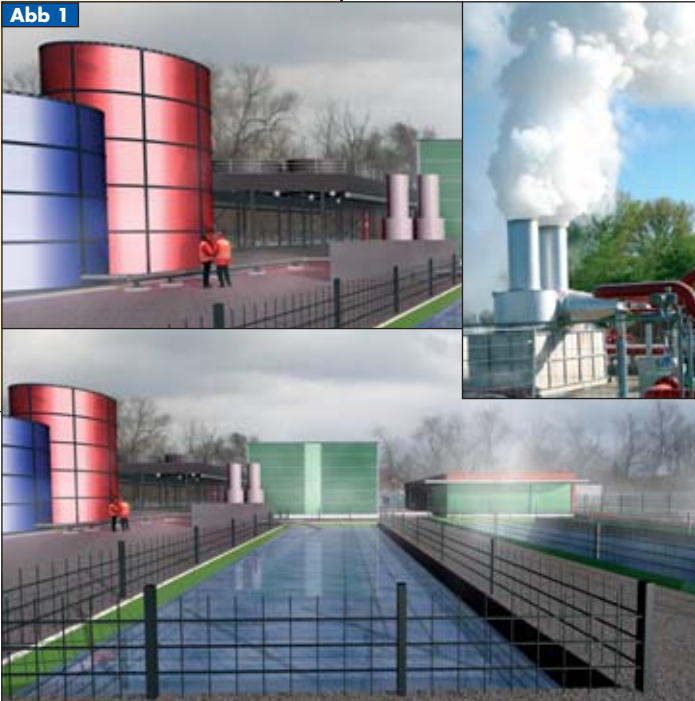




Geothermische Stromerzeugung in Landau

Abb 1



- ▶ Für die kombinierte geothermische Wärme- und Stromgewinnung ist der Oberrheingraben eine besonders interessante Region
- ▶ Geothermie-Anlagen in Deutschland können auch hydrothermale Vorkommen zur Stromerzeugung nutzen
- ▶ Die Nähe zu den Wärmeabnehmern beeinflusst die Wirtschaftlichkeit entscheidend
- ▶ Wirtschaftlichkeit und Langzeitverhalten stehen im Fokus der Forschung

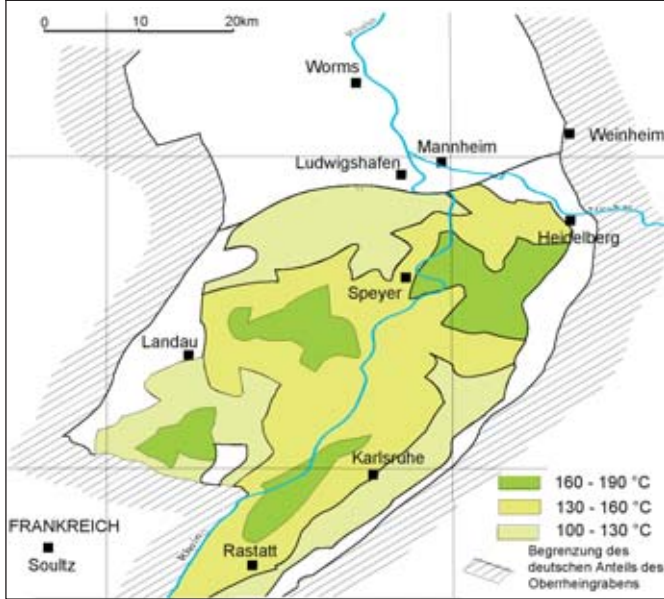
Visualisierung des geothermischen Kraftwerks in Landau. Obere Reihe: Links die Bohrungen und rechts Wasserdampf während des Zirkulationstests. Unteres Bild: Links die Kühlanlage des ORC-Kraftwerks, in der Mitte die Pumpenhalle und rechts das Betriebsgebäude.

In Deutschland stand bei der Nutzung der geothermischen Energie aus natürlichen Warmwasservorkommen lange Jahre die Wärmegewinnung im Vordergrund. Die Vorkommen befinden sich in der norddeutschen Tiefebene, am Oberrhein und im Voralpenland. Diese Thermalwässer, die in einer Tiefe zwischen 800 und 3.500 m liegen, können mittels geothermischer Heizwerke für die Nah- und Fernwärmeversorgung von Gebäuden, Betrieben oder größeren Siedlungen genutzt werden. Dank spezieller Kraftwerksverfahren ist an diesen Standorten mittlerweile auch zusätzlich eine Stromerzeugung möglich. Erstmals wurde dies in Deutschland 2003 in Neustadt-Glewe (Mecklenburg-Vorpommern) in kleinem Maßstab unter Beweis gestellt. Im November 2007 nahm in Landau (Rheinland-Pfalz) das erste industrielle Geothermiekraftwerk den Betrieb auf. Im kommenden Jahr soll in Unterhaching (Bayern) ein weiteres Kraftwerk folgen. Der Oberrheingraben zeichnet sich durch besonders günstige Voraussetzungen für Geothermieprojekte aus. Hier gibt es an verschiedenen Stellen sogenannte »Hot Spots«, bei denen schon ab 2.500 m Tiefe mit heißem Wasser um die 150 °C zu rechnen ist. Derartige Bedingungen

liegen am Standort Landau vor. Bei der dortigen Anlage steht die Stromerzeugung im Vordergrund; es wird eine Strommenge produziert, die dem Jahresbedarf von 6.000 Haushalten entspricht. Mit der überschüssigen Wärme sollen nach einer Kapazitätserweiterung später ca. 1.000 Haushalte versorgt werden. Für das Projekt Landau wurde in Anbetracht der regionalen geologischen Verhältnisse ein Konzept zur Erschließung mehrerer Förderhorizonte durch eine einzige Förderbohrung angewandt, um das Fündigkeitsrisiko zu verbessern. Geothermisch erzeugter Strom steht rund um die Uhr zur Verfügung und kann in der Grundlast des Stromnetzes eingesetzt werden, da die Wärme der Erde keinen tages- oder jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt. Technik und Wirtschaftlichkeit der geothermischen Stromerzeugung weiter zu verbessern und deren Beitrag zur deutschen Stromversorgung zu erhöhen, ist Ziel der Energieforschung. Das Projekt Landau wurde durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) gefördert. Das Land Rheinland-Pfalz hat mit einem Erkundungszuschuss sowie einer Landesbürgschaft einen Teil des geologischen Fündigkeits- und Investitionsrisikos übernommen.

► Geologie des Oberrheingrabens

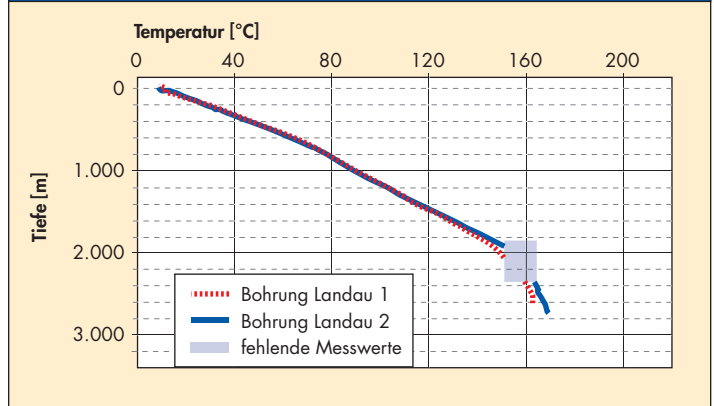
Abb 2: Temperaturklassen an der Oberfläche des Muschelkalks (1.000 m – 4.200 m Tiefe) im nördlichen Oberrheingraben



Am Oberrhein hat die Nutzung natürlicher Warmwasservorkommen eine lange Tradition: Die vier Thermal-Heilbäder Freiburg, Bad Krozingen, Badenweiler und Bad Bellingen nutzen Thermalwässer aus verschiedenen Schichten, wie dem Oberen Muschelkalk, dem Jura oder dem Buntsandstein. Die Geologie der Region zwischen Worms und Basel bietet für eine geothermische Wärme- und Stromerzeugung besonders

günstige Voraussetzungen: Während andernorts die durchschnittliche Temperaturzunahme mit der Tiefe 30 °C pro km beträgt, fällt dieser Temperaturanstieg am Oberrhein deutlich höher aus. Hier sind die höchsten Temperaturgradienten in Deutschland zu finden (Abb. 2). In Landau beträgt der Gradient im Mittel 47 °C/km, wobei dieser Wert in 1.200 m Tiefe bereits 100 °C erreicht (Abb. 3). Landau weist damit eine der „wärmsten“ Bohrungen in Deutschland auf. Auch an anderen Orten im Oberrheingraben sind geothermische Anlagen in Planung.

Abb 3: Temperaturanstieg in den beiden Bohrungen



Diese vergleichsweise hohen Temperaturen in geringer Tiefe bieten sich auch für die geothermische Stromerzeugung an. Hierfür ist mindestens eine Temperatur von 100 °C erforderlich (z. B. Anlage in Neustadt-Glewe), aber höhere Temperaturen steigern die Effizienz der Kraftwerksverfahren und damit die Stromproduktion. Anders als in Norddeutschland oder im Vor-alpenraum birgt die geologische Beschaffenheit des Oberrheingrabens aber auch höhere Fündigkeitsrisiken. Grund dafür ist dessen in viele Einzelblöcke zerbrochene Struktur.

► Geothermische Anlage

Abb 4: Nächtliche Impressionen



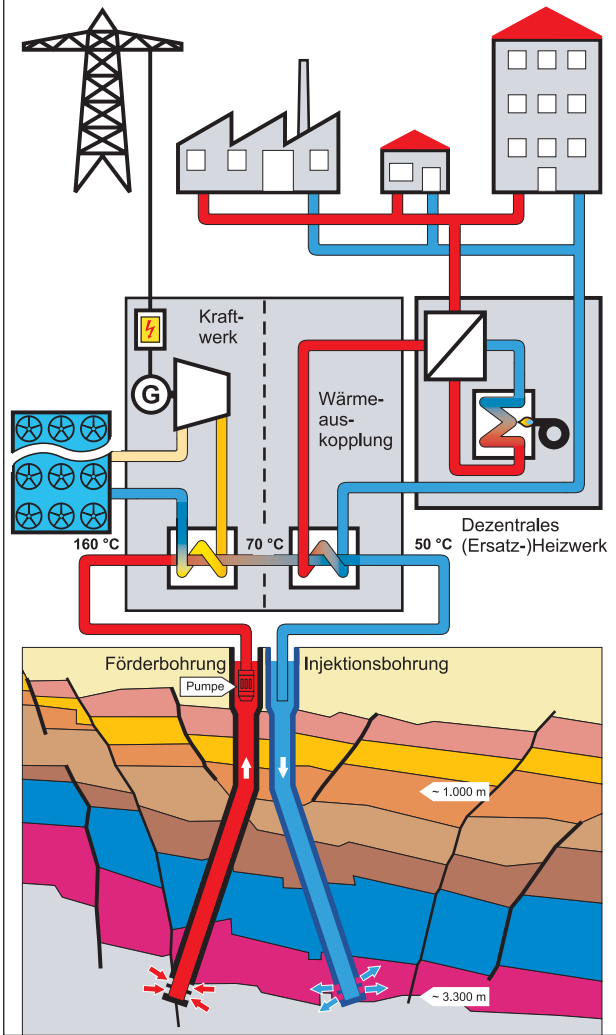
Die geothermische Anlage liegt am Rande eines früher von der französischen Armee genutzten Gebietes am südlichen Stadtrand von Landau. Basis der Anlage (Abb. 5, 6) sind zwei Bohrungen, die von einem Standort aus bis in eine Tiefe von rd. 3.000 m (Bohrmeter: 3.300 m) mit 25° und 33° Ablenkung niedergebracht wurden. Aus der Förderbohrung wird Thermalwasser mit knapp 160 °C gefördert und zunächst zur Stromerzeugung genutzt. Mit verbleibenden

70 – 80 °C wird die restliche Wärme in ein Fernwärmenetz eingespeist. Das auf 50 °C abgekühlte Thermalwasser wird dann über die Injektionsbohrung wieder in den Untergrund abgegeben, um die natürliche Regenerationsfähigkeit des Reservoirs zu erhalten. In den einzelnen Wärmeversorgungsgebieten sind dezentrale Heizanlagen für den Spitzenbedarf und zur Absicherung etwaiger Schwierigkeiten der geothermischen Versorgung vorhanden.

Abb 5: Zeitplan und Kennwerte der Anlage Landau

Zeitplan		Kennwerte	
Mitte 2003	Beginn der Vorbereitungen	Thermalwassertemperatur	knapp 160 °C
Aug – Nov. 2005	Förderbohrung	Fördermenge	50 - 80 l/s
Jan. – Apr. 2006	Injektionsbohrung	Erzeugter Strom (reicht um 6.000 Haushalte zu versorgen)	22 Mio. kWh/a
Feb. 2006	Vorbereitung Kraftwerk	Benutzungstunden (Strom)	7.600 h/a
Dez. 2006	Baubeginn Kraftwerk	Erzeugte Wärme	9,2 Mio. kWh/a
März – Mai 2006	Zirkulationstest	Jährliche CO ₂ -Einsparung	6.000 Tonnen
Mai 2007	Kühlanlage ORC-Anlage	Gesamtaufwendungen	ca. 20 Mio. Euro
Aug. 2007	Turbogenerator		
21. Nov. 2007	Inbetriebnahme		
Jan. 2008	Aufnahme Dauerbetrieb		

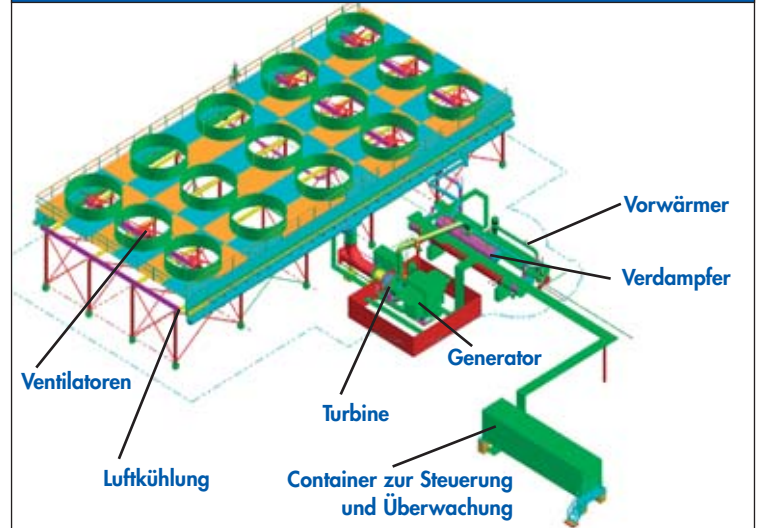
Abb 6: Schema der Anlage Landau



► Das Kraftwerk

Die geothermische Wärme in Landau wird prioritär zur Stromerzeugung genutzt. Mit der verbleibenden Restwärme können zu Beginn etwa 300 Haushalte mit Wärme versorgt werden. Später soll die Produktion noch so weit gesteigert werden, dass die Wärme dem Bedarf von 1.000 Haushalten entspricht. Die Kraftwerkstechnik beruht auf dem Prinzip des Organic-Rankine-Cycle-Prozess (ORC-Anlage) und verfügt über 3 MW elektrischer Leistung. Das Kraftwerksdesign von Landau vereinigt alle zum Betrieb notwendigen Elemente an einem einzigen Standort: Die beiden im Abstand von 6 m befindlichen Bohrungen, die Pumpenhalle, den Turbogenerator, eine Luftkühlung für den ORC-Teil, zwei Notkühlbecken, das Betriebsgebäude und die Schaltanlage (Abb. 1). Den schematischen Aufbau der ORC-Anlage zeigt Abb. 7.

Abb 7: Schema der ORC-Anlage Landau



Kraftwerkstechnik für niedrige Temperaturen

Um die vergleichsweise niedrigen Temperaturen geothermischer Wärmequellen für die Stromerzeugung nutzen zu können, kommen spezielle Kraftwerksverfahren zum Einsatz.

Beim **Organic-Rankine-Cycle (ORC)**, wie in Neustadt-Glewe und Landau, wird die geologische Wärme auf ein organisches Lösungsmittel übertragen, das in einem geschlossenen Sekundärkreislauf zirkuliert. Im Vergleich zu Wasser, das ansonsten als Arbeitsmedium in Kraftwerken üblich ist, haben die organischen Arbeitsmittel einen höheren Dampfdruck und können ab einer Temperatur > 90°C in einer Dampfturbine eingesetzt werden. Durch die Wahl des Arbeitsmittels und des Verdampfungsdrucks ist eine Anpassung an die jeweilige Temperatur der Wärmequelle möglich. In der ORC-Anlage in Neustadt-Glewe kommt Perfluoropentan und in Landau Isopentan zum Einsatz.

Das **Kalina-Verfahren**, wie an der Anlage in Unterhaching, arbeitet mit Zweistoffgemischen wie Ammoniak und Wasser. Das Wasser dient als Lösemittel für das Ammoniak. Auch hier wird die geothermische Energie auf einen geschlossenen Sekundärkreislauf übertragen. Dort wird das Arbeitsmittel getrennt in ammoniakreichen Dampf, der über die Turbine entspannt wird, und eine ammoniakarme Lösung, deren Wärme über einen Rekupeurator genutzt wird. Anschließend werden diese Stoffströme wieder zusammengeführt.

Das ORC-Verfahren gilt als technisch ausgereifter, während Kalina eine höhere Stromausbeute verspricht.

► Nutzungskonzept

Der geothermisch erzeugte Strom wird in das allgemeine Stromnetz eingespeist und nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz mit 15 ct/kWh auf die Dauer von 20 Jahren vergütet. Die Wärme wird zur Versorgung von Wohnungen genutzt, die direkt an die Geothermie-Anlage angrenzen. Die Lage des Kraftwerks bietet sich dazu ideal an: Auf einem 50 Hektar großen Areal ehemaliger Liegenschaften des französischen Militärs befinden sich zukünftig 1.000 Wohneinheiten in drei Wohngebieten: Das »Quartier Vauban«, die »Cité Dagobert« mit der Universität und perspektivisch das »Quartier Estienne et Foch«. In jedem Versorgungsgebiet steht eine fossile Zusatzheizung zur Verfügung.

Abb 8: Lage der Geothermie-Anlage und der angrenzenden Wohnquartiere (|—| = 100 m · Maßstab = 1 : 6.400)



► Ergebnisse und Perspektiven

Der Zirkulationstest (Abb. 9) verlief erfolgreich und hat die Planungsannahmen bestätigt. Die Temperatur des Wassers liegt mit knapp 160 °C fast zehn Grad über dem prognostizierten Wert. Die Fließrate ist ausreichend und die Nachhaltigkeit des Reservoirs wurde nachgewiesen. Sechs Beobachtungsstationen in einem Radius von etwa drei Kilometern um den Standort sind seit den Zirkulationstests in Betrieb und sollen auch später alle mikroseismischen Aktivitäten aufzeichnen. Mit dem Projekt Landau ging erstmalig im Oberrheingraben ein geothermisches Heizkraftwerk ans Netz. Die Bohr-, Bau- und Betriebserfahrungen aus Landau liefern wichtige wissenschaftliche und technische Grundlagen für die Geothermie.

Eine zentrale Voraussetzung für eine verstärkte geothermische Wärmenutzung ist der Neu- und Ausbau von Nah- und Fernwärmenetzen. Bei Wärmenetzen steigen die Kosten mit den Entfernungen, sodass aus wirtschaftlichen Gründen die räumliche Nähe zu den Wärmeabnehmern unabdingbar ist. Geothermisch erzeugter Strom lässt sich auch im Grundlastbereich einsetzen. Für den geplanten weiteren Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland ist dies von Vorteil.

Abb 9: Während der Zirkulationstests austretender Dampf macht geothermische Energie sichtbar



Im Rahmen der Energieforschung werden daher Grundlagen und Technologieentwicklungen der Geothermie gefördert, um deren großes Potenzial zu erschließen und die Wirtschaftlichkeit zu verbessern. Hauptziel auf dem Gebiet der tiefen Geothermie sind die Reduktion der Kosten bei Exploration und Erbohrung der Reservoirs, eine Verminderung des Fündigkeitsrisikos, ein nachhaltiges Reservoir-Management sowie die effektive Umwandlung und bessere Einbindung der geförderten Energie in lokale und regionale Wärmenetze. Die Erfahrungen aus der Anlage Landau tragen dazu bei, diesen Zielen näher zu kommen und zukünftig einen wachsenden Anteil der Energieversorgung Deutschlands aus geothermischen Ressourcen zu decken.

► PROJEKTADRESSEN

- geox GmbH
Geschäftsführer:
Dr. Heiner Menzel
Peter Hauße
Industriestr. 18
76829 Landau
geox ist eine Tochter der:
- EnergieSüdwest AG
Industriestr. 18
76829 Landau
- Pfalzwerke AG
Kurfürstenstr. 29
67061 Ludwigshafen

► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

Internet

- www.geox-gmbh.de
- www.geothermie.de

Abbildungsnachweis

- 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9 geox GmbH
- Abb. 2: Jung, R. et. al. 2002

Service

- Ergänzende Informationen sind beim BINE Informationsdienst erhältlich oder im Internet unter www.bine.info (Service/Infoplus) abrufbar

PROJEKTORGANISATION

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
11055 Berlin

Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH
Dr. Dieter Rathjen
52425 Jülich

- Förderkennzeichen
0327522, 0327523

IMPRESSUM

- ISSN
0937 – 8367

- Version in Englisch
Dieses Projekt-Info bieten wir Ihnen als PDF auch in englischer Sprache unter www.bine.info an.

- Herausgeber
FIZ Karlsruhe
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

- Nachdruck
Nachdruck des Textes nur zulässig bei vollständiger Quellenangabe und gegen Zusendung eines Belegexemplares; Nachdruck der Abbildungen nur mit Zustimmung der jeweils Berechtigten.

- Autoren
Martin Frey, Uwe Milles

BINE Informationsdienst Kompetenz in Energie

BINE informiert zu Energieeffizienztechnologien und erneuerbaren Energien:

In kostenfreien Broschüren, unter www.bine.info und per Newsletter zeigt BINE, wie sich gute Forschungsideen in der Praxis bewähren.

BINE ist ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderter Informationsdienst von FIZ Karlsruhe.

Kontakt

Fragen zu diesem **projektinfo**?
Wir helfen Ihnen weiter:

Tel.: 0228 92379-44

 **BINE**
Informationsdienst

FIZ Karlsruhe, Büro Bonn
Kaiserstraße 185 – 197
53113 Bonn

Tel.: 0228 92379-0
Fax: 0228 92379-29

bine@fiz-karlsruhe.de
www.bine.info