

Emissionsbilanz des Geothermischen Heizwerkes Neustadt-Glewe für das Betriebsjahr 1996

Kuno Schallenberg, Dr.-Ing. Heiner Menzel** und Kemal Erbas**

* *GeoForschungsZentrum Potsdam*

** *Erdwärme Neustadt-Glewe GmbH*

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	184
2 Methodik.....	184
3 Lokale Emissionsbilanz	185
4 Globale Emissionsbilanz.....	188
5 Schlußfolgerungen	190
6 Literatur.....	191

Abstract

The CO₂-emission of the geothermal heating plant Neustadt-Glewe in operation was calculated from operation data of the year 1996. The comparison to a conventional oil heating station, calculated for the same supply scenario shows, that a reduction to about 20 % by using geothermal energy is possible.

1. Einleitung

Die Umweltbelastungen durch Emissionen aus der Bereitstellung von Energie nehmen in der öffentlichen Diskussion einen breiten Raum ein. Neben der Nutzung von Einsparpotentialen und der Optimierungen der konventionellen Technik soll der Einsatz regenerativer Energien einen Beitrag zur Reduktion der Emissionen liefern. Hier hat sich die Bundesregierung zum Ziel gesetzt, bis zum Jahre 2002 eine Reduzierung um 25 % bezogen auf den CO₂-Ausstoß des Jahres 1990 zu erreichen. Von diesem Ziel ist etwa die Hälfte (12,4 %) erreicht [Uhlmannsiek, 1998].

Geothermische Heizzentralen stellen Wärme aus der Erde zu Heizzwecken zur Verfügung. Diese Anlagen erfordern aus ökonomischen Gründen den Einsatz von konventionell betriebenen Kesselanlagen zur Deckung der Spitzenlast in den Heiznetzen. Außerdem ist der Einsatz zusätzlicher parasitärer Energien (z. B. Elektroenergie zum Antrieb der Unterwasserpumpe) notwendig. Es ist daher erforderlich, auch für eine geothermische Wärmebereitstellung eine Emissionsbilanz zu erstellen.

Um eine Einschätzung der vermiedenen Emissionen durchzuführen, werden mit Hilfe der Betriebsdaten der GHZ Neustadt-Glewe aus dem Jahr 1996 Bilanzen bezüglich des Schadstoffausstoßes dieser Anlage erstellt. Die Ergebnisse werden mit Abschätzungen der Emissionen von Anlagen verglichen, welche dieselbe Versorgungsaufgabe erfüllen sollen.

2. Methodik

Da in diesem Text nur aus dem Betrieb resultierende Emissionen verglichen werden, erscheinen zwei unterschiedliche Ansätze sinnvoll:

- 1) Es wird der Einfluß des Anlagenbetriebes auf das nahe Umfeld der Anlage („vor Ort“) betrachtet. Hierbei wird zwar die Emission der vor Ort verbrannten Brennstoffe berücksichtigt, jedoch wird der Einsatz von Elektroenergie nicht bewertet. Elektroenergie wird in einem entfernt gelegenen Kraftwerk bereitgestellt und liefert daher keinen Beitrag zu den lokalen Emissionen.
- 2) Die „globale“ Berechnung der Emissionen berücksichtigt auch die Emissionen, die bei der Bereitstellung der Elektroenergie im Kraftwerk anfallen. Ebenfalls berücksichtigt sind diejenigen Emissionen, welche aufgrund der Bereitstellung der konventionellen Brennstoffe am Anlageneingang anfallen.

Eine weitere Möglichkeit besteht in einer „ganzheitlichen“ Bilanzierung. Diese bezieht zusätzlich zur „globalen“ Bilanz die im Zusammenhang mit der Erstellung, Wartung und Entsorgung der Anlage verbundenen Emissionen ein. Eine Abschätzung der Erfolge unter diesen Randbedingungen ist im Aufsatz „Energie und Emissionsbilanzen der Geothermieanlagen in Neustadt-Glewe und Riehn“ in diesem Band enthalten.

Die Kennzahlen zur Bestimmung der Emissionswerte werden der GEMIS-Studie in der Version 2.1 [GEMIS, 1995] entnommen. Unterschiede zur prognostizierten Emission werden diskutiert.

3. Lokale Emissionsbilanz

Die Emissionsbilanzen sind für zwei unterschiedliche Ansätze, jeweils auf Basis der im Bericht „*Das geothermische Heizwerk in Neustadt-Glewe im Betriebsjahr 1996*“ wiedergegebenen Tabellen 4-1 und 4-2, erstellt worden.

Zunächst wird die Situation „vor Ort“ beleuchtet. „Vor Ort“ bedeutet in diesem Fall, daß keine Betrachtung der Emissionen, die bei der Exploration, Förderung, Aufbereitung, Transport etc. anfallen, erfolgt. Auch eine Betrachtung der in einer zentralen Anlage zur Elektroenergieproduktion entstandenen Emissionen, beispielsweise durch Elektroenergieeinsatz zum Pumpenantrieb, erfolgt nicht.

Die Resultate sind in Abbildung 3-1 mit monatlicher Auflösung dargestellt. Alle Emissionen, die auf Verbrennungsvorgängen beruhen, sind unter der Vorgabe eines vollständigen Umsatzes der Kohlenstoffatome zu Kohlendioxid (CO₂) berechnet worden. Jede der drei Säulenreihen stellt die Emissionen einer bestimmten Anlagenkonfiguration zur Versorgung des Heiznetzes Neustadt-Glewe dar. „Heizölanlage“ steht hier für eine ausschliesslich mit Heizöl EL befeuerte Versorgungseinrichtung, die alternativ zur geothermischen Heizzentrale erstellt werden müsste, um die gleichen Aufgaben zu erfüllen, wie diese. Die Emissionen der Anlage wurde mit einem Anlagenwirkungsgrad von 75 % berechnet. Als unterer Heizwert wurde für Heizöl EL laut *Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik 94/95* ein Wert von 42.700 kJ/kg angesetzt und mit einer Dichte von 0,84 kg/l gerechnet. Diese Werte führen zu einer volumetrischen Energiedichte von 9,96 kWh/l. Ebenfalls aus der oben zitierten Literatur wurde ein Massenanteil an Kohlenstoff im Heizöl EL von 86 % angesetzt.

Die „Erdgasanlage“ entspricht in ihren Anforderungen der „Heizölanlage“, jedoch wurden andere spezifische Werte entsprechend obiger Literatur eingesetzt:

Unterer Heizwert: 37.300 kJ/m³; Dichte: 0,78 kg/m³; Massenanteil Kohlenstoff: 75 %.

Die mit „Geothermieanlage“ bezeichnete Reihe umfasst die Emissionen der gesamten, in Neustadt-Glewe in Betrieb befindlichen Anlage, also inklusive der Spitzenlastsysteme. Auch diese Reihe spiegelt deutlich die erhöhten Emissionen in der Stillstandsphase des geothermischen Teils im August wider.

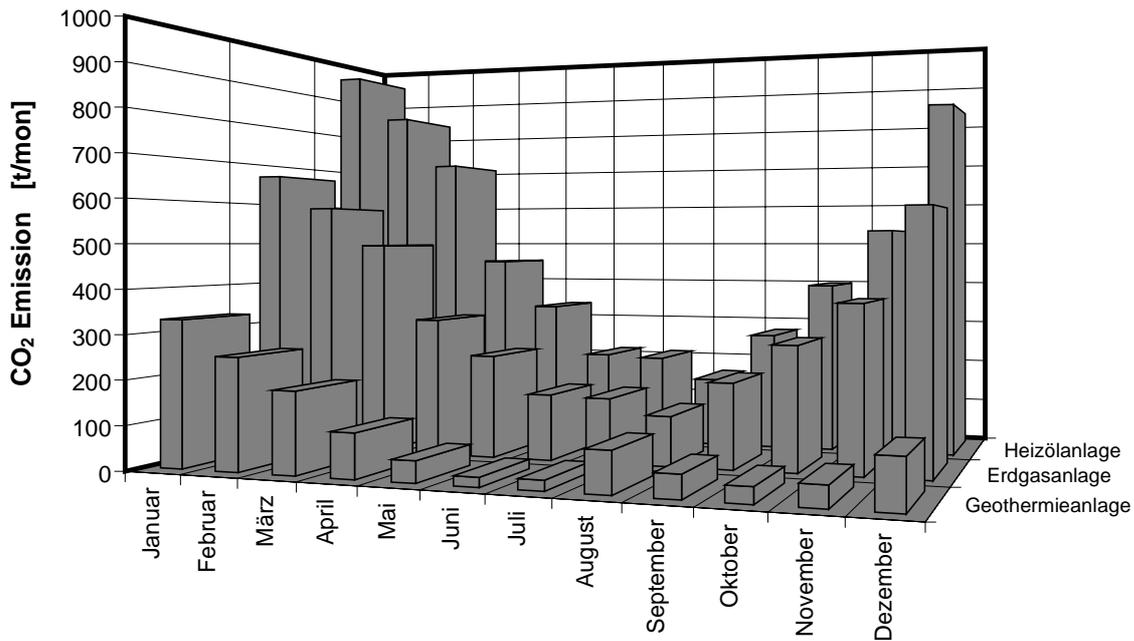


Abb. 3-1: Vergleich der monatlichen, lokalen Emissionen unterschiedlicher Wärmebereitstellungssysteme (Betriebsjahr 1996)

Die aufsummierten Werte des Jahres 1996 sind in Abbildung 3-2 wiedergegeben.

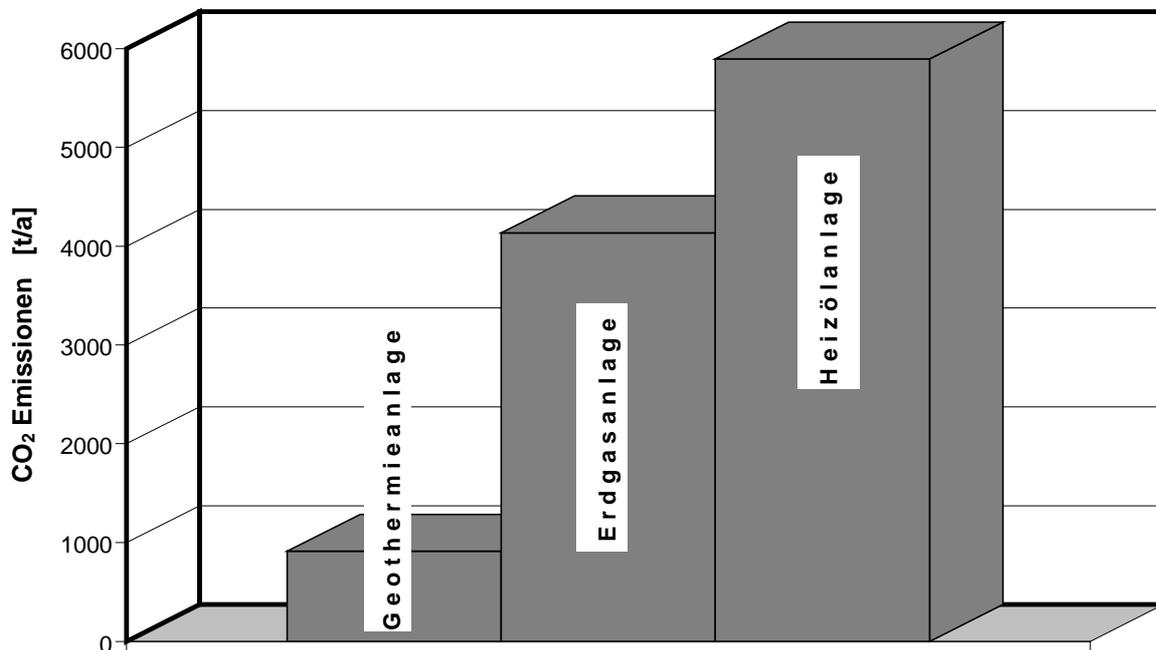


Abb. 3-2: Jährliche, lokale CO₂-Emissionen verschiedener Wärmebereitstellungssysteme (Betriebsjahr 1996)

In der Planungsphase wurden nicht nur die Werte für das emittierte CO₂ angegeben, sondern auch für die Schadstoffe Kohlenmonoxid (CO), Stickoxid (NO_x) und Schwefeldioxid (SO₂). Die Berechnung dieser Emissionen folgt der GEMIS-Studie in der Version 2.1 [GEMIS, 1995]. Hier sind den Energieträgern durchschnittliche Emissionswerte zugeordnet. Die Emissionen im Sinne dieser Studie umfassen auch diejenigen Anteile, welche durch die Vorkette

Erkundung, Aufbereitung, Transport und Lagerung anfallen. Auch diese Beträge sind zusätzlich zur „lokalen“ Bilanz enthalten. Die Berechnung auf Basis dieser Werte führt zu den in Abbildung 3-3 dargestellten Gesamtbeträgen. Abbildung 3-4 zeigt die kalkulierten Werte, die der Literatur entnommen sind [Geothermische Energie, 1995].

Der Vergleich der Prognose-Daten (Abbildung 3-4) mit den Meßwerten (Abbildung 3-3) zeigt eine deutliche Differenz. Ursache hierfür ist sicherlich, daß die Diagramme vermutlich auf Basis unterschiedlicher Kennwerte für die Emissionen entstanden, denn wenn die jährliche Wärmemenge als ausschließlicher Grund in Frage käme, wären die Säulenhöhen im Verhältnis untereinander gleich. Jedoch übersteigt beispielsweise der Wert für das jährlich emittierte SO₂ der Heizölfeuerung in der Darstellung der Emissionsprognose den Wert des CO₂. Die auf Basis der Meßwerte und der GEMIS-Studie berechneten Ergebnisse zeigen dieses Verhalten nicht.

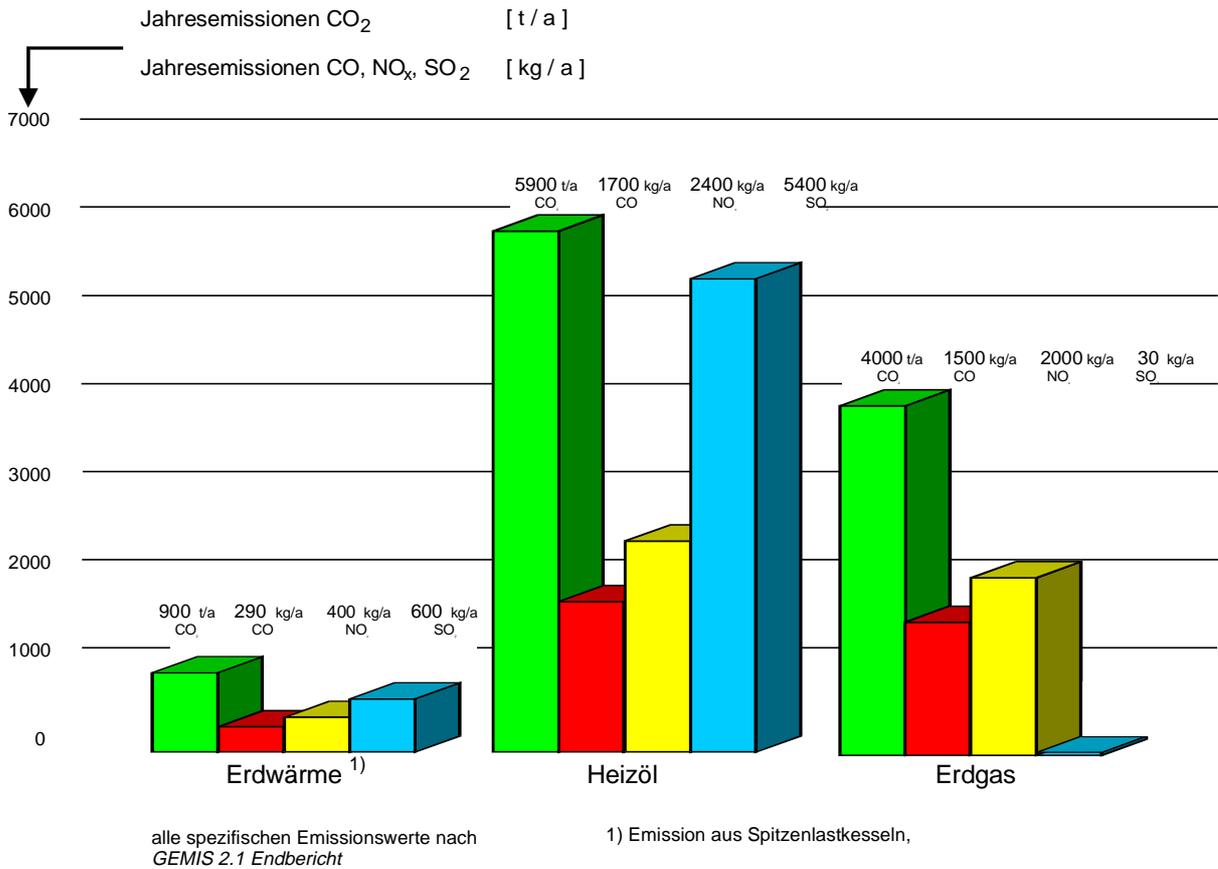


Abb. 3-3: Jährliche Emissionen verschiedener Schadstoffe ohne Berücksichtigung der Elektroenergie (Basis: Meßwerte 1996)

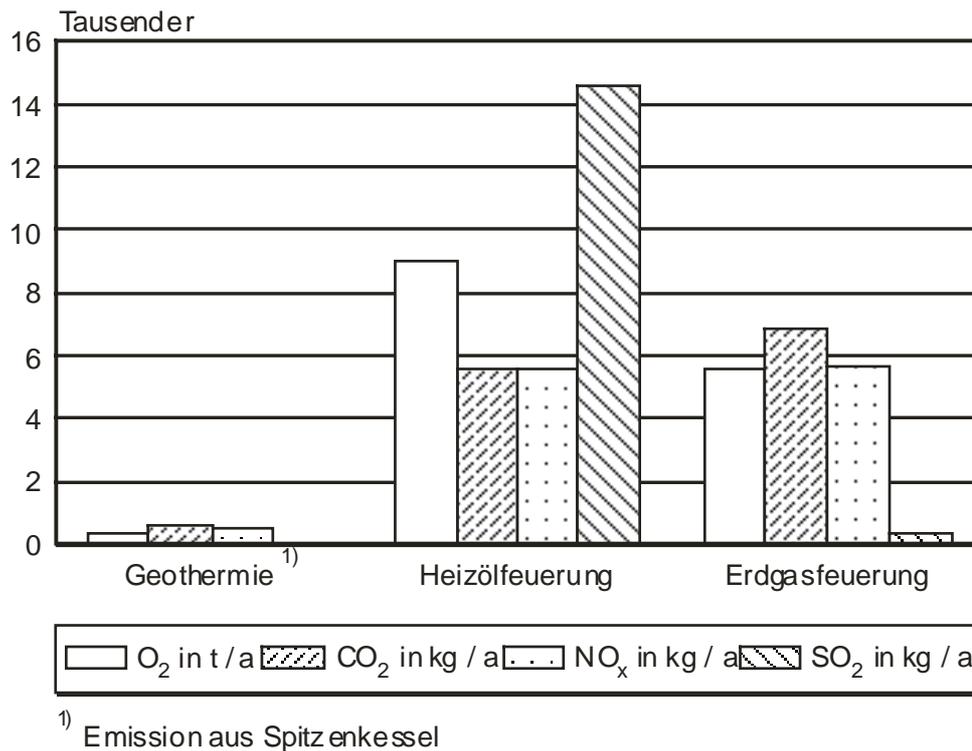


Abb. 3-4: Jährliche Emissionen verschiedener Schadstoffe ohne Berücksichtigung der Elektroenergie (Prognose, aus: [Geothermische Energie, 1995](#))

4. Globale Emissionsbilanz

Mit dem Betrieb von Heiznetzen ist der Einsatz von Elektroenergie für die netzspeisenden Pumpen verbunden. Der Energieaufwand hierfür ist bei den betrachteten Vergleichsanlagen auf Basis von Erdgas und Heizöl und bei der bestehenden Anlage gleich groß. Da der Vergleich dieser drei Anlagenkonfigurationen angestrebt wird, bleibt dieser Einsatz hier unberücksichtigt. Verbunden mit dem Betrieb einer geothermischen Anlage wie der in Neustadt-Glewe ist der zusätzliche Betrieb der Unterwassermotorpumpe. Diese fördert das Thermalwasser in den obertägigen Kreislauf. Ohne ihren Einsatz ist kein Betrieb der geothermischen Anlagenteils möglich.

Die Emissionen aufgrund des Elektronergieeinsatzes fallen am Standort Neustadt-Glewe nicht an. Im weiteren räumlichen Rahmen betrachtet sind sie vorhanden. Für einen vollständigen Vergleich der Betriebsemissionen sollten sie daher betrachtet werden.

Für die Bewertung der Elektroenergie gibt [GEMIS, 1995](#) mehrere mögliche Modelle an: Die Studie unterscheidet nach den Kriterien: Mittlerer Strom (Mix, innerhalb der BRD, basierend auf einer Verteilung der „Produzenten“ von 1992), Grundlaststrom, Fahrstrom Bahn, Heizstrom (Mix) und Heizstrom (Kohle). Hier wurden die Emissionen der Spalte „Mittlerer Strom (Mix)“ herangezogen.

Die Ergebnisse dieser Gesamtkalkulation der betriebsgebundenen Emissionen sind in Abbildung 4-1 dargestellt. Ein deutlicher Anstieg insbesondere der Emissionen von CO, NO_x und SO₂ ist zu verzeichnen. Auch der Wert für das CO₂ steigt unverhältnismäßig an. Diese Erhöhung entsteht aufgrund der hohen Emissionen, welche mit der Produktion von Elektroenergie verbunden sind. Insbesondere der Wert für die SO₂-Emission ist im Falle einer erdgasgefeuerten Vergleichsanlage sogar niedriger.

Die Beurteilung von Belastungen durch erhöhte oder niedrige Emissionen hängt davon ab, welchen Effekt es zu betrachten gilt. Wenn es das einzige Ziel einer Anlage wäre, die Belastung des Regens durch saure Anteile zu verringern, so wäre eine GHZ gegenüber einer mit Erdgas gefeuerten Anlage im Nachteil. Betrachtet man den Einfluß der Emissionen einer Anlage auf den Treibhauseffekt, so weist *GEMIS (1995)* unter den hier betrachteten Emissionen nur für das CO₂ einen Langzeiteffekt aus. Gerade dieser Anteil am Ausstoß ist im Vergleich gering und berechtigt dazu, den positiven Effekt von geothermischen Anlagen zu benennen. Um diesen Sachverhalt zu belegen, wurden weitere Werte für Emissionen bestimmt. Hier sind insbesondere die Werte für Methan (CH₄) und für Distickstoffmonoxid (N₂O) von Bedeutung. Diese beiden Komponenten weisen sowohl ein hohes Reflexionsvermögen für Wärmestrahlung als auch eine ausreichende Lebensdauer (Stabilität) zum Vordringen in die für den Treibhauseffekt relevanten Bereiche der Atmosphäre auf. Von diesen Komponenten geht eine Langzeitwirkung aus.

Die Studie *GEMIS (1995)* geht hier so vor, daß die für diesen Effekt bedeutenden Anteile der Emissionen mit einem Wertungsfaktor multipliziert und addiert werden. Diese Kenngröße wird CO₂-Äquivalent genannt. Die Höhe des Bewertungsfaktors richtet sich nach den erwähnten Reflexionseigenschaften und der Lebensdauer und ist auf den Wert 1 für reines CO₂ bezogen. Tabelle 4-1 faßt die in der zitierten Studie vorgeschlagenen und in der vorliegenden Berechnung verwendeten Faktoren zusammen.

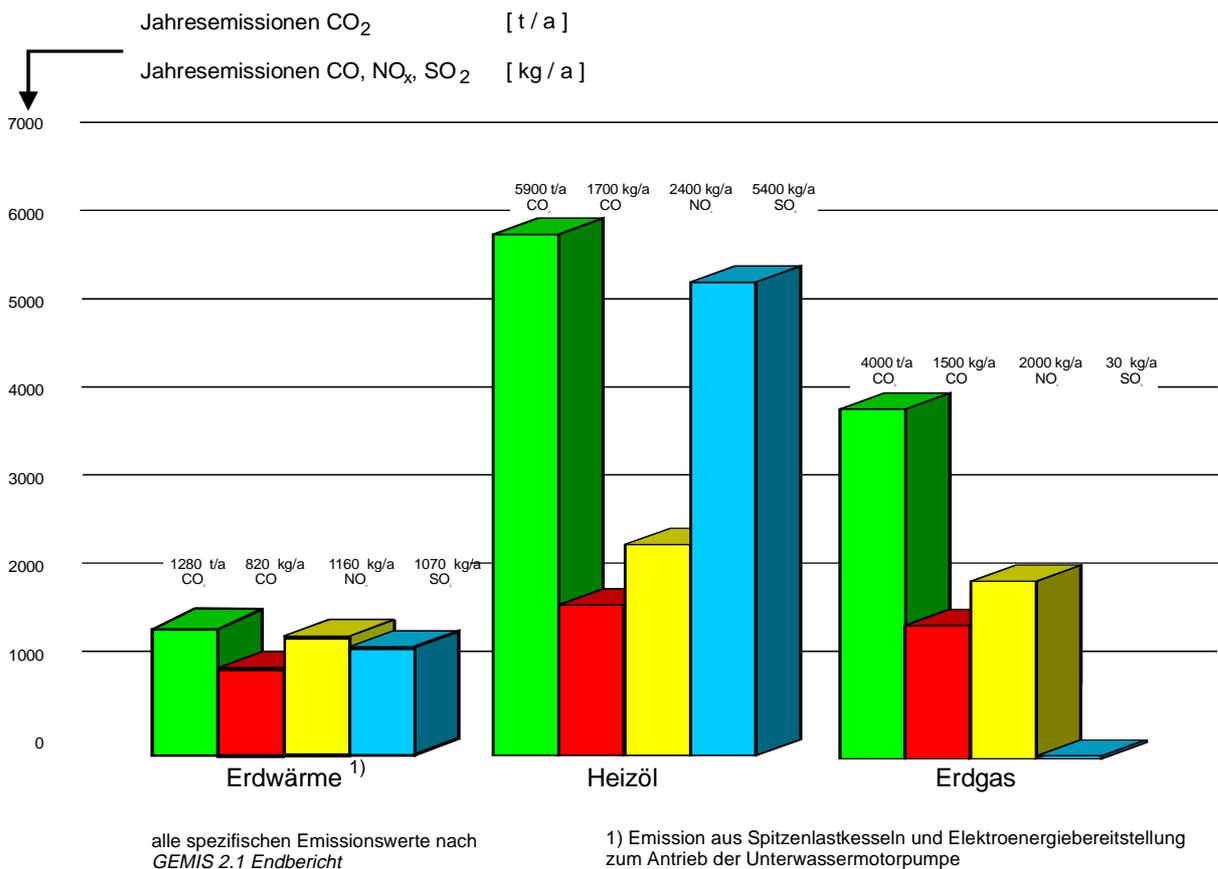


Abb. 4-1: Emissionen der GHZ Neustadt-Glewe unter Beachtung der Vorketten und des Elektroenergieeinsatzes für die Unterwassermotorpumpe.

Treibhausgas	Integrationszeit		
	20 Jahre	100 Jahre	500 Jahre
CO ₂	1	1	1
CH ₄	34	11	4
CO	0	0	0
NO _x	0	0	0
N ₂ O	250	207	170

Tab. 4-1: Kenngrößen der Emissionen als Beitrag zum Treibhauseffekt, *GEMIS (1995)*

In diesem Bericht werden die Werte für eine Integrationszeit von 100 Jahre zugrunde gelegt. Abbildung 4-2 zeigt in gleicher Weise wie Abbildung 3-2 die jährlichen Emissionen. Hier sind jedoch die mit den Kenngrößen nach Tabelle 4-1 bewerteten Emissionen zu einem CO₂-Äquivalent zusammengefaßt. Es zeigt sich bei diesem Vergleich deutlich die Überlegenheit der GHZ in Neustadt-Glewe.

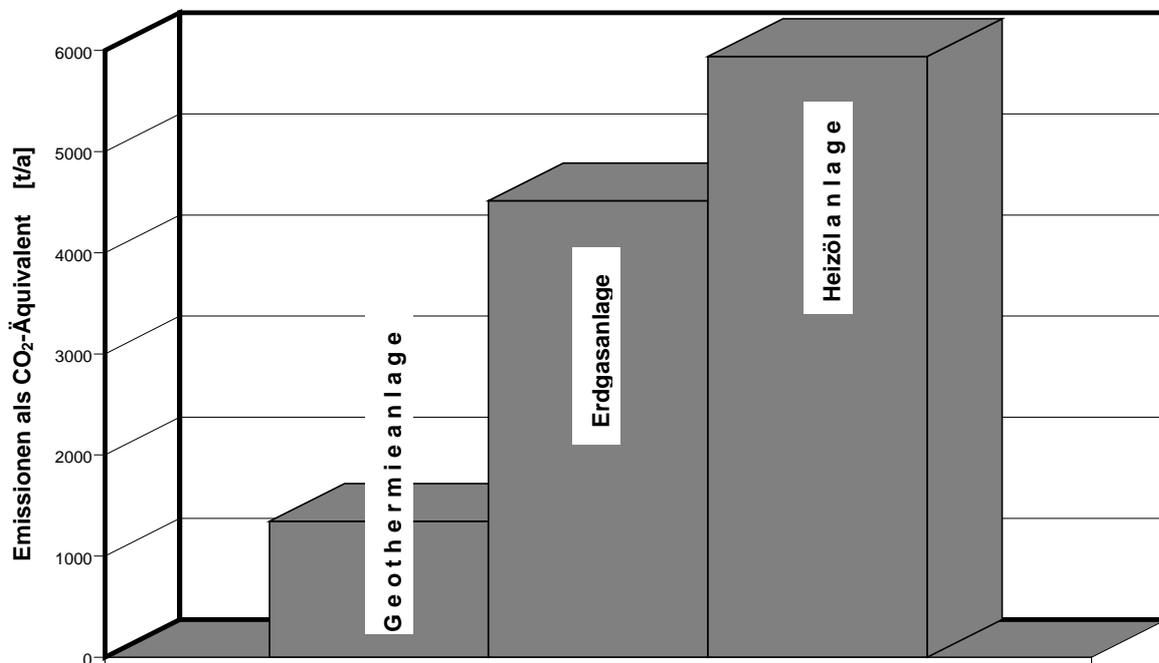


Abb. 4-2: Vergleich der emittierten CO₂-Äquivalente verschiedener Systeme bei einer Integrationszeit von 100 Jahren

5. Schlußfolgerungen

Zur Berechnung der Emissionen geothermischer Anlagen sind zwei unterschiedliche Bilanzräume betrachtet worden. Die unter Vernachlässigung der parasitären Energien bestimmten Ergebnisse zeigen deutlich geringere Emissionen als die im globalen Rahmen erstellten. Legt man zu dem räumlich erweiterten Bereich eine zeitliche Erweiterung in dem Sinne an, daß auch die für die Erstellung und Entsorgung aufgewendeten Emissionen einbezogen werden, so wird sich der Betrag noch einmal erhöhen. Aus dem Beitrag „Energie und Emissionsbilanzen der Geothermieanlagen Neustadt-Glewe und Riehn“ in diesem Band geht hervor, daß dadurch nur geringe Unterschiede auftreten.

Insgesamt zeigen die unterschiedlichen Ergebnisse die Bedeutung der Bilanzgrenzen. Für die jeweilige Fragestellung muß eine konkrete Abgrenzung erfolgen.

Eine weitere Schwierigkeit im Zusammenhang mit den Emissionsbilanzen ergibt sich aus der Bewertung der Ergebnisse. Während im Bereich der CO₂-Emission im Falle der lokalen Bilanz eine Änderung auf ca. 22,5 % (15,5 %) der gasgefeuerten (ölgfeuerten) Vergleichsanlage nachzuweisen ist, kann für den Vergleich der beiden Systeme im globalen Bilanzraum eine Reduktion auf 32 % (22 %) erreicht werden. Gleichzeitig fällt bei der globalen Bilanz mehr SO₂ an als bei der gasgefeuerten Vergleichsanlage, jedoch weniger als bei Ölfeuerung. Die Emissionen der Schadstoffe CO und NO_x sind niedriger als bei beiden Vergleichsanlagen, jedoch im Vergleich zur lokalen Bilanz deutlich verschlechtert. Somit kann in Bezug auf das Versauerungspotential (vorrangig durch den Gehalt an SO₂ bestimmt) sogar eine Verschlechterung in bezug auf die gasgefeuerte Anlage ausgewiesen werden. Die anschließende Bilanzierung des Einflusses auf den Treibhauseffekt zeigt trotz allem die deutlichen Vorteile der Geothermieanlage in Neustadt-Glewe.

Eine Bilanzierung des Gesamteffektes (Treibhauseffekt, Versauerungspotential, Eutrophierungspotential, etc.) ist auf Basis des heutigen Wissens nicht zu erstellen. Eine Bewertung aller Effekte mit einer gemeinsamen Größe steht aus.

6. Literatur

GEMIS, Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme, Version 2.1, Erweiterter Endbericht; im Auftrag des Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten unter Mitarbeit des Öko-Institut, Institut für angewandte Ökologie e. V.; Wiesbaden, 1995.

Geothermische Energie; Mitteilungsblatt der Geothermischen Vereinigung; Heft 11, Sonderheft Neustadt-Glewe; Mai 1995.

Uhlmannsiek, B., Merkel sieht Fortschritt beim Klimaschutz; Informationszentrale der Energiewirtschaft e.V. (Hrsg.), Stromthemen Nr.8, August 1998.

Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik, Recknagel, Sprenger und Schramek; Oldenbourg Verlag GmbH, München, 1995.

