



umweltbundesamt<sup>U</sup>

# EMISSIONEN DER FERNWÄRME WIEN 2003

Ökobilanz der Treibhausgas- und  
Luftschadstoffemissionen aus dem  
Anlagenpark der Fernwärme Wien GmbH

Pölz Werner  
Böhmer Siegmund



BERICHTE  
BE -275

Wien, 2005



**Projektleitung**

Werner Pölz

**Autoren**

Werner Pölz

Siegmond Böhmer

**Photos**

Die in der Studie enthaltenen Photos wurden von der Fernwärme Wien GmbH zur Verfügung gestellt

Das Umweltbundesamt bedankt sich bei der Fernwärme Wien GmbH für die Beauftragung und die kooperative und gute fachliche Zusammenarbeit bei der Erstellung dieses Berichts.

Weitere Informationen zu Publikationen des Umweltbundesamtes unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

**Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH  
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Vienna  
Österreich/Austria

Eigenvervielfältigung

*Gedruckt auf Recyclingpapier/Printed on recycling paper*

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2005  
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)  
ISBN 3-85457-784-2



# INHALT

<b>INHALT.....</b>	<b>3</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>4</b>
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>5</b>
<b>2 AUFGABENSTELLUNG.....</b>	<b>6</b>
<b>3 DATENBASIS.....</b>	<b>7</b>
3.1 Methodik.....	7
3.2 Bewertungsmethodik für stromgeführte KWK-Anlagen (Brennstoffmehrbedarfsmethode).....	8
<b>4 GEMIS-ÖSTERREICH.....</b>	<b>10</b>
<b>5 ENERGIEBILANZ FERNWÄRME WIEN 2003.....</b>	<b>14</b>
<b>6 ÖKOBILANZ FERNWÄRME WIEN 2003.....</b>	<b>17</b>
<b>7 ERGEBNISBEWERTUNG .....</b>	<b>24</b>
7.1 Bestimmung des Wärmewirkungsgrades mittels Referenzwirkungsgraden.....	24
7.2 Sensitivitätsanalyse – Einfluss der Methodik auf den Wärmewirkungsgrad und die Emissionen.....	26

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Wärmeeinspeisung nach Anlagen in das Fernwärmesystem der Fernwärme Wien im Jahr 2003 (Angaben der Fernwärme Wien) ....	14
Tabelle 2: Brennstoffe und Wärme-Wirkungsgrade der Anlagen der Fernwärme Wien im Jahr 2003 (Angaben der Fernwärme Wien).....	15
Tabelle 3: Treibhausgasemissionen in Wien (vor Ort) in g/kWh des Anlagenparks der Fernwärme Wien im Jahr 2003.....	17
Tabelle 4: Anteil der jeweiligen Anlage an den CO <sub>2</sub> -Emissionen in Wien (vor Ort) in % .....	17
Tabelle 5: Treibhausgasemissionen gesamt (inkl. vorgelagerte Prozesse) in g/kWh des Anlagenparks der Fernwärme Wien im Jahr 2003 .....	18
Tabelle 6: Luftschadstoffemissionen in Wien (vor Ort) in g/kWh des Anlagenparks der Fernwärme Wien im Jahr 2003.....	18
Tabelle 7: Anteil der jeweiligen Anlagen an den SO <sub>2</sub> -Emissionen in Wien (vor Ort) in % .....	19
Tabelle 8: Anteil der jeweiligen Anlagen an den NO <sub>x</sub> -Emissionen in Wien (vor Ort) in % .....	20
Tabelle 9: Anteil der jeweiligen Anlagen an den Staub-Emissionen in Wien (vor Ort) in % .....	21
Tabelle 10: Anteil der jeweiligen Anlagen an den CO-Emissionen in Wien (vor Ort) in % .....	22
Tabelle 11: Luftschadstoffemissionen gesamt (inkl. vorgelagerter Emissionen) in g/kWh des Anlagenparks der Fernwärme Wien im Jahr 2003 .....	23
Tabelle 12: Direkte und vorgelagerte Emissionen in % an den gesamten Luftschadstoffemissionen des Anlagenparks der Fernwärme Wien im Jahr 2003.....	23
Tabelle 13: Daten zu den Anlagen der Wienenergie (Wienenergie, 2000 und 2001) .....	25
Tabelle 14: Referenzwirkungsgradmethode: Treibhausgasemissionen in Wien (vor Ort) in g/kWh des Anlagenparks der Fernwärme Wien im Jahr 2003 .....	27
Tabelle 15: Referenzwirkungsgradmethode: Treibhausgasemissionen gesamt (inkl. vorgelagerte Prozesse) in g/kWh des Anlagenparks der Fernwärme im Jahr 2003 .....	28
Tabelle 16: Referenzwirkungsgradmethode: Luftschadstoffemissionen in Wien (vor Ort) in g/kWh des Anlagenparks der Fernwärme Wien mit und ohne Müllverbrennung im Jahr 2003 .....	28
Tabelle 17: Referenzwirkungsgradmethode: Luftschadstoffemissionen gesamt (inkl. vorgelagerte Prozesse) in g/kWh des Anlagenparks der Fernwärme Wien im Jahr 2003 .....	29



# 1 EINLEITUNG

Das Computermodell GEMIS-Österreich beinhaltet Prozesse und Systeme, u.a. auch den Anlagenpark der Fernwärme Wien GmbH.

In einer Studie im Jahr 2003 mit dem Titel „Die Entwicklung des Wiener Wärme-marktes und die daraus resultierenden ökologischen Effekte“ hat das Umweltbundesamt mittels Betreiberdaten der Fernwärme Wien ökologische Effekte der Wärmebereitstellung im Jahr 2002 und die Entwicklungen bis zum Jahr 2010 abgeschätzt und berechnet. Die ökologischen Effekte wurden ausschließlich auf Treibhausgasemissionen bezogen.

In der vorliegenden Studie wurde das Umweltbundesamt von der Fernwärme Wien beauftragt die vorhandenen Datensätze in GEMIS-Österreich zu aktualisieren. Grundlagen dieser Aktualisierung sind Betriebsangaben der Fernwärme Wien, sowie öffentlich zugängliche Daten einzelner Anlagen.

In der vorliegenden Studie werden nicht nur die Treibhausgasemissionen, sondern auch die Luftschadstoffemissionen  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , Staub und CO mittels einer Ökobilanzierung für die Fernwärmeaufbringung der Fernwärme Wien berechnet.

Die in beiden Studien ausgewiesenen Emissionen sind als Lebenszyklusanalyseberechnung zu betrachten. Die angewandte Methodik ist nicht konform der Inter-governmental Panel on Climate Change (IPCC)-Richtlinie bzw. der Österreichischen Luftschadstoffinventur (OLI).

Die Österreichische Luftschadstoffinventur (OLI) berechnet pyrogene Emissionen und Prozessemissionen. Dabei dienen die Energiebilanz der Statistik Austria und definierte Emissionsfaktoren je Brennstoff und Einsatzgebiet als Grundlage für die Berechnung der pyrogenen Emissionen. In der OLI werden ausschließlich die Emissionen innerhalb des österreichischen Staatsgebietes berücksichtigt.

Im Unterschied dazu dienen die Ergebnisse von Ökobilanzen zur Umweltfolgenabschätzung von Energiedienstleistungen. Die DIN EN ISO 14040 „Umweltmanagement - Ökobilanz“ definiert die Parameter, die für die Erstellung von Lebenszyklusanalysen (well-to-wheel-Ansatz) erforderlich sind. Die ganzheitliche Betrachtung von Energiedienstleistungen berücksichtigt sowohl die Verbrennungsemissionen („direkte Emissionen“) als auch die so genannten vorgelagerten Emissionen (z. B. Förderung, Veredelung und Transport von Brennstoffen).

## 2 AUFGABENSTELLUNG

Die Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit umfasst folgende Bereiche:

- Darstellung des Anlagenparks der Fernwärme Wien im Jahr 2003
- Überarbeitung und gegebenenfalls Aktualisierung (basierend auf publizierten Daten) der Angaben zu Rauchgasreinigungstechnologien einzelner Anlagen in der Datenbank GEMIS-Österreich
- Überarbeitung und Aktualisierung der Anlagenwirkungsgrade für das Jahr 2003 in der Datenbank GEMIS-Österreich
- Erstellung einer Ökobilanz basierend auf Angaben der Fernwärme Wien zur Berechnung der Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen des Anlagenparks der Fernwärme Wien für das Jahr 2003

In dieser Studie werden die vorgelagerten Prozessketten in die Systemgrenzen einbezogen.

Als vorgelagerte Emissionen werden z. B. Energieeinsätze für die Förderung, Aufbereitung und den Transport von Brennstoffen gesehen. GEMIS ermöglicht die Bilanzgrenzen für die jeweilige Energiedienstleistung zu definieren. Somit werden als vorgelagerte Emissionen der Müllverbrennung jene Energieeinsätze gesehen, die durch den Transport ab der Mülltonne im Haushalt bzw. Gewerbebetrieb zur Müllverbrennungsanlage anfallen. Daher stellt die Müllverbrennung eine gewisse Sonderstellung in dieser Studie dar, da die vorgelagerten Prozesse des Haus- und Gewerbemülls nicht berücksichtigt werden. Als Begründung wird seitens der Fernwärme Wien angeführt, dass Müll nicht „produziert“ wird, um einen Brennstoff für die Verbrennung zu liefern. Vielmehr stellt die Müllverbrennung eine Entsorgungsschiene dar, wobei die Betrachtung der jeweiligen Müllverbrennungsanlage in GEMIS-Österreich (wie auch bei den anderen Fernwärmeanlagen) sämtliche Energieeinsätze für Betrieb und Luftreinigungstechnologien enthält. Nicht berücksichtigt werden die Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffemissionen, die durch die Entsorgung der Abfallstoffe (z. B. feste Rückstände) aus den Verbrennungsanlagen anfallen. Nicht berücksichtigt werden weiters die Emissionen, welche aus der Behandlung der Abwässer aus den Müll- und Abfallverbrennungsanlagen anfallen.



### 3 DATENBASIS

Die Fernwärme Wien GmbH stellte die erforderlichen Daten, wie z.B. zur technischen Konfiguration der einzelnen Anlagen (Müllverbrennungsanlagen Spittelau, Flötzersteig und Abfallverbrennungsanlagen Simmeringer Haide, Heizwerke und Spitzenlastkessel) der Fernwärme Wien, zu Abfall- und Brennstoffeinsätzen, zum Output Strom und Wärme und zu Luftemissionen zur Verfügung. Von der Fernwärme Wien wurden zu den KWK-Anlagen der WIENSTROM (KWK-Anlagen Donaustadt, Simmering, Leopoldau) die Wärmeoutputmengen zur Verfügung gestellt.

Angaben über das Emissionsverhalten der WIENSTROM-Anlagen wurden aus publizierten Daten bezogen.

Die Industrieanlagen, Pumpstationen und der Dampfkessel Wilhelminenspital haben in Summe einen Anteil von 0,27 % an der gesamten Wärmeaufbringung. Auf Grund fehlender Hintergrunddaten (z. B. Wirkungsgrade, etc.) wurden diese Anlagen nicht gesondert abgebildet. Die Wärmeaufbringungsmenge der Industrieanlagen, Pumpstationen und Dampfkessel Wilhelminenspital wurde auf die Heißwasserkessel anteilmäßig verteilt.

Daten zu den KWK-Anlagen der OMV, die Wärme in das Fernwärmenetz einspeisen, wurden vom Umweltbundesamt aus publizierten Studien gesammelt und aufbereitet und in GEMIS-Österreich eingearbeitet.

#### 3.1 Methodik

Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ermöglicht die gleichzeitige Produktion von Strom und Wärme. KWK-Anlagen können sowohl wärmegeführt (Hauptprodukt Wärme, Koppelprodukt Strom) als auch stromgeführt (Hauptprodukt Strom, Koppelprodukt Wärme) gefahren werden. Die Betriebsweise (v.a. strom- oder wärmegeführte KWK, Teillast/Vollastbedingungen, Kondensationsbetrieb vs. KWK-Betrieb) hat massive Auswirkungen auf den Gesamtnutzungsgrad der jeweilige KWK-Anlage.

Für (stromgeführte) KWK-Anlagen kann der für die Produktion von Wärme benötigte Brennstoffeinsatz nicht direkt bestimmt werden. Damit ist eine Angabe des Wärmewirkungsgrades unmittelbar nicht möglich.

Es existieren allerdings einige anerkannte Methoden zur Berechnung des Wärmewirkungsgrades, welche auf Grund der sehr komplexen Zusammenhänge zu teilweise abweichenden Ergebnissen kommen. Zwischen der Fernwärme Wien und der Umweltbundesamt GmbH wurde daher vereinbart, für KWK-Anlagen den Brennstoffmehrabbedarf für die Wärmeauskopplung zu ermitteln. Diese Methodik soll seitens des Umweltbundesamtes durch eine Sensitivitätsanalyse, welche sich auf Referenzwirkungsgrade stützt, ergänzt werden (siehe Kapitel 7).

Die Bewertungsmethodik der betrachteten KWK-Anlagen wird im Kapitel 3.2 beschrieben.

### 3.2 Bewertungsmethodik für stromgeführte KWK-Anlagen (Brennstoffmehrbedarfsmethode)

Die Aufteilung wurde gemäß einer in Europa bei den meisten KWK Betreibern, die ihre KWK stromseitig führen, üblichen Methode ermittelt. Die Methodik und die dafür erforderlichen Wärmewirkungsgrade wurden von der Fernwärme Wien für diese Studie zur Verfügung gestellt.

Die Basis der Berechnung sind Messungen mit und ohne Fernwärme-Auskopplung bei den unterschiedlichen Betriebsparametern (Außentemperatur, Vorlauftemperatur FW, Lastfaktor, etc), aus denen dann der jeweilige Brennstoffmehrbedarf bei Fernwärme-Auskopplung ermittelt wird.

Im Detail wird zuerst der Brennstoffbedarf für die Stromproduktion ohne Wärme-Auskopplung bei unterschiedlichen Auslastungen ermittelt.

Dann werden dieselben Messungen bei gleichzeitiger Wärmeauskopplung wiederholt. Dabei gibt es zwei Betrachtungsfälle – bei Stromproduktion in Volllast kommt es durch die Zuschaltung der Wärmeauskopplung zu einem Stromverlust – es kann also weniger Strom produziert werden – der Brennstoff für die Wärme ergibt sich daher aus dem mit dem Brennstoff je Einheit bewerteten Stromverlust.

Im zweiten Fall – also bei Teillast – bleibt zwar die Stromproduktion auch bei Auskopplung gleich, der Brennstoffbedarf steigt aber. Die Differenz des Brennstoffbedarfs kann hier also direkt der Wärme zugeordnet werden.

Aus diesen Messungen wird der Algorithmus gebildet, der halbstündlich bei den jeweiligen Lastfällen den Brennstoffmehrbedarf, der für die Auskopplung der Wärme notwendig ist, berechnet.

Aus der Summe der Halbstundenwerte wird der Brennstoffeinsatz für das gesamte Jahr ermittelt und gemeinsam mit der Jahresproduktion an Fernwärme der Jahresmittelwert für den thermischen Wirkungsgrad berechnet.

Da für die ausgekoppelte Wärmemenge weniger Brennstoff eingesetzt werden muss, ergeben sich scheinbar Wirkungsgrade die über 100% liegen. Betrachtet man die Anlage gesamt trifft dies natürlich nicht zu – der Gesamtwirkungsgrad liegt nach wie vor je nach Anlage zwischen 70 und 87% in gekoppelter Fahrweise. Da die Anlagen auch ohne Auskopplung betrieben werden können, kann der Gesamtjahresnutzungsgrad der gesamten Anlage auch noch unter diesen Werten liegen.

Für die einzelnen Kraftwerke wurden im Kalenderjahr 2003 folgende thermische Jahresnutzungsgrade bei KWK Betrieb ermittelt:

Simmering Block 1/2	196%
Simmering Block 3	281%
Donaustadt 3	332%

Eine Ausnahme bildet die KWK Leopoldau, da es sich hier um eine Anlage handelt die nur im Gegendruck Prinzip Strom und Wärme produzieren kann – da da-





durch die reine Stromproduktion nicht möglich ist, ist auch eine Ermittlung des Brennstoffbedarfs der reinen Stromproduktion nicht möglich. Es wurde daher zwischen der Fernwärme Wien und dem Umweltbundesamt vereinbart, dass basierend auf den verfügbaren Daten und auf Referenzanlagen (für Anlagen mit dem Baujahr 1985 wird ein netto Stromwirkungsgrad von 47,5 % zu Grunde gelegt) für 2003 mit einem theoretischen thermischen Wirkungsgrad von 222 % gerechnet werden kann.

## 4 GEMIS-ÖSTERREICH

Das GEMIS Modell (Globales Emissionsmodell Integrierter Systeme) umfasst Grunddaten zu

- Bereitstellung von Energieträgern (Prozessketten- und Brennstoffdaten). Neben fossilen Energieträgern (Stein- und Braunkohle, Erdöl und Erdgas), regenerativen Energien, Hausmüll und Uran sind auch sog. nachwachsende Rohstoffe (schnellwachsende Hölzer, Chinagrass, Raps, Zuckerhirse) sowie Wasserstoff enthalten;
- Technologien zur Bereitstellung von Wärme- und Strom (Heizungen, Warmwasser, Kraftwerke aller Größen und Brennstoffe, Heizkraftwerke, BHKW...);
- Stoffen (vor allem Grundstoffe und Baumaterialien), inklusive deren vorgelagerter Prozessketten (bei Importen auch im Ausland);
- Transportprozessen, d.h. Daten für Personenkraftwagen (für Benzin, Diesel, Strom, Biokraftstoffe), Öffentliche Verkehrsmittel (Bus, Bahn) und Flugzeuge sowie über Prozesse zum Gütertransport (Lastkraftwagen, Bahn, Schiffe und Pipelines).

GEMIS berücksichtigt von der Primärenergie- bzw. Rohstoffgewinnung bis zur Nutzenergie bzw. Stoffbereitstellung alle Schritte und bezieht auch den Hilfsenergie- und Materialaufwand zur Herstellung von Energieanlagen und Transportsystemen mit ein.

Die Datenbasis enthält für alle diese Prozesse Angaben bezüglich:

- Nutzungsgrad, Leistung, Auslastung, Lebensdauer;
- Direkte Luftschadstoffemissionen (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Halogene, Staub, CO);
- Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O sowie alle FCKW/FKW);
- Feste Reststoffe (Asche, Entschwefelungsprodukte, Klärschlamm, Produktionsabfall, Abraum);
- Flüssige Reststoffe (z. B. anorganische Salze);
- Flächenbedarf;
- Kumulierte Energieaufwendungen.

Der Kumulierte-Energie-Aufwand (KEA; DRAKE 1996) ist die Summe aller Primärenergieinputs (inklusive der zur Materialherstellung), die für ein Produkt oder eine Dienstleistung aufgewendet wird. Primärenergien sind Ressourcen wie Erdöl, Sonnen- und Windenergie oder auch Uran, aus denen nutzbare Energieträger wie Heizöl, Benzin, Strom oder Fernwärme erzeugt werden. Der KEA wird bestimmt, indem für ein bestimmtes Produkt (z. B. Stahl) oder eine Dienstleistung (z. B. Raumwärme, Transport von Gütern) die gesamte Vorkette untersucht und die jeweilige Energiemenge ermittelt wird. Die Vorketten der Stromerzeugung z. B. sind die Stromtrassen, die Kraftwerke sowie die Aktivitäten (Prozesse), die zum Betrieb der Kraftwerke notwendig sind (Bergbau, Raffinerien usw.). Auch der Aufwand zur Herstellung der jeweiligen Prozesse wird im KEA erfasst.

Während etwa ein Solarkollektor die Sonne als direkte Primärenergiequelle nutzt, benötigt er zur Bereitstellung von Warmwasser noch Hilfsstrom. Darüber hinaus



waren bei der Herstellung (Bau, Montage, Wartung) wiederum Aufwendungen zur Erzeugung und Verarbeitung von Aluminium, Kupfer usw. notwendig. Bei diesen Materialaufwendungen wird Energie (Strom, Prozesswärme, Treibstoffe) benötigt, zu deren Herstellung ebenfalls entsprechende Prozesse in Vorketten erforderlich sind (Kraftwerke usw.). Zur KEA-Berechnung muss der gesamte Lebensweg berücksichtigt und die hierfür nötigen Primärenergieaufwendungen erfasst werden.

Der KEA wird schon seit den 70er Jahren weltweit als Kennzahl für Energiesysteme verwendet, hat also schon einige Tradition. Anfang der 90er Jahre entwarfen Experten des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) mit Beteiligung des Umweltbundesamts eine Regel zur Bestimmung des KEA, die VDI-Richtlinie 4600. Darin finden sich Erklärungen, Rechenmethoden und Beispiele für KEA-Anwendungen. Sie ist Grundstein für alle heutigen KEA-Arbeiten und präzisiert den Begriff kumulierter Energieaufwand.

Eine wichtige Rolle spielt der KEA bei der Diskussion um die energetische Amortisationsdauer [VDI 1997]. Diese entspricht jener Zeit, die ein Energiesystem benötigt, um die für seine Herstellung investierte Energie durch die eigene Erzeugung wieder zu produzieren.

Die KEA-Richtlinie stellte erstmals deutlich heraus, dass der Primärenergieaufwand auch unter Umweltgesichtspunkten eine wichtige Größe ist. Auch Ökobilanzen basieren auf KEA-Daten, wobei Stoff- und Energieströme die Basis von Sachbilanzen bilden.

Kraftwerke und Heizungen, Verkehr und Industrie bewirken eine große Zahl von Umweltwirkungen. Ein erheblicher Teil der Umweltprobleme ist ursächlich mit Energie verbunden. Der Energieaufwand, den ein Produkt oder eine Dienstleistung erfordert, lässt sich relativ genau bestimmen. Die Vielzahl von Umweltwirkungen führt bei Ökobilanzen zu hohem Aufwand bei der Datenermittlung und komplexen Methoden bei der Bewertung. Da ein Großteil der Umwelteffekte aus der Energiebereitstellung und -nutzung resultiert, kann der KEA als Anhaltspunkt zur ökologischen Bewertung verwendet werden. Die erforderlichen Energiedaten können gut ermittelt und standardisiert werden.

Die Bereitstellungsemissionen sind im GEMIS 4.13 mit Länderherkunft versehen und sind somit regional zuordenbar. Dadurch ergibt sich eine genaue Aufteilung in Bereitstellungsemissionen und Emissionen, welche durch den Energieeinsatz vor Ort entstehen.

GEMIS 4.13 unterscheidet zwischen nichterneuerbaren und erneuerbaren kumulierten Energieaufwendungen und bildet daraus die Summe. Somit können auf einem Blick die Bereitstellungsemissionen für verschiedenste Systeme (z. B. Gasheizung, Holzheizung, etc.) analysiert werden.

#### GEMIS 4.2 – Österreich [UBA 2005]

GEMIS-Österreich beinhaltet im Vergleich zum Basismodell GEMIS eine Weiterentwicklung der Datenbasis, insbesondere Österreich-spezifische Datensätze, die eine Anwendung des Computermodells für Fragestellungen in Österreich ermöglichen. GEMIS-Österreich kann zudem Kosten analysieren – die entsprechenden Kenndaten der Brenn- und Treibstoffe sowie der Energie- und Transportprozesse (Investitions- und Betriebskosten) sind in der Datenbasis enthalten.

Mit GEMIS-Österreich können die Ergebnisse von Umwelt- und Kostenanalysen auch bewertet werden. Hierbei erfolgt eine Aggregation von klimarelevanten Schadstoffen zu so genannten CO<sub>2</sub>-Äquivalenten und die Ermittlung externer Umweltkosten, die zusammen mit den betriebswirtschaftlichen („internen“) Kosten zur Bestimmung der volkswirtschaftlichen Gesamtkosten dienen.

Das Umweltbundesamt hat aufbauend auf deutschen Forschungsarbeiten das Modell GEMIS-Österreich (Gesamt Emissions Modell Integrierter Systeme für Österreich) zur Erstellung von Umweltbilanzen für Österreich entwickelt, welches es ermöglicht, solche Systembetrachtungen in vereinfachter Weise durchzuführen. GEMIS ist ein computergestütztes Instrument, mit dem die Umweltauswirkungen von unterschiedlichen Systemen einfach, präzise und vor allem umfassend berechnet und miteinander verglichen werden können.

Auf Basis Österreich-spezifischer Daten berücksichtigt GEMIS-Österreich alle wesentlichen Prozesse angefangen von der Primärenergie- und Rohstoffgewinnung bis zur Nutzenergie und Stoffbereitstellung, so z.B. auch den Hilfsenergie- und Materialaufwand zur Herstellung von Energieanlagen und Transportsystemen und bietet somit die Möglichkeit, neben den lokalen Emissionen auch die vorgelagerten Prozessemissionen zu berücksichtigen.

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Modellstruktur von GEMIS.

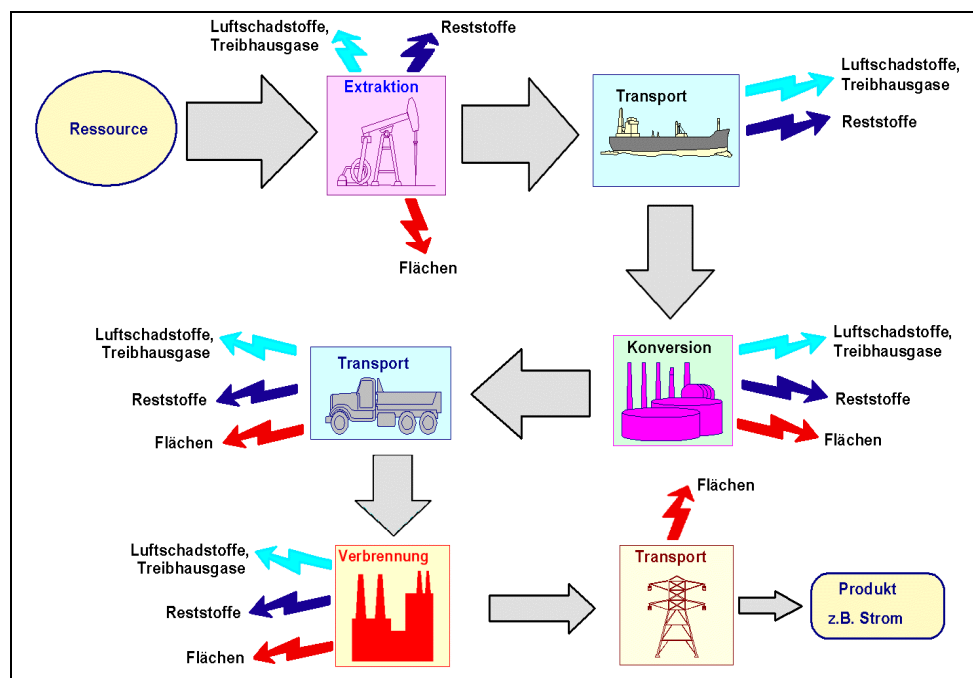


Abbildung 1: Funktionsübersicht des Computerprogramms GEMIS 4.2

Die Treibhausgasemissionen werden aufgeschlüsselt nach:

- a) lokale Emissionen vor Ort (Stadtgebiet Wien)
- b) Emissionen bei Vorprozessen



Durch diese Vorgehensweise ist es möglich, die Auswirkungen von alternativen Wärmebereitstellungssystemen sowohl für die Luftsituation vor Ort als auch die Auswirkungen der Maßnahmen auf die Gesamtemissionssituation zu analysieren und somit eine fundierte Aussage über die Umweltauswirkungen der Investitionsentscheidung zu erhalten.

Zusätzlich erfolgt für die klimawirksamen Treibhausgasemissionen CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O die Umrechnung in CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Mittels dieser Berechnungen lassen sich die Verringerungen des Treibhauspotentials darstellen.

Zur Erstellung der Umweltbilanz ist es erforderlich, eine „Verortung“ der Prozesse vorzunehmen. Nur so können die Emissionen aus Vorprozessen richtig zugeordnet werden. So sind etwa die vorgelagerten Umweltauswirkungen von den Transportweiten abhängig. Ebenso muss die jeweilige lokale Energieversorgungssituation in die Berechnung mit einbezogen werden.

## 5 ENERGIEBILANZ FERNWÄRME WIEN 2003

Das Fernwärmesystem in Wien wird von den Anlagen der Fernwärme Wien, von den KWK-Anlagen der Wienstrom, von den KWK-Anlagen der OMV und von einigen kleineren industriellen Anlagen gespeist (Tabelle 1). Wie die nachfolgende Tabelle zeigt, nehmen die KWK-Anlagen der Wienstrom, der OMV und die Müll- und Abfallverbrennungsanlagen der Fernwärme Wien den überwiegenden Teil der Wärmeeinspeisung ein. Die Einspeisung aus Industrieanlagen und Spitzenlastkeseln nimmt dagegen nur eine untergeordnete Rolle ein.

Tabelle 1: Wärmeeinspeisung nach Anlagen in das Fernwärmesystem der Fernwärme Wien im Jahr 2003 (Angaben der Fernwärme Wien)

Anlagen	Wärmeeinspeisung in MWh	Anteil der Anlagen zur Wärmeeinspeisung
KWK-Donaustadt	1.024.519	18,90%
MVA Spittelau	496.069	9,15%
SVA Simmeringer Haide	271.637	5,01%
MVA Flötzersteig	338.709	6,25%
KWK-Simmering 1/2	697.171	12,86%
KWK-Simmering 3	1.282.751	23,66%
KWK Leopoldau	721.581	13,31%
KWK OMV Raffinerie	410.850	7,58%
HWK Spittelau	57.517	1,06%
HWK Arsenal	19.892	0,37%
HWK Kagran	20.971	0,39%
HWK Süd	34.986	0,65%
HWK Lepoldau	29.380	0,54%
Industrieanlagen	13.421	0,25%
Pumpstation + DK Wilhelminensp.	1.084	0,02%
<b>Summe im Jahr 2003</b>	<b>5.420.538</b>	<b>100%</b>

Im Jahr 2003 wurden rund 5.421 GWh Wärme in das Fernwärmenetz eingespeist. Die KWK-Anlage Simmering 3 nahm mit rund 1.283 GWh und 23,7 % den höchsten Anteil an der Wärmeeinspeisung im Jahr 2003 ein. Die KWK Donaustadt (18,9 %), KWK-Simmering 1/2 (12,9 %) und KWK Leopoldau (13,3 %) sind weitere große Wärmeeinspeisequellen.



Tabelle 2: *Brennstoffe und Wärme-Wirkungsgrade der Anlagen der Fernwärme Wien im Jahr 2003 (Angaben der Fernwärme Wien)*

	<b>Brennstoff/Abfall</b>	<b>Wärme-Wirkungsgrad</b>
<b>Simmerringer Haide</b>	Gefährliche Abfälle/ Klärschlamm	58,9%
<b>MVA Flötzersteig</b>	Hausmüll	63,2%
<b>MVA Spittelau</b>	Hausmüll	68,3%
<b>HWK Spittelau</b>	Heizöl schwer/ Erdgas	90,5%
<b>HWK Arsenal</b>	Heizöl schwer/ Erdgas	90,0%
<b>HWK Kagran</b>	Heizöl schwer/ Erdgas	87,6%
<b>HWK Süd</b>	Heizöl extra leicht/ Erdgas	94,5%
<b>HWK Leopoldau</b>	Erdgas	32,3%
<b>KWK OMV</b>	Flüssige Rückstände/ Raffinerie Mischgas	143,0%
<b>KWK Donaustadt</b>	Erdgas	332,0%
<b>KWK Simmering 1/2</b>	Erdgas	196,0%
<b>KWK Simmering 3</b>	Erdgas / Heizöl	281,0%
<b>KWK Leopoldau</b>	Erdgas	222,0%

In der Tabelle 2 werden die Anlagen und die eingesetzten Brennstoffe dargestellt. Der Wärmewirkungsgrad der KWK-Anlagen der OMV (143 %) wurde aus historischen Daten übernommen. Die Berechnungsgrundlagen für die Ermittlung der Wärme-Wirkungsgrade wurden bereits im Kapitel 3.2 beschrieben. Wie bereits dort angeführt, sind diese Wärme-Wirkungsgrade von KWK-Anlagen indirekt ermittelte Werte, die zur Abbildung der Wärmeeinspeisung in das Fernwärmenetz bei gleichzeitiger Stromproduktion dienen. Daher errechnen sich bei den KWK-Anlagen Wärme-Wirkungsgrade über 100 % (Der Gesamtwirkungsgrad – Output an Strom und/oder Wärme gemessen am Brennstoffeinsatz – liegt aber in jedem Fall unter 100 %).

Die Sensitivität der Wärmewirkungsgrade, vor allem jener der KWK-Anlagen, auf die Gesamtemissionen des Anlagenparks ist als hoch zu bewerten. Jede Wir-

kungsgradverschiebung wirkt sich auf die Ökobilanz aus, da die KWK-Anlagen einen hohen Anteil an der Wärmebereitstellung leisten. Exakte Angaben über die Wirkungsgrade vor allem der KWK-Anlagen der Wienstrom konnten aus Datenschutzgründen nicht bekannt gegeben werden.

Eine Diskussion dieser Wirkungsgrade findet im Kapitel 7 statt.

Die Emissionsfaktoren laut Emissionserklärungen wurden mit den Datensätzen in GEMIS-Österreich verglichen und gegebenenfalls aktualisiert.





## 6 ÖKOBILANZ FERNWÄRME WIEN 2003

Der Anlagenpark der Fernwärme Wien wurde in GEMIS-Österreich 4.2 abgebildet. Die Angaben wurden von der Fernwärme Wien geliefert und übernommen. Die Ergebnisse der Ökobilanzen bilden die gesamten Emissionen der betrachteten Prozessketten ab. Die Emissionen werden in so genannten „Vor-Ort-Emissionen“ (Standort Wien) und „vorgelagerte Emissionen“ (außerhalb von Wien) dargestellt.

Tabelle 3: Treibhausgasemissionen in Wien (vor Ort) in g/kWh des Anlagenparks der Fernwärme Wien im Jahr 2003

in g/kWh	CO <sub>2</sub> -Äquivalent	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
<b>Fernwärme Wien 2003</b>	131,59	130,18	0,007	0,004

Die CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen in Wien aus dem Fernwärmepark haben im Jahr 2003 rund 132 g/kWh betragen.

Tabelle 4: Anteil der jeweiligen Anlage an den CO<sub>2</sub>-Emissionen in Wien (vor Ort) in %

Anlagenpark	Anteil in %
Müll-HW-Spittelau	13,29%
KWK-Simmering 1u2-Gas-2003	10,88%
MVA-Flötzersteig	10,69%
SVA-Simmeringer Haide	10,37%
KWK-GT-Leopoldau	9,95%
KWK-OMV-Raffinerierückstände	9,77%
KWK-Simmering 3 Erdgas	9,47%
KWK-Donaustadt-Block 3	9,44%
KWK-Simmering 3-Öl	6,30%
KWK-OMV-Raffinerie-Mischgas	3,05%
Spitzenlast-Spittelau-HKW 1,2 Erdgas	2,25%
Spitzenlast-FHW Süd-HWK 1,2-Erdgas	1,45%
Spitzenlast-Leopoldau-HWK-Erdgas	1,10%
Spitzenlast-Kagran-HWK 2-Erdgas	0,76%
Spitzenlast-Arsenal-HKW 1,2,3 Erdgas	0,44%
Spitzenlast-Arsenal HWK 1,2 Heizöl	0,36%
Spitzenlast-Kagran HWK 1 Heizöl	0,32%
Spitzenlast-Spittelau HWK 1,2 Heizöl	0,07%
Spitzenlast-Süd HWK 1,2 Heizöl	0,04%
<b>Summe</b>	<b>100%</b>

Die Tabelle 4 zeigt die Anteile der jeweiligen Anlagen zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen vor Ort (in Wien). Rund 130 g/kWh CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht der Fernwärmepark in Wien. Die Müllverbrennung Spittelau (13,3 %), die KWK-Simmering Block 1 und 2 (10,9 %), die MVA Flötzersteig (10,7 %) und die SVA Simmeringer Haide (10,4 %) verursachen rund 45,3 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Fernwärme in Wien.

Dem Beitrag der Hausmüllverbrennungsanlagen Spittelau und Flötzersteig und der Abfallverbrennungsanlage Simmeringer Haide von rund 44,7 g/kWh entsprechen rund 34,3 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Fernwärme Wien im Jahr 2003.

Die gesamten Treibhausgasemissionen (inkl. vorgelagerte Prozesse) werden in der nachfolgenden Tabelle angeführt.

*Tabelle 5: Treibhausgasemissionen gesamt (inkl. vorgelagerte Prozesse) in g/kWh des Anlagenparks der Fernwärme Wien im Jahr 2003*

in g/kWh	CO <sub>2</sub> -Äquivalent	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
<b>Fernwärme Wien 2003</b>	171,71	157,97	0,534	0,005

Die vorgelagerten Prozesse (außerhalb von Wien) führen zu Emissionen von rund 40,12 g/kWh, das entspricht rund 23,3 % der gesamten CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen. Hauptverursacher der vorgelagerten Prozesse sind bei der Brennstoffbereitstellung von Erdgas und Erdöl zu finden.

In der folgenden Tabelle sind die Schadstoffemissionen angegeben, welche aus der Fernwärmebereitstellung in Wien resultieren:

*Tabelle 6: Luftschadstoffemissionen in Wien (vor Ort) in g/kWh des Anlagenparks der Fernwärme Wien im Jahr 2003*

in g/kWh	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Staub	CO
<b>Fernwärme Wien 2003</b>	0,044	0,105	0,005	0,021



Tabelle 7: Anteil der jeweiligen Anlagen an den SO<sub>2</sub>-Emissionen in Wien (vor Ort) in %

Anlagenpark	Anteil in %
KWK-OMV-Raffinerierückstände	76,45%
KWK-OMV-Raffineriemischgas	7,83%
Spitzenlast-Arsenal HWK 1,2 Heizöl	5,86%
Spitzenlast-Kagran HWK 1 Heizöl	5,19%
KWK-Simmering 3 Heizöl	2,32%
Müll-HW-Spittelau	1,19%
SVA-Drehrohr	0,61%
MVA-Flötzersteig	0,41%
Spitzenlast-Spittelau	0,10%
Spitzenlast-Süd HWK 1,2 Heizöl	0,03%
<b>Summe</b>	<b>100%</b>

Über 76 % der SO<sub>2</sub>-Emissionen stammen aus dem Einsatz von schweren Rückständen in der KWK-Anlage der OMV. Der Einsatz von Raffineriemischgas in derselben KWK-Anlage verursacht rund 7,8 % der SO<sub>2</sub>-Emissionen. Die mit Heizöl gefeuerten Spitzenlastkessel verursachen rund 11 % der SO<sub>2</sub>-Emissionen.

Der Beitrag der Hausmüll- und Abfallverbrennungsanlagen an den SO<sub>2</sub>-Emissionen in Wien ist mit rund 0,974 mg/kWh und einem Anteil von 2,2 % als sehr niedrig zu bewerten.

Tabelle 8: Anteil der jeweiligen Anlagen an den NO<sub>x</sub>-Emissionen in Wien (vor Ort) in %

Anlagenpark	Anteil in %
KWK-OMV-Raffinerierückstände	24,57%
SVA-Simmeringer Haide	22,20%
KWK-GT-Leopoldau	11,98%
KWK-Simmering 1u2 Gas	10,26%
MVA-Flötzersteig	6,31%
KWK-Donaustadt-GT-Block 3	4,61%
KWK-Simmering 3-Gas	4,27%
Müll-HW-Spittelau	4,18%
KWK-Simmering 3-Öl	3,61%
KWK-OMV-Raffineriemischgas	2,62%
Spitzenlast-Arsenal HWK 1,2 Heizöl	1,02%
Spitzenlast-Leopoldau-HWK Gas	0,97%
Spitzenlast-Spittelau-HKW 1,2 Gas	0,84%
Spitzenlast-Kagran HWK 1 Heizöl	0,81%
Spitzenlast-Kagran-HWK 2 Gas	0,62%
Spitzenlast-FHW Süd-HWK 1,2 Gas	0,54%
Spitzenlast-Arsenal-HKW 1,2,3 Gas	0,53%
Spitzenlast-Spittelau HWK 1,2 Heizöl	0,04%
Spitzenlast-Süd HWK 1,2 Heizöl	0,02%
<b>Summe</b>	<b>100%</b>

Die größten NO<sub>x</sub>-Emissionen in Wien des Anlagenparks der Fernwärme Wien entstehen in der KWK-Anlage der OMV betrieben mit Raffinerierückständen (24,6 %) und in der SVA Simmeringer Haide (22,2 %), gefolgt von der KWK Leopoldau und KWK Simmeringer Block 1 und 2, die rund 12 bzw. 10,2 % zu den gesamten NO<sub>x</sub>-Emissionen in Wien beitragen.

Der Beitrag der Hausmüll- und Abfallverbrennungsanlagen an den NO<sub>x</sub>-Emissionen in Wien liegt im Jahr 2003 bei rund 34,2 mg/kWh. Das entspricht einem Anteil von rund 32,7 %.



Tabelle 9: Anteil der jeweiligen Anlagen an den Staub-Emissionen in Wien (vor Ort) in %

Anlagenpark	Anteil in %
KWK-OMV-Raffinerierückstände	18,24%
KWK-Donaustadt-GT-Block 3 <sup>(1)</sup>	17,92%
MVA-Flötzersteig	12,88%
Müll-HW-Spittelau	11,22%
KWK-Simmering 3 Gas <sup>(2)</sup>	10,89%
KWK-Simmering 3 Öl	7,38%
Spitzenlast-Arsenal HWK 1,2 Heizöl	7,11%
Spitzenlast-Kagran HWK 1 Heizöl	6,01%
SVA-Simmeringer Haide	4,78%
Spitzenlast-Leopoldau-HWK Gas <sup>(3)</sup>	1,13%
Spitzenlast-Kagran-HWK 2 Gas <sup>(3)</sup>	0,68%
KWK-Simmering 1u2 Gas <sup>(2)</sup>	0,50%
KWK-OMV-Raffineriemischgas	0,40%
Spitzenlast-Spittelau-HKW 1,2 Gas <sup>(3)</sup>	0,29%
Spitzenlast-Spittelau HWK 1,2 Heizöl	0,17%
Spitzenlast-Arsenal-HKW 1,2,3 Gas <sup>(3)</sup>	0,17%
Spitzenlast-FHW Süd-HWK 1,2 Gas <sup>(3)</sup>	0,15%
Spitzenlast-Süd HWK 1,2 Heizöl	0,11%
<b>Summe</b>	<b>100%</b>

- (1) KWK-Donaustadt: Staubemissionen von gasbefeuerten Kesseln durch theoretischen Rechenwert von 5 mg/Nm<sup>3</sup> im Reingas
- (2) KWK-Simmering: Staubemissionen von gasbefeuerten Kesseln durch theoretischen Rechenwert von 5 mg/Nm<sup>3</sup> im Reingas
- (3) Heißwasserkessel: Staubemissionen von gasbefeuerten Kesseln durch theoretischen Rechenwerten zwischen 5 und 8 mg/Nm<sup>3</sup> im Reingas

Die Staubemissionen werden in GEMIS-Österreich als Gesamtstaubemissionen berechnet, d.h. es wird keine Unterteilung nach Korngrößen getroffen. Rund 30 % der Staubemissionen stammen aus gasbefeuerten Anlagen, wobei diese Berechnungen auf Basis theoretischer Rechenwerte durchgeführt wurden.

Der Beitrag der Hausmüll- und Abfallverbrennungsanlagen an den Staub-Emissionen in Wien liegt im Jahr 2003 bei rund 1,48 mg/kWh. Das entspricht einem Anteil von rund 28,9 %.

Tabelle 10: Anteil der jeweiligen Anlagen an den CO-Emissionen in Wien (vor Ort) in %

Anlagenpark	Anteil in %
Müll-HW-Spittelau	39,03%
SVA-Simmeringer Haide	22,19%
MVA-Flötzersteig	15,69%
KWK-GT-Leopoldau	4,97%
KWK-OMV-Raffinerierückstände	4,45%
KWK-OMV-Raffineriemischgas	3,37%
KWK-Simmering 3 Öl	2,05%
Spitzenlast-Leopoldau-HWK Gas	1,75%
KWK-Donaustadt-GT-Block 3	1,66%
KWK-Simmering 1u2 Gas	1,30%
Spitzenlast-Kagran-HWK 2 Gas	1,13%
KWK-Simmering 3 Gas	1,06%
Spitzenlast-FHW Süd-HWK 1,2 Gas	0,45%
Spitzenlast-Spittelau-HKW 1,2 Gas	0,28%
Spitzenlast-Arsenal-HKW 1,2,3 Gas	0,28%
Spitzenlast-Arsenal HWK 1,2 Heizöl	0,16%
Spitzenlast-Kagran HWK 1 Heizöl	0,15%
Spitzenlast-Spittelau HWK 1,2 Heizöl	0,02%
Spitzenlast-Süd HWK 1,2 Heizöl extra	0,01%
<b>Summe</b>	<b>100%</b>

Der Beitrag der Müllverbrennungsanlagen an den CO-Emissionen in Wien liegt im Jahr 2003 bei rund 16,18 mg/kWh. Das entspricht einem Anteil von rund 76,9 %.

Die gesamten Luftschadstoffe umfassen sowohl jene Emissionsmengen, die in Wien entstehen, als auch die so genannten vorgelagerten Emissionen.

in g/kWh	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Staub	CO
<b>Fernwärme Wien 2003</b>	0,070	0,197	0,026	0,082



Tabelle 11: Luftschadstoffemissionen gesamt (inkl. vorgelagerter Emissionen) in g/kWh des Anlagenparks der Fernwärme Wien im Jahr 2003

Tabelle 12: Direkte und vorgelagerte Emissionen in % an den gesamten Luftschadstoffemissionen des Anlagenparks der Fernwärme Wien im Jahr 2003

	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>Staub</b>	<b>CO</b>
<b>Direkte Emissionen (in Wien)</b>	63,6%	55,0%	34,7%	26,9%
<b>Indirekte Emissionen (vorgelagerte Prozesse)</b>	36,4%	45,0%	65,3%	73,1%

Die Tabelle zeigt den Anteil der direkten und vorgelagerten Emissionen an den gesamten Luftschadstoffemissionen der Fernwärme Wien im Jahr 2003. Wie sensitiv die vorgelagerten Prozesse bei den Luftschadstoffen Staub und CO sind, wird in der obigen Tabelle deutlich ersichtlich.

Rund 80 % der SO<sub>2</sub>-Emissionen der indirekten Emissionen (vorgelagerte Prozesse) stammen aus der Rohölförderung und dem Rohöltransport nach Österreich und der Rohölveredelung in Österreich.

Über 75 % der NO<sub>x</sub>-Emissionen der indirekten Emissionen (vorgelagerte Prozesse) entstehen bei der Erdgasförderung und durch Verdichterstationen beim Transport nach Österreich und der Rohölveredelung in Österreich.

Die indirekten Emissionen (vorgelagerte Prozesse) des Luftschadstoffes Staub stammen aus den Verdichterstationen beim Transport von Erdgas nach Österreich und der elektrischen Stromaufbringung in Russland durch Kohlekraftwerke.

Der überwiegende Anteil der indirekten Emissionen (vorgelagerte Prozesse) des Luftschadstoffes CO stammt aus den Verdichterstationen von Erdgas beim Transport nach Österreich und aus der Rohölförderung bzw. der elektrischen Stromaufbringung in Russland durch Kohlekraftwerke.

## 7 ERGEBNISBEWERTUNG

Die Fernwärme Wien ist bestrebt, die eigenen Anlagen und den Bezug von Wärme aus anderen Anlagen im betriebswirtschaftlichen Optimum zu betreiben. In der Regel bedingt dies eine möglichst energieeffiziente Fahrweise der einzelnen Anlagen (Hausmüllverbrennungsanlagen, Anlagen zur Verbrennung von gefährlichen Abfällen, Spitzenlastkessel, KWK-Anlagen), sowie einen optimalen Verbundbetrieb dieser Anlagen. Zusätzlich sind die Anlagen der Fernwärme Wien und der WIENSTROM mit sehr effizienten Rauchgasreinigungssystemen ausgestattet, mit welchen auch im österreichischen Vergleich sehr niedrige Emissionen erreicht werden. Abgesehen von den Abfallverbrennungsanlagen, dem Block 3 in Simmering, einigen Spitzenlastkesseln und der KWK-Anlage der OMV wird als Brennstoff durchwegs Erdgas eingesetzt, welcher ebenfalls zu niedrigen Emissionen beiträgt.

### 7.1 Bestimmung des Wärmewirkungsgrades mittels Referenzwirkungsgraden

Der Brennstoffmehrbedarf bei KWK-Anlagen ist ein sensibler Parameter. Bereits kleine Schwankungen haben bei einigen Schadstoffen große Auswirkungen auf die Höhe der in der Ökobilanz berechneten Gesamtemissionen des betrachteten Systems. Der Brennstoffmehrbedarf (und damit der jeweilige Wärmewirkungsgrad) kann in der Regel nur anhand von indirekten Messergebnissen ermittelt werden (siehe übermittelte Beschreibung der von der Fernwärme Wien angewendeten Berechnungsmethode).

Um die mögliche Bandbreite der Wärmewirkungsgrade aufzuzeigen, wurde seitens des Umweltbundesamtes in Ergänzung zu in Kapitel 3.2 beschriebener Methodik eine andere Methode der Brennstoffaufteilung auf Strom und Wärme angewendet. Dabei werden zur Bewertung des Brennstoffbedarfes der KWK-Anlagen Referenzwirkungsgrade zugrunde gelegt, die den jeweiligen Anlagentechnologien, dem Alter der Anlagen und den Lastzuständen (soweit bekannt) entsprechen.

Wie oben ausgeführt sind Wirkungsgrade über 100 % in den betrachteten Anlagen nicht erzielbar, sondern sind das Resultat einer rein rechnerischen Aufteilung des Brennstoffeinsatzes auf die Produktion von Wärme und Strom (ein Wirkungsgrad von über 100 % ist nur bei Brennwertgeräten erzielbar, wobei auch bei diesen Geräten in der Regel die Jahresnutzung nicht über 95 % liegt).

Bei den Anlagen der Wienenergie handelt es sich um KWK-Anlagen unterschiedlicher Bauart, Größe, Technologie und Alters (siehe Tabelle 13).





Tabelle 13: Daten zu den Anlagen der Wienenergie (Wienenergie, 2000 und 2001)

Anlage	BWL (MW)	Brennstoff	Wirkungsgrad im Designpunkt	Anmerkung
Donaustadt Block 3	656 MW (GT + AHK)	Erdgas	el <sub>Kond.</sub> : 58 % el <sub>KWK.</sub> : 48 % BSN: 86 %	Gasturbine mit ungefeuerten AHK; Stromverlust bei Wärmeauskopplung
Simmering Block 1+2	Gasturbine: 234 MW AHK: 857 MW	Erdgas	el <sub>Kond.</sub> : 42,6 % el <sub>KWK.</sub> : 34,8 % BSN: max. 80 %	Gasturbine mit zusatzgefeuerten AHK; Stromverlust bei Wärmeauskopplung
Simmering Block 3	Gasturbine: 290 MW AHK: 870 MW	Erdgas/Heizöl schwer	el <sub>Kond.</sub> : 43,4 % (HS) – 45,2 % (EG) el <sub>KWK.</sub> : 37 % BSN: max. 80 %	Gasturbine mit zusatzgefeuerten AHK; Stromverlust bei Wärmeauskopplung
GuD Leopoldau	Gasturbine: 390 MW AHK: 260 MW	Erdgas	el <sub>KWK.</sub> : 38 % BSN: 87 %	Gasturbine mit ungefeuerten AHK; kein Stromverlust bei Wärmeauskopplung

AHK...Abhitzeessel

BWL...Brennstoffwärmeleistung

BSN... Brennstoffnutzung

IBS...Inbetriebsetzung

el<sub>Kond.</sub>...el. Nettoanlagenwirkungsgrad im Kondensationsbetrieb

el<sub>KWK.</sub>...el. Nettoanlagenwirkungsgrad im KWK-Betrieb

Die KWK-Anlagen der Wienenergie werden je nach Jahreszeit, Wärmebedarf und Strompreis entweder in gekoppelter Fahrweise (d.h. es wird Strom und Wärme gleichzeitig produziert) oder im reinen Kondensationsmodus (d.h. es wird nur Strom produziert) betrieben.

Vor allem in den Sommermonaten des Jahres 2003 wurden laut Angabe der Wienenergie die Anlagen aufgrund der klimatischen Bedingungen und der günstigen Strompreise überdurchschnittlich lang betrieben, wobei ein Teil des Betriebes im Kondensationsmodus erfolgte (Angaben der Wienenergie im Rahmen der „Arbeitsgruppe Anlagen“ zur Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen - NEC-Richtlinie).

Kreislaufmessungen bei KWK-Anlagen sind aufwendig und werden in der Regel selten durchgeführt. Es konnte nicht geklärt werden, wie Alterungserscheinungen (bei Gasturbinen nähert sich der Wirkungsgradverlust nach rund 20.000 Betriebsstunden asymptotisch einem Wert von drei Prozent,

d.h. liegt bei einer modernen GuD-Anlage der Garantiewert des el. Wirkungsgrad zum Zeitpunkt der Übergabe noch bei rund 58 %, so vermindert sich dieser im Betrieb auf einen Wert von rund 56,3 %) bei der Ermittlung des Brennstoffmehrbedarfs berücksichtigt wurden. Zur genauen Bestimmung müssten folglich die Messungen regelmäßig durchgeführt werden.

Ein weiterer wichtiger Parameter ist der Lastzustand, bei dem die Anlagen jeweils betrieben wird. Bei der reinen Stromerzeugung sinkt bei der Gasturbine im Teillastbereich der elektrische Wirkungsgrad, der Verlust des el. Wirkungsgrades der Gesamtanlage (combined cycle) ist nicht ganz so ausgeprägt. Der Stromverlust (genauer die Stromverlustkennziffer) bei Wärmeauskopplung ist im Teillastbereich in der Regel höher als unter Vollastbedingungen, da sich die Wärmeauskopplung mehr in den Mitteldruckbereich der Turbine verschiebt. Damit verbleibt aber weniger Dampf für die Stromproduktion.

## **7.2 Sensitivitätsanalyse – Einfluss der Methodik auf den Wärmewirkungsgrad und die Emissionen**

Donaustadt Block 3: Laut Angabe der Wienenergie erzielt die GuD-Anlage im reinen Kondensationsmodus einen el. Nettowirkungsgrad von 58 %, bei Auskopplung von 250 MW Fernwärme wird eine Brennstoffnutzung von 86 % erzielt (Informationsbroschüre der Wienenergie im Rahmen des 3. Wiener Expertenforums vom Oktober 2001). Das bedeutet eine Minderung des elektrischen Nettowirkungsgrades auf 48 % bei maximaler Fernwärmeauskopplung. Laut Angabe der Wienenergie wurde die Anlage im Jahr 2003 aufgrund der klimatischen Bedingungen und der günstigen Strompreise überdurchschnittlich lang betrieben, wobei ein Teil des Betriebes im Kondensationsmodus erfolgte.

Auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten und der Berücksichtigung der Fahrweise, der Auslastung der Anlage sowie Alterungserscheinungen wurde seitens des Umweltbundesamtes ein Wärmewirkungsgrad von 252 % (vgl. 332 % gemäß Brennstoffmehrbedarfsmethode) abgeschätzt. (Generell sinkt der Wärmewirkungsgrad unter Teillastbedingungen, da die Stromverlustkennziffer mit abnehmender Last zunimmt. Das bedeutet, dass übers Jahr gemittelt der Wärmewirkungsgrad etwas niedriger liegt).

Die Anlage Simmering Block 3 wird laut Auskunft der Wienenergie in den Wintermonaten zum Teil wärmegeführt betrieben, in den Sommermonaten 2003 zum Teil auch im reinen Kondensationsbetrieb, sodass die angeführte Berechnungsmethode nur näherungsweise angewendet werden kann. Das Umweltbundesamt hat in ähnlicher Vorgangsweise wie oben beschrieben einen Wärmewirkungsgrad von 205 % (vgl. 281 % gemäß Brennstoffmehrbedarfsmethode) ermittelt.

Für die Anlage Simmering Block 1 + 2 ergeben die Abschätzungen des Umweltbundesamtes nach der Referenzwirkungsgradmethode einen Wärmewirkungsgrad von 160 % (vgl. 196 % gemäß Brennstoffmehrbedarfsmethode).



Die von der Fernwärme Wien angewendete Berechnung kann im Fall der GuD-Anlage Leopoldau nur als grobe Näherung herangezogen werden, da diese Anlage aufgrund der Technologie keinen Stromverlust aufweist. Zieht man als Referenzsystem eine vergleichbare GuD-Anlage zur reinen Verstromung heran (ähnliche Größe und Baujahr; Referenzwirkungsgrad: 47,5 %) und schreibt die Differenz der elektrischen Wirkungsgrade der Wärmeauskopplung zu, so errechnen sich Wärmewirkungsgrade (unter Annahme von Vollastbedingungen) von rund 222 %.

Die KWK-Anlage der OMV ist wärmegeführt, sodass die Rechenmethode nicht direkt angewendet werden kann. Die insgesamt fünf Dampferzeuger der Heizkraftwerke 1 und 2 speisen Dampf in die beiden Wärmetauscher (170 und 60 MW), sodass eine Trennung des Brennstoffeinsatzes nicht vorgenommen werden kann. Insgesamt wird rund 70 % des Brennstoffeinsatzes durch flüssige Rückstände und 30 % durch Raffineriemischgas eingebracht. Die Wirkungsgrade liegen bei rund 84 % (Brennstoffnutzung) und 16 % (el. Wirkungsgrad) (Wirkungsgrade berechnet auf Basis der Daten in [OMV (1999)] und [UBA (2000)]). Bei Anwendung des in Kapitel 7.1 beschriebenen Rechenganges lässt sich ein Wärmewirkungsgrad von 100 % bis 125 % abschätzen. In die Ökobilanz wird für die KWK-Anlagen der OMV ein Wärmewirkungsgrad von 100 % eingearbeitet.

Um den Bereich der Emissionen durch die Anwendung der beiden unterschiedlichen Methoden bei der Berechnung der Brennstoffzuordnung zur Wärme abschätzen zu können, wurde für beide Datensätze die Emissionsberechnung durchgeführt.

Die Annahmen seitens des Umweltbundesamtes für die Wärmewirkungsgrade des Anlagenparks der Fernwärme Wien im Jahr 2003, die auf der Zugrundelegung von Referenzwirkungsgraden beruhen, wurden in GEMIS-Österreich eingearbeitet. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle ersichtlich.

*Tabelle 14: Referenzwirkungsgradmethode: Treibhausgasemissionen in Wien (vor Ort) in g/kWh des Anlagenparks der Fernwärme Wien im Jahr 2003*

in g/kWh	CO <sub>2</sub> -Äquivalent	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
<b>Fernwärme Wien 2003</b>	148,80	147,31	0,007	0,004

Unter den Annahmen der in Kap. 7 beschriebenen Methodik unter zu Grunde legen von Referenzwirkungsgraden erhöhen sich die Treibhausgasemissionen in Wien um rund 13 % im Vergleich zu den Ergebnissen der in Kap. 3.2 dargestellten Brennstoffmehrbedarf-Methodik (siehe Tabelle 3).

Der Wirkungsgradbandbreite der OMV wird im folgenden Rechnung getragen. Unter Anwendung eines Wirkungsgrades der OMV von 125 % verändern sich die Treibhausgasemissionen in Wien (vor Ort) auf 144 g/kWh. Dies bedeutet eine Erhöhung der Treibhausgasemissionen in

Wien von rund 10 % gegenüber der Brennstoffmehrbedarfsmethode (vgl. Tabelle 3).

Diese Sensitivitätsanalyse zeigt den Einfluss der Methodik zur Bestimmung der Wärmewirkungsgrade. Änderungen bei diesen wirken sich massiv auf die Treibhausgasemissionen aus. Die angesprochenen Wirkungsgrade hängen von der jeweiligen Betriebsweise ab, die sich jährlich ändert.

Tabelle 15: Referenzwirkungsgradmethode: Treibhausgasemissionen gesamt (inkl. vorgelagerte Prozesse) in g/kWh des Anlagenparks der Fernwärme im Jahr 2003

in g/kWh	CO <sub>2</sub> -Äquivalent	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
<b>Fernwärme Wien 2003</b>	192,89	177,65	0,595	0,005

Die Wärmeeinspeisung aus dem Anlagenpark führt gemäß der Referenzwirkungsgradmethode des Umweltbundesamtes zu rund 193 g gesamten Treibhausgasemissionen pro kWh, dies bedeutet eine Erhöhung um rund 12,3 % im Vergleich zu den Ergebnissen laut der Brennstoffmehrbedarfsmethodik (siehe Tabelle 4). Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus den vorgelagerten Prozessen stammen aus den Leckagen der Erdgaspipelines. Eine Reduktion der Wärmewirkungsgrade bedeutet einen höheren Energieeinsatz, welcher sowohl eine Erhöhung der direkten als auch der indirekten Emissionen nach sich zieht.

Unter Anwendung eines Wirkungsgrades von 125 % bei den Anlagen der OMV erhöhen sich die gesamten Treibhausgasemissionen (inkl. vorgelagerte Prozesse) um rund 8 % gegenüber der Brennstoffmehrbedarfsmethodik.

Tabelle 16: Referenzwirkungsgradmethode: Luftschadstoffemissionen in Wien (vor Ort) in g/kWh des Anlagenparks der Fernwärme Wien im Jahr 2003

in g/kWh	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Staub	CO
<b>Fernwärme Wien 2003</b>	0,061	0,122	0,006	0,022

Anhand der Referenzwirkungsgradmethode lassen sich die in Tabelle 16 dargestellten spez. Schadstoffemissionen errechnen. Die Erhöhung gegenüber der Brennstoffmehrbedarfsmethode beträgt 40,2 % für SO<sub>2</sub>, 16,7 % für NO<sub>x</sub>, 16,7 % für Staub und 4,9 % für CO (vgl. Tabelle 6). Die gesamten Luftschadstoffe (inkl. vorgelagerte Prozesse) gemäß der Referenzwirkungsgradmethode erhöhen sich im Vergleich zur Brennstoffmehrbedarfsmethodik.



methode folgendermaßen: SO<sub>2</sub> um 34,7 %, NO<sub>x</sub> um 15,1 %, Staub um 6,7 % und CO um 8,6 % (vgl. Tabelle 11).

Unter Verwendung eines Wirkungsgrades von 125 % bei den Anlagen der OMV zeigt sich bei den Luftschadstoffen gemäß der Referenzwirkungsgradmethode folgende Erhöhung der Luftschadstoffemissionen in Wien (vor Ort) im Vergleich zur Brennstoffmehrbedarfsmethode (vgl. Tabelle 6): NO<sub>x</sub> (+ 8,9 %), Staub (+11,1 %) und CO (+ 2,6 %). Dies begründet sich darin, dass die KWK-Anlagen der OMV zu den jeweiligen Luftschadstoffen in Wien nicht den Hauptbeitrag leisten (siehe Tabellen 8, 9, 10). Massiv wirkt sich eine Veränderung der Wirkungsgrade bei den SO<sub>2</sub>-Emissionen (+16,1 % statt +40,5% bei 100% Wärmewirkungsgrad) aus. Dies begründet sich, da die KWK-Anlagen der OMV über 84 % (siehe Tabelle 7) der SO<sub>2</sub>-Emissionen der Fernwärme in Wien (vor Ort) verursachen.

Die Sensitivität der Wärmewirkungsgrade ist auch bei den Luftschadstoffemissionen deutlich erkennbar.

*Tabelle 17: Referenzwirkungsgradmethode: Luftschadstoffemissionen gesamt (inkl. vorgelagerte Prozesse) in g/kWh des Anlagenparks der Fernwärme Wien im Jahr 2003*

in g/kWh	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Staub	CO
<b>Fernwärme Wien 2003</b>	0,094	0,227	0,027	0,089

#### Literatur:

Wienstrom GmbH (2000): Übermittlung von Daten zu Einzelanlagen im Rahmen der Arbeitsgruppe „BAT for Large Combustion Plants“

Wienstrom GmbH (2001): 3. Wiener Expertenforum 2001: Kraftwerk Donaustadt, das Umweltkraftwerk

OMV (1999): Energy Efficiency and Emissions – a Challenge and an Opportunity, in: Efficient Operation of Refineries in Western and Central Europe; Conference Documentation, May 1999

Umweltbundesamt (2000): Stand der Technik bei Raffinerien im Hinblick auf die IPPC-RL, Monographie 119, 2000