

Kurzstudie:

Strom und Wärme aus dem Zuhause-Kraftwerk von Lichtblick im Vergleich zur getrennten Strom- und Wärmebereitstellung in Deutschland 2010

für



erstellt von

Uwe R. Fritsche/Lothar Rausch

Bereich Energie & Klimaschutz (Darmstadt)

Darmstadt, Februar 2011

Öko-Institut e.V.

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95

D-64295 Darmstadt

T +49 (6151) 8191-0

F +49 (6151) 8191-33

Geschäftsstelle Freiburg

Merzhauser Straße 173

D-79100 Freiburg

T: +49 (761) 452950

F +49 (761) 475437

Büro Berlin

Schicklerstraße 5-7

D-10179 Berlin

T +49 (30) 405085-0

F +49 (30) 405085-388

www.oeko.de

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen der Bilanzierung	1
2.1	Daten des ZuhauseKraftwerks	1
2.2	Daten der Vergleichsysteme	1
3	Umweltbezogener Vergleich	2
3.1	Emissionen and Treibhausgasen	3
3.2	Kumulierter Energieverbrauch	4
3.3	Emissionen an Luftschadstoffen	6
4	Einsparungen für Auslegungsvarianten des ZuhauseKraftwerks	7
	Literatur und Datenquellen	9

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	THG-Emissionen des ZuhauseKraftwerks im Vergleich	3
Tabelle 2	Kumulierter Energieverbrauch des Zuhause-Kraftwerks im Vergleich.....	4
Tabelle 3	Luftschadstoffemissionen des Zuhause-Kraftwerks im Vergleich.....	6
Tabelle 4	Jährliche Einsparungen durch das Zuhause-Kraftwerk.....	7

Abbildungsverzeichnis

Bild 1	THG-Emissionen des Zuhause-Kraftwerks im Vergleich	4
Bild 2	Kumulierter Energieverbrauch des Zuhause-Kraftwerks im Vergleich.....	5
Bild 3	Luftschadstoffemissionen des Zuhause-Kraftwerks im Vergleich.....	6
Bild 4	Jährliche Einsparungen durch das Zuhause-Kraftwerk.....	8

Einleitung

Das Unternehmen LichtBlick beauftragte das Öko-Institut mit einer Kurzstudie zu den Umwelteffekten der gekoppelten Strom- und Wärmebereitstellung des sog. ZuhauseKraftwerks im Vergleich zur getrennten Strom- und Wärmebereitstellung in Deutschland.

Das vorliegende Papier fasst die Ergebnisse dieser Arbeiten zusammen.

1 Grundlagen der Bilanzierung

Die Ermittlung der Umwelteffekte für das von LichtBlick angebotene ZuhauseKraftwerk erfolgt auf Grundlage der vom Unternehmen genannten Kenndaten im Vergleich zu der getrennten Bereitstellung von Strom und Wärme, für die auf Daten aus dem öffentlichen Computermodell GEMIS zurückgegriffen wurde¹.

1.1 Daten des ZuhauseKraftwerks

Nach LichtBlick (2011) ist das ZuhauseKraftwerk durch folgende Kenndaten charakterisiert:

Leistungswerte:

Brennstoffleistung	53,6 kW
el. Leistung brutto	18,0 kW
el. Leistung netto	17,7 kW
Wärmeleistung	30,7 kW

Daraus ergeben sich eine Stromkennzahl von 0,577 bzw. eine Wärmekennzahl von 1,734 sowie ein elektrischer Nettonutzungsgrad von 33% sowie ein thermischer Nutzungsgrad von 57,3%, jeweils bezogen auf den unteren Heizwert (H_U) des eingesetzten Erdgases. Mit diesen Werten wurde vom Öko-Institut das ZuhauseKraftwerk in GEMIS abgebildet.

1.2 Daten der Vergleichssysteme

Als Referenzsysteme für den Vergleich mit der gekoppelten Strom- und Wärmebereitstellung des Zuhausekraftwerks wurde das lokale Stromnetz („Steckdose“) und ein neuer Erdgas-Brennwert-Kessel als Heizsystem festgelegt.

Die Daten für die deutsche Stromerzeugung des Jahres 2010 wurde auf Basis vorläufiger Statistiken und Szenario-Daten recherchiert und jeweiligen Anteile der Kraftwerkstypen (nach Brennstoffen), die Entwicklung der Nutzungsgrade und der entsprechenden Vorketten ermittelt. Grundlage hierzu bildeten die Daten von AGEB (2010), BDEW (2010) und BMU (2010) sowie das BMU-Leitszenario (DLR/IWES/IfNE 2010).

¹ GEMIS = Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme, ein kostenlos und öffentlich verfügbares Computermodell mit integrierter Datenbasis des Öko-Instituts für Lebensweg- und Stoffstrombilanzierungen, siehe www.gemis.de

2 Umweltbezogener Vergleich

Ein Vergleich der CO₂-Emissionen des ZuhauseKraftwerks mit Referenzsystemen für die getrennte Strom- und Wärmebereitstellung wurde bereits früher vorgelegt (LBD 2009), jedoch waren hier nur die direkten CO₂-Emissionen einbezogen und andere Treibhausgase (THG) wie z.B. CH₄ nicht berücksichtigt.

Der hier vorgelegte Umweltvergleich ist deutlich umfassender – er bezieht

- alle THG (CO₂, CH₄, N₂O usw.)
- auch „vorgelagerte“ Emissionen durch Bereitstellung von Energieträgern (z.B. Erdgas-, Erdöl- und Kohleförderung sowie entsprechende Transporte)
- und durch Herstellung der Energie- und Transportsysteme bedingten Emissionen

mit ein und berücksichtigt dabei auch die durch Energieträgerimporte entstehenden Umwelteffekte.

Der Vergleich des ZuhauseKraftwerks mit den Referenzsystemen wurde für vier Fälle durchgeführt:

- A. **Nur der KWK-Strom** aus dem ZuhauseKraftwerk (1 kWh_{el}) wird mit dem lokalen Stromnetz (1 kWh_{el}) verglichen, hierzu erfolgte eine anteilige Zuordnung der Gesamtemissionen der Anlage auf die Koppelprodukte Strom und Wärme entsprechend ihrer Heizwertäquivalente²;
- B. **Nur die KWK-Wärme** aus dem ZuhauseKraftwerk (1 kWh_{th}) wird mit einem neuen Erdgas-Brennwertkessel (1 kWh_{th}) verglichen, wie im Fall A erfolgte dafür eine anteilige Zuordnung der Gesamtemissionen der Anlage auf die Koppelprodukte Strom und Wärme entsprechend ihrer Heizwertäquivalente³;
- C. Die **beiden** Produkte des ZuhauseKraftwerks (1 kWh KWK-Strom **und** 1,734 kWh KWK-Wärme) werden der getrennten Bereitstellung von Strom (1 kWh aus dem Stromnetz) und Wärme (1,734 kWh aus Gas-Brennwertkessel) gegenübergestellt.
- D. Die **beiden** Produkte des ZuhauseKraftwerks (1 kWh KWK-Wärme **und** 0,577 kWh KWK-Strom) werden der getrennten Bereitstellung von Wärme (1 kWh aus Gas-Brennwertkessel) und Strom (0,577 kWh aus dem Stromnetz) gegenübergestellt.

Während durch die energiebezogene Allokation in den Fällen A und B jeweils 1 kWh Strom bzw. Wärme als Vergleichsbasis dienen kann, sind in den Fällen C und D jeweils das Kopplungsverhältnis zwischen Strom und Wärme der KWK-Anlage maßgebend.

² Diese energiebezogene Allokation wird näher in Fritsche/Rausch (2008) erläutert und anderen Allokationsmethoden gegenübergestellt. Zur Diskussion der Allokation siehe auch FfE (2010).

³ siehe Fußnote 2

Die vier Fälle decken die unterschiedlichen Betrachtungsmöglichkeiten des ZuhauseKraftwerks als KWK-Anlage ab:

Fall A nimmt die Perspektive der Stromerzeugung aus KWK ein, hier wird die gekoppelt bereitgestellte KWK-Wärme „herausgerechnet“.

Im Fall B interessiert die Bilanz der KWK-Wärme, daher wird gekoppelt erzeugter Strom über die Allokation „herausgerechnet“.

Die Fälle C und D kommen ohne Allokation aus („brutto“-Bilanz), es wird jeweils die Gesamtemission bei der Bereitstellung von Strom und Wärme ermittelt und der getrennten Erzeugung der gleichen Energiemengen gegenüber gestellt.

2.1 Emissionen and Treibhausgasen

Die Ergebnisse der Umweltbilanzierung zeigt die folgende Tabelle für die Treibhausgase.

Tabelle 1 THG-Emissionen des ZuhauseKraftwerks im Vergleich

Fall	Option	Nutzenergie (output)		Emissionen inkl. Vorketten [g]			
		kWh _{el}	kWh _{th}	CO ₂ eq	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
A	Stromnetz	1		609	584	0,7	0,03
	Zuhause KWK-Strom	1		420	393	1,0	0,01
B	Gas-Brennwert-Heizung		1	251	227	1,0	0,00
	Zuhause KWK-Wärme		1	168	157	0,4	0,00
C	Stromnetz + Gas-Brennwert-Heizung	1	1,734	1044	977	2,5	0,03
	Zuhause KWK-Strom + KWK-Wärme	1	1,734	711	666	1,7	0,02
D	Gas-Brennwert-Heizung + Stromnetz	0,577	1	602	564	1,5	0,02
	Zuhause KWK-Wärme + KWK-Strom	0,577	1	409	384	1,0	0,01

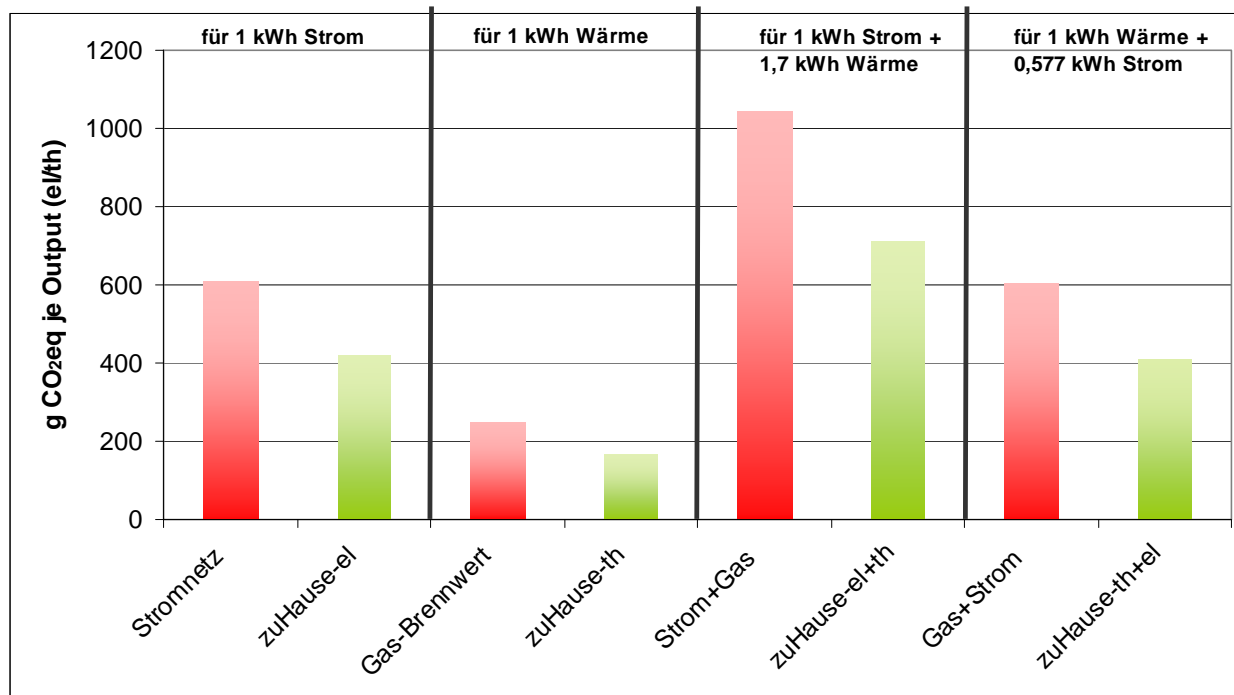
A und B = KWK-Strom bzw. KWK-Wärme energiealloziert; C und D = KWK-Strom und KWK-Wärme brutto

Quelle: Berechnung mit GEMIS 4.7

In allen Betrachtungsfällen erzielt das ZuhauseKraftwerk eine Einsparung von rund einem Drittel gegenüber den Referenzsystemen.

Dies zeigt die folgende Abbildung nochmals im Überblick.

Bild 1 THG-Emissionen des Zuhause-Kraftwerks im Vergleich



Quelle: Berechnung mit GEMIS 4.7

2.2 Kumulierter Energieverbrauch

Der mit der Bereitstellung der Nutzenergie verbundene gesamte (kumulierte) Primärenergieverbrauch ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 2 Kumulierter Energieverbrauch des Zuhause-Kraftwerks im Vergleich

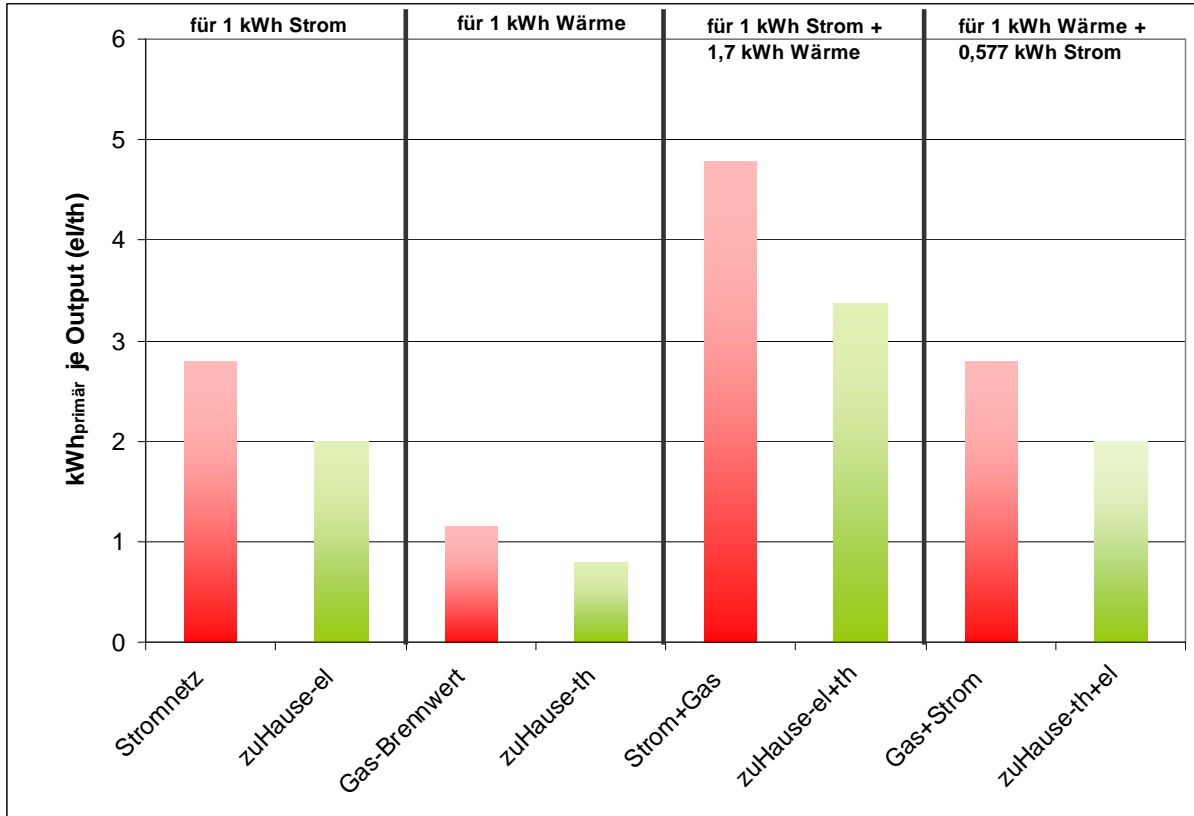
Fall	Option	Nutzenergie (output)		kumulierter Energieverbrauch (KEV) in kWh _{primär}	
		kWh _{el}	kWh _{th}	gesamt	nichterneuerbar
A	Stromnetz	1		2,79	2,41
	Zuhause KWK-Strom	1		1,99	1,99
B	Gas-Brennwert-Heizung		1	1,15	1,15
	Zuhause KWK-Wärme		1	0,80	0,80
C	Stromnetz + Gas-Brennwert-Heizung	1	1,734	4,79	4,40
	Zuhause KWK-Strom + KWK-Wärme	1	1,734	3,38	3,37
D	Gas-Brennwert-Heizung + Stromnetz	0,577	1	2,79	2,41
	Zuhause KWK-Wärme + KWK-Strom	0,577	1	1,99	1,99

A und B = KWK-Strom bzw. KWK-Wärme energiealloziert; C und D = KWK-Strom und KWK-Wärme brutto

Quelle: Berechnung mit GEMIS 4.7

In allen Betrachtungsfällen erzielt das ZuhauseKraftwerk eine Einsparung von 30% gegenüber den Referenzsystemen. Dies zeigt die folgende Abbildung im Überblick.

Bild 2 Kumulierter Energieverbrauch des Zuhause-Kraftwerks im Vergleich



Quelle: Berechnung mit GEMIS 4.7

2.3 Emissionen an Luftschadstoffen

Die folgende Tabelle zeigt die Luftschadstoffe bei der Bereitstellung der Nutzenergie.

Tabelle 3 Luftschadstoffemissionen des Zuhause-Kraftwerks im Vergleich

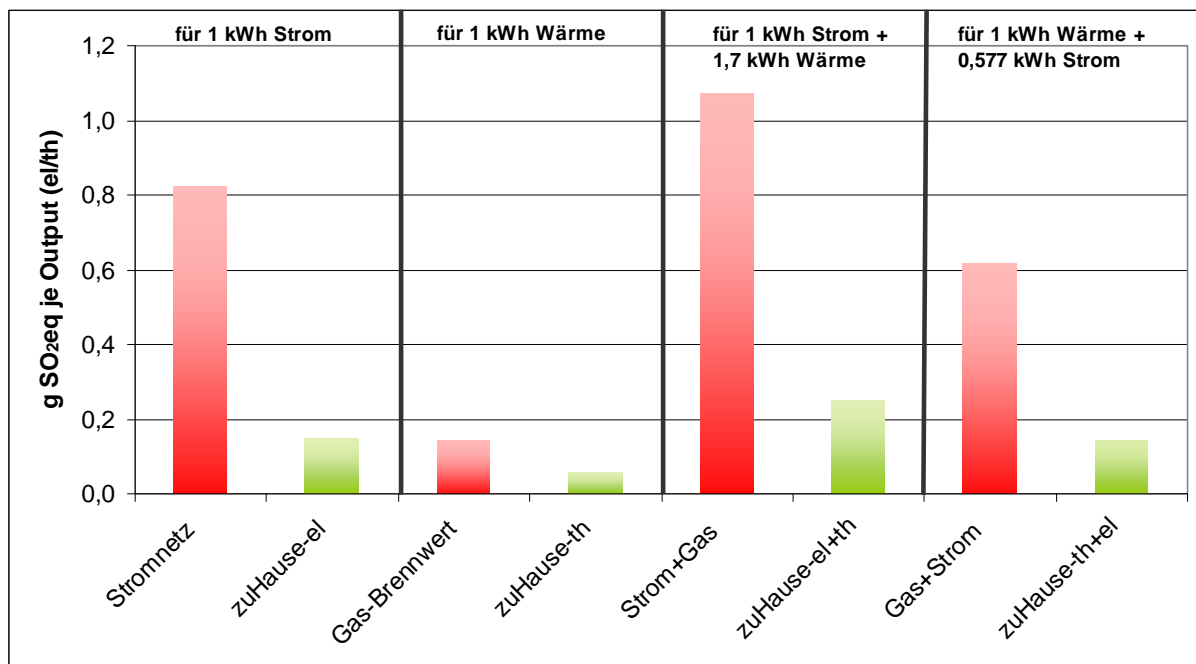
Fall	Option	Nutzenergie (output)		Emissionen inkl. Vorketten [g]			
		kWh _{el}	kWh _{th}	SO ₂ eq	SO ₂	NO _x	PM ₁₀
A	Stromnetz	1		0,82	0,38	0,59	0,05
	Zuhause KWK-Strom	1		0,15	0,02	0,18	0,02
B	Gas-Brennwert-Heizung		1	0,14	0,02	0,18	0,01
	Zuhause KWK-Wärme		1	0,06	0,01	0,07	0,01
C	Stromnetz + Gas-Brennwert-Heizung	1	1,734	1,07	0,41	0,90	0,07
	Zuhause KWK-Strom + KWK-Wärme	1	1,734	0,25	0,03	0,31	0,03
D	Gas-Brennwert-Heizung + Stromnetz	0,577	1	0,62	0,24	0,52	0,04
	Zuhause KWK-Wärme + KWK-Strom	0,577	1	0,14	0,02	0,18	0,02

A und B = KWK-Strom bzw. KWK-Wärme energiealloziert; C und D = KWK-Strom und KWK-Wärme brutto

Quelle: Berechnung mit GEMIS 4.7

In allen Betrachtungsfällen erzielt das ZuhauseKraftwerk eine Einsparung von rd. 80% bei den SO₂-Äquivalenten und gut 50% beim Feinstaub (PM₁₀). Dies zeigt die folgende Abbildung nochmals im Überblick.

Bild 3 Luftschadstoffemissionen des Zuhause-Kraftwerks im Vergleich



Quelle: Berechnung mit GEMIS 4.7

Kurzstudie „Strom und Wärme aus dem Zuhause-Kraftwerk von Lichtblick im Vergleich zur getrennten Strom- und Wärmebereitstellung in Deutschland“

3 Einsparungen für Auslegungsvarianten des ZuhauseKraftwerks

Neben der spezifischen Bilanzierung für eine Einheit Strom oder Wärme wurde auch die Bilanz für die **jährlichen** Emissionen von ZuhauseKraftwerken und denen der Referenzsysteme (Stromnetz und Gas-Brennwert-Heizung) ermittelt.

Dabei wurden drei Fälle für die Wärmenutzung unterschieden:

Wärme-Objekt-Variante	kWh/a
minimal	40.000
Standard	70.000
gross	100.000

Quelle: LichtBlick (2011)

Die für diese Fälle jeweils gegenüber den Referenzsystemen jährlich mögliche Einsparung zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 4 Jährliche Einsparungen durch das Zuhause-Kraftwerk

Wärme-Objekt-Variante	Einsparung ggü. getrennter Erzeugung von Strom und Wärme, pro Jahr			
	t CO ₂ eq	MWh KEV	kg SO ₂ eq	kg PM ₁₀
minimal	7,7	13,1	13,9	0,8
Standard	13,5	22,9	24,4	1,4
gross	19,3	32,7	34,9	2,1

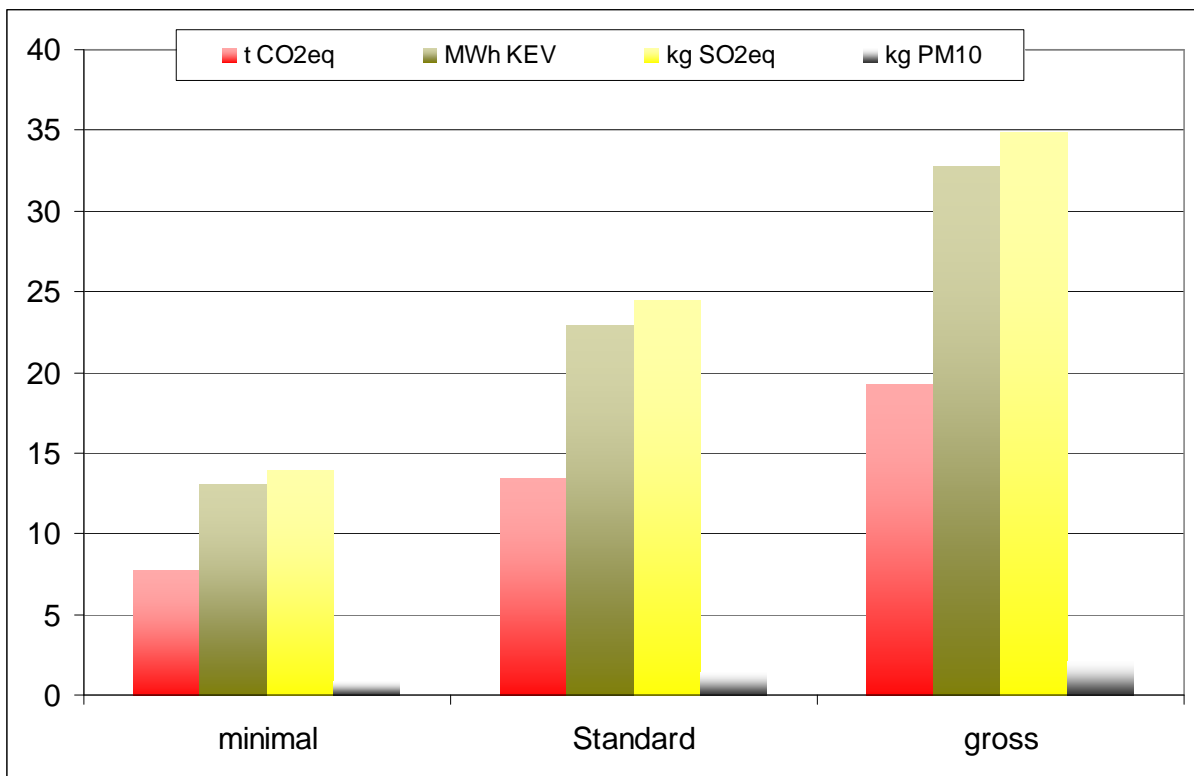
Quelle: eigene Berechnungen mit GEMIS 4.7; Referenzsysteme: lokales Stromnetz und Gas-Brennwert-Heizung (Jahr 2010)

Jedes „Standard“-Zuhausekraftwerk spart somit jährlich mehr als 13 t CO₂-Äquivalente, mehr als 24 kg SO₂-Äquivalente und 1,4 kg Feinstaub sowie rund 23 MWh Primärenergie ein.

Die „minimal“-Variante würde knapp die Hälfte der Einsparung realisieren, während die „grosse“ Variante etwa 50% mehr Einsparung erlaubt.

Dies zeigt die folgende Grafik nochmals für die drei Objektfälle.

Bild 4 *Jährliche Einsparungen durch das Zuhause-Kraftwerk*



Quelle: eigene Berechnungen mit GEMIS 4.7

Literatur und Datenquellen

- AGEB (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.) 2010: Konjunktur und Frost treiben Energieverbrauch nach oben – Pressemitteilung; Wiesbaden
http://www.ag-energiebilanzen.de/component/download.php?filedata=1292775820.pdf&filename=AGEB_Pressedienst_07_2010.pdf&mimetype=application/pdf
- BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft) 2010: Erneuerbare decken 17 Prozent des Strombedarfs - Strom aus erneuerbaren Energien 2010; Presseinformation; Berlin
[http://www.bdew.de/bdew.nsf/id/DE_20101216_PM_Erneuerbare_decken_17_Prozent_des_Strombedarfs/\\$file/101216%20Tabelle%20Entwicklung%20Ern.%20Energien%202010.pdf](http://www.bdew.de/bdew.nsf/id/DE_20101216_PM_Erneuerbare_decken_17_Prozent_des_Strombedarfs/$file/101216%20Tabelle%20Entwicklung%20Ern.%20Energien%202010.pdf)
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) 2010: Zahlen und Fakten - Energiedaten - Nationale und Internationale Entwicklung; Berlin
<http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/Binaer/energie-daten-gesamt.property=blob,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.xls>
- DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt)/IWES (Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik)/IfnE (Ingenieurbüro für neue Energien) 2010: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global - „Leitstudie 2010“; Nitsch, Joachim et al.; i.A. des BMU, FKZ 03MAP146; Stuttgart usw. <http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitstudie2010.pdf>
- FfE (Forschungsstelle für Energiewirtschaft) 2010: Allokationsmethoden für spezifische CO₂-Emissionen von Strom und Wärme aus KWK-Anlagen; Mauch, Wolfgang/Corradini, Roger/Wiesemeyer, Karin/Schwentzek, Marco; in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 09/2010
http://www.ffe.de/download/wissen/334_Allokationsmethoden_CO2/ET_Allokationsmethoden_CO2.pdf
- Fritsche, Uwe/Rausch, Lothar 2008: Bestimmung spezifischer Treibhausgas-Emissionsfaktoren für Fernwärme; U.Fritsche/L.Rausch, Endbericht des Öko-Instituts zum F&E-Vorhaben FKZ 360 16 008 i.A. des UBA; Darmstadt
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3476.pdf>
- LBD (LBD-Beratungsgesellschaft mbH) 2009: Analyse des Beitrags von Mini-BHKW zur Senkung von CO₂-Emissionen und zum Ausgleich von Windenergie - Gutachten zum geplanten »ZuhauseKraftwerk«; Berlin
- LichtBlick 2011: Kenndaten des ZuhauseKraftwerks; unveröffentlichte Daten bereitgestellt von Henrik Waninger; Hamburg
- ÖKO (Öko-Institut – Institut für angewandte Ökologie e.V.) 2011: GEMIS Version 4.7; internet-release im April 2011 auf www.gemis.de