

Analyse des Beitrags von Mini-BHKW zur Senkung von CO₂-Emissionen und zum Ausgleich von Windenergie

Gutachten zum geplanten »ZuhauseKraftwerk«

Ansprechpartner:

Ben Schlemmermeier
Geschäftsführer
ben.schlemmermeier@lbd.de
Tel.: +49(0)30.617 85 311

Ralph Klebsch
Prokurist
ralph.klebsch@lbd.de
Tel.: +49(0)30.617 85 342

Adresse:

LBD-Beratungsgesellschaft mbH
Stralauer Platz 34
EnergieForum
(D) 10243 Berlin
Tel.: +49(0)30.617 85 310
Fax: +49(0)30.617 85 330
www.lbd.de

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|--|-----------|
| 1 Zusammenfassung..... | 4 |
| 2 Ausgangslage, Ziel und Gegenstand des Gutachtens..... | 4 |
| 3 Potenzial zur Einsparung von CO₂-Emissionen..... | 5 |
| 3.1 Vergleichbarkeit der zu betrachtenden Anlagen | 5 |
| 3.2 Anlagenspezifikationen..... | 6 |
| 3.3 Vergleich der CO ₂ -Emissionen..... | 7 |
| 4 Potenzieller Beitrag zur Ergänzung der Windenergie..... | 8 |
| 4.1 Ausgangslage..... | 8 |
| 4.2 Analyse der potenziellen Windergänzung..... | 9 |
| 4.2.1 Abbildung der Windtäler im Strombedarf | 9 |
| 4.2.2 Einsatz des ZuhauseKraftwerks | 10 |
| 4.2.3 Abschätzung der Ergänzungsleistung der ZuhauseKraftwerke..... | 11 |
| 5 Ergebnis | 12 |

1 Zusammenfassung

Gegenstand des Gutachtens ist die Analyse der durch Mini-Blockheizkraftwerke (Mini-BHKW) realisierbaren CO₂-Einsparungen gegenüber einem herkömmlichen Strom- und Wärmeversorgungssystem sowie die Ermittlung des potenziellen Beitrags der Mini-BHKW zum Ausgleich von Windstrom.

Das Gutachten wurde im Auftrag von LichtBlick erstellt, um das Potenzial der in Kooperation mit Volkswagen geplanten so genannten »ZuhauseKraftwerke« zu analysieren.

Die Analysen zeigen, dass das ZuhauseKraftwerk einen bedeutenden Beitrag für eine zukünftige dezentralere und ökologischere Energieversorgung leisten kann.

Für das untersuchte Beispiel könnte jedes ZuhauseKraftwerk 16,5 t CO₂ pro Jahr oder 38% CO₂-Emissionen im Vergleich zu dem definierten Referenzsystem 1 (Gas-Brennwertkessel mit Strommix) einsparen. Im Vergleich zum Referenzsystem 2 (Gas-Bestandskessel mit Strommix) kann die Einsparung sogar 18,5 t CO₂ pro Jahr oder 41% betragen. Damit könnten die 100 ersten Anlagen in Hamburg die CO₂-Emissionen gegenüber dem Referenzsystem 1 um insgesamt rund 1.650 t CO₂ pro Jahr reduzieren, gegenüber dem Referenzsystem 2 sogar um rund 1.850 t CO₂ pro Jahr.

In der modellierten Beispielrechnung zur potenziellen Ergänzungsleistung für Windenergie können die 100 ZuhauseKraftwerke 27% und die Windanlagen 31% des Strombedarfs decken. Dadurch kann die Kombination aus Windkraftanlagen und ZuhauseKraftwerk in diesem Beispiel bereits 58% des Strombedarfs erzeugen. Der unterstellte Strombedarf entspricht etwa dem von 4.500 Hamburger Haushalten. Durch intelligente »Smart Grids« kann der Anteil der ZuhauseKraftwerke zukünftig noch gesteigert werden.

2 Ausgangslage, Ziel und Gegenstand des Gutachtens

LichtBlick beabsichtigt, in Kooperation mit Volkswagen ein Mini-BHKW für den Bereich der Haushalte und öffentlichen Einrichtungen auf den Markt zu bringen, das so genannte »ZuhauseKraftwerk«. In einer ersten Phase sollen 100 Anlagen in Hamburg installiert werden. Als Kooperationspartner wurden die Freie und Hansestadt Hamburg (Stadt Hamburg), deren Wohnungsbaugesellschaft Saga sowie andere städtische Gesellschaften

gewonnen. Vorrangig wird dabei die Versorgung von Mehrfamilienhäusern und öffentlichen Einrichtungen wie Kindertagesstätten etc. angestrebt. Mittelfristig ist von LichtBlick die Installation von bis zu 100.000 ZuhauseKraftwerken bundesweit geplant.

Das ZuhauseKraftwerk mit seiner kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung soll dabei eine ökologische Alternative zu einer herkömmlichen, getrennten Strom- und Wärmeerzeugung darstellen. Damit fügt sich das Projekt auch in das Klimaschutzkonzept 2007-2012 der Stadt Hamburg ein, in dem die Weiterentwicklung regionaler Strukturen für kleinräumige Versorgungskonzepte in Hamburg als wichtiges Ziel gesetzt wurde.

Neben der Erzeugung des vor Ort anfallenden Wärmebedarfs will LichtBlick durch eine intelligente Steuerung mit dem erzeugten Strom noch einen Beitrag zur Ergänzung der schwankenden Windenergie leisten: Die einzelnen Kraftwerke können flexibel gesteuert werden, so dass sie den erzeugten Strom genau dann in das öffentliche Netz einspeisen, wenn der Strombedarf den verfügbaren Strom, etwa bei einer Windflaute, übersteigt.

LichtBlick hat die LBD-Beratungsgesellschaft beauftragt, die durch das ZuhauseKraftwerk realisierbaren CO₂-Einsparungen gegenüber einem herkömmlichen Strom- und Wärmeversorgungssystem zu analysieren und den potenziellen Beitrag des ZuhauseKraftwerks zum Ausgleich von Windstrom zu ermitteln.

3 Potenzial zur Einsparung von CO₂-Emissionen

Im ersten Schritt werden die CO₂-Emissionen der geplanten ZuhauseKraftwerke mit denen herkömmlicher Strom- und Wärmeversorgungssysteme verglichen. Anschließend wird das Potenzial der ZuhauseKraftwerke zur Einsparung von CO₂-Emissionen ermittelt.

3.1 Vergleichbarkeit der zu betrachtenden Anlagen

Das ZuhauseKraftwerk erzeugt gleichzeitig Strom und Wärme. Der Wärmebedarf der versorgten Einrichtung bestimmt die erzeugbare Strommenge.

Zur Ermittlung der Emissionen aus der Wärmeerzeugung wird das ZuhauseKraftwerk mit herkömmlichen, erdgasbefeuelten Wärmeerzeugungstechnologien verglichen, zum einen mit einem herkömmlichen Gas-Bestandskessel und zum anderen mit einem modernen Gas-Brennwertkessel.

Um die Anlagen miteinander vergleichen zu können, muss berücksichtigt werden, dass die Heizkessel im Gegensatz zum ZuhauseKraftwerk keinen Strom erzeugen. Diese Strommenge muss dementsprechend ergänzt werden. Dabei wird angenommen, dass der benötigte Strom dem Netz entnommen wird und damit dem deutschen Strommix entspricht.

Für den Vergleich der CO₂-Emissionen werden daher zwei Referenzsysteme definiert:

- Referenzsystem 1: Gas-Brennwertkessel plus deutscher Strommix
- Referenzsystem 2: Gas-Bestandskessel plus deutscher Strommix

3.2 Anlagenspezifikationen

Basierend auf den Angaben von LichtBlick wird davon ausgegangen, dass ein ZuhauseKraftwerk eine Leistung von 20 kW elektrisch und 36,25 kW thermisch aufweist und mit einem Gesamtwirkungsgrad von 92%¹ betrieben wird (siehe Tabelle 1).

Der benötigte Jahreswärmebedarf wird mit jeweils 75.000 kWh/a angesetzt.

| | | ZuhauseKraftwerk | Brennwertkessel | Bestandskessel |
|------------------------------|-------|------------------|-----------------|----------------|
| Leistung elektrisch | kW | 20 | / | |
| Leistung thermisch | kW | 36,25 | | |
| Wirkungsgrad elektrisch (Hu) | % | 33% | | |
| Wirkungsgrad thermisch (Hu) | % | 59% | | |
| Wirkungsgrad gesamt (Hu) | % | 92% | 95% | 85% |
| Brennstoffbedarf gesamt (Ho) | kWh/a | 147.435 | 89.384 | 99.900 |

Tabelle 1: Spezifikationen der betrachteten Wärmeerzeugungstechnologien

Der höhere Brennstoffbedarf des ZuhauseKraftwerks beruht auf dem zusätzlichen Brennstoffbedarf für die Stromerzeugung.

Für den Brennwert- und den Bestandskessel wurden als anlagentypische Werte Wirkungsgrade von 95% bzw. 85% angenommen.

¹ Die elektrischen und thermischen Wirkungsgrade werden auf den Heizwert (Hu) bezogen angegeben, dies stellt einen in der Heiztechnik üblichen Ansatz dar. Der Brennstoffbedarf wurde bezogen auf den Brennwert (Ho) berechnet, da in der Gaswirtschaft Gasmengen üblicherweise auf Ho bezogen sind. Als Umrechnungsfaktor wurde der für Erdgas übliche Wert von 1,11 verwendet.

3.3 Vergleich der CO₂-Emissionen

Die Berechnung der CO₂-Emissionen der Heizkessel und des Zuhausekraftwerks basiert auf den von der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) veröffentlichten Emissionsfaktoren. Diese entstammen der Zuteilungsverordnung 2012 für die Handelsperiode 2008-2012 des deutschen Emissionshandels. Für Erdgas wird der Emissionsfaktor mit 0,056 t CO₂/GJ angegeben, was 202 g CO₂/kWh entspricht².

Die CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung, die den Heizungskesseln zugerechnet werden müssen, basieren auf dem vom Umweltbundesamt veröffentlichten CO₂-Emissionsfaktor für den deutschen Strommix. Dieser wird für das Jahr 2007 als vorläufiger Wert mit 624 g CO₂/kWh angegeben und beruht auf Daten der AG Energiebilanzen und des Statistischen Bundesamtes.

Die CO₂-Emissionen, die sich auf Basis der beschriebenen Annahmen für das Zuhausekraftwerk und die beiden Referenzsysteme ergeben, sind in Tabelle 2 aufgeführt.

| | | Zuhausekraftwerk | Referenzsystem 1 (Brennwertkessel) | Referenzsystem 2 (Bestandskessel) |
|--|---------------------------|------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Emissionen Wärme | t CO₂/a | 17,3 | 16,2 | 18,1 |
| Emissionen Strom | t CO₂/a | 9,5 | 27,1 | 27,1 |
| Gesamtemissionen | t CO₂/a | 26,8 | 43,3 | 45,3 |
| Mehremissionen gegenüber Zuhausekraftwerk | t CO₂/a | - | 16,5 | 18,5 |

Tabelle 2: Emissionen des Zuhausekraftwerks und des Bestands- bzw. Brennwertkessels

Tabelle 2 zeigt, dass mit dem Zuhausekraftwerk bei einem Jahresverbrauch von 75.000 kWh und unter den angenommenen Anlagenspezifikationen Einsparungen von 16,5 t CO₂/a gegenüber dem Referenzsystem 1 (Brennwertkessel) sowie 18,5 t CO₂/a gegenüber dem Referenzsystem 2 (Bestandskessel) möglich sind. Dies entspräche CO₂-Minderungen von 38% im Vergleich zum Referenzsystem 1 und 41% im Vergleich zum Referenzsystem 2.

² Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich der Emissionsfaktor in den Ausgangsdaten auf den Heizwert bezieht, während die Kalkulation des Erdgasbedarfs auf Basis des Brennwertes erfolgte. Für die Berechnung der Gesamtemissionen wurden daher alle Werte wieder auf den Heizwert umgerechnet.

4 Potenzieller Beitrag zur Ergänzung der Windenergie

4.1 Ausgangslage

LichtBlick möchte das ZuhauseKraftwerk so einsetzen, dass nicht nur die benötigte Wärme, sondern auch Strom zur Ergänzung fehlender Windenergie erzeugt wird. Da Strom derzeit noch nicht in nennenswertem Umfang gespeichert werden kann, ist es bei dem wachsenden Anteil der Windenergie an der Stromerzeugung in Deutschland zunehmend erforderlich, ausreichend Ergänzungskapazitäten zur Stromerzeugung in windschwachen Zeiten bereitzuhalten.

Dazu sollen die einzelnen Anlagen miteinander gekoppelt und zentral gesteuert werden. Um die Flexibilität des ZuhauseKraftwerks zu erhöhen, wird ein Wärmespeicher eingesetzt. Aufgrund der schnellen Reaktionszeiten des ZuhauseKraftwerks können in Summe kurzfristig größere Mengen Strom erzeugt und damit ausfallende Windkraftwerke teilweise kompensiert werden.

Dies wäre ein erster Schritt hin zu einem virtuellen Kraftwerk, bei dem verschiedene nachhaltige Energieerzeugungstechnologien, erneuerbare und Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen), über ein intelligentes Stromnetz (das so genannte »Smart Grid«) so miteinander gekoppelt werden, dass eine vollständige Versorgungssicherheit gegeben ist, ohne fossile Großkraftwerke als Backup bereithalten zu müssen.

4.2 Analyse der potenziellen Winderganzung

4.2.1 Abbildung der Windtäler im Strombedarf

Um den bundesweiten Strombedarf abzubilden, wird das Profil der horizontalen Netzlast der vier Übertragungsnetzbetreiber verwendet. Die Winderzeugung wird beispielhaft durch das Einspeiseprofil in das Netz des Übertragungsnetzbetreibers in Hamburg und den ostdeutschen Bundesländern, Vattenfall Europe Transmission, abgebildet. Die beiden Profile sind in geordneter Form in Abbildung 1 dargestellt, jeweils auf Stundenbasis für das Jahr 2008.

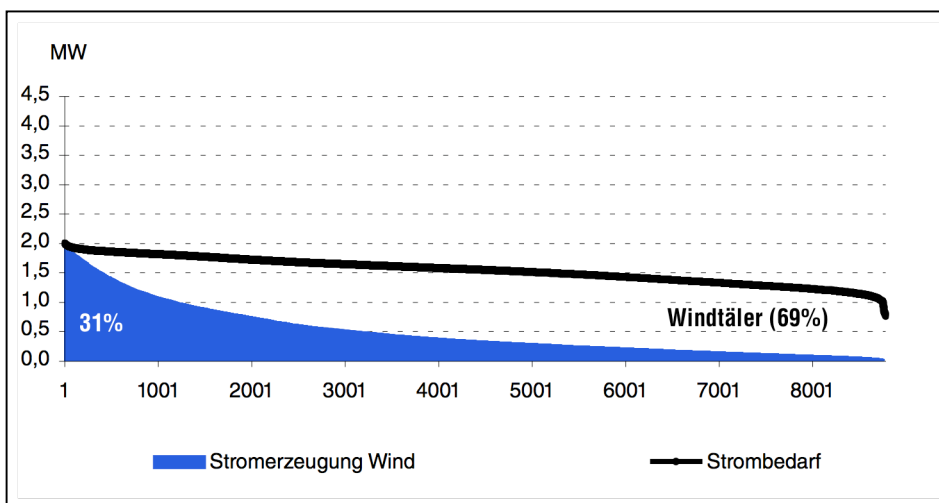


Abbildung 1: Geordneter Strombedarf und Stromerzeugung aus Wind im Jahr 2008
(Quelle: transpower stromubertragungs gmbh, Vattenfall Europe Transmission, amprion, EnBW Transportnetze, LBD-Berechnungen; Stand: 14.09.2009)

Für die Abschätzung der Erganzungsfahigkeit der ersten 100 Anlagen in Hamburg werden der Strombedarf und die Windenergieleistung an die gesamte elektrische Leistung dieser 100 Anlagen angepasst und auf 2 MW normiert³. Das heißt, für die Beispielrechnung wird angenommen, dass der gesamte Strombedarf genau der maximalen Leistung der 100 ZuhauseKraftwerke entspricht und damit durch diese gedeckt werden könnte.

Daraus ergibt sich für das Beispiel ein angenommener Strombedarf im ganzen Jahr von 13.500 MWh, was etwa 4.500 Hamburger Haushalten entspricht. Von diesem Bedarf kann die Windenergie 4.232 MWh erzeugen. Damit trägt sie gut 31% des Strombedarfs. Die Differenz beider Mengen ergibt die zu deckenden Windtäler.

³ 100 ZuhauseKraftwerke x 20 kW elektr. = 2 MW

Die Windtäler sollen als Zielstellung für das Beispiel so weit wie möglich durch die ersten 100 Anlagen in Hamburg abgedeckt werden, bei gleich bleibender Wärmeversorgung der jeweiligen Liegenschaften.

4.2.2 Einsatz des Zuhausekraftwerks

Für die Beispielrechnung wurden - entsprechend dem angestrebten Kundenkreis für die ersten Anlagen des Zuhausekraftwerks - für 50 Module der Wärmebedarf eines Mehrfamilienhauses (z.B: Saga) und für 50 Module der einer öffentlichen Einrichtung (z.B. Kindertagesstätte) angenommen.

Um die Flexibilität des Kraftwerks in der Stromerzeugung zu erhöhen, wird ein Wärmespeicher mit einem Volumen von 1,5 m³ pro Modul eingesetzt.

Durch die zentrale Steuerung der einzelnen Anlagen ist es möglich, die Module gestaffelt, je nach anstehendem Strombedarf, laufen zu lassen. Dazu wurden für die Beispielrechnung je 10 Anlagen in einem Block mit 200 kW elektrischer Leistung gebündelt.

Anschließend wurde für jede Stunde des Jahres 2008 betrachtet, ob Wärmebedarf besteht und die Zuhausekraftwerke entsprechend Strom erzeugen können. Daraus ergibt sich, welchen Anteil der Windtäler die 100 Anlagen in diesem Beispiel decken können.

4.2.3 Abschätzung der Ergänzungsleistung der Zuhausekraftwerke

Das Potenzial der Zuhausekraftwerke zur Bereitstellung von Ergänzungsleistung für die fehlende Windenergie ist in Abbildung 2 dargestellt.

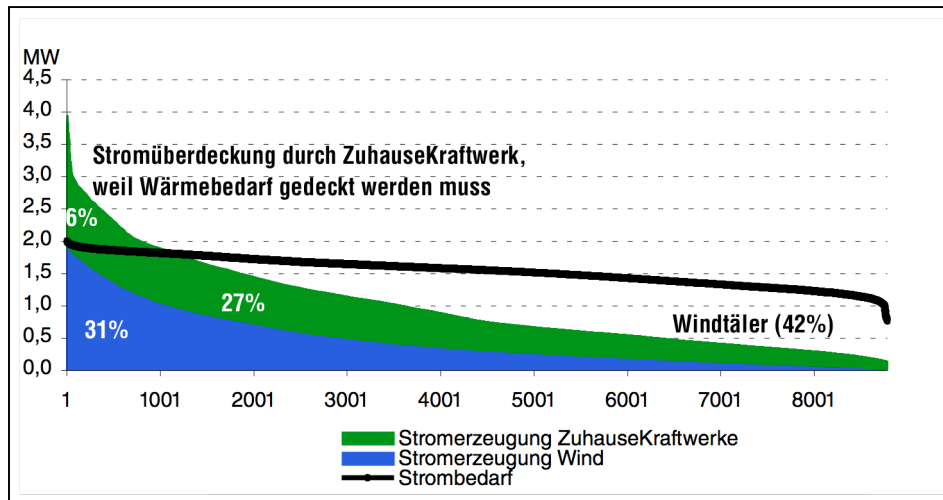


Abbildung 2: Strombedarf und Stromerzeugung aus Wind und Zuhausekraftwerk
(Quelle: transpower stromübertragungs gmbh, Vattenfall Europe Transmission, amprion, EnBW
Transportnetze, LichtBlick, LBD-Berechnungen; Stand: 14.09.2009)

Die 100 Zuhausekraftwerke leisten zusammen einen Beitrag zur Deckung des Strombedarfs in Höhe von 3.592 MWh oder knapp 27% des gesamten Bedarfs. Das entspricht etwa dem Stromverbrauch von 1.200 Haushalten. Damit kann bereits die Kombination aus Windkraftanlage und Zuhausekraftwerk im Beispielfall zu einer Bedarfsabdeckung von etwa 58% führen.

Durch intelligente »Smart Grids«, die eine bessere Anpassung von Strombedarf und -erzeugung ermöglichen, könnten die Windkraft und die Zuhausekraftwerke zukünftig bis zu 64% des Strombedarfs abdecken.

5 Ergebnis

Für das untersuchte Beispiel könnte jede der 100 ersten ZuhauseKraftwerke in Hamburg 16,5 t CO₂ pro Jahr oder 38% CO₂-Emissionen im Vergleich zum Referenzsystem 1 (Gas-Brennwertkessel) einsparen. Im Vergleich zum Referenzsystem 2 (Gas-Bestandskessel) kann die Einsparung sogar 18,5 t CO₂ pro Jahr oder 41% betragen. Damit könnten die 100 Anlagen die CO₂-Emissionen gegenüber dem Referenzsystem 1 um insgesamt rund 1.650 t CO₂ pro Jahr reduzieren, gegenüber dem Referenzsystem 2 sogar um rund 1.850 t CO₂ pro Jahr.

In der modellierten Beispielrechnung zur potenziellen Ausgleichsleistung für Windenergie können die ZuhauseKraftwerke 27% des angenommenen Strombedarfs decken. Der Windenergieanteil beträgt dabei ca. 31% des Strombedarfs. Dadurch kann die Kombination aus Windkraftanlagen und ZuhauseKraftwerk in diesem Beispiel bereits 58% des Strombedarfs erzeugen. Durch intelligente »Smart Grids« kann der Anteil der ZuhauseKraftwerke zukünftig noch gesteigert werden.