

# **Lastprofile nicht-leistungsgemessener Kunden (HE, HM, HG, PG, PK und PW) der Gasnetzbetreiber Österreichs – Überarbeitung 2008**

erstellt im Auftrag des

**Fachverband Gas & Wärme  
Schubertring 14  
A-1015 Wien**

Bericht Nr. I-11/2008/Al TE-THD 08/01/I-660 vom 22. 09. 2008

Dieser Bericht darf nur vollinhaltlich, ohne Weglassen und  
Hinzufügen, veröffentlicht werden.  
Sollte er auszugsweise abgedruckt oder vervielfältigt werden,  
so ist vorher die schriftliche Genehmigung der Verfasser einzuholen.

**Lastprofile nicht-leistungsgemessener Kunden (HE, HM, HG, PG, PK und PW) der Gasnetzbetreiber Österreichs –Überarbeitung 2008**

Freigegeben	Univ.-Prof. Dr. Helmut Eichlseder		
Erstellt	A.o. Univ.-Prof. Dr. Raimund Almbauer	22. 09. 2008	

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>5</b>
1.1. Kriterien für die Erstellung der Lastprofile .....	5
<b>2. Datenaufbereitung und Datenübersicht</b> .....	<b>6</b>
2.1. Bedingungen für die Brauchbarkeit der Datensätze .....	6
2.1.1 Zeitraum .....	6
2.1.2 Tagesmitteltemperaturen .....	7
2.1.3 Verbraucherstruktur .....	7
2.1.4 Plausibilität .....	7
2.2. Einheitliches Datenformat .....	10
<b>3. Datenverarbeitung</b> .....	<b>11</b>
3.1. Diskussion zur neuen Sigmoidfunktion .....	11
3.2. Temperaturkorrektur .....	12
3.2.1 Temperaturglättung nach Geiger .....	13
3.2.2 Gewichtete Temperaturglättung .....	13
3.3. Vorgehensweise bei der Erstellung der Lastprofile für Heizen (Bottom-Up Ansatz versus Top-Down Ansatz) .....	14
3.4. Bottom-Up Ansatz .....	14
3.4.1 Normierung .....	14
3.4.2 Standortbereinigung .....	15
3.4.3 Mittelwertbildung .....	15
3.4.4 Ausgleichsrechnung .....	18
3.5. Analyse der Ergebnisse .....	22
3.5.1 Berechnung von Standardabweichung und Vertrauensbereich .....	22
3.5.2 Vergleich für das Lastprofil Heizen Einfamilienhaus (HE) .....	23
3.5.3 Vergleich für das Lastprofil Heizen Mehrfamilienhaus (HM) .....	24
3.5.4 Vergleich für das Lastprofil Heizen Gewerbe (HG) .....	25
3.6. Top-Down Ansatz .....	26
3.6.1 Sommerlastigkeit .....	26
3.6.2 Vorgangsweise für den Top-Down Ansatz .....	28
3.7. Verwendung der unterschiedlichen D-Parameter .....	32
3.8. Aufteilung der Tageswerte auf Stunden .....	32
<b>4. Anwendung des Verfahrens zur Prognose von Gasverbrauchsmengen</b> .....	<b>35</b>
4.1. Vorgehensweise bei der Anwendung der Lastprofile .....	35
4.1.1 Zeitraumbereinigung .....	35
4.1.2 Entnormierung .....	36
4.1.3 Anwendung beim Netzbetreiber .....	37
4.1.4 Abbildung von Sigmoid Lastprofilen als Zeitreihen .....	38
4.1.5 Einfache Ermittlung des tatsächlichen Lastprofils für einen Kunden .....	39

<b>5. Prozessgas .....</b>	<b>40</b>
5.1. Neue Datensätze .....	40
5.2. Lastprofile PG, PK und PW .....	40
5.2.1 Vorgehensweise für PG, PK und PW .....	41
5.3. Diskussion der Ergebnisse für Prozessgas .....	43
<b>6. Zusätzliche Ergebnisse.....</b>	<b>43</b>
6.1. Vergleich der unterschiedlichen Sigmoidfunktionen, Parametersätze und der Temperaturglättung für die Kollektive 1 bis 3 .....	43
6.2. Auswirkungen der Standortkorrektur .....	46
6.3. Temperatur für den Sättigungspunkt (Schnittpunkt 2 aus Abb. 13) .....	48
6.4. Fehler bei der Verwendung von Lastprofilen .....	48
<b>7. Zusammenfassung.....</b>	<b>48</b>
<b>8. Literatur.....</b>	<b>48</b>
<b>9. Anhang-Anwendungen .....</b>	<b>48</b>
9.1. Anwendungen für das Profil Heizen Einfamilienhaus (HE) .....	48
9.2. Anwendungen für das Profil Heizen Mehrfamilienhaus (HM).....	48

# **Lastprofile nicht-leistungsgemessener Kunden (HE, HM, HG, PG, PK und PW) der Gasnetzbetreiber Österreichs –Überarbeitung 2008**

## **1. EINLEITUNG**

Der vorliegende Bericht beschreibt die Vorgehensweise bei der Überarbeitung der Lastprofile nicht-leistungsgemessener Kunden der Gasnetzbetreiber in Österreich. Aufgrund mehrerer Umstände wurde vom Fachverband Gas&Wärme diese Überarbeitung in Auftrag gegeben: Die Verwendung der derzeitigen Gaslastprofile für das Heizen von Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus und Gewerbe hat im nunmehr mehrjährigen Anwendungszeitraum eine gewisse „Sommerlastigkeit“ gezeigt. Darüber hinaus wurde von der E-Control verordnet [1], die Gültigkeit der Lastprofile wieder an neuen, in der Zwischenzeit in Österreich erhobenen Daten zu überprüfen bzw. die Lastprofile zu verbessern. Zusätzlich ist aus der Anwendung von Lastprofilen in Deutschland bekannt, dass eine neu entwickelte Sigmoidfunktion unter Verwendung der gewichteten Temperaturen der Vortage speziell in der Übergangszeit den Anstieg der Heizleistung besser abbilden kann. Daher wurde die neue Sigmoidfunktion benutzt, um aus den bereits vorhandenen Datensätzen aus den beiden österreichischen Studien aus dem Jahr 2004 und den neuen Datensätzen aus 2007 verbesserte Lastprofile zu entwickeln. Aus dem Vergleich mit den Ergebnissen mit der alten Sigmoidfunktion wird die Veränderung an den Mittelwerten, den Standardabweichungen und den Vertrauensbereichen dargestellt. An ausgewählten Datensätzen wurde speziell die „Sommerlastigkeit“ untersucht. Im Bericht wird auch die Anwendung der Lastprofile erklärt, sodass zukünftige Tagesverbrauchsmengen prognostiziert werden können. Im Bereich des Prozessgases wurden nun zahlreiche neue Datensätze untersucht. Es wurde hier auf die bewährte Aufteilung der Profile aus der Studie über die Gaslastprofile 2004 [2] zurückgegriffen. Eine feinere Aufteilung der Gewerbe war nicht möglich, da die statistische Sicherheit bei der Unterteilung sehr gering geworden wäre. Die ursprüngliche Aufteilung ergibt sich auch der Tatsache, dass die Zählgrenze weiter abgesenkt wurde (40.000 Nm<sup>3</sup>) und daher die im Bereich des nicht-leistungsgemessenen Prozessgases umgesetzten Gasmengen immer geringer werden.

### **1.1. Kriterien für die Erstellung der Lastprofile**

Folgende Kriterien wurden definiert, die bei der Erstellung der Lastprofile eingehalten wurden:

- einfaches, nachvollziehbares Verfahren
- Beschränkung der notwendigen Informationen bei der Anwendung auf Standort, Vorjahresverbrauch, Datumsgrenze und Gebäudetyp bzw. Verbraucher
- statistisch gesicherte Angaben zum Vertrauensbereich
- Prognose im Bereich des Heizens auf Basis der zukünftigen Tagesmitteltemperatur
- Prognose im Bereich des Prozessgases aufgrund der Aufteilung Werktage, Samstag und Sonn- bzw. Feiertage (PG) bzw. Stundenwerten (PW und PK)

Die Neuentwicklung der Lastprofile für das Heizen von Einfamilienhäusern (HE), Mehrfamilienhäusern (HM) und Gewerbebetrieben (HG) hat eine Verbesserung der Tagesverbrauchsprognosen basierend auf vorhergesagten Tagestemperaturen zum Ziel. Hierfür wurden neben neuen Messdaten einzelner Gasnetzbetreiber auch die neue Sigmoidfunktion nach Geiger (Lehrstuhl für Energiewirtschaft, TU München) [3] verwendet.

Die Erstellung der Lastprofile erfolgte in Anlehnung an jene des Instituts für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU Graz, die sich bereits im Jahr 2002 bewährt hat. [4]

## 2. DATENAUFBEREITUNG UND DATENÜBERSICHT

Für die Neuerstellung der Lastprofile wurden neben neuen Messdaten, die teilweise bis Juli 2007 reichten, auch solche aus dem Jahr 2004 verwendet. Dieser Schritt war notwendig um der Statistik entsprechend über ausreichend Messwerte zu verfügen.

Die folgende Tabelle gibt Auskunft darüber, wie viele Datensätze an der TU Graz einlangten. Eine detaillierte Auflistung der Datensätze ist dem Anhang zu entnehmen.

<b>Lastprofil</b>	<b>eingelangte Datensätze</b>	<b>auswertbare Datensätze</b>
<b>HE</b>	38 (30 aus 2004 und 8 aus 2007)	9
<b>HM</b>	34 (25 aus 2004 und 9 aus 2007)	8
<b>HG</b>	61	46
<b>PG</b>	12	9
<b>PK</b>	7	7
<b>PW</b>	9	8

**Tabelle 1: An der TU Graz eingelangte Datensätze**

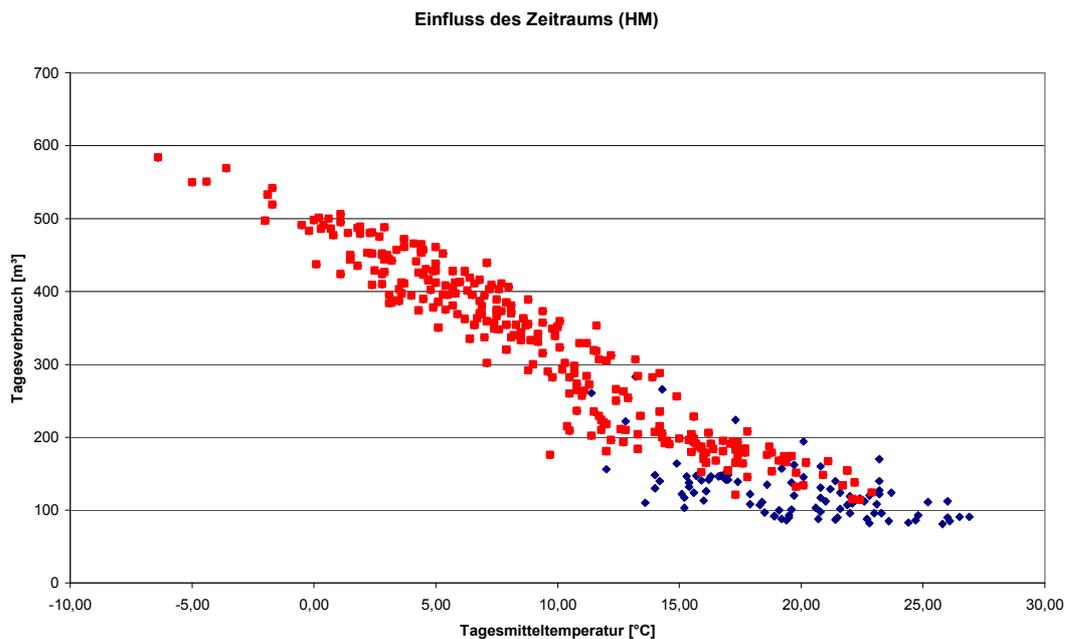
Die Messdaten aus dem Jahr 2004 waren bereits am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU Graz vorhanden, da in diesem Jahr eine Überprüfung der bisher gültigen Lastprofile durchgeführt wurde [2].

Die Durchsicht der gesammelten Messwerte und die Aufbereitung für die weitere Berechnung erfolgten in Microsoft EXCEL.

### 2.1. Bedingungen für die Brauchbarkeit der Datensätze

#### 2.1.1 Zeitraum

Damit ein Datensatz für die Erstellung der neuen Lastprofile herangezogen werden konnte, musste er einen Zeitraum von mindestens einem Jahr umfassen. Das Verbraucherverhalten ändert sich saisonal sehr stark, sodass Messungen über einen Zeitraum kleiner als ein Jahr falsch gewichtete, nicht der Realität entsprechende Ergebnisse mit sich bringen würden.



**Abbildung 1: Verfälschung des Verbraucherverhaltens wenn z.B. Messwerte für Juni, Juli und August (blaue Punkte) fehlen**

### 2.1.2 Tagesmitteltemperaturen

Der Gasverbrauch für Heizzwecke ist hauptsächlich bestimmt durch die Außentemperatur der Luft und der Umgebung. Aus diesem Grund ist es erforderlich, dass für jede Messung auch Tagesmitteltemperaturen vorhanden sind, damit ein Datensatz bei der Erstellung der neuen Lastprofile berücksichtigt werden kann. Die von der ZAMG für die einzelnen Temperaturzonen gemessenen Tagesmitteltemperaturen wurden von der AGCS (Gas Clearing and Settlement AG) zur Verfügung gestellt.

### 2.1.3 Verbraucherstruktur

Eine weitere sehr wichtige Voraussetzung für die Verwendbarkeit von Datensätzen ist eine homogene Verbraucherstruktur (z.B. nur Einfamilienhäuser), damit nicht das Verbraucherverhalten aufgrund heterogener Abnehmer verfälscht wird. Die Verbraucherstruktur ist vor allem bei Summenmessungen, welche in der Regel Ortsgasverteiler betreffen, von Bedeutung. In die Auswertung wurden nur Datensätze miteinbezogen, die eine homogene Verbraucherstruktur aufweisen.

### 2.1.4 Plausibilität

Die aufwändigste Tätigkeit bei der Datenaufbereitung machte die Plausibilitätskontrolle aus, da zu diesem Zweck jeder Datensatz auf Vollständigkeit und Sinnhaftigkeit überprüft werden musste. Nachdem die Datensätze Sommer- sowie Winterzeit bereinigt und die gesamten Stundenmessungen auf Vollständigkeit überprüft waren, wurden Tagesverbrauchswerte berechnet und diese in einem Diagramm über der Tagesmitteltemperatur aufgetragen.

Nun konnten, den folgenden Kriterien entsprechend, qualitative Aussagen bezüglich der Datensätze getätigt werden. Datensätze, die den Kriterien nicht genügten, wurden verworfen,

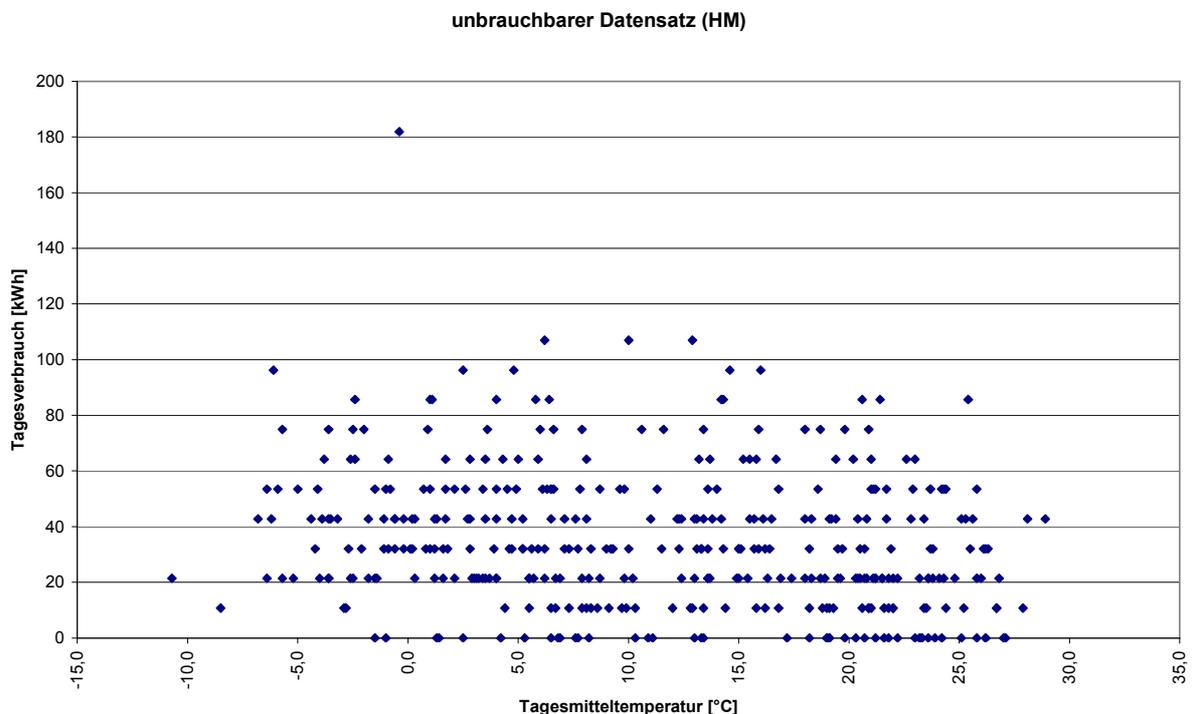
wodurch das Einfließen in die Auswertung und das damit verbundene Verfälschen der Ergebnisse verhindert wurde.

Kriterien für die Sinnhaftigkeit der Daten waren:

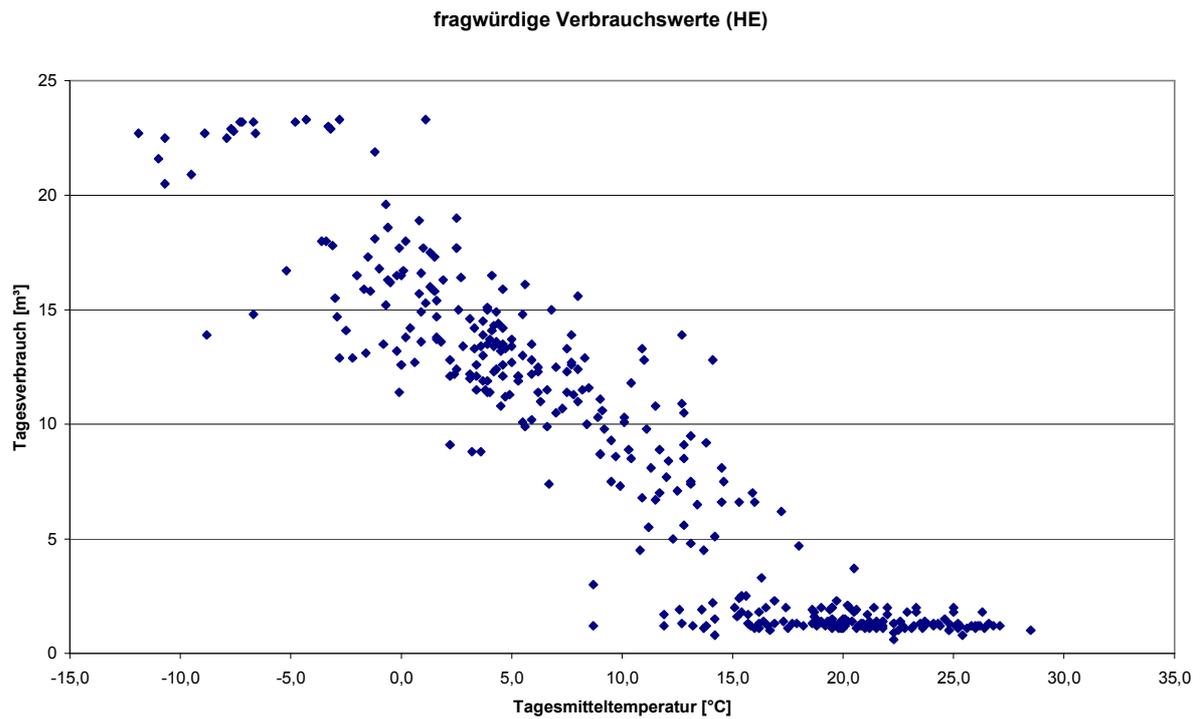
- maximaler Verbrauch im Bereich der tiefsten Temperaturen
- keine auffällig hohen Verbrauchsmengen im Sommer
- ausreichend feine Messauflösung
- geringe Streuung der Messwerte
- „sigmoider“ Verlauf der Messwerte

Schließlich wurden noch Jahresverbrauchswerte berechnet und diese mit durchschnittlichen Jahresverbrauchsmengen verglichen. Erfüllte ein Datensatz alle vorher genannten Bedingungen, so wurde er in die Erstellung der neuen Lastprofile miteinbezogen. Die strengen Kriterien, welche für vernünftige Ergebnisse unabdingbar sind, weisen einen stark selektiven Charakter auf, sodass von den, von den Gasnetzbetreibern zur Verfügung gestellten, Datensätzen nur eine relativ geringe Anzahl auch tatsächlich für die Lastprofilerstellung herangezogen werden konnte.

Im Folgenden sind beispielhaft einige Datensätze angeführt, die für die Erstellung der Lastprofile aus unterschiedlichen Gründen nicht herangezogen werden konnten.

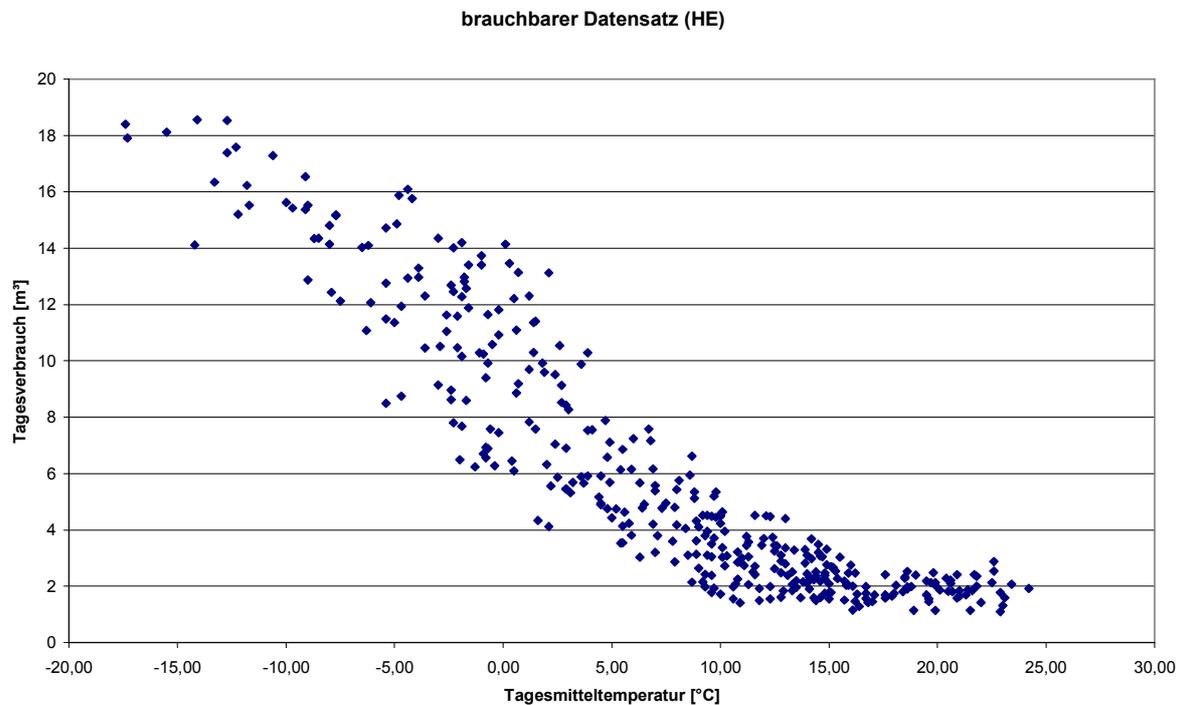


**Abbildung 2: Messreihe mit zu grober Messauflösung, Nullwerten und nicht "sigmoidem" Verlauf**

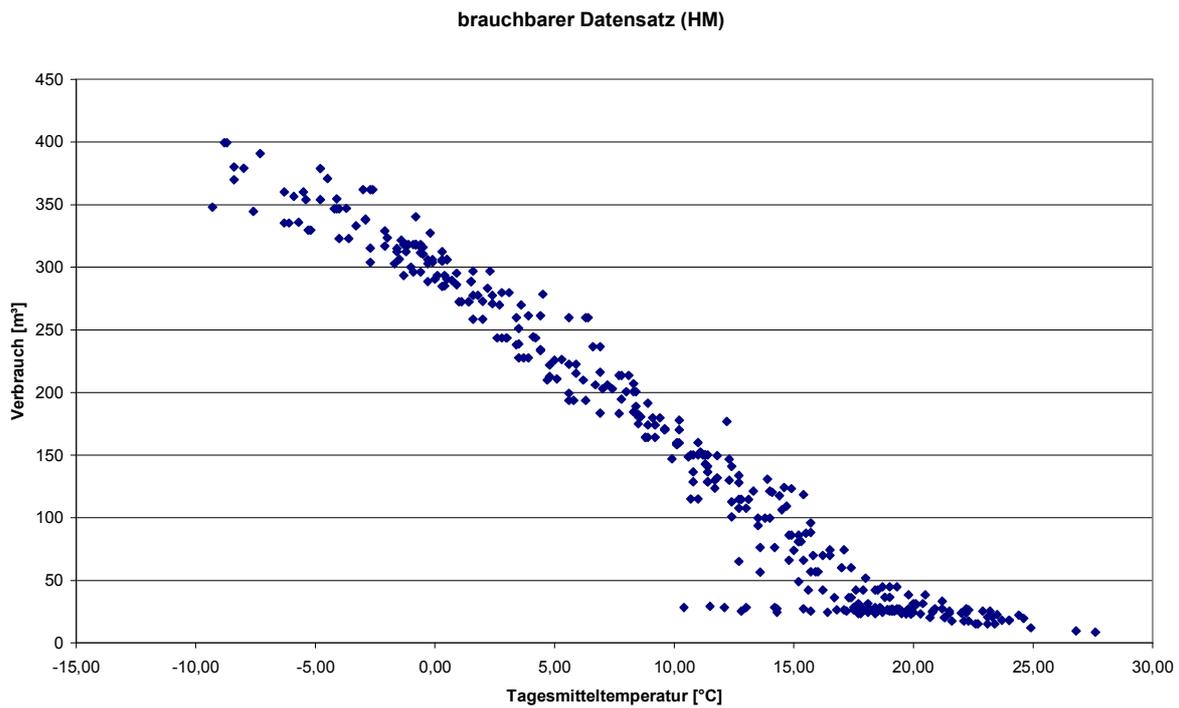


**Abbildung 3: Stark streuende Messreihe mit maximalen Verbrauchswerten in einem zu breiten Temperaturintervall**

Im Gegensatz dazu sind anschließend Datensätze dargestellt, die sich gut zur Erstellung der Lastprofile eignen und mit deren Hilfe brauchbare Ergebnisse erzielt werden können.



**Abbildung 4: Messreihe mit "sigmoidem" Verhalten, geringer Streuung und keinen Nullwerten im Sommer**



**Abbildung 5: Messreihe mit "sigmoidem" Verhalten, einer geringen Streuung und keinen Nullwerten im Sommer**

Die meisten Datensätze umfassen einen Zeitraum, der mehrere Jahre überstreicht, sodass in Summe auch der Statistik entsprechend, genügend Messwerte vorhanden waren.

Lastprofiltyp	auswertbare Datensätze	Jahresdatensätze	auswertbare Tage
HE	9	12	ca. 4500
HM	8	14	ca. 5200
HG	46	70	ca. 25500
PG	9	9	ca. 3300
PK	7	7	ca. 2600
PW	8	8	ca.3000

**Tabelle 2: Anzahl der brauchbaren Datensätze und der auswertbaren Tage**

## 2.2. Einheitliches Datenformat

Nach der Plausibilitätskontrolle wurden die Daten in ein einheitliches EXCEL Tabellenblatt eingetragen, in welchem nur noch Datum, Tagesmitteltemperatur und Tagesverbrauch aufscheinen. Ausgehend von diesen Tabellen erfolgte die Berechnung der Parameter für die neue Sigmoidfunktion.

### 3. DATENVERARBEITUNG

#### 3.1. Diskussion zur neuen Sigmoidfunktion

Als Ausgleichsfunktion wurde wie bei der Erstellung der Gaslastprofile 2002 eine Sigmoidfunktion gewählt. Für die vorliegende Arbeit wurde die von Geiger (TU München) neu veröffentlichte asymmetrische Sigmoidfunktion verwendet.

Die Regression durch eine Sigmoidfunktion stellt eine gute Abbildung des Tagesverbrauchs in Abhängigkeit von der Außentemperatur dar. Die Kurvenform entspricht den physikalischen und nutzungsbedingten Zusammenhängen bei der Wärmeversorgung (Warmwasseraufbereitung und Heizung) von Wohngebäuden (Transmission und Lüftung, solare Energiegewinnung,...). Dementsprechend besteht auch die Möglichkeit der Extrapolation zur Ermittlung von Verbrauchswerten für die keine Erfahrungswerte vorliegen (bei extrem tiefen oder auch bei extrem hohen Außentemperaturen).

Der Ansatz von Geiger sieht Stufungen für jedes Profil vor z.B. nach Baualter, Exposition, Windeinfluss usw. Da eine Abstufung solcher Art einen großen Aufwand zur Datenerhebung für die Netzbetreiber darstellt, hat man sich bereits im Jahr 2002 auf die Profile „Heizen Einfamilienhaus“ (HE) und „Heizen Mehrfamilienhaus“ (HM) beschränkt und dabei auch keine genauere Profilstufung vorgesehen.

Die neue Sigmoidfunktion lautet:

$$h(\vartheta_a) = \frac{A}{1 + \left( \frac{B}{\vartheta_a - \vartheta_{a0}} \right)^C} + D$$

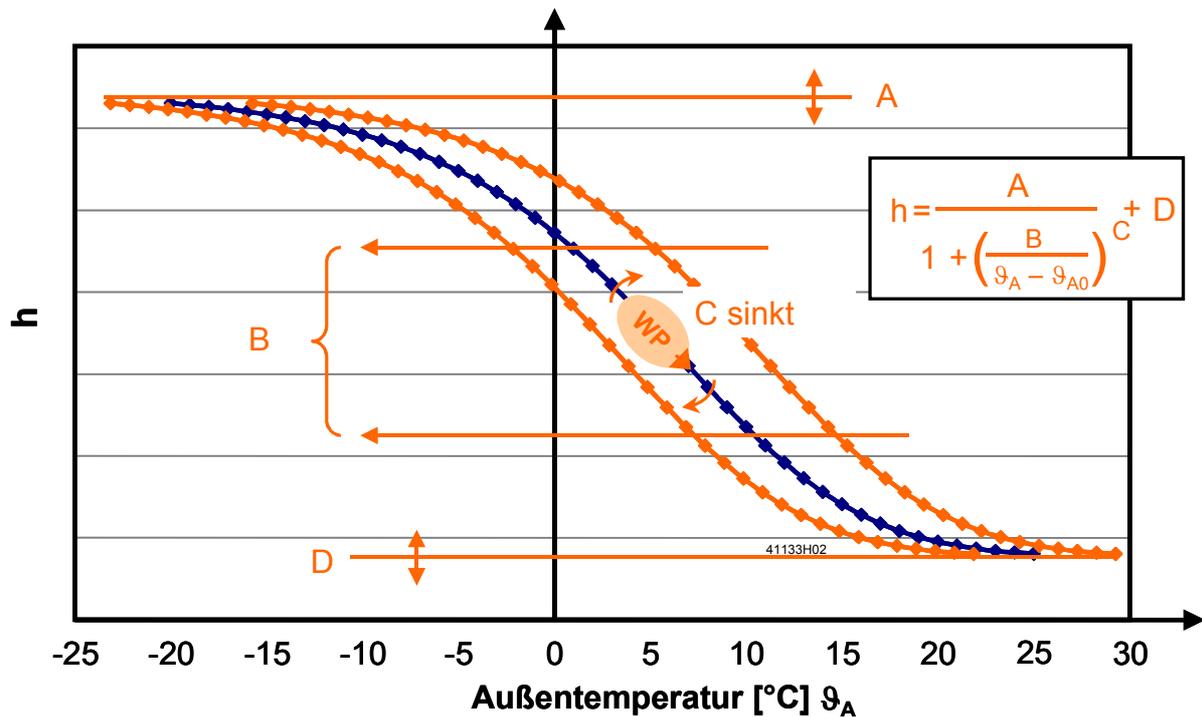
Gl. 3.1

Die Form der Ausgleichsfunktion ist dabei durch vier Parameter A, B, C, D darstellbar. In Abbildung 6 ist zu erkennen, wie die Kurve aussieht und wie sich Änderungen der einzelnen Parameter auf den Verlauf der Kurve auswirken.

A, B, C, D: Parameter der Sigmoidfunktion

$\vartheta_A$ : Außentemperatur der Luft (Prognose)

$\vartheta_{A0}$ : = 40°C



**Abbildung 6: Einfluss der Parameter A, B, C und D auf den Funktionsverlauf\***

Die neue asymmetrische Sigmoidfunktion zeigt ebenso wie die zur Zeit verwendete symmetrische Sigmoidfunktion bei höheren Temperaturen eine asymptotische Näherung an einen Grundverbrauchswert (berücksichtigt durch den Parameter D). Der wesentliche Vorteil der neuen Funktion liegt darin, dass der rechten Ast gegenüber dem linken Ast der Kurve asymmetrisch gestaltet werden kann. Dadurch kann beim Übergang zwischen Heizen und Warmwasserbereitung eine stärkere Krümmung im rechten Teil der Kurve dargestellt werden und der Einfluss des Parameters D als maßgebliche Größe für den Verbrauch im Sommer kommt besser heraus. Dieser nahezu konstante, niedrige Verbrauch während der Sommermonate ist auf die Warmwasseraufbereitung zurückzuführen, der je nach Ausstattung der Gebäude mit z.B. Warmwassererzeugung durch Solarenergie oder Strom unterschiedlich ist. In der Abbildung 6 ist gut ersichtlich, dass mit Hilfe des Parameters D eine etwaige „Sommerlastigkeit“ einfach korrigiert werden kann.

### 3.2. Temperaturkorrektur

In den Gaslastprofilen für Heizen wird das Verbrauchsverhalten der Kunden nur in Abhängigkeit der aktuellen mittleren Temperatur eines Tages berechnet. Darin können Effekte, wie z.B. der von der Temperatur unabhängige Grundlastanteil (z.B. Warmwassererzeugung) berücksichtigt werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin das Speichervermögen der Gebäude über eine Temperaturglättung (Mittelung mit Vortagestemperaturen) zu berücksichtigen. Es können mit einer solchen Temperaturglättung jedoch auch andere Effekte, wie z.B. der Effekt, dass im Sommer trotz eines Kälteeinbruchs die Heizungen nicht eingeschaltet werden, ansatzweise abgebildet werden. In den Arbeiten

\* Quelle: Prof. Dr. Bernd Geiger, TU München

von Geiger wird daher eine Temperaturglättung vorgeschlagen, die hauptsächlich den Speichereffekt abbildet. In einer sogenannten gewichteten Temperaturglättung, wie sie unter Punkt 3.2.1 beschrieben ist, können auch die oben erwähnten Sommereffekte einfacher berücksichtigt werden.

### 3.2.1 Temperaturglättung nach Geiger

Die Variable  $\vartheta_a$  bezeichnet die korrigierte (geglättete) Temperatur, welche die Vortage berücksichtigt, um das Speichervermögen der Gebäude abzubilden.

$$\vartheta_a = \frac{\vartheta_t + 0,5 \cdot \vartheta_{t-1} + 0,25 \cdot \vartheta_{t-2} + 0,125 \cdot \vartheta_{t-3}}{1 + 0,5 + 0,25 + 0,125} \quad \text{Gl. 3.2}$$

Dabei bedeuten:

- $\vartheta_a$ : geglättete Temperatur für den Betrachtungstag
- $\vartheta_t$ : gemessene Temperatur für den Betrachtungstag
- $\vartheta_{t-1}$ : gemessene Temperatur des Vortages
- $\vartheta_{t-2}$ : gemessene Temperatur des Vor-Vortages
- $\vartheta_{t-3}$ : gemessene Temperatur des Vor-vor-Vortages

In den Auswertungen stellte sich eine geeignete Temperaturkorrektur als wichtiger Verbesserungsschritt heraus. Zwar verschleift eine solche Temperaturbetrachtung bei markanten Temperatursprüngen Spitzen im Tagestemperaturverlauf, jedoch zeigt das Verbraucherverhalten eine ähnliche Tendenz.

### 3.2.2 Gewichtete Temperaturglättung

Eine besonders gute Abbildung des Einflusses der Vortagestemperaturen ergibt sich durch die Verwendung einer Gewichtungsfunktion. Dabei wird für jeden Tag eine geglättete Tagesmitteltemperatur durch Verschleifen der tatsächlichen gemessenen Tagesmitteltemperatur mit der geglätteten Vortagesmitteltemperatur berechnet. Für einen Glättungsfaktor  $\alpha$  ergibt sich also die aktuelle geglättete Tagesmitteltemperatur aus:

$$\vartheta_{a,t} = \alpha \cdot \vartheta_t + (1 - \alpha) \cdot \vartheta_{a,t-1} \quad \text{Gl. 3.3}$$

Dabei bedeuten:

- $\vartheta_{a,t}$ : geglättete Temperatur für den Betrachtungstag
- $\vartheta_{a,t-1}$ : geglättete Temperatur des Vortages
- $\alpha$ : Glättungsfaktor

Für einen Glättungsfaktor von 0,5 ergibt sich ein Zusammenhang, der sehr nahe an der Gleichung von Geiger liegt. Der Vorteil der hier beschriebenen Gleichung ist, dass im Gegensatz zum Ansatz von Geiger leicht zwischen unterschiedlichen Faktoren umgeschaltet werden kann.

### 3.3. Vorgehensweise bei der Erstellung der Lastprofile für Heizen (Bottom-Up Ansatz versus Top-Down Ansatz)

Die hier als **Bottom-Up Ansatz** bezeichnete Vorgangsweise geht davon aus, dass aus den ausgewählten Datensätzen die entsprechenden Gaslastprofile abgeleitet werden können. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass die Auswahl eher willkürlich getroffen wurde und über eher „weiche“ Argumente wie z.B. Auswertbarkeit und Plausibilität weiter selektiert wurde. Nun stellt sich die Frage, ob diese Auswahl tatsächlich einer großen Anzahl von nicht-leistungsgemessenen Kunden entspricht. Die Anwendbarkeit der Gaslastprofile hängt damit eher zufällig davon ab, ob die ausgewählten Datensätze ein ähnliches Verhalten zeigen, wie das damit bewertete Gros an Kunden. In Deutschland gibt es daher in jedem Bundesland fünf Ausprägungen (Parametersätze) je Kundengruppe, deren Anwendungskriterien nicht einfach beschreibbar sind. Es besteht daher in der Anwendung der Gaslastprofile in Deutschland eine gewisse Freiheit und damit verbunden auch eine Willkür. Eine grundsätzlich andere Vorgangsweise ist daher die hier als **Top-Down-Ansatz** bezeichnete Vorgangsweise, nämlich eine Verbrauchskurve für ein großes Kollektiv an Kunden auszuwerten und die Anwendbarkeit der Gaslastprofile für dieses Kollektiv zu überprüfen. Diese Vorgangsweise wurde für mehrere große Verbrauchergruppen unterschiedlicher Gasnetzbetreiber durchgeführt. Die Ergebnisse werden im Abschnitt 3.6 beschrieben

### 3.4. Bottom-Up Ansatz

#### 3.4.1 Normierung

Nach Aufbereitung der einzelnen Datensätze wurden die Tagesverbräuche normiert, um die Unterschiede im Heizverhalten der Verbraucher auszugleichen. Dadurch sind die Daten miteinander vergleichbar und können somit für die Erstellung der Heizprofile zusammengeführt werden.

$$h_i = \frac{W_i}{\overline{W}_i} \quad \text{mit:} \quad \overline{W}_i = \frac{W_{\text{Jahr}}}{d} \quad \text{Gl. 3.4}$$

mit:	i	Zählindex
	$h_i$	normierter Tagesverbrauch
	$W_i$	Tagesverbrauch
	$\overline{W}_i$	durchschnittlicher Tagesverbrauch
	$W_{\text{Jahr}}$	Gesamtjahresverbrauch
	d	Anzahl der Tage pro Jahr

### 3.4.2 Standortbereinigung

Damit die einzelnen Daten gemeinsam ausgewertet werden konnten, mussten diese vom Standort unabhängig aufbereitet werden. Dazu wurde für jeden Datensatz die Temperatur bei einem normierten Verbrauch  $h$  gleich 1 ermittelt. Für die Profile Heizen Einfamilienhaus (HE) und Heizen Mehrfamilienhaus (HM) wurde getrennt der Temperaturschwerpunkt ( $\vartheta_{ref}$ ) ermittelt:

Heizgasprofil	HG	HE	HM
Anzahl der Datensätze	46	9	7
$\vartheta_{ref}$ [°C]	10,2 °C	7,3 °C	9,6 °C

**Tabelle 3: Ermittelte Referenztemperaturen bei einem normierten Verbrauch von 1**

Die Referenztemperatur ist dabei der Durchschnitt jener Tagesmitteltemperaturen bei denen der normierte Verbrauch gleich 1 ist.

Zunächst muss die Ausgleichsfunktion für jeden Datensatz bezüglich des Standort unabhängigen normierten Verbrauchs  $h_0(\vartheta_A)$  angepasst werden. Daraus ergibt sich der normierte Verbrauch bei  $\vartheta_{ref}$  mit  $h_0(\vartheta_{ref})=h_{ref}$ , der im Allgemeinen nicht bei 1 liegt und durch die Temperaturberichtigung auf den Wert 1 gebracht wird.

Die standortunabhängigen normierten Verbrauchswerte wurden über folgende Zusammenhänge berechnet:

$$h(\vartheta_A) = \frac{h_0(\vartheta_A)}{h_{ref}} \tag{Gl. 3.5}$$

- mit:  $\vartheta_A$  Tagesmitteltemperatur
- $h_0(\vartheta_A)$  standortabhängiger normierter Tagesverbrauch
- $h_{ref}$  Funktionswert der Ausgleichsfunktion der standortabhängigen normierten Tagesverbräuche bei 7,3°C; 9,6°C bzw. 10,2°C
- $h(\vartheta_A)$  standortunabhängiger normierter Tagesverbrauch

### 3.4.3 Mittelwertbildung

Im mittleren Temperaturbereich sind bedeutend mehr Messwerte vorhanden als bei hohen oder sehr tiefen Temperaturen. Die Methode der kleinsten Fehlerquadrate bedingt also, dass im mittleren Temperaturbereich eine große Anzahl von Fehlerquadraten zu minimieren ist, weshalb die Funktion diesen Bereich sehr gut abbildet, jedoch zu Lasten jener Abschnitte in welchen weniger Messwerte vorliegen.

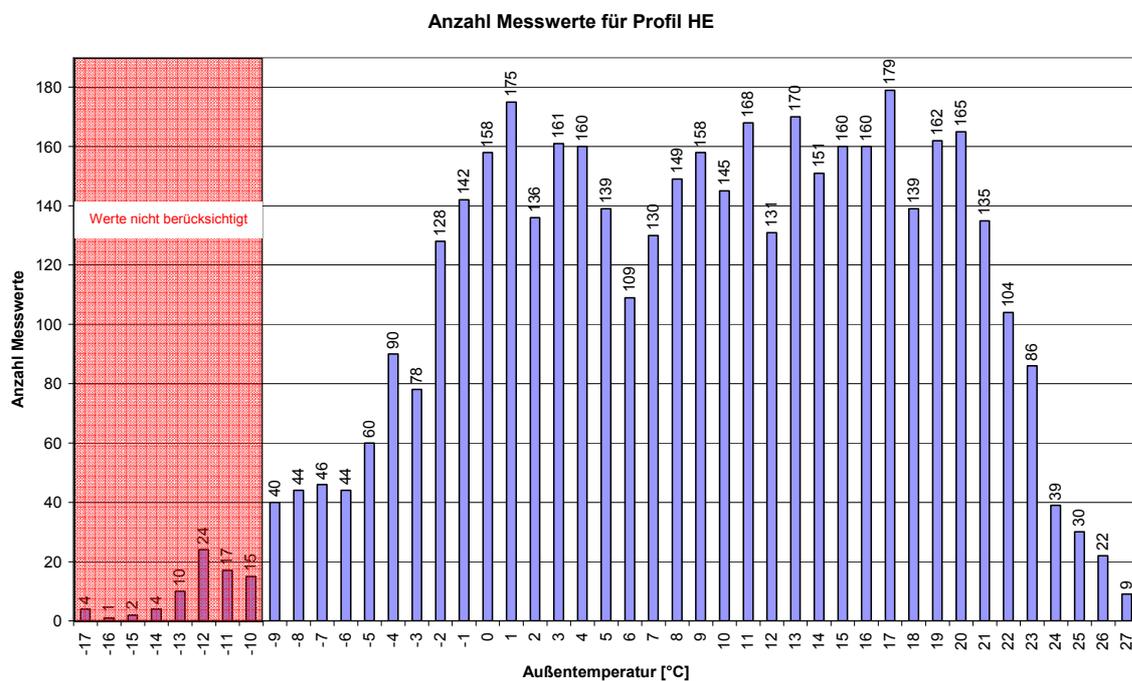
Anhand der Mittelwertbildung wird sichergestellt, dass auch Verbrauchswerte bei hohen und tiefen Temperaturen einen gleichwertigen Einfluss auf den Kurvenverlauf haben.

Dabei wurden über Temperaturintervalle von 1°C Mittelwerte für die vom Standort unabhängigen normierten Verbrauchswerte gebildet.

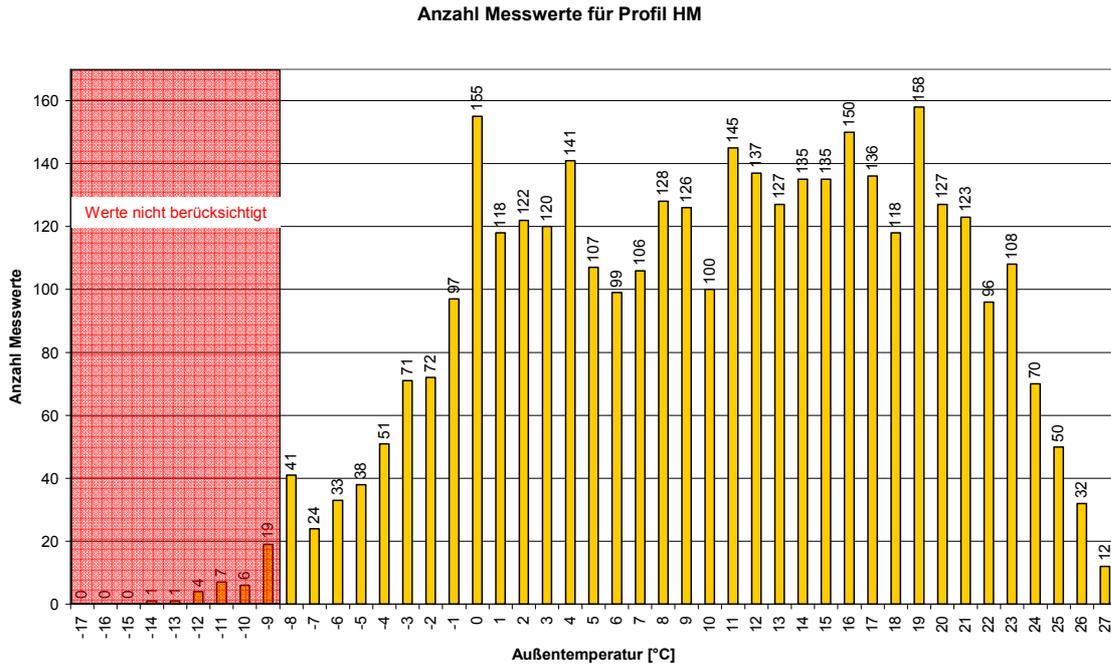
Bevor für jeden Datensatz eine Mittelung vorgenommen wurde, erfolgte eine Analyse der Anzahl von Messwerten in den Temperaturintervallen. Ziel dieser Erhebung war, einen Temperaturbereich festzulegen, indem eine genügend große Anzahl von Messwerten vorhanden ist. Dabei wurden die Profile HE, HM und HG getrennt betrachtet.

Abbildung 7 zeigt die Auswertung für das Profil HE, wobei zu erkennen ist, dass ab  $-9^{\circ}\text{C}$  die Messwertanzahl unter 30 absinkt. Aufgrund von mehreren vorhergehenden Ansätzen war bekannt, dass bei noch tieferen Temperaturen eine sehr große Streuung vorliegt. Deshalb wurde beschlossen, Werte unter  $-9^{\circ}\text{C}$  aus der Auswertung herauszunehmen.

Die Überprüfung hat gezeigt, dass bei sehr tiefen Außentemperaturen die Ausgleichsfunktion eine zufriedenstellende Approximation liefert.

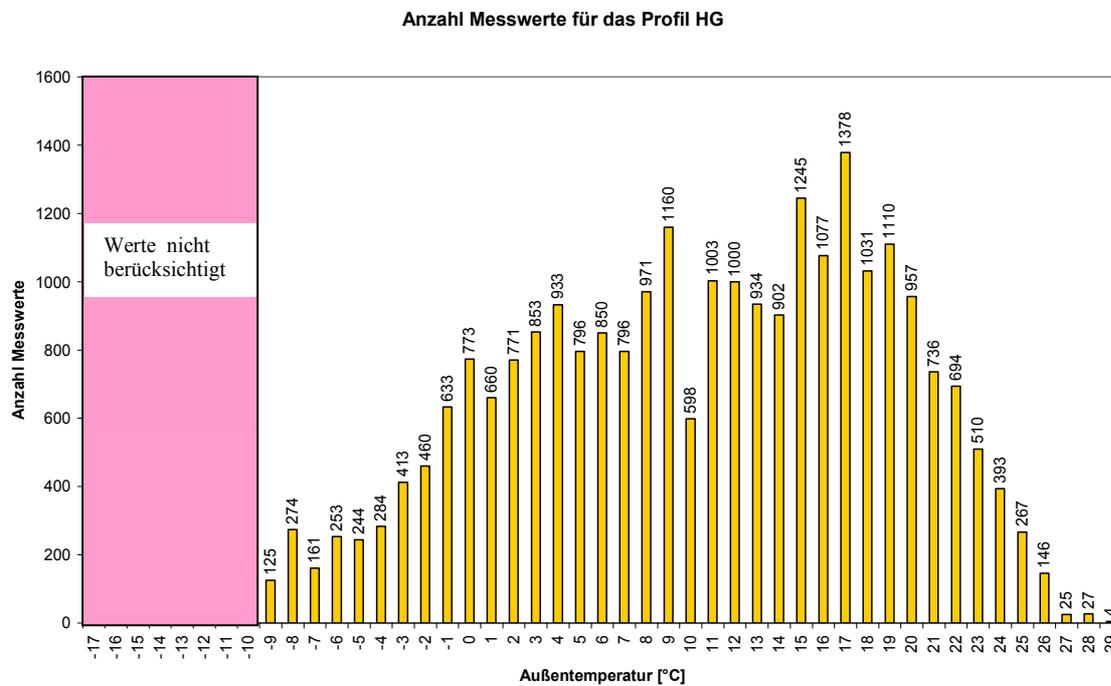


**Abbildung 7: Analyse der Anzahl von Messwerten für das Profil HE**



**Abbildung 8: Analyse der Anzahl von Messwerten für das Profil HM**

Dieselbe Erhebung wurde auch für die Daten des Profils Heizen Mehrfamilienhaus (HM) durchgeführt und dabei ergab sich die in Abbildung 8 dargestellte Verteilung der Messwerte. Bei dem Profil HM wurden Messwerte für Temperaturen unter  $-8^{\circ}\text{C}$  aus der Auswertung aufgrund der geringen Anzahl (unter 30) im Temperaturintervall und der damit verbundenen großen Streuung herausgenommen.



**Abbildung 9: Analyse der Anzahl von Messwerten für das Profil HM**

Auch für die Daten des Profils Heizen Gewerbe (HG) wurde dieselbe Erhebung durchgeführt und dabei ergab sich die in Abbildung 9 dargestellte Verteilung der Messwerte. Bei dem

Profil HG wurden Messwerte für Temperaturen unter  $-9^{\circ}\text{C}$  aus der Auswertung aufgrund der geringen Anzahl (unter 50) im Temperaturintervall und der damit verbundenen großen Streuung herausgenommen.

### 3.4.4 Ausgleichsrechnung

Um alle Daten einer gemeinsamen Auswertung zuführen zu können, müssen die Schritte der Normierung, der Standortbereinigung und der Mittelwertbildung erledigt werden. Anschließend wurden die gesamten Verbrauchswerte über der Außentemperatur aufgetragen. An die so entstandene Punktwolke wurde mit Hilfe der Methode der kleinsten Fehlerquadrate die Sigmoidfunktion für die Heizlastprofile HM, HE und HG angepasst.

Die ermittelten Koeffizienten wurden anschließend für jeden Datensatz überprüft und nach Abschluss der Analysen dem Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

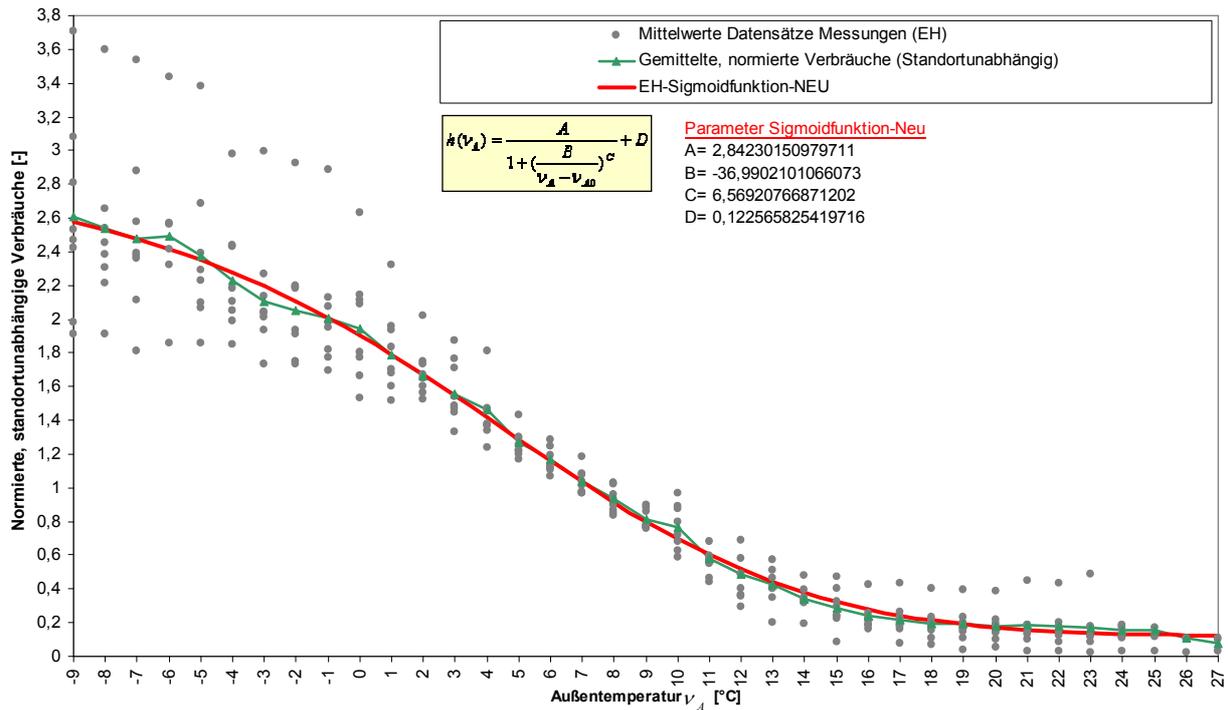
#### Parameter der neuen Sigmoidfunktion

In der nachfolgenden Tabelle werden die ermittelten Koeffizienten für den jeweiligen Verbrauchertyp gezeigt.

<b>Parameter Profiltyp</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>HE</b>	2,8423015098	-36,9902101066	6,5692076687	0,1225658254
<b>HM</b>	2,3994211316	-34,1350545407	5,6347421440	0,1728484079
<b>HG</b>	3,0404658371	-35,6696458089	5,6585923962	0,1187586955

**Tabelle 4: Parameter der neuen Sigmoidfunktion für HE, HM und HG**

In den Abbildungen 10, 11 und 12 sind die Ergebnisse der Auswertungen für die Profile HE, HM und HG zu sehen.



**Abbildung 10: Auswertungen für das Profil HE**

Die Kurvenverläufe von Heizen Einfamilienhaus HE, Heizen Mehrfamilienhaus HM und Heizen Gewerbe HG zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Mittelwerten der entsprechenden Außentemperaturen. Gut zu erkennen ist der Streubereich der Messwerte bei tiefen Temperaturen, der beim Profil Heizen Gewerbe am größten ist und für Einfamilienhaus HE ausgeprägter als beim Profil Heizen Mehrfamilienhaus HM ist.

Gaslastprofil	Datensatzjahre	Auswertbare Mess-Tage
HE	12	4379
HM	14	5246
HG	70	25550

**Tabelle 5: Anzahl der Datensatzjahre und auswertbaren Messtage für HE, HM und HG**

Tabelle 5 zeigt wie viele Datensatzjahre in die Ausarbeitung des jeweiligen Verbrauchertyps eingeflossen sind bzw. wie viele Messtage ausgewertet werden konnten.

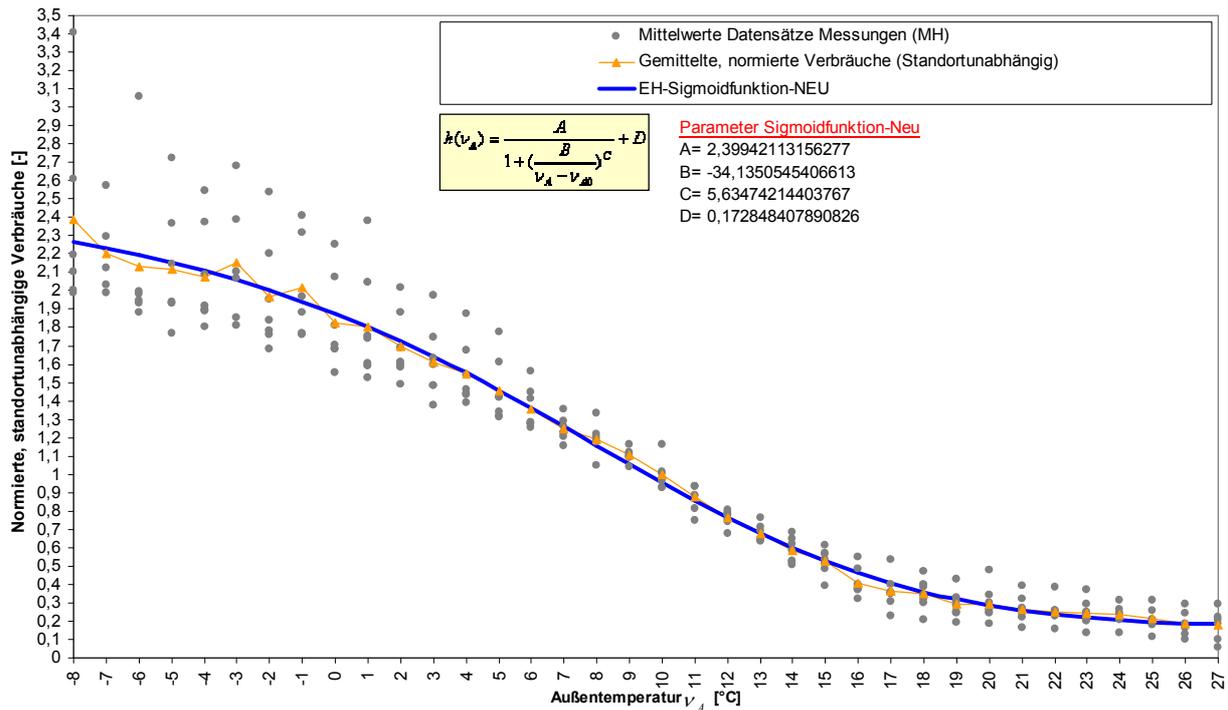


Abbildung 11: Auswertung für das Profil HM

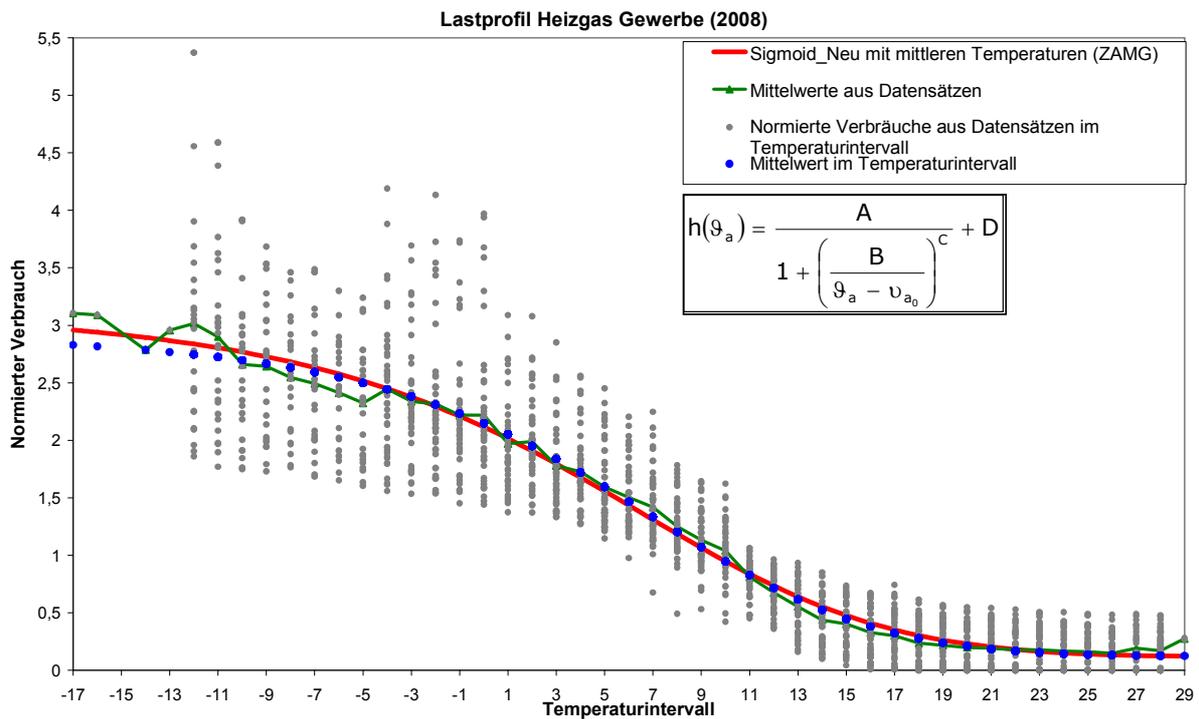
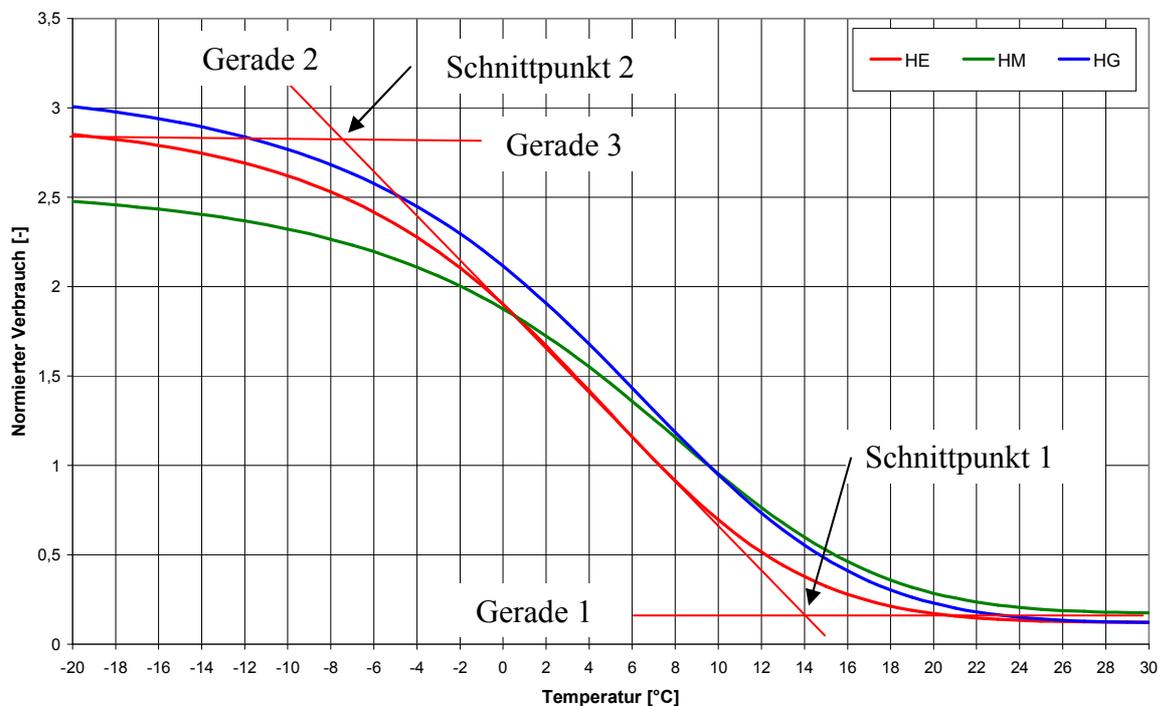


Abbildung 12: Auswertung für das Profil HG

Abbildung 13 zeigt die beiden ermittelten Lastprofile HE, HM und HG im Außentemperaturbereich von -20°C bis 30°C. Die Verbrauchsprognosen von ca. -8°C bis -20°C sind das Ergebnis der Extrapolation der Sigmoidfunktion mit den entsprechenden

Parametern. Der normierte Verbrauch des Profils HM bei  $-20^{\circ}\text{C}$  entspricht etwa dem des ermittelten Profils HM der Auswertung aus dem Jahr 2002. Der normierte Verbrauch des Profils HE hat sich bei  $-20^{\circ}\text{C}$  von 3,5 (aus 2002) auf unter 3 abgesenkt. Der Wert des Profils HG hat sich von ca. 2,5 (2002) auf 3,0 erhöht. Bei allen Profilen ist jedoch zu beachten, dass nicht allein der Wert bei  $-20^{\circ}\text{C}$  ausschlaggebend ist, sondern auch das Verhältnis zwischen reinen Sommerwerten ( $> 20^{\circ}\text{C}$ ) und den Werten bei niedrigen Temperaturen ( $< 0^{\circ}\text{C}$ ). Weitere wichtige Eigenschaften sind der sogenannte Einschaltpunkt der Heizung. Dieser kann näherungsweise mit dem Schnittpunkt 1 der Geraden  $D = \text{konst.}$  (Gerade 1) mit der Tangente durch den Wendepunkt (Gerade 2) ermittelt werden (siehe Beispiel für HE). Ebenso ist der Schnittpunkt 2 der Tangente durch den Wendepunkt (Gerade 2) mit der waagrechten Geraden (Gerade 3) durch den Verbrauchspunkt bei  $-20^{\circ}\text{C}$  interessant, da er eine Abschätzung des prognostizierten Verhaltens bei sehr niedrigen Temperaturen zeigt.



**Abbildung 13: Vergleich der Profile HE, HM und HG**

### 3.5. Analyse der Ergebnisse

#### 3.5.1 Berechnung von Standardabweichung und Vertrauensbereich

Die Standardabweichung dient als Maßstab für die statistische Qualität des Verfahrens. Für die Mittelwerte in den jeweiligen Temperaturintervallen wurde die zweifache Standardabweichung (grün) berechnet. Die Standardabweichung berechnet sich aus der Wurzel der Fehlerquadrate bezogen auf die Anzahl der Werte im jeweiligen Temperaturintervall. In den zwei nachfolgenden Diagrammen ist ebenso die Anzahl der Messwerte der Temperaturintervalle abgebildet (braun). Im mittleren Temperaturbereich ist erfahrungsgemäß der Großteil der Messwerte zu finden, deshalb ist in diesem Bereich eine gute statistische Sicherheit gegeben. Beide Auswertungen zeigen bei hohen Temperaturen und bei Temperaturen bis etwa -8°C eine gute Übereinstimmung der prognostizierten Verbrauchswerte aus dem Tabellenprofil mit den normierten Verbrauchswerten aus Messungen.

Da bei der Datensichtung unwahrscheinliche Verbrauchswert eliminiert wurden, kann für die Profile HE, HM und HG je ein Vertrauensbereich (Konfidenzintervall) definiert werden. Um einen 95%-Vertrauensbereich des Mittelwerts im Temperaturintervall berechnen zu können, muss zuvor der Standardfehler bestimmt werden.

Standardfehler und Standardabweichung hängen wie folgt zusammen:

$$S_x = \sqrt{\frac{(\bar{w} - w_i)^2}{(n - 1)}} \quad S_x \quad \text{Standardabweichung im Temperaturintervall} \quad \text{Gl.3.6}$$

- mit:  $\bar{w}$  Mittelwert im Temperaturbereich aus Messung  
 $w_i$  Mittelwert im Temperaturbereich aus Prognose  
 $i$  Zählindex  
 $n$  Stichprobenanzahl

$$\hat{\sigma}_x = \frac{S_x}{\sqrt{n}} \quad \hat{\sigma}_x \quad \text{Standardfehler} \quad \text{Gl 3.7}$$

Unter der Annahme einer Standardnormalverteilung kann der 95%ige Vertrauensbereich wie folgt angegeben werden:

Untere Grenze des 95% Vertrauensbereichs:

$$VB_{Gr\_unten} = \bar{w} - 2 \cdot \hat{\sigma}_x \quad \text{Mittelwert minus doppelter Standardabweichung}$$

Obere Grenze des 95% Vertrauensbereichs:

$$VB_{Gr\_oben} = \bar{w} + 2 \cdot \hat{\sigma}_x \quad \text{Mittelwert plus doppelter Standardabweichung}$$

$\bar{w}$  : Mittelwert der Stichproben

Bei einer genügend großen Anzahl von Messwerten liegt der Vertrauensbereich näher am errechneten Mittelwert. Der Mittelwert der Verbrauchswerte liegt also mit 95%iger Wahrscheinlichkeit zwischen den berechneten Grenzen.

Die Anzahl der Messwerte im Temperaturintervall, die notwendig ist, um eine gesicherte statistische Aussage treffen zu können, liegt bei mindestens 30. Deshalb kann bei Unterschreitung dieser Stichprobenanzahl keine statistische Aussage mehr getroffen werden, wie dies vor allem bei höheren und sehr niedrigen Temperaturen der Fall ist.

Eine weitere statistische Kennzahl, die zum Vergleich herangezogen wurde, ist die Bias Kennzahl, die sich aus der Summe der Absolutbeträge der Abweichungen vom Mittelwert, bezogen auf die Anzahl der Mittelwerte.

$$Bias = \frac{\sum (|\bar{w} - w_i|)}{n_w} \quad \text{Gl. 3.8}$$

- mit:  $\bar{w}$  Mittelwert aus Messung  
 $w_i$  prognostizierter Wert im Temperaturintervall  
 $i$  Zählindex  
 $n_w$  Anzahl der Mittelwerte

Für die Profile HE und HM wurde jeweils ein Bias Wert ermittelt, um die Verbesserungen visualisieren zu können. Je kleiner die Bias Kennzahl desto besser orientiert sich das Tabellenprofil am Mittelwert im Temperaturintervall.

### 3.5.2 Vergleich für das Lastprofil Heizen Einfamilienhaus (HE)

Das Lastprofil HE (rot) zeigt eine gute Übereinstimmung mit den Mittelwerten (blau) (Abb.14), besonders in Temperaturintervallen in welchen die Messwertanzahl 100 übersteigt. Erst ab  $-10^\circ\text{C}$  Außentemperaturen hin zu tieferen Temperaturen sind aufgrund der Streuung der Mittelwerte, sowie der geringen Anzahl von Messwerten keine gesicherten statistischen Aussagen mehr möglich.

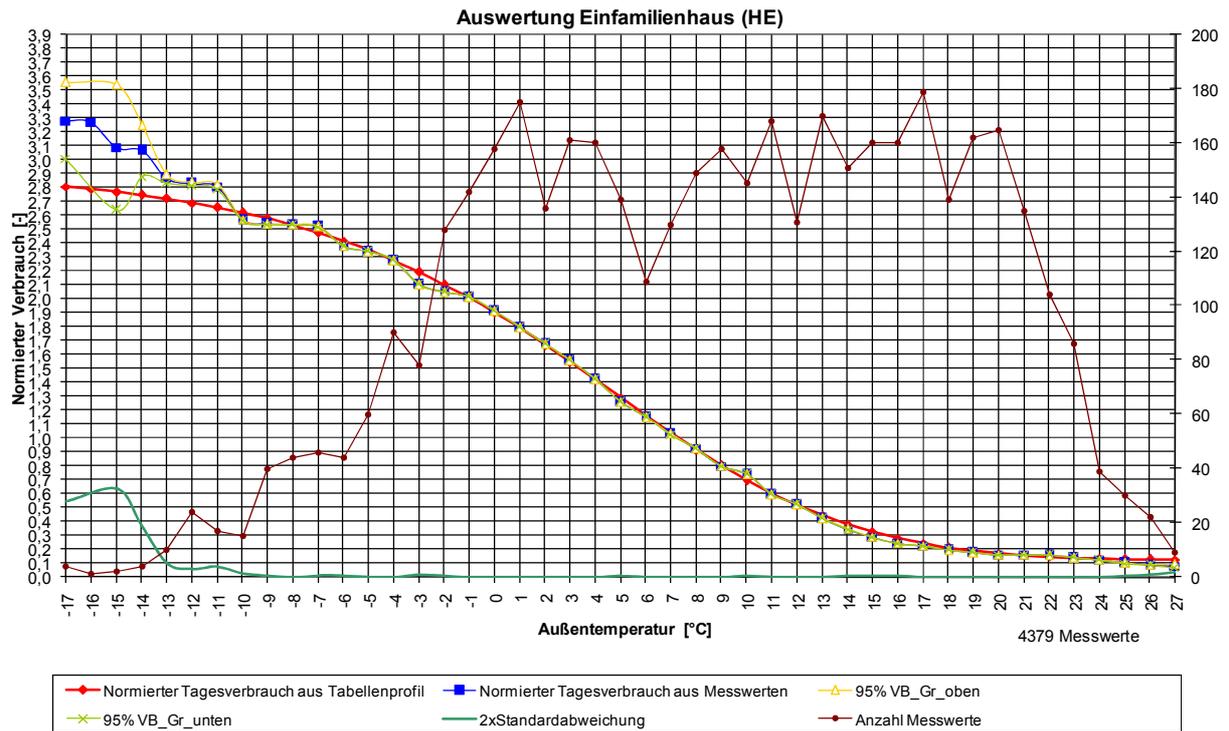


Abbildung 14: Statistische Analyse für das Lastprofil HE

### 3.5.3 Vergleich für das Lastprofil Heizen Mehrfamilienhaus (HM)

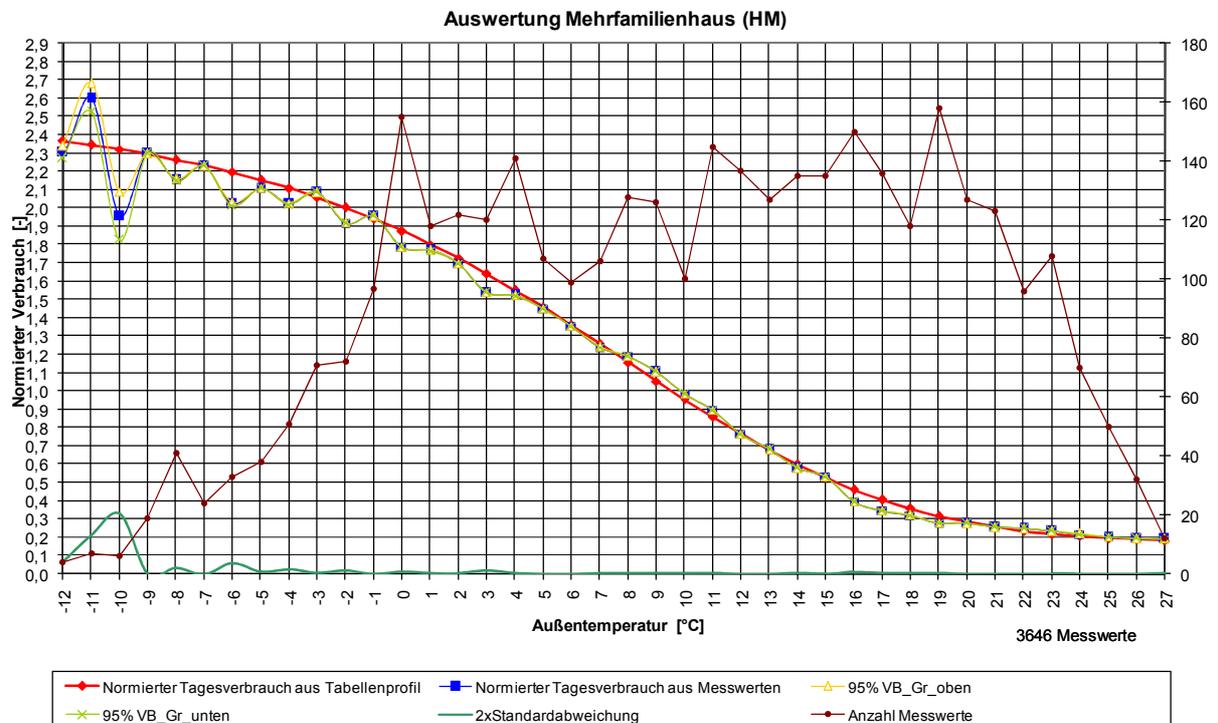


Abbildung 15: Statistische Analyse für das Lastprofil HM

Das Ergebnis des Profils Heizen Mehrfamilienhaus (Abb. 15) zeigt ebenso wie das Profil HE ein zufriedenstellendes Ergebnis. Das Tabellenprofil zeigt in einem Temperaturbereich von -9°C bis 27°C eine gute Übereinstimmung mit den Mittelwerten. Analog zum Profil HE kann bemerkt werden, dass mit sinkender Anzahl von Messwerten (ab etwa -5°C Außentemperatur) die Streuung zunimmt und dadurch ebenfalls keine statistisch gesicherte Aussage mehr getroffen werden kann. Bei höheren Temperaturen ergibt sich aufgrund der niedrigen Verbrauchswerte, trotz geringer Messwertanzahl nahezu keine Abweichung von den Mittelwerten.

### 3.5.4 Vergleich für das Lastprofil Heizen Gewerbe (HG)

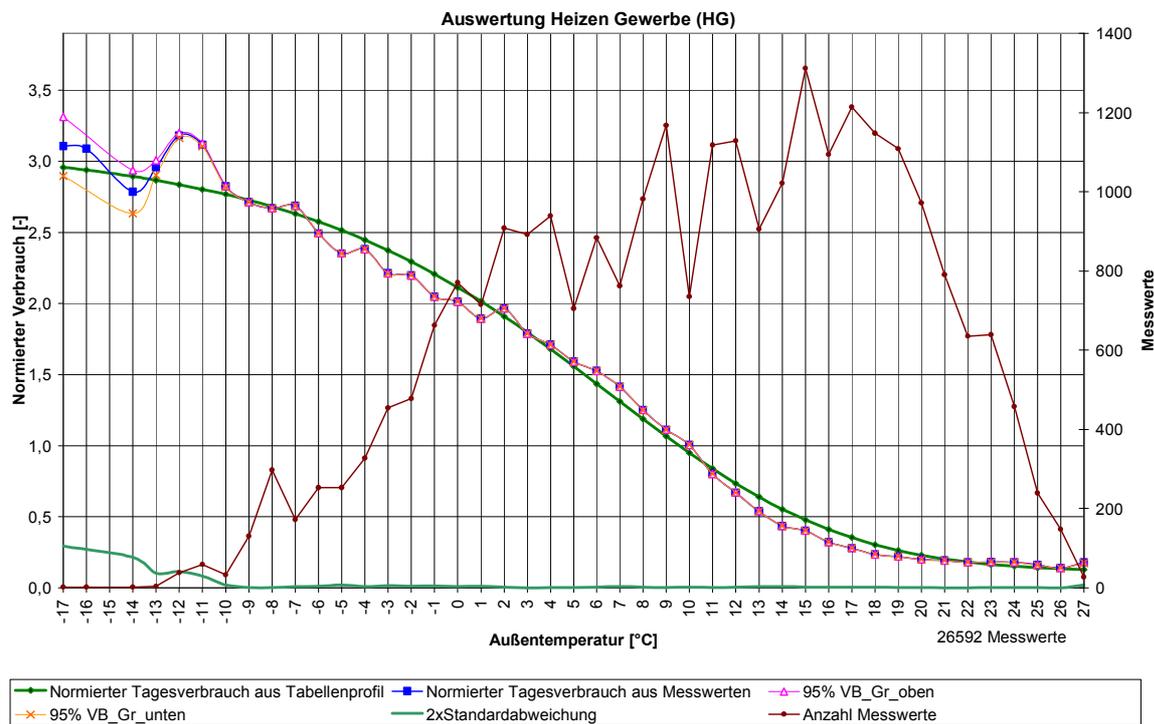


Abbildung 16: Statistische Analyse für das Lastprofil HG

Das Ergebnis des Profils Heizen Gewerbe (Abb. 16) zeigt ebenso wie die beiden anderen Profil ein zufriedenstellendes Ergebnis. Das Tabellenprofil zeigt in einem Temperaturbereich von -10°C bis 27°C eine gute Übereinstimmung mit den Mittelwerten. Es zeigt sich, dass mit sinkender Anzahl von Messwerten (ab etwa -10°C Außentemperatur) die Streuung zunimmt und dadurch ebenfalls keine statistisch gesicherte Aussage mehr getroffen werden kann. Bei höheren Temperaturen ergibt sich aufgrund der niedrigen Verbrauchswerte, trotz geringer Messwertanzahl nahezu keine Abweichung von den Mittelwerten. Kleinere Abweichungen ergeben sich in den Bereichen niedriger Temperaturen von -6 °C bis +1 °C und bei höheren Temperaturen zwischen 12 °C und 19 °C , wo alle Mittelwerte unter den Werten der Sigmoidfunktion liegen. Hier zeigen sich Schwächen dieses Verfahrens. Es kann hier offensichtlich nicht das gesamte Verbrauchsverhalten nur über die Außentemperaturen beschrieben werden.

In der folgenden Tabelle 6 werden die einzelnen statistischen Kennzahlen (Standardabweichung  $S_x$ , Bias-Kennzahl) für den jeweiligen Lastprofiltyp (HE, HM oder HG) gezeigt.

<b>Lastprofil</b>	<b><math>S_x</math></b>	<b>Bias</b>
<b>HE</b>	0,13	0,06
<b>HM</b>	0,10	0,05
<b>HG</b>	0,11	0,08

**Tabelle 6: Statistische Kennzahlen im Vergleich**

### **3.6. Top-Down Ansatz**

Als Top-Down Ansatz wird hier die Vorgangsweise bezeichnet, die Parameter der Sigmoidfunktionen aus einem großen Kollektiv an Verbrauchern zu ermitteln. Diese Vorgangsweise steht im Gegensatz zum Bottom-Up Ansatz, bei dem die Parameter der Sigmoidfunktionen aus wenigen „idealen“ Datensätzen ermittelt werden. Große Kollektive bedeuten hier mehrere hunderttausend Kunden im Vergleich zu den wenigen (<100) „idealen“ Datensätzen im Bottom-Up Ansatz.

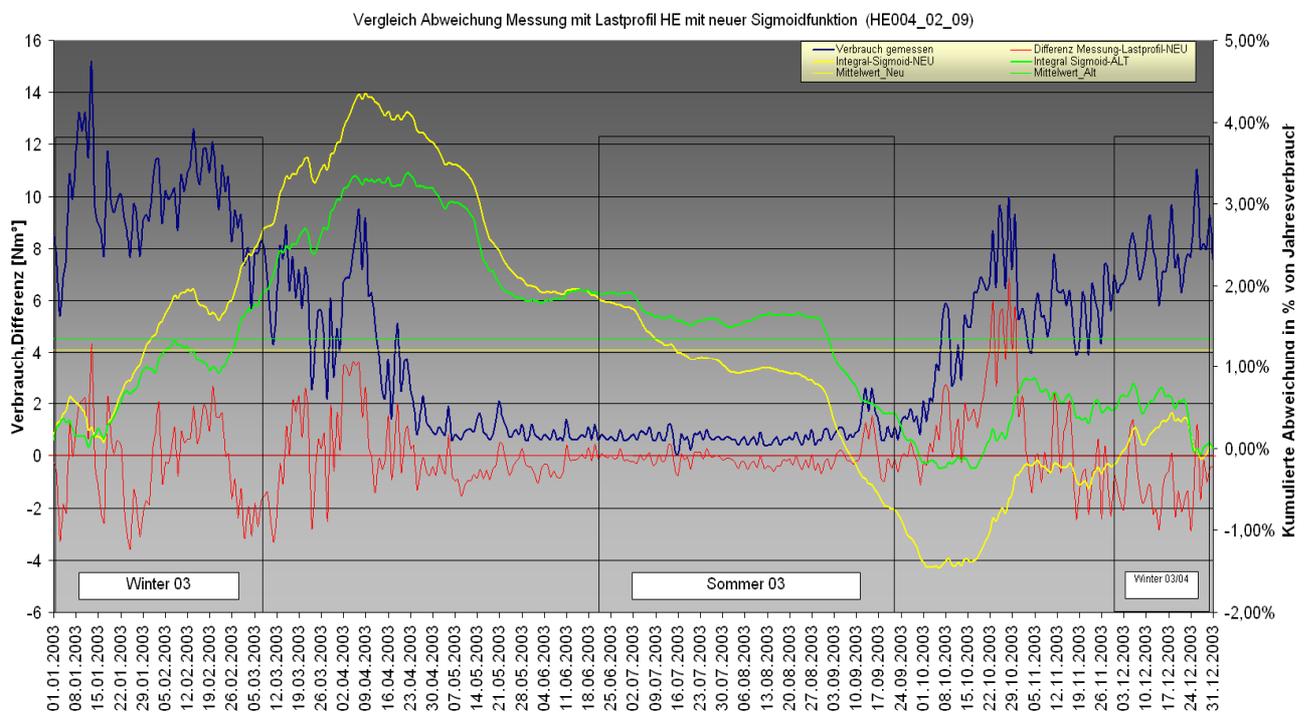
Die Ausarbeitung des Top-Down Ansatzes erfolgte auch aufgrund der Erfahrungen der Gasnetzbetreiber mit den derzeit gültigen Lastprofilen. Hier zeigten sich für große Kollektive an Verbrauchern Abweichungen zwischen den mit Lastprofilen berechneten, zu den tatsächlich gemessenen Verbräuchen. Eine besonderes Phänomen war dabei die so-genannte Sommerlastigkeit, die im nächsten Abschnitt beschrieben ist. Es können mit dem Top-Down Ansatz jedoch auch andere Verbesserungspotentiale besser als mit dem Bottom-Up Ansatz untersucht werden, wie z.B. die Handhabung der Temperaturglättung. Hier geht es um eine Temperaturglättung, aber auch um das Verwenden von einer Kommastelle beim Einsetzen der Temperaturen in die Sigmoidfunktion (derzeit nur ganzzahlige Temperaturen). Wie bereits in der Einleitung erwähnt, kann mit einer Temperaturglättung auch das besondere Verhalten im Sommer berücksichtigt werden, wo trotz Temperatureinbrüchen auch über längere Zeiträume auf das Heizen verzichtet wird. Solche Effekte können nur durch das Betrachten von großen Kollektiven an Verbrauchern abgeschätzt werden. Es werden in diesem Abschnitt nach der Sommerlastigkeit auch die Vorgangsweise für die Optimierung der Parameter im Top-Down-Ansatz erklärt. Schließlich führt dieser Top-Down-Ansatz zur Erkenntnis, dass es bei unterschiedlichen Gasnetzbetreibern und damit Regionen in Österreich durchaus unterschiedliches Sommerverhalten gibt. Eine Begründung könnte der Sommertourismus sein, der regional stark unterschiedlich ist.

#### **3.6.1 Sommerlastigkeit**

Die so-genannte Sommerlastigkeit der Profile bezeichnet die Tatsache, dass bei Verwendung der Sigmoidfunktionen ein zu großer Verbrauch im Sommer berechnet wird. Zur Untersuchung Sommerlastigkeit wurden mehrere Datensätze herangezogen. Es wurden Vergleiche zwischen der alten (2002) Sigmoidfunktion und der neuen Sigmoidfunktionen

gezogen. Als ein Beispiel sind in Abb. 17 die Ergebnisse für den Einfamilienhaus-Datensatz HE 004-02-09 dargestellt. Die kumulierten (über die Zeit integrierten) Abweichungen sind für die alte Sigmoidfunktion als grüne Linie und für die neue Sigmoidfunktion als gelbe Linie dargestellt. Es zeigt sich, dass tatsächlich im Winter bis ins beginnende Frühjahr bei beiden Lastprofilen zu wenig prognostiziert wurde. Das zeigt sich in den ansteigenden (grünen und gelben) Verläufen in diesem Zeitraum. Im Frühsommer und Sommer ergeben sich bei beiden Lastprofilen nur geringe Abweichungen. Die (grünen und gelben) Verläufe sind beinahe waagrecht. Erst im Übergang von Sommer auf Herbst wird bei beiden Profilen zu viel prognostiziert, so dass sich bei beiden Lastprofilen ein starker Abfall der kumulierten Linien ergibt. Diese Sommerlastigkeit zeigt sich jedoch nicht bei allen Datensätzen.

D.h. bei der Ableitung der Lastprofile aus den vorhandenen Datensätzen (Bottom-Up Ansatz) kann diese Eigenschaft bei der Anwendung auf einen beliebigen Kunden (bzw. eine Kundengruppe) nicht vorhergesehen werden. Es kann sich hier also für eine große Kundengruppe (Top-Down Ansatz) eben diese Sommerlastigkeit ergeben. Hier spielt offensichtlich der Gasverbrauch im Sommer, der dann hauptsächlich nur noch aus der Warmwasserbereitung herrührt, die ausschlaggebende Rolle. Dieser ist je nach Ausstattung des Hauses z.B. von einer eventuellen Sonnenenergienutzung beeinflusst. Dies kann am einfachsten durch eine Anpassung des Parameters D (siehe Abb. 6) korrigiert werden. Der optimale (möglichst richtige) Wert für den Parameter D kann für ein großes Kollektiv an Kunden ermittelt werden.



**Abb. 17: Gemessener Verbrauch (blau), Abweichung (rot) und kumulierte Abweichung zwischen Prognose und Messung (grün = alte Sigmoidfunktion) (gelb = neue Sigmoidfunktion) für den Datensatz Einfamilienhaus HE004-02-09**

### 3.6.2 Vorgangsweise für den Top-Down Ansatz

Es wurden von drei großen Gasnetzbetreibern die Daten ihrer Kundenkollektive zur Verfügung gestellt. Daraus wurden sogenannte Zielkurven erstellt. Die Zielkurven beinhalten nur Verbrauchswerte der Heizkunden. Dazu wurden die gemessenen Verbräuche eines gesamten Netzbereichs, um die Abnahme an leistungsgemessenen Verbräuchen, nicht-leistungsgemessenem Prozessgas, Gasatmung und abgeschätzten Verlusten reduziert. Daraus ergibt sich der tagesaufgelöste Verbrauch der nicht-leistungsgemessenen Heizkunden (HE, HM und HG) (=Zielkurve). Da die Kunden auch bereits derzeit einem Profiltyp zugeordnet sind, können nun die Sigmoidfunktionen unter Verwendung des tatsächlich gemessenen Jahresverbrauchs auf diese Kundengruppen angewandt werden. Dabei zeigen sich nun Abweichungen, wie z.B. die Sommerlastigkeit der Bottom-Up erstellten Sigmoidfunktionen. Diese Abweichungen führen zu Kosten, die denjenigen treffen, der die Restgröße aus der Clearingbilanz trägt. Das ist üblicherweise der lokale Versorger. Eine Übereinstimmung der mit den Sigmoidfunktionen berechneten Absatzmengen mit den tatsächlichen Tagesverbräuchen ist daher jedenfalls wünschenswert.

Mit einer so ermittelten Zielkurve können nun prinzipiell alle Parameter der Sigmoidfunktionen bestimmt werden. Hier ergibt sich einerseits jedoch die Schwierigkeit, dass die Zielkurve einen Mischsatz an HE, HM und HG darstellt und diese Optimierung nur schwierig zu lösen ist. Andererseits wird damit nur noch das Verhalten eines bestimmten regionalen Kollektivs abgebildet. Es wurde daher davon Abstand genommen für jede Region einen eigenen Satz an Parametern zu ermitteln. Dennoch kann aus dieser Untersuchung abgelesen werden, dass der hauptsächliche Unterschied zwischen dem Kollektivverhalten in den unterschiedlichen Regionen der Sommerverbrauch ist.

#### Optimierung D-Parameter

Aus den oben erwähnten Gründen wurde daher folgende Idee verfolgt: Die Parameter A, B und C beschreiben charakteristische Eigenschaften des Verbrauchsverhaltens (siehe Abb. 13). Diese wurden aus „idealen“ Datensätzen im Bottom-Up Verfahren ermittelt und werden bei der weiteren Optimierung unverändert übernommen. In der Optimierung wird nur der Parameter D, der den Sommerverbrauch charakterisiert, verändert. Dazu wird auch das Verhältnis der D-Parameter zwischen den Verbrauchergruppen HE, HM und HG festgehalten. Damit kann nun je Kollektiv ein Parametersatz für die Parameter D für HE, HM und HG im Top-Down Ansatz ermittelt werden. Dies wurde durchgeführt, wobei sich herausstellte, dass sich für die Kollektive 1 und 2 kaum Unterschiede zwischen den D-Parametern ergaben. Es wurde daher für diese beiden Kollektive nur ein Satz an D-Parametern ermittelt. Diese liegen deutlich unter den D-Parametern aus dem Bottom-Up Ansatz. Die D Parameter für das Kollektiv 3 liegen deutlich über den D-Parametern aus dem Bottom-Up Ansatz.

#### Optimierung Temperaturglättung

Eine wichtige Verbesserung bei der Annäherung der, über die Sigmoidfunktionen, berechneten Verbräuche mit den Zielkurven wurde in allen Fällen durch eine Temperaturglättung erreicht. Dabei wurde der zweite Ansatz der gewichteten Temperaturglättung aus Abschnitt 3.2.2 verwendet:

$$\vartheta_{a,t} = \alpha * \vartheta_t + (1 - \alpha) * \vartheta_{a,t-1} \tag{Gl. 3.3}$$

Dabei bedeuten:

- $\vartheta_{a,t}$ : geglättete Temperatur für den Betrachtungstag
- $\vartheta_{a,t-1}$ : geglättete Temperatur des Vortages
- $\alpha$ : Glättungsfaktor

Die geglättete Temperatur  $\vartheta_{a,t}$ , die in die Sigmoidfunktion eingesetzt wird, wird dabei mit der oben dargestellten Gleichung 3.3 ermittelt. In der Optimierung, die den Restfehler zwischen der mit der Sigmoidfunktion berechneten und der gemessenen (Zielkurve) Verbrauchskurve minimiert, wurden zwei unterschiedliche Glättungsfaktoren für die Heizperiode und die restliche Zeit gefunden. Es sind dies, als ein Kompromiss für die Anwendung auf alle drei Kollektive, die Werte des Glättungsfaktors  $\alpha = 0,5$  für einen Mittelwert der letzten 7 Tagestemperaturen von  $< 15^\circ\text{C}$  und  $\alpha = 0,05$  für einen Mittelwert der letzten 7 Tagestemperaturen von  $\geq 15^\circ\text{C}$ . Darüber hinaus hat die Berücksichtigung von einer Kommastrichstelle der Temperatur beim Einsetzen in die Sigmoidfunktion zu einer Verbesserung geführt. Da auch die Grunddaten zur Ermittlung der Tagesmitteltemperaturen vorhanden waren (unterschiedliche Methoden der ZAMG zur Ermittlung der Tagesmitteltemperaturen), wurde im Kollektiv 1 auch dieser Einfluss untersucht. Es stellten sich dabei jedoch keine nennenswerten Unterschied ein.

Es ergeben sich damit folgende optimierte D-Parameter für die Kollektive 1 und 2 bzw. das Kollektiv 3:

Parameter Profiltyp	A	B	C	D-Bottom-Up
HE	2,8423015098	-36,9902101066	6,5692076687	0,1225658254
HM	2,3994211316	-34,1350545407	5,6347421440	0,1728484079
HG	3,0404658371	-35,6696458089	5,6585923962	0,1187586955

**Tabelle 4 (Wiederholung): Parameter der neuen Sigmoidfunktion für HE, HM und HG (=Bottom-Up-Ansatz)**

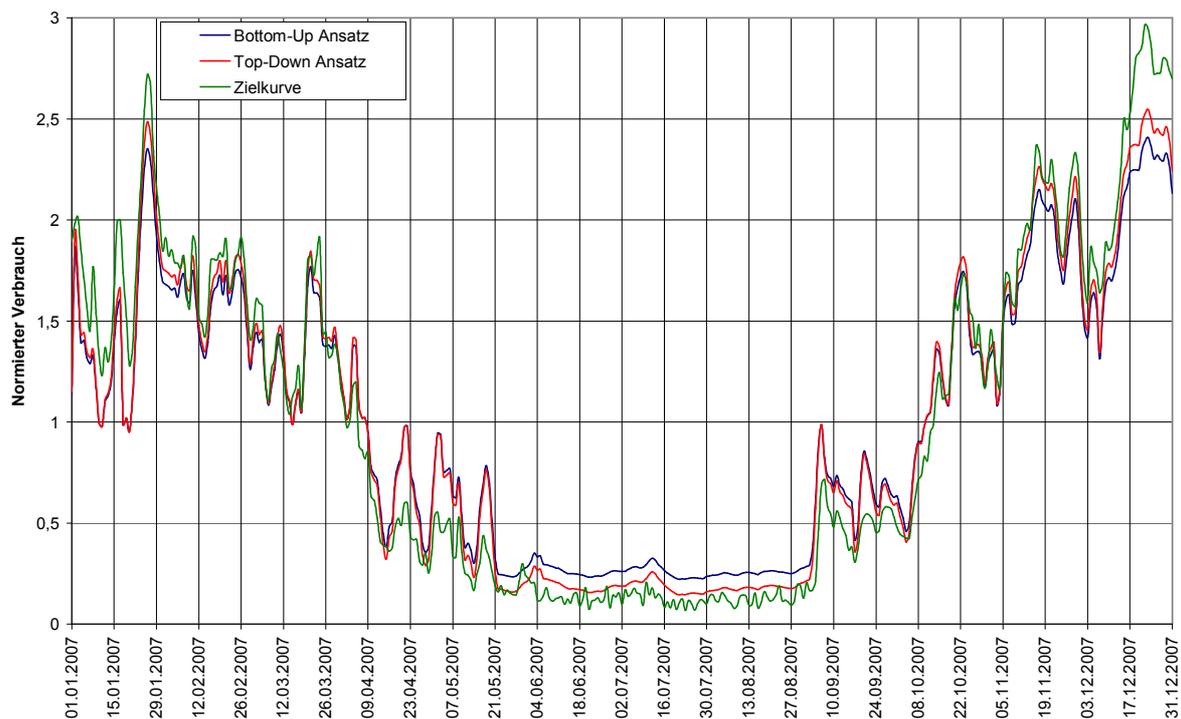
Parameter Profiltyp	A	B	C	D-niedrig
HE	2,8423015098	-36,9902101066	6,5692076687	0,0389992100
HM	2,3994211316	-34,1350545407	5,6347421440	0,0549986264
HG	3,0404658371	-35,6696458089	5,6585923962	0,0377878184

**Tabelle 7: Parameter der neuen Sigmoidfunktion für HE, HM und HG; ermittelt über den Top-Down Ansatz aus den Kollektiven 1 und 2**

Parameter Profiltyp	A	B	C	D-hoch
HE	2,8423015098	-36,9902101066	6,5692076687	0,2518337012
HM	2,3994211316	-34,1350545407	5,6347421440	0,3551483797
HG	3,0404658371	-35,6696458089	5,6585923962	0,2440112628

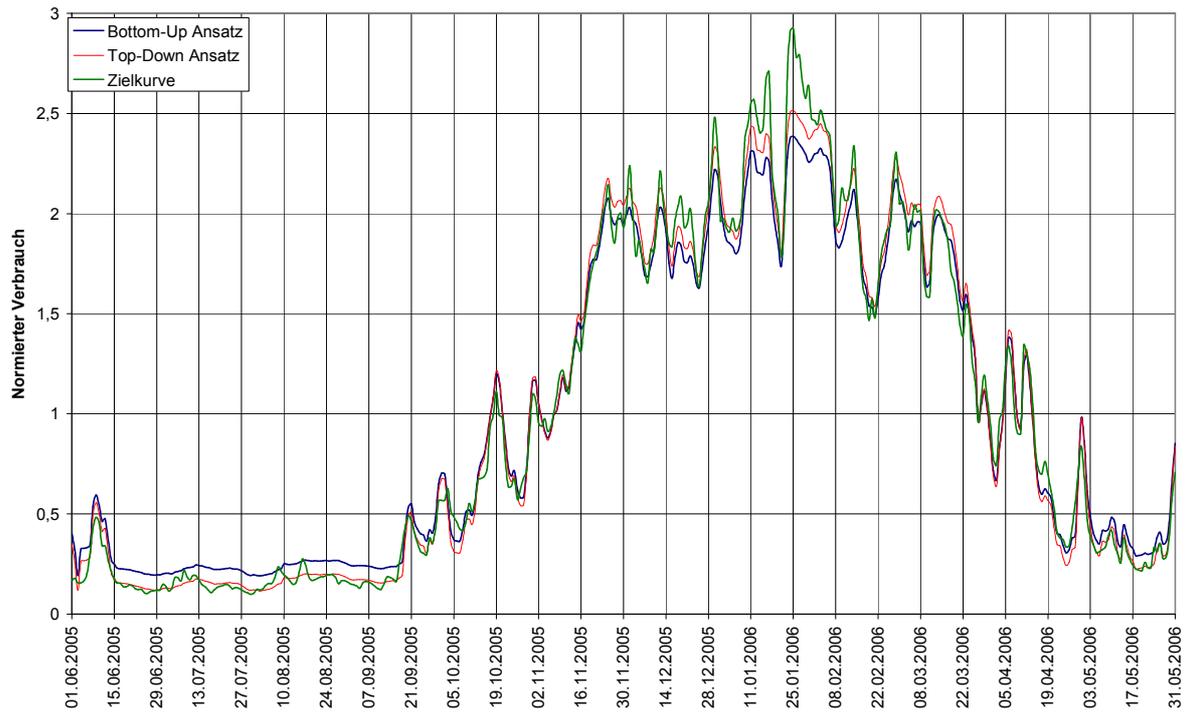
**Tabelle 8: Parameter der neuen Sigmoidfunktion für HE, HM und HG; ermittelt über den Top-Down Ansatz aus Kollektiv 3**

In Abb. 18 sind nun die Zielkurve, die Ergebnisse unter Verwendung der Bottom-Up und der Top-Down Sigmoidfunktionen für das Kollektiv 1, unter Verwendung der oben beschriebenen Temperaturglättung, dargestellt. Die Verwendung des optimierten D-Parameters zeigt in warmen und kalten Bereichen eine eindeutige Verbesserung.

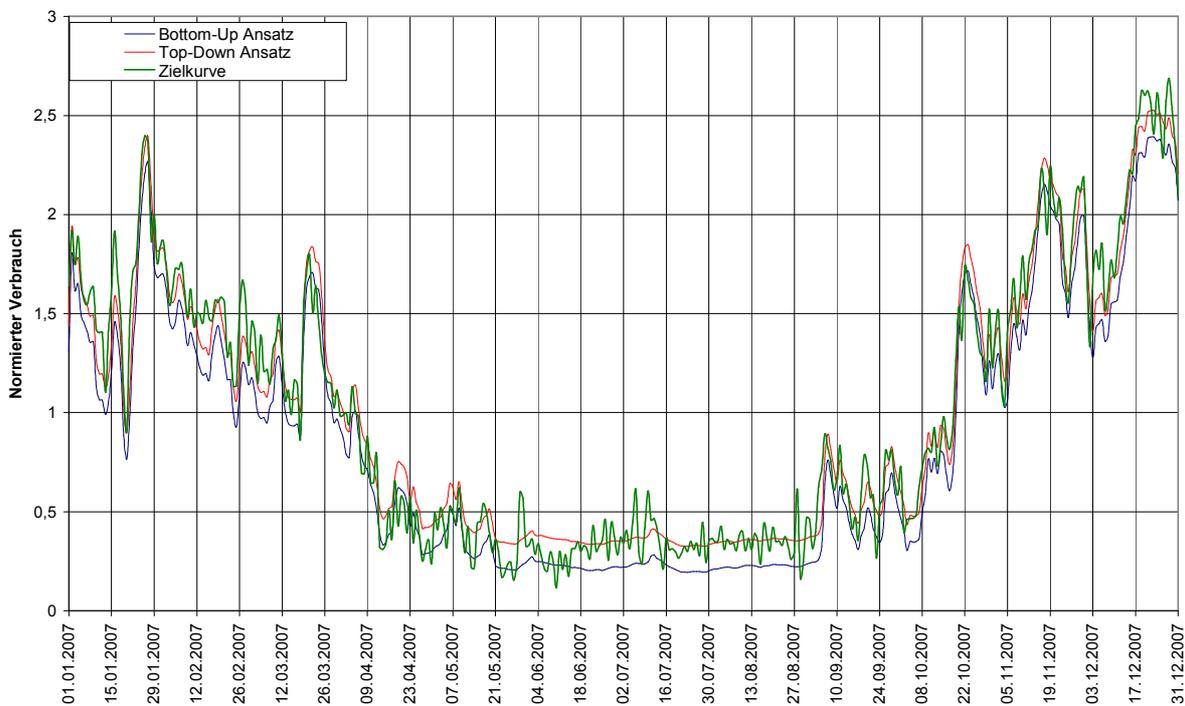


**Abb. 18: Kollektiv 1: Vergleich der Zielkurve, Sigmoidfunktionen Bottom-Up Ansatz und Sigmoidfunktionen Top-Down Ansatz (D-niedrig)**

Abb. 19 zeigt die Anwendung die Anwendung der beiden D-Parametersätze (Bottom-Up und Top-Down) für das Kollektiv 2. Auch hier zeigt sich in allen Bereichen eine bessere Übereinstimmung zwischen Zielkurve und berechneter Verbrauchskurve. Zu beachten ist dabei, dass der Beobachtungszeitraum für das Kollektiv 2 zwischen 1. Juni 2005 und 31. Mai 2006 liegt und bei den beiden anderen Kollektiven (1 und 3) das gesamte Jahr 2007 umfasst.



**Abb. 19: Kollektiv 2: Vergleich der Zielkurve, Sigmoidfunktionen Bottom-Up Ansatz und Sigmoidfunktionen Top-Down Ansatz (D-niedrig)**



**Abb. 20: Kollektiv 3: Vergleich der Zielkurve, Sigmoidfunktionen Bottom-Up Ansatz und Sigmoidfunktionen Top-Down Ansatz (D-hoch)**

Auch für das Kollektiv 3 ergibt sich durch Anpassung der D-Parameter eine Verbesserung, wobei die Optimierung hier zu höheren Werten für den Parameter D, im Vergleich zum Bottom-Up Ansatz, führt.

### 3.7. Verwendung der unterschiedlichen D-Parameter

Das Ergebnis der Untersuchungen zeigt, dass sich kein einheitlicher Parametersatz D für alle drei Kollektive bzw. die an der TU Graz untersuchten Datensätze finden lässt. Im Sinn einer bestmöglichen Verwendung der Gaslastprofile für Heizen (HE, HM und HG) wird hier vorgeschlagen, alle drei Parametersätze D zur Verwendung zuzulassen. Dazu müssen jedoch auch möglichst eindeutige Entscheidungskriterien für deren Anwendung aufgestellt werden.

Die Entscheidung, welcher der drei Parametersätze verwendet wird, soll dabei dem Gasnetzbetreiber überlassen bleiben. Der Gasnetzbetreiber hat somit die Möglichkeit unterschiedliches Sommerlastverhalten zu berücksichtigen und damit, die mit den Gaslastprofilen berechneten, Verbrauchsmengen möglichst nahe an die tatsächlich gemessenen Verbrauchsmengen heranzuführen. Da nicht alle Gasnetzbetreiber eine Lastkurve aller über Gaslastprofile abgerechneten Heizkunden (=Zielkurve) erheben, besteht auch die Möglichkeit, die über den Bottom-Up Ansatz ermittelten Parameter zu verwenden. Es wird jedoch jedem Gasnetzbetreiber empfohlen diese Zielkurve zu erheben.

Die Vorgangsweise bei der Auswahl der D-Parameter soll daher wie folgt sein:

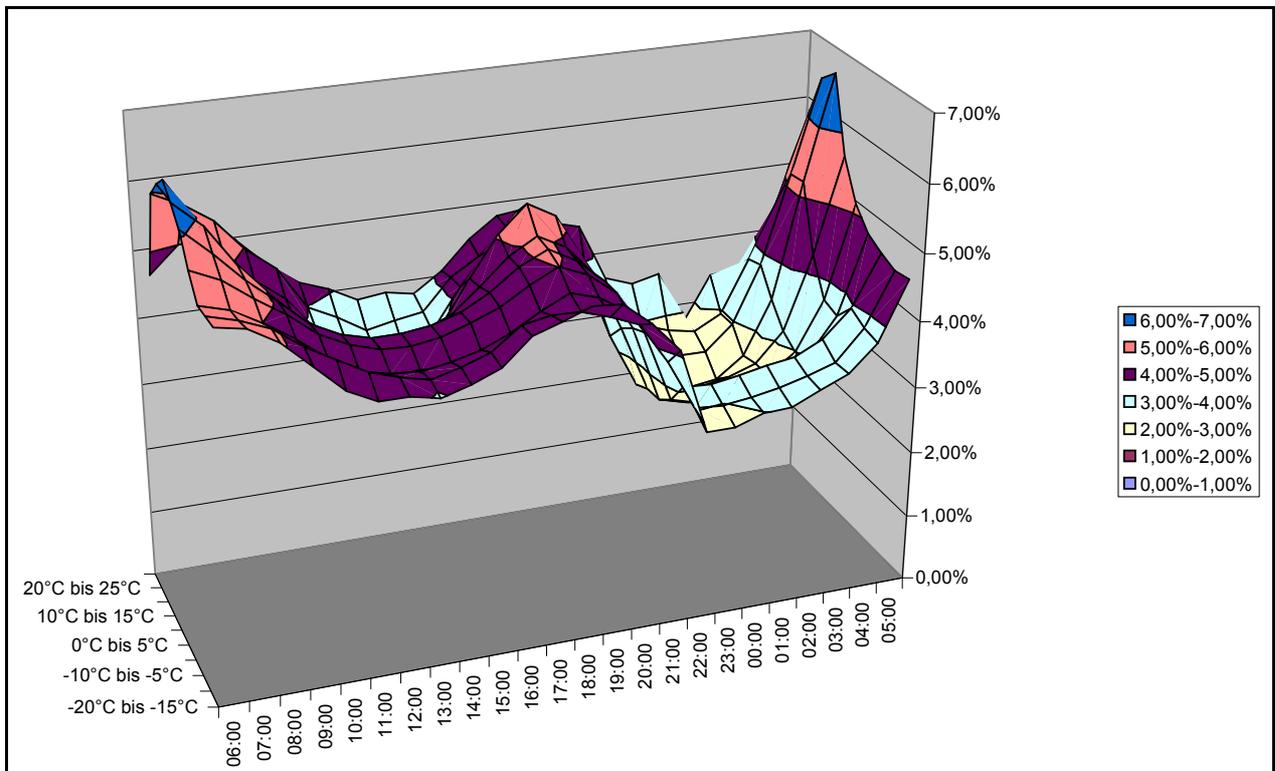
- Erstellung der Zielkurve = Lastkurve aller über Gaslastprofile abgerechneten Heizkunden in Abrechnungsgebiet
- Prognose der Lastkurve über Gaslastprofile für denselben Zeitraum und dasselbe Kollektiv an Abnehmern
- Variation der D-Parametersätze in der Prognose. Dabei darf jedoch im gesamten Abrechnungsgebiet nur ein gleichbleibender D-Parametersatz verwendet werden. D.h. für alle Heizkunden (HE, HM und HG) müssen einheitlich entweder D-hoch, D-Bottom-up (=D-mittel) oder D-niedrig verwendet werden. Ein Vermischen der D-Parameter (HE mit D-hoch kombiniert mit HM mit D-mittel etc.) ist nicht erlaubt.
- Vergleich der Ergebnisse und Auswahl des D-Parametersatzes mit den geringsten Abweichungen. Die Abweichung bezieht sich hier auf die Summe der Beträge der Abweichungen (Bias-Kennzahl, Gl. 3.8) zwischen Restlastkurve und den Ergebnissen für die drei Varianten der synthetischen Lastprofile.
- Gasnetzbetreiber, die, aus welchen Gründen auch immer, die Zielkurve nicht ermitteln, müssen den D-Parametersatz D-mittel (=D-Bottom-Up) verwenden

### 3.8. Aufteilung der Tageswerte auf Stunden

Die Ermittlung von einzelnen Stundenverbrauchswerten erfolgt mit Hilfe einer prozentualen Aufteilung des Tagesverbrauches in Abhängigkeit von der mittleren Tagesstemperatur.

Diese Prozentsätze wurden aus einer Vielzahl von repräsentativen Daten, die stündlich aufgelöste Verbrauchswerte beinhalten und für die die Tagesmitteltemperaturen bekannt sind als Durchschnittswerte ermittelt. Es wurde dabei auf eine Unterscheidung nach Verbrauchertypen verzichtet.

Das Ergebnis ist in Abbildung 21 und in 9 dargestellt.



**Abb. 21: Verteilung der Tageslast auf die einzelnen Stunden (beginnend bei 1 von 06:00 bis 07:00 Uhr) in Abhängigkeit von der mittleren Tagestemperatur**

	von	-20°C	-15°C	-10°C	-5°C	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C
von	bis	-15°C	-10°C	-5°C	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C
06:00	07:00	5,41%	5,39%	5,36%	5,68%	6,07%	6,29%	6,45%	6,24%	5,95%	4,61%
07:00	08:00	5,33%	5,27%	5,24%	5,48%	5,68%	5,90%	5,79%	5,58%	5,74%	5,00%
08:00	09:00	5,08%	5,09%	5,00%	5,16%	5,25%	5,29%	5,16%	5,18%	5,45%	5,00%
09:00	10:00	4,68%	4,78%	4,71%	4,88%	4,89%	4,81%	4,63%	4,69%	4,97%	4,92%
10:00	11:00	4,28%	4,53%	4,37%	4,53%	4,51%	4,41%	4,25%	4,35%	4,63%	4,51%
11:00	12:00	4,06%	4,29%	4,12%	4,32%	4,29%	4,12%	3,89%	3,82%	3,99%	4,20%
12:00	13:00	4,06%	4,15%	4,02%	4,19%	4,18%	3,96%	3,65%	3,59%	3,78%	4,04%
13:00	14:00	3,97%	4,05%	3,99%	4,17%	4,18%	3,92%	3,46%	3,37%	3,52%	3,82%
14:00	15:00	4,10%	4,16%	4,05%	4,24%	4,23%	3,97%	3,53%	3,32%	3,60%	3,86%
15:00	16:00	4,27%	4,31%	4,16%	4,38%	4,36%	4,14%	3,83%	3,55%	3,68%	3,78%
16:00	17:00	4,65%	4,63%	4,34%	4,54%	4,59%	4,50%	4,46%	4,17%	4,14%	4,07%
17:00	18:00	4,79%	4,71%	4,59%	4,80%	4,90%	4,88%	5,05%	4,65%	4,40%	4,50%
18:00	19:00	4,95%	4,70%	4,79%	5,01%	5,10%	5,12%	5,44%	5,17%	4,78%	4,80%
19:00	20:00	4,92%	4,56%	4,67%	4,83%	4,86%	4,91%	5,21%	5,05%	4,70%	4,85%
20:00	21:00	4,58%	4,39%	4,40%	4,50%	4,50%	4,45%	4,51%	4,43%	4,30%	4,57%
21:00	22:00	4,12%	3,78%	3,92%	3,86%	3,74%	3,57%	3,27%	3,50%	3,58%	4,46%
22:00	23:00	2,85%	3,02%	3,15%	2,77%	2,58%	2,56%	2,44%	2,92%	3,15%	3,60%
23:00	00:00	2,85%	2,99%	3,12%	2,66%	2,47%	2,41%	2,30%	2,71%	2,96%	3,44%
00:00	01:00	2,99%	3,04%	3,19%	2,71%	2,52%	2,46%	2,26%	2,59%	2,81%	3,55%
01:00	02:00	3,02%	3,12%	3,28%	2,78%	2,57%	2,54%	2,33%	2,58%	2,73%	2,71%
02:00	03:00	3,21%	3,23%	3,34%	2,90%	2,69%	2,69%	2,63%	2,96%	2,95%	3,40%
03:00	04:00	3,38%	3,37%	3,54%	3,11%	2,98%	3,13%	3,45%	3,84%	3,76%	3,45%
04:00	05:00	3,77%	3,82%	3,95%	3,66%	3,73%	4,26%	5,21%	5,18%	4,61%	3,75%
05:00	06:00	4,66%	4,62%	4,72%	4,85%	5,13%	5,69%	6,78%	6,57%	5,82%	5,09%

**Tabelle 9: Verteilung der Tageslast auf die einzelnen Stunden in Abhängigkeit von der mittleren Tagestemperatur**

## 4. ANWENDUNG DES VERFAHRENS ZUR PROGNOSE VON GASVERBRAUCHSMENGEN

Mit Hilfe der folgenden Angaben können unter Verwendung von vorhandenen Lastprofilen Prognosen für Gasverbrauchsmengen erstellt werden:

- Verbrauchertyp
- bekannter Verbrauchswert  $W_{VJ}$  über mindestens ein Jahr (z.B. Vorjahresverbrauch) mit
- Datumsgrenzen
- Tagestemperaturverläufe (geglättet) für das Zeitintervall des bekannten Verbrauchswertes  $W_{VJ}$  und
- zukünftige Tagestemperatur (geglättet)

### 4.1. Vorgehensweise bei der Anwendung der Lastprofile

#### 4.1.1 Zeitraumbereinigung

Zuerst muss der bekannte Verbrauchswert  $W_{VJ}$  exakt auf den Verbrauchswert eines Jahres  $W_{Jahr}$  umgerechnet werden. Aus der Angabe des Verbrauchertyps ist bekannt, welches Lastprofil angewandt werden muss. Durch die Anwendung dieses Profils können unter Angabe der zugehörigen Tagestemperaturverläufe die durchschnittlichen normierten Verbrauchswerte  $\bar{h}_{VJ}$  für den Zeitraum in dem  $W_{VJ}$  gemessen wurde ( $d_{VJ}$  Tage) und  $\bar{h}_{Jahr}$  bezogen auf genau ein Jahr (365 Tage) ermittelt werden.

Das Verhältnis dieser beiden normierten Verbrauchswerte ist proportional dem Verhältnis der tatsächlichen Verbräuche.

Durch die Zeitraumbereinigung mit dem  $\frac{\bar{h}_{Jahr}}{\bar{h}_{VJ}}$  Korrekturfaktor ergibt sich damit der Jahresverbrauch:

$$W_{Jahr} = \frac{\bar{h}_{Jahr}}{\bar{h}_{VJ}} \cdot \frac{365}{d_{VJ}} \cdot W_{VJ} \quad \text{Gl. 3.9}$$

mit:  $W_{VJ}$  Bekannter Verbrauchswert für einen Zeitraum von mindestens einem Jahr

$i$  Zählindex

$\bar{h}_{Jahr} = \frac{\sum_{i=1}^{365} h_i}{365}$   $h_i$  Standortunabhängiger normierter Tagesverbrauch ermittelt aus der verbraucherspezifischen Sigmoidfunktion

und  $\bar{h}_{Jahr}$  Durchschnittlicher normierter Tagesverbrauch mit Bezugszeitraum von einem Jahr

$$\bar{h}_{vJ} = \frac{\sum_{i=1}^{d_{vJ}} h_i}{d_{vJ}}$$

$d_{vJ}$  Zeitraum in dem der bekannte Verbrauchswert gemessen wurde (in Tagen)

$\bar{h}_{vJ}$  durchschnittlicher normierter Tagesverbrauch bezogen auf den Zeitraum in dem der bekannte Verbrauchswert gemessen wurde

$W_{Jahr}$  Gesamtjahresverbrauch

### 4.1.2 Entnormierung

Mit Hilfe des durchschnittlichen Tagesverbrauches  $\bar{W}_{Jahr} = \frac{W_{Jahr}}{365}$  kann aus dem normierten Lastprofil  $h(\vartheta_A)$ , die für den Verbraucher gültige Verbrauchskurve  $W(\vartheta_A)$  abgeleitet werden. Dementsprechend erfolgt die Entnormierung durch:

$$W(\vartheta_A) = h(\vartheta_A) \cdot \frac{\bar{W}_{Jahr}}{\bar{h}_{Jahr}} \tag{Gl. 3.10}$$

$i$  Zählindex

mit: 
$$\bar{h}_{Jahr} = \frac{\sum_{i=1}^{365} h_i}{365}$$

$h_i$  standortunabhängiger normierter Tagesverbrauch ermittelt aus der verbraucherspezifischen Sigmoid-Funktion

$\bar{h}_{Jahr}$  durchschnittlicher normierter Tagesverbrauch mit Bezugszeitraum von einem Jahr

und 
$$\bar{W}_{Jahr} = \frac{W_{Jahr}}{365}$$

$W_{Jahr}$  Gesamtjahresverbrauch

$\bar{W}_{Jahr}$  durchschnittlicher Tagesverbrauch

$\vartheta_A$  Prognostizierte Tagesmitteltemperatur

$h(\vartheta_A)$  Standortunabhängiger normierter Tagesverbrauch

$W(\vartheta_A)$  Standort- und verbraucherbezogener Tagesverbrauchswert

Durch Division durch  $\bar{h}_{Jahr}$  stellt dabei die Eliminierung der Standortunabhängigkeit dar.

### 4.1.3 Anwendung beim Netzbetreiber

Für den Netzbetreiber folgt nun daraus, dass aus der Angabe von

- Verbrauchertyp
- bekanntem Verbrauchswert  $W_{VJ}$  mit zugehörigen Datumsgrenzen  $d_{VJ}$  (z.B. Vorjahresverbrauch)
- Daten über zugehörige Tagestemperaturverläufe (geglättet) und
- prognostizierte Tagesmitteltemperatur (geglättet)

zukünftige Verbrauchswerte prognostiziert werden können.

Dazu sind folgende Schritte durchzuführen:

- Ermittlung der normierten Durchschnittsverbrauchswerte aus der entsprechenden Sigmoidfunktion für den Zeitraum in dem der bekannte Verbrauchswert  $W_{VJ}$  gemessen wurde ( $\bar{h}_{VJ}$ ) und für genau ein Jahr ( $\bar{h}_{Jahr}$ ).
- Berechnung des Jahresverbrauches *Jahr*  $W$  bzw. des durchschnittlichen Tagesverbrauches während eines Jahres  $\bar{W}_{Jahr}$
- Ermittlung des standortunabhängigen normierten Tagesverbrauches  $h(\mathcal{G}_A)$  aus der Sigmoidfunktion für den jeweiligen Verbrauchertyp.
- Ermittlung des standort- und verbraucherbezogenen Tagesverbrauchswertes  $W(\mathcal{G}_A)$  unter Anwendung der bereits beschriebenen Gleichung

$$W(\mathcal{G}_A) = \bar{h}(\mathcal{G}_A) \cdot \frac{\bar{W}_{Jahr}}{\bar{h}_{Jahr}}$$

Für eine prognostizierte Tagesmitteltemperatur kann somit der Tagesverbrauchswert berechnet werden. Aus diesem wiederum erhält man durch die prozentuale Aufteilung in Abhängigkeit von der mittleren Außentemperatur die jeweiligen Stunden-Verbrauchswerte.

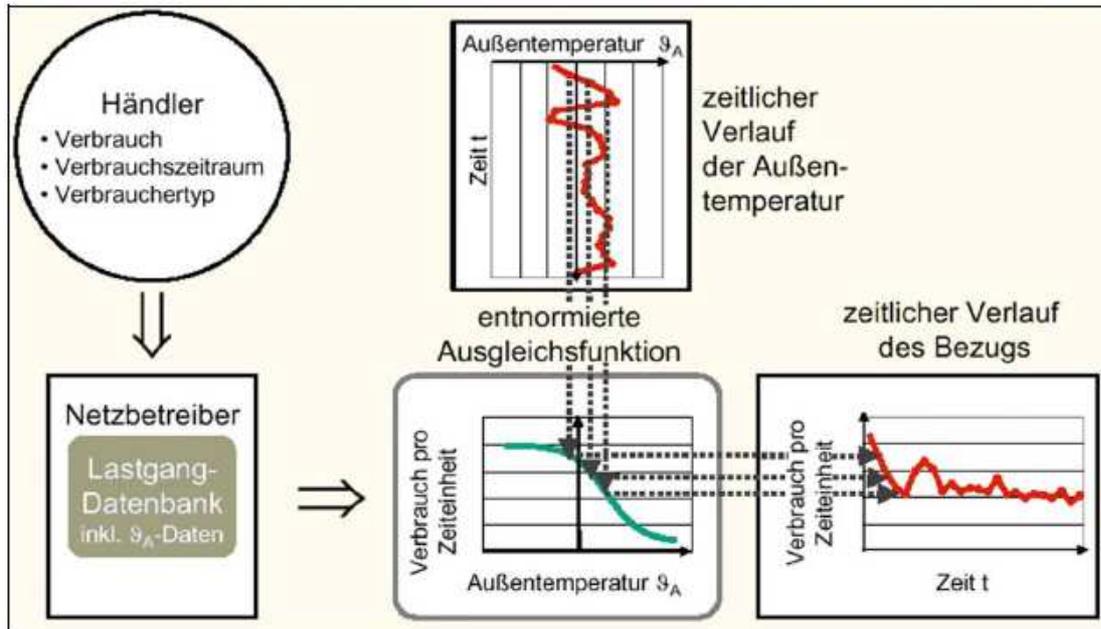


Abbildung 22: Anwendung der Lastprofile beim Netzbetreiber

#### 4.1.4 Abbildung von Sigmoid Lastprofilen als Zeitreihen

(1) In der Sigmoidtheorie ermittelt man das synthetische Lastprofil für einen Tag, indem man die Tagesmitteltemperatur in die Gleichung für die Sigmoidfunktion einsetzt und damit den normierten Tagesverbrauch berechnet. Im Anschluss daran sucht man aus der Matrix, in der die prozentuelle Aufteilung des Tagesverbrauchs auf die einzelnen Stunden hinterlegt ist, das entsprechende  $5^\circ\text{C}$  Intervall heraus und multipliziert den Tagesverbrauch mit den 24 Prozentwerten.

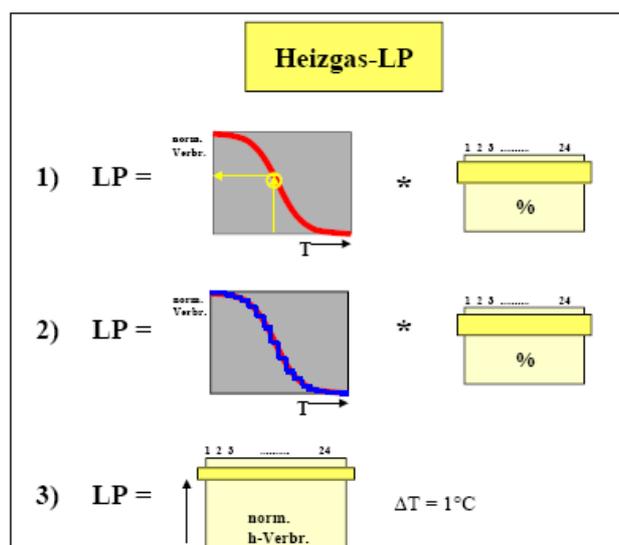


Abbildung 23: Matrixdarstellung zur Anwendung der Sigmoidfunktion

(2) Nun kann man die Sigmoidfunktion diskretisieren, indem man die stetige Kurve durch eine Treppenfunktion ersetzt (Intervall z.B. 1°C).

(3) Schließlich kann für jedes Intervall der normierte Tagesverbrauch mit der zugehörigen prozentuellen Stundenaufteilung multipliziert werden. Das Lastprofil liegt insgesamt als Matrix vor.

Das synthetische Profil für eine bestimmte Periode ergibt sich durch Aneinanderreihen der entsprechenden Zeilen der Matrix nach Abfolge der Tagesmitteltemperaturen.

#### 4.1.5 Einfache Ermittlung des tatsächlichen Lastprofils für einen Kunden

Das synthetische Lastprofil (rote Kurve) liegt als Zeitreihe vor. Statt einer aufwändigen Entnormierung und Temperatur-Korrektur des synthetischen Profils, wie das bei der direkten Anwendung des Sigmoidmodells notwendig ist, kann der Faktor, mit dem das synthetische Lastprofil in das tatsächliche Profil des Kunden umgerechnet wird, in diesem Fall einfach bestimmt werden:

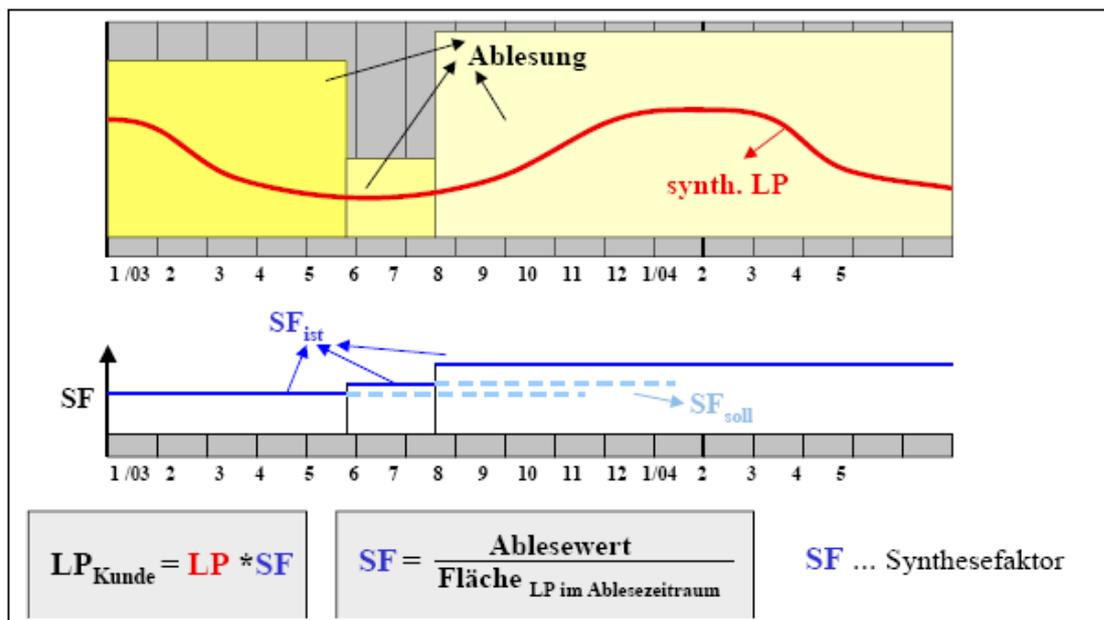


Abbildung 24: Ermittlung des Synthesefaktors

Der Synthesefaktor, mit dem das synthetische Lastprofil skaliert werden muss, ergibt sich aus der Division des abgelesenen Verbrauchs (Ablesewert) im Ablesezeitraum durch die Fläche unter dem synthetischen Lastprofil im selben Zeitraum. Die Fläche unter dem synthetischen Lastprofil ist nichts anderes als die Summe der Stundenwerte des synthetischen Lastprofils im Ablese-Zeitraum.

## 5. PROZESSGAS

### 5.1. Neue Datensätze

Die Lastprofile Prozessgas Gewerbe (PG), Prozessgas Kochen (PK) und Prozessgas Warmwasser (PW) sind im Endbericht der Untersuchung aus dem Jahr 2004 beschrieben. Zur Zeit sind Lastprofile in Verwendung, die eine Prognose des Gasverbrauchs ermöglichen, der praktisch nicht von der Außentemperatur abhängt. Zur aktuellen Überarbeitung der Prozessgasprofile wurden von den Gasnetzbetreibern Messstellen bei entsprechenden Abnehmern installiert und Messungen durchgeführt. Diese wurden an die TU Graz übermittelt und bilden die Basis für die Erstellung der neuen Lastprofile.

Tabelle 10 gibt einen Überblick über die Anzahl der Datensätze im Bereich Prozessgas. Der Unterschied zwischen eingelangten und auswertbaren Datensätze ergibt sich durch das Ausscheiden von Datensätzen über Plausibilitätskriterien, die von der TU Graz formuliert wurden.

	<b>eingelangte Datensätze</b>	<b>auswertbare Datensätze</b>	<b>Gesamtzahl auswertbarer Tage</b>	<b>auswertbare Stundenwerte</b>
<b>PG</b>	12	9	3285	78840
<b>PK</b>	7	7	2555	61320
<b>PW</b>	9	8	2920	70080

**Tabelle 10: Überblick über die Anzahl der Datensätze im Bereich Prozessgas**

Die große Anzahl der auswertbaren Tage sorgt für eine gute statistische Sicherheit der neuen Parameter der Prozessgas Profile.

### 5.2. Lastprofile PG, PK und PW

Auf Grund der herabgesetzten Zählgrenzen und wegen der geringen, diesen Lastprofilen zugeordneten, Verbrauchsmengen wurde auf eine Veränderung der Lastprofile verzichtet. Zur Überarbeitung der Lastprofile PG, PK und PW wurden die neu eingegangenen Datensätze ausgewertet. Beim Lastprofil PG wird von einer Wochentagsabhängigkeit ausgegangen und zwischen Sommer und Winter mit Übergangssaison unterschieden. Für die einzelnen Stunden eines Tages gibt es eine Verteilung. Beim Prozessgas Gewerbe hat sich gezeigt, dass die Verbrauchswerte im Winter spürbar höher sind als jene im Sommer. Begründen lässt sich diese Tatsache damit, dass die Prozessgasanschlüsse wohl auch zu einem gewissen Ausmaß Heizzwecke übernehmen. Damit gute Verbrauchsprognosen für die Zielgruppe der Prozessgasabnehmer möglich werden, erfolgt eine zeitliche Aufteilung in Sommer (15.5. bis 14.9.) sowie Winter- und Übergangszeit (15.9. bis 14.5.). Für die entsprechenden Perioden wurden neue tagestypische normierte Verbrauchswerte berechnet, welche im Winter die auftretende Heizlast berücksichtigen.

Für die Profile PW (Warmwasser) und PK (Kochen) wurde der tagesstypische normierte Verbrauch mit 1 beibehalten, sodass lediglich eine Anpassung der Stundenverläufe erfolgte.

### 5.2.1 Vorgehensweise für PG, PK und PW

Im Anschluss an die Plausibilitätskontrolle wurden die Daten für Prozessgas Gewerbe in die entsprechenden Perioden aufgeteilt und anschließend nach Werktagen, Samstagen und Sonntagen sortiert. Aus den normierten und für die Perioden bereinigten Verbrauchswerten konnten nun für PG die sechs tagesspezifischen neuen normierten Verbrauchswerte ermittelt werden. Im Folgenden wurde für jedes Stundenintervall ein mittlerer Verbrauch berechnet, so dass eine Stundenverteilung abgeleitet werden konnte. Tabelle 11 zeigt die Ergebnisse für Prozessgas Gewerbe.

LP Prozessgas (PG)							
	Winter und Übergang (15.9. bis 14.5.)			Sommer (15.5. bis 14.9.)			
normierter Verbrauch WERKTAG	1,24144			0,63668			
normierter Verbrauch SAMSTAG	1,17823			0,56371			
normierter Verbrauch SONNTAG	1,05557			0,52739			
Stundenintervall	Winter und Übergang (15.9. bis 14.5.)			Sommer (15.5. bis 14.9.)			
	Werktag	Samstag	Sonntag	Werktag	Samstag	Sonntag	
	in % Tagesverbrauch						
00:00 - 01:00	3,18539	1,01367	3,71800	2,56865	1,15304	2,28077	
01:00 - 02:00	4,21138	2,59606	4,42765	3,96784	2,00478	3,99179	
02:00 - 03:00	2,43907	2,13506	2,47619	5,03356	2,29092	5,44237	
03:00 - 04:00	2,66860	2,52979	2,99220	3,05208	2,83037	2,63044	
04:00 - 05:00	3,62475	3,24373	4,24406	5,06755	4,31794	5,99407	
05:00 - 06:00	5,50824	5,05941	5,30691	6,24390	5,52423	7,53441	
06:00 - 07:00	6,09138	6,17953	6,91453	6,67322	5,37860	8,32654	
07:00 - 08:00	5,77604	5,63707	6,64609	5,16962	4,39855	9,20266	
08:00 - 09:00	5,30503	5,15431	6,74048	4,10825	4,25542	6,07390	
09:00 - 10:00	3,73198	4,72593	5,48740	2,91524	3,07726	2,79979	
10:00 - 11:00	3,99007	5,11017	3,68454	2,49350	2,75091	2,24658	
11:00 - 12:00	4,59905	5,41595	4,06637	3,89703	4,90029	2,59048	
12:00 - 13:00	5,50181	6,06111	5,00904	5,60164	5,62302	4,14339	
13:00 - 14:00	6,49832	5,92096	5,25352	7,91780	6,99615	4,88552	
14:00 - 15:00	7,22415	6,22416	5,76567	6,90732	10,81188	3,56510	
15:00 - 16:00	5,53093	4,86330	5,55470	6,36665	6,02717	5,10619	
16:00 - 17:00	3,29954	2,98029	2,33370	4,37694	3,51634	5,23175	
17:00 - 18:00	2,29044	2,38288	2,11307	1,95812	1,79346	2,13024	
18:00 - 19:00	2,46303	2,18945	2,36614	1,67926	1,66520	2,25660	
19:00 - 20:00	2,22354	2,47512	1,98760	1,45230	1,60888	0,82736	
20:00 - 21:00	3,11432	4,28857	2,49982	1,74007	3,47950	1,02205	
21:00 - 22:00	3,83078	5,03462	4,04827	3,09997	5,01140	3,88359	
22:00 - 23:00	3,97756	4,96220	4,13695	4,02471	5,85519	5,77596	
23:00 - 00:00	2,91458	3,81668	2,22710	3,68477	4,72950	2,05844	
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	

Tabelle 11: Ergebnisse für Prozessgas Gewerbe

Tabelle 12 zeigt die Ergebnisse für Prozessgas Kochen und Tabelle 13 die Ergebnisse für Prozessgas Warmwasser.

<b>LP Kochen (PK)</b>			
Stunden- intervall	<i>Parameter gelten für das gesamte Jahr</i>		
	Werktag	Samstag	Sonntag
	in % Tagesverbrauch		
00:00 - 01:00	0,08467	0,04005	0,12658
01:00 - 02:00	0,37464	0,32710	0,22001
02:00 - 03:00	0,09971	0,01412	0,02073
03:00 - 04:00	0,17005	0,29687	0,07619
04:00 - 05:00	0,50847	0,30218	0,36127
05:00 - 06:00	2,32272	1,42936	1,99949
06:00 - 07:00	3,56768	3,72431	4,34294
07:00 - 08:00	4,73209	5,16795	5,66870
08:00 - 09:00	5,03232	5,82050	7,88735
09:00 - 10:00	9,96212	9,91214	13,35638
10:00 - 11:00	13,20129	12,51401	15,92514
11:00 - 12:00	11,85689	11,72983	13,11599
12:00 - 13:00	9,06835	8,79307	9,17542
13:00 - 14:00	7,04716	6,09048	6,79272
14:00 - 15:00	4,78034	3,93409	3,15001
15:00 - 16:00	4,88354	3,64106	2,67446
16:00 - 17:00	6,14998	6,02729	3,83434
17:00 - 18:00	5,52067	6,98345	4,22959
18:00 - 19:00	4,38803	5,37791	2,92430
19:00 - 20:00	3,20228	3,52399	1,85546
20:00 - 21:00	1,60114	1,85900	1,15130
21:00 - 22:00	0,79890	1,21257	0,63090
22:00 - 23:00	0,50920	1,12626	0,34807
23:00 - 00:00	0,13776	0,15243	0,13267
	100,00	100,00	100,00

Tabelle 12: Ergebnisse für Prozessgas Kochen

<b>LP Warmwasser (PW)</b>			
Stunden- intervall	<i>Parameter gelten für das gesamte Jahr</i>		
	Werktag	Samstag	Sonntag
	in % Tagesverbrauch		
00:00 - 01:00	0,95783	1,02863	0,90551
01:00 - 02:00	0,98345	0,84586	0,89480
02:00 - 03:00	1,39007	0,99671	0,87312
03:00 - 04:00	2,25891	1,83250	1,40048
04:00 - 05:00	4,76661	3,07065	2,22582
05:00 - 06:00	7,73951	6,27895	6,00231
06:00 - 07:00	5,92299	6,27466	5,76843
07:00 - 08:00	5,33130	6,51859	6,88209
08:00 - 09:00	5,37297	6,25152	7,52887
09:00 - 10:00	4,95678	7,09564	6,10210
10:00 - 11:00	5,49117	6,88064	6,78982
11:00 - 12:00	4,91071	5,82075	5,69091
12:00 - 13:00	3,65797	4,59741	5,27625
13:00 - 14:00	3,02506	4,92962	4,76190
14:00 - 15:00	3,81138	4,27977	3,93202
15:00 - 16:00	4,71028	4,90469	4,03633
16:00 - 17:00	5,90537	4,80785	6,39984
17:00 - 18:00	7,84825	5,61891	6,45639
18:00 - 19:00	6,50891	5,14191	5,30057
19:00 - 20:00	5,34971	3,79372	4,90686
20:00 - 21:00	4,13666	3,70044	3,84776
21:00 - 22:00	2,32079	2,01692	1,80436
22:00 - 23:00	1,49610	1,81079	1,18937
23:00 - 00:00	1,14725	1,50286	1,02409
	100,00	100,00	100,00

Tabelle 13: Ergebnisse für Prozessgas Warmwasser

### **5.3. Diskussion der Ergebnisse für Prozessgas**

Die Anzahl der Messungen, die im Bereich Prozessgas (= alle nicht temperaturabhängigen Verbraucher) ist nun ausreichend. Insbesondere auch in den Bereichen Kochen (PK) und Warmwasserbereitung (PW) sind genügend brauchbare Messungen vorhanden.

Trotz der nun großen Anzahl der Datensätze für die drei Prozessgasgruppen ist eine weitere Aufteilung in unterschiedliche Gewerbearten nicht sinnvoll, da damit die Anzahl der Messungen für die einzelnen Gewerbearten wieder stark reduziert wäre. Eine weitere Auflösung in unterschiedliche Gewerbearten, wie sie z.B. für Deutschland durchgeführt wurde, bedarf nach wie vor einer entscheidend größeren Datenbasis. Die richtige Vorgangsweise wäre eine Gewerbeart zu definieren, darin eine ausreichende Anzahl an Messungen durchzuführen und anhand dieser nachzuweisen, dass die Annahme einer gewissen statistischen Verteilung, ihrer Stationarität und Ergodizität gegeben ist. Dies bedarf eines Samples von mindestens 30 bis 100 Messungen über mindestens je ein Jahr für jede einzelne Gewerbeart. Dabei stellt sich weiter die Frage welche Gewerbearten hier unterschieden werden sollen. Die im ÖNACE Code ausgewiesenen Gewerbearten, geben kaum Hinweise, wie viel Prozessgas zu welchen Tageszeiten verwendet wird. Diese Information kann wiederum nur aus zahlreichen Messungen herausgefunden werden. Die Zusammenfassung aller Betriebe in einem System an Lastprofilen für Sommer – Winter bzw. Werktag, Samstag und Sonn- und Feiertagen ist hier der pragmatische Weg. Diese ist sinnvoll anzuwenden, solange die Anzahl der Messungen nicht entscheidend vergrößert wird. Der Aufwand für eine statistisch ausreichende Messung der Gewerbe-Kleinkunden ist jedenfalls beträchtlich, da einerseits keine Standardzähler verwendbar sind und darüber hinaus die Anzahl um ca. den Faktor 100 vergrößert werden müsste, um statistisch sinnvolle Aussagen erzeugen zu können. Bei der immer weiter sinkenden Messgrenze für die direkte Leistungsmessung wird dieser Anwendungsbereich für Lastprofile immer unbedeutender.

## **6. ZUSÄTZLICHE ERGEBNISSE**

Aus der mehr als einjährigen Untersuchung in Zusammenarbeit mit dem Fachverband Gas&Wärme und den Gasnetzbetreibern und aus den Erfahrungen der Gasnetzbetreiber mit den Gaslastprofilen folgen auch weitere Ergebnisse. Diese beeinflussen nicht direkt das Ergebnis für die neuen Gaslastprofile, sie sind jedoch einerseits Hinweise auf Schwachstellen der gesamten Methode und mögliche zukünftige Verbesserungspotentiale, andererseits zeigen sie auch die Qualität der „alten“ Lastprofile. Diese zusätzlichen Ergebnisse umfassen vier Bereiche, die in den nachfolgenden Abschnitten dargestellt sind.

### **6.1. Vergleich der unterschiedlichen Sigmoidfunktionen, Parametersätze und der Temperaturglättung für die Kollektive 1 bis 3**

Der Vergleich der beiden Sigmoidfunktionen (alt versus neu) mit den drei unterschiedlichen Parametersätzen und unterschiedlichen Temperaturglättungen zeigt, dass durch eine Temperaturglättung bei allen Ansätzen eine Verbesserung eintritt. In den Tabellen 14 bis 16

sind nun die Ergebnisse für die drei Kollektive unter Verwendung der unterschiedlichen Kombinationen eingetragen und je nach ihrer Fehlerauswertung gereiht. Es zeigt sich, dass die Optimierung der D-Parameter für die Kollektive 1 und 2 mit D-niedrig und Kollektiv 3 mit D-hoch und der gewichteten Temperaturglättung die Plätze 1 bzw. beim Kollektiv 3 knapp den Platz 2 erreicht. Es ist jedoch auch ersichtlich, dass bei der Verwendung der derzeit gültigen symmetrischen „alten“ Sigmoidfunktionen zusammen mit der gewichteten Temperaturglättung bei allen drei Kollektiven zum jeweils dritten Platz in der Reihung führt. Dazu muss jedoch erinnert werden, dass logischerweise die „neuen“ Datensätze aus den Jahren 2005-2007 nicht in den „alten“ Lastprofilen berücksichtigt sein können. Daher kann hier auch nicht geschlossen werden, dass neue Parameter (unter Berücksichtigung der neuen Datensätze) für die symmetrische Sigmoidfunktion ähnliche oder bessere Ergebnisse liefern würden. Der Vorteil der neuen asymmetrischen Sigmoidfunktion ist eine bessere Anpassbarkeit der Lastprofile.

Kollektiv 1		1 Jahr (2007)	
Funktion/Parameter	Temperaturglättung	$\Sigma$ Fehlerquadrat normiert	Reihung
<b>Gültige Lastprofile</b>	<b>T_mittel</b>	<b>26,44</b>	<b>8</b>
Gültige Lastprofile	T_Glättung 0,54/0,026	16,69	5
<b>Gültige Lastprofile</b>	<b>T_Glättung 0,50/0,050</b>	<b>16,29</b>	<b>3</b>
Lastprofile Bottom_Up	T_mittel	26,60	9
Lastprofile Bottom_Up	T_Glättung 0,54/0,026	16,70	6
Lastprofile Bottom_Up	T_Glättung 0,50/0,050	16,31	4
Lastprofile D-niedrig	T_mittel	21,44	7
Lastprofile D-niedrig	T_Glättung 0,54/0,026	10,91	2
<b>Lastprofile D-niedrig</b>	<b>T_Glättung 0,50/0,050</b>	<b>10,48</b>	<b>1</b>
Lastprofile D-hoch	T_mittel	36,97	12
Lastprofile D-hoch	T_Glättung 0,54/0,026	28,05	11
Lastprofile D-hoch	T_Glättung 0,50/0,050	27,71	10

**Tabelle 14: Ergebnisse der Parametervariation für Kollektiv 1**

Kollektiv 2		1 Jahr (2005/2006)	
Funktion/Parameter	Temperaturglättung	$\Sigma$ Fehlerquadrat normiert	Reihung
<b>Gültige Lastprofile</b>	<b>T_mittel</b>	<b>9,79</b>	<b>9</b>
Gültige Lastprofile	T_Glättung 0,54/0,026	5,26	5
<b>Gültige Lastprofile</b>	<b>T_Glättung 0,50/0,050</b>	<b>5,15</b>	<b>3</b>
Lastprofile Bottom_Up	T_mittel	9,70	8
Lastprofile Bottom_Up	T_Glättung 0,54/0,026	5,29	6
Lastprofile Bottom_Up	T_Glättung 0,50/0,050	5,21	4
Lastprofile D-niedrig	T_mittel	7,23	7
Lastprofile D-niedrig	T_Glättung 0,54/0,026	3,15	2
<b>Lastprofile D-niedrig</b>	<b>T_Glättung 0,50/0,050</b>	<b>3,10</b>	<b>1</b>
Lastprofile D-hoch	T_mittel	17,45	12
Lastprofile D-hoch	T_Glättung 0,54/0,026	12,91	11
Lastprofile D-hoch	T_Glättung 0,50/0,050	12,79	10

**Tabelle 15: Ergebnisse der Parametervariation für Kollektiv 2**

Kollektiv 3		1 Jahr (2007)	
Funktion/Parameter	Temperaturglättung	$\Sigma$ Fehlerquadrat normiert	Reihung
<b>Gültige Lastprofile</b>	<b>T_mittel</b>	<b>9,73</b>	<b>8</b>
Gültige Lastprofile	T_Glättung 0,54/0,026	6,66	4
<b>Gültige Lastprofile</b>	<b>T_Glättung 0,50/0,050</b>	<b>6,65</b>	<b>3</b>
Lastprofile Bottom_Up	T_mittel	9,79	9
Lastprofile Bottom_Up	T_Glättung 0,54/0,026	7,67	6
Lastprofile Bottom_Up	T_Glättung 0,50/0,050	7,61	5
Lastprofile D-niedrig	T_mittel	15,32	12
Lastprofile D-niedrig	T_Glättung 0,54/0,026	14,65	11
Lastprofile D-niedrig	T_Glättung 0,50/0,050	14,51	10
Lastprofile D-hoch	T_mittel	8,73	7
<b>Lastprofile D-hoch</b>	<b>T_Glättung 0,54/0,026</b>	<b>5,58</b>	<b>1</b>
Lastprofile D-hoch	T_Glättung 0,50/0,050	5,60	2

**Tabelle 16: Ergebnisse der Parametervariation für Kollektiv 3**

### 6.2. Auswirkungen der Standortkorrektur

Bei den Datensätzen für Heizgas Gewerbe ist ein Datensatz, der im Gegensatz zu den anderen Datensätzen besonders viele tiefe Temperaturen ausweist. Dabei zeigen sich die Grenzen der Methode der Standortkorrektur. Die in dieser Arbeit verwendeten Methode wird hier nochmals kurz dargestellt: Aus allen ausgewerteten Datensätzen für HE, HM und HG wurde zunächst je ein Temperaturschwerpunkt ermittelt, beim dem der normierte Verbrauch aller Datensätze im Mittel gleich 1 ist. Dabei können sich, wie in Abb. 25 ersichtlich, bei demselben Verbraucher in zwei unterschiedlichen Jahren durchaus unterschiedliche Verbrauchswerte ergeben.

Für das Profil Heizgas Gewerbe wurde eine im Vergleich zu den Profilen HE und HM hohe Referenztemperatur ermittelt (Tabelle 17).

Heizgasprofil	HG	HE	HM
Anzahl der Datensätze	46	9	7
$\vartheta_{ref}$ [°C]	10,2 °C	7,3 °C	9,6 °C

**Tabelle 17: Ermittelte Referenztemperaturen im Vergleich**

Im Zuge der Auswertungen konnte beobachtet werden, dass jeder einzelne Datensatz die Parameter des Lastprofils entscheidend beeinflusst. In Abb. 26 ist der Datensatz mit den tiefen Temperaturen dargestellt, der in die Ermittlung der Referenztemperatur für das Profil HG mit einfließen sollte.

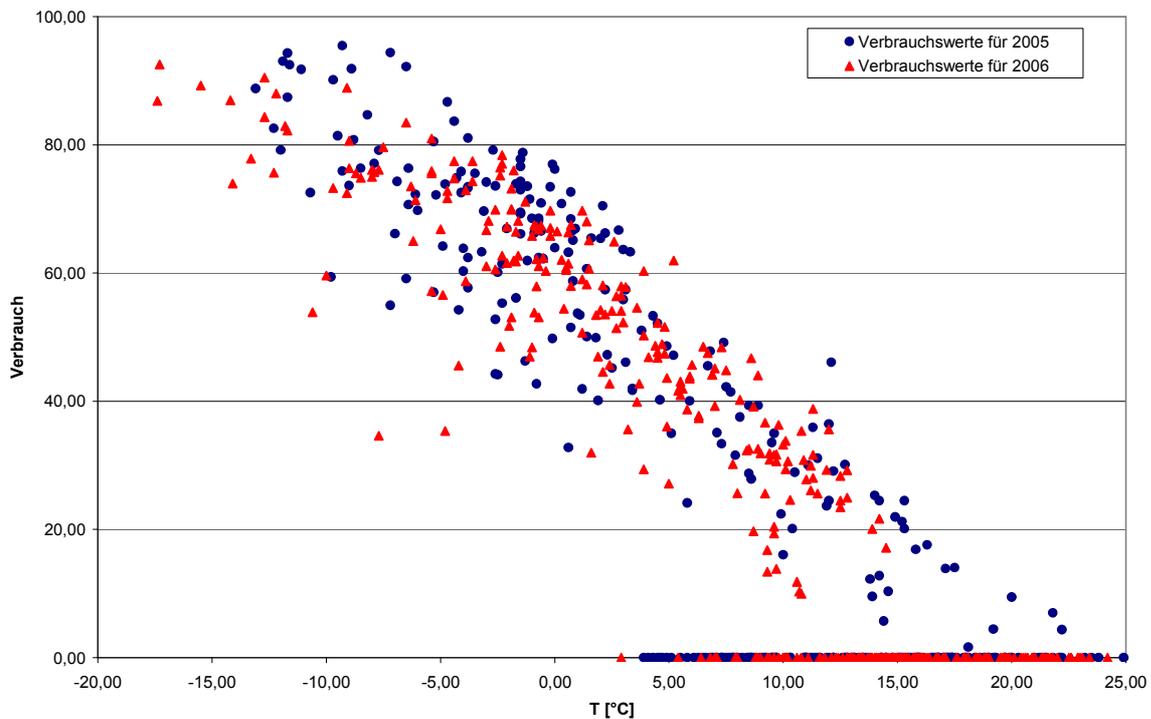


Abbildung 25: Verbrauchswerte desselben Verbrauchers in zwei aufeinanderfolgenden Jahren

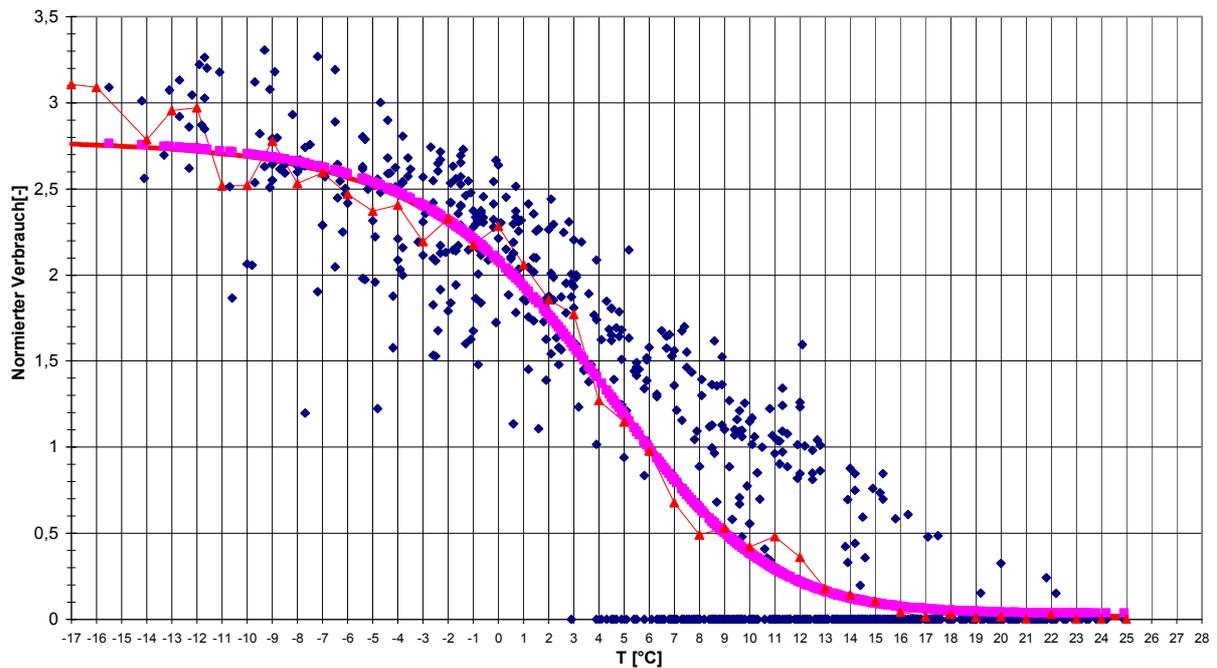


Abb. 26: Datensatz mit tiefen Temperaturen vor der Standortkorrektur

Es ist ersichtlich dass dieser Datensatz seinen Temperaturschwerpunkt (bei normiertem Verbrauch gleich 1) bei etwa  $6^{\circ}\text{C}$  hat. Dieser eklatante Unterschied zur ermittelten Referenztemperatur aus dem Mittelwert aller ausgewerteten Datensätze führt zu einer erheblichen Verzerrung der Messwerte dieses Beispieldatensatzes (Abb. 27). Ein ähnlicher Effekt konnte bei der Erstellung der Profile HE und HM nicht beobachtet werden. Deshalb wurde bei den Profilen HE und HM das Standardverfahren zur Standortkorrektur angewandt.

Bild 27 zeigt eindeutig, dass bei der Verwendung dieses Datensatzes das Standardverfahren zur Standortkorrektur am Beispiel des Profils HG nicht anwendbar ist.

Aufgrund der beschriebenen Erkenntnisse wird beim Profil Heizgas Gewerbe auf die Einbindung dieses Datensatzes verzichtet.

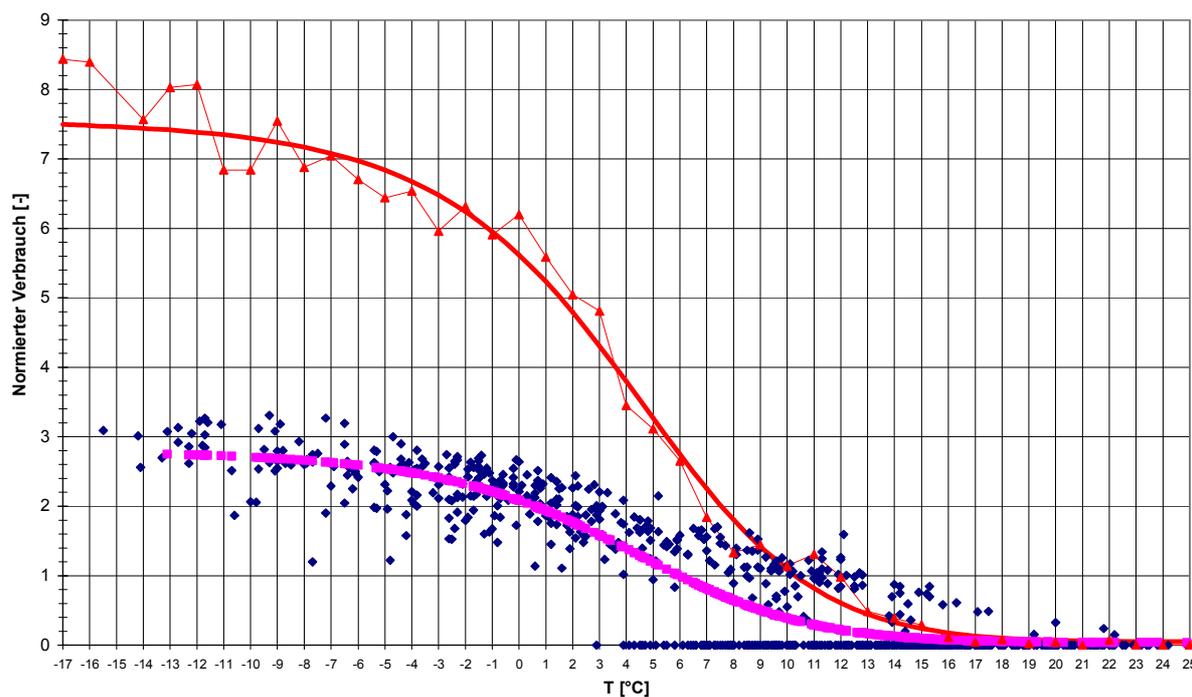


Abb. 27: Beispieldatensatz mit tiefen Temperaturen nach der Standortkorrektur

Im hier angewandten Verfahren die normierten Verbrauchswerte proportional umgerechnet werden, so dass alle Datensätze den normierten Verbrauch von 1 bei der selben Temperatur haben. Man kann dieses Verfahren durch das Umrechnen mit einem Proportionalitätsfaktor als vertikale Verschiebung bezeichnen. Die Standortkorrektur von Geiger funktioniert anders. Beim Verfahren von Geiger werden die Datensätze im Prinzip horizontal gestreckt, bis sie ihren normierten Verbrauchswert von 1 bei der Referenztemperatur von Nürnberg haben. Die Methode „Geiger“ verändert ebenso wie die in dieser Arbeit angewandte Methode den Wahrheitsgehalt der Datensätze. Eine horizontale Verschiebung von Werten verändert im Prinzip die in Abb. 13 dargestellten Schnittpunkte 1 und 2, die die Temperatur des Heizbeginns bzw. der in Sättigung gehenden Kurve (die Heizleistung kann nicht mehr erhöht werden) (= Sättigungspunkt) darstellen. Damit würde ein Datensatz für ein und dasselbe Haus bei einem kalten Winter nach der Standortkorrektur eine andere Temperatur des Heizbeginns ausweisen, als ein Datensatz für einen milden Winter. Das ist nicht realistisch, da man bei Heizbeginn im Herbst nicht weiß, wie kalt es im Winter wird. Bei geringen Abweichungen der Temperaturen für den normierten Verbrauch von 1 ergeben sich mit beiden Verfahren kaum Veränderungen. Bei der Mischung von Datensätzen mit sehr unterschiedlichen Temperaturmittelwerten (Temperaturen für den normierten Verbrauch von 1) zeigt sich jedoch, dass hier unrealistische Ergebnisse entstehen.

### 6.3. Temperatur für den Sättigungspunkt (Schnittpunkt 2 aus Abb. 13)

Die Verwendung einer Sigmoidfunktion (egal ob symmetrisch oder asymmetrisch) geht davon aus, dass beim Erreichen einer bestimmten tiefen Außentemperatur die Heizung ihre Auslegungsgrenzen erreicht und die Heizleistung nicht weiter erhöht werden kann. Diese physikalisch richtige Eigenschaft birgt jedoch auch die Problematik, dass für eine richtige Auswahl der Parameter die entsprechenden Messdaten vorhanden sein müssen. Es ist nun so,

dass in den meisten Datensätzen sehr niedrige Temperaturen fehlen. Damit kann der Sättigungspunkt von der hier angewandten Methode auch nicht richtig erfasst werden. Für ein und dasselbe Haus ergeben sich für einen kalten Winter andere Ergebnisse für die Temperaturen dieses Sättigungspunkts als für einen milden Winter. Z.B. zeigt das Lastprofil HM in Abb. 13, dass bereits bei Temperaturen knapp über  $0^{\circ}\text{C}$  die Heizleistung bei sinkender Außentemperatur nicht proportional ansteigt. Die Heizleistung bei  $-5^{\circ}\text{C}$  ist bereits bedeutend abgefallen gegenüber der Tangente durch den Wendepunkt. Es ist nicht wahrscheinlich, dass ein Installateur in Österreich eine Heizung baut, die bei einer Außentemperatur von  $-5^{\circ}\text{C}$  die Wohnung nicht mehr heizen kann. Im Gegenteil werden Heizungen mindestens nach ÖNorm ausgelegt und dann noch leicht überdimensioniert. Damit liegt die Temperatur, bei der die Heizung nicht mehr ausreicht, sicher unter  $-12^{\circ}\text{C}$ . Die Sigmoidfunktion könnte das darstellen, es fehlen jedoch die Messwerte. Ein Auswirkung davon, dass dieser Sättigungspunkt bei zu hohen Temperaturen liegt, zeigt sich in den Abb. 18 und 19 bei besonders niedrigen Temperaturen, wo die tatsächlichen Verbrauchswerte bedeutend höher, als die mit den Lastprofilen berechneten sind.

#### **6.4. Fehler bei der Verwendung von Lastprofilen**

Alle Darstellungen im Abschnitt 6 betrachten Fehler, die bei der Verwendung der Lastprofile auftreten. Prinzipiell können diese in zwei Arten von Fehlern aufgeteilt werden: (a) Fehler, die vermeidbar sind und (b) Fehler die immanent sind. Vermeidbare Fehler sind Fehler, die z.B. durch die Verbesserung der Datenlage oder durch die Verwendung „besserer“ Zuordnungen usw. verringert bzw. vollständig vermieden werden können. Immanente Fehler können selbst bei optimaler Datenlage und Parametrisierung immer auftreten. Dies liegt daran, dass bei den Heizprofilen das gesamte Verbrauchsverhalten nur über den Zusammenhang mit der Außentemperatur dargestellt wird. Unterschiedliches Verhalten z.B. durch Schulbetrieb, Ferien, Tourismus, saisonales Lüftungsverhalten, Nebelbildung, saisonale Unterschiede in der Windstärke, saisonales Zuheizverhalten etc. sind dabei nicht abbildbar. Allein aus der Überlegung die komplexe Welt des Heizens für eine doch ziemlich heterogene Gruppe mit vier bis fünf Parametern fehlerfrei abbilden zu können, ist vermessen. Die Kosten für die auftretenden Fehler dieser Methode sollten daher verursachergerecht aufgeteilt werden.

## **7. ZUSAMMENFASSUNG**

### **Heizgas**

Die Überarbeitung der Lastprofile für nicht-leistungsgemessene Haushaltskunden der Gasnetzbetreiber in Österreich für den Bereich Heizgas umfasst die Kategorien (HE) Einzelhaus, (HM) Mehrfamilienhaus und (HG) Gewerbe. Die Erstellung der Lastprofile 2008 war nur unter Einbeziehung von Messungen aus dem Jahr 2004 möglich, um statistisch betrachtet über ausreichend Messtage zu verfügen. Damit standen für die Einfamilienhäuser 12, für Mehrfamilienhäuser 14 und für Gewerbe 70 Jahresdatensätze zur Verfügung.

Aufgrund der größeren Menge an Datensätzen konnte eine strengere Auswahl für die Erstellung der Lastprofile getroffen werden, als es bei der ersten Erstellung 2002 der Fall war.

Dem Ziel die Prognosen zu präzisieren konnte mit Hilfe der neuen asymmetrischen Sigmoidfunktion nach Geiger von der TU München Rechnung getragen werden. Diese schafft gegenüber der ursprünglichen symmetrischen Sigmoidfunktion aus dem Jahr 2002 eine verbesserte Abbildung des Sommergebrauchs und des Übergangs zwischen Sommer und Beginn/Ende der Heizperiode. Die neue Sigmoidfunktion sieht wie folgt aus:

$$h(g_a) = \frac{A}{1 + \left(\frac{B}{g_a - g_{a0}}\right)^C} + D$$

Aus der Gleichung ist ersichtlich, dass der Parameter D eine Parallelverschiebung der Kurve um einen konstanten Wert bewirkt. Dieser kann als Grundlast, die im ganzen Jahr wirksam ist, interpretiert werden. Damit ergibt sich hier auch die Möglichkeit die Sommerlast, die durch die Warmwassererzeugung entsteht, genauer abzubilden.

Für die Erstellung der Lastprofile wurden die normierten und standortkorrigierten Verbrauchswerte in 1°C – Gruppen zusammengefasst und damit die Parameter der neuen Sigmoidfunktion ausgewertet. Dieser Ansatz wird hier als **Bottom-Up-Ansatz** bezeichnet, da die Parameter, wie bereits bei der ersten Erstellung der Lastprofile, aus den zur Verfügung gestellten Datensätzen ermittelt wurden.

Aufgrund der Erfahrungen aus der nun bereits fünfjährigen Verwendungsdauer der Lastprofile 2002 hat sich gezeigt, dass die Lastprofile in weiten Bereichen eine sog. „Sommerlastigkeit“ erzeugen. D.h. aufgrund der Verwendung der Lastprofile wird im Sommer zu viel und im Winter zu wenig Gas im Vergleich zu den tatsächlichen Abnahmemengen prognostiziert. Da es bei manchen Gasnetzbetreibern dabei um Kollektive von mehreren hunderttausend Abnehmern geht, sind diese Differenzmengen beträchtlich. Es wurden daher in einer weiteren Untersuchung im sog. **Top-Down-Ansatz** die Tauglichkeit der neu ermittelten Lastprofile untersucht. Bei der Untersuchung von drei Kollektiven dreier unterschiedlicher Gasnetzbetreiber ergaben sich gegensätzliche Ergebnisse. Bei zwei Kollektiven führten niedrigere prognostizierte Sommerlasten (D-Parameter) zu einem verbesserten Ergebnis für das dritte Kollektiv war es umgekehrt.

Im Sinn einer bestmöglichen Verwendung der Gaslastprofile für Heizen (HE, HM und HG) wird daher vorgeschlagen, alle drei ermittelten Parametersätze D zur Verwendung zuzulassen. Dazu müssen jedoch auch möglichst eindeutige Entscheidungskriterien für deren Anwendung aufgestellt werden.

Die Entscheidung, welcher der drei Parametersätze verwendet wird, soll dabei dem Gasnetzbetreiber überlassen bleiben. Der Gasnetzbetreiber hat somit die Möglichkeit unterschiedliches Sommerlastverhalten zu berücksichtigen und damit, die mit den Gaslastprofilen berechneten, Verbrauchsmengen möglichst nahe an die tatsächlich gemessenen Verbrauchsmengen heranzuführen. Da nicht alle Gasnetzbetreiber eine Lastkurve aller über Gaslastprofile abgerechneten Heizkunden (=Zielkurve) erheben, besteht auch die

Möglichkeit, die über den Bottom-Up Ansatz ermittelten Parameter zu verwenden. Es wird jedoch jedem Gasnetzbetreiber empfohlen diese Zielkurve zu erheben.

Die Vorgangsweise bei der Auswahl der D-Parameter soll daher wie folgt sein:

- Erstellung der Zielkurve = Lastkurve aller über Gaslastprofile abgerechneten Heizkunden in Abrechnungsgebiet
- Prognose der Lastkurve über Gastlastprofile für denselben Zeitraum und dasselbe Kollektiv an Abnehmern
- Variation der D-Parametersätze in der Prognose. Dabei darf jedoch im gesamten Abrechnungsgebiet nur ein gleichbleibender D-Parametersatz verwendet werden. D.h. für alle Heizkunden (HE, HM und HG) müssen einheitlich entweder D-hoch, D-Bottom-up (=D-mittel) oder D-niedrig verwendet werden. Ein Vermischen der D-Parameter (HE mit D-hoch kombiniert mit HM mit D-mittel etc.) ist nicht erlaubt.
- Vergleich der Ergebnisse und Auswahl des D-Parametersatzes mit den geringsten Abweichungen. Die Abweichung bezieht sich hier auf die Summe der Beträge der Abweichungen (Bias-Kennzahl) zwischen Restlastkurve und den Ergebnissen für die drei Varianten der synthetischen Lastprofile.
- Gasnetzbetreiber, die, aus welchen Gründen auch immer, die Zielkurve nicht ermitteln, müssen den D-Parametersatz D-mittel (=D-Bottom-Up) verwenden

Eine weitere wichtige Verbesserung bei der Annäherung der, über die Sigmoidfunktionen, berechneten Verbräuche mit den Zielkurven wurde in allen Fällen durch eine Temperaturglättung erreicht. Dabei wurde der zweite Ansatz der gewichteten Temperaturglättung aus Abschnitt 3.2.2 verwendet:

$$\vartheta_{at} = \alpha * \vartheta_t + (1 - \alpha) * \vartheta_{at-1} \quad \text{Gl. 3.3}$$

Dabei bedeuten:

- $\vartheta_{at}$ : geglättete Temperatur für den Betrachtungstag
- $\vartheta_{at-1}$ : geglättete Temperatur des Vortages
- $\alpha$ : Glättungsfaktor

Die geglättete Temperatur  $\vartheta_{at}$ , die in die Sigmoidfunktion eingesetzt wird, wird dabei mit der oben dargestellten Gleichung 3.3 ermittelt. In der Optimierung, die den Restfehler zwischen der mit der Sigmoidfunktion berechneten und der gemessenen (Zielkurve) Verbrauchskurve minimiert, wurden zwei unterschiedliche Glättungsfaktoren für die Heizperiode und die restliche Zeit gefunden. Es sind dies, als ein Kompromiss für die Anwendung auf alle drei Kollektive, die Werte des Glättungsfaktors  $\alpha = 0,5$  für einen Mittelwert der letzten 7 Tagestemperaturen von  $< 15^\circ\text{C}$  und  $\alpha = 0,05$  für einen Mittelwert der letzten 7 Tagestemperaturen von  $\geq 15^\circ\text{C}$ . Darüber hinaus hat die Berücksichtigung von einer Kommastelle der Temperatur beim Einsetzen in die Sigmoidfunktion zu einer Verbesserung geführt.

## Prozessgas

Für die Überarbeitung der Lastprofile Prozessgas Gewerbe (PG), Prozessgas Kochen (PK) und Prozessgas Warmwasser (PW) erfolgte analog den bestehenden Lastprofilen. Es wurden von den Gasnetzbetreibern Messstellen bei entsprechenden Abnehmern installiert und Messungen durchgeführt. Diese wurden an die TU Graz übermittelt und bilden die Basis für die Erstellung der neuen Lastprofile. Es waren dabei 9 Jahresdatensätze für PG, 7 für PK und 8 für PW gut auswertbar.

Beim Lastprofil PG wird von einer Wochentagsabhängigkeit ausgegangen und zwischen Sommer und Winter mit Übergangssaison unterschieden. Für die einzelnen Stunden eines Tages gibt es eine Verteilung. Beim Prozessgas Gewerbe hat sich gezeigt, dass die Verbrauchswerte im Winter spürbar höher sind, als jene im Sommer. Begründen lässt sich diese Tatsache damit, dass die Prozessgasanschlüsse wohl auch zu einem gewissen Ausmaß Heizzwecke übernehmen. Damit gute Verbrauchsprognosen für die Zielgruppe der Prozessgasabnehmer möglich werden, erfolgt eine zeitliche Aufteilung in Sommer (15.5. bis 14.9.) sowie Winter- und Übergangszeit (15.9. bis 14.5.). Für die entsprechenden Perioden wurden neue tagesstypische normierte Verbrauchswerte berechnet, welche im Winter die auftretende Heizlast berücksichtigen.

Für die Profile PW (Warmwasser) und PK (Kochen) wurde der tagesstypische normierte Verbrauch mit 1 beibehalten, sodass lediglich eine Anpassung der Stundenverläufe erfolgte.

Abschließend wird hier nochmals auf die Tatsache hingewiesen, dass bei der Verwendung von synthetischen Lastprofilen systembedingt immer Abweichungen zu den tatsächlichen Verbräuchen auftreten werden. Die Kosten, die durch diese Abweichungen entstehen, sollten jedenfalls verursachergerecht aufgeteilt werden.

## 8. LITERATUR

- [1] Verordnung der Energie-Control GmbH betreffend Zuordnung, Erstellung und Anpassung von standardisierten Lastprofilen (Lastprofilverordnung 2006), G SLP 12/06
- [2] Almbauer R.: „Überprüfung von Lastprofilen nicht-leistungs-gemessener Kunden der Gasnetzbetreiber in Österreich“, Bericht Nr. FVT-01/04/6600 vom 20. 10. 2004
- [3] Geiger B., M. Hellwig: „Entwicklung von Lastprofilen für die Gaswirtschaft“ im Auftrag des Bundesverbandes der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft und des Verbandes kommunaler Unternehmen“, Bericht des Lehrstuhls für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik im Institut für Energietechnik, TU München, November 2002
- [4] Preitler A., R. Almbauer: „Ermittlung von Lastprofilen von nicht-leistungsgemessenen Kunden der Gasnetzbetreiber“, Endbericht, Bericht Nr. Pi-38/02 - AP 02/06/660 vom 08. 08. 2002

## 9. ANHANG-ANWENDUNGEN

Auf den folgenden Seiten werden die ermittelten Parameter für das Profil Heizen Einfamilienhaus (HE) sowie für das Profil Heizen Mehrfamilienhaus (HM) auf unterschiedliche Datensätze angewandt. Dazu werden 9 Datensätze für HE (Diagramm01 bis Diagramm09) und 7 Datensätze für HM (Diagramm10 bis Diagramm16) verwendet. Bei der Auswertung des Profils Heizen Einfamilienhaus wurde zwei sortenreine Ortsgasverteiler (OGV\_16\_15, OGV006\_01\_08) verwendet.

### 9.1. Anwendungen für das Profil Heizen Einfamilienhaus (HE)

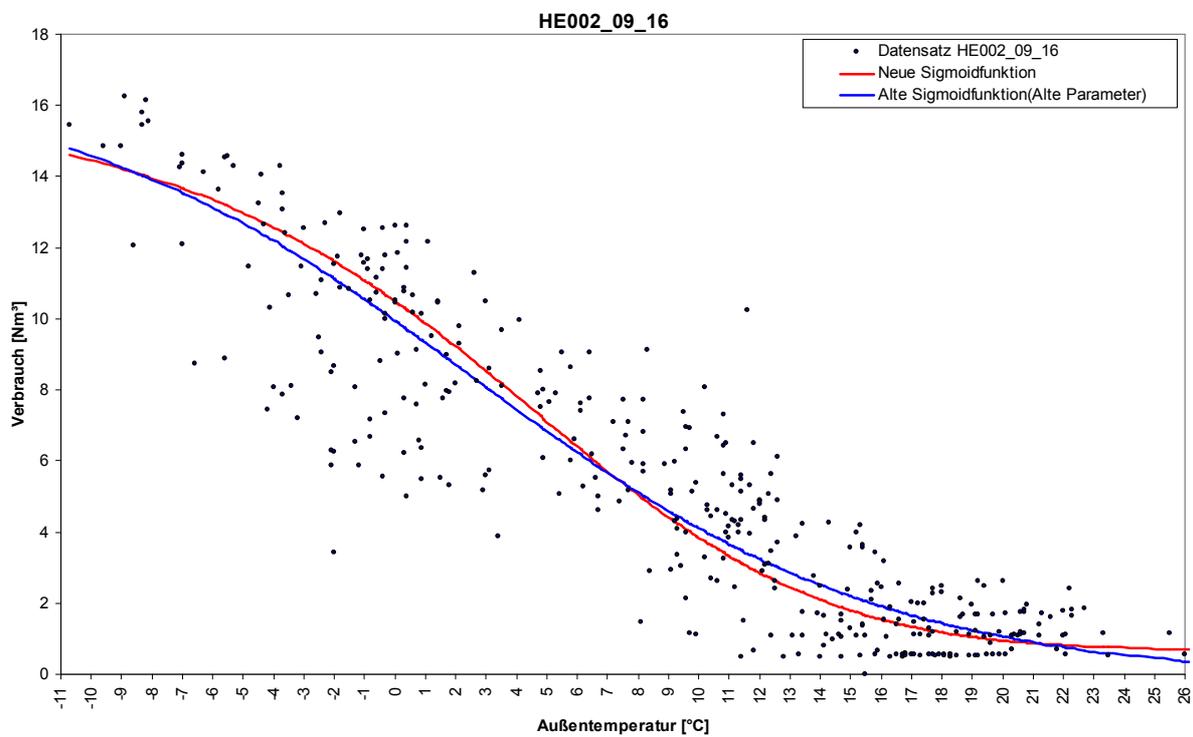


Diagramm 1: Anwendung der neuen Parameter auf den Datensatz HE002\_09\_16

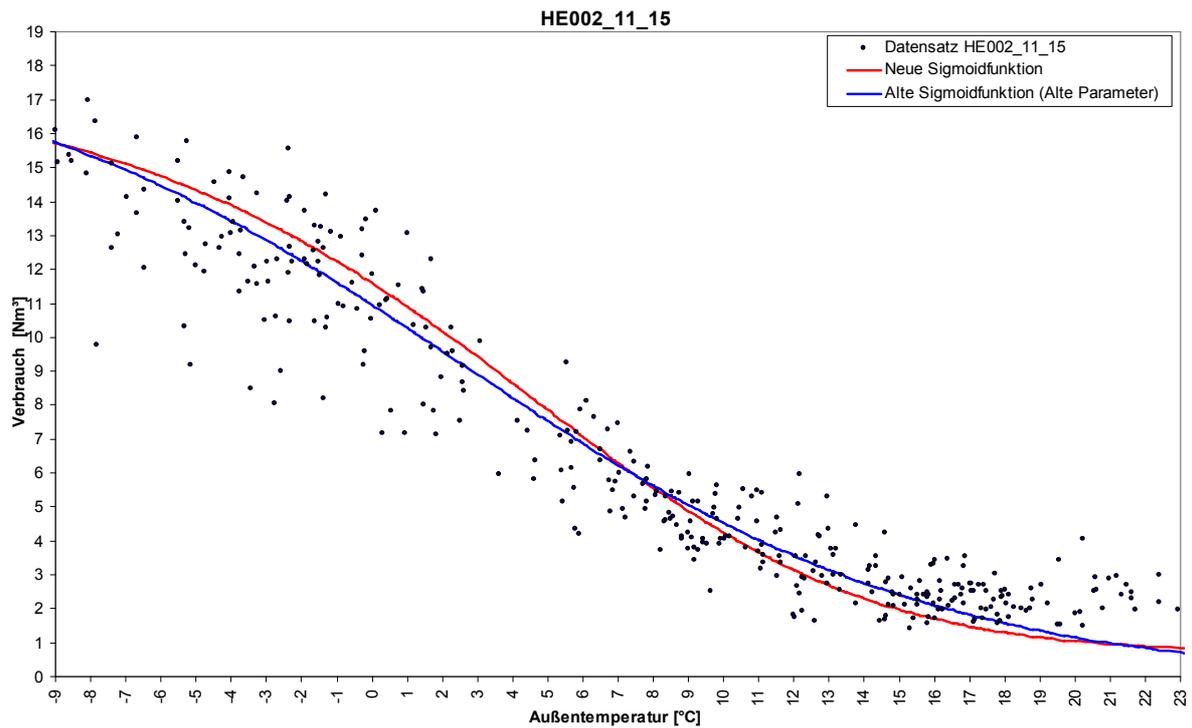


Diagramm02: Anwendung der neuen Parameter auf den Datensatz HE002\_11\_15

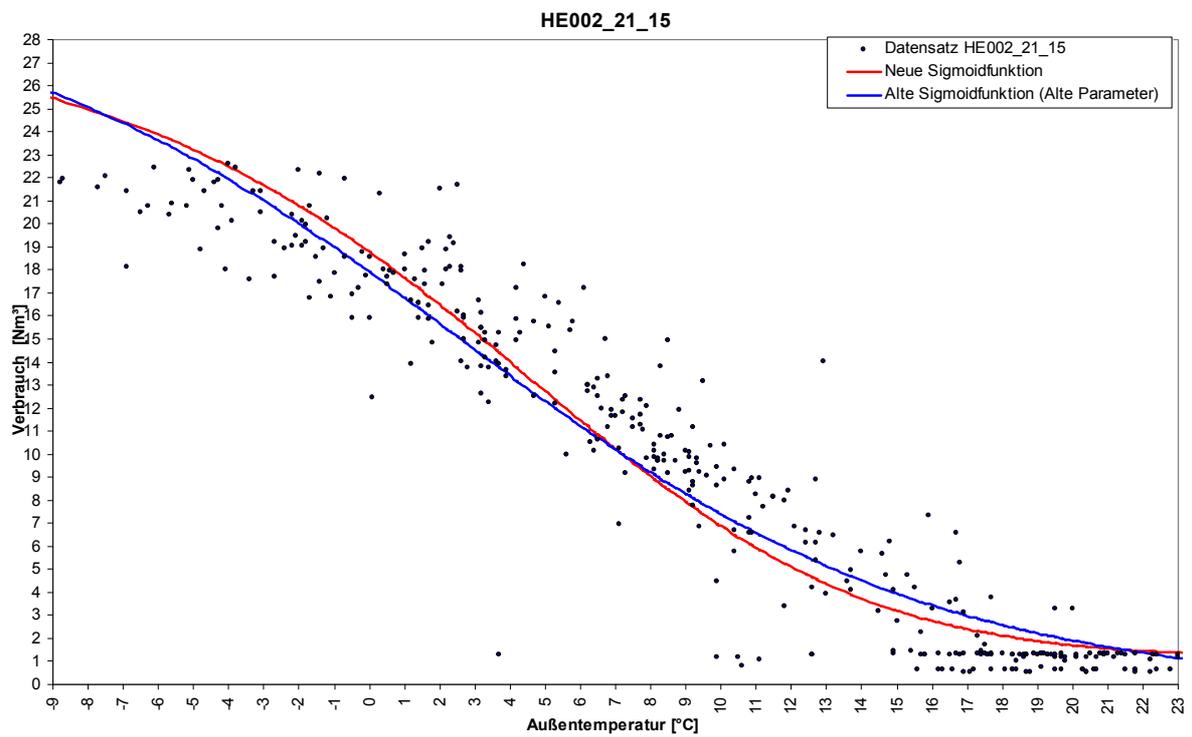


Diagramm 3: Anwendung der neuen Parameter auf den Datensatz HE002\_21\_15

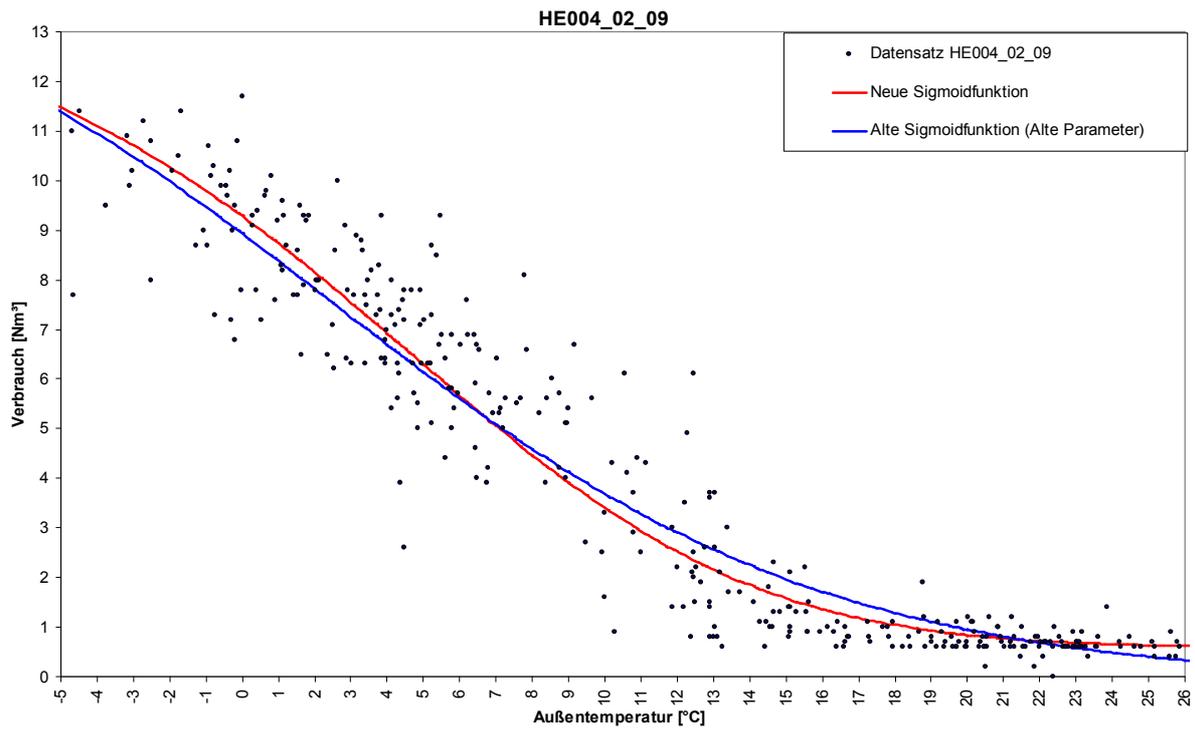


Diagramm 4: Anwendung der neuen Parameter auf den Datensatz HE004\_02\_09

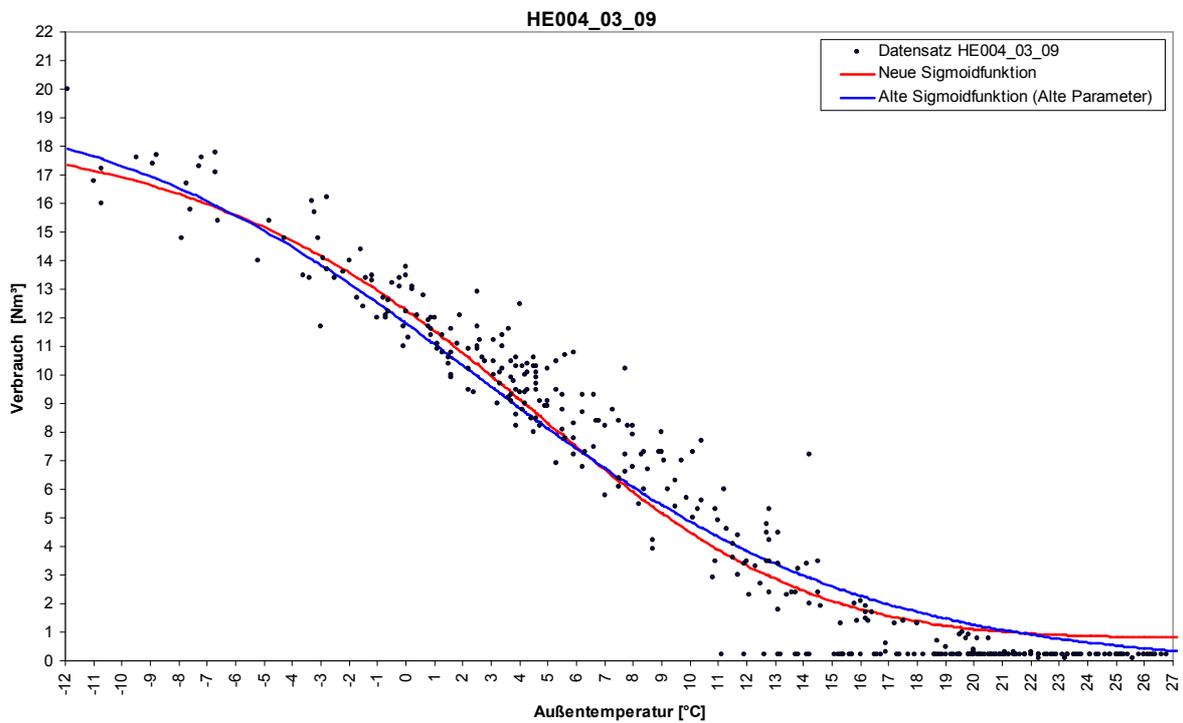


Diagramm 5: Anwendung der neuen Parameter auf den Datensatz HE004\_03\_09

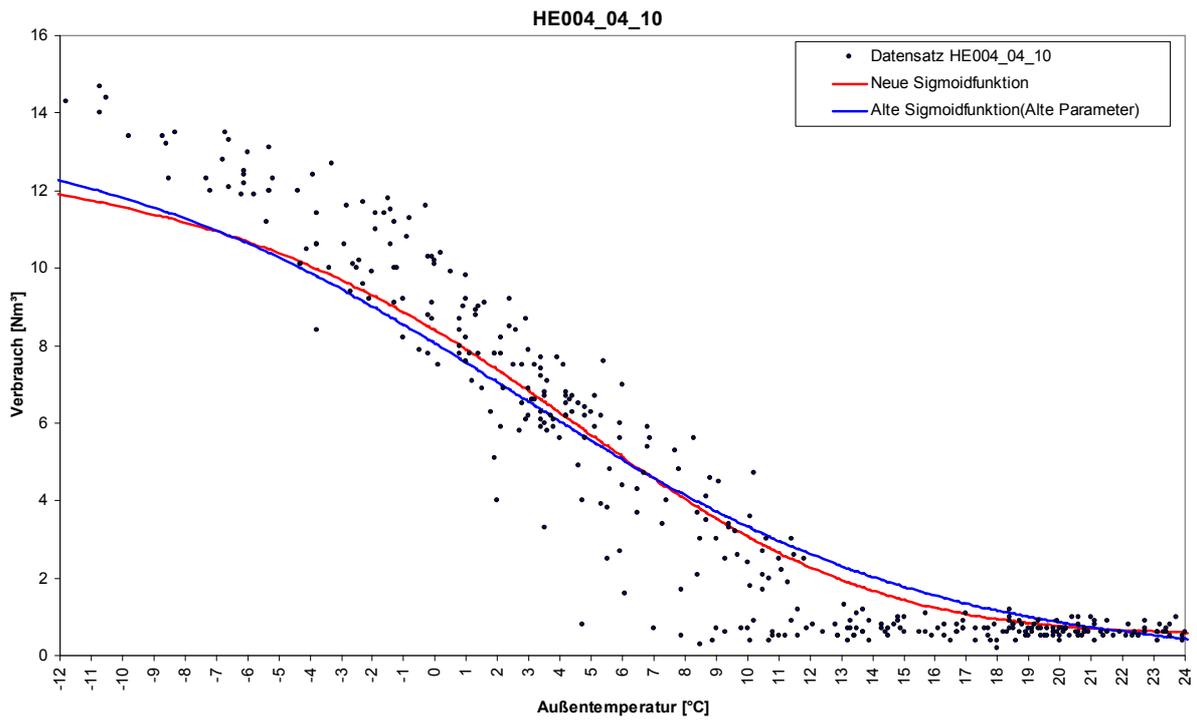


Diagramm 6: Anwendung der neuen Parameter auf den Datensatz HE004\_04\_10

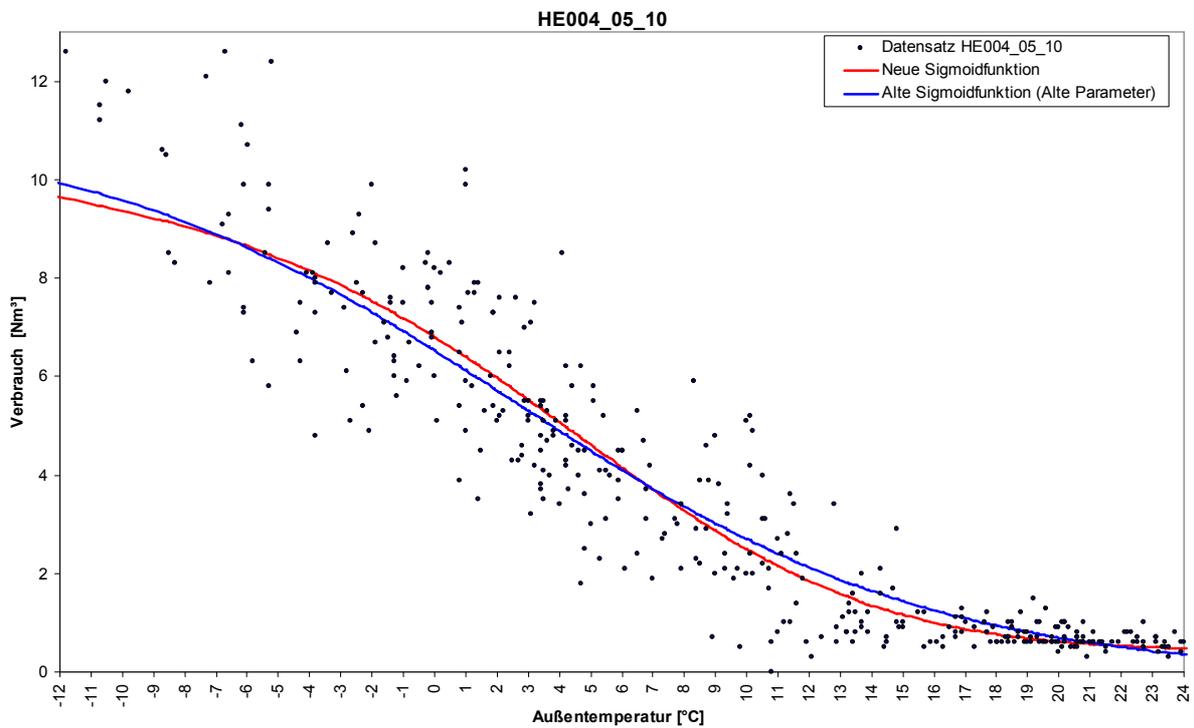


Diagramm 7: Anwendung der neuen Parameter auf den Datensatz HE004\_05\_10

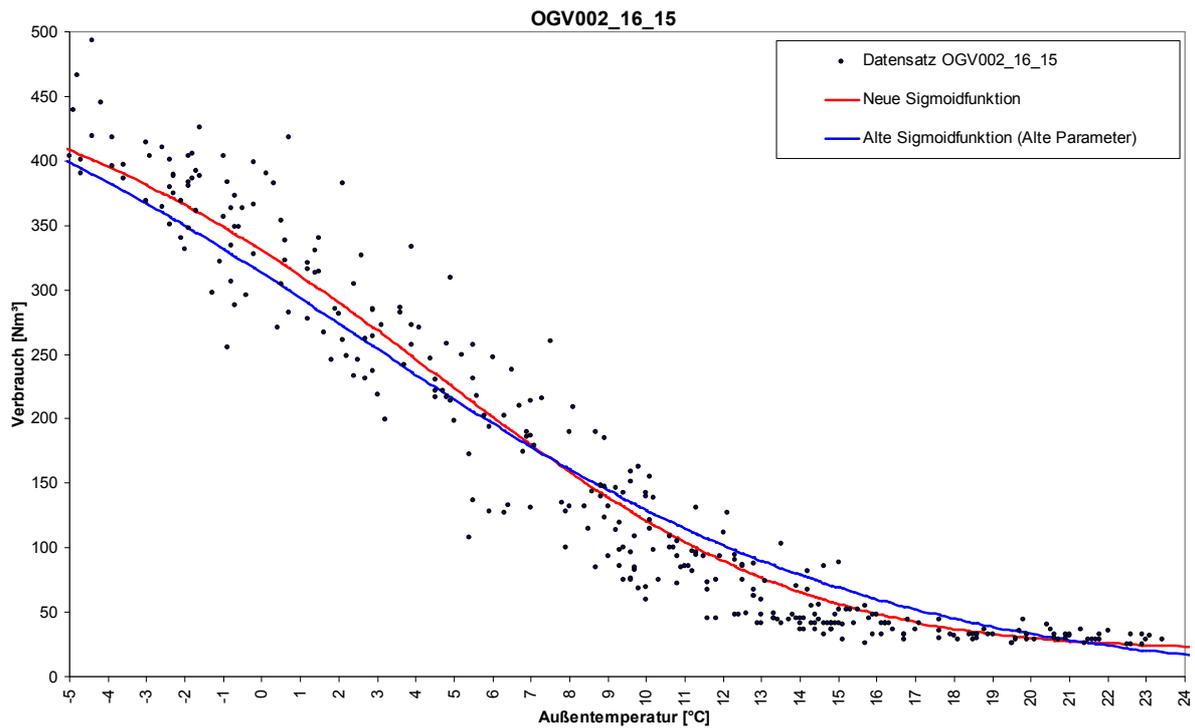


Diagramm 8: Anwendung der neuen Parameter auf den Datensatz OGV002\_15\_16

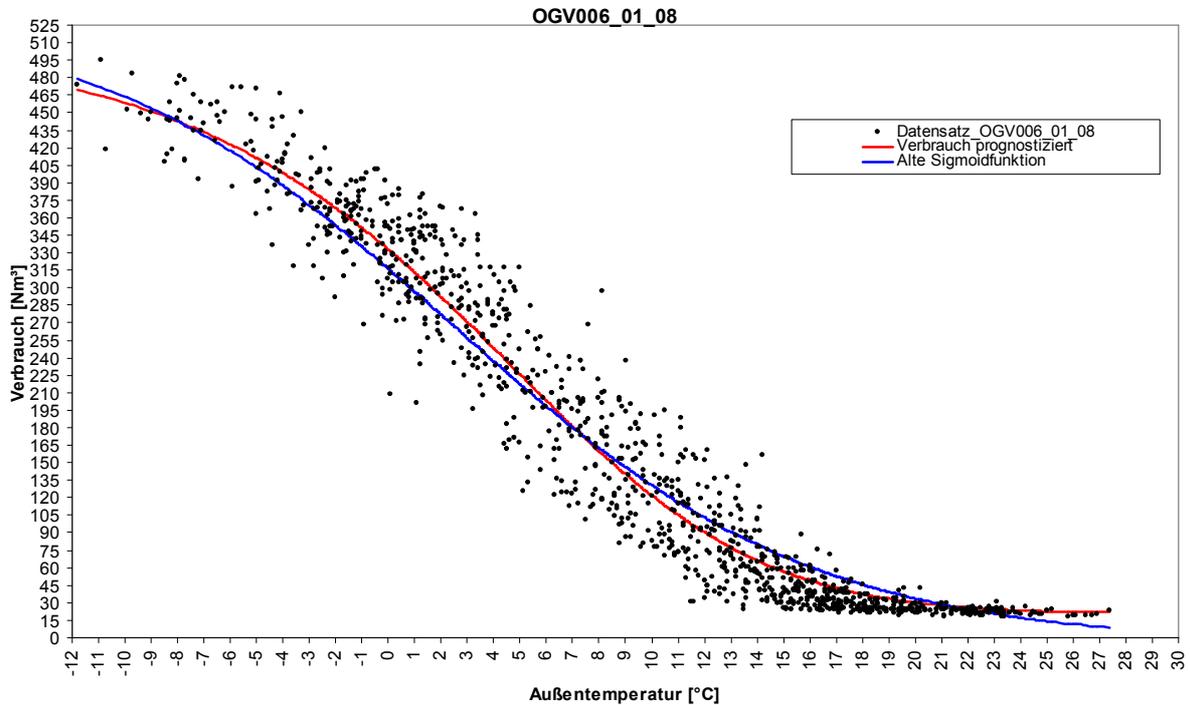


Diagramm 9: Anwendung der neuen Parameter auf den Datensatz OGV006\_01\_08

## 9.2. Anwendungen für das Profil Heizen Mehrfamilienhaus (HM)

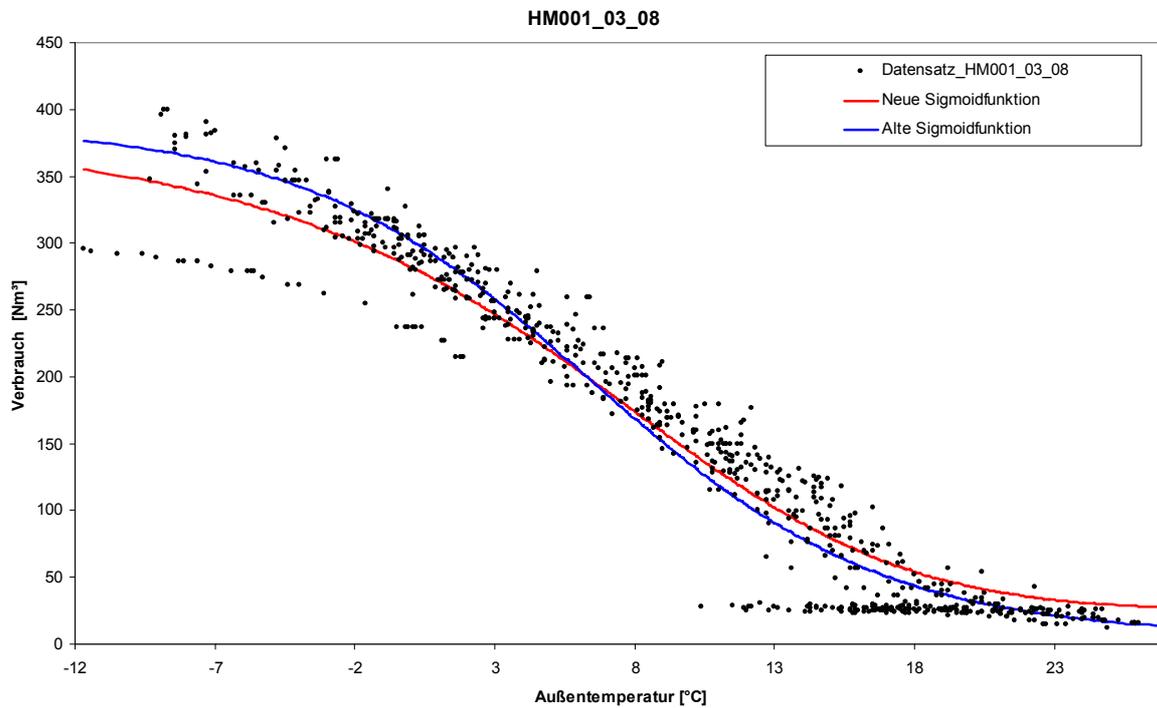


Diagramm 10: Anwendung der neuen Parameter auf den Datensatz HM001\_03\_08

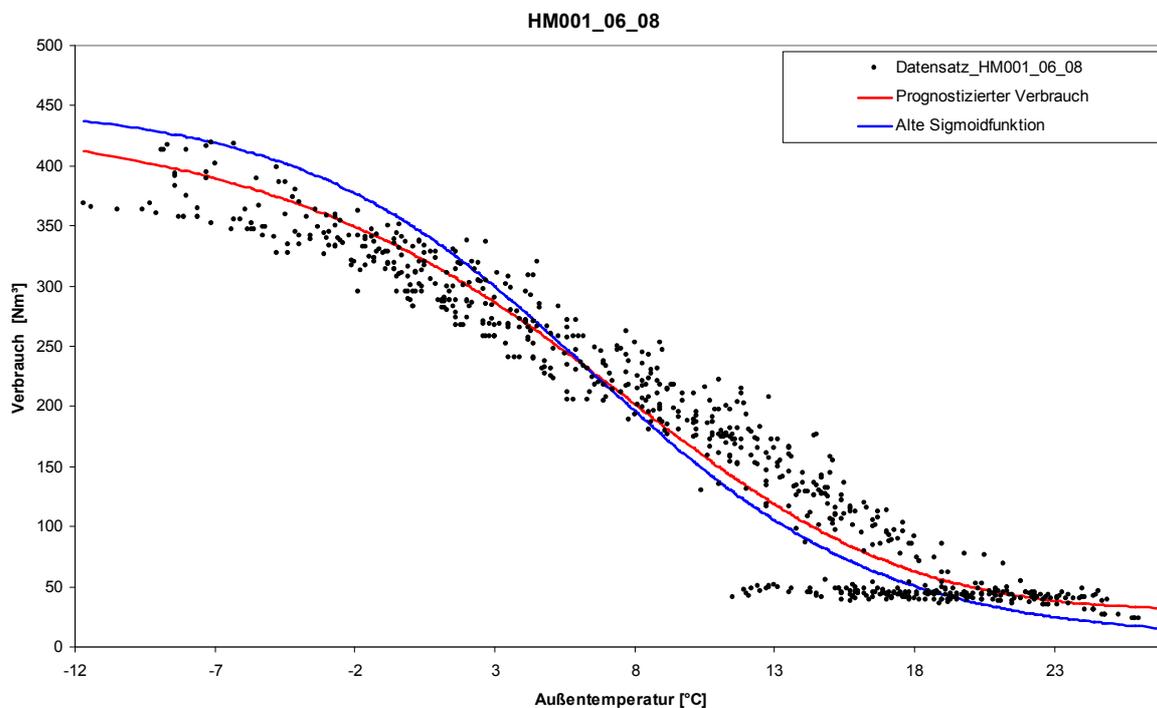


Diagramm 11: Anwendung der neuen Parameter auf den Datensatz HM001\_06\_08

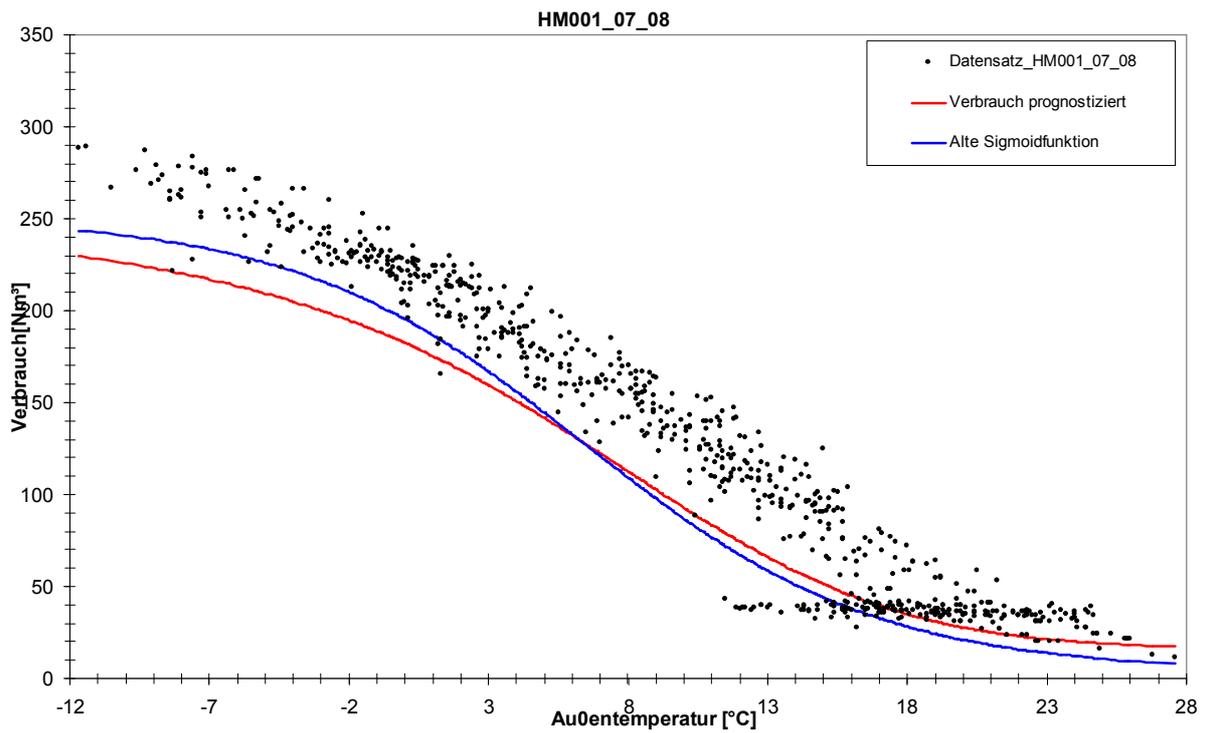


Diagramm 12: Anwendung der neuen Parameter auf den Datensatz HM001\_07\_08

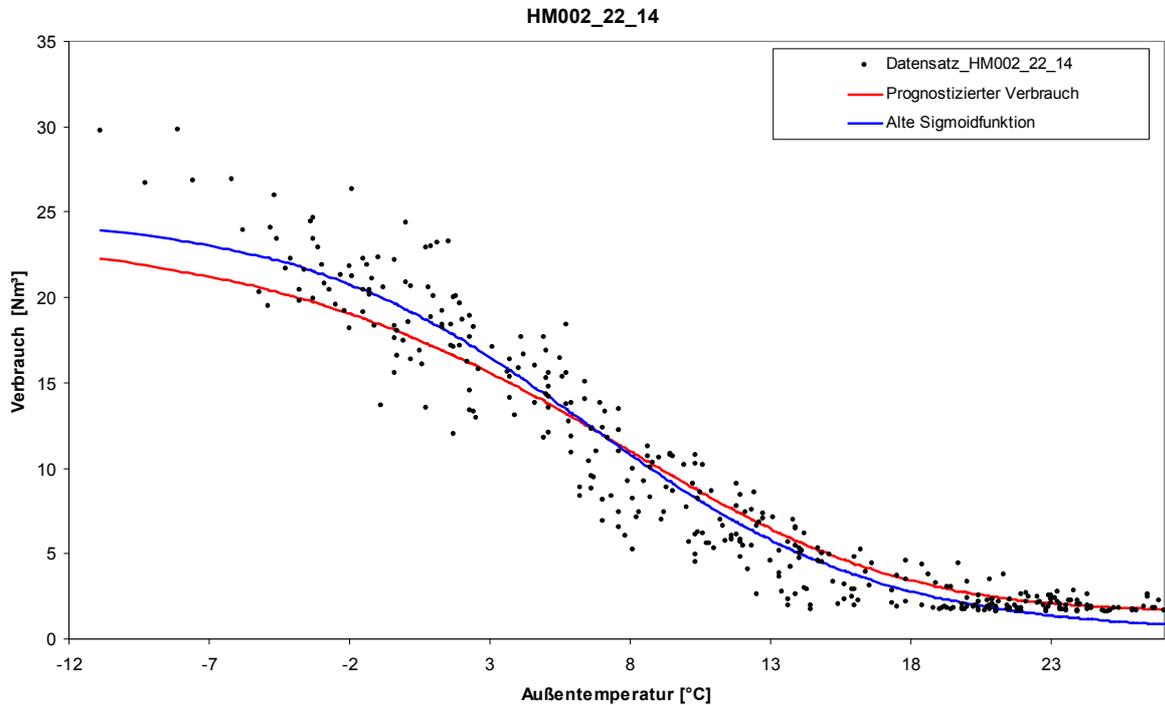


Diagramm 13: Anwendung der neuen Parameter auf den Datensatz HM002\_22\_14

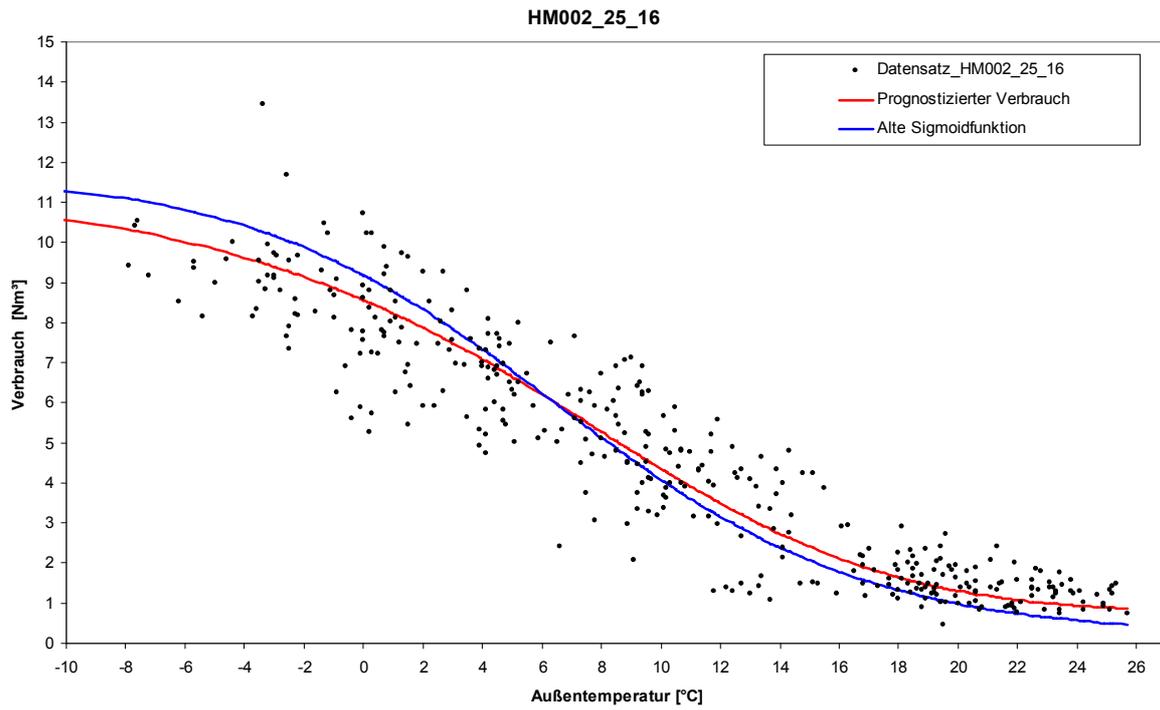


Diagramm 14: Anwendung der neuen Parameter auf den Datensatz HM002\_25\_16

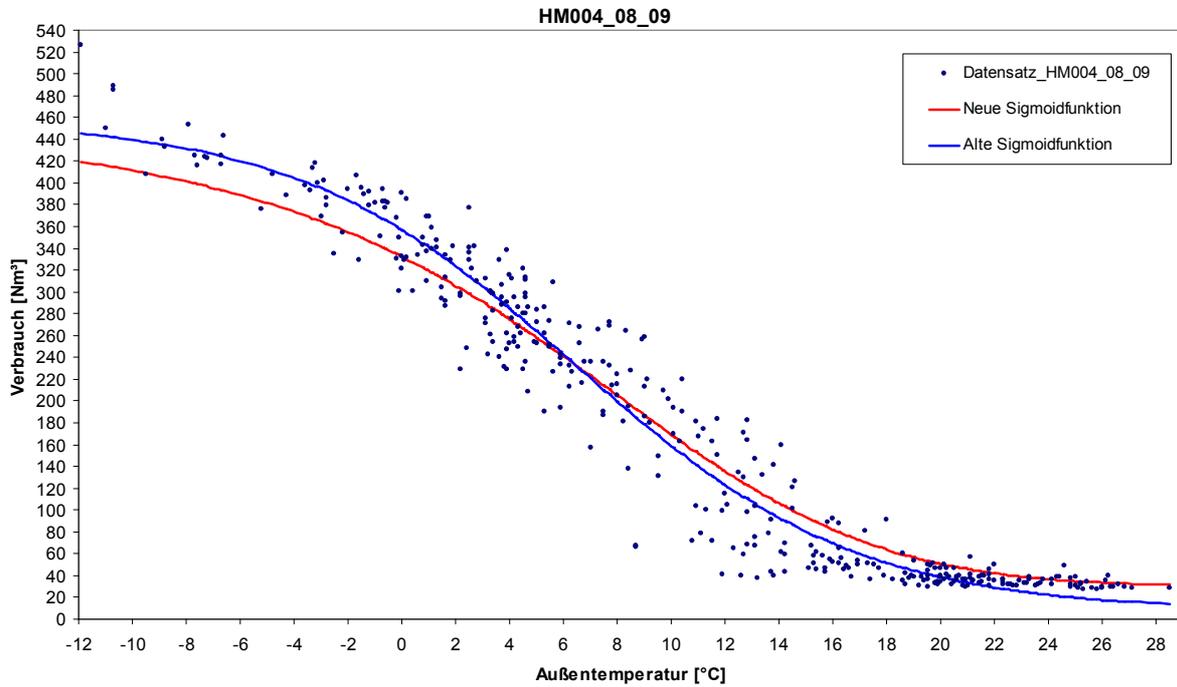


Diagramm 15: Anwendung der neuen Parameter auf den Datensatz HM002\_25\_16

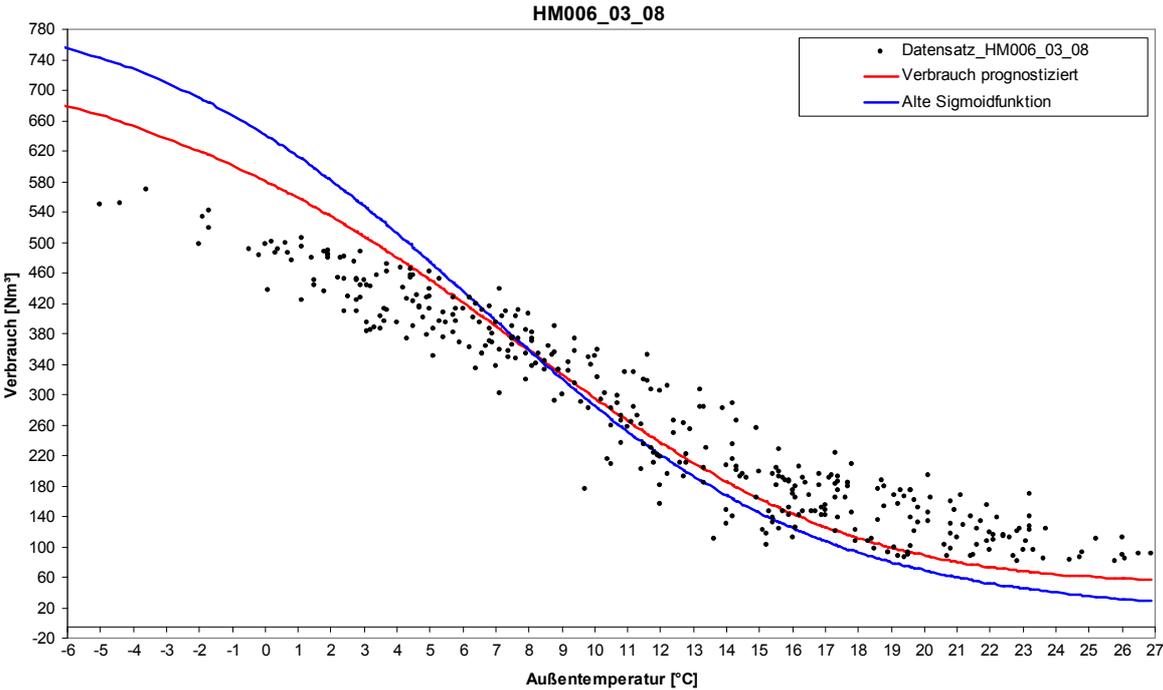


Diagramm 16: Anwendung der neuen Parameter auf den Datensatz HM006\_03\_08