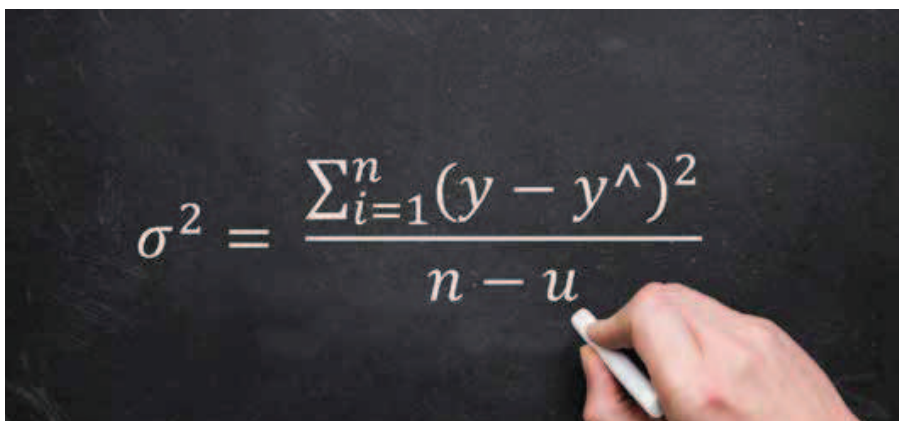


Über die Erstellung von Energieprognosen für gewerbliche Letztverbraucher

Ein Fachbeitrag der Gesellschaft für angewandte Marktforschung in der Energiewirtschaft (G.A.M.E.) mbH

Der Vertrieb eines Energielieferanten oder Energiedienstleisters ist häufig darauf angewiesen, bereits im Vorfeld der Akquisemaßnahme den Strom- und/oder Erdgasverbrauch seines Zielkunden zu kennen. Denn anders als im Tarif- und SLP-Kundengeschäft passen die H-, G- oder L-Profile nicht auf leistungsgemessene Letztverbraucher. Dies gilt auch und insbesondere für die Abschätzung eines wirtschaftlichen Betriebs einer Anlage zur Eigenstrom- und Wärmeerzeugung bzw. Photovoltaik für den Selbstverbrauch im Baseload. Die Gesellschaft für angewandte Marktforschung in der Energiewirtschaft entwickelt und pflegt fortlaufend geeignete Prognoseverfahren, um den typischen Energieverbrauch kundenscharf vorhersagbar zu machen.



$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y - y^{\wedge})^2}{n - u}$$

nicht beantwortet und die Verbrauchsprognose wird womöglich vollkommen falsch dargestellt.



Der nächste Schritt bei der Erstellung von Energieprognosen ist die Nutzung von realen Strom- bzw. Erdgas-Lastgängen ausgerollt auf ein Kalenderjahr. Die Werte eines Lastgangs sind für das einzelne Unternehmen verbindlich, können aber nicht eine massentaugliche Aussage für z.B. eine gesamte Branche geben. Daher müssen zunächst Unternehmen einer Branche und mit vergleichbaren Bezugsseinheiten in ein Cluster zusammengeschlossen werden. Im Rahmen der Clusteranalyse erfolgt eine Bereinigung der statistischen Energieprognose durch Abgleich mit einer Vielzahl an realen Jahreslastgängen.

Eine Prognose ist eine Voraussage über eine zukünftige Entwicklung oder - wie in diesem Fall - die indirekte Bestimmung einer nicht bekannten physikalischen Größe über bekannte Informationen. Das Ziel ist, diesen Wert möglichst zielgenau zu platzieren. Die Spanne der Verwendung reicht von der gezielten Verkaufsansprache für den Energieverkauf von Strom und Gas, über die streuverlustarme Justierung von Verkaufskampagnen, bis hin zur Planung von Marktöffensiven von z. B. Photovoltaiksystemen oder Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung.

Übersicht Energieprognose

Für die Erstellung der Prognosen kann man auf verschiedene Varianten zurückgreifen bzw. in unserem Modell miteinander verschachtelt durchführen. Es wird auf statistische Mittel, sogenannte Bezugsseinheiten (BZE) zurückgegriffen, um sich der Energieprognose anzunähern. Hierbei wird das zu prognostizierende Unternehmen zunächst durch einen betriebspezifischen Parameter beschrieben. Diese Bezugsseinheit ist eine Variable für die weitere Berechnung. Es dienen hierfür verschiedene Zahlenwerte, die einzeln oder zusammen Verwendung in Bezug auf die Abnahmestelle finden:

- Produktions- oder Absatzzahl pro Jahr
- Anzahl sonstiger klar definierter Ereignisse, die maßgeblich ein Unternehmen charakterisieren (z. B. Anzahl Starts- /Landungen)
- Betrieblicher Gesamtumsatz pro Jahr
- Anzahl der Beschäftigten
- feste betriebliche Parameter der Branche (Anzahl Betten, Zimmer oder dgl.)

Bei der Berechnung über die BZE kann man sich dem Energieverbrauch eines Unternehmens annähern. Hierzu ein kleines Beispiel: Der Deutsche Hotel- und Gaststättenverband e.V. (DEHOGA Bundesverband) veröffentlicht einen statistischen Wert für den Strom-Jahresbedarf und Gas-Jahresbedarf pro Gästebett. Hieraus lässt sich zumindest über die spezifische Anzahl von Gästebetten eines Hotels ein gewisser Energieverbrauch ermitteln. Dennoch stellt sich dann die Frage nach weiteren Energieverbräuchen in diesem Betrieb. Gibt es vielleicht ein hauseigenes Restaurant, wird die Wäschereinigung intern durchgeführt, hat das Hotel einen Wellness- und Spa-Bereich und falls ja, wie groß ist dieser? Diese Fragen werden mit einer Annäherung über die Energieverbrauchswerte pro Gästebett

Falscher Ansatz

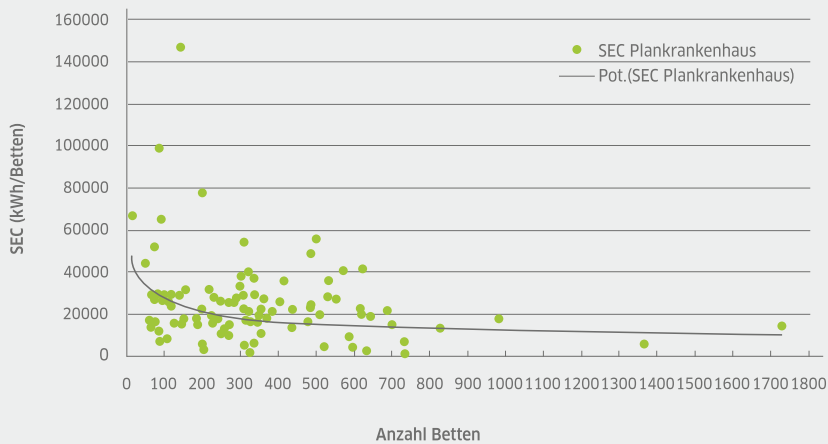
In trivialer Näherung könnte der Energieverbrauch eines Unternehmens unter Kenntnis des Umsatzes und über ein bekanntes Verhältnis Umsatz-/Verbrauchswert berechnet werden. Dieser Ansatz ist in vielfacher Hinsicht mangelhaft:

Grobe Fehler in dem Ausgangsdatensatz, nie wünschenswert aber leider unvermeidbar, würden 1:1 in den berechneten Wert übergehen. Des Weiteren gehen individuelle Besonderheiten hinsichtlich des Energieverhaltens einzelner Firmen nicht in die Berechnung ein. Es werden technische Gemeinsamkeiten vorausgesetzt, die nicht existieren. Und zu guter Letzt findet die Tatsache, dass größere Firmen hinsichtlich ihres Energieeinsatzes einfach effizienter agieren können, keinerlei Berücksichtigung.

Die statistische Energieprognose über Bezugsseinheiten im Detail

Unternehmen unterschiedlichster Branchen und unterschiedlicher Größe können nie unmittelbar miteinander

Spezifischer thermischer Energieverbrauch von Krankenhäuser in Deutschland



verglichen werden. Jede Branche bzw. die Subgruppe einer Branche wird daher für sich betrachtet. Die Detailtiefe innerhalb eines Branchenabschnittes orientiert sich an der Charakteristik des Strom- bzw. Brennstoffverbrauchs der jeweiligen Branchenklassen. Die Energieverbräuche werden über die Bezugsseinheit vereinheitlicht, d. h. aus dem jeweiligen Energieverbrauch wird ein individueller spezifischer Energieverbrauch (SEC).

Dieser Wert wird in einem Koordinatensystem in Abhängigkeit der Bezugsseinheit, die auf der horizontalen Achse die Abszissenwerte definiert, visualisiert. Diese als Stützpunkte bezeichneten Werte liegen scheinbar willkürlich durcheinander, wobei die Gesamtverfälschungen als Rauschen bezeichnet werden. Ziel wird es, diese Situation und damit die Charakteristik des Energieverbrauchs durch eine Kurve zu beschreiben.

Definition und Auswahl der Bezugsseinheiten

Generell gilt für die Auswahl der Parameter: Je gezielter und individueller dieser das Unternehmen beschreibt, desto genauer wird auch die Prognose. Sehr gut geeignet sind Parameter, die eine Verbrauchsstelle fest charakterisieren können und auch wenig Veränderungen widerfahren (Zahlen zu Produktion oder Anzahl von Betten); weniger gut ist z. B. die Anzahl der Mitarbeiter, da diese oft verschiedener Zählweise unterworfen ist. Die Wahl der primären Bezugsseinheit erfolgt entsprechend den Gegebenheiten der Branche oder auch den Anforderungen an die Energieart (Strom, Erdgas, aber auch Kälte, Wärme, Dampf, Druck etc.).

Plausibilisierung des Stützpunktfeldes und Approximation

Vor weiterer Berechnung werden die Daten plausibilisiert, d. h. grobe Fehler bzw. Irrtümer werden mittels statistischer Analysen identifiziert und aussortiert. Ausgehend von diesem sekundären Datensatz wird dann in einem Stützpunktfeld eine Funktion abgeleitet, die sich den Stützpunkten bestmöglich annähert. Die Wahl dieser sogenannten Ersatzfunktion liegt ein Entscheidungsprozess zu Grunde. Aufgrund der Visualisierung der Wertepaare muss eine geeignete Funk-

tion festgelegt werden. Im Umfeld der Energieverbrauchsprognosen ist weitgehend eine Potenzfunktion mit nicht-ganzzahligem Exponenten in der Lage, kontinuierlich die Entwicklung des spezifischen Verbrauchs über die Bezugsseinheit zu beschreiben:

$$f(x) = a \cdot x^r \quad a, r \in \mathbb{R}$$

Unbekannt sind die Parameter a und r der Funktion. Die Bestimmung der Funktionsparameter wird als Approximation bezeichnet und erfolgt auf der Basis der endlichen Zahl von Stützpunkten nach der von Carl Friedrich Gauß entwickelten Methode der kleinsten Quadrate, bei dem die Summe der Fehlerquadrate minimiert wird. Mathematisch wird von einer Ersatzfunktion oder Schätzfunktion gesprochen, da diese Funktion nicht unmittelbar durch die Stützpunkte verläuft, sondern so in das Stützpunktfeld gelegt wird, dass diese die Stützpunkte möglichst gut repräsentiert. Fehler in den Ausgangsdaten werden dadurch weitgehend eliminiert.

Dieser Vorgang der Approximation wird auch als nicht-lineare Regression bezeichnet. In Kenntnis dieser Funktionen kann dann für die Unternehmen der individuelle spezifische Energieverbrauch abgeleitet werden. Zusätzlich fließen externe Studien, eigene gesicherte Daten und allgemein öffentlich zugängliche Branchenkenntwerte zur Validierung der Ergebnisse mit ein. In Kenntnis eines spezifischen Energieverbrauchs können dann schlussendlich vergleichbare Unternehmen mit entsprechenden Energieverbrauchswerten für Strom und Gas massentauglich angereichert werden.

Genauigkeit der Approximation

Die Genauigkeit der Approximation wird im Wesentlichen von dem Modellanpassungsfehler und dem Rauschen der Ausgangsdaten bestimmt. Der Modellanpassungsfehler wird durch unzureichende Wahl der Ersatzfunktion erzeugt und ist durch die Wahl der Funktion zu minimieren. Rein praktisch betrachtet wird das Rauschen der Ausgangsdaten durch die Approximation zwar eliminiert, da aber diese Daten ursächlich das Modell aufbauen, bestimmen Sie letztendlich den Verlauf der Prognosefunktion.

Beurteilungskriterium für die Abhängigkeit der Varia-

blen und somit für die Anpassung der Stützpunkte an die Funktion ist der Korrelationskoeffizient. Dies ist die normierte Kovarianz, d.h. der Wert liegt zwischen den Werten -1 und 1 . Als mittlere Korrelation gelten Werte zwischen $[0,25]$ und $[0,75]$. Stark korreliert sind Werte größer als $[0,75]$, entsprechend als schwach korreliert werden Werte kleiner als $[0,25]$ bezeichnet.

Ein weiteres Maß für die Vergleichbarkeit ist die Standardabweichung σ , berechnet über die Varianz σ^2 . Hierbei ist die Summe der Quadrate der Differenzen zwischen den Ausgangsdaten y und den entsprechenden der Approximationsfunktion \hat{y} durch die Anzahl der Beobachtung n minus den Grad des Polynoms u zu dividieren.

Zusammenfassung und Ausblick

Viele Branchen können durch Angabe von Bezugsseinheiten sowie der Validierung durch Jahreslastgangdaten hinreichend genau beschrieben werden. Je nach Branche dienen weitere Kennzahlen dazu, Unternehmen zu charakterisieren und Vergleichsmöglichkeiten zu schaffen. Dies geschieht, um zum einen den Datenbestand zu vergrößern und zum anderen zu plausibilisieren bzw. damit zu verbessern. Einschränkend muss anerkannt werden, dass die Ausnahme auch hier die Regel bildet.

Sobald es eine bemerkenswert hohe Anzahl an untypischen und unterschiedlichen Bezugsgrößen bzw. zu hohe Individualisierungsgrade in den Ausgangsdaten gibt, können keine Energieprognosen für den typischen Energieverbrauch aller Mitglieder eines Clusters berechnet werden. Insbesondere der zunehmende Ausbau von Anlagen zur Eigenerzeugung von Strom und Wärme bzw. Kälte, Druck und Dampf sind mit ihrer elektrischen und thermischen Leistungsfähigkeit im Einzelfall zu berücksichtigen. Die heute verwendeten Prognosemodelle sind also einem kontinuierlichen Wandel und fortlaufenden Anpassungen an die Entwicklung des Marktes unterworfen.



Der Autor: Dipl. Ing. Norbert Frey
Business Analyst
Gesellschaft für angewandte Marktforschung
in der Energiewirtschaft (G.A.M.E.) mbH