

Erdgasversorgung Technische Betriebe Kreuzlingen: Abrechnungsbrennwertanalyse im Geoinformationssystem

Die Technischen Betriebe Kreuzlingen sind eine Abteilung der Stadt. Als Querverbund-Unternehmen versorgen sie Bevölkerung, Gewerbe und Industrie mit Strom, Erdgas, Trinkwasser und Fernwärme. Als Direktimporteur des Erdgases hat Kreuzlingen eine spezielle Stellung. Mit jeder Erdgasrechnung fällt die entsprechende Verzollung an und in der Übergabestation sind Zähler und Schieber mit Zollplomben versehen. Das Erdgas in Kreuzlingen wird vornehmlich zum Heizen, für Prozesswärme und für Mobilität verwendet.

T. Blum

1. Erdgasversorgung Kreuzlingen: Problematik

Seit Längerem bestehen Divergenzen von -2 % bis -5 % zwischen der Gasabnahme an der Grenze zu Konstanz und dem Gasverkauf an Kunden in Kreuzlingen und Umgebung.

Diese Lücke ist zu gross, um aus Gaslecks zu resultieren. Es wird vermutet, dass die Differenz durch den grossen Höhenunterschied zwischen Abnahmestelle und dem Zähler der Kunden entsteht.

Zwischen tiefstem und höchstem Punkt wurde bei 470 Höhenmetern (Hm) eine Druckreglergrenze (DRG) festgelegt. Darum wird bei Hausanschlüssen (HA), die über 470 Meter über Meer liegen, ein kleiner Druckregler vor dem Zähler installiert. Dadurch wird der entstandene Druckauftrieb in den Gasleitungen wieder reguliert.

Um eine druckangepasste Verrechnung umsetzen zu können, wurde Kreuzlingen in zwei Höhenzonen (HZ) mit jeweils einer mittleren Höhe von 435 Metern und 520 Metern über Meer eingeteilt.

Viele Grossabnehmer liegen in der unteren HZ. Diese sind mit einem Mengenumwerter (MUW) ausgestattet, welcher die Temperatur und den Eingangsdruck des Gases am Zähler ermittelt. Die Ablesung des Zählers erfolgt hier automatisiert und wöchentlich zu einem festen Zeitpunkt. Diese Vorgehensweise gewährleistet eine realitätsnahe Abrechnung des Verbrauchs. Dies ist allerdings nicht für Kleinkunden umzusetzen, da es zu kostenintensiv ist.

Aus diesem Grund hat man sich für die Ermittlung des Abrechnungsbrennwertes mit den oben aufgeführten Höhenmittelwerten entschieden. Hierzu wird der Einspeisebrennwert benötigt. Dieser wird wiederum monatlich aus Konstanz mitgeteilt, das Zweijahresmittel dieses Wertes fliesst in die Berechnung ein. Das Zählerablesen der Kleinkundenzähler erfolgt halbjährlich und an unterschiedlichen Tagen.

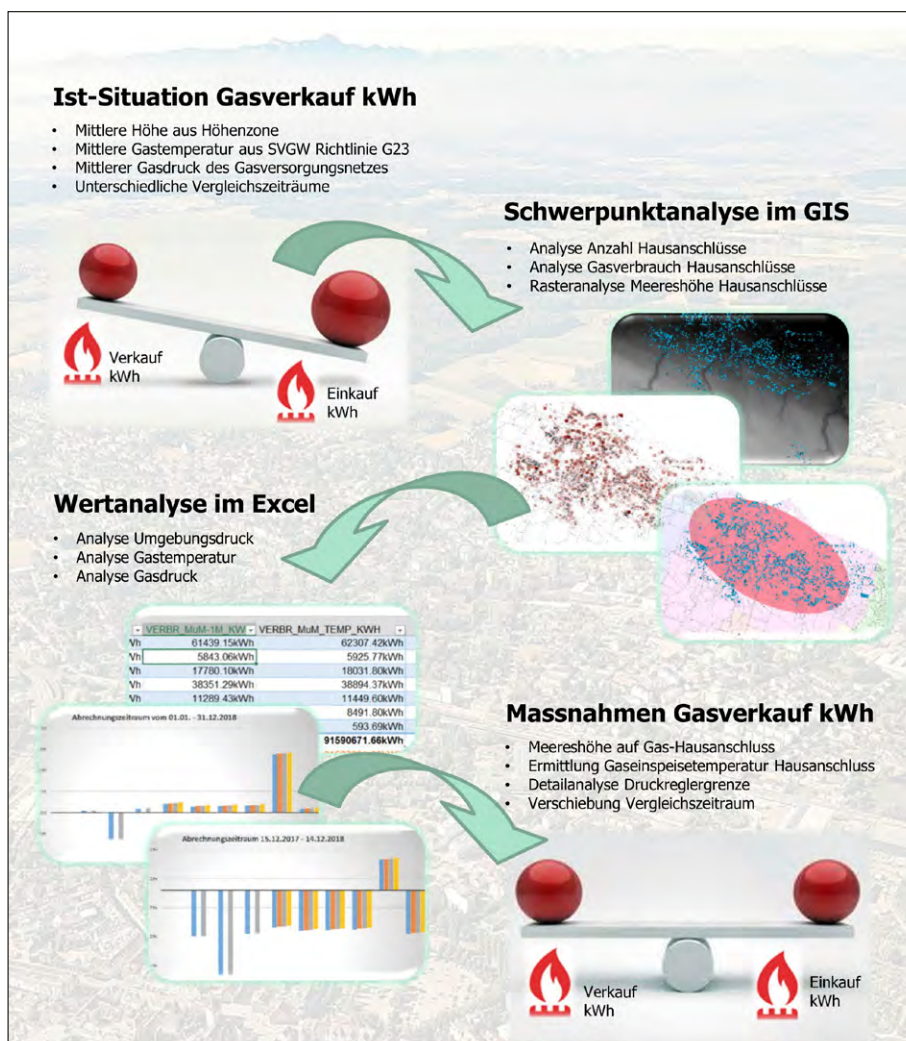


Abb. 1: Ausschnitt aus Plakat zur Präsentation der Abschlussarbeit zur Geomatiktechnikerin.

Fig. 1: Travail de fin d'études de la formation de Technicienne en géomatique (extrait).

Fig. 1: Estratto del poster del lavoro di diploma di tecnica di geomatica.

In die Berechnung der Zustandszahl, von der die Mengenermittlung abhängig ist, wird zudem die Gastemperatur mit einbezogen. Dieser Wert ist konstant bei 288.15 Kelvin festgelegt. Eine Temperaturerhöhung ist z.B. in Folge eines längeren Transportweges allerdings nicht vollständig auszuschliessen.

2. Einkauf

Die gelieferte Energie wird von Gaszählern in den Übergabestellen, in Betriebskubikmeter (Bm³) gemessen. Durch den MUW wird die Gasmenge unter Berücksichtigung des Gasdrucks, der Gastemperatur und des Umgebungsdrucks, von Bm³ in Normkubikmeter (Nm³) umgerechnet. Über den Prozess-Gaschromatograph (PGC), der den Brennwert ermittelt, wird aus der Gasmenge in Nm³ die Menge in kWh (thermische Energie) errechnet. Die zu verrechnende, abgegebene thermische Energie wird dann durch Multiplikation der Nm³ mit dem mittleren monatlichen Einspeisebrennwert festgestellt.

3. Projektrestriktion

Die Analyse beschränkt sich auf die verbrauchte Gasmenge der «Kleinkunden», da bei den Vertragskunden/Grosskunden die Berechnungsfaktoren direkt über einen MUW (geeicht) ermittelt und ohne Anpassungen weiter gegeben werden. Die meisten Kleinkunden beziehen ihr Gas über eine Gasniederdruckleitung, darum wird das 5bar-Netz ebenfalls aus der Analyse ausgeschlossen.

Weiter ausgeschlossen werden der Einspeisebrennwert, Kompressibilitätszahl, Normdruck, Normtemperatur, Betriebsdruck, MUW, der PGC, Leitungsdurchmesser, -länge und -material. Diese Werte sind z.T. genormt, geeicht oder werden schon anderweitig überprüft in die Berechnungen mit eingebracht.

4. Relevante Faktoren

Zu den überprüfaren Faktoren gehört die «Höhe», die für die Ermittlung des

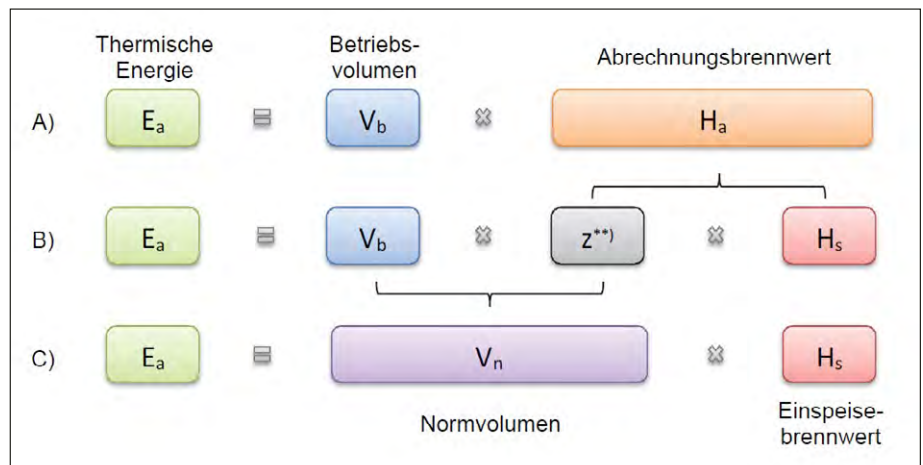


Abb. 2: Ausschnitt aus dem «Merkblatt Erdgasabrechnung» (Technische Betriebe Kreuzlingen, 2018).

Fig. 2: «Facturation du gaz naturel»: extrait de la notice (Technische Betriebe Kreuzlingen, 2018).

Fig. 2: Estratto dal «Foglio informativo conteggio gas naturale» (Technische Betriebe Kreuzlingen, 2018).

Umgebungsdrucks massgebend ist. Aus der Zustandszahl ergeben sich die «Gastemperatur», der «Luftdruck» und der «Einspeisedruck». Zudem beinhaltet der Abrechnungsbrennwert den «Einspeisebrennwert» sowie die vier zuvor genannten Werte. Darum ist dieser Wert ebenfalls genauer zu betrachten.

4.2. Ermittlung des Abrechnungsbrennwertes und der thermischen Energie		
a) Niederdruck $p_{eff} = 22 \text{ mbar}$		
Formel	Berechnung	
<u>Mittlere Höhe über Meer:</u> $h = \frac{h_1 + h_2}{2}$	Zone 1 $h = \frac{400 \text{ m} + 470 \text{ m}}{2} = 435 \text{ m}$	Zone 2 $h = \frac{490 \text{ m} + 550 \text{ m}}{2} = 520 \text{ m}$
<u>Umgebungsdruck:</u> $p_{amb} = 1015 \text{ mbar} - \frac{0.115 \text{ mbar}}{\text{m}} \times h$	Zone 1 $p_{amb} = 1015 \text{ mbar} - \frac{0.115 \text{ mbar}}{\text{m}} \times 435 \text{ m} = 965 \text{ mbar}$	Zone 2 $p_{amb} = 1015 \text{ mbar} - \frac{0.115 \text{ mbar}}{\text{m}} \times 520 \text{ m} = 955 \text{ mbar}$
<u>Zustandszahl:</u> $z = \frac{T_n}{T} \times \frac{p_{amb} + p_{eff}}{p_n} \times \frac{1}{K}$	Zone 1 $z = \frac{273.15 \text{ K}}{288.15 \text{ K}} \times \frac{965 \text{ mbar} + 22 \text{ mbar}}{1013.25 \text{ mbar}} \times \frac{1}{1} = 0.9234$	Zone 2 $z = \frac{273.15 \text{ K}}{288.15 \text{ K}} \times \frac{955 \text{ mbar} + 22 \text{ mbar}}{1013.25 \text{ mbar}} \times \frac{1}{1} = 0.9140$
<u>Abrechnungsbrennwert:</u> $H_a = H_s \times z$	$H_a = 11.275 \frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3} \times 0.9234 = 10.411 \frac{\text{kWh}}{\text{Bm}^3}$	$H_a = 11.275 \frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3} \times 0.9140 = 10.305 \frac{\text{kWh}}{\text{Bm}^3}$
<u>Thermische Energie:</u> $E_a = H_a \times V_b$	$E_a = 10.411 \frac{\text{kWh}}{\text{Bm}^3} \times \text{Bm}^3 = \text{kWh}$	$E_a = 10.305 \frac{\text{kWh}}{\text{Bm}^3} \times \text{Bm}^3 = \text{kWh}$

Abb. 3: Ausschnitt aus dem «Merkblatt Erdgasabrechnung» (Technische Betriebe Kreuzlingen, 2018).

Fig. 3: «Facturation du gaz naturel»: extrait de la notice (Technische Betriebe Kreuzlingen, 2018)

Fig. 3: Estratto dal «Foglio informativo conteggio gas naturale» (Technische Betriebe Kreuzlingen, 2018).

Die relevanten Berechnungsfaktoren sind ebenfalls aus dem «Merkblatt Erdgasabrechnung», Ausgabe 2018 V1, Seite 2 und 5 ersichtlich.

5. Mehrwertgenerierung

Durch das Zusammenbringen von bisher voneinander unabhängigen Informationen soll ein Mehrwert generiert werden. So auch bei der Abrechnungsbrennwertanalyse. Hierfür hat die Projektleiterin im Internet auf folgenden Seiten recherchiert:

- <https://geoinformation.tg.ch/>
- <https://map.geo.admin.ch/>
- <https://www.geocat.ch/>
- <https://www.meteoschweiz.admin.ch/>

Da der Umgebungsdruck höhenabhängig ist, wird nach Höheninformationen gesucht, welche die Rasterdaten des Digitalen Terrainmodells (DTM) flächendeckend beinhalten. Die Idee, ein Kartenwerk für den Luftdruck mit einzubinden, lässt sich nicht umsetzen, da es hierzu keine Daten für das Gebiet «Kreuzlingen» gibt. Meteoswiss.ch antwortet auf die E-Mail-Anfrage: «Gitterdaten zum Luftdruck gibt es generell keine.»

6. Analyse

Die Gasabrechnung wird, wie schon erwähnt, in kWh abgerechnet. Abgelesen wird der Verbrauch in Bm³. Um zum Einheitswert «kWh» zu gelangen, wird ein Abrechnungsbrennwert definiert. Dieser beinhaltet pauschalisierte Werte, die in der Analyse hinterfragt werden. Aus diesem Grund hat sich die Projektleiterin entschieden, den «Rohwert» Bm³ zu analysieren.

6.1 GIS und IS-E

Nach der Datensichtung werden die IS-E-Verbrauchsdaten und die GIS-Daten im Excel 2016 über das Attribut «Adresse» zusammengeführt. Für eine eindeutige Gebäudezuordnung würde sich der eindeutige Gebäudeidentifikator «EGID» besser eignen. Dieser wird bei den Technischen Betrieben im IS-E nicht geführt.

Als Datenbehälter dient eine mit dem Programm ArcCatalog von ESRI erstellte Filegeodatabase (FGDB).

Die FGDB wird in ArcGIS Pro eingelesen, das DTM wird hinzugefügt und die Höheninformationen daraus mit dem Werkzeug aus der SpatialAnalystToolbox «Werte auf Punkt übertragen» auf die Gas-HA übergeben. Die Verbrauchsmenge Gas-Zähler wird hinzugefügt und ggf. auf dem HA summiert.

6.1.1 Schwerpunktberechnungen Anzahl Hausanschlüsse

Im ArcGIS Pro wird über das SpatialAnalystTool «Richtungsverteilung» eine Standardabweichungsellipse über die die Anzahlmenge der Gas-HA vorgenommen. Die daraus generierte Schwerpunkthöhe beträgt 416.61 m ü. M.

Um die Vorgehensweise zu kontrollieren, wurde ein zusätzlicher Schwerpunkt über eine gepufferte Fläche über die Anzahl der HA ermittelt. Dieser Höhenwert beträgt 416.33 m ü. M.

6.1.2 Schwerpunktberechnung Verbrauch

Der Verbrauch wird über eine rasterisierte Nachbarschaftsanalyse über die Kernichte «Verbrauch» visualisiert. Hierdurch ist kein Schwerpunkt ermittelbar.

Anschliessend wird die Information des Verbrauchs auf die einzelnen Parzellen übertragen. Dies sieht zwar eindrücklich aus, allerdings drohen die Flächengrößen der Liegenschaften das Ergebnis zu verfälschen.

Daraufhin wird eine Selektion der 500 HA mit dem meisten Verbrauch selektiert und ein Puffer gebildet. Mit dieser Massnahme werden 75 % des Gasverbrauches abgedeckt. Aus dieser Fläche ergibt sich ein Schwerpunktwert mit einer Höhe von 420.07 m ü. M.

Für das Gebiet Bättershausen, Lengwil, Neuwil und Siegershausen (HZ 2) wird nur eine Schwerpunktanalyse über die Anzahl der Gas-HA vorgenommen. Da die Höhe dieser Schwerpunktermittlung mit 520.43 m ü. M. sehr gut mit dem Mittelwert aus der Höhenzone 2 (HZ 2) übereinstimmt, wird kein

zusätzlicher Wert in die Analyse mit einfließen.

Es wird beschlossen, die Höhenwerte 415 m, 420 m und 520 m ü. M. für die zukünftigen Berechnungsvarianten heranzuziehen.

6.2 Einspeisebrennwert

Der Einspeisebrennwert, der für die Rechnungsstellung der TBK herangezogen wird, beträgt 11.268. Dieser Wert wird mittels einer mittleren Mengengewichtung überprüft und der daraus resultierende Wert von 11.270 zusätzlich in die Analyse mit übernommen.

6.3 Druckauftrieb

Da vor 15 Jahren die DRG von 450 m auf 470 m ü. M. angehoben wurde, wird der Verbrauch im Bezug zum Druckauftrieb in diesem Bereich ermittelt. Hierfür wird ein Druckauftrieb von 0,48 mbar auf 10 Hm ab 400 m ü. M. angenommen.

Resultat: Der Druckauftrieb wirkt sich nur sehr gering mit +0.01/+0.02 % auf die Berechnung aus.

6.4 Excel

Der Wert der Gaseinkaufsmenge vom Jahr 2018 wird, um den Vergleich zu erleichtern, als Referenzwert mit dem Wert von 100 % festgesetzt.

Die Werte des Ist-Verbrauchs, der Abrechnungsbrennwert aus dem Jahr 2017 (der Abrechnungsbrennwert wurde im Jahr 2018 um rund 1 % angehoben), der Druckauftrieb des Versorgungsnetzes, die neu ermittelten mittleren Höhen von 415 m u. 420 m sowie die effektiven Meereshöhen der Gas-HA werden mit dem Einspeisebrennwert von 11.270 analysiert. Die Erkenntnis daraus ist, hätte die TB den Abrechnungsbrennwert für das Jahr 2018 nicht erhöht, würde weiter ein Gasmengeverlust von -0.62 % bestehen. Zudem zeigt sich, dass die Mengenresultate bei Berechnungen mit den mittleren Höhen 415 m, 420 m oder mit der tatsächlichen Meereshöhe nur minimal – im Bereich von 0.2% – gegenüber der Einkaufsmenge variieren. Dadurch wird bewiesen, dass die neu ermittelten mittleren Höhen mit den örtlichen Gegebenheiten übereinstimmen.

Mit Varianten, denen der Brennwert von 11.268 zugrunde liegt, verringern sich alle Werte um 0.02 %, dies ist kontraproduktiv. Sie wird trotzdem für weitere Interpretationen beibehalten.

Weitere Überlegungen werden ange stellt: Die Meereshöhe um «1 m zu redu zieren», da die Gasleitungen meist 1 m unterhalb der Erdoberfläche liegen, sowie den «Temperaturanstieg», der prozentual zum Druckauftrieb im Verhältnis steht, mit heranzuziehen.

Die Einspeisetemperatur aus dem Einkauf wird hierfür grob mengengewichtet ge mittelt. Daraus resultiert eine Temperatur von ca. 11 °C. Diese wird so einbezogen, dass sie im Verhältnis zur Meereshöhe und zum Gasdruck ansteigt.

Die Analyse zeigt nun, dass es sich lohnt, den Wert «Gastemperatur» genauer zu betrachten.

6.5 Auswertung

Die Auswertung findet nun in zwei Vari anten statt. In der ersten wird der Abrech nungszeitraum für den Einkauf vom 01.01.–31.12.2018 und in der zweiten Variante den Zeitraum vom 15.12.2017– 14.12.2018 als Referenzwert herangezo gen.

Diese Zeitraumverschiebung bewirkt, dass dem Einkauf 770.250 kWh der Gas menge hinzuzufügen sind. Daraus lässt

sich schliessen, dass der Dezember im Jahr 2018 milder war als im Jahr 2017. Das hat zur Folge, dass alle ermittelten Verkaufsmengen – ausser die unter Einbezug der Temperatur – unter den Referenzwert abfallen und somit ein Negativ für die Verkaufsmenge bedeutet.

7. Erkenntnisse

Es ist essenziell gleiche Zeiträume zu vergleichen bzw. abzulesen, da das Wet ter nicht berechenbar ist. Dies kann man nur beheben, indem man alle Zählerwer te zum selben Zeitpunkt ausliest. Mit dem Projekt Smart Meter wird es möglich sein. Die DRG spielt in der Abrechnungsdiffe renz nur eine sehr untergeordnete Rolle. Dieselbige wirkt sich im Höhenbereich von 450 m–460 m ü. M. mit +0,01 % auf den Verbrauch in kWh aus.

Die GIS-Analyse hat bewiesen, dass die Mehrheit der Verbraucher und auch die Mehrheit der verbrauchten Gasmengen in Kreuzlingen im tiefergelegenen Bereich zwischen ca. 397 m und 435 m liegen. Die mittlere Höhe der HZ 1 müsste im Bereich von 415–420 m ü. M. definiert sein, an statt wie bisher mit 435 m.

Das Berechnungssystem der HZ funktio niert nur, wenn sich das Gas-Versor gungsgebiet auf einem Höhenniveau befindet. Dies ist in Kreuzlingen mit ei-

nem Höhenunterschied von ca. 90 Hm nicht gegeben.

Um für alle HA eine gleichwertige Men gengermittlung umsetzen zu können, muss der Faktor «Meereshöhe» und «Gastemperatur» für jeden Hausan schluss mit in die Berechnung der thermi schen Energie (kWh) einfließen.

Das Geoinformationssystem ist im Hinblick auf Flächenanalysen ein sehr interessantes Werkzeug. Es ist auch fantastisch, welche Erkenntnisse gewonnen werden können, wenn man scheinbar unabhängige Infor mationen zusammenbringt.

Die dritte, vierte und auch fünfte Dimen sion können kommen...

Bildquellen:

<https://www.rehadat-bildung.de>

<http://ckd.vacloud.us>

Tanja Blum

Teamleiterin GIS/NIS/Planung

Geomatiktechnikerin mit eidg. Fähig keitsausweis

Technische Betriebe Kreuzlingen

Nationalstrasse 27

CH-8280 Kreuzlingen

tanja.blum@kreuzlingen.ch