz. Dabei ist zu erkennen, dass der Nordteil des Quartiers weitgehend über die Abwärme des Rechenzentrums versorgt werden kann, während die Industrie zusätzlich Wärme für den Südteil beiträgt. Während Zeiten mit niedrigerem Wärmebedarf und gleichbleibend hohem Kühlbedarf des Rechenzentrums sinkt der Anteil

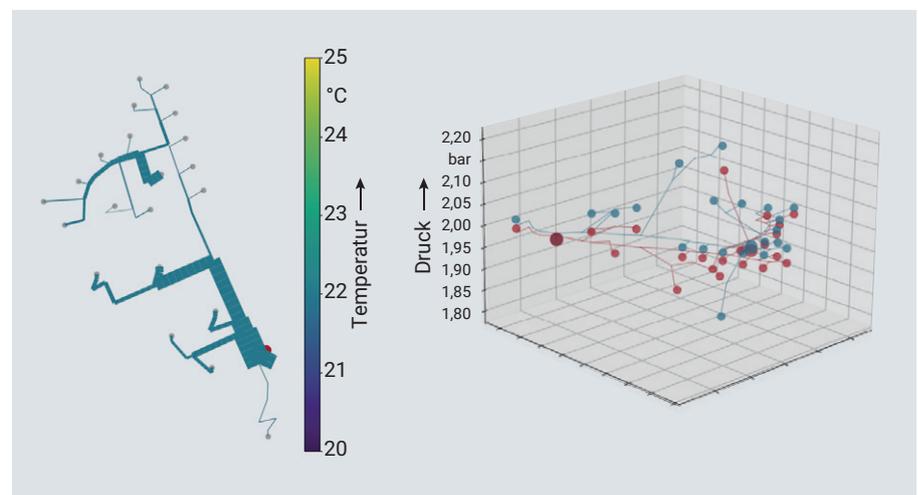


Bild 4. Ergebnisse der thermohydraulischen Netzsimulation

der Industrieabwärme und das Rechenzentrum versorgt einen Großteil des Quartiers.

Für die Druckzustände im Netz zeigt Bild 4 den warmen Leiter in Rot und den kalten Leiter in Blau. Als Referenzpunkt dient dabei die zentrale Druckhaltung in der Energiezentrale, wo je nach Lastzustand im Netz Wärme aus der Industrie zugeführt oder überschüssige Wärme abgeführt werden kann. Im Heizfall entnehmen die dezentralen Netzpumpen der Gebäude Medium aus dem warmen Leiter und speisen es nach der Wärmeentnahme in den kalten Leiter zurück. Für diese Fließrichtung müssen die dezentralen Pumpen damit den Druck im kalten Leiter erhöhen und der Druck im warmen Leiter wird gesenkt. Gleichzeitig muss die Netzpumpe am Rechenzentrum den Druck an seiner Übergabestation für den warmen Leiter erhöhen und die Abwärme in das Netz einspeisen. Damit ergibt sich das in Bild 4 gezeigte Gesamtbild.

Jahresbilanz und Ausblick

Neben dieser Detailbetrachtung des Netzbetriebs lässt sich aus den Ergebnissen der Simulation im digitalen Zwilling auch eine Gesamtbilanz des Jahresbetriebs erstellen. Dazu zeigt das Sankey-Diagramm in Bild 5 anschaulich, welchen großen Einfluss die Ausgleichseffekte zwischen Wärme- und Kältebedarfen im Netz haben. So können etwa zwei Drittel der Quellwärme für die Wärmepumpen innerhalb des Netzes aus der Abwärme des Kühlbetriebs gedeckt werden. Damit müssen dem System von außen nur noch etwa 1,7 GWh Wärme und 1,5 GWh Strom zugeführt werden, um den Wärmebedarf in Höhe von 6,6 GWh zu decken. Gleichzeitig reduziert sich durch diesen Ausgleich auch die Wärme, die aus dem System durch den Einsatz von Kälte-

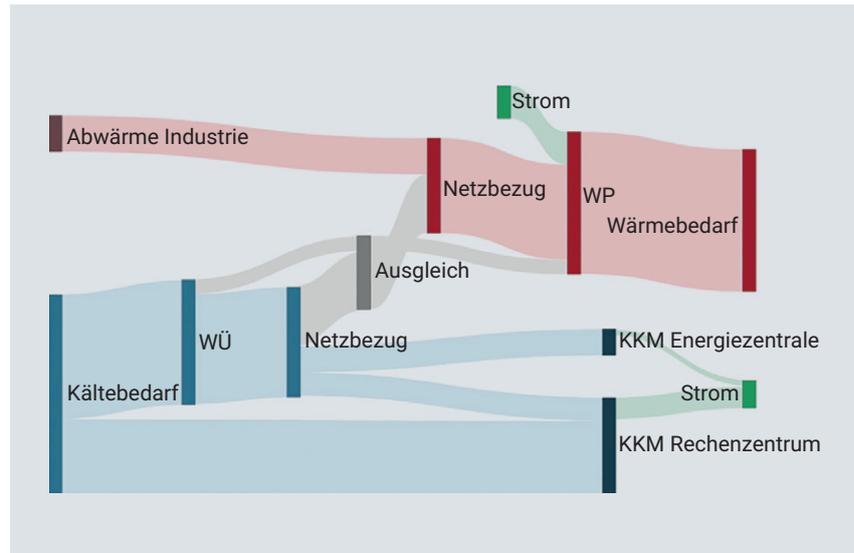


Bild 5. Zusammenfassung der Jahresenergiebilanz im Sankey-Diagramm; WP Wärmepumpe; WÜ Wärmeübertrager; KKM Kompressionskältemaschine

maschinen aktiv abgeführt werden muss um 3,5 GWh (rd. 38 %).

Neben der thermischen Analyse für Wärme und Kälte zeigt die Gesamtbilanz in Bild 5 auch den nötigen Stromaufwand zum Betrieb der dezentralen Wärmepumpen und der zentralen Kältemaschinen. Diese Betrachtung der Strombedarfe wird dabei im digitalen Zwilling ebenfalls in hoher zeitlicher Auflösung für den gesamten Jahresverlauf simuliert. Damit eröffnet sich eine wichtige Schnittstelle zur Untersuchung der Kopplung zwischen dem Wärme- und Kältenetz und dem Stromnetz.

Im weiteren Projektverlauf wird diese Sektorenkopplung ebenfalls verstärkt untersucht und optimiert werden. Dabei liegt ein Schwerpunkt auf der Regelung des Systems, um die Wärmepumpen und Kältemaschinen verstärkt zu Zeiten mit hohem lokalen und regenerativen Stromangebot zu betreiben. Die dafür nötigen Regelstrategien sollen mit dem digitalen Zwilling weiterentwickelt und optimiert werden. Damit zeigt das Beispiel Shamrockpark nicht nur die Potenziale für eine effiziente Energienut-

zung im Quartier, sondern auch den Nutzen detaillierter Simulationen im Planungsprozess.

Danksagung

Der Autor dankt dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz für die Förderung des Projekts Trans-Urban-NRW mit Förderkennzeichen 03EWR020P.

Dr.-Ing. Marcus Fuchs
Geschäftsführer,
Heatbeat Engineering
GmbH, Nürnberg
m.fuchs@heatbeat.de
www.heatbeat.de

