

Bild 1

Lageplan des Gewerbegebiets am ehemaligen Grubenstandort Reden mit den bereits vorhandenen Altbaugebäuden und den vorgesehenen Erweiterungsbereichen.

## Nutzwärme aus Grubenwasser

Ökologisches Nahwärmeversorgungskonzept für ein neues Gewerbegebiet

Im Rahmen eines Projektes wurden Wärmeversorgungskonzepte für ein Gewerbegebiet an einem ehemaligen Grubenstandort untersucht und hinsichtlich der Versorgungssicherheit, Ökonomie, Ökologie und Nachhaltigkeit bewertet. Das favorisierte Konzept basiert neben einer aus Erdwärme gespeisten Wärmepumpe auf einem Holzhackschnitzelkessel für die Grundlast und auf einem Spitzenlastkessel, der mit flüssigem Brennstoff beheizt wird. Dieses System ist in der Lage, eine kontinuierlich aufzubauende Nahwärmeversorgung mit einer Nachfrage von mehreren Megawatt im Endausbau zu speisen.

Das Gewerbegebiet am ehemaligen saarländischen Grubenstandort Reden besteht aus den sanierungsbedürftigen Altbaugebäuden, vorgeplanten neuen Gebäuden, deren Energiebedarf gut abgeschätzt werden kann, sowie einem weiteren Freiflächenbereich, für den sich künftige Verbrauchsdaten lediglich grob abschätzen lassen. Neben der Infrastruktur und Anlagentechnik für die Beheizung der ein-

zelnen Gebäude im Gewerbegebiet müssen elektrische Energie und gegebenenfalls Warmwasser bereitgestellt werden. Das Luftbild (Bild 1) verdeutlicht Lage und Anordnung der bereits vorhandenen und zukünftig zu errichtenden Gebäude. Die Zielsetzung der vom Izes gGmbH und der WPW Ingenieure GmbH, beide aus Saarbrücken, durchgeführten Studie lautete, für dieses Bebauungsszenario ein Wärmeversorgungskonzept zu

entwickeln, bei dem vor Ort verfügbares, 30 °C warmes Grubenwasser aus dem Kohlebergbau so weit wie möglich genutzt wird. Eine besondere Herausforderung stellte die Berücksichtigung eines möglichen Endes der Verfügbarkeit des Grubenwassers während der Nutzungsdauer der Wärmeversorgungsanlagen und eines kostenoptimalen Übergangs in eine Alternativversorgungslösung dar. Ein weiterer wichtiger Aspekt war die zu

### Autoren

Prof. Dr.-Ing. **Horst Altgeld**, Jahrgang 1948, studierte Energie- und Verfahrenstechnik an der RWTH Aachen und promovierte dort 1979 im Bereich der technischen Thermodynamik. Nach mehrjährigen Tätigkeiten als Nato Fellow am Imperial College in London und bei Esso Chemicals Europe ist er seit 1985 Professor für Energietechnik an der Hochschule für Tech-

nik und Wirtschaft des Saarlandes und wissenschaftlicher Leiter der Izes gGmbH (Institut für ZukunftEnergieSysteme) in Saarbrücken.

[altgeld@izes.de](mailto:altgeld@izes.de)

Dr.-Ing. **Gernot Heit**, Jahrgang 1966, Studium des Maschinenwesens mit der Vertiefungsrichtung Umweltverfahrenstechnik an der Univer-

sität Kaiserslautern, seit 2000 geschäftsführender Gesellschafter der WPW Ingenieure GmbH, Saarbrücken.

Dipl. Ing. (FH) **Dieter P. Wendel**, Jahrgang 1965, Studium der Versorgungstechnik an der Fachhochschule München, seit 2000 Mitarbeiter der WPW Ingenieure GmbH, Saarbrücken.



Variante	Beschreibung
1	Dezentrale Wärmeerzeugung mittels Gas-Brennwertkessel oder Niedertemperatur-Ölheizkessel einschließlich Abgaswärmeaustauscher.
2	Zentrale Wärmeerzeugung mittels Gas-Brennwertkessel oder Niedertemperatur-Ölheizkessel einschließlich Abgaswärmeaustauscher; Wärmeverteilung über ein Nahwärmenetz.
3	Dezentrale Wärmeerzeugung mittels Kompressionswärmepumpen; Nutzung des Grubenwassers über ein Verteilnetz.
4	Zentrale Wärmeerzeugung mittels Kompressionswärmepumpen (Kältemittel R 134a) und Spitzenlastkessel (Öl/Gas); Wärmeverteilung über ein Nahwärmenetz.
5	wie Variante 4, jedoch mit dem Kältemittel Ammoniak (R 717).
6	Zentrale Wärmeerzeugung mittels Absorptionswärmepumpen; Wärmeverteilung über ein Nahwärmenetz.
7	Zentrale Wärmeerzeugung mittels gasmotorbetriebener Kompressionswärmepumpen und Spitzenlastkessel; Wärmeverteilung über ein Nahwärmenetz
8	Zentrale Wärmeerzeugung mittels Kompressionswärmepumpen und Holzhackschnitzelkessel sowie Spitzenlast-Niedertemperatur-Ölheizkessel, Wärmeverteilung über ein Nahwärmenetz.

Tabelle

### Optionen zur Wärmeversorgung des Gewerbegebiets.

gewährleistende Versorgungssicherheit und Verfügbarkeit der Wärme, da alle Gebäude über Wärmelieferungsverträge bewirtschaftet werden sollen. Nicht zuletzt sollte das zu entwickelnde Konzept einerseits Nachhaltigkeitsansprüchen so weit wie möglich genügen, andererseits jedoch auch keine finanziellen Nachteile im Vergleich zu konventionellen Lösungen aufweisen.

### Optionen der Wärmeversorgung

Als Basisoption der Wärmeversorgung des Gewerbegebietes wurden wahlweise dezentrale Erdgas-Brennwertkessel oder dezentrale Niedertemperatur-Ölkessel mit Abgaswärmeaustauscher in jedem einzelnen Gebäude betrachtet (Tabelle). Wengleich dieses dezentrale Konzept den Vorteil bietet, die Wärmeversorgung neu hinzukommender Gebäude bedarfsgerecht dimensionieren zu können, so gibt es auch einige Aspekte, die andere Lösungen begünstigen:

- Für einen nachträglichen Anschluss des zu entwickelnden Gewerbegebietes an das Erdgasnetz müsste bei der hier zu erwartenden Wärmenachfrage von der nächstgelegenen Erdgasleitung aus ein neues Mitteldrucknetz aufgebaut werden. Dies würde so hohe Investitionen erfordern, dass andere Optionen zu favorisieren sind.

- Da das Gewerbegebiet am ehemaligen Grubenstandort Reden entwickelt wird, steht zumindest noch geschätzte zehn Jahre lang 30 °C warmes Grubenwasser in ausreichender Menge zur Verfügung, um einen Großteil des Wärmebedarfs mittels Wärmepumpen bereitstellen zu können. Das Gruben- bzw. Sickerwasser wird zur Aufrechterhaltung der Kohleförderung in den umliegenden Kohlebergwerken aus 900 m Tiefe bis an die Oberfläche gepumpt. Ein Großteil der Wassererwärmung ist auf Geothermie zurückzuführen, der Rest auf Abwärme der Pumpenmotoren. Die thermische Leistung des Abwärmestroms beträgt im Durchschnitt 1 bis 2 MW je Grad Celsius

Abkühlung des geförderten Wassers. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, dass sich in der umliegenden Region ein Holzzentrum entwickelt: ein komplementärer Holzheizkessel böte durch die CO<sub>2</sub>-neutrale Wärmebereitstellung nicht nur Umweltvorteile, sondern auch eine zusätzliche regionale Wertschöpfung. Durch Kombination geothermischer und biogener Energien ließe sich außerdem die Abhängigkeit von steigenden Öl- und Gaspreisen vermindern.

Vor dem Hintergrund dieser Aspekte wurden weitere Versorgungsvarianten für das Gewerbegebiet untersucht, zum Beispiel die zentrale Wärmeerzeugung mit einem Nahwärmenetz. Dies bietet den Vorteil, dass die Betreiber einzelner Gebäude innerhalb des Gewerbegebietes sich nicht um die Wärmebereitstellung kümmern müssen. Da die Rohrleitungen

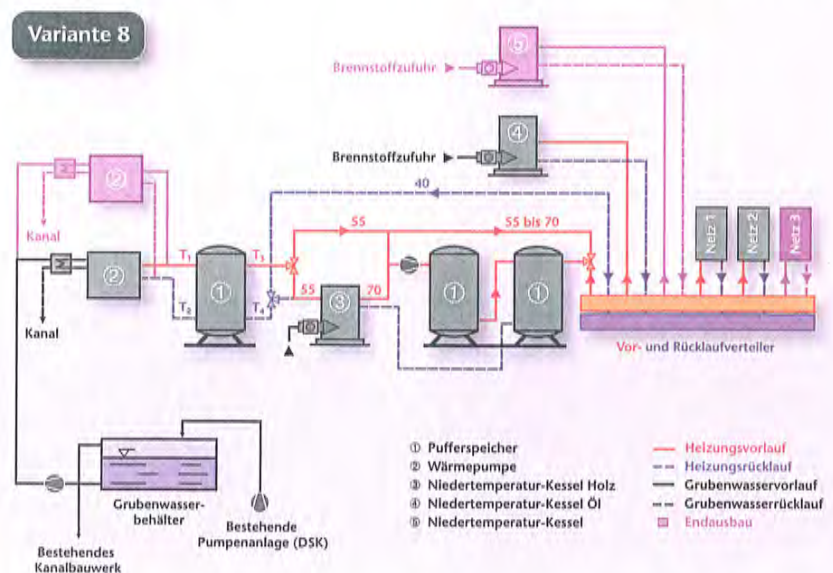
des Nahwärmenetzes teilweise in den bestehenden und begehbaren Kanälen verlegt werden können, lassen sich bei jedem einzelnen Gebäude Kosten für Heizungsräume, Kamine, etc. einsparen. Als Anlagenvarianten für die Deckung der Grundlast wurden Kompressions-, Absorptions- und gasmotorisch angetriebene Wärmepumpen untersucht, als Ergänzung der Grund- und Mittellast Holzhackschnittel- bzw. -pelletkessel und für die Spitzenlast ein ölbefuertes Kessel, der mittelfristig gegebenenfalls auch mit Bioöl befeuert werden kann.

### Das favorisierte Konzept

Nach eingehender Analyse von acht Wärmeversorgungsvarianten unter Berücksichtigung energetischer, ökonomischer und ökologischer Aspekte wurde als optimale Lösung ein Nahwärmenetz identifiziert, bei dem die Grundlast über 30 °C warmes Grubenwasser und eine Kompressionswärmepumpe gedeckt wird. Als Ergänzung werden ein Holzhackschnittelkessel als alternativer Grundlastversorger und ein kleinerer Öl-

Bild 2

### Schema des Anlagenkonzepts für die Wärmeversorgung des Gewerbegebietes.





kessel als Spitzenlastkessel vorgesehen (Bild 2). Bei diesem Versorgungskonzept ist gewährleistet, dass die Wärmepumpe und der Holzkessel je nach den Strom- und Brennstoffpreisen alternativ zur Optimierung der Betriebskosten herangezogen werden können. Zudem sollten der Holz- und der Ölkessel so ausgelegt sein, dass sie bei einem Wegfallen der Grubenwasserförderung die Komplettversorgung mit Nahwärme übernehmen können.

Damit die Kompressionswärmepumpe auch bei einem kurzfristigen Ausfall des Grubenwassers – etwa durch Wartungsarbeiten an den Förderpumpen – weiterbetrieben werden kann, wird ein offenes, im Freien liegendes Wasserbecken mit 1 200 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen vorgesehen, das als Pufferspeicher für das Grubenwasser dient. Durch den Pufferspeicher wird gleichzeitig eine in Bezug auf das Wasserrecht günstige Lösung gefunden, das noch warme Grubenwasser vor der Einleitung in einen nahe gelegenen Bach weiter abzukühlen.

Die genannten Umweltgesichtspunkte und relativ geringe Kostenunterschiede ließen es ratsam erscheinen, bei der Analyse und Beurteilung der einzelnen Versorgungsvarianten einen weiteren Aspekt hinzuzuziehen: die nur schwer prognostizierbare künftige Entwicklung der Energiepreise. In der Studie wurde vereinfachend für alle betrachteten Energieträger eine Kostensteigerung um etwa 100 % der jeweiligen aktuellen Werte unterstellt, wengleich mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden kann, dass die Preise für Strom, Öl und Gas tendenziell stärker steigen dürften als die für Holzhackschnitzel. Über einen Zeitraum von beispielsweise zehn Jahren entspricht dies einer jährlichen Kostensteigerung von gut 7 % und somit einem Wert, der aus heutiger Sicht durchaus realistisch erscheint.

Ein Kostenvergleich verdeutlicht, dass die aus ökologischer Sicht sinnvollste Versorgungsvariante bei der möglichen Investitionskostenförderung für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Höhe von 40 % auch aus finanzieller Sicht zur günstigsten Lösung wird. Über einen Zeitraum von 20 Jahren resultieren für diese Versorgungsvariante im Endausbau Wärmegebungskosten inklusive aller Abschreibungen und Betriebskosten von etwa 6,87 Ct/kWh.

Im Vergleich dazu ergeben sich für die Variante 4 Wärmegebungskosten von 7,61 Ct/kWh, gefolgt von der Variante 2 mit 8,67 Ct/kWh und der Variante 1 mit 8,93 Ct/kWh. Die restlichen Varianten wurden wegen der noch höheren Kosten nicht weiter untersucht.



Bild 3

Das ehemalige Kauen- und Verwaltungsgebäude wird nach der Sanierung als Bürogebäude und Museum genutzt.

## Zusatzempfehlungen

In der Studie wurde von einer außen-temperaturabhängigen Vorlauftemperatur im Nahwärmenetz ausgegangen, die sich an einer hohen Bedarfstemperatur im Bestandsgebäude, dem Kauen- und Verwaltungsgebäude (Bild 3), orientiert. Bei der weiteren Planung und Entwicklung des Gewerbegebietes sollten im Sinne einer „Low-exergy“-Betriebsweise alle Anstrengungen unternommen werden, durch Gebäudesanierung und Bestandserweiterung so niedrige Vorlauftemperaturen wie möglich zu erzielen, zum Beispiel durch den Einbau größerer Heizflächen, um die Arbeitszahl der Wärmepumpe zu steigern und die laufenden Kosten weiter zu senken. Die für die Startphase vorgeschlagenen Prozess-temperaturen des Nahwärmesystems sind im Bild 4 dargestellt. Sollte der tatsächliche Bedarf an Brauchwarmwasser mit Temperaturen oberhalb von 60 °C (z. B. durch die Legionellen-Verordnung) größer sein als in der Studie unterstellt,

so sollte im späteren Planungsablauf noch untersucht werden, ob sich dieser Bedarf mit thermischen Solaranlagen, gegebenenfalls kombiniert mit dezentralen Kleinkesseln (z. B. Naturöl) oder elektrischer Nacherhitzung, am kostengünstigsten decken lässt, damit die Temperatur des Nahwärmenetzes nicht angehoben werden muss.

## Fazit

Die vorgeschlagene Wärmeversorgung des Gewerbegebietes am ehemaligen Grubenstandort Reden ermöglicht eine Nutzung von ansonsten nutzlos abgeleitetem 30 °C warmem Grubenwasser. Gleichzeitig kann die Grundlast im Bedarfsfall auch über einen Holzhackschnitzelkessel gedeckt werden. Nur für Notfälle dient der Öl-Spitzenlastkessel, der sich auch mit Bioöl betreiben lässt. Eine Gasversorgung kommt wegen der bisher fehlenden Infrastruktur nicht in Frage. Für die neu zu errichtenden Gebäude sollten zusätzlich noch Optionen einer direkten Niedertemperatur-Wärmeversorgung ohne Wärmepumpe geprüft werden. Ebenso sollte später noch untersucht werden, wie das Grubengebäude nach eventueller Beendigung des Bergbaus als Wärmequelle bzw. Pufferspeicher weiter genutzt werden kann, um langfristig effiziente Energieversorgungsoptionen nutzen zu können.

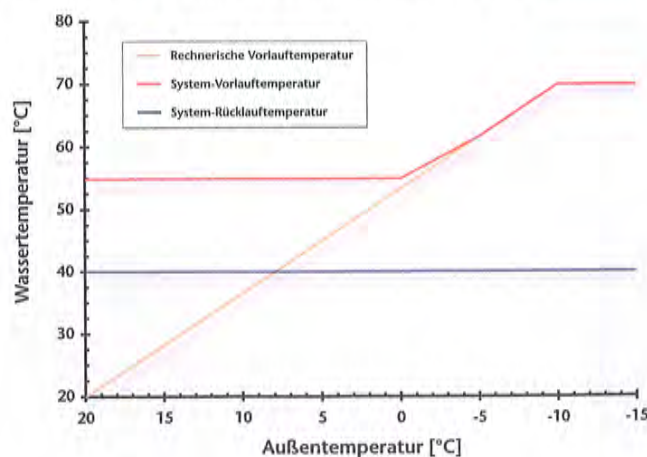


Bild 4

Vorgeschlagene Heizkurven für das Nahwärmesystem.