

Ökologischer Vergleich von Wärmepumpen mit Öl- und Gasheizungen

Projektziel

Zentrales Element ist der Emissionsvergleich von vorwiegend für Einfamilienhäuser konzipierten Wärmepumpen mit dezentralen, auf fossilen Energieträgern basierenden Wärmeerzeugern (Gas- und Ölheizungen).

Projektbeschreibung

Methodisch wird für diesen Vergleich auf das **GEMIS-Programm** zurückgegriffen, das für den Emissionsvergleich unterschiedliche Referenzsysteme für die Stromproduktion (inkl. vorgelagerter Energieketten) berücksichtigen kann. Die Emissionen der Öl- und Gasheizsysteme werden ebenfalls ganzheitlich betrachtet (inkl. der vorgelagerten Emissionen). Die durchgeführten Analysen inkludieren die folgenden Emissionen: **CO₂, CO₂-Äquivalente, CO, NO_x, NMVOC, SO₂ und Staub.**

Grundlage für den Emissionsvergleich stellen zwei Modellfälle dar:

- Modellfall 1 – **Neubau**
- Modellfall 2 – **Sanierung**

Bei den Wärmepumpen werden alle gängigen Typen berücksichtigt; diese sind **Sole/Wasser-, Sole/Wasser- (mit Direkt-Verdampfung), Wasser/Wasser-, Luft/Luft- und Luft/Wasser-Wärmepumpen**. Letztere wurden in den letzten Jahren verstärkt in der kontrollierten Wohnraumlüftung bzw. in der Sanierung von Altbauten eingesetzt. Der Stand der Technik von innovativen Systemen wie erdgasbetriebene Wärmepumpen wird ebenfalls analysiert; im Falle von marktfähigen Produkten bzw. erfolgreicher Markterschließung werden diese ebenfalls in den Emissionsvergleichen berücksichtigt.

Systemgrenzen, Jahresarbeitszahl (JAZ) und Jahresnutzungsgrad

Für die Beurteilung der Wärmepumpen werden in diesem Projekt Arbeitszahlen herangezogen; für die Kesselanlagen Jahresnutzungsgrade. Entscheidend für die Emissionsvergleiche ist weiters die Festlegung von genauen Systemgrenzen.

Jahresarbeitszahlen (JAZ) von Wärmepumpen

Die Arbeitszahl (AZ) ist das Verhältnis aus produzierter Wärme- und aufgenommener Strommenge über ein bestimmtes Zeitintervall; über ein Jahr, nennt sich die resultierende Größe Jahresarbeitszahl (JAZ).

Für die Detailabgrenzung werden drei Systemgrenzen definiert, entsprechend resultieren drei JAZ:

Für die durchgeführten Emissionsvergleiche wird als Systemgrenze JAZ 2 festgelegt. Die Jahreszahl ist für die verschiedenen Vergleichszenarien entscheidend.

Impressum

Für die Festlegung der Jahresarbeitszahlen und der Jahresnutzungsgrade wurden keine eigenen Messungen durchgeführt, sondern die Ergebnisse der durchgeführten Feldtests (Schwerpunkt: Österreich, Deutschland, Schweiz) analysiert (siehe Tabelle 1 und Tabelle 2).

Tabelle 1: Jahresarbeitszahlen für Heizungs-Wärmepumpen					
Wärmepumpe/ Literatur	Wasser/Wasser	Erdreich (Sole)/ Wasser	Erdreich (Direktverdampfer)/ Wasser	Außenluft/ Wasser	Außenluft/ Luft**)
FAWA, 2004	3,4	3,4	3,7	2,6	-
Faninger, 2006*)	3,8-4,5	2,8-3,2	3,0-4,2	2,6-3,5	2,5-2,9
European Heat Pump Association, 2006	4,0-4,5	3,5 (• 55 °C) - 4,0 (• 40 °C)	3,7(• 55 °C) - 4,2 (• 40 °C)	3,0-3,5 (klimatisch abhängig)	-
Arsenal Reseach/VEÖ	-	-	4-5,5 Mittelwert: 4,7	-	-
Mindeststandards klima:aktiv Wärmepumpe***)	4,2 (3,7)	4,0 (keine Differenzierung) (3,5)		3,5 (keine Differenzierung) (3,0)	
GEMIS (Version 4.3)	3,3-4,2	2,7-3,9 <i>Differenzierung)</i>	<i>(keine</i>	2,35-3,70	

**) Mittelwert aller Ende 2005 in Österreich betriebenen Wärmepumpen. Die höheren JAZ-Werte gelten für günstige Einsatzbedingungen; dies sind Niedrigenergiegebäude mit Niedertemperatur-Heizungsauslegung. (unter 40 °C/30 °C)*

***) Luft/Luft-Wärmepumpe mit im Erdreich vorgewärmter Außenluft (für den Einsatz zur kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung, Passivhäuser).*

****) Bei gleichzeitiger Warmwasserbereitung wird von einem Abschlag bis zu 0,5 je nach System und Benutzerverhalten ausgegangen.*

Impressum

Jahresnutzungsgrade von Kesselanlagen

Bei den Kesselanlagen werden Jahresnutzungsgrade für die Emissionsvergleiche herangezogen.

$$\eta_{JNG} = \frac{\Sigma \text{ Nutzwärme}}{\Sigma \text{ zugeführte Energie (Gas bzw. Öl)}}$$

Tabelle 2: Jahresnutzungsgrade von Kesselanlagen					
Kesselsysteme	Jahresnutzungszahlen bezogen auf Hu/Ho*)				
	Leistung	GEMIS 4.3 (nur Hu)	Recknagel**)	Wolff	FAGO Studie***)
Gasbrennwert-Kessel	10–100 kW (15 kW)	87 % (Hu)	97,0 (Hu)	96,4 (Hu) / 86,8 %	(Ho) Winter: 99 (Hu) Sommer: 92 (Hu)
NT-Gaskessel (mit Gebläse)	10–100 kW (15 kW)	77 % (Hu)	92,0 (Hu)	83,4 (Hu) / 75,3 % (Ho)	
Ölbrennwert	Bis 50 kW		91,0 (Hu)		Winter: 93 (Hu) Sommer: 84 (Hu)
NT-Ölkessel (HEL) (mit Gebläse)	10–100 kW (15 kW)	80 % (Hu)	90,0 (Hu)		

**) Ho steht für oberer Heizwert (auch Brennwert genannt), Hu ist die Abkürzung für unterer Heizwert.*

****) Die angeführten Standardwerte für die Jahresnutzungsgrade gelten für Niedertemperatur- und Brennwertkessel bei Heizungsauslegungstemperaturen von 75/60 °C. Bei Vorlauftemperaturen unter 60 °C kann der tabellierte Wert für den Jahresnutzungsgrad = 0,03 erhöht werden.*

*****) Die Fago-Studie differenziert zwischen Nutzungsgraden in der Winterperiode und in der Sommerperiode (vorwiegend Warmwasser-Bereitstellung).*

Emissionsfaktoren der verschiedenen Referenzsysteme für die Stromproduktion

Die Referenzsysteme für die elektrische Energie sind für die Emissionsberechnungen der Wärmepumpen von besonderer Bedeutung. Diese Systeme weisen – abhängig von der CO₂-Intensität – sehr unterschiedliche Emissionsfaktoren auf. Insgesamt wurden im Rahmen dieses Projekts sechs Szenarien berücksichtigt (siehe Tabelle 3):

Tabelle 3: Treibhausgasemissionen der verschiedenen Szenarien (inkl. Vorketten)

Impressum

Szenario	CO ₂ -Äquivalente [kg/MWh bzw. g/kWh]	CO ₂ -Emissionen [kg/MWh bzw. g/kWh]
Österreichischer kalorischer Kraftwerkspark	717	666
Österreichischer Kraftwerkspark - Wintermix (2004 und 2005)	437	409
EU25 Kraftwerkspark 2010	406	385
EU28 Kraftwerkspark 2010	419	398
UCTE 2006 *)	-	450
VKW-Stromkennzeichnung 2005 (2006) **)	315 (-)	286 (164)

**) UCTE-Emissionen sind reine CO₂-Emissionen ohne Berücksichtigung der Vorketten!*

****) Zum Zeitpunkt der Berechnungen lag der Energieträger-Mix für das Jahr 2006 noch nicht vor; der Wert für die CO₂-Emissionen (für das Jahr 2006) wurde von der VKW bekannt gegeben.*

Erdgasbefeuerte Absorptionswärmepumpen und Gasklimageräte

Erdgasbefeuerte Absorptionswärmepumpen (in Kombination mit Erdgasbrennwertgeräten) für Einfamilienhäuser stehen bis dato erst als Prototypen zur Verfügung. Demzufolge gibt es auch keine belastbaren Aussagen hinsichtlich erreichbarer Jahresarbeitszahlen bzw. Jahresnutzungsgrade der eingesetzten Gesamtsysteme. „Gasklimageräte“ gibt es in Japan bereits seit 20 Jahren. Auslöser für die Markteinführung waren hohe Strompreise und Engpässe bei der Stromversorgung.

Bis dato wurden Gasklimageräte in folgenden Bereichen eingesetzt: Hotels, Büros und Verwaltungsgebäude, Einkaufszentren, Krankenhäuser etc. In Deutschland wurden bis zum Jahr 2006 90 Gasklimageräte mit einer kumulierten Anschlussleistung installiert: Kälte 2,7 MW und Heizung 3,3 MW. Die durchschnittliche Heizleistung beträgt somit 36,7 kW. Typische Leistungsgrößen beginnen bei rund 14 kW (Heizung) bzw. 16 kW (Kühlung) und reichen bis mehrere MW. Als Hersteller sind insbesondere die Firmen Sanyo, Mitsubishi Heavy Industries, Aisin etc. zu nennen. Messungen zeigen für den Heizbetrieb einen Jahresnutzungsgrad von 94 %. Somit werden Nutzungsgrade auf einem ähnlichen Niveau wie von Gasbrennwertkesseln erreicht.

Projektergebnisse

Bei den Emissionsvergleichen sind insbesondere die Annahmen für die Jahresarbeitszahlen (JAZ) und Jahresnutzungsgrade entscheidend. Aus diesem Grund wurde auf die Bandbreite der Nutzungsgrade (von 75 % bis 100 %) und auf die Jahresarbeitszahlen (von JAZ 2 bis 5) eingegangen. Großen Einfluss hat auch der Kraftwerkspark, der den Emissionsvergleichen zu Grunde gelegt wird. Hierzu wurden **sechs verschiedene Szenarien** ausgewählt, die einerseits die **spezifisch österreichische Aufbringungsseite** berücksichtigen (**kalorischer Kraftwerkspark Österreichs, österreichischer Wintermix, VKW Mix**), andererseits

Impressum

auch Szenarien hinterlegt, die auf derzeitige bzw. **zukünftige europäische Verhältnisse** (UCTE, EU 25, EU 28) eingehen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es hinsichtlich der CO₂-Emissionen bzw. CO₂-Äquivalente bei Szenarien mit hohem Wasserkraft-Anteil bzw. hohem Anteil an erneuerbaren Energieträgern in jedem Fall zu Vorteilen gegenüber Gas- bzw. Ölkesseln kommt. Dies gilt auch für Szenarien mit (hohen) Anteilen an Stromimporten, die unter anderem auch auf Atomstrom basieren (ebenfalls sehr niedrige Emissionsfaktoren). Österreich hat sich in den letzten Jahren zu einem Netto-Stromimporteuer entwickelt. In den Jahren 1996 bis 2006 ist es zu Steigerungen des Inlandsstromverbrauchs (ohne Pumpspeicherung) zwischen 1,3 und 3,4 % gekommen. Der zusätzliche Strombedarf erfolgt über weitere Importe bzw. dem Zubau von weiteren Kraftwerkskapazitäten bzw. wird er auf diese Art erfolgen.

Wird für die elektrische Energie der kalorische Kraftwerkspark herangezogen, so müssen im Falle von Gaskesseln Wärmepumpen eine JAZ >3 aufweisen, im Falle von Ölkesseln eine JAZ >2,5, um Vorteile der Wärmepumpe zu generieren.

Der zweite Teil der Untersuchungen inkludierte Kombinationen mit Solaranlage

- i. Gaskessel mit Solaranlage versus Wärmepumpe
- ii. Gaskessel versus Wärmepumpe mit Solaranlage
- iii. Gaskessel mit Solaranlage versus Wärmepumpe mit Solaranlage

Die ökologisch freundlichste Variante ist die Kombination von Wärmepumpe mit Solaranlage versus Gaskessel. Wird der Gaskessel mit Solaranlage ausgestattet und mit Wärmepumpen verglichen, steigen die Anforderungen an die Wärmepumpe, um eindeutige Vorteile zu erzielen (insbesondere in jenen Szenarien mit hohem Anteil an fossilen Energieträgern).

Projektdaten

Auftraggeber	Amt der Vorarlberger Landesregierung
Projektleiter	Dr. Günter Simader (guenter.simader@energyagency.at)
Projektteam	Mag. Andrea Jamek (andrea.jamek@energyagency.at)

Impressum