

Zeitschrift: Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

Herausgeber: geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und
Landmanagement

Band: 118 (2020)

Heft: 3

Artikel: Erdgasversorgung Technische Betriebe Kreuzlingen :
Abrechnungsbrennwertanalyse im Geoinformationssystem =
Approvisionnement en gaz naturel Services techniques de Kreuzlingen
: analyse du coefficient thermique du gaz livré dans le système
d'information g...

Autor: Blum, Tanja

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-905937>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

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.

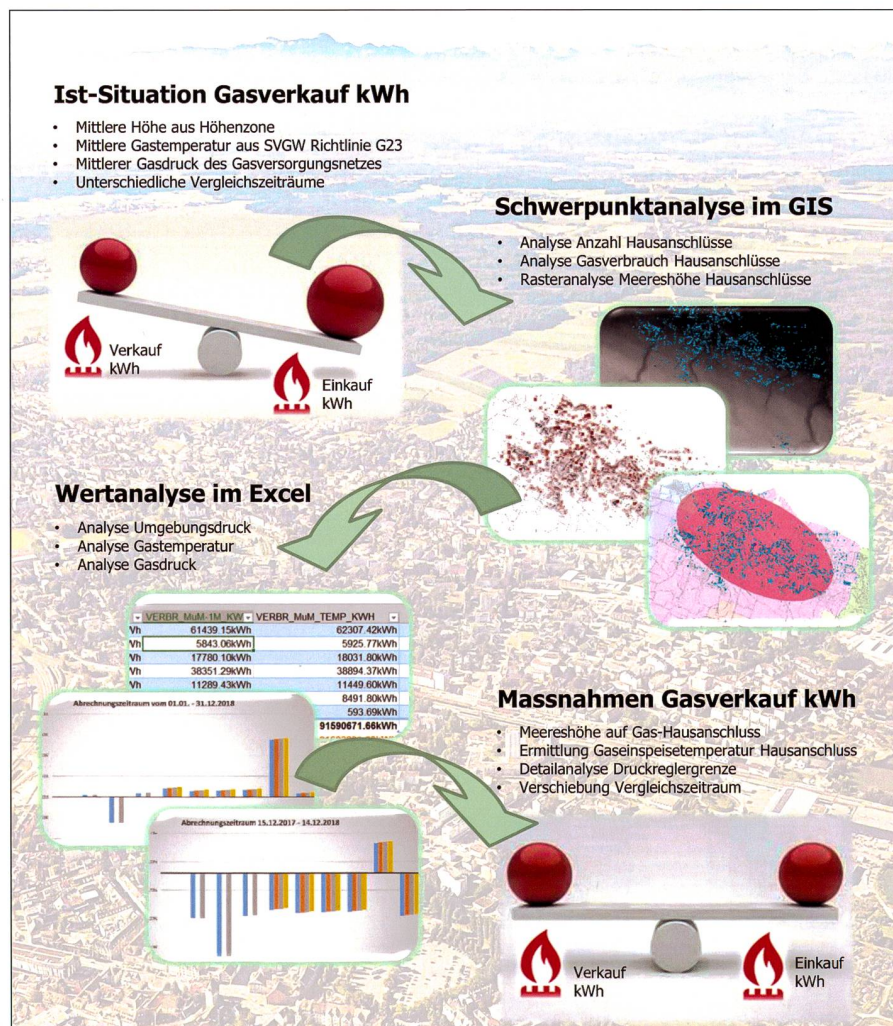


Abb. 1: Ausschnitt aus Plakat zur Präsentation der Abschlussarbeit zur Geomatiktechnikerin.

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 in geomatica.

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 Höhenmitteln 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.

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 überprüfbareren Faktoren gehört die «Höhe», die für die Ermittlung des

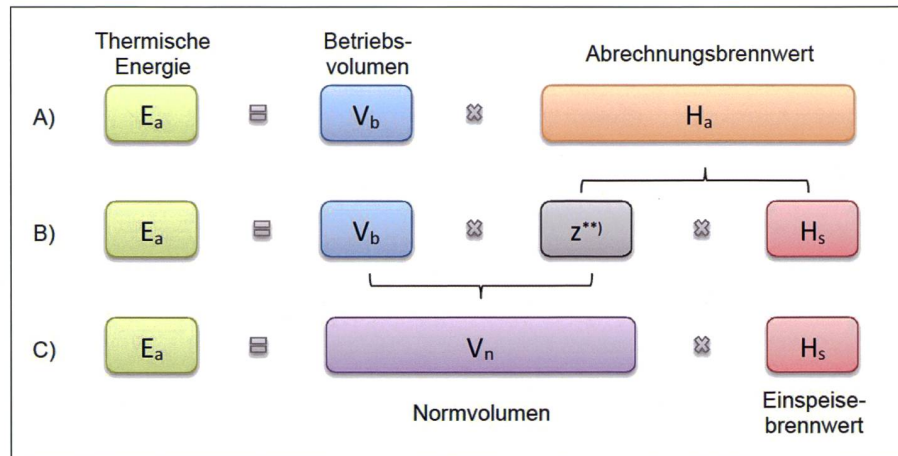


Abb. 2: Ausschnitt aus dem «Merkblatt Erdgasabrechnung» (Technische Betriebe Kreuzlingen, 2018).

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 Bm^3 . 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» Bm^3 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 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 Kerndichte «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 Schwerpunktmittlung 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 Gas mengenverlust 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 gemittelt. 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 herangezogen.

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 Wetter nicht berechenbar ist. Dies kann man nur beheben, indem man alle Zählerwerte zum selben Zeitpunkt ausliest. Mit dem Projekt Smart Meter wird es möglich sein. Die DRG spielt in der Abrechnungsdifferenz 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, anstatt wie bisher mit 435 m.

Das Berechnungssystem der HZ funktioniert nur, wenn sich das Gas-Versorgungsgebiet auf einem Höhenniveau befindet. Dies ist in Kreuzlingen mit ei-

nem Höhenunterschied von ca. 90 Hm nicht gegeben.

Um für alle HA eine gleichwertige Mengenermittlung umsetzen zu können, muss der Faktor «Meereshöhe» und «Gastemperatur» für jeden Hausanschluss mit in die Berechnung der thermischen 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 Informationen zusammenbringt.

Die dritte, vierte und auch fünfte Dimension können kommen...

Bildquellen:

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

<http://ckd.vacloud.us>

Tanja Blum

Teamleiterin GIS/NIS/Planung

Geomatiktechnikerin mit eidg. Fähigkeitsausweis

Technische Betriebe Kreuzlingen

Nationalstrasse 27

CH-8280 Kreuzlingen

tanja.blum@kreuzlingen.ch

Approvisionnement en gaz naturel Services techniques de Kreuzlingen: Analyse du coefficient thermique du gaz livré dans le système d'information géographique

Les services techniques de Kreuzlingen relèvent de la municipalité. Ils possèdent le statut de société mixte de distribution et approvisionnent la population, les entreprises et les industries en électricité, en gaz naturel et en eau potable. Ils sont également chargés du chauffage à distance. En tant qu'importateur direct de gaz naturel, Kreuzlingen a un fonctionnement particulier: pour chaque facture de gaz naturel, des frais de dédouanement correspondants sont dus et les compteurs et vannes de la station de réception sont pourvus de scellés douaniers. À Kreuzlingen, les principaux usages de gaz naturel sont le chauffage, la chaleur industrielle et la mobilité.

T. Blum

1. Approvisionnement en gaz naturel à Kreuzlingen: Problématique

Depuis longtemps, des divergences de 2 % à 5 % existent entre le prélèvement du gaz effectué à la frontière près de Constance et la vente de gaz aux clients situés à Kreuzlingen et dans les environs. Cet écart est trop marqué et ne peut résulter de fuites de gaz. L'importante différence d'altitude entre le lieu de fourniture et le compteur du client semble une explication plus plausible.

Entre le point le plus bas et celui le plus haut, une limite de régulation de pression a été fixée à 470 m de dénivelé. Les raccordements domestiques situés à plus de 470 m au-dessus du niveau de la mer sont dotés d'un petit régulateur de pression installé en amont du compteur pour réguler la pression dans les conduites de gaz.

Pour prendre en compte la pression dans la facturation, Kreuzlingen a été divisée en deux zones altimétriques: l'une à une hauteur moyenne de 435 mètres, l'autre

à 520 mètres au-dessus du niveau de la mer.

De nombreux gros consommateurs se situent dans la zone basse. Ils sont équipés d'un dispositif de conversion de volume qui calcule la température et la pression d'entrée du gaz au compteur. Le relevé du compteur est automatique, hebdomadaire et intervient à heure fixe, ce qui garantit un décompte fondé sur la consommation effective. Toutefois, ce dispositif ne convient pas aux clients modestes, car il est onéreux.

On lui préfère un autre système basé sur le pouvoir calorifique contractuel (ou PCS), calculé grâce aux valeurs altimétriques moyennes mentionnées plus haut. Pour effectuer les calculs, il est nécessaire de connaître le pouvoir calorifique réel, qui est communiqué mensuellement par Constance. La moyenne bisannuelle de cette valeur est intégrée dans le calcul. Le compteur des clients modestes est relevé une fois par semestre à des dates variables.

En outre, on intègre dans le calcul du coefficient de conversion qui sert à calculer le volume la température du gaz. Elle affiche une valeur constante: 288.15 Kelvin. Toutefois, on ne peut complète-

ment exclure une augmentation de température due à une longue distance d'acheminement par exemple.

2. Achat

L'énergie livrée est mesurée en mètres cubes (m^3) par le compteur à gaz au point de livraison. Un dispositif de conversion de volume permet de transformer la quantité de gaz exprimée en m^3 en Normo mètres cube (Nm^3), en tenant compte de la pression du gaz, de sa température et de la pression ambiante. La chromatographie en phase gazeuse (PGC) permet d'obtenir le pouvoir calorifique et de convertir le volume de gaz exprimé en Nm^3 en énergie thermique (kWh). L'énergie thermique produite facturable est ensuite calculée en multipliant le volume (Nm^3) par le pouvoir calorifique réel moyen mensuel.

3. Délimitation du projet

L'analyse porte sur la quantité de gaz consommée par les «clients modestes». En effet, pour les clients contractuels/gros clients, les éléments de calcul sont directement définis par un correcteur de pression (étalonné) et communiqués directement sans conversion. Le gaz arrive chez la majorité des petits clients par une conduite basse pression, c'est pourquoi le réseau 5 bars n'est pas pris en compte. Sont également exclus de l'analyse: le pouvoir calorifique réel, le taux de compressibilité, la pression normale, la température normale, la pression de service, le correcteur de pression de la chromatographie en phase gazeuse, tout comme le diamètre de la conduite, sa longueur et son matériau. Ces valeurs sont partiellement normalisées, étalonnées ou ont déjà été vérifiées et intégrées dans les calculs.

4. Paramètres pertinents

«L'altitude» doit être vérifiée, car elle est déterminante pour calculer la pression ambiante. À partir du taux de conversion on peut déterminer la «température du

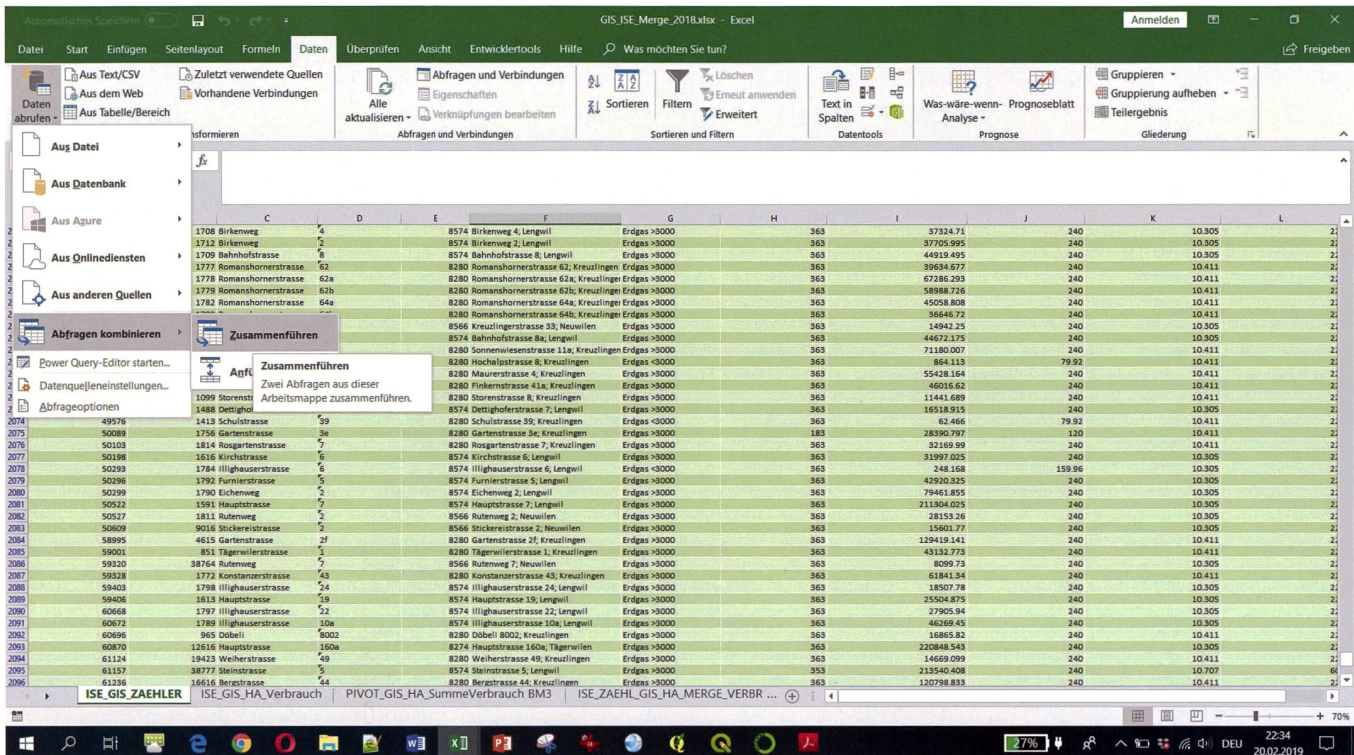


Fig. 4: Impression d'écran: fonction «Fusionner les données».

Abb. 4: Printscreens aus dem Arbeitsvorgang «Daten zusammenführen».

Fig. 4: Printscreens del processo di lavoro «Raccolta dati».

gaz», la «pression atmosphérique» et la «pression réelle». En outre, le pouvoir calorifique supérieur comprend le pouvoir calorifique réel et les quatre valeurs déjà mentionnées. C'est pourquoi cette valeur doit elle aussi être analysée.

La «notice sur la facturation du gaz naturel» (édition 2018 V1, page 2 et 5) présente tous les paramètres qui entrent en ligne de compte dans la facturation.

5. Valeur ajoutée

Le croisement d'informations jusqu'alors traitées isolément devait apporter une valeur ajoutée, tout comme l'analyse du pouvoir calorifique contractuel. Dans ce but, la chargée du projet a consulté plusieurs sites internet:

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

Comme la pression ambiante dépend de l'altitude, il a fallu trouver des données liées à l'altitude contenant les données

raster du modèle numérique de terrain (DTM) à une grande échelle. L'idée d'intégrer une cartographie pour la pression atmosphérique a été écartée, car les données pour le territoire de «Kreuzlingen» font défaut, comme en atteste la réponse mail de Meteoswiss.ch: «En général, il n'existe pas de données maillées relatives à la pression atmosphérique.»

6. Analyse

Comme nous le savons, la consommation de gaz est facturée en kWh. Or le volume consommé se mesure en m³ (pression de fonctionnement). La valeur unitaire en «kWh» s'obtient en définissant le pouvoir calorifique contractuel. Il repose sur des valeurs forfaitaires que notre analyse critique au profit d'une démarche axée sur la «valeur brute» en m³.

6.1 ISG et ISE

Une fois affichées, les données IS-E-de consommation et les données SIG sont fusionnées dans un fichier Excel 2016 sous

l'attribut «adresse». L'identificateur de bâtiment «EGID» permettrait une meilleure attribution de bâtiment. Les services techniques ne l'ont pas renseigné dans le système IS-E.

Une géodatabase fichier (FGDB) créée avec l'application ArcCatalog de ESRI sert de référentiel.

La géodatabase (FGDB) est enregistrée dans ArcGIS Pro. Le DTM est ajouté et les altitudes qui en sont extraites sont transférées sur le raccordement en cliquant sur «Transférer des valeurs vers les points» dans la boîte à outils Spatial Analyst. Le volume consommé du compteur est ajouté et additionné au raccordement, le cas échéant.

6.1.1 Calcul du point central «Nombre»

Dans ArcGIS Pro, la boîte à outils Spatial Analyst effectue une répartition directionnelle du nombre de raccordements domestiques. La hauteur du point central qui en résulte est de 416.61 m au-dessus du niveau de la mer.

Pour contrôler la procédure, un point central supplémentaire a été calculé en passant par une zone tamponnée, le nombre de raccordements. Cette valeur altimétrique s'élève à 416.33 m au-dessus du niveau de la mer.

6.1.2 Calcul du point central «Consommation»

Une analyse de proximité rasterisée permet de visualiser la consommation en passant par le jeu d'outil densité de noyau «consommation». Ainsi, aucun point central ne peut être déterminé.

Puis, les données de consommation sont attribuées à chaque parcelle. Cela paraît impressionnant, mais les surfaces des propriétés pourraient fausser le résultat. Ensuite, les 500 raccordements les plus énergivores sont sélectionnés et une zone tampon est créée. Cette mesure permet de couvrir 75 % de la consommation de gaz. Avec cette superficie, la valeur du point central atteint 420.07 m au-dessus du niveau de la mer.

Pour les zones de Bättershausen, Lengwil, Neuwil et Siegershausen (zone de raccordements n° 2), seule une analyse du point central basée sur le nombre de raccordements au gaz a été menée. L'altitude de ce point central (520.43 m au-dessus du niveau de la mer) s'accorde parfaitement avec la moyenne de la zone altimétrique n° 2. Aucune valeur supplémentaire n'est donc intégrée dans l'analyse.

Il a été décidé d'intégrer dans les prochaines variantes de calcul les valeurs altimétriques de 415 m, 420 m et 520 m au-dessus du niveau de la mer.

6.2 Pouvoir calorifique réel

Le coefficient calorifique réel utilisé par les TKB pour la facturation est de 11.268. Après vérification à l'aide d'une pondération quantitative moyenne, la valeur de 11.270 a été intégrée dans l'analyse.

6.3 Pression

Il y a quinze ans, la limite de régulation de pression a été relevée de 450 m à 470 m au-dessus du niveau de la mer. La consommation liée à la pression est donc calculée par rapport à ce niveau. Pour ce faire, on suppose une variation de pression de 0,48 mbar tous les 10 m, à partir de 400 m au-dessus du niveau de la mer. La pression n'influe que très peu sur le calcul: +0.01/+0.02 %.

6.4 Excel

Pour faciliter la comparaison, la valeur du volume de gaz acheté pour l'année 2018 a été fixée à 100 %.

Sont analysés avec le pouvoir calorifique réel (11.270): les valeurs de consommation réelle, le pouvoir calorifique contractuel de 2017 (le PCS a été légèrement relevé d'environ +1 % en 2018), la pression du réseau d'approvisionnement, les nouvelles altitudes moyennes de 415 m et 420 m, tout comme les hauteurs effec-

tives de niveau de la mer des raccordements au gaz.

L'enseignement principal est que si le pouvoir calorifique contractuel de 2018 n'avait pas augmenté, le volume de ventes en kWh se situerait à -0.62 % en dessous du volume de gaz acheté. De plus, que l'on se base sur les hauteurs moyennes de 415 m, 420 m ou sur le niveau effectif de la mer, les volumes obtenus ne varient que très peu par rapport au volume acheté - de l'ordre de 0.2 % - ce qui prouve que les nouvelles altitudes moyennes calculées correspondent aux conditions locales.

Les variantes basées sur un pouvoir calorifique de 11.268 aboutissent à une baisse de toutes les valeurs (-0.02 %), ce qui est contre-productif. Malgré cela, la variante est conservée pour d'autres interprétations.

D'autres pistes ont été explorées:

- «Abaisser le niveau de la mer d'un mètre». En effet, les conduites de gaz se situent le plus souvent à 1 m sous la surface.
- Tenir compte de «l'augmentation de la température», qui est un pourcentage de la pression.

Pour ce faire, la température réelle issue de l'achat est calculée grossièrement en appliquant une pondération. Il en résulte une température d'environ 11 °C, conçue pour augmenter par rapport au niveau de la mer et à la pression du gaz.

Ainsi, il apparaît utile d'analyser plus attentivement le paramètre «température du gaz». Pour la première fois, le volume de gaz déterminé dépasse le volume acheté de 1 %.

6.5 Évaluation

Deux modalités d'évaluation sont envisagées: dans le premier scénario, la période d'achat allant du 01.01.2018 au 31.12.2018 sert de base 100 % à la facturation.

Dans le second cas, la valeur 100 % est la période d'achat allant du 15.12.2017 au 14.12.2018. Ce décalage de dates nous amène à ajouter à l'achat 770 250 kWh du volume de gaz. On peut en déduire que le mois de décembre 2018 était plus doux que celui de 2017. En conséquence,

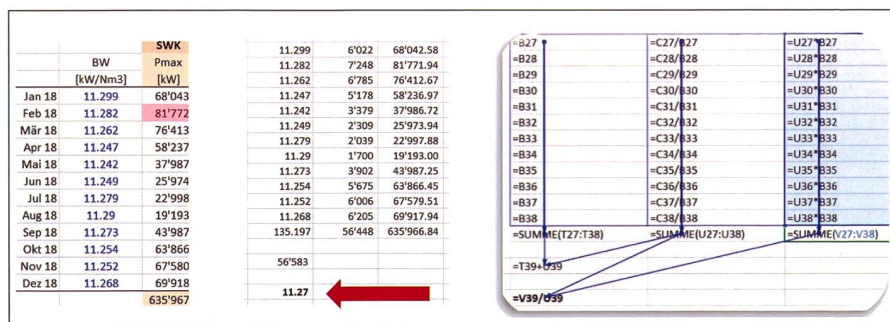


Fig. 5: Impression d'écran: valeur moyenne pondérée du pouvoir calorifique réel.

Abb. 5: Printscreen von der mengengewichteten Mittelbildung des Einspeisebrennwerts.

Fig. 5: Printscreen del calcolo della media delle quantità ponderate del valore di combustione di immissione.

tous les volumes de ventes – sauf ceux calculés avec la température – tombent sous la barre d'achat des 100 %.

7. Enseignements

Comparer des périodes différentes biaise les résultats, car les conditions météorologiques sont imprévisibles. Cela rend le paramètre «période» inutilisable. Seule la lecture concomitante de toutes les valeurs de compteur permet d'éviter cet écueil. Cela sera possible dans sept ans grâce au projet Smart Meter.

La limite de régulation de pression joue un rôle très marginal dans la différence de facturation. Cette dernière a une incidence de +0,01 % sur la consommation en kWh dans la plage d'altitude 450 m–460 m au-dessus du niveau de la mer.

L'analyse SIG a démontré qu'à Kreuzlingen la majorité du gaz consommé provenait de la zone basse (397 m et 435 m), où réside la majorité des consommateurs. Il conviendrait de fixer à 415–420 m au-dessus du niveau de la mer la hauteur moyenne de la zone de raccordements n° 1, au lieu de 435 m actuellement.

Le système de facturation de la zone de raccordements ne fonctionne que si la zone d'approvisionnement en gaz se situe suffisamment en hauteur. Or, avec une différence d'altitude d'environ 90 m, Kreuzlingen ne satisfait pas cette exigence.

Pour calculer les quantités de manière équivalente pour tous les raccordements, les paramètres «niveau de la mer» et «température du gaz» doivent être inté-

grés dans le calcul de l'énergie thermique (kWh) pour chaque raccordement.

Le système d'information géographique s'avère très performant pour l'analyse des surfaces. C'est aussi un outil formidable pour acquérir de nouvelles connaissances en exploitant des informations apparemment non corrélées.

La troisième, quatrième voire la cinquième dimension peut advenir...

Tanja Blum
Responsable d'équipe SIG/NIS/
planification
Géomaticienne CFC
Technische Betriebe Kreuzlingen
Nationalstrasse 27
CH-8280 Kreuzlingen
tanja.blum@kreuzlingen.ch

Approvvigionamento del gas naturale aziende tecniche Kreuzlingen: analisi sistema di informazione geografica

L'aziende tecniche Kreuzlingen sono un comparto del servizio pubblico urbano. In qualità di azienda trasversale, provvedono a garantire l'approvvigionamento di elettricità, gas naturale, acqua potabile e teleriscaldamento all'insieme della popolazione nonché alle aziende commerciali e industriali. L'aziende tecniche Kreuzlingen sono un importatore diretto di gas naturale e quindi occupano una posizione particolare. Su ogni bolletta di gas naturale è imputato il relativo sdoganamento e nella stazione di trasmissione i contatori e le saracinesche sono dotate di piombi doganali. A Kreuzlingen il gas naturale è sostanzialmente impiegato per il riscaldamento, il calore industriale e la mobilità.

T. Blum

1. Approvvigionamento del gas naturale a Kreuzlingen: Problematica

Da parecchio tempo a questa parte sussistono delle differenze del -2 %/-5 % tra

il punto di erogazione del gas alla frontiera di Costanza e la vendita di gas ai clienti di Kreuzlingen e dintorni.

Questa differenza è troppo significativa per essere imputata a eventuali perdite di gas. Si presume che la differenza sia riconducibile a un'altitudine diversa tra il punto di erogazione e il contatore dei clienti.

Un limite del regolatore della pressione è stato fissato a 470 m di altitudine, cioè tra il punto più alto e quello più basso. Motivo per cui presso gli allacciamenti domestici ubicati al di sopra dei 470 metri sul livello del mare (m. s. l. m) davanti al contatore si è installato un piccolo regolatore della pressione. Questo consente di ripristinare la spinta della pressione formatasi nelle condotte del gas.

Per attuare un conteggio adattato alla pressione si è provveduto a suddividere Kreuzlingen in due zone altimetriche: una a un'altezza mediana di 435 metri e un'altra a 520 metri sul livello del mare.

Molti grossi clienti si trovano nella zona altimetrica inferiore e sono dotati di un dispositivo di conversione del volume che indica al contatore la temperatura e la pressione di entrata del gas. La lettura del contatore avviene ogni settimana in modo automatizzato sempre in un momento predefinito. Questo procedimento garantisce un conteggio del consumo vicino alla realtà. L'approccio non è tuttavia estensibile ai piccoli consumatori perché comporta grandi costi.

Di conseguenza, si è deciso di fornire l'indicazione del potere calorifico di conteggio con i succitati valori mediani di altitudine. Per fare questo è necessario disporre del valore calorifico di immissione che è comunicato mensilmente da Costanza. La media su due anni di questo valore confluisce nel conteggio. La lettura dei contatori dei clienti più piccoli avviene ogni sei mesi e in giorni diversi.

Nel calcolo del coefficiente di stato, che dipende dall'indicazione del quantitativo, si prende anche in considerazione la temperatura del gas. Questo valore è stato fissato costantemente a 288.15 Kelvin. Non si può tuttavia escludere completamente che intervenga un aumento della temperatura provocato, per es., da una percorrenza più lunga.

2. Acquisto

L'energia fornita è misurata in metri cubi di esercizio (Bm^3) mediante contatori del gas collocati nei punti di erogazione. Attraverso il dispositivo di conversione del volume, la quantità di gas è convertita da Bm^3 in metri cubi normati (Nm^3), tenendo in debito conto la pressione e la temperatura del gas nonché la pressione ambientale. Grazie al gascromatografo a colonna impaccata (PGC), che fornisce il valore calorifico, si arriva alla quantità in kWh (energia termica), partendo dalla quantità di gas in Nm^3 . L'energia termica generata è calcolata moltiplicando i Nm^3 per la media del valore calorifico di immissione mensile.

3. Limitazione del progetto

L'analisi si limita al quantitativo di gas consumato dai «piccoli clienti». In caso di clienti contrattuali e grossi clienti, i parametri di calcolo sono forniti direttamente attraverso un dispositivo di conversione del volume (calibrato) e trasmessi senza adattamenti. La maggior parte dei piccoli clienti estraggono il gas da una condotta a bassa pressione e quindi ne consegue che anche la rete a 5bar è esclusa dall'analisi. Il progetto non ha inoltre preso in considerazione il valore calorifico di immissione,

il numero di comprimibilità, la pressione normata, la temperatura standard, la pressione d'esercizio, il dispositivo di conversione del volume, il PGC, il diametro, la lunghezza e il materiale della condotta. Questi valori sono in parte normati, ponderati e sono ulteriormente verificati e inseriti nel calcolo.

4. Fattori rilevanti

Tra i fattori verificabili per l'indicazione della pressione dell'ambiente è determinante l'altezza. Dal coefficiente di stato si ottengono la temperatura del gas, la pressione dell'aria e la pressione di immissione. Inoltre, il valore calorifico di conteggio include il valore calorifico di immissione nonché i quattro valori citati in precedenza. Di conseguenza, questo valore va anch'esso esaminato attentamente.

I fattori rilevanti di calcolo sono pure consultabili sul «Foglio informativo conteggio gas naturale», edizione 2018 V1, pagine 2 e 5.

5. Generazione di valore aggiunto

Aggregando informazioni finora indipendenti tra loro si genera valore aggiunto, anche a livello di analisi del potere calorifico di conteggio. Al riguardo, la capoprogetto ha effettuato ricerche sulle pagine Internet seguenti:

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

Visto che la pressione dell'ambiente dipende dall'altitudine, si cerca di ottenere informazioni sull'altezza, contenuta nei dati reticolari del modello digitale del terreno (MDT). In questo caso non è attuabile l'idea di includere anche una copertura cartografica per la pressione dell'aria perché non si dispongono di dati per il territorio di Kreuzlingen. A una richiesta fatta per email Meteoswiss.ch ha risposto che: «In generale non esistono dati reticolari sulla pressione dell'aria.»

6. Analisi

Come già menzionato, la bolletta del gas è calcolata in kWh, mentre il consumo è letto in Bm^3 . Per arrivare al valore unitario in kWh si deve definire il potere calorifico per il conteggio che contiene i valori forfaitari esaminati nell'analisi. Per questo motivo la capoprogetto ha deciso di analizzare il valore grezzo Bm^3 .

6.1 GIS e IS-E

Dopo lo screening dei dati si procede a unire, attraverso il parametro «Indirizzo» in Excel 2016, i dati di consumo IS-E e i dati GIS. Per una chiara classificazione degli edifici sarebbe più indicato l'inequivocabile identificatore federale dell'edificio EGID. Ma quest'ultimo non è gestito nell'IS-E delle Technische Betriebe Kreuzlingen.

Come contenitore di dati si è preso un filegeodatabase (FGDB) allestito con il programma ArcCatalog dell'ESRI.

Il FGDB viene letto con ArcGIS Pro, si aggiunge il MDT e le relative informazioni sull'altitudine rilevate sono passate all'allacciamento domestico al gas con lo strumento «Traferire valori sul punto» preso dalla SpatialAnalystToolbox. A questo punto vengono aggiunte le quantità di consumo indicate sul contatore del gas ed eventualmente le si sommano all'allacciamento domestico al gas.

6.1.1 Calcoli del baricentro: dall'ottica dei quantitativi

In ArcGIS Pro si effettua una ripartizione della direzione, attraverso lo SpatialAnalystTool, dei quantitativi dell'allacciamento domestico al gas. L'altitudine del baricentro è di 416.61 m.s.l.m.

Per controllare il procedimento si è indicato un ulteriore baricentro, tramite una superficie tamponata, passando dal numero degli allacciamenti domestici al gas. Questo valore altimetrico è di 416.33 m.s.l.m.

6.1.2 Calcolo del baricentro: dall'ottica del consumo

Il consumo è visualizzato attraverso un'analisi di prossimità reticolata, passan-

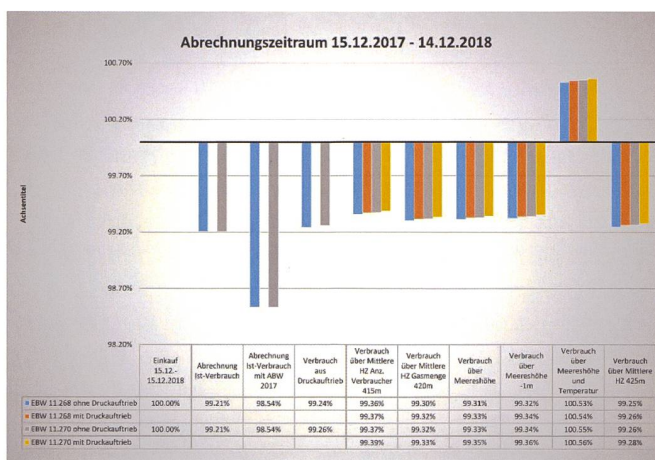
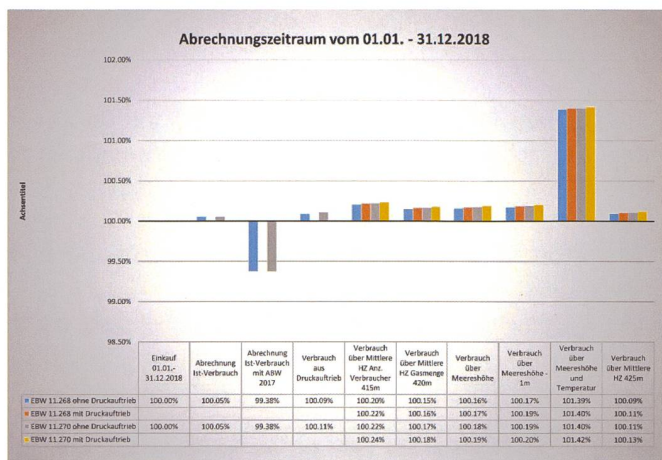


Fig. 6: Istogramma sull'analisi del periodo di conteggio dal 01.01. al 31.12.2018.

Fig. 7: Istogramma sull'analisi del periodo di conteggio dal 15.12.2017 al 14.12.2018.

Abb. 6: Säulendiagramm über die Analyse des Abrechnungszeitraums vom 01.01.–31.12.2018.

Abb. 7: Säulendiagramm über die Analyse des Abrechnungszeitraums vom 15.12.2017–14.12.2018.

Fig. 6: Diagramme en bâtons: période de facturation du 01.01. au 31.12.2018.

Fig. 7: Diagramme en bâtons: période de facturation du 15.12.2017 au 14.12.2018.

do dal parametro «Consumo». Al riguardo non si riesce a indicare nessun baricentro. Successivamente l'informazione sul consumo è trasferita sulle singole parcelle. Sembra un risultato impressionante, ma in realtà non lo è perché la dimensione della superficie degli edifici arrischia di falsare il risultato. In seguito si sceglie una selezione dei 500 allacciamenti domestici al gas con il consumo più alto e si costituisce un buffer. Questa misura consente di coprire il 75 % del consumo di gas. Da questa superficie si arriva a un valore del baricentro con un'altezza di 420.07 m.s.l.m.

ne di 11.268. Questo valore è verificato mediante una ponderazione dei quantitativi medi per arrivare a ritenere aggiuntivamente nell'analisi il valore risultante di 11.270.

mestici al gas sono analizzati in base al valore calorifico di immissione di 11.270. La conclusione principale a cui si arriva è che se il valore calorifico di conteggio nel 2018 non fosse stato aumentato, le quantità di gas vendute in kWh sarebbero dello 0.62 % al di sotto della quantità di gas acquistata. Inoltre, appare che i risultati dei quantitativi nel calcolo delle altitudini medie di 415 m, 420 m o con l'altitudine reale sul mare subiscono solo una variazione minima – nell'ambito dello 0.2 % – rispetto alla quantità acquistata. Questo dimostra che le altitudini medie recentemente indicate corrispondono alle condizioni locali.

Per la zona di Bättershausen, Lengwil, Neuwilen e Siegershausen (HZ 2) si prevede a realizzare unicamente un'analisi del baricentro. Poiché l'altezza di quest'indicazione del baricentro con i suoi 520.43 m.s.l.m. combacia completamente con il valore medio della zona altimetrica 2 si tralascia di inserire nell'analisi un ulteriore valore.

6.3 Spinta ascensionale della pressione

Visto che 15 anni fa il limite del regolatore di pressione è stato aumentato da 450 m a 470 m.s.l.m, adesso si fornisce il consumo relazionato alla spinta ascensionale della pressione in questo ambito. In merito si presuppone una spinta ascensionale della pressione da 0,48 mbar a 10 Hm a partire da 400 m.s.l.m. La spinta ascensionale della pressione ha un effetto molto limitato del +0.01/+0.02 % sul calcolo.

In presenza di varianti, alla cui base sta il potere calorifico di 11.268, tutti i valori si contraggono dello 0.02 % e questo è controproducente. Il valore viene comunque mantenuto per ulteriori interpretazioni.

Per le varianti di calcolo future si decide quindi di prendere i valori altimetrici di 415 m, 420 m und 520 m.s.l.m.

6.4 Excel

Per agevolare il confronto si fissa al 100 % il valore della quantità di gas acquistato nel 2018.

Si tiene anche conto di altre considerazioni come: la riduzione di 1 m dell'altitudine sul livello del mare perché le condotte del gas stanno solitamente a 1 m al di sotto della superficie. Oppure il fatto di adottare un aumento della temperatura che sia proporzionato alla propulsione della pressione.

6.2 Potere calorifico di immissione

Per l'elaborazione delle bollette delle Technische Betriebe Kreuzlingen si riprende quindi un valore calorifico di immissio-

I valori del consumo effettivo, il potere calorifico di conteggio del 2017 (il potere calorifico di conteggio del 2018 è stato aumentato circa dell'1 %), la spinta ascensionale della rete di approvvigionamento, le nuove altitudini medie indicate di 415 m e 420 m nonché l'altezza effettiva del livello del mare degli allacciamenti do-

La temperatura di immissione dal momento dall'acquisto è perciò fornita ap-

prossimativamente basandosi sulla ponderazione delle quantità. Da questo esercizio risulta una temperatura di 11 °C circa che viene ripresa in quanto tale poiché che aumenta in relazione all'altitudine del mare e la pressione del gas. Adesso l'analisi dimostra che vale la pena osservare più da vicino il valore della temperatura del gas. Infatti, la quantità di gas indicata è per la prima volta superiore dell'1 % rispetto alla quantità acquistata.

6.5 Analisi

L'analisi è effettuata ricorrendo a due varianti. Nella prima si tiene in considerazione il periodo di conteggio per l'acquisto dal 1.1 al 31.12.2018 come valore al 100 %.

Nella seconda variante si valuta il periodo di conteggio per l'acquisto dal 15.12.2017 al 14.12.2018 come valore al 100 %.

Questo differimento temporale ha avuto come effetto che all'acquisto vanno aggiunte 770.250 kWh di quantitativo di gas. Questo porta a dedurre che il dicembre 2018 sia stato più mite rispetto al dicembre 2017. Ne consegue che tutte le quantità di vendita fornite – eccezion fatta per quelle legate alla temperatura – cadono al di sotto della del valore d'acquisto del 100 %.

7. Conclusioni

Il fatto di confrontare periodi diversi genera una distorsione perché la meteo non è prevedibile. Questo tramuta il parametro «Intervallo di tempo» in un fattore imprevedibile. Per ovviare a questo problema bisogna effettuare allo stesso momento la lettura dei valori dei contatori. Questo sarà possibile tra sette anni, grazie al progetto Smart Meter.

Il limite del regolatore di pressione svolge solo un ruolo molto marginale nella differenza di conteggio. Lo stesso dicasi per l'impatto dell'ambito di altitudine 450 m–460 m.s.l.m. con un +0,01 % sul consumo in kWh.

Le analisi GIS dimostrano che la maggior parte dei consumatori e anche la maggior parte delle quantità di gas consumate a Kreuzlingen si trovano della zona a bassa quota, cioè approssimativamente tra i 397 m e i 435 m. L'altitudine media della zona altimetrica 1 dovrebbe essere definita nell'ambito dei 415–420 m.s.l.m., invece dei 435 m finora presi in considerazione.

Il sistema di calcolo delle zone altimetriche funziona solo se la zona di approvvigionamento del gas si trova a una certa altitudine e questo non è il caso per Kreu-

zlingen che presenta una differenza di dislivello di circa 90 metri di altitudine.

Per riuscire ad avere un'indicazione equivalente delle quantità per tutte le economie domestiche nel calcolo dell'energia termica (kWh) deve essere inserito anche il parametro «Altezza sopra il livello del mare» e «Temperatura del gas» per ogni allacciamento.

Dalla prospettiva dell'analisi delle superfici, il sistema di informazione geografica rappresenta uno strumento molto interessante. È anche straordinario vedere quali conoscenze possono essere estrapolate unendo delle informazioni apparentemente indipendenti tra loro.

I tempi sono maturi per la terza, quarta e quinta dimensione...

Tanja Blum
Capoprogetto GIS/NIS/progettazione
Tecnica in geomatica con attestato
federale di capacità
Technische Betriebe Kreuzlingen
Nationalstrasse 27
CH-8280 Kreuzlingen
tanja.blum@kreuzlingen.ch