

---

Kurzfassung

# Wärmeverbund Ingolstadt

Vorstudie

---

Bayerisches Landesamt  
für Umweltschutz



## **Augsburg, 2005**

Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg  
Tel.: (0821) 90 71 - 0  
Fax: (0821) 90 71 - 55 56  
E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: <http://www.bayern.de/lfu>

Aufgestellt: EU-Consult GmbH  
Büro Ludwigshafen  
Mundenheimer Str. 222  
67061 Ludwigshafen

im Auftrag des  
Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz, LfU

Zitiervorschlag:  
Bayer. Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.)  
Wärmeverbund Ingolstadt – Vorstudie – Kurzfassung (Juli 2004), Augsburg, 2005

Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz (LfU) gehört zum Geschäftsbereich des  
Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV).

© Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg, 2005

Gedruckt auf Recyclingpapier

## Inhalt

1. Aufgabenstellung
2. Grundlagen
3. Methodik
4. Übersicht vorhandene Anlagen
5. Variantenübersicht
6. Ökonomische Varianten – Gegenüberstellung
7. Ökologische Varianten – Gegenüberstellung
8. Zusammenfassung

## 1. Aufgabenstellung

Mit dem Projekt Wärmeverbund Ingolstadt soll untersucht werden, ob und ggf. wie Abwärmeströme von Produktionsbetrieben im Raum Ingolstadt ökologisch und wirtschaftlich sinnvoll zur Deckung des Wärmebedarfs anderer Wärmeverbraucher (wie z.B.: sonstiger Industriebetriebe oder Gebäude im Raum Ingolstadt) genutzt werden können.

Folgende Betriebe sind in die Betrachtung einzubeziehen:

- Bayernoil (BO)
  - Betriebsteil Ingolstadt (BTI)
  - Betriebsteil Vohburg (BTV)
  - Betriebsteil Neustadt (BTN)
- Stadtwerke Ingolstadt (STW-I)
- Müllverbrennungsanlage Ingolstadt (MVA-I)
- Exxon Ingolstadt (Exxon)
- Sondermüllverbrennungsanlage Ebenhausen
- Audi – Ingolstadt (Audi)
- e-on Kraftwerk Ingolstadt
- e-on Kraftwerk Irsching

Im ersten Schritt soll eine Grobübersicht über die bestehende Energiebedarfssituation, die vorhandenen Energieerzeugungsanlagen und die Abwärmepotentiale der Region aufgestellt werden. Auf dieser Basis sollen dann in einer ersten Grobanalyse Alternativvarianten aufgestellt und bewertet werden.

Hierbei soll insbesondere ermittelt werden ob und wie Energieströme von Produktionsbetrieben ökologisch und ökonomisch sinnvoll zur Deckung des Energiebedarfs anderer Industriebetriebe genutzt werden können.

Der Aufwand und der Nutzen für die beteiligten Industriebetriebe wird dargestellt.

## 2. Grundlagen

Grundlage für die folgenden Ausarbeitungen bilden die, im Rahmen von Ortsbesichtigungen und Besprechungen an EUC übergebenen Informationen und Unterlagen der beteiligten Unternehmen.

Auf Basis dieser Informationen werden Alternativvarianten für die Energieversorgung der beteiligten Unternehmen unter besonderer Berücksichtigung eines Energieverbundes aufgestellt.

Hierbei wird der Nutzung von vorhandenem Abwärmepotential besondere Bedeutung beigemessen.

Kostenbasis für die ökonomische Bewertung der Varianten bildet die erste Jahreshälfte 2004. Die Kostenansätze sind in Tabelle 2.1-1 zusammengefasst.

Detaillierte Angaben, Analysen zu den bestehenden Systemen lösen in einigen der beteiligten Unternehmen einen zum Teil nicht unerheblichen Aufwand aus. Dieser soll abstimmungsgemäß erst in der zweiten Stufe (der Detailuntersuchung) aufgebracht werden. Entsprechend dem Wunsch dieser Betriebe wurde daher in der folgenden Ausarbeitung nur das von den Betrieben bereitgestellte Material verwendet. Soweit erforderlich, wurden fehlende Angaben durch Schätzungen ersetzt.

Zeigt die nachfolgende Grobübersicht die generelle Wirtschaftlichkeit der untersuchten Systeme, so erfolgt die Detaillierung und Ausarbeitung von belastbaren Ansätzen mit ausreichender Genauigkeit für Investitionsentscheidungen in der nächsten Bearbeitungsstufe der Studie (Detailstudie).

### 2.1 Kostenansätze

Für alle in der Studie erstellten Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen werden die in Tabelle 2.1-1 dargestellten Ansätze verwendet. Die Werte entstammen Literaturangaben, Erfahrungswerten bzw. Internetveröffentlichungen und sind nur als Anhaltswerte für eine erste Grobanalyse der Varianten gedacht.

Die Varianten, für die auf dieser Basis eine Wirtschaftlichkeit nachgewiesen wird, werden in der zweiten Stufe der Studie auf Basis von, mit allen Beteiligten abgestimmten, Kostenansätzen und auf Basis von, in konkreten Vorplanungen erstellten, Investitionsermittlungen, weiter analysiert.

Kapitaldienst	Sanierung/Neuinvest.
- Kapitalzinsen	6 %/a
- Rechn. Nutzungszeit	15 a
- Annuitätsfaktor	0.1030
Personalkosten (je MA)	45 T€/a
Wartuna/Instandhaltung Rohrleitunastrassen	0.5 %/a (Invest)
Wartuna/Instandhaltung Kraftwerks-Anlaae	1.5 €/KWh(el)
Verwaltung/Versicherung	0,5 %/a (Invest)
Stromerlöse	
- Arbeitspreis (Einspeisevergütung)	40,00 €/MWh
- KWK- Zulage	€/MWh
- vermiedene Netznutzung	€/MWh
- Stromerlöse Kraftwerksanlage	40,00 €/MWh
Synthesegasbezugspreise	
- Arbeit (bezogen auf Hu)	15,00 €/MWh (Hu)
- Erdgassteuer / Ökosteuer	0,00 €/MWh (Hu)
Synthesegasbezugskosten Kraftwerksanlage	15,00 €/MWh (Hu)
Schwerölbezugspreise	5 €/MWh (Hu)
Zusatzwasserkosten	2.50 €/m3

Tabelle 2.1 -1: Kostenansätze

(Preisstand 2004, netto, Schätzungen anhand von Literatur- und Erfahrungswerten)

### **3. Methodik**

Kapitel 2 enthält für die Varianten die Kostenansätze, die bei der ökonomischen Bewertung der Varianten verwendet werden.

Ausgehend von der Aufgabenstellung wird in Kapitel 4 zunächst ein Überblick über die vorhandenen Energieversorgungsanlagen und Energiebedarfswerte der beteiligten Unternehmen aufgestellt. Diese bestehende Anlagensituation bildet bei den weiteren Analysen dann die Basisvariante.

Kapitel 5 enthält dann die Übersicht über die technisch sinnvollen alternativen Energieversorgungssysteme (Varianten).

In Kapitel 6 werden die ökonomischen Studienergebnisse zusammengefasst.

In Kapitel 7 erfolgt die ökologische Variantengegenüberstellung.

Kapitel 8 enthält die zusammenfassende Bewertung.

#### 4. Übersicht vorhandene Anlagen

Im folgenden wird für jedes der beteiligten Unternehmen die jeweilige Energiebedarfs – und -erzeugungssituation getrennt dargestellt.

Das nachfolgende Bild 4.0-1 gibt einen Überblick über die räumlichen Verhältnisse in der betrachteten Region und die Lage der beteiligten Unternehmen im Raum Ingolstadt / Neustadt.

Bild 4.0-2 zeigt eine Übersicht über die direkt im Nahgebiet der Stadt Ingolstadt gelegenen Betriebe.

In der im Raum Ebenhausen gelegenen Sondermüllverbrennungsanlage steht ebenfalls Abwärme zur Nutzung zur Verfügung. Aufgrund der großen Entfernung zu Ingolstadt wird dieser Bereich gesondert betrachtet.

Ebenso wird der Bereich Bayernoil Betriebsteil Neustadt gesondert betrachtet.

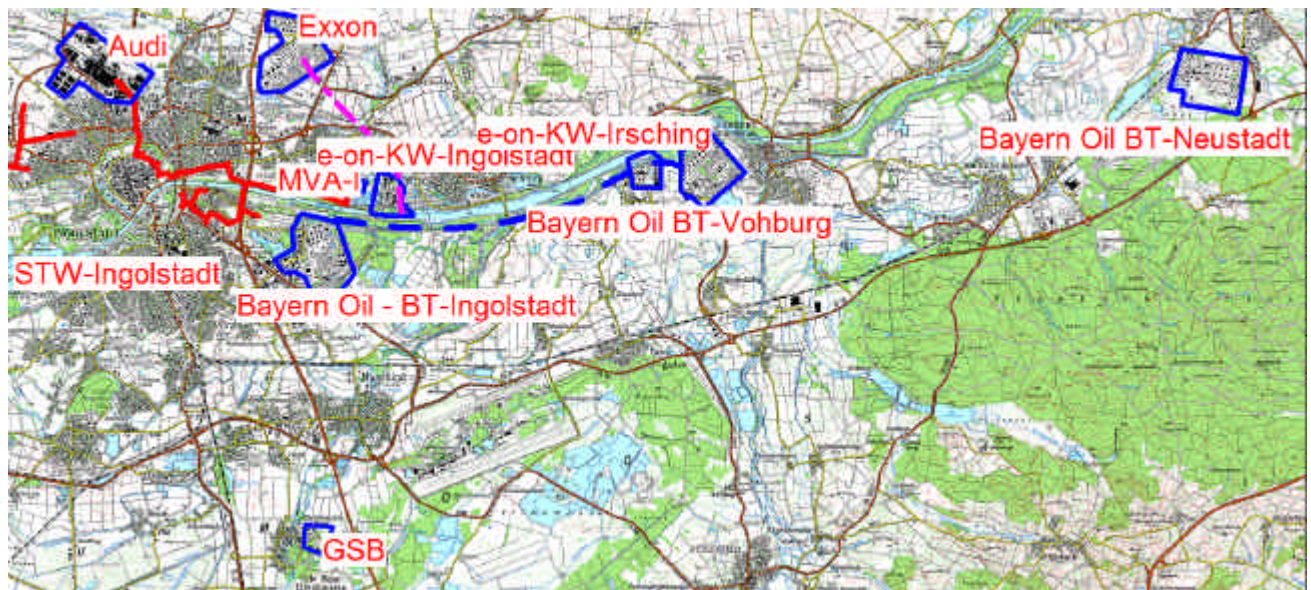


Bild 4.0-1: Übersicht Region Ingolstadt und beteiligte Unternehmen



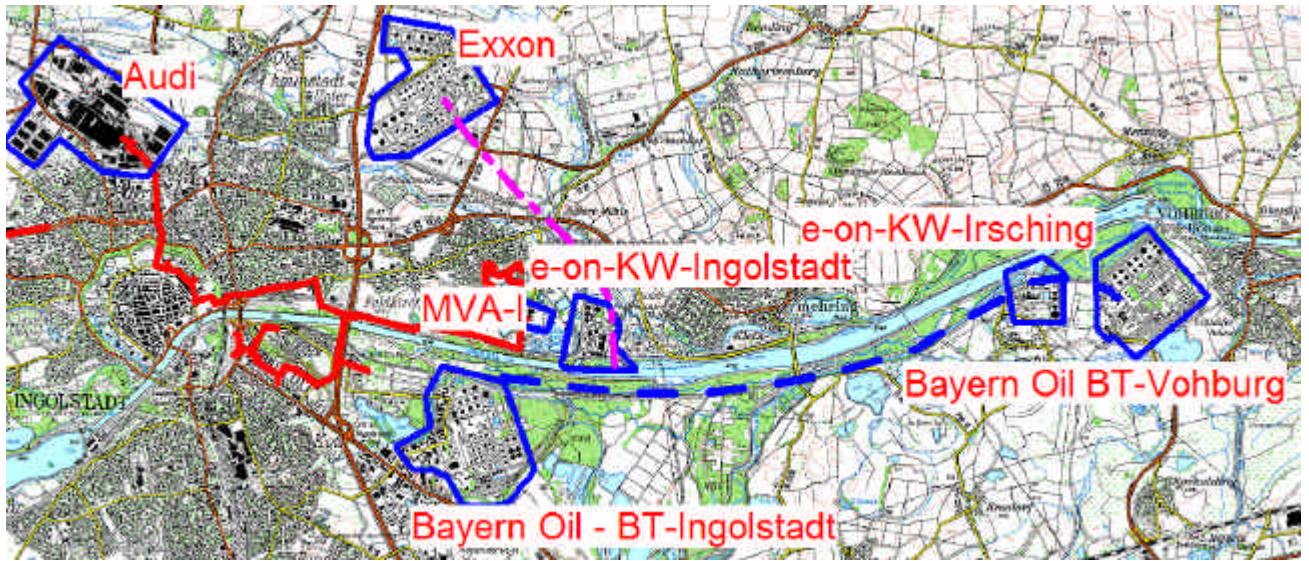


Bild 4.0-2: Übersicht über die am Stadtgebiet Ingolstadt liegenden Unternehmen

## 4.1 Bayernoil

Bayernoil betreibt im Raum Ingolstadt drei Raffinerien

- Bayernoil Ingolstadt (BTI)
- Bayernoil Vohburg (BTV)
- Bayernoil Neustadt (BTN)

Die Raffinerien von Bayernoil können in einem Energieverbund sowohl als Wärme- und Stromkunde wie auch als Primärenergielieferant auftreten.

Einzelheiten wie folgt:

### 4.1.1 Bayernoil Ingolstadt

Nachfolgendes Bild 4.1.1-1 zeigt eine Übersicht über den Bereich um den Bayernoil-Standort Ingolstadt. Zu erkennen ist im Umfeld der Fabrik ein Industriegebiet, sowie ein nahegelegenes Fernwärmenetz der Stadtwerke Ingolstadt.

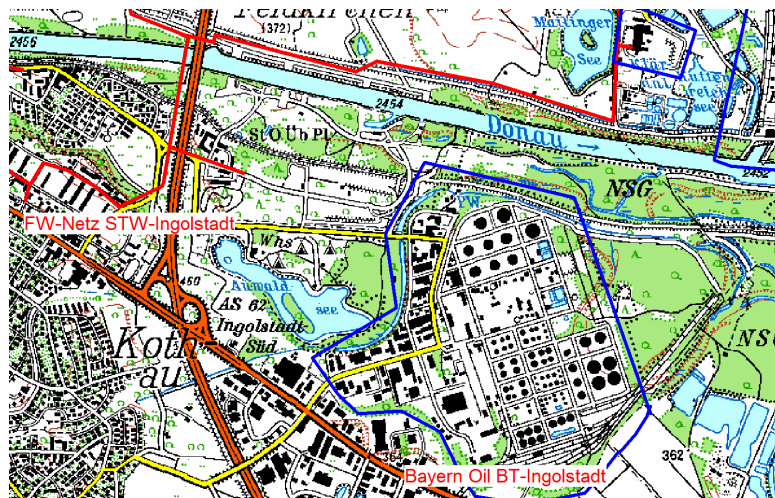


Bild 4.1.1-1: Übersicht Bereich Bayernoil BT - Ingolstadt

In den rückgekühlten Produktströmen ist ein nutzbares Abwärmepotential in der Summe von ca. 6,41 MW<sub>th</sub> im nutzbaren Temperaturbereich bis 90 °C vorhanden. Zur Auskopplung müssen Wärmetauscher in den Produktstrom integriert werden und Rohrleitungsverbindungen zum Wärmenetz geschaffen werden.

#### 4.1.2 Bayernoil Vohburg

Bild 4.1.2-1 zeigt eine Übersicht über den Bereich um den Bayernoil-Standort Vohburg. Zu erkennen ist das nahegelegene e-on – Kraftwerk Irsching und die Entfernung zur Wohnbebauung Vohburg und Irsching.

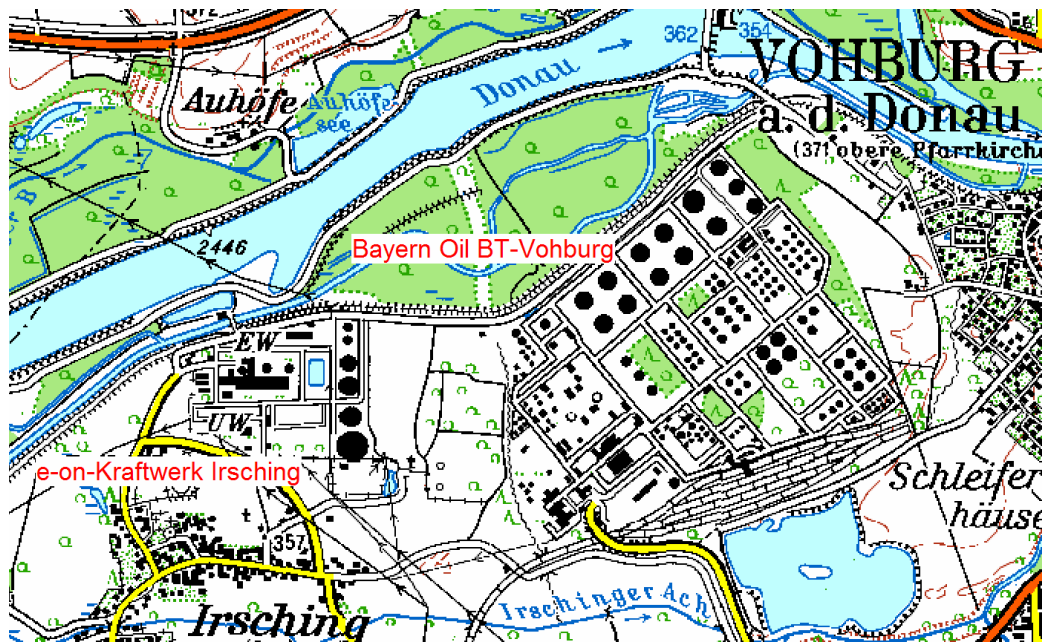


Bild 4.1.2-1: Übersicht Bereich Bayernoil Betriebsteil Vohburg

Es wurde ein nutzbares Abwärmepotential in der Summe mit ca. 20,8 MW<sub>th</sub> im nutzbaren Temperaturbereich bis 90 °C identifiziert. Zur Auskopplung müssen Wärmetauscher in den Produktstrom integriert werden und Rohrleitungsverbindungen zu einem neu zu errichtenden Nahwärmenetz oder sonstigen Wärmenutzungseinrichtungen geschaffen werden.

4.1.3 Bayernoil Neustadt  
Bild 4.1.3-1 zeigt eine Übersicht über die räumlichen Verhältnisse

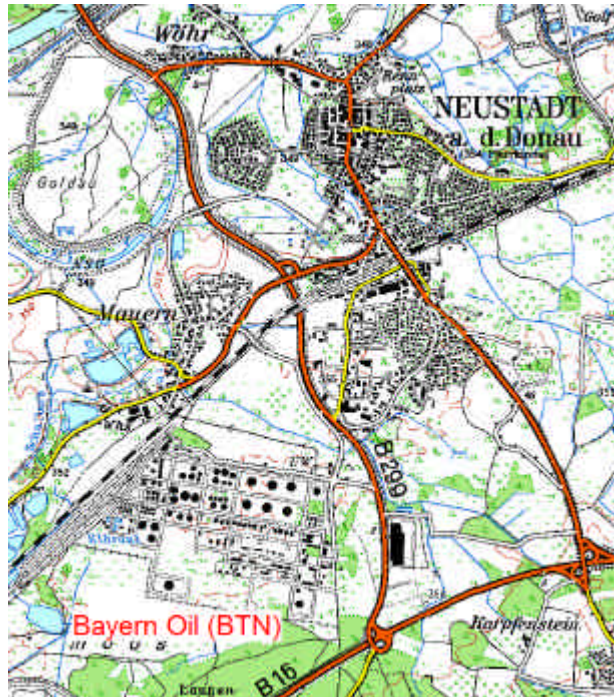


Bild 4.1.3-1: Übersicht Bereich Bayernoil Betriebsteil Neustadt mit Stadtgebiet Neustadt

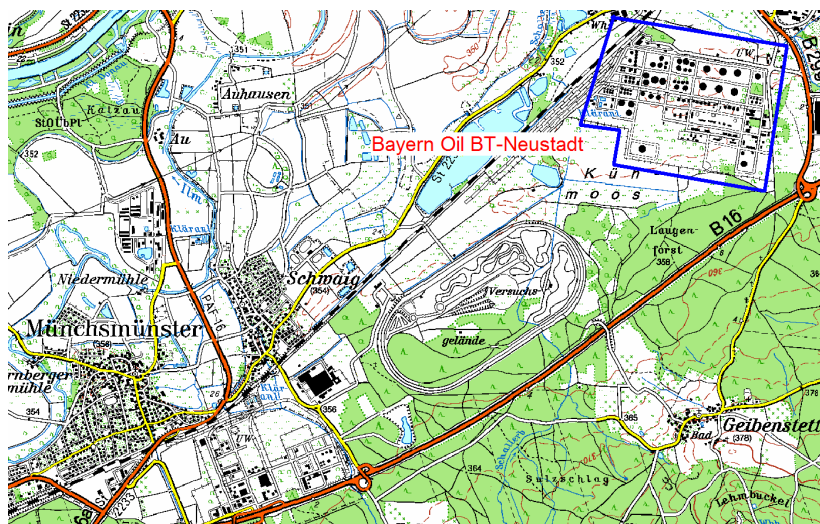


Bild 4.1.3-2: Übersicht Bereich Bayernoil Betriebsteil Neustadt bis Münchsmünster

Abwärmernutzungspotentiale sind vorhanden im Bereich Neustadt sofern eine Erschließung mit Fern-/Nahwärme möglich ist und im Bereich Münchsmünster

(z.B. im dortigen Industriegebiet) falls eine Erschließung technisch und wirtschaftlich sinnvoll möglich ist.

Es wurde ein nutzbares Abwärmepotential in der Summe mit ca. 28,1 MW<sub>th</sub> im Temperaturbereich bis 90 °C identifiziert.

Zur Auskopplung müssen Wärmetauscher in den Produktstrom integriert werden und Rohrleitungsverbindungen zum Wärmenetz geschaffen werden.

## 4.2 Audi

Audi verfügt über eigene, erdgasbefeuerte Energieerzeugungsanlagen zur Versorgung des Werkes.

- Heizwerk West
- Heizwerk Ost
- KWKK – Anlage (neben Heizwerk West)

Die Anlagen sind auf den Bedarf des Werkes ausgelegt. Nennenswerte Abwärmequellen zur externen Nutzung sind nicht vorhanden.

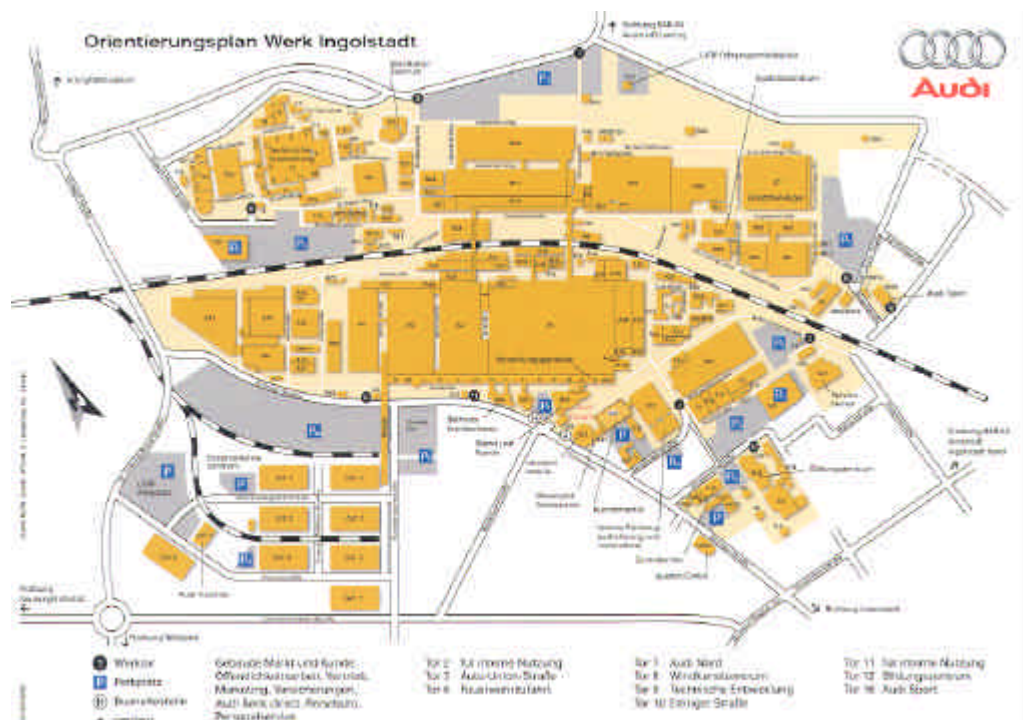


Bild 4.2 – 1 zeigt eine Übersicht über das Werksgelände.

### 4.3 Exxon

Die Exxon – Raffinerie könnte sowohl als Wärmeenergielieferant, Brennstofflieferant, wie auch als Energieverbraucher (Strom, Wärme) auftreten.

Zwischen der Raffinerie und dem e-on - Kraftwerk- „Ingolstadt“ bestehen zwei Leitungstrassen

- Prozessgasleitung für Raffineriegas  
Die Leitung wurde seit langem nicht mehr genutzt
- Schweröl – Pipeline (Heizöl S)  
Die Leitung wird selten genutzt, ist aber in Betrieb.

Das Kraftwerk dient der Stromversorgung des Werksgeländes sowie der Absicherung der Dampfversorgung der Produktionsanlagen. Die Prozessanlagen erzeugen ihrerseits selbst Dampf, so dass durch das Kraftwerk nur die Lastschwankungen im Dampfnetz (durch Produktionsschwankungen etc. ausgelöst) ausgeglichen werden müssen.

Die Abwärmeleistung der auf dem Raffineriegelände vorhandenen Rückkühlssysteme liegt bei ca.  $100 \text{ MW}_{\text{th}}$ . Das Temperaturniveau liegt bei ca.  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ . Die Rücklauftemperatur sollte so tief wie möglich liegen. Eine Rücklauftemperatur von  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  ist aber auch möglich.

Für die Auskopplung dieser Energiemenge sind relativ geringe Aufwendungen in Wärmetauscher, Pumpen und Rohrleitungssysteme erforderlich. Diese Energie könnte bei Bedarf von Exxon am Werkszaun kostengünstig bereitgestellt werden.

Im Umfeld des Exxon – Geländes ist ein Industriegebiet und etwas weiter sind auch Wohngebiete vorhanden.

Bild 4.3-1 zeigt eine Übersicht über den Bereich am Standort Exxon. Rot dargestellt das FW-Netz, Blau dargestellt die Betriebsflächen, magenta dargestellt die vorh. Verbindungstrasse (Schweröl, Raffineriegas).

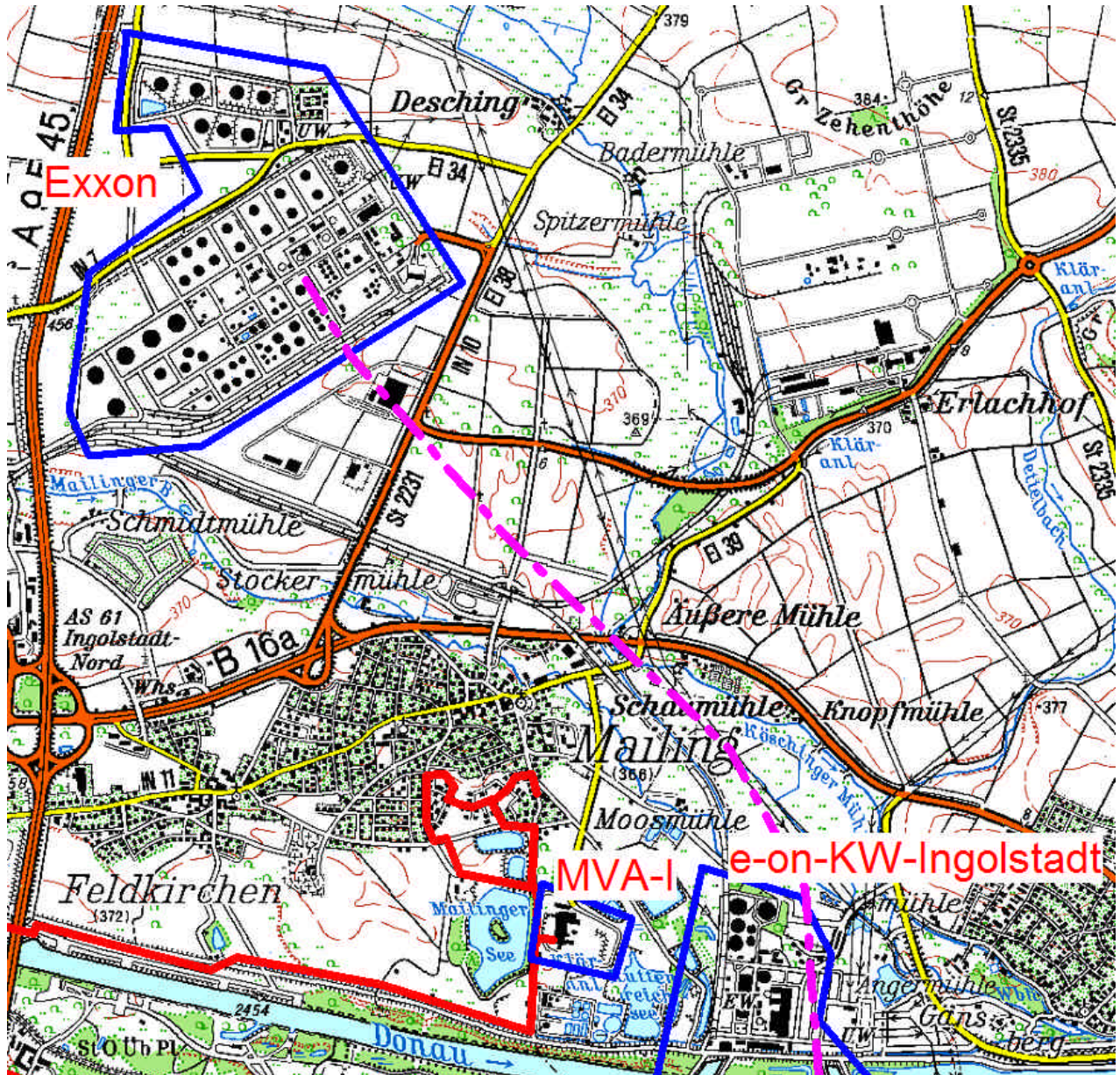


Bild 4.3-1: Übersicht Standort Exxon

#### 4.4 e-on Kraftwerke

e-on betreibt im Raum Ingolstadt zwei Kraftwerke.

- Kraftwerk Ingolstadt
- Kraftwerk Irsching

Die Kraftwerke werden nur zur Netzstabilisierung (Spitzenlastdeckung) und als Reserveeinheiten eingesetzt).

Bild 4.4-1 zeigt eine Übersicht über den Gebäudebereich.

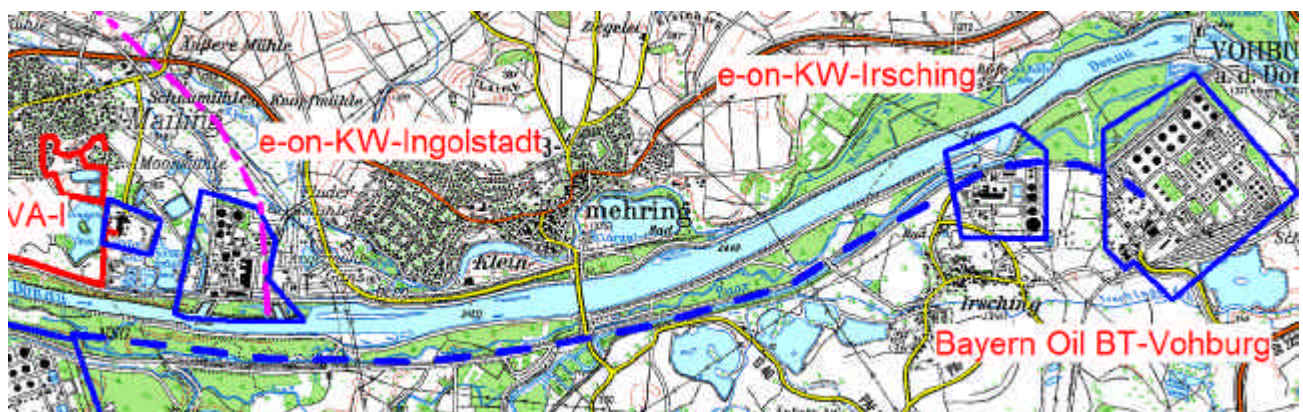


Bild 4.4-1 Übersicht Bereich e-on - Kraftwerke Ingolstadt und Irsching



4.4.1 Kraftwerk Ingolstadt

4.4.1.1 Das e-on Kraftwerk Ingolstadt wird mit Schweröl (s) betrieben.

4.4.1.2 Eine Raffineriegasleitung zwischen Exxon und dem Kraftwerk Ingolstadt existiert, wurde aber schon lange nicht mehr betrieben. Der technische Zustand ist nicht bekannt. Die Leitung müsste vor einer Nutzung auf jeden Fall geprüft/ertüchtigt werden.

4.4.1.3 Eine Schwerölleitung zwischen Exxon und Kraftwerk Ingolstadt besteht, wird aber nur selten genutzt.

4.4.1.4 Leistungsdaten Block 3/4  
 Min-Last: 50 MW<sub>el</sub>  
 Max-Last: 420 MW<sub>el</sub>  
 Kesseldruck: 190 bar

	Dim.	Block 3	Block 4
Elektr. Leistung	MW	420	420
Betriebsstunden (im wesentlichen nur werktags)	h/a	200	
Dampfkesselleistung	t/h	1250	1250
Frischdampfdruck	bar	186	186
Frischdampf Temperatur	°c	535	535
Brennstoffbedarf bei Volllast - Heizöl (schwer)	m <sup>3</sup> /h	97	97
Brennstoffwärmeleistung	MW	1007	1007
Abwärmeleistung Dampfturbinenkondensator (Abschätzung, Temperatur Niveau 10 °C bis 20 °C) bei Volllast	MW	500	500

4.4.1.5 Insgesamt sind 4 Blöcke vorhanden  
 Blöcke 1 und 2 sind stillgelegt. Eine Wiederinbetriebnahme ist technisch und wirtschaftlich aufgrund des Anlagenzustandes nicht sinnvoll.

4.4.1.6 Das Kraftwerk wird im Verbundnetz nur zur Spitzenlast-/Reserve-Lastabdeckung eingesetzt. Die Einsatzzeiten sind verhältnismäßig gering. Im Regelfall über die Werkzeuge in der Tagesmitte mit höherer Last, selten Volllast, häufige Stillstände.

4.4.2 Kraftwerk Irsching

4.4.2.1 Es sind 3 Kraftwerksblöcke vorhanden

Block 1: 1 x 150 MW<sub>el</sub>

Block 2: 1 x 330 MW<sub>el</sub>

Block 3: 1 x 440 MW<sub>el</sub>

	Dim.	Block 1	Block 2	Block 3
Elektr. Nettoleistung	MW <sub>el</sub>	151	312	415
Dampfkesselleistung	t/h	475	950	1.275
Frischdampfdruck	bar	187	181	212
Frischdampf-temp.	°C	535	535	535
Brennstoffbedarf bei Voll- last				
- Erdgas	Nm <sup>3</sup>	43.200	82.080	103.000
- Heizöl (EL)	t/h	37	68	87
Brennstoffwärmeleistung	MW <sub>Br</sub>	434	824	1034
Abwärmeleistung Dampfturbinenkondensator (Abschätzung Temp. Niveau bei Volllast 10 °C (bis 20 °C)	MW <sub>th</sub>	210	385	525

Tabelle 4.4-2: Leistungsdaten e-on – Kraftwerk Irsching

4.4.2.2 Das gesamte Kraftwerk ist konserviert.

Block 1 und 2 wird derzeit nicht eingesetzt.

Block 3 wird selten, nur bei Ausfall von Kraftwerksleistung im Verbundnetz (z.B. bei Revisionen) eingesetzt.

Als Brennstoff wird eingesetzt:

- Erdgas
- Heizöl EL

#### 4.5 Stadtwerke Ingolstadt

Die Stadtwerke Ingolstadt bieten im Stadtgebiet Ingolstadt die Energien:

- Strom
  - Erdgas
  - Fernwärme
  -
- an.

Bild 4.5-1 zeigt eine Übersicht über die Haupttrassen des vorhandenen Fernwärme – Leitungssystems.

Die Fernwärmeerzeugung erfolgt größtenteils in Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW-Anlagen) sowie durch Auskopplung von Fernwärme aus der Dampfturbine der Müllverbrennungsanlage.

Die aus der Müllverbrennungsanlage ausgekoppelte Fernwärme wird an Audi weitergeleitet und dient dort der Grundlastdeckung.

Generell ist eine Übernahme von Wärme zur Einspeisung in das Fernwärmenetz der Stadt Ingolstadt möglich.

Im Stadtgebiet sind keine Unternehmen ansässig, die über einen nennenswerten Sommer-Wärme-/Kältebedarf verfügen. Hier müsste, um das vorhandene Abwärmepotential nutzen zu können, eine gezielte Ansiedlung von Unternehmen mit entsprechendem Energiebedarf (Kältebedarf, Wärmebedarf) erfolgen.



Bild 4.5-1: Übersicht über die Haupt-Fernwärme-Leitungstrassen der Stadtwerke Ingolstadt

#### 4.6 Sondermüllverbrennungsanlage Baar - Ebenhausen

Die Sondermüllverbrennungsanlage verstromt den mit der Verbrennung erzeugten Dampf in einer Dampfturbine. Die Dampfturbine verfügt über eine Entnahme mit einem Druck von 2,0 bar ü.

Die dort ursprünglich zur Verfügung stehenden Abwärmemengen (10 MW<sub>th</sub>) sind durch interne Verbraucher im Wesentlichen aufgebraucht.

Mögliche Ausspeisungen im Bereich weniger MW<sub>th</sub> sind weiterhin möglich, stehen aber nicht immer gesichert zur Verfügung. Reservekessel zur Absicherung dieser Leistung müssen im Wärmenutzungskonzept vorgesehen werden.

Im Umfeld der Sondermüllverbrennungsanlage ist ein Industriegebiet vorhanden. Einige dieser Betriebe können für eine Wärmeeinspeisung in Frage kommen.

Etwa 3 km entfernt liegt der Flughafen Manching, der ggf. auch als Wärmeenergiekunde betrachtet werden kann. Eine FW – Trasse rechnet sich jedoch nur, wenn auch erhebliche Energiemengen transportiert werden können, was derzeit nicht erkennbar ist.

Nachfolgendes Bild 4.6-1 zeigt eine Übersicht über die räumlichen Verhältnisse.

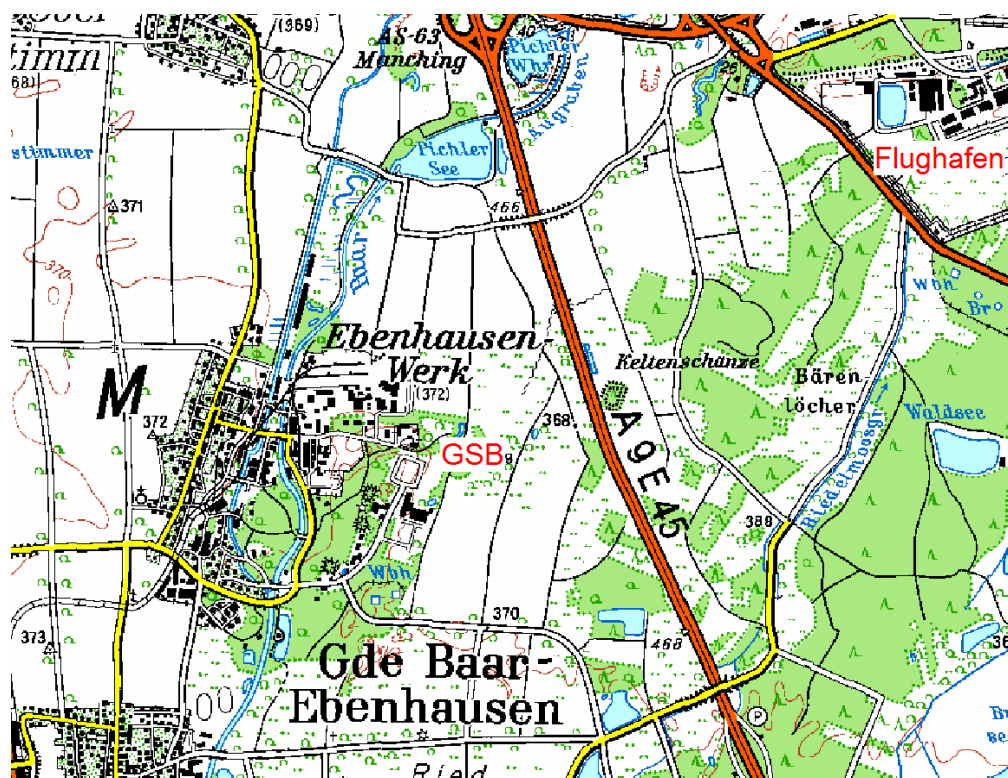


Bild 4.6-1: Übersicht Bereich GSB in Ebenhausen

#### 4.7 MVA - Ingolstadt

Die Müllverbrennungsanlage Ingolstadt erzeugt mit dem bei der Müllverbrennung entstehenden Dampf mittels Dampfturbinen elektrischen Strom.

Über entsprechende Turbinenentnahmen wird Dampf zur Wärmeversorgung eines Fernheiznetzes ausgekoppelt.

Über dieses Netz wird Fernwärme an verschiedene Wärmenetze wie auch an Audi geliefert.

Die ausgespeiste Fernwärmeleistung liegt bei ca. 35 MW<sub>th</sub>.

Aufgrund der vorh. Anlagenstruktur und Leistungen ist eine Erhöhung der auskoppelbaren Wärmeleistung nicht mehr möglich.

Ein Energieverbundsystem mit dem e-on Kraftwerk Ingolstadt könnte hier in Schwachlastzeiten des FW – Netzes (z.B. im Sommer) Dampfmengen auf 2 bar – Niveau oder auf 42 bar – Niveau bereitstellen oder Dampf für die MVA oder die Einspeisung ins FW – Netz auf diesen Druckstufen übernehmen.

Interessant ist diese Möglichkeit bei den Überlegungen zur Absicherung der FW–Einspeisung.

Die vorh. FW-Leitung wurde nur für ca. 35 MW errichtet. Eine Leistungserhöhung auf dieser Trasse erfordert weitere Investitionen.

## 5. Variantenübersicht

Die Zusammenfassung der Ergebnisse der Bestandsaufnahme (Kap. 4) ergibt folgendes Bild.

Für die Nutzung der industriellen Abwärme sind anhand der räumlichen Verhältnisse folgende Schwerpunkte vorhanden:

B1: Bereich Bayernoil Vohburg / e-on Kraftwerk Irsching

B2: Bereich e-on Kraftwerk Ingolstadt / MVA-Ingolstadt

B3: Bereich Bayernoil Ingolstadt / Stadtgebiet Ingolstadt

B4: Bereich Audi / Exxon / Stadtgebiet Ingolstadt

B5: Bereich Bayernoil Neustadt

B6: Bereich Sondermüllverbrennungsanlage Baar-Ebenhausen

B7: Zusätzlich besteht noch die Möglichkeit des Wärmeverbund`s der Bereiche

B1, B2, B3, B4, jeweils einzeln oder auch gesamt.

Hochtemperaturwärme steht an den Industriestandorten

- Exxon
  - e-on Kraftwerk Ingolstadt
  - e-on Kraftwerk Irsching
  - Bayernoil Vohburg, Ingolstadt, Neustadt
- sowie
- Sondermüllverbrennungsanlage Baar-Ebenhausen

mit im Grunde frei wählbaren Parametern zur Verfügung (bis 42 bar Dampfdruck und z.T. auch darüber hinaus). Zu berücksichtigen ist, dass diese Anlagen auf den Bedarf der dortigen Produktionsanlagen ausgelegt sind und zusätzliche Aufwendungen für Fremdauskopplung erforderlich werden.

Niedertemperatur Abwärme im Temperaturbereich bis 90 °C aus Rückkühlprozessen steht zur Verfügung an den Standorten

- |                        |           |                    |
|------------------------|-----------|--------------------|
| - Exxon                | (ca. 100  | MW <sub>th</sub> ) |
| - Bayernoil Ingolstadt | (ca. 6,41 | MW <sub>th</sub> ) |
| - Bayernoil Vohburg    | (ca. 20,8 | MW <sub>th</sub> ) |
| - Bayernoil Neustadt   | (ca. 28,1 | MW <sub>th</sub> ) |

Niedertemperatur Abwärme im Temperaturbereich bis 40 °C aus der Turbinenkondensatoranlage steht zur Verfügung an den Standorten

- e-on Kraftwerke Ingolstadt und Irsching

In einer gesonderten Untersuchung wird auf die geothermischen Möglichkeiten der Region eingegangen.

Anhand der Ergebnisse der Bestandsaufnahme wurden auf Basis von ersten Abschätzungen sowie der abgestimmten Aufgabenstellung aus der Vielzahl der möglichen Varianten die Folgenden für die erste Übersichtsbetrachtung ausgewählt:

**Standort B1 Vohburg/Irsching**

- Variante 5.1-I: Errichtung eines GuD – Kraftwerks am e-on - Kraftwerk Irsching im Energieverbund mit Bayernoil Vohburg (oder/und weiteren Industriebetrieben)
- Variante 5.1-II: Auskopplung von NT-Abwärme aus der Bayernoil Raffinerie und Einspeisung in ein Nahwärmenetz Vohburg
- Variante 5.1-III: Auskopplung von NT-Abwärme aus der Bayernoil Raffinerie und Verteilung mittels eines LKW/Bahn gestützten Wärmetransportsystems.
- Variante 5.1-IV: Erzeugung von Produktionskälte in der Bayernoil Raffinerie über Absorptions-/ Adsorptionskälteanlagen aus der NT-Abwärme.

**Standort B2 e-on/MVA Ingolstadt**

- Variante 5.2-I: Verbund des e-on-Kraftwerks Ingolstadt mit der MVA-Ingolstadt

**Standort B3 Bayernoil/Stadtwerke Ingolstadt**

- Variante 5.3-I: Auskopplung von Abwärme aus der Bayernoil-Raffinerie Ingolstadt in das Fernwärmenetz der Stadtwerke Ingolstadt

**Standort B4 Bereich Audi, Exxon, Stadt Ingolstadt**

- Variante 5.4-I: Auskopplung von Wärme aus der Exxon-Raffinerie und Wärmeversorgung Audi über eine Fernwärmeleitung Exxon-Audi ggf. im Verbund mit dem Fernwärmenetz Ingolstadt

**Standort B5 Bereich Bayernoil Neustadt**

- Variante 5.5-I: Auskopplung von Abwärme aus der Bayernoil-Raffinerie und Wärmeversorgung von benachbarten Industriebetrieben und Wohnbereichen über
  - eine Fernwärmeleitung,
  - Wärmecontainer
- Variante 5.5-II: Auskopplung von Abwärme aus der Bayernoil-Raffinerie und

Kälteversorgung von Bereichen in der Raffinerie und in benachbarten Industriebetrieben und Wohnbereichen mittels Absorptionskälteanlagen

über

- eine Fernkälteleitung,
- Kältecontainer
- etc.

#### **Standort B6 Bereich Sondermüllverbrennungsanlage Baar-Ebenhausen**

- Variante 5.6-I: Auskopplung von Abwärme aus der Sondermüllverbrennungsanlage und Wärmeversorgung von benachbarten Industriebetrieben und Wohnbereichen über

- eine Fernwärmeleitung,
- Wärmecontainer

- Variante 5.6-II: Auskopplung von Abwärme aus der Sondermüllverbrennungsanlage und Kälteversorgung von Bereichen in der Raffinerie und in benachbarten Industriebetrieben und Wohnbereichen mittels Absorptionskälteanlagen

über

- eine Fernkälteleitung,
- Kältecontainer
- etc.

#### **Standort B7(B1) Energieverbund im Gesamtbereich Ingolstadt**

- Variante 5.7-I: Errichtung eines GuD – Kraftwerks am e-on - Kraftwerk Irsching im Energieverbund mit Bayernoil Vohburg, Exxon, Audi, Stadtwerke Ingolstadt



## 6. **Ökonomische Varianten-Gegenüberstellung**

Ein direkter Vergleich der, aus der Bestandsaufnahme resultierenden Versorgungsvarianten mit der vorhandenen Situation der Betriebe ist aufgrund der fehlenden Datenbasis nicht möglich. Dieser Vergleich wird ggf. in der Detailuntersuchung erfolgen.

In Bezug auf die räumlichen Verhältnisse sind die einzelnen Varianten untereinander nicht direkt vergleichbar, da sie jeweils spezifisch der örtlichen Abwärmesituation bzw. den Prozessbedingungen angepasst sind.

Die ökologischen Vorteile der einzelnen Varianten sind auf Basis von Energiegestehungskosten oder Energietransportkosten in den einzelnen Kapiteln angegeben.

## 7. Ökologische Varianten-Gegenüberstellung

Die, auf Basis der Bestandsaufnahme entwickelten Varianten lassen sich in ihren ökologischen Auswirkungen wie folgt charakterisieren.

Im Vergleich mit den CO<sub>2</sub>-Emissionen treten die ökologischen Verbesserungen aller anderen Luftschadstoffe in den Hintergrund, so dass hier zunächst auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen eingegangen wird.

### A) Reine Abwärmenutzung aus Produktionsabwärme

Hier ist eine direkte Substitution von Wärmeerzeugerleistung auf Niedertemperaturniveau möglich, wobei die, auf Basis von Heizöl-/Erdgasfeuerungen entstehenden Luftschadstoffe vermieden werden.

Das im Bereich vorhandene Abwärmepotential ergibt sich wie folgt:

- NT-Abwärme Exxon:	100	MW <sub>th</sub>
- NT-Abwärme Bayernoil		
• Vohburg	20,8	MW <sub>th</sub>
• Ingolstadt	6,41	MW <sub>th</sub>
• Neustadt	28,10	MW <sub>th</sub>
- Sondermüllverbrennungsanlage Ebenhausen	2,50	MW <sub>th</sub>
	<hr/>	
- Summe	157,81	MW <sub>th</sub>

**Das diesem Abwärmeangebot entsprechende CO<sub>2</sub>-Einsparpotential beträgt ca. 250.000 t/a.**

Hiervon kann voraussichtlich nur ca. 50 % unter realistischen Nutzungsansätzen durch z.B. Nahwärmenutzung eingespart werden. Aber auch für diese Varianten ist die Wirtschaftlichkeit derzeit noch nicht nachgewiesen.

B) Energieeinsparung durch Wärmeverbund in Kraft-Wärme-Kopplung.

Hier ist im Wesentlichen der Bereich Ingolstadt entsprechend der Variante in Kapitel 5.7 zu betrachten.

CO<sub>2</sub>-Einsparpotential (ca.):

- Audi	120.000	t/a
- Exxon	100.000	t/a
- Bayernoil Voburg	100.000	t/a
- vermiedene Stromproduktion an anderen Standorten	270.000	t/a
	<hr/>	
Summe CO <sub>2</sub> -Einsparpotential	590.000	t/a
- Mehremissionen durch den Betrieb des derzeit abgeschalteten Kraftwerksblocks in Irsching	430.000	t/a
	<hr/>	
<b>Netto-CO<sub>2</sub>-Einsparung</b>	<b>160.000</b>	<b>t/a</b>

Das gesamte **CO<sub>2</sub>-Einsparpotential** in der Region beträgt bei Realisierung der ausgewählten Varianten (A u. B) ca. **410.000 t/a**.

Die Mehremissionen durch den Betrieb des Kraftwerks Irsching entstehen im KWK-Betrieb, wodurch u.U. eine CO<sub>2</sub>-Besteuerung hier nicht anfällt.

## 8. Zusammenfassung

Mit dem Projekt „Wärmeverbund Ingolstadt“ soll untersucht werden, ob und ggf. wie Abwärmeströme von Produktionsbetrieben im Raum Ingolstadt ökologisch und wirtschaftlich sinnvoll zur Deckung des Wärmebedarfs anderer Wärmeverbraucher genutzt werden können.

Folgende Betriebe sind in die Betrachtung einzubeziehen:

- Bayernoil (BO),
  - Betriebsteil Ingolstadt (BTI)
  - Betriebsteil Vohburg (BTV)
  - Betriebsteil Neustadt (BTN)
- Stadtwerke Ingolstadt (STW-I),
- Müllverbrennungsanlage Ingolstadt (MVA-I),
- Exxon Ingolstadt (Exxon),
- Sondermüllverbrennungsanlage Ebenhausen,
- Audi – Ingolstadt (Audi),
- e-on Kraftwerk Ingolstadt,
- e-on Kraftwerk Irsching.

Der gesamte Untersuchungsrahmen wird in zwei Stufen durchgeführt:

### 1. Grobanalyse (Gegenstand dieser Ausarbeitung)

- Bestandsaufnahme (Grobübersicht über die bestehende Energiebedarfs- und Versorgungssituation sowie die Abwärmepotentiale der Region),
- Variantenauswahl alternativer Versorgungs-/Verbundsysteme,
- erste überschlägige Variantenbewertung,
- Überschlägige Darstellung des möglichen Nutzens für die beteiligten Betriebe in ökonomischer und ökologischer Hinsicht.

*Im Anschluss soll in einem zweiten Schritt (zu einem späteren Zeitpunkt) die Detailanalyse mit folgenden Schwerpunkten durchgeführt werden.*

### 2. Detailanalyse:

- Verifizieren der sinnvollen Varianten aus der Grobanalyse zusammen mit den beteiligten Unternehmen,
- Ergänzen der Unternehmensdaten als Basis für eine belastbare Variantenanalyse.
- Erstellung eines belastbaren Vorprojektes für jede sinnvolle Variante mit detaillierten technischen Daten, Investitionsermittlung (+/- 10 % Genauigkeit), Wirtschaftlichkeitsberechnung, Realisierungskonzept

Die Untersuchungsziele der ersten Stufe (Grob-Analyse) des Projektes „Energieverbund Ingolstadt“ waren:

- Grob-Analyse der ökologisch und wirtschaftlich sinnvollen Möglichkeiten zur Nutzung von vorhandenen Energieangeboten, Abwärmequellen, regenerativen Energiequellen, KWK-Anlagen usw. im Raum Ingolstadt
- überschlägige Darstellung von Aufwand und Nutzen für die beteiligten Industriestandorte

Vorgehensweise hierbei:

- Kostenansätze und Kostengrundlagen gemäß Kap. 2
- Bestandsaufnahme und Darstellung der vorhandenen Versorgungsstruktur und Energieangebote (Kap. 4)
- Erarbeitung von alternativen Versorgungsvarianten (Kap. 5)
- Ökonomischer und ökologischer Variantenvergleich (Kap. 5, 6, 7)
- Zusammenfassung der Einzelergebnisse (Kap. 8)

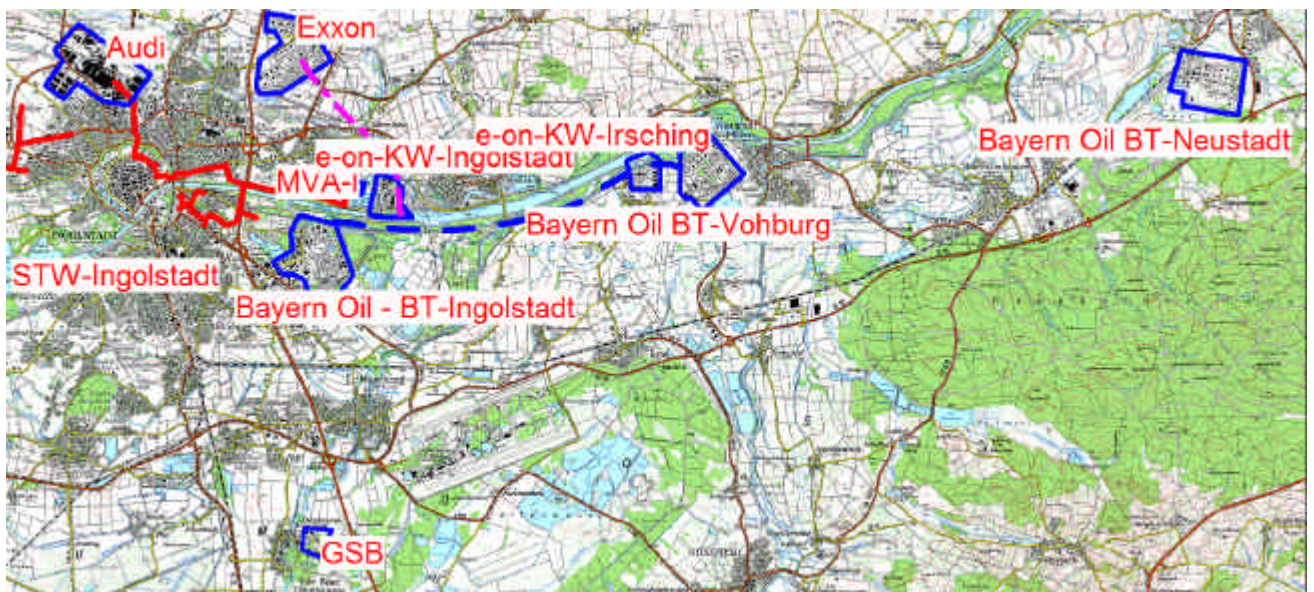


Bild 8-1: Übersicht Untersuchungsgebiet und beteiligte Unternehmen

Für die Nutzung der Industriellen Abwärme sind anhand der räumlichen Verhältnisse folgende Schwerpunkte vorhanden:

- B1: Bereich Bayernoil Vohburg / e-on Kraftwerk Irsching,
- B2: Bereich e-on Kraftwerk Ingolstadt / MVA-Ingolstadt,
- B3: Bereich Bayernoil Ingolstadt / Stadtgebiet Ingolstadt,
- B4: Bereich Audi / Exxon / Stadtgebiet Ingolstadt,
- B5: Bereich Bayernoil Neustadt,
- B6: Bereich Sondermüllverbrennungsanlage Baar.Ebenhausen,
- B7: Zusätzlich besteht noch die Möglichkeit des Wärmeverbund`s der Bereiche B1, B2, B3, B4, jeweils einzeln oder auch gesamt,
- B8: Geothermische Möglichkeiten.

Hochtemperaturwärme steht an den Industriestandorten:

- Exxon (max. 70 bar)
  - e-on Kraftwerk Ingolstadt (max. 190 bar)
  - e-on Kraftwerk Irsching (max. 190 bar)
  - Bayernoil Vohburg, Ingolstadt, Neustadt (max. 30, 19, 40 bar)
- sowie
- Sondermüllverbrennungsanlage Baar-Ebenhausen (max. 42 bar)
  - MVA-Ingolstadt (max. 42 bar)

mit im Grunde frei wählbaren Parametern zur Verfügung.

Zu berücksichtigen ist, dass diese Anlagen auf den Bedarf der dortigen Produktionsanlagen ausgelegt sind und zusätzliche Aufwendungen für Fremdauskopplung erforderlich werden.

Niedertemperatur Abwärme im Temperaturbereich bis 90 °C aus Rückkühlprozessen steht zur Verfügung an den Standorten:

- |                        |           |                    |
|------------------------|-----------|--------------------|
| - Exxon                | (ca. 100  | MW <sub>th</sub> ) |
| - Bayernoil Ingolstadt | (ca. 6,41 | MW <sub>th</sub> ) |
| - Bayernoil Vohburg    | (ca. 20,8 | MW <sub>th</sub> ) |
| - Bayernoil Neustadt   | (ca. 28,1 | MW <sub>th</sub> ) |

zur Verfügung.

Niedertemperatur Abwärme im Temperaturbereich bis 40 °C aus den Turbinenkondensatoranlagen steht zur Verfügung an den Standorten der e-on Kraftwerke Ingolstadt und Irsching

Für die einzelnen Standorte ergeben sich folgende Einzelergebnisse:

## 8.1 Standort B1 Vohburg/Irsching

Folgende Varianten wurden hier untersucht:

- Variante 5.1-I: Errichtung eines GuD – Kraftwerks am e-on - Kraftwerk Irsching im Energieverbund mit Bayernoil Vohburg (oder/und weiteren Industriebetrieben)
- Variante 5.1-II: Auskopplung von NT-Abwärme aus der Bayernoil Raffinerie und Einspeisung in ein Nahwärmenetz Vohburg
- Variante 5.1-III: Auskopplung von NT-Abwärme aus der Bayernoil Raffinerie und Verteilung mittels einem LKW/Bahn gestützten Wärme- oder Kälte transportsystem.
- Variante 5.1-IV: Erzeugung von Produktionskälte in der Bayernoil Raffinerie über Absorptions-/ Adsorptionskälteanlagen aus der NT-Abwärme.

Übersicht über die Ergebnisse wie folgt:

### 8.1.1 Variante 5.1-I: Errichtung eines GuD – Kraftwerks am e-on -Kraftwerk Irsching im Energieverbund mit Bayernoil Vohburg (oder/und weiteren Industriebetrieben)

Ein Block des e-on Kraftwerks Irsching wird zum GuD – Kraftwerk ausgebaut und an Bedarfssituation von Bayernoil Vohburg angepasst. Brennstofflieferung durch Bayernoil, Strom-/Dampflieferung aus dem GuD-Kraftwerk in Kraft-Wärme-Kopplung.

Errichtung einer Verbindungstrasse für Brennstoff und Dampf-/Kondensat zwischen Bayernoil-Vohburg und o-on-Kraftwerk-Irsching.

Elektrische Einspeiseleistung:

- vorh. Dampfturbine:	116	MW <sub>el</sub>
- neue Gasturbine:	65	MW <sub>el</sub>
Dampflieferung an Bayernoil:	150	t/h
Jährliche Dampflieferung an Bayernoil:	825.000	t/a

Erforderliche Investitionssumme Kraft-Werksumbau und Rohrtrassen:

40,0 Mio € (netto)

Spezifische Dampfgestehungskosten:  
(Lieferung an Bayernoil)

6,0 €/MWh

Um eine Bewertungsmöglichkeit für Szenarien mit veränderten Kostenparametern bei den Brennstoffkosten zu ermöglichen wurde der Kostenverlauf bei Brennstoffkostenänderung in Bild 8.1-1 dargestellt.

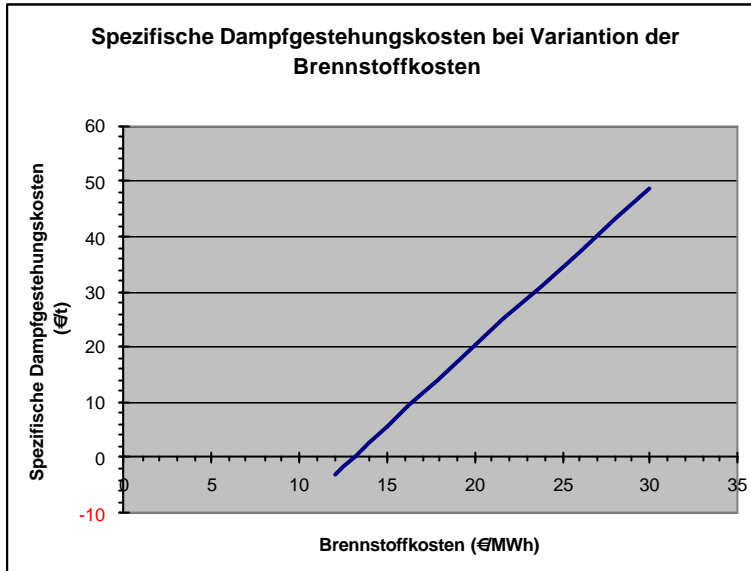


Bild 8.1-1: Spezifische Dampfgestehungskosten bei Variation der Brennstoffkosten für Variante 5.1-I

Die Brennstofflieferung für das e-on-Kraftwerk Irsching könnte von Bayernoil aus mit vergastem Schweröl mittels einer neu zu errichtenden Schwerölvergasungsanlage bereitgestellt werden.

Investitionen Schwerölvergasungsanlage:	ca. 190	Mio. €
Hieraus ergeben sich spezifische Bereitstellungskosten für Synthesegas in Höhe von:	19	€/MWh

Kostenverlauf bei Schwerölbezugskostenänderung gemäß Bild 8.1-2.

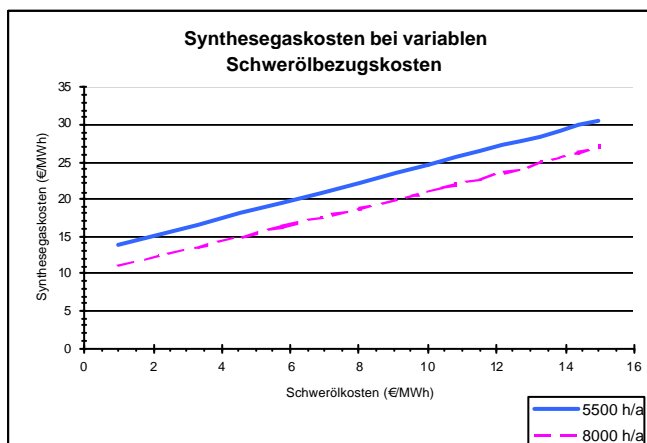


Bild 8.1-2: Synthesegaskosten bei variablen Schwerölbezugskosten, Variante 5.1-I



Aufgrund der vor genannten Ergebnisse ist auch bei einer Detailbewertung unter Vollkostenbetrachtung eine Wirtschaftlichkeit für diese Variante zu erwarten. Die Energiekosten der beteiligten Unternehmen werden im Realisierungsfall sinken, zusätzliche Erlösmöglichkeiten werden geschaffen, evtl. steigende Strombezugpreise können durch Eigenstromproduktion kompensiert werden. Erhebliche CO<sub>2</sub>-Mengen können eingespart werden.

#### 8.1.2 Variante 5.1-II: Auskopplung von NT-Abwärme aus der Bayernoil Raffinerie und Einspeisung in ein Nahwärmenetz Vohburg

Randbedingungen:

- Auskopplung von Abwärme aus den Produktionsprozessen bei Bayernoil und Einspeisung in ein neues Abwärmenetz auf dem Bayernoil-Gelände,
- Aufbau eines Fern-/Nahwärmenetzes im Nachbarbereich zur Raffinerie,
- Aufbau von Absorptionskälteanlagen zur Sommerwärmenutzung.

Bewertung:

In der Region Vohburg ist kein Fern-/Nahwärmenetz vorhanden. Die Bebauungsstruktur hat keine sehr hohe Wärmedichte, potentielle Industriekunden sind nur wenige vorhanden. Das Wärmeanschlusspotential ist damit relativ gering bei hohen Investitionen in die Leitungsnetze.

Bei steigenden Energiekosten ist diese Variante u.U. wirtschaftlich interessant.

Die Weiterverfolgung dieser Lösung wird daher zunächst zurückgestellt

#### 8.1.3 Variante 5.1-III: Auskopplung von NT-Abwärme mittels LKW / Bahn – gestütztem Wärmetransportsystem

Randbedingungen:

- Auskopplung von Abwärme aus den Produktionsprozessen bei Bayernoil und Wärmeeinspeisung in ein neues Abwärmenetz auf dem Bayernoil – Gelände mit Anschluss an eine neu zu errichtenden Container-Beladestation, hierbei sowohl Wärme- wie auch Kältebereitstellung möglich.
- Installation von Entladestationen in Verbrauchernähe zur Entladung der Wärmecontainer und Bereitstellung von Heiz-/ oder Kälteenergie.

Bewertung:

Setzt man den Abwärmepreis mit 0€/ MWh an, so ergibt sich für Errichtung und Betrieb des Systems einschl. Transport der Container ein spezifischer Preis von ca. 50 €/ MWh bei Entfernung zwischen Beladestation und Endkunden von max. 25 km.

Der Wettbewerbspreis vergleichbarer Wärmecontractingmaßnahmen liegt (Grundpreis und Wärmepreis zusammengefasst) zwischen 80 €/MWh und bis zu 190 €/MWh im Bereich von Heizungsanlagen bis ca. 500 KW Heizleistung.

Eine grundsätzliche Wirtschaftlichkeit scheint unter diesen Bedingungen gegeben zu sein. Da keine Zusatz-Brennstoffmengen benötigt werden und bestehende Brennstoffeinsatzmengen substituiert werden ergibt auch ein hoher ökologischer Vorteil.

Die weitere Bewertung erfolgt in der Detailstudie, wenn entsprechende Wärmekunden gefunden sind.

#### 8.1.4 Variante 5.1-IV: Erzeugung von Produktionskälte in der Bayernoil Raffinerie über Absorptions-/ Absorptionskälteanlagen aus der NT-Abwärme.

Randbedingungen:

- Auskopplung von Abwärme aus den Produktionsprozessen bei Bayernoil und Wärmeeinspeisung in ein neues Abwärmenetz auf dem Bayernoil – Gelände mit Anschluss an eine neu zu errichtenden Energie-Container-Beladestation oder ein Kälteversorgungsnetz,
- Installation von Entladestationen in Verbrauchernähe zur Entladung der Energiecontainer oder Kälteversorgungsnetzanschlüsse

Ein Beispiel für eine mögliche Anlagenkombination wurde durchgerechnet und zeigt die Wirtschaftlichkeit der Absorptionskälteanlagen gegenüber dezentral angeordneten Kompressionskälteanlagen bei Abwärmenutzung.

Weitere Bewertung in der Detailstudie, wenn entsprechende Detailkenntnisse über die technischen Randbedingungen und die potentiellen Abnehmer vorhanden sind.

## 8.2 Standort B2 e-on/MVA Ingolstadt

Folgende Varianten wurden hier untersucht:

Variante 5.2-I: Verbund des e-on-Kraftwerks Ingolstadt mit MVA-Ingolstadt

Randbedingungen:

Errichtung einer Dampfleitungs-Verbindungsstrasse zwischen e-on-Kraftwerk Ingolstadt und der MVA-Ingolstadt.

Bewertung:

Ein Energieverbund beider Anlagen könnte für die FW – Einspeisung der MVA-I eine Absicherung der Einspeiseleistung bringen. Für das Kraftwerk u.U. eine Belieferung mit Anfahrtdampf. Da aber die bestehende Situation keinen zusätzlichen Bedarf erkennen lässt, ergibt sich voraussichtlich aus dem Energieverbund in dieser Weise für die beteiligten Unternehmen derzeit kein wirtschaftlicher Vorteil.

Die Variante sollte noch einmal aufgegriffen werden, wenn ein Energieverbund gemäß Variante 5.7 realisiert werden sollte.

### **8.3 Standort B3 Bayernoil/Stadtwerke Ingolstadt**

Folgende Varianten wurden hier untersucht:

Variante 5.3-I: Auskopplung von Abwärme aus der Bayernoil-Raffinerie Ingolstadt in das Fernwärmenetz der Stadtwerke Ingolstadt

Randbedingungen:

Aufbau eines Abwärmenetzes bei Bayernoil-Ingolstadt und Verbund dieses Systems mit dem Fernwärmenetz der Stadt Ingolstadt.

Bewertung:

Die Raffinerie liegt in einem Industrie rechtsseitig der Donau. In der Nähe ist ein Fernheizwerk der Stadtwerke und ein Fernwärmenetz vorhanden. Die Abwärmemenge in der Raffinerie liegt bei ca 2 bis 3 MWth. Zusätzliche Einspeisung aus den Dampferzeugern in Schwachlastzeiten u.U. auch möglich. Die weitere Betrachtung dieser Variante sollte in der Phase der Detailuntersuchung gemeinsam mit den Stadtwerken Ingolstadt und Bayernoil noch einmal aufgegriffen werden. Unter Umständen müssten hier bei Realisierung dieser Lösung weitere FW - Abnehmer gefunden und ein Netzausbau durchgeführt werden

### **8.4 Standort B4 Bereich Audi, Exxon, Stadt Ingolstadt**

Folgende Varianten wurden hier untersucht:

-Variante 5.4-I: Auskopplung von Wärme aus der Exxon-Raffinerie und Wärmeversorgung Audi über eine Fernwärmeleitung Exxon-Audi ggf. im Verbund mit dem Fernwärmenetz Ingolstadt

-Variante 4.2: Auskopplung von NT-Abwärme und Einspeisung in ein neues Nahwärmenetz im Umfeld der Raffinerie

Übersicht über die Ergebnisse wie folgt:

8.4.1 Variante 5.4-I: Auskopplung von Wärme aus der Exxon-Raffinerie und Wärmeversorgung Audi über eine Fernwärmeleitung Exxon-Audi ggf. im Verbund mit dem Fernwärmenetz Ingolstadt

Randbedingungen:

- Errichtung einer Hochtemperatur – Fernwärme (FW) – Einspeisestation bei Exxon, hierbei Erzeugung von Hochtemperatur – Fernwärme (FW) über dampfbeheizte Wärmetauscher mit Dampf aus dem Exxon – Kraftwerk
- Errichtung einer Hochtemperatur – FW – Leitung zwischen Exxon und Audi, hierbei Einspeisung des gesamten Wärmebedarfs von Audi über diese Leitung, unter Berücksichtigung der vorh. FW – Einspeisung aus den FW – Netz der Stadtwerke Ingolstadt
- Die vorh. FW – Einspeisung und die bei Audi vorh. Heizkessel bilden die Reserveanlagen zur Absicherung der neuen FW – Leitung
- Errichtung einer FW – Einspeisestation zur Erzeugung von Fernwärme aus dem Audi FW – Rücklauf
- Nutzung von FW – ins städtische Fernwärmenetz
- Erschließung weiterer FW – Kunden durch die Stadtwerke

Technische Daten:

- |                                |         |                  |
|--------------------------------|---------|------------------|
| - Wärmeanschlussleistung Audi: | 170     | MW <sub>th</sub> |
| - Jahreswärmebezug Audi:       | 600.000 | MWh/a            |

Bewertung:

Investitionssumme für Wärmetransport und -einspeisung: 18,8 Mio €

Spezifische Fernwärmetransportkosten: 3,4 €/MWh

Das Ergebnis zeigt, dass für einen Betrag von ca. 3,4 €/MWh der gesamte Energietransport von Exxon nach Audi erfolgen könnte. Ohne Erhöhung dieses Betrages kann noch eine weitere Ausnutzung dieser Transportleitung zur Einspeisung in das FW-Netz der Stadt Ingolstadt durch Nutzung der Reservekapazitäten und der Rücklauf temperatursenkung erfolgen. Da bei Audi die vorh. Heizkessel weiter verfügbar bleiben, könnten diese zur Spitzenlastabdeckung weiterer FW – Kunden im Stadtwerke – FW – Netz eingesetzt werden, sowie zur Reservebereitstellung.

Eine Überprüfung der möglichen Dampf-Einspeisemengen bei Exxon muss noch im Rahmen der Detailstudie erfolgen. Wird dieser Variante gegenüber der Variante 5.7-I der Vorzug gegeben so sollte auch die Energiebereitstellung bei Exxon (Umrüstung der vorh. Anlage zur GuD-Anlage) noch untersucht werden.

#### 8.4.2 Variante 5.4-II: Auskopplung von Niedertemperatur-Abwärme und Einspeisung in ein neues Nahwärmenetz im Umfeld der Exxon-Raffinerie

Randbedingungen:

Errichtung eines neuen Abwärmenetzes (neues Kühlsystem für die Produktionsanlagen) mit Wärmetauschern in den Produktleitungen zur Produktkühlung und Anschluss an ein neues Fern-/Nahwärmenetz zur Versorgung von Wärmekunden im Umfeld um den Exxon-Raffineriestandort.

Das auskoppelbare Abwärmepotential bei Exxon beträgt ca. 100 MW<sub>th</sub>. Das Vorlauf-temperaturniveau beträgt ca. 90 °C.

Im Umfeld um die Exxon-Raffinerie ist ein Gewerbegebiet vorhanden. Das Gebiet ist erdgasversorgt.

Bewertung:

Der Aufbau eines Nahwärmenetzes setzt die Bereitschaft der potentiellen Kunden zum Umstieg auf Nahwärmeversorgung und den Aufbau eines entsprechenden Netzes z.B. durch die Stadtwerke Ingolstadt voraus.

Ansonsten gelten die für den Bayernoil-Standort unter Ziff. 5.1.2 und 5.1.3 bereits festgehaltenen Ausführungen sinngemäß. Eine Bereitstellung von Kälteversorgung über Abwärmebeheizte Absorptionskälteanlagen ist ebenfalls denkbar. Hierzu gelten sinngemäß auch die Ausführungen in Kapitel 5.5.

Sollte es gelingen, z.B. im Rahmen von Gewerbeansiedlungen in dem Gewerbegebiet rund um die Exxon-Raffinerie Unternehmen mit besonders hohem Kältebedarf anzusiedeln (z.B. Kühlhäuser/Kühllagerhäuser), so könnten für diese Unternehmen die Betriebsmittel Kälte und Wärme besonders kostengünstig bereitgestellt werden.

### 8.5 Standort B5 Bereich Bayernoil Neustadt

Folgende Varianten wurden hier untersucht:

- Variante 5.5-I: Auskopplung von Abwärme aus der Bayernoil-Raffinerie und Wärmeversorgung von benachbarten Industriebetrieben und Wohnbereichen über eine Fernwärmeleitung, Wärmecontainer etc.
- Variante 5.5-II: Auskopplung von Abwärme aus der Bayernoil-Raffinerie und Kälteversorgung von Bereichen in der Raffinerie und in benachbarten Industriebetrieben und Wohnbereichen mittels Absorptionskälteanlagen über eine Fernkälteleitung, Kältecontainer etc.

Randbedingungen und Bewertung:

Die Struktur ist hier ähnlich wie bei der Bayernoil-Raffinerie in Vohburg, insofern gilt hier das gleiche Vorgehen und die gleiche Bewertung (siehe Ausführungen zu Ziff. 8.1.2, 8.1.3, 8.1.4).

Interessant ist an dieser Stelle noch die für die Detailstudie vorgesehene Klärung, ob Synergieeffekte mit dem nahegelegenen Industriegebiet in Münchsmünster wirtschaftlich möglich sind.

## **8.6 Standort B6 Bereich Sondermüllverbrennungsanlage Baar, Ebenhausen**

Folgende Varianten wurden hier untersucht:

- Variante 6.1: Auskopplung von Abwärme aus der Sondermüllverbrennungsanlage und Wärmeversorgung von benachbarten Industriebetrieben und Wohnbereichen über
  - eine Fernwärmeleitung,
  - ein Wärmecontainersystem
  
- Variante 5.2: Auskopplung von Abwärme aus der Sondermüllverbrennungsanlage und Kälteversorgung von Bereichen in der Raffinerie und in benachbarten Industriebetrieben und Wohnbereichen mittels Absorptionskälteanlagen über
  - eine Fernkälteleitung,
  - Kältecontainer
  - etc.

Randbedingungen:

Für beide Varianten müssten Energieverteilungsnetze bis zu den potentiellen Kunden oder entsprechende Container-Entladestationen errichtet werden. Ein nennenswertes Abwärmepotential aus der Sondermüllverbrennung ist vorhanden.

Bewertung:

Die Bebauungsstruktur im Umfeld um die Sondermüllverbrennungsanlage erscheint durchaus sinnvoll für die Wärmeversorgung über ein kleines Nahwärmenetz aus dem vorhandenen Abwärmepotential der Müllverbrennungsanlage (u.U. in Verbindung mit einer beim Energiekunden noch zu errichtenden Absorptionskälteanlage zur Kälteversorgung im Sommer). Eine belastbare Aussage über die voraussichtlichen Nutzwärmegestehungskosten hängt hier aber sehr stark von den Kundenverhältnissen (Temp.-, Druck-, Wärmemengenniveau) ab. Hierzu war die im Rahmen der Detailstudie verfügbare Datenbasis nicht ausreichend genug. Eine weitere Verfolgung dieser Variante im Rahmen der Detailstudie erscheint sinnvoll, wenn die erforderlichen Eckdaten im Rahmen konkreter Gespräche mit den potentiellen Kunden beschafft werden können.

Ebenso erscheint die Versorgung der Objekte am Flughafen Manching über einen Abwärmeverbund durchaus sinnvoll, wobei die Ankopplung an die GSB in Ebenhausen oder die Kraftwerke/Raffinerien im Bereich Bereich Ingolstadt noch zu bewerten ist. Aufgrund der hier ebenfalls fehlenden Datenbasis über die Bedarfs-situation muss auch dieser Teil im Rahmen der Detailstudie bewertet werden.

## 8.7 Standort B7(B1) Energieverbund im Bereich Ingolstadt

Hier wurde folgende Variante untersucht:

- Variante 5.7-I: Errichtung eines GuD – Kraftwerks am e-on-Kraftwerk Irsching im Energieverbund mit Bayernoil Vohburg, Exxon, Audi, Stadtwerke Ingolstadt

Randbedingungen:

Diese Variante fasst die im Nahbereich Ingolstadt vorhandenen Betriebe durch ein Dampf-/Heizwassernetz zusammen. Die Versorgung erfolgt entsprechend dem hier gewählten Szenarium vom e-on-Kraftwerk Irsching aus, welches zu einer GuD-Anlage umgebaut wird. Von hier aus wird eine Dampfleitungstrasse zur Bayernoil-Raffinerie Vohburg und zur Exxon-Raffinerie Ingolstadt errichtet an die auch das e-on-Kraftwerk Ingolstadt (und ggf. auch die MVA-Ingolstadt) angeschlossen werden können. Auf dem Exxon-Raffineriegelände wird eine Wärmetauscherstation errichtet und von dort aus eine Heizwasserleitung zu Audi geführt. An diese Leitung wird das Fernwärmenetz der Stadtwerke Ingolstadt angeschlossen.

Die Energieerzeugung erfolgt in Kraft-Wärme-Kopplung im ungebauten Kraftwerk in Irsching, wobei hier im ersten Ansatz der Kraftwerksblock 1 (Variante mit dem geringsten Investitionsvolumen) ausgewählt wurde. Eine Reihe weiterer technischer Varianten für die Energieerzeugung sind denkbar und werden in der Detailstudie weiter untersucht.

Technische Daten:

Dampfversorgung Bayernoil:

- Dampfleistung:	150	t/h
- Jahresdampfbezug:	817.167	t/a
- Trassenlänge:	1,8	km

Dampfversorgung Exxon:

- Dampfleistung:	110	t/h
- Jahresdampfbezug:	240.000	t/a
- Trassenlänge:	11,2	km

Wärmeversorgung Audi:

- Wärmeanschlussleistung:	170	MW <sub>th</sub>
- Jahreswärmebezug:	690.000	MWh/a

Investitionsvolumen (netto) bei Realisierung dieser Variante:

- FW-Trasse Exxon bis Audi:	18,8	Mio €
-----------------------------	------	-------

-	FD-System Irsching bis Exxon:	33,0	Mio €
-	Umbau Kraftwerk Irsching und FD-Trasse zu Bayernoil:	40,0	Mio €
Gesamtinvestitionsvolumen:		91,8	Mio €

Die Energiekosten ermitteln sich für diese Variante auf Basis der gewählten Kostenansätze wie folgt:

-	Prozessdampfgestehungskosten am Kraftwerksaustritt/bis einschl. Bayernoil- Raffinerie Vohburg:	8,--	€/MWh
-	Transportkosten bis Exxon:	2,1	€/MWh
-	Transportkosten Exxon bis Audi:	3,4	€/MWh

Damit würden sich bei Realisierung der Maßnahmen unter Berücksichtigung der Ansätze und Energieumsätze für die einzelnen Betriebe folgende Energiekosten ergeben:

-	Bayernoil-Raffinerie Vohburg:	8,--	€/MWh
-	Exxon:	10,1	€/MWh
-	Audi:	13,5	€/MWh

Für die Prozessdampfgestehungskosten zeigt folgendes Bild 8.7-1 die spezifischen Dampfgestehungskosten bei veränderten Brennstoffkosten

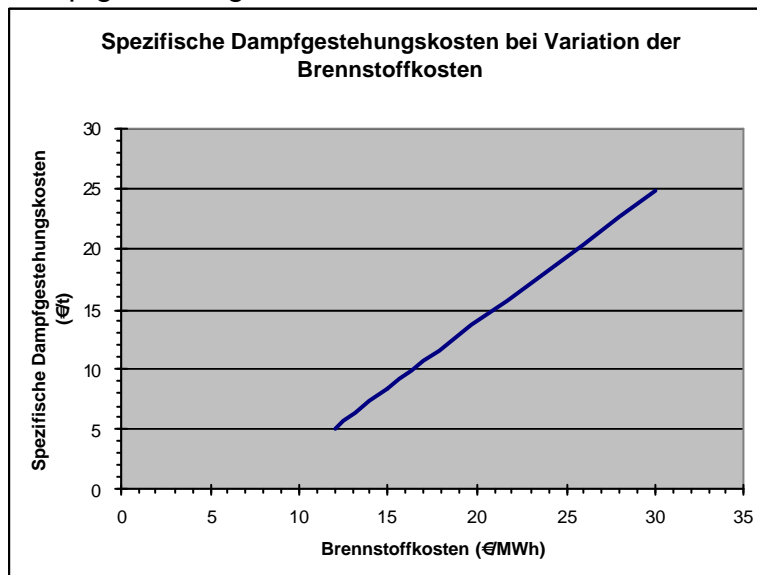


Bild 8.7-1: spezifische Dampfgestehungskosten in Abhängigkeit der Brennstoffkosten



## 8.8 Geothermische Randbedingungen in der Region Ingolstadt

Im Kapitel 5.8 wird ein erster Überblick über die geologischen Verhältnisse und geothermischen Nutzungsmöglichkeiten in der Region Ingolstadt gegeben.

Für die Nutzung von Tiefentemperaturen im Gestein/Gesteinswasser ergibt sich folgende Struktur.

Teufe Temperatur

500 m	(<) 30 °C	
1000 m	30-35 °C	bzw. 30-40 °C
2000 m	70-80 °C	bzw. 80-90 °C
3000 m	100-120 °C	bzw. 100-110 °C
5000 m	140-160 °C	

Denkbare Einsatzmöglichkeiten der Geothermie im Raum Ingolstadt wie folgt:

### 8.8.1 Flache geothermische Systeme – hier: Felder mitteltiefer Erdwärmesonden

Oberflächennahe Geothermie ist die in Form von Wärme gespeicherte Energie von der Oberfläche der festen Erde bis in eine Tiefe von ca. 400 – 500 m.

Diese Energie wird auf einem niedrigen Temperaturniveau angetroffen und kann mit Hilfe von erdgekoppelten Wärmepumpen bzw. der unterirdischen thermischen Energiespeicherung genutzt werden.

Die unterschiedlichen Verbraucher können bei einem solchen Konzept heizen und kühlen.

Die Abwärme von Kälteanlagen und z.B. den in der Region Ingolstadt vorhandenen Kondensationskraftwerken kann im unterirdischen Energiespeicher von einem anderen Verbraucher wieder genutzt werden, beispielsweise für die Warmwasserbereitung oder zur Heizwärmeerzeugung mittels Wärmepumpen.

Der Geothermiespeicher übernimmt die zeitliche Anpassung, ob es jetzt um Tages- oder Saisonverschiebungen geht. Dadurch wird eine thermische „Verzahnung“ des Systems erreicht, was sich positiv auf die Effizienz und die Kosten auswirkt.

Solch ein System scheint am Standort Ingolstadt sinnvoll machbar. Die zu erwartenden Kosten liegen im Bereich zwischen 600 und 900 €/m Bohrtiefe und Bohrung.

Bei der technischen Bewertung des Systems muss aber deutlich gemacht werden, dass bisher keine Erfahrungen im Bereich Ingolstadt über die Auswirkungen der chemischen Bestandteile im Tiefenwasser bekannt sind. Zu erwarten sind korrosive Elemente, die die Standzeiten der Anlagen beeinflussen und erhöhten Aufwand bei den einzusetzenden Systemen erfordern.

Bisher sind geothermische Anlagen dieser Art mit Wassermengen je Objekt im Bereich von wenigen t/h bis zu 150 t/h bekannt.

Für die Kühlung eines e-on-Kraftwerksblocks in Ingolstadt werden bei Einspeisung der gesamten Kondensationsenergie in das Erdwärmesystem bis zu 22.000,- t/h an Wasser benötigt.

Ökologisch bleibt diese Variante sehr interessant, da hierbei die derzeit nicht genutzte Kondensationsenergie der Kraftwerke für andere Nutzer erhalten bleibt und nicht mit Donauwasser rückgekühlt wird.

#### 8.8.2 Hydrothermale Systeme (mit hoher & niedriger Enthalpie)

Die Voraussetzungen für die Nutzung hydrothermalen Ressourcen am Standort Ingolstadt müssen zumindest vom wirtschaftlichen Standpunkt sehr kritisch betrachtet werden.

Temperaturen von 70 – 90 °C, wie sie für eine Nah-/Fernwärmeversorgung benötigt werden, können erst im Grundgebirge in Tiefen von 2 km und mehr erwartet werden.

Temperaturen, die auch eine Stromerzeugung interessant machen würden (mit  $T > 120$  °C) werden in Ingolstadt erst im Grundgebirge bei Tiefen von mehr als 3500 m erwartet.

Zusammenfassend lässt sich hierzu festhalten:

Geht man von Kosten im Bereich von 800 - 1000 €/m für eine Tiefbohrung und einem Dublettensystem aus, so gestalten sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Nutzung (unseres Wissens nach bisher nicht nachgewiesener) „heißer“ hydrothermalen Ressourcen in Ingolstadt für eine reine konventionelle Wärmeversorgung äußerst schwierig. Hierbei schlägt insbesondere zu Buche, dass die Temperaturen für eine Stromerzeugung bis in Tiefen von mehr als 2000 m wahrscheinlich zu niedrig sind.

#### 8.8.3 Petrophysikalische Systeme - HDR Systeme

Eine Möglichkeit hohe Temperaturen im Untergrund zu erschließen, ist die Installation eines Mehrbohrloch-Systems, das bis in das kristalline Gneis-Grundgebirge hinabreicht. Allerdings müssten hierbei Tiefen von 3500 – 4000 m erschlossen werden. Die Nutzung der Erdwärme erfolgt in diesem Fall dadurch, dass durch ein Bohrloch 1 Wasser in den in 3500 m Tiefe erschlossenen Erdkollektor gepumpt wird. Das Wasser fließt durch den Erdkollektor zum Bohrloch 2 erwärmt

sich auch diesem Weg und tritt durch das Bohrloch 2 wieder an die Erdoberfläche. Hierbei sind je nach Tiefe der Bohrungen Temperaturen bis 180/200 °C erreichbar.

Im Fall von Ingolstadt kommt als Unsicherheitsfaktor hinzu, dass sich das Grundgebirge aus Metamorphen Gneisen zusammensetzt. Für diese Gesteine existieren bisher nur sehr wenige Erfahrungen mit den Stimulationsverfahren, wie sie für die HDR Technologie benötigt werden. Es ist zur Zeit nicht bekannt, inwieweit die an anderen Standorten im Granit erprobten Verfahren zur Öffnung und zum Offenhalten der Wärmetauscherspalten sich auf den mit einer Foliation überprägten Gneis übertragen lassen. Damit würde ein HDR Projekt am Standort Ingolstadt immer eine nicht unerhebliche Forschungskomponente aufweisen müssen.

Die HDR Technologie ist sicher mittelfristig eine denkbare Option am Standort Ingolstadt. Um Temperaturen von mehr als 120 °C zu erzielen, müssten die Bohrungen mindestens ca. 3500 m erreichen. Das hydraulische Verhalten des Gneises wurde bisher nur sehr unzureichend untersucht und müsste daher Bestandteil eines solchen Projektes sein (Forschung u. Entwicklung).

## 8.9 Ökologische Bewertung der Varianten

Die auf Basis der Bestandsaufnahme entwickelten Varianten lassen sich in ihren ökologischen Auswirkungen wie folgt charakterisieren. Im Vergleich zu den Einsparungen bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen treten die Einsparungen bei den übrigen Emissionskomponenten in den Hintergrund, so dass hier zunächst nur auf die CO<sub>2</sub>-Einsparpotentiale eingegangen wird.

### A) Reine Abwärmenutzung aus Produktionsabwärme

Hier ist eine direkte Substitution von Wärmeerzeugerleistung auf Niedertemperaturniveau möglich, wobei die, auf Basis von Heizöl-/Erdgasfeuerungen entstehenden Luftschadstoffe vermieden werden.

Das im Bereich vorhandene Abwärmepotential ergibt sich wie folgt:

- NT-Abwärme Exxon:	100	MW <sub>th</sub>
- NT-Abwärme Bayernoil		
• Vohburg	20,8	MW <sub>th</sub>
• Ingolstadt	6,41	MW <sub>th</sub>
• Neustadt	28,10	MW <sub>th</sub>
- Sondermüllverbrennungsanlage Ebenhausen	2,50	MW <sub>th</sub>
Summe	157,81	MW <sub>th</sub>

Das diesem Abwärmeangebot entsprechende CO<sub>2</sub>-Einsparpotential beträgt ca. 250.000 t/a.

Hiervon kann voraussichtlich nur ca. 50 % unter realistischen Nutzungsansätzen durch z.B. Nahwärmenutzung eingespart werden. Aber

auch für diese Varianten ist die Wirtschaftlichkeit derzeit noch nicht nachgewiesen.

B) Energieeinsparung durch Wärmeverbund in Kraft-Wärme-Kopplung.

Hier ist im Wesentlichen der Bereich Ingolstadt entsprechend der Variante in Kapitel 5.7 zu betrachten.

CO<sub>2</sub>-Einsparpotential (ca.):

- Audi	120.000	t/a
- Exxon	100.000	t/a
- Bayernoil Voburg	100.000	t/a
- vermiedene Stromproduktion an anderen Standorten	270.000	t/a

Summe CO <sub>2</sub> -Einsparpotential	590.000	t/a
---	---------	-----

- Mehremissionen durch den Betrieb des derzeit abgeschalteten Kraftwerksblocks in Irsching	430.000	t/a
--	---------	-----

<b>Netto-CO<sub>2</sub>-Einsparung</b>	<b>160.000</b>	<b>t/a</b>
--	----------------	------------

Das gesamte CO<sub>2</sub>-Einsparpotential in der Region beträgt bei Realisierung der ausgewählten Varianten (A u. B) ca. 410.000 t/a.

Die Mehremissionen durch den Betrieb des Kraftwerks Irsching entstehen im Kraft-Wärme-Kopplungs-Betrieb, wodurch u.U. eine CO<sub>2</sub>-Besteuerung hier nicht anfällt.

## **8.10 Resümee und weiteres Vorgehen**

Die Variantenbewertungen zeigen sowohl ein hohes wirtschaftliches Verbesserungspotential gegenüber der vorhandenen Situation wie auch ein großes Emissionseinsparungspotential.

Die vorstehenden Untersuchungen stellen nur eine erste Grobabschätzung der Potentiale dar. Eine vertiefende Betrachtung im Rahmen der vorgesehenen Detailstudie unter stärkerer Einbeziehung der tatsächlichen jahreszeitlich unterschiedlichen Energieströme und der Kostenblöcke in den Betrieben unter Berücksichtigung der sich hieraus noch ergebenden Untervarianten ist aber für eine endgültige Bewertung und daraus abzuleitender Investitionsvorschläge/-entscheidungen noch erforderlich.

Die Weiterverfolgung der dargestellten Varianten kann aber hier empfohlen werden, da eine grundsätzliche Wirtschaftlichkeit deutlich erkennbar wurde.