

Wärmelastprognose

Dokumententyp	Ergebnisbericht
Sichtbarkeit	Öffentlich
Arbeitspaket	AP 2.4 Erzeugungs- und Lastprognosen
Editor	Joshua Meskemper (CUBE Engineering GmbH)
Beitragende	Peter Ritter, Lars Nicklaus, Dirk Filzek (CUBE Engineering GmbH)
Version	1.0
Letzte Änderung	24.05.2012
Seitenzahl	
Dateiname	Ergebnisbericht Wärmelastprognose

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

im Rahmen von



Content

1.	Einleitung	3
2.	Anforderungen an die Wärmelastprognose	4
3.	Datengrundlage.....	5
4.	Standardlastprofile	6
4.1	Haushalt und Gewerbe.....	6
4.1.1	Temperatur.....	6
4.1.2	Auswahl der Verbrauchergruppe.....	6
4.1.3	Bestimmung der Region und der Windbedingung (Haushalte)	7
4.1.4	Bestimmung des Gewerbesektors	8
4.1.5	Bestimmung des Tagesbedarfs durch Sigmoidfunktion	9
4.1.6	Bestimmung des Kundenwertes.....	10
4.1.7	Bestimmung der täglichen Wärmelast.....	10
4.1.8	Tägliches Temperaturprofil.....	10
4.2	Wärmelastprofil Industrie.....	11
4.3	Berücksichtigung von Feiertagen	14
5.	Wärmebedarf RegModHarz	15
6.	Anwendung der Standardlastprofile und Umsetzung in verschiedenen Anwendungen.....	17
7.	Zusammenfassung.....	18
8.	Quellen.....	19

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

im Rahmen von



1. EINLEITUNG

Eine Wärmelastprognose wird verwendet, um den Wärmebedarf eines bestimmten Verbrauchers oder einer zusammenhängenden Verbrauchergruppe abzuschätzen. So kann eine bedarfsgerechte Erzeugung und Lieferung von Wärme oder Gas zur Wärmebereitung gewährleistet werden.

Innerhalb von RegModHarz gibt es verschiedene Anwendungen für Wärmelastprognosen. Zum einen sollen neue Geschäftsmodelle für Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und Biogasanlagen, die eben auch Wärme in Wärmenetze einspeisen, entwickelt, modelliert, simuliert und überprüft werden. Hierfür ist es wichtig den jeweiligen Wärmebedarf des Wärmenetzes prognostizieren zu können. Weiter sollen innerhalb von RegModHarz regionale und virtuelle Netze simuliert und optimiert werden, diese können jeweils auch Wärmenetze bzw. einen Wärmebedarf beinhalten. Zu Informationszwecken soll außerdem auf der zu erstellenden Marktplattform der Gesamtwärmebedarf dargestellt werden. Die Erkenntnisse aus RegModharz sollen möglichst in Folgeprodukten eine Verwertung finden, so ist die Einbindung einer Wärmelastprognose in energyPRO geplant. Hierbei entstehen gegebenenfalls unterschiedliche Umsetzungen einer Wärmelastprognose.

Der Gesamtwärmebedarf einer Verbrauchergruppe wie z.B. Haushalte, Gewerbe oder Industrie innerhalb eines Jahres kann durch Untersuchungen der Struktur der Region und der historischen Daten jeweils ganz gut abgeschätzt werden. Hiermit hat sich die Masterarbeit Reduzierung der residualen Last der Regenerative Modellregion Harz durch einen netzgeführten KWK-Betrieb – Bestimmung optimaler Größen für Wärmespeicher von Monika Brudler (2011) beschäftigt. Gegebenenfalls müssen die hier gefundenen Werte und die Zuordnung zu den einzelnen Kundengruppen noch weiter untersucht werden, auch in Bezug auf die weitere Entwicklung über die Jahre. Ein weiterer und vielleicht sogar wichtigerer Bestandteil einer Wärmelastprognose ist die Verteilung dieses jährlichen Gesamtbedarfs auf die einzelnen Wochen, Tage und Stunden des Jahres. Gerade für kleinere Verbraucher liegt hier keine detaillierte Information vor. Diese Verteilung gilt es also mittels eines entsprechenden Wärmelastprofils abzuschätzen.

Somit beschäftigt sich dieser Bericht neben der Zusammenfassung der Erkenntnisse zum jährlichen Gesamtwärmeverbrauch aus Brudler 2011, hauptsächlich mit der Erstellung geeigneter Wärmebedarfsverläufe für verschiedene Kundengruppen. Hier wird auf Standardlastprofile zurückgegriffen und deren Einbindung in die unterschiedlichen Anwendungen innerhalb von RegModHarz besprochen.

Bei der Erstellung der Wärmebedarfsprofile für Haushalte und Gewerbe wird auf das Standardlastprofilverfahren nach der Praxisinformation P 2007/13 Abwicklung von Standardlastprofilen, BGW/VKU, 2007 und den Untersuchungen der TU München (Gutachten zur Festlegung von Standardlastprofilen Haushalte und Gewerbe für BGW und VKU, Wagner, Geiger, 2005) zurückgegriffen. Diese wurden erstellt zur Profilermittlung der Gaslieferung an Haushalts- und Gewerbekunden zur Wärmeerzeugung.

Für die Industriekunden bestehen keine Standardlastprofile, da bei dieser Verbrauchergruppe typischerweise eine detaillierte Verbrauchsmessung angewendet wird und somit die typischen Verbrauchsverläufe detailliert bekannt sind. Trotzdem soll innerhalb des Projektes RegModHarz eine entsprechende Methode zur Erstellung von Wärmebedarfsprofilen für den Bereich Industrie entwickelt werden. Hierzu wurden Elemente der Standardlastprofilmethode nach BGW/VKU verwendet und durch eigene Untersuchungen ergänzt.

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

im Rahmen von



2. ANFORDERUNGEN AN DIE WÄRMELASTPROGNOSE

Aufgrund einer geeigneten Wärmelastprognose können einerseits die nötigen Betriebszeiten von gesteuerten Anlagen zur Wärmeerzeugung (z.B. Gaskessel) unter Berücksichtigung von nicht gesteuerter Einspeisung (z.B. Solarthermie) und andererseits der Einsatz und Betrieb von gekoppelten Wärme- und Stromproduktionsanlagen (KWK) geplant und durchgeführt werden.

Die hier erstellte Wärmelastprognose wird nicht in der praktischen Betriebsplanung innerhalb der Region eingesetzt werden. Die Anwendung wird eher in den theoretischen Überlegungen zum möglichen Anlageneinsatz und der Optimierung des Betriebs des virtuellen Kraftwerks, sowie zur Simulation entwickelter Geschäftsmodelle für unterschiedliche Szenarien eingesetzt werden.

Im Rahmen von RegModHarz sollen auch neue innovative Geschäftsmodelle für KWK entwickelt, simuliert und erprobt werden. Hieraus entsteht eine erste Anforderung an Wärmelastprognosen. Sie müssen mit ausreichender Genauigkeit eine Planungssicherheit bieten, woraufhin der Betrieb von KWK-Anlagen und entsprechend die Vermarktung des Stroms geplant werden kann. Dies kann einerseits mit Blick auf eine einzelne Anlage als auch mit Blick auf den optimalen Betrieb eines virtuellen Kraftwerk bzw. regionalen Wärmenetzes mit Einspeisung durch Anlagen unterschiedlicher Art erfolgen. In diesem Fall soll jede Anlage für sich möglichst wirtschaftlich betrieben werden wobei gleichzeitig die Anforderungen aus dem jeweiligen Bedarf des zu versorgenden Wärmenetzes erfüllt werden müssen. Bei der Direktvermarktung von KWK-Strom am Strommarkt ist die stromgeführte Fahrweise entscheidend, hier bedarf es der mehrtägigen Wärmelastprognose, um die Wärmespeicherbefüllung und die Versorgung etwaiger Wärmelieferungen zu planen und damit den Betrieb zu Spitzenpreiszeiten zu ermöglichen. Eine weitere mögliche Verwendung der Wärmelastprognose ist zu reinen Informationszwecken eine Abbildung des prognostizierten Wärmebedarfs der Region auf der Online-Marktplattform RegModHarz.

Dabei wird die Wärmelastprognose nie zur technischen Einsatzplanung verwendet, sondern ist immer nur Teil der wirtschaftlichen Optimierung des Betriebs. Außerdem hat die Genauigkeit der Wärmelastprognose keinen so hohen Einfluss auf das System, wie z.B. die Stromlastprognose. Ein Wärmenetz kann in einem gewissen Maße als Wärmepuffer dienen, zusätzlich kommen häufig noch Wärmespeicher zum Einsatz.

Aufgrund dieser Anforderungen reicht im Rahmen des Arbeitspaketes 2.4 eine Wärmelastprognose mit einer Auflösung von einer Stunde und einer Validität einer anerkannten Standardlastprofilmethode, nach BGW/VKU, aus, um eine ausreichende Abschätzung des Wärmebedarfsverlaufs zu liefern. Diese Standardlastprofilmethode ist eine anerkannte Methode in der kommunalen Versorgungsplanung von Verbrauchern mit Erdgas zur Erzeugung von Wärme.

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

im Rahmen von



3. DATENGRUNDLAGE

Für die beiden Bestandteile der Wärmelastprognose – Jahres-Gesamtwärmebedarf einer Region/Verbrauchergruppe und Zeitreihe des Bedarfsverlaufs – liegen unterschiedliche Daten zu Grunde. Wie oben beschrieben soll der Bedarfsverlauf anhand der Standardlastprofilmethode von BGW/VKU erstellt werden. Auf die Erstellung des Bedarfsprofils wird in späteren Kapiteln eingegangen. Der Gesamtwärmebedarf muss auf andere Art ermittelt werden, wobei hier auch auf Standardkennzahlen zurückgegriffen werden muss und kann.

Für eine Abschätzung eines Gesamtwärmebedarfs muss im ersten Schritt eine regionale Eingrenzung vorgenommen werden, etwa auf die Modellregion als Ganzes oder das Wärmenetz eines Stadtwerks. Des Weiteren kann es eine Einschränkung der Verbrauchergruppen geben, welche untersucht werden sollen. Über die regionale Eingrenzung entscheidet die praktische Anwendung der Wärmelastprognose. Im Rahmen des Arbeitspaketes 2.4 kann allerdings noch keine Aussage darüber getroffen werden, für welche Regionen und welche Verbrauchergruppen eine Wärmelastprognose benötigt wird und erstellt werden muss. Hier muss jeweils für jeden Anwendungsfall einzeln entschieden werden, durch welche Vorgaben (Wärmenetz, Verbraucherstruktur) die Ermittlung eines Gesamtwärmebedarfs bestimmt wird.

Aus diesem Grund soll in Arbeitspaket 2.4 kein detaillierter Wärmebedarf für spezielle Wärmenetze in der Region Harz dargestellt werden. Vielmehr wurde im Rahmen der Diplomarbeit von Brudler 2011 die grundlegende Struktur des Wärmebedarfs im Landkreis Harz untersucht.

Die Abschätzung des Wärmebedarfs wurde erstellt unter Berücksichtigung von regionalen klimatischen Rahmenbedingungen, von Daten über die Bevölkerungs- und Gebäudestruktur. Für den Wärmebedarf des Gewerbe-Sektors wurden Daten der Gewerbebetriebe und Erwerbstätigen zusammengetragen. Kombiniert wurden diese Daten mit charakteristischen Verbräuchen der unterschiedlichen Verbrauchergruppen.

In der Verbrauchergruppe Haushalte wurden Ein- bis Zweifamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser mit Berücksichtigung der Baualterstruktur unterschieden. Für die Verbrauchergruppe Gewerbe wurden entsprechend unterschiedlichen Branchen die Anzahl der Branchenzugehörigen quantifiziert. Auch auf die Struktur der Industrie in der Region Harz wurde eingegangen, um einen Jahresgesamtbedarf zu ermitteln.

Aus diesen Strukturdaten für die Gesamtregion Harz kann gegebenenfalls auf einzelne kleinere regionale oder kommunale Gebiete mit der Versorgung durch Wärmenetze zurückgerechnet werden.

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

im Rahmen von



4. STANDARDLASTPROFILE

Im folgenden Kapitel werden die Standardlastprofilmethoden für Haushalte und Gewerbe nach BGW/VKU und für die Industrie erläutert und dargestellt.

4.1 HAUSHALT UND GEWERBE

Die Standardlastprofilmethode des BGW/VKU wurden auf Basis einer beauftragten Untersuchung der TU München zur Belieferung von nicht Leistungsgemessenen Kunden mit Gas zur Wärmeversorgung entwickelt. Die Tatsache, dass hier hauptsächlich die Gaslieferung zur Erzeugung von Wärme berücksichtigt wird, lässt darauf schließen, dass sich das Verfahren auch zur reinen Wärmelastprognose verwenden lässt.

Die BGW/VKU Methode basiert auf dem jährlichen Gesamtwärmebedarf, der jeweiligen Temperatur des betrachteten Tages, einer Sigmoidfunktion für die Verteilung über das Jahr und Tagesprofilen in Stundenauflösung.

4.1.1 Temperatur

Der erste Schritt der Profilerstellung ist die Berechnung einer gewichteten Temperatur für den zu untersuchenden Tag basierend auf den Temperaturen der letzten drei Tage und der Temperaturprognose dieses Tages. Folgende Funktion liegt zu Grunde:

Formel 1 Gewichtete Temperatur

$$T_0 = \frac{8 * T_0 + 4 * T_1 + 2 * T_2 + 1 * T_3}{15}$$

Mit T_0 als Prognose der Durchschnittstemperatur für den jeweiligen Tag und T_1 - T_3 als der jeweiligen Durchschnittstemperatur der letzten drei Tage. Die Durchschnittstemperatur wird als arithmetisches Mittel der stündlichen Temperaturwerte von jeder Stunde des Tages berechnet.

4.1.2 Auswahl der Verbrauchergruppe

Die Auswahl der Verbraucher- oder Kundengruppe beeinflusst die Parameter der Sigmoidfunktion und Wochenprofile. Die Sigmoidfunktion mit ihren individuellen Parametern beschreibt die Temperaturabhängigkeit und die Verteilung des jährlichen Wärmebedarfs unter Berücksichtigung von saisonalen Charakteristika.

Haushalte

Für die Haushaltsprofile wird zwischen verschiedenen Regionen abhängig von der spezifischen Baualterstruktur und dem Versorgungsgrad, eine Kennzahl zur Beschreibung des Verhältnisses von Wärmeerzeugung inklusive Warmwasserbereitstellung zu reiner Heizwärmeerzeugung, unterschieden. Zusätzlich können unterschiedliche Sigmoidparameter zur Beschreibung der Windbedingungen am untersuchten Standort gewählt werden. Diese regionalen Unterschiede können nach Bundeslandzugehörigkeit grob zusammengefasst werden. Für die Windbedingungen werden für jeden

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

im Rahmen von



Standort die Bedingungen normal (o) und windig (+) unterschieden. Es werden außerdem charakteristische Profile für Einfamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser bereitgestellt.

Gewerbe

Die Verbrauchergruppe Gewerbe wird in eine Auswahl von 12 Branchen eingeordnet. Diese Branchen beinhalten jeweils charakteristische Profile und Sigmoidparameter zur Verteilung über das Jahr. Während für Haushalte für jeden Tag der Woche das gleiche Profil angewendet wird, können bei Gewerben unterschiedliche Profile innerhalb einer Woche zutreffen. Außerdem kann die Menge der benötigten Wärme von einem Tag zum anderen variieren (z.B. Wochentags zu Wochenende). Dies wird durch einen so genannten Wochentagsfaktor beschrieben. Für die Generierung von Gewerbeprofilen ist es somit wichtig den jeweiligen Wochentag zu definieren. Außerdem ist die Berücksichtigung der Windbedingungen wie bei den Haushaltsprofilen möglich. Regionale Unterschiede sind in den Standardlastprofilen erstmal nicht berücksichtigt. Allerdings ergibt sich natürlich jeweils eine regional spezifische Zusammensetzung verschiedener Gewerbesektoren.

4.1.3 Bestimmung der Region und der Windbedingung (Haushalte)

Auf Basis der Untersuchungen der TU München wurden Klassen zur Klassifikation der Standorte in den Bundesländern abhängig von Baualterstruktur, Versorgungsgrad (v) und Windbedingung (o oder +) generiert. Es wird dabei unterschieden zwischen Einfamilienhäusern (EFH) und Mehrfamilienhäusern (MFH). Die verschiedenen Klassen korrespondieren mit spezifischen Sigmoidparametern (A, B, C und D). Eine Erklärung zur Sigmoidfunktion folgt später. Die Bundesländer können folgenden Klassen zugeordnet werden:

Tabelle 1 Klassenzuordnung Haushalte

Klasse	Haushalt	Wind	Versorgungsgrad
Klasse 1	EFH	+	Bremen v=0,76
	MFH	+	
	EFH	o	
	MFH	o	
Klasse 2	EFH	+	Hamburg v=0,81
	MFH	+	
	EFH	o	Saarland v=0,84
	MFH	o	
Klasse 3	EFH	+	Niedersachsen v=0,90, NRW v=0,72, Berlin v=0,87
	MFH	+	
	EFH	o	Hessen v=0,83
	MFH	o	
Klasse 4	EFH	+	Schleswig-Holstein v=0,90
	MFH	+	
	EFH	o	BW v=0,81, RheinlandPf. V=0,79, Sachsen v=0,95
	MFH	o	
Klasse 5	EFH	+	Brandenburg v=0,95, Meckpomm v=0,94
	MFH	+	
	EFH	o	Bayern v=0,78, Sachsen-Anhalt v=0,97, Thüringen v=0,96
	MFH	o	

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

im Rahmen von



Klasse 11	EFH	+	Deutschland v=0,83
	MFH	+	
	EFH	o	
	MFH	o	

Aus der Tabelle oben gehen auch die Versorgungsgrade v für jedes Bundesland hervor. Dieser Faktor wird mit dem Sigmoidparameter D multipliziert, um einen neuen Parameter D' zu errechnen, der dann D ersetzt. Dies ermöglicht eine charakteristischere Verteilung der Jahresmenge abgestimmt auf den Versorgungsgrad im Bundesland.

4.1.4 Bestimmung des Gewerbesektors

Die BGW/VKU Methode bietet für Gewerbe 12 Branchen mit charakteristischen Profilen zur Auswahl an:

Tabelle 2 Gewerbebranchen

Profil	Erklärung
GKO	Gebietskörperschaften, kreditanstalten, organisation
GHA	Einzelhandel, Grosshandel
GMK	Metall, Kfz
GBD	sonst. Betriebliche Dienstleistungen
GGA	Gaststätten
GBH	Beherbergungen
GBA	Bäckereien
GWA	Wäschereien
GGB	Gartenbau
GPD	Papier Druck
GMF	Haushaltsähnliche Betriebe
GHD	Summenlastprofil gewerbe handel Dienstleistungen

Diese Profile enthalten jeweils die charakteristischen Sigmoidparameter, Wochentagsfaktoren und Tagesprofile für jeden Tag einer Woche passend für die Branche. Dabei sind die Wärmebedarfsverläufe einiger Branchen stärker temperaturabhängig und haben eine größere Variation über die Woche als andere. Durch Variation der Sigmoidparameter ist es auch möglich die jeweilige Windbedingung zu berücksichtigen. Eine detaillierte Darstellung der einzelnen Profile und deren Eigenschaften lässt sich der Praxisinformation des BGW/VKU entnehmen. Je nach Eigenschaft des untersuchten Gewerbebetriebs muss ein passendes Profil gewählt werden, welches den vermuteten Wärmebedarf gut beschreibt.

Bei Gewerbeprofilen gibt es im Gegensatz zu den Haushaltsprofilen unterschiedliche Tagesprofile für jeden Tag der Woche, also kommt neben der Temperatur und der Uhrzeit der Wochentag als dritte Variable bei der Auswahl des jeweiligen Anteils am täglichen Wärmebedarf hinzu.

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

im Rahmen von



4.1.5 Bestimmung des Tagesbedarfs durch Sigmoidfunktion

Die Sigmoidfunktion jeder Kundengruppe beschreibt den charakteristischen täglichen Bedarf abhängig von der Außentemperatur und den charakteristischen saisonalen Eigenschaften im Profil der Kundengruppe.

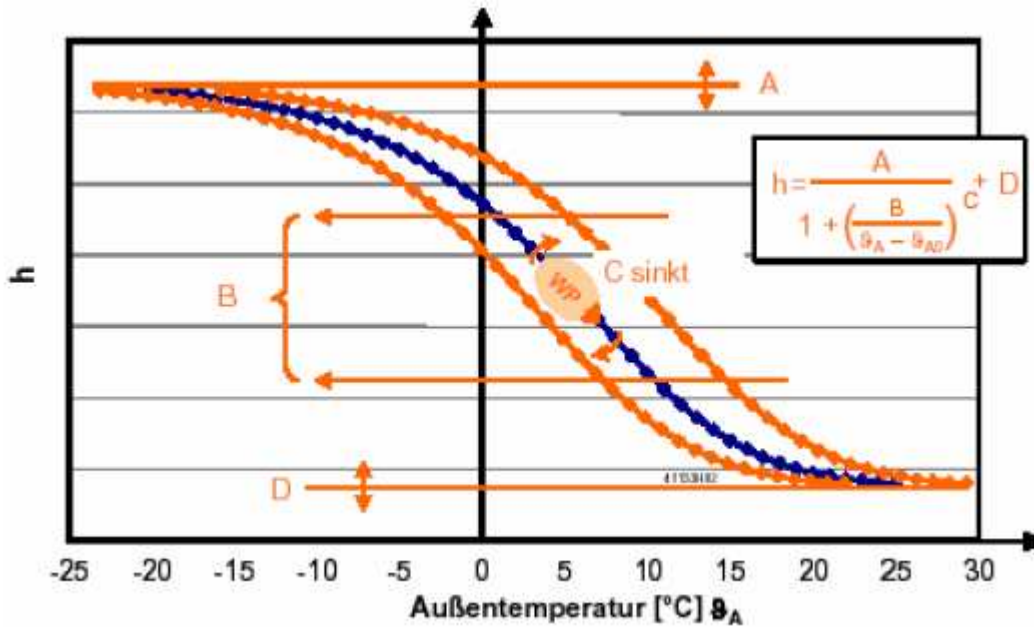


Abbildung 1 Sigmoidfunktion

Basierend auf dieser Funktion mit den jeweiligen Parametern der ausgewählten Kundengruppe sowie der gewichteten Temperatur des betrachteten Tages wird der Anteil des täglichen Wärmeverbrauchs am Jahresbedarf durch folgende Funktion berechnet:

Formel 2 Sigmoidfunktion

$$h(T) = \frac{A}{1 + \left(\frac{B}{T - 40}\right)^C} + D$$

Die Parameter A und D variieren dabei die maximale und minimale Last. Der Parameter B verschiebt die Kurve anhand entlang der x-Achse (Temperatur) und der Parameter C ist für die Steigung der Bedarfsänderung zuständig (siehe Abbildung 1).

4.1.6 Bestimmung des Kundenwertes

Der Kundenwert wird berechnet anhand des jährlichen Wärmebedarfs und der Sigmoidfunktion und beschreibt den täglichen Wärmeverbrauch einer Kundengruppe. Der erste Schritt muss natürlich die Bestimmung des jährlichen Bedarfs sein. Dies geschieht typischerweise anhand von Messungen. Im Fall von RegModHarz können keine Messungen einzelner Kundengruppen vorgenommen werden. Aus diesem Grund wird auf eine Prognose des jährlichen Gesamtwärmebedarf anhand von Brudler, 2011 zurückgegriffen. Die Verteilung auf die einzelnen Kundengruppen wird in einem späteren Kapitel erläutert. Die Menge des jährlichen Bedarfs wird anhand der Summe der Sigmoidberechnung für jeden einzelnen Tag normalisiert.

Folgende Formel berechnet die Summe der Sigmoidberechnungen (Mit dem Wochentagsfaktor $F(d)$ für Gewerbe, bei Haushalten ist dieser Faktor 1).

Formel 3 Summe der Sigmoidberechnung zur Gewichtung

$$h(d_A, d_B) = \sum_i F(d) * h(T(d))$$

$h(T(d))$ ist die jeweilige Sigmoidberechnung für den Tag d und $h(d_A, d_B)$ ist die Summe der Sigmoidberechnungen für den Zeitraum d_A bis d_B .

Der Kundenwert KW wird dann über folgende Formel berechnet.

Formel 4 Kundenwert

$$KW = \frac{W(d_A, d_B)}{h(d_A, d_B)}$$

Mit $W(d_A, d_B)$ ist die Jahresmenge der verbrauchten Wärme.

4.1.7 Bestimmung der täglichen Wärmelast

Die tägliche Wärmelast wird nun berechnet auf Basis des Kundenwertes unter Berücksichtigung des Wochentagsfaktors und der Sigmoidfunktion jeweils des betrachteten Tages (siehe folgende Formel).

Formel 5 Tägliche Wärmelast

$$W(d) = F(d) * h(T'_0) * KW$$

Diese tägliche Wärmelast kann nun über den jeweiligen Tag anhand der Temperaturprofile verteilt werden.

4.1.8 Tägliches Temperaturprofil

Die täglichen Temperaturprofile definieren für jede Stunde eines Tages (beginnend mit der Stunde von 6:00 h – 7:00 h) eine Prozentangabe für die Verteilung des Tagesbedarfs über den Tag. Das Profil ist jeweils unterschiedlich abhängig von der Tagesmitteltemperatur. Es gibt zehn Temperaturbereiche

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

im Rahmen von



(und dementsprechend zehn unterschiedliche Tagesprofile) in welche die jeweilige Temperatur eingeordnet wird (siehe Grafik).

Temperaturbereiche	
Temp. <= -15 °C	
-15 °C < Temp. <= -10 °C	
-10 °C < Temp. <= -5 °C	
-5 °C < Temp. <= 0 °C	
0 °C < Temp. <= 5 °C	
5 °C < Temp. <= 10 °C	
10 °C < Temp. <= 15 °C	
15 °C < Temp. <= 20 °C	
20 °C < Temp. <= 25 °C	
Temp > 25 °C	

Abbildung 2 Temperaturbereiche

Die folgende Tabelle zeigt als Beispiel das Tagesprofil für Einfamilienhäuser.

Tabelle 3 Tagesprofil Einfamilienhäuser

Stundenverteilung in %		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
DE_HEF	Stützstelle der Temperaturklasse von bis	6:00 Uhr - 7:00 Uhr	7:00 Uhr - 8:00 Uhr	8:00 Uhr - 9:00 Uhr	9:00 Uhr - 10:00 Uhr	10:00 Uhr - 11:00 Uhr	11:00 Uhr - 12:00 Uhr	12:00 Uhr - 13:00 Uhr	13:00 Uhr - 14:00 Uhr	14:00 Uhr - 15:00 Uhr	15:00 Uhr - 16:00 Uhr	16:00 Uhr - 17:00 Uhr	17:00 Uhr - 18:00 Uhr	18:00 Uhr - 19:00 Uhr	19:00 Uhr - 20:00 Uhr	20:00 Uhr - 21:00 Uhr	21:00 Uhr - 22:00 Uhr	22:00 Uhr - 23:00 Uhr	23:00 Uhr - 24:00 Uhr	0:00 Uhr - 1:00 Uhr	1:00 Uhr - 2:00 Uhr	2:00 Uhr - 3:00 Uhr	3:00 Uhr - 4:00 Uhr	4:00 Uhr - 5:00 Uhr	5:00 Uhr - 6:00 Uhr
Montag	-15 °C -17,5 °C	5,77	5,25	4,98	4,76	4,66	4,37	4,23	4,22	4,18	4,38	4,72	4,82	4,72	4,69	4,61	4,25	3,45	2,98	2,96	2,94	3,00	3,07	3,21	3,80
	-10 °C -12,5 °C	5,73	5,30	5,01	4,79	4,69	4,38	4,24	4,22	4,18	4,39	4,75	4,85	4,75	4,71	4,63	4,24	3,43	2,94	2,92	2,89	2,95	3,03	3,18	3,79
	-5 °C -7,5 °C	5,02	5,37	5,07	4,83	4,72	4,38	4,24	4,22	4,18	4,39	4,70	4,89	4,78	4,75	4,65	4,24	3,37	2,84	2,81	2,79	2,85	2,94	3,10	3,78
	0 °C -2,5 °C	5,51	5,10	4,97	4,82	4,67	4,45	4,39	4,35	4,48	4,59	4,81	4,89	4,91	4,84	4,66	4,14	3,18	2,72	2,62	2,66	2,74	2,89	3,33	4,30
	5 °C 2,5 °C	5,77	5,37	5,10	4,88	4,85	4,48	4,39	4,37	4,46	4,58	4,81	5,01	5,06	5,05	4,65	4,30	3,09	2,46	2,30	2,37	2,43	2,62	3,13	4,48
	10 °C 5 °C	6,19	5,78	5,27	4,86	4,82	4,30	4,24	4,22	4,33	4,52	4,78	5,09	5,23	5,27	5,04	4,40	3,01	2,18	1,96	2,08	2,17	2,49	3,28	4,81
	15 °C 10 °C	6,85	6,79	6,75	5,27	4,78	4,35	4,15	4,02	3,99	4,14	4,41	4,77	5,15	5,52	5,35	4,74	3,15	1,77	1,42	1,55	1,67	2,00	2,98	5,40
	20 °C 15 °C	8,21	7,57	6,95	6,01	5,13	4,83	4,42	3,97	3,78	3,59	4,00	4,28	4,55	5,13	5,19	4,42	3,09	1,47	0,96	1,05	1,12	1,62	2,85	6,62
	25 °C 20 °C	9,38	8,08	6,14	5,87	5,33	5,41	5,21	4,25	4,53	3,60	4,23	4,98	4,82	5,08	5,26	4,50	2,62	1,08	0,45	0,54	0,44	0,81	1,91	6,01
	30 °C 25 °C	9,38	8,09	6,14	5,87	5,33	5,41	5,21	4,25	4,53	3,60	4,23	4,98	4,82	5,08	5,26	4,50	2,62	1,08	0,45	0,54	0,44	0,81	1,91	6,01

Aus dieser Tabelle wird jeweils der Anteil der betrachteten Stunde am Tagesbedarf bei herrschender Temperatur abgelesen.

Sobald eine Temperaturprognose für einen Tag und die mittlere Temperatur der letzten drei Tage vorliegt, kann zusammen mit dem prognostizierten Gesamtverbrauch ein Tagesprofil in stündlicher Auflösung für den betrachteten Tag erstellt werden.

4.2 WÄRMELASTPROFIL INDUSTRIE

Für die sehr unterschiedlich strukturierte Kundengruppe Industrie gibt es keine frei zugänglichen Standardlastprofile vom BGW/VKU oder einer anderen Quelle. Dies liegt wohl hauptsächlich daran, dass die meisten Industrieunternehmen Großkunden sind und eine detaillierte Leistungsmessung

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

im Rahmen von



vorgenommen wird, zudem unterscheiden sich einzelne Betriebe sehr. So sind in diesen Fällen detaillierte Daten über den Bedarfsverlauf der betreffenden Kunden zusammenzustellen bzw. zu erheben. Für die Simulationen mittels der Software energyPRO innerhalb des Projektes RegModHarz bedarf es allerdings einer Abschätzung des Bedarfsverlauf der Kundengruppe Industrie in der Region Harz, ohne dass entsprechende Daten vorliegen.

Um eine geeignete Lastprofilprofil zu erstellen wurde eine Kombination aus den BGW/VKU Profilen für Gewerbe und eigenen Untersuchungen der CUBE Engineering gewählt.

Die typische Charakteristik eines Wärmeprofiles für einen Industriebetrieb ist eher wenig temperaturabhängig und ist ebenso eher wenig abhängig vom Wochentag (lediglich leichte Variation an Samstag und Sonntag), d.h. das Tagesprofil bleibt über den Wochenverlauf ähnlich oder gleich. Das Profil wurde hauptsächlich generiert, um dem Wärmelastverlauf der Industrien im Landkreis Harz zu entsprechen. Zu diesem Zweck wurde ein Beispieltagesprofil eines Industriebetriebs ausgewählt welcher im Zweischichtbetrieb arbeitet. Mangels weiterer Datengrundlage wurde folgendes Tagesprofil als repräsentativ angenommen und berücksichtigt:

Tabelle 4 Tagesprofil Industrie

Zeit	Menge	Anteil
00:00	110	1,8349%
01:00	110	1,8349%
02:00	110	1,8349%
03:00	110	1,8349%
04:00	150	2,5021%
05:00	310	5,1710%
06:00	290	4,8374%
07:00	440	7,3394%
08:00	390	6,5054%
09:00	410	6,8390%
10:00	280	4,6706%
11:00	260	4,3369%
12:00	165	2,7523%
13:00	150	2,5021%
14:00	400	6,6722%
15:00	380	6,3386%
16:00	380	6,3386%
17:00	270	4,5038%
18:00	300	5,0042%
19:00	240	4,0033%
20:00	240	4,0033%
21:00	240	4,0033%
22:00	150	2,5021%
23:00	110	1,8349%

Dabei wurde angenommen, dass es trotz des Zweischichtbetriebs eine Variation bei dem Bedarf der jeweiligen Wochentage geben kann, die wiederum durch Wochentagsfaktoren berücksichtigt wurden.

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

im Rahmen von



Tabelle 5 Wochentagsfaktoren Industrie

Wochentag	Faktor
1	1,14754098
2	1,09016393
3	1,09016393
4	1,09016393
5	1,09016393
6	0,80327869
7	0,68852459
Summe	7

Mit der 1 als Montag und der 7 als Sonntag helfen diese Wochentagsfaktoren bei der Variation der benötigten Gesamtwärmeenergie an den einzelnen Tagen einer Woche. So ergibt sich das Wochenprofil wie es in folgender Grafik dargestellt ist.

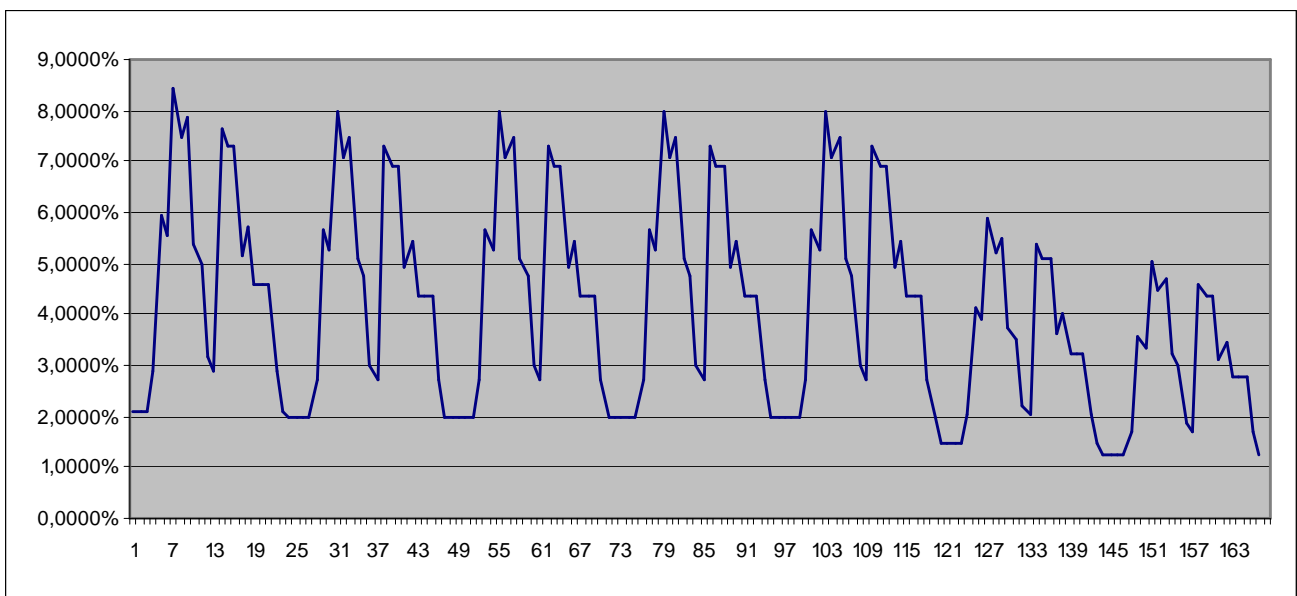
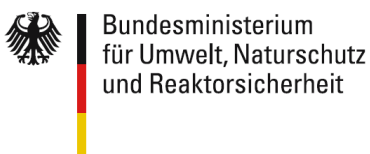


Abbildung 3 Wochenprofil Industrie

Der Wärmebedarf von Industrien ist nicht so stark temperaturabhängig wie der von Haushalten oder bestimmten Gewerben. Tatsächlich wurde angenommen, dass nur ein Anteil von 11% des Wärmebedarfs tatsächlich einer Temperaturschwankung unterliegt. Diese 11% wurden anhand einer Sigmoidfunktion aus den BGW/VKU Profilen (GMK für Metal- und Kfz-Betriebe) über das Jahr abhängig von der Außentemperatur verteilt. Die restlichen 89% werden als nicht temperaturabhängig angenommen und werden lediglich basieren auf der wöchentlichen Variation des täglichen Bedarfs (Wochentagsfaktoren) über das Jahr verteilt.

Nach der Verteilung des jährlichen Bedarfs auf jeden einzelnen Tag ist der nächste Schritt die Verteilung über die einzelnen Stunden des Tages. Da der Wochentag sowie die Temperatur bereits im Gefördert durch das



Schritt vorher berücksichtigt wurden, wird der Tagesverbrauch jetzt lediglich basierend auf dem fixen Tagesprofil auf die jeweiligen Stunden des Tages verteilt.

Das Profil, welches für diese Wärmelastprognose erstellt wurde, sollte nur als beispielhaftes Summenlastprofil für Industriekunden in der Harz Region verwendet werden. Es ist nicht repräsentativ, um einen spezifischen Wärmeverlauf eines bestimmten Industriebetriebs oder einer bestimmten Region näher abzuschätzen.

4.3 BERÜCKSICHTIGUNG VON FEIERTAGEN

Für die Gewerbe- und Industrieprofile werden Wochentage unterschieden; dementsprechend müssen auch eventuelle Feiertage berücksichtigt werden. In der Generierung der Standardlastprofile werden verschiedene Feiertage und andere nicht offizielle Feiertage unterschiedlich betrachtet. Einige werden als Sonntage andere als Samstage berücksichtigt. Die folgende Tabelle zeigt einen Überblick über die jeweiligen Berücksichtigungen in Sachsen-Anhalt 2008 als Beispiel:

Tabelle 6 Berücksichtigung von Feiertagen

Feiertage	Sachsen-Anhalt 2008
Als Sonntag berücksichtigt	
Neujahr	01.01.2008
Heilige Drei Könige	06.01.2008
Karfreitag	21.03.2008
Ostermontag	24.03.2008
Tag der Arbeit	01.05.2008
Christi Himmelfahrt	01.05.2008
Pfingstmontag	12.05.2008
Tag der Deutschen Einheit	03.10.2008
Reformationstag	31.10.2008
1. Weihnachtstag	25.12.2008
2. Weihnachtstag	26.12.2008
Als Samstag berücksichtigt	
Heilig Abend	24.12.2008
Silvester	31.12.2008

Bei der Identifizierung der Wochentage für das jeweilige Datum muss also berücksichtigt werden, ob zu diesem Zeitpunkt ein Feiertag vorliegt oder nicht.

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

im Rahmen von



5. WÄRMEBEDARF REGMODHARZ

Um eine Standardlastprofilmethode für eine Region oder Kundengruppe anzuwenden ist mindestens die Kenntnis über die Jahrmengen der benötigten Wärmeenergie Voraussetzung. Da innerhalb dieses Arbeitspaketes keine Daten der Region, einzelner Branchen oder Kundengruppen zur Verfügung standen (unter anderem aus Datenschutzgründen), bedarf es einer Prognose bzw. Abschätzung der Jahrmengen für die Region und die einzelnen Kundengruppen aus dem Landkreis Harz. Eine solche Abschätzung wurde von Brudler, 2011 für das Jahr 2008 vorgenommen und soll innerhalb dieses Arbeitspaketes Anwendung finden. Die Daten aus der Arbeit von Brudler, 2011 werden hier zusammengefasst und den einzelnen jeweils in den Profilen zur Verfügung stehenden Kundengruppen zugeordnet. Für die Herleitung und die entsprechende Datengrundlage der Jahrmengen wird an dieser Stelle auf die Ausführungen in Brudler, 2011 verwiesen.

Haushalte

Die Abschätzung des Wärmebedarfs der Haushalte ergibt sich aus Untersuchungen zur Zusammensetzung der Wohngebäude und der Baualterstruktur im Harz. Dabei setzt sich der Wärmebedarf aus Raumwärme und Trinkwarmwasser zusammen und lässt sich den Standardlastprofilen entsprechend nach Einfamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern unterteilen. Die Anteile von Trinkwarmwasser und Heizwärme werden bereits in den Standardlastprofilen berücksichtigt.

Für den jährlichen Gesamtbedarf an Wärmeenergie im Jahr 2008 wurden für die Harz Region 1.340.780 MWh/a veranschlagt. Mit einer Aufteilung von 66% Einfamilienhäuser und 34% Mehrfamilienhäuser ergibt sich für Einfamilienhäuser 884.585 MWh/a und für Mehrfamilienhäuser 455.695,2 MWh/a.

Gewerbe

Für den Gesamtbedarf der Kundengruppe Gewerbe ist es wichtig eine Einordnung in die entsprechenden BGW/VKU Standardlastprofilgruppen zu erreichen. Für den gesamten Gewerbesektor wurde für das Jahr 2008 ein Gesamtwärmebedarf von 399.200 MWh/a veranschlagt. Dieser Gesamtwärmebedarf kann folgenden Standardlastprofilen zugeordnet werden:

Tabelle 7 Zuordnung Jahresbedarf zu Gewerbebranchen

Profil	Erklärung	Jahresbedarf in MWh/a
GKO	Gebietskörperschaften, Kreditanstalten, Organisation	94.678
GHA	Einzelhandel, Großhandel	51.259
GMK	Metall, Kfz	67.273
GBD	sonst. Betriebliche Dienstleistungen	4.528
GBH	Beherbergungen	55.118
GBA	Bäckereien	9.821
GWA	Wäschereien	326
GGB	Gartenbau	4.175
GMF	Haushaltsähnliche Betriebe	111.799

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

im Rahmen von



Optional könnte auch das Standardlastprofil für die Summe aller Gewerbebranchen verwendet werden. Die Aufteilung auf einzelne Profile ist dabei jedoch die präzisere Betrachtung. Unten wäre noch mal die Zuordnung der Gesamten Wärmelast zum Summenlastprofil Gewerbe:

Tabelle 8 Wärmebedarf gesamt Gewerbe

Profil	Erklärung			Jahresbedarf in MWh/a
GHD	Summenlastprofil Dienstleistungen	Gewerbe	Handel	399.200

Industrie

Der Kundengruppe Industrie wird für das Jahr 2008 in der Region Harz ein Gesamtwärmebedarf von 1.256.390 MWh/a zugeschrieben. Hierbei verteilt sich wie oben bereits erwähnt dieser Bedarf auf einen 11%igen (138.203 MWh/a) temperaturabhängigen und einen 89%igen (1.118.187 MWh/a) temperaturunabhängigen Anteil.

Diese Abschätzung gilt jeweils für das Jahr 2008 und ist als grobe Prognose einzustufen. Unbedingt bedarf es bei der Betrachtung folgender Jahre einer Überprüfung der Zahlen und einer Anpassung auf Grund von Strukturveränderungen.

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

im Rahmen von



6. ANWENDUNG DER STANDARDLASTPROFILE UND UMSETZUNG IN VERSCHIEDENEN ANWENDUNGEN

Nach den Darstellungen oben kann also für die Region Harz, sei es für die Gesamtregion, einzelne Wärmenetze oder sogar einzelne Kunden, ein Wärmelastprofil nach Standardlastprofilmethode generiert werden. Das oben beschriebene Verfahren wird nun in verschiedenen Anwendungen innerhalb von RegModHarz eingebunden. Neben einer Umsetzung der Methode in einer Tabellenkalkulation wird außerdem die Software energyPRO um die Möglichkeit der Generierung von Wärmebedarfsverläufen nach dieser Methode ergänzt. Eine weitere Anwendung ist die Einbindung auf der RegModHarz Online-Marktplattform zu Informationszwecken. Hierbei werden generell verschiedene Absichten verfolgt.

Erstellung von Wärmelastprognosen für die Simulation

Innerhalb von RegModHarz werden Geschäftsmodelle für verschiedene Szenarien simuliert und Wirtschaftlichkeitsberechnungen erstellt. Je nach Schwerpunkt und Umfang der Simulation sind dann Wärmelastprognosen für einen einzelnen Verbraucher, kleine Arealnetze oder regionale Wärmenetze unter Berücksichtigung der jeweils angeschlossenen Verbraucher notwendig, die den Wärmebedarf der kommenden Stunden und Tage vorhersagen. Hierfür müssen also jeweils die Eingangsdaten für die Wärmelastprognose bestimmt werden. Die Methode und der Berechnungsalgorithmus sind vorhanden, um dann basierend auf diesen Eingangsdaten eine ausreichend genaue Wärmelastprognose zu erstellen. Die so erstellte Wärmelastprognose kann in beliebigen weiteren Simulationstools Verwendung finden.

Einbindung der Wärmelastprognose in energyPRO

In energyPRO existieren bereits vielerlei Möglichkeiten der Erstellung von Bedarfsverläufen auch für den Wärmeverbrauch. Eine weitere Methode basierend auf anerkannten Standardlastprofilen wird den Wert und die mögliche Anwenderschaft von energyPRO enorm erhöhen. Folgender Ablauf wird in energyPRO umgesetzt: Der Anwender wählt jeweils den zugrunde liegende Zeitraum, eine Temperaturzeitreihe und den jeweiligen Jahresbedarf aus und bestimmt, welches Standardlastprofil auf diesen Wärmebedarf angewendet werden soll. Der Benutzer kann dabei auf die verschiedenen Standardlastprofile zugreifen und eine beliebige Kombination wählen, um seine individuelle Verbrauchersituation detailliert abzubilden.

Darstellung des Wärmebedarfs auf der Online-Marktplattform

Die Marktplattform soll Transparenz-Informationen über den Energiemarkt in der Modellregion Harz bereitstellen. Neben der Stromeinspeisung aus Regenerativen Energien, aktuellen Strompreisen und dem Strombedarf (jeweils als Prognose für den nächsten Tag und aktuelle IST-Werte) kann hier auch der aktuelle Wärmebedarf bzw. die Wärmebedarfsprognose für den nächsten Tag für die Gesamtregion oder einzelne Wärmenetze dargestellt werden. Hierfür ist wiederum die Kenntnis der jeweiligen Randbedingungen notwendig. Außerdem denkbar ist auch ein kleines Tool zur schnellen Berechnung von Wärmelastprognosen für einzelne Verbraucher oder Arealnetze ähnlich der Umsetzung in energyPRO.

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

im Rahmen von



7. ZUSAMMENFASSUNG

Die hier beschriebene Methode der Wärmelastprognose ist ein einfaches und schnelles Verfahren um eine grobe Abschätzung des Wärmebedarfs in der Modellregion Harz zu Simulationszwecken zu erreichen. Die Genauigkeit ist jeweils abhängig von den Eingabedaten spezielle der Prognose des Jahresbedarfs an Wärmeenergie. Es wird davon ausgegangen, dass die Genauigkeit der Methode ausreichend für die beabsichtigten Anwendungen ist.

Bei der Generierung der Wärmebedarfsprofile muss darauf geachtet werden, dass die betrachteten Verbraucher oder Kundengruppen passenden Standardlastprofilen zugeordnet werden. Auch die Überprüfung der Prognose der Jahresmengen ist unerlässlich für die Genauigkeit der Prognose.

Eventuell müssen nach der Sammlung von Erfahrungen in der Anwendung dieser Methode Anpassungen vorgenommen werden. Generell scheint diese Methode allerdings geeignet um ausreichend genaue Wärmelastprognosen und Bedarfsverläufe zu erstellen und diese in der Simulation und Überprüfung von Geschäftsmodellen von KWK- und Biogasanlagen zur Wärmeeinspeisung in Wärmenetze zu verwenden.

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

im Rahmen von



8. QUELLEN

BGW/VKU, Praxisinformation P 2007/13 Gastransport/Betriebswirtschaft – Abwicklung von Standardlastprofilen, 2007, Berlin

Monika Brudler, Reduzierung der residualen Last der Regenerative Modellregion Harz durch einen netzgeführten KWK-Betrieb – Bestimmung optimaler Größen für Wärmespeicher, April 2011, Marburg (erarbeitet im Rahmen von RegModHarz)

Wagner et al., Gutachten zur Festlegung von Standardlastprofilen Haushalte und Gewerbe für BGW und VKU, Dezember 2009, München

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

im Rahmen von

