

GEMIS-Emissionsfaktoren für Treibhausgase und KWK-Zurechnung

Kurzpapier für die Landeshauptstadt München

erstellt von:

Uwe R. Fritsche, Lothar Rausch
Bereich Energie & Klimaschutz
Öko-Institut, Büro Darmstadt

Darmstadt, Oktober 2010

Öko-Institut

Büro Darmstadt

Rheinstr. 95

64295 Darmstadt.

t +49 (0) 6151 - 81 91-0

f +49 (0) 6151 - 81 91-33

Büro Freiburg

Merzhauser Str. 173

79100 Freiburg

t+49 (0) 761 - 4 52 95-0

f+49 (0) 761 - 4 52 95-88

Büro Berlin

Schicklerstr. 5-7

10117 Berlin

t +49 (0) 30 - 405085-0

f +49 (0) 30 - 405085-388

www.oeko.de

Inhalt

1	Einleitung und Überblick.....	1
2	Relevante GEMIS-Prozesse für die Landeshauptstadt München	2
2.1	Produkte und Prozesse in GEMIS	2
2.2	GEMIS-Prozessnamen mit Relevanz für München	2
2.3	Weitere GEMIS-Prozesse zur Berechnung von Emissionsfaktoren	3
2.3.1	<i>Windenergie</i>	3
2.3.2	<i>Mitverbrennung von Hausmüll in Kohle-HKW</i>	3
2.3.3	<i>Steinkohle in Kraftwerken mit und ohne Wärmenutzung</i>	3
2.3.4	<i>Braunkohle in Kraftwerken mit und ohne Wärmenutzung</i>	4
2.3.5	<i>Erdgas in Kraftwerken mit und ohne Wärmenutzung</i>	4
2.3.6	<i>Ergebnisse der GEMIS-Bilanzierung für die weiteren Prozesse</i>	4
3	Methoden zur Allokation bei KWK-Systemen.....	5
3.1	Problemstellung	5
3.2	Der Wirkungsgrad-Ansatz für KWK-Systeme	5
3.3	Vorteile des Wirkungsgrad-Ansatzes für KWK-Systeme	5
3.4	Datenaufwand für den Wirkungsgrad-Ansatz	6
	Literatur.....	7
	Anhang: Tabellen	8

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	GEMIS-Prozesse für die LHM aus dem Szenario „Energie: Strom in DE - 2005 - mit RE und KWK“	8
Tabelle 2	GEMIS-Prozesse für die LHM aus dem Szenario „Energie: Heizen 2005, KWK energiealloziert [kWh]“	9
Tabelle 3	GEMIS-Prozesse für die LHM aus dem Szenario „Energie: Heizen fossil - endenergiebezogen 2005 [kWh]“	10
Tabelle 4	Ergänzende GEMIS-Prozesse für die LHM aus dem Szenario „Energie: Strom LHM [kWh]“	11

1 Einleitung und Überblick

Das Referat Gesundheit und Umwelt der Landeshauptstadt München (LHM) beauftragte das Öko-Institut mit folgenden Arbeiten:

1. Aufstellung der für die THG-Bilanzierung der LHM notwendigen Prozesse, die im Computermodell GEMIS enthalten sind (jeweils Namen und Zuordnung), dabei wird auch der GEMIS-Prozess für den Strom-Bundesmix berücksichtigt.
2. Weiterhin werden die GEMIS-Prozessbezeichnungen für die Berechnung der Emissionsfaktoren für die nachfolgenden Energieträger bzw. Bereitstellungssysteme tabellarisch dargestellt:
 - in München installierte Windkraftanlage (Nennleistung 1,5 MW)
 - Müll, der zusammen mit Kohle in KWK verbrannt wird
 - Holzpellets die in Privathaushalten verbrannt werden
 - Steinkohle in Kraftwerk mit und ohne Wärmenutzung
 - Braunkohle in Kraftwerk mit und ohne Wärmenutzung
 - Erdgas in Kraftwerk mit und ohne Wärmenutzung
3. Erstellung einer kurzen schriftlichen Stellungnahme (ca. 2 Seiten) zum Thema KWK zur Frage, warum die Finnische Methode im Vergleich zu anderen Berechnungsmethoden bevorzugt verwendet werden sollte und wo die Schwierigkeiten bei der Datenbeschaffung für die Berechnung mit der Finnischen Methode liegen könnten.

Das vorliegende Kurzpapier fasst die Ergebnisse dieser Arbeiten zusammen.

2 Relevante GEMIS-Prozesse für die Landeshauptstadt München

2.1 Produkte und Prozesse in GEMIS

Im Computermodell GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme) sind **Produkte** "passive" Elemente der Datenbank, sie enthalten nur für Brennstoffe emissionsrelevante Daten (direkte CO₂-, SO₂- und Partikelemissionen, Heizwerte, Dichte) sowie Preise, nicht aber die Emissionen, die bei der Nutzung der Produkte entstehen, da diese davon abhängen, welche Aktivität mit den Produkten verbunden ist.

Erst die **Prozesse** sind aktive Elemente, die etwas mit den Produkten "machen", z.B. fördern, transportieren, konvertieren, verbrennen usw. und daher sind die **direkten** Emissionsfaktoren, die mit diesen jeweiligen Aktivitäten verbunden sind, jeweils dort zu finden.

Interessiert für einen Prozess, der ein bestimmtes Produkt (z.B. Strom) aus einem anderen Produkt (z.B. Steinkohle) bereitstellt, der **gesamte** Lebensweg, so muss hierfür eine **Berechnung** stattfinden – in GEMIS kann dies sofort in der Prozess-Datenbank erfolgen¹, üblicherweise wird dafür aber ein **Szenario** erstellt, in dem der gewünschte Prozess eine bestimmte Menge des gewünschten Produkts bereitstellt.

Ein Szenario in GEMIS besteht aus mindestens einer Option, in der wiederum mindestens ein Prozess eine bestimmte Nachfrage bereitstellen soll.

Die Ergebnisse einer Szenario-Rechnung können dann sowohl tabellarisch wie auch grafisch angezeigt und auch weiter analysiert werden.

2.2 GEMIS-Prozessnamen mit Relevanz für München

Die für die THG-Bilanzierung der Landeshauptstadt München notwendigen Prozesse, die in GEMIS enthalten sind, finden sich in den Tabellen im Anhang, in denen jeweils der Name einer Szenario-Option, der GEMIS-Prozessname und die entsprechenden Emissionsfaktoren aufgeführt sind.

Diese Prozesse sind in den folgenden GEMIS-Szenarien jeweils als einzelne Szenario-Optionen enthalten:

- für Strom „Energie: Strom in DE - 2005 - mit RE und KWK“
- für Wärme im GEMIS-Szenario „Energie: Heizen 2005, KWK energiealloziert [kWh]“
- für endenergiebezogene Wärme im GEMIS-Szenario „Energie: Heizen fossil - endenergiebezogen 2005 [kWh]“.

¹ Im GEMIS-Fenster „Prozesse“ ist hierfür in der Prozessliste (links im Fenster) der interessierende Prozess zu markieren und dann im lokalen Menü (über rechte Maustaste erreichbar) die Option „Ergebnisse“ zu wählen.

2.3 Weitere GEMIS-Prozesse zur Berechnung von Emissionsfaktoren

Über die vorstehenden Prozesse hinaus interessieren für die Landeshauptstadt München auch weitere Bereitstellungssysteme, für die ebenfalls entsprechende GEMIS-Prozesse identifiziert wurden².

2.3.1 Windenergie

Für in München installierte Windkraftanlagen (Nennleistung 1,5 MW) ist der GEMIS-Prozess „Wind-KW-Park-gross-DE-2010“ relevant, der sich auf Anlagen mit 1,8 MW Leistung bezieht. Die Skalierung von Windenergieanlagen im Bereich von 1,5-2 MW ist linear, daher kann dieser Prozess verwendet werden.

Die in GEMIS angenommene Auslastung von 2000 Vollast-Benutzungsstunden (VBh) muss jedoch für den Standort in München überprüft werden.

Liegt die Auslastung darunter oder darüber, so müssen die GEMIS-Ergebnisse um den Faktor VBh_{LHM}/VBh_{GEMIS} angepasst werden, da die Auslastung linear in die Ergebnisberechnung eingeht.

2.3.2 Mitverbrennung von Hausmüll in Kohle-HKW

Die Mitverbrennung von Hausmüll in einem Steinkohle-Heizkraftwerk ist im GEMIS-Standard-Datensatz nicht als Prozess enthalten, da dies bundesweit nicht typisch ist.

Im Münchner Heizkraftwerk Nord (Block 2) wird Steinkohle eingesetzt, die Anlage ist mit $200 MW_{el}$ und ca. $550 MW_{th}$ (bei voller Wärmeauskopplung) dem GEMIS-Prozess „Kohle-HKW-EK-DE-2005“ ($100 MW_{el}$ und $167 MW_{th}$ bei voller Wärmeauskopplung) zwar ähnlich, aber in den energetischen Kenndaten nicht direkt vergleichbar.

Daher wurde ein neuer Prozess in GEMIS generiert, der das HKW Nord-2 abbildet und den elektrischen Nutzungsgrad des GEMIS-Kohle-HKW verwendet.

Über die eingesetzte Menge an Hausmüll liegen uns derzeit keine Daten vor, es wird aber aufgrund der Brennstoffproblematik der Hausmüll-Verbrennung in Kohlekraftwerken (hohe Chlorbelastung, geringer Heizwert) davon ausgegangen, dass nur max. 5% der elektrischen Leistung durch Hausmüll bereitgestellt werden kann.

2.3.3 Steinkohle in Kraftwerken mit und ohne Wärmenutzung

Der neue GEMIS-Prozess zur Abbildung des HKW Nord 2 wurde verwendet, um den reinen Kohlebetrieb in KWK zu repräsentieren. Für die reine Stromerzeugung (Kondensationsbetrieb) wurde eine Leistung von $320 MW_{el}$ angenommen mit einem elektrischen Nutzungsgrad von 42 %.

² Die von der LHM angefragten Daten für Holzpellets, die in Privathaushalten verbrannt werden, finden sich in den Tabellen 2 und 3 im Anhang.

2.3.4 Braunkohle in Kraftwerken mit und ohne Wärmenutzung

Für diese Modellierung wurden die in GEMIS verfügbaren Datensätze zu einem großen Braunkohle-Kraftwerk und einem Braunkohle-HKW mit Entnahme-Kondensation (jeweils für rheinische Braunkohle) angenommen.

2.3.5 Erdgas in Kraftwerken mit und ohne Wärmenutzung

Für diese Modellierung wurden die in GEMIS verfügbaren Datensätze zu einem großen Erdgas-GuD-Kraftwerk und einen Erdgas-GuD-HKW verwendet.

2.3.6 Ergebnisse der GEMIS-Bilanzierung für die weiteren Prozesse

Die für die THG-Bilanzierung der Landeshauptstadt München ergänzten Prozesse wurden in einem neuen GEMIS-Szenario „Energie: Strom LHM [kWh]“ zusammengefasst.

Der entsprechend ergänzte GEMIS-Datensatz wird der Landeshauptstadt München zur Verfügung gestellt.

In Tabelle 4 im Anhang sind jeweils der Name der Szenario-Optionen, die zugehörigen GEMIS-Prozessnamen und die entsprechenden Emissionsfaktoren aufgeführt.

3 Methoden zur Allokation bei KWK-Systemen

3.1 Problemstellung

Die Frage, wie die Umwelteffekte von Systemen mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) auf die gemeinsam bereitgestellten Produkte Strom und Wärme angerechnet („alloziert“) werden, beschäftigt die Umweltbilanzierung schon seit mehreren Jahrzehnten. Nach der ISO 14000ff sind bei Ökobilanzierungen für Systeme mit mehreren Outputs grundsätzlich durch Systemraumerweiterungen die Allokation zu vermeiden, soweit dies möglich ist. In anderen Fällen ist eine Allokation auf Basis physikalisch-technischer Kenngrößen gegenüber anderen Allokationsverfahren (z.B. über die ökonomischen Werte von Produkten) vorzuziehen. Die ISO 14000ff regelt dies jedoch nicht abschließend.

3.2 Der Wirkungsgrad-Ansatz für KWK-Systeme

Die Allokationsproblematik bei KWK-Systemen hat das Öko-Institut ausführlich in einer Studie für das Umweltbundesamt untersucht (Fritsche/Rausch 2008).

Ziel war dabei, methodisch konsistente und datenseitig fortschreibbare Emissionsfaktoren für Fernwärme zu bestimmen, die insbesondere der Problematik der gemeinsamen Erzeugung von Strom und Wärme in KWK-Anlagen gerecht werden. Diese Studie stellte weiterhin die üblichen Methodiken zur Anrechnung der THG-Emissionen für KWK-Systeme vor und diskutierte deren Ergebniswirksamkeit (Systemerweiterung bzw. Gutschriften gegenüber verschiedenen Allokationsmethoden).

Als konsistente Methodik zur Anrechnung der THG-Emissionen bei KWK-Systemen wurde der sog. „Wirkungsgrad-Ansatz“ identifiziert, der sich aus der EU-KWK-Richtlinie (EU 2004 + 2007) ableitet.

Dieser auch „finnische“ Methode genannte Ansatz hat den großen Vorteil, nicht nur mit den EU-Regeln konsistent zu sein, sondern er ist auch sehr robust gegenüber Variationen der angenommenen Nutzungsgrade von Vergleichssystemen zur getrennten Erzeugung von Strom und Wärme und reflektiert die **exergetische** Wertigkeit der bereitgestellten Produkte.

Das Umweltbundesamt sowie das BMU verwenden entsprechend diese Methode seit 2009 für die Berichterstattung über KWK-Strom und –wärme und legen sie auch für die Richtlinien zum Bezug von Ökostrom zugrunde.

3.3 Vorteile des Wirkungsgrad-Ansatzes für KWK-Systeme

Durch die **wirkungsgradorientierte** Aufspaltung der Gesamtemissionen eines KWK-Systems auf die dem KWK-Strom und der KWK-Wärme jeweils anteilig zuzurechnenden Emissionen wird die beim Gutschriftenverfahren bestehende Problematik **vermieden**, dass jeweils **entweder** KWK-Strom **oder** KWK-Wärme als „Restgröße“ der Bilanz auftreten und die Gutschriftenmethode mithin keine konsistenten Aussagen über **beide** Produkte **gleichzeitig** erlaubt.

Die bei vielen KWK-Betreibern in Deutschland bislang übliche Methodik des **spezifischen Brennstoff-Mehraufwands** ist ein durchaus vergleichbares Verfahren, bei dem allerdings folgende Probleme bestehen:

- Das Verfahren eignet sich nur für die Anrechnung von KWK-Emissionen auf die KWK-Wärme, stromseitig wird ein reiner Kondensationsbetrieb unterstellt.
- Das Verfahren ist nur für thermodynamische Prozesse geeignet, bei denen durch die Entnahme nutzbarer Wärme real eine Stromeinbuße gegenüber dem ungekoppelten Betrieb erfolgt.

Gerade der letztgenannte Aspekt schränkt die Anwendbarkeit praktisch nur auf Dampfturbinen-Prozesse mit Entnahme-Kondensation oder Gegendruck ein, da z.B. motorgetriebene BHKW und Gasturbinen mit Abhitzeessel oder auch Brennstoffzellen **keine** Stromeinbuße durch die Nutzung von Koppelwärme zeigen.

Der Wirkungsgrad-Ansatz kann demgegenüber in jedem Land oder auch bei einzelnen Anlagenbetreibern **ohne Anpassung** Verwendung finden und erlaubt so, vergleichbare Aussagen zwischen KWK-Systemen unterschiedlicher Brennstoffe, Größe, Auslegung, Betriebsweise und Technik abzuleiten.

3.4 Datenaufwand für den Wirkungsgrad-Ansatz

Die notwendigen Datengrundlagen für die Berechnung der Emissionen von KWK-Strom und KWK-Wärme nach dem Wirkungsgrad-Ansatz liegen in

- dem elektrischen Netto-Nutzungsgrad des KWK-Systems bei voller Wärmeauskopplung
- dem Verhältnis der in KWK erzeugten Strom- und Wärmemengen („Stromkennzahl“)

Beide Kenngrößen sollten als jahresmittlere, typische Werte für das interessierende KWK-System vorliegen.

Die erforderlichen Datengrundlagen entsprechen damit denen, die nach der VDI-Richtlinie 308 für die Zertifizierung von KWK-Strom notwendig sind, d.h. es gibt **keinen zusätzlichen** Datenaufwand.

Literatur

- EU (Parlament und Rat der Europäischen Union) 2004: Richtlinie 2004/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten Kraft-Wärme-Kopplung im Energiebinnenmarkt und zur Änderung der Richtlinie 92/42/EWG; Amtsblatt L 52 vom 21.2.2004, S. 50 f
- EC (European Commission) 2009: Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC; Off. J. of the EU, June 5, 2009 L 140 p. 16-62 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:EN:PDF>
- Fritsche, Uwe R./Rausch, Lothar 2008: Bestimmung spezifischer Treibhausgas-Emissionsfaktoren für Fernwärme; Endbericht des Öko-Instituts zum Forschungsvorhaben FKZ 360 16 008, im Auftrag des Umweltbundesamts; Darmstadt/Dessau <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3476.pdf>
- ÖKO (Öko-Institut – Institut für angewandte Ökologie e.V.) 2010: Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) Version 4.6; internet-release auf www.gemis.de

Anhang: Tabellen

Tabelle 1 GEMIS-Prozesse für die LHM aus dem Szenario „Energie: Strom in DE - 2005 - mit RE und KWK“

Ergebnisse für gesamten Lebenszyklus, Angaben in g/kWh _{el}		THG-Emissionen (inkl. Vorketten)		Luftschadstoff-Emissionen (inkl. Vorketten)		nichternewerbarer Energieverbrauch
Stromsystem	GEMIS-Prozessname	CO ₂ -Äquiv.	CO ₂	SO ₂ -Äquiv.	Staub (PM ₁₀)	kWh _{primär} /kWh _{el}
Referenzwert (Stromnetz lokal)	Netz-el-DE-lokal-HH/KV-2005	664	638	0,92	0,04	2,64
Referenzwert (Stromerzeugungsmix)	EI-KW-Park-DE-2005	644	618	0,89	0,04	2,57
Importsteinkohle-Kraftwerk 800 MW _{el}	Kohle-KW-DT-DE-Import-2005	1086	1018	1,82	0,12	2,98
Gas-GuD-Kraftwerk 450 MW _{el}	Gas-KW-GuD-DE-2005	427	400	0,48	0,01	2,02
Gas-BHKW 50 kW _{el} mit Wärmenutzung	Gas-BHKW-Kat-050-DE-2005/en	404	395	0,33	0,01	1,95
Gas-BHKW 500 kW _{el} mit Wärmenutzung	Gas-BHKW-Kat-500-DE-2005/en	377	368	0,31	0,01	1,82
Gas-GuD-HKW 100 MW _{el} mit Wärmenutzung	Gas-HKW-GuD-gross-DE-2005/en	340	331	0,36	0,00	1,64
Atomkraftwerk	U-KW-DWR-DE-2005	33	31	0,19	0,02	3,15
Wasserkraft > 10 MW	Wasser-KW-gross-DE-2000	40	38	0,07	0,02	0,06
Windkraft onshore	Wind-KW-Park-gross-DE-2010	23	22	0,05	0,01	0,04
Windkraft offshore (2020)	Wind-KW-Park-offshore-DE-2020	22	21	0,04	0,01	0,03
Photovoltaik (monokristallin)	Solar-PV-mono-Rahmen-mit-Rack-DE-2005	134	122	0,28	0,07	0,50
Photovoltaik (multikristallin)	Solar-PV-multi-Rahmen-mit-Rack-DE-2005	126	114	0,27	0,07	0,47
Geothermie - ORC	Geothermie-KW-ORC-DE-2005	104	100	0,15	0,01	0,40
Deponiegas – Gasmotor ohne Wärmenutzung	Deponiegas-BHKW-GM 1 MW-2005/brutto	3	0	0,67	0,00	0,00
Klärgas BHKW mit Wärmenutzung	Klärgas-BHKW-GM 200-OxKat-2005/en	4	0	0,33	0,01	0,00
Biogas aus Gülle – BHKW mit Wärmenutzung	Biogas-Gülle-BHKW-GM 500-DE-2005/en	154	127	1,24	0,05	0,48
Biogas aus Mais – BHKW mit Wärmenutzung	Biogas-Mais-0LUC-BHKW-GM-05/en	188	81	3,74	0,07	0,33
Rapsöl*-BHKW – mit Wärmenutzung	Rapsöl-BHKW-gross-ATC-2010/en	317	140	2,56	0,15	0,60
(Alt-)Holzkraftwerk – ohne Wärmenutzung	Holz-Altholz-A1-4-KW-DT-2005	15	10	0,46	0,02	0,03

Quelle: GEMIS 4.6, die Daten beziehen sich auf den bereitgestellten Strom frei Netzeinspeisung bzw. frei Haushalte (für Stromnetz-lokal) , KWK-Strom mit energetischer Allokation

Tabelle 2 GEMIS-Prozesse für die LHM aus dem Szenario „Energie: Heizen 2005, KWK energiealloziert [kWh]“

Ergebnisse für gesamten Lebenszyklus, Angaben in g/kWh _{th}		THG-Emissionen (inkl. Vorketten)		Luftschadstoff-Emissionen (inkl. Vorketten)		nichter erneuerbarer Energieverbrauch
Heizsystem	GEMIS-Prozessname	CO ₂ -Äquiv.	CO ₂	SO ₂ -Äquiv.	Staub (PM ₁₀)	kWh _{primär} /kWh _{th}
Heizöl	Öl-Heizung-DE-2005	376	372	0,61	0,03	1,38
Heizöl Brennwert	Öl-Heizung-DE-Brennwert-2005	327	324	0,53	0,02	1,20
Erdgas	Gas-Heizung-DE-2005	296	266	0,16	0,01	1,35
Gas Brennwert	Gas-Heizung-Brennwert-DE-2005	253	227	0,14	0,01	1,15
Elektro-Speicher-mix	El-Heizung-DE-2005-mix	682	655	0,95	0,04	2,71
Elektro-WP-Luft (mix)	El-Wärmepumpe-mono-Luft-DE-2005-mix	221	212	0,31	0,02	0,88
Elektro-WP-Boden (mix)	El-Wärmepumpe-mono-Erdreich-DE-2005-mix	192	185	0,28	0,02	0,76
Elektro-WP-Wasser (mix)	El-Wärmepumpe-mono-Wasser-DE-2005-mix	182	175	0,27	0,02	0,71
Fernwärme-mix	Netz\Fernwärme-DE-2005/en	276	256	0,43	0,02	0,95
Holz-Scheit	Holz-Stücke-Heizung-DE-2005	22	8	0,41	0,28	0,03
Holz-Pellets	Holz-Pellet-Holz-wirtsch.-Heizung-10 kW-2005	27	24	0,40	0,07	0,10
Holz-Hackschnitzel (Wald)	Holz-HS-Waldholz-Heizung-10 kW-2005	24	19	0,44	0,17	0,07
Solar-Warmwasser-flach	SolarKollektor-flach-DE-2005	45	40	0,19	0,04	0,15
Solar-Warmwasser-Vakuum	SolarKollektor-Vakuum-Röhre-DE-2005	25	24	0,08	0,01	0,09
Nahwärme-Biogas (Mais/Gülle)	Netz\Nahwärme-Mix-Biogas-mix-BHKW-DE-2005/en	116	86	0,69	0,03	0,39
Fernwärme Holz-Hackschnitzel (Wald)-HKW	Netz\Fernwärme-DE-2005-Holz-HKW-mix/en	70	57	0,61	0,04	0,27

Quelle: GEMIS 4.6, die Daten beziehen sich auf die bereitstellte Wärme (inkl. Umwandlungsverlusten in den Heizungen)

Tabelle 3 GEMIS-Prozesse für die LHM aus dem Szenario „Energie: Heizen fossil - endenergiebezogen 2005 [kWh]“

Ergebnisse für gesamten Lebenszyklus, Angaben in g/kWh _{Endenergie}		THG-Emissionen (inkl. Vorketten)		Luftschadstoff-Emissionen (inkl. Vorketten)		nichternewerbarer Energieverbrauch
Heizsystem	GEMIS-Prozessname	CO ₂ -Äquiv.	CO ₂	SO ₂ -Äquiv.	Staub (PM ₁₀)	kWh _{primär} /kWh _{Endenergie}
Heizöl	Öl-Heizung-DE-2005 (Endenergie)	321	317	0,52	0,02	1,18
Erdgas	Gas-Heizung-DE-2005 (Endenergie)	253	227	0,14	0,01	1,15
Flüssiggas	Flüssiggas-Heizung-DE-2005 (Endenergie)	278	273	0,29	0,02	1,16
Erdgas-Kochen	Gas-Kochen-DE-HH/KV-2005 (Endenergie)	280	247	0,32	0,04	1,21
Braunkohle (Lausitz)	Braunkohle-Brikett-Heizung-DE-Lausitz-2005 (Endenergie)	409	386	1,30	0,32	1,10
Braunkohle (rheinisch)	Braunkohle-Brikett-Heizung-DE-rheinisch-2005 (Endenergie)	459	440	0,67	0,41	1,24
Steinkohle-Brikett	Kohle-Brikett-Heizung-DE-2005 (Endenergie)	428	358	2,20	0,81	1,09
Steinkohle-Koks	Koks-Heizung-DE-2005 (Endenergie)	428	380	2,50	0,06	1,41
Holz-Pellet-Heizung	Holz-Pellet-Holz-wirtsch.-Heizung-10 kW-2005 (Endenergie)	25	22	0,35	0,06	0,09
Gas-Heizwerk 1 MW	Gas-HW-klein-DE-2005 (Endenergie)	259	232	0,23	0,01	1,17
Gas-Heizwerk 10 MW	Gas-HW-mittel-DE-2005 (Endenergie)	259	232	0,23	0,01	1,17
Gas-Heizwerk 100 MW	Gas-HW-gross-DE-2005 (Endenergie)	259	232	0,23	0,01	1,17
Öl-leicht-Heizwerk 1 MW	Öl-leicht-HW-klein-DE-2005 (Endenergie)	330	325	0,55	0,02	1,21
Öl-leicht-Heizwerk 10 MW	Öl-leicht-HW-mittel-DE-2005 (Endenergie)	329	325	0,55	0,02	1,21
Öl-leicht-Heizwerk 100 MW	Öl-leicht-HW-gross-DE-2005 (Endenergie)	329	325	0,54	0,02	1,21
Braunkohle-Kessel-WSF-Industrie	Braunkohle-WSK-Kessel-DE-rheinisch-2005 (Endenergie)	494	444	0,41	0,171	1,25
Steinkohle-Kessel-WSF-Industrie	Kohle-Kessel-WSF-DE-2005 (Endenergie)	438	359	1,20	0,086	1,09
Erdgas-Kessel Industrie	Gas-Kessel-DE-2005 (Endenergie)	234	219	0,21	0,00	1,11
Öl-leicht-Kessel Industrie	Öl-leicht-Kessel-DE-2005 (Endenergie)	313	309	0,59	0,02	1,15
Öl-schwer-Kessel Industrie	Öl-schwer-Kessel-DE-2005 (Endenergie)	326	322	2,36	0,10	1,13

Quelle: GEMIS 4.6 Die Daten beziehen sich auf die eingesetzte Endenergie, also den Bedarf an Endenergieträgern (Erdgas, Heizöl usw.). Damit können die Emissionsfaktoren direkt mit statistischen Informationen zum Endenergiebedarf der Verbraucher verknüpft werden.

Tabelle 4 Ergänzende GEMIS-Prozesse für die LHM aus dem Szenario „Energie: Strom LHM [kWh]“

Ergebnisse für gesamten Lebenszyklus, Angaben in g/kWh _{el}		THG-Emissionen (inkl. Vorketten)		Luftschadstoff-Emissionen (inkl. Vorketten)		nichter erneuerbarer Energieverbrauch
Stromsystem	GEMIS-Prozessname	CO ₂ -Äquiv.	CO ₂	SO ₂ -Äquiv.	Staub (PM ₁₀)	kWh _{primär} /kWh _{el}
Windkraftwerk LHM (1,5 MW)	Wind-KW-Park-gross-DE-2010	23	22	0,05	0,01	0,04
Müll-Mitverbrennung Nord2, nur Strom	Müll-Mitverbr-Kohle-HKW-EK-LHM-2005/brutto	46	31	1,10	0,04	0,01
Müll-Mitverbrennung Nord2, KWK-Strom	Müll-Mitverbr-Kohle-HKW-EK-LHM-2005/en	26	18	0,60	0,02	0,00
Steinkohle-HKW Nord2, nur Strom	Kohle-HKW-EK-DE-LHM-2005/brutto	933	859	1,33	0,07	2,60
Steinkohle-HKW Nord2, KWK-Strom	Kohle-HKW-EK-DE-LHM-2005/en	565	520	0,80	0,04	1,57
Braunkohle-Kraftwerk (rheinisch)	Braunkohle-KW-DT-DE-2005-rheinisch	1248	1236	1,08	0,03	3,01
Braunkohle-HKW (rheinisch)	Braunkohle-HKW-EK-DE-rheinisch-2005/en	789	771	0,67	0,04	2,17
Gas-GuD-KW 450 MW	Gas-KW-GuD-DE-2005	427	400	0,48	0,01	2,02
Gas-GuD-HKW 100 MW KWK-Strom	Gas-HKW-GuD-gross-DE-2005/en	340	331	0,36	0,00	1,64

Quelle: GEMIS 4.6, ergänzt um Daten für LHM; Daten beziehen sich auf den bereitgestellten Strom frei Netzeinspeisung, KWK-Strom mit energetischer Allokation