Fachhochschule Brandenburg
Fachbereich Informatik und Medien

Stadtwerke Brandenburg an der Havel GmbH

Strom - Wärme - Gas

Analyse und Optimierung der Prognosegüte des Strombedarfs als Grundlage der Querverbundsoptimierung der Stadtwerke Brandenburg

Masterarbeit, vorgelegt von David Walter

Motivation

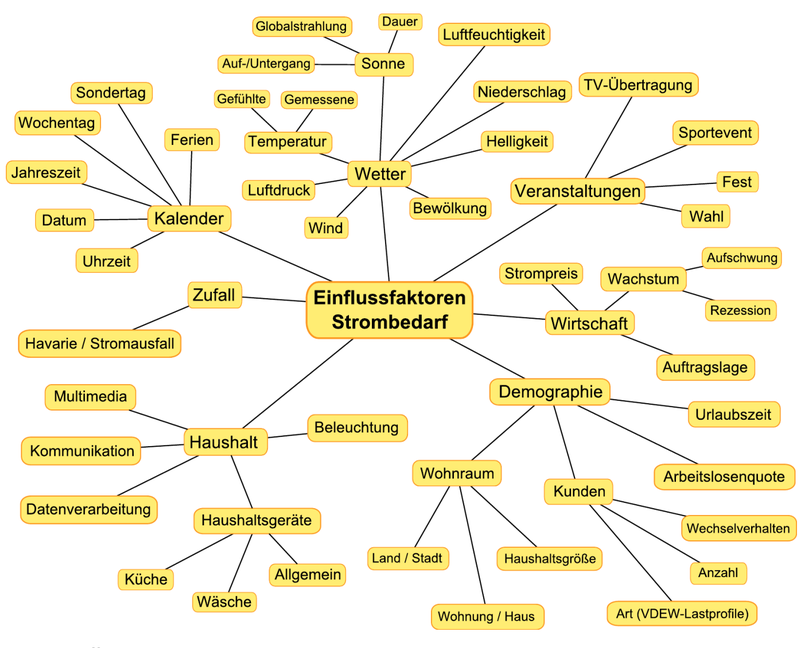
Der Strommarkt in Deutschland wurde 1998 durch das Energiewirtschaftsgesetz liberalisiert. Dies ermöglicht dem Kunden eine freie Wahl des Versorgungsunternehmens. Die entstandene Wettbewerbssituation verlangt eine Minimierung der Kosten, damit ein Versorgungsunternehmen konkurrenzfähig bleibt und wirtschaftlichen Erfolg verbuchen kann. Ein wichtiger Punkt für die Kostenminimierung ist die Planung der Energiebereitstellung, dies beinhaltet eine Optimierung der Energiebeschaffung und der Energieerzeugung. Die Energiebeschaffung kann über langfristige Verträge oder den kurzfristigen Handel an der Energiebörse reguliert werden. Bei der Energieerzeugung gilt es die vorhandenen Erzeugerkapazitäten sinnvoll einzusetzen. Eine weitere Möglichkeit zur Kostenoptimierung ergibt sich durch die Förderung von Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbaren Energien. Außerdem müssen gesetzliche Rahmenbedingungen berücksichtigt werden, zum Beispiel der CO_2-Emissionshandel.

Ziel der Arbeit

Es gilt das vorhandene proprietäre Softwaresystem zur Ressourcenplanung und Erstellung von Bedarfsprognosen zu untersuchen. Dabei soll in der Datenanalyse die Güte der bisherigen Prognosen analysiert werden und der Zusammenhang zwischen dem Strombedarf im Netzgebiet und den messbaren exogenen Größen untersucht werden. Um die Prognosegüte zu verbessern, werden verschiedene Methoden zur Lastprognose evaluiert, das vorhandene System auf Optimierungsmöglichkeiten untersucht und ein Prognoseverfahren implementiert.

Querverbundsoptimierung

Das Ziel der Querverbundsoptimierung der Stadtwerke Brandenburg ist die optimierte Planung der Ressourcen, um den Bedarf von Strom, Erdgas und Fernwärme zu decken. Dabei sollen die Bezugs- und Erzeugungskosten unter Berücksichtigung aller technischen und vertraglichen Randbedingungen minimiert werden. Die Ressourcen der Stadtwerke sind Bezugsverträge für Erdgas, Heizöl, Strom und der Börsenhandel für die kurzfristige Regulierung. Außerdem stehen eigene Erzeugerkapazitäten zur Verfügung. Diese sind ein Heizkraftwerk, zwei Blockheizkraftwerke und eine Photovoltaikanlage.

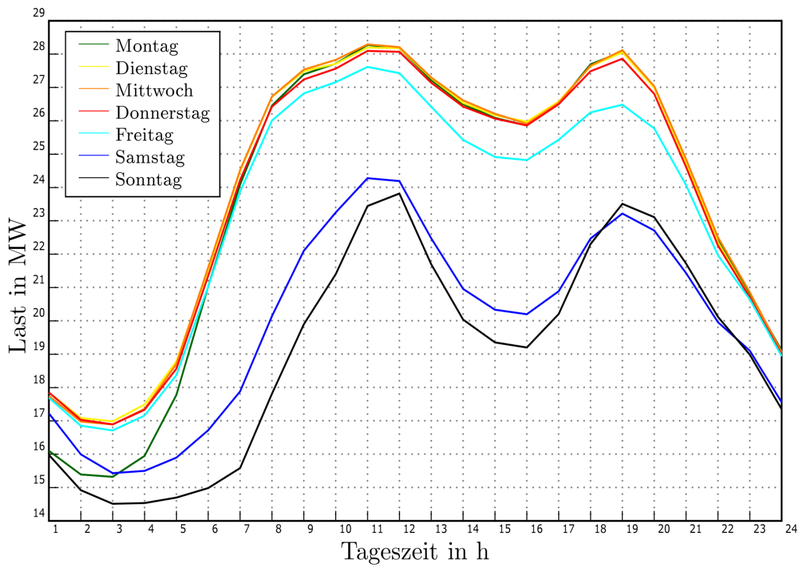


Übersicht der Einflussfaktoren des Strombedarfs

Einflussfaktoren

In der Abbildung werden die Einflussfaktoren für den Strombedarf in verschiedene Kategorien eingeteilt. Diese sind Kalender, Wetter, Veranstaltungen, Wirtschaft, Demographie, Haushalt und zufällige Ereignisse. Kalenderinformation eignen sich um typische Muster und Zyklen einer Lastkurve zu berücksichtigen. Die Jahreszeit und die damit verbundenen Wettereigenschaften beeinflussen die Lastkurve sehr stark. So treten im Winter höhere Lasten als im Sommer auf. Grund dafür ist die zusätzlich benötigte Energie für das Heizen und die Beleuchtung an den kurzen Wintertagen. An warmen Sommertagen steigt der Stromverbrauch durch die Verwendung von Klimaanlagen und den erhöhten Stromverbrauch von Kühl- und Gefrierschränken. Der Stromverbrauch der Industrie wird durch die Auftragslage und die damit verbundene Auslastung der Produktionsstätten beeinflusst. Umwelt- und Wetterfaktoren nehmen Einfluss auf das Konsumverhalten der Kunden in den privaten Haushalten. So ist es denkbar, dass bei schönem Wetter der Stromverbrauch sinkt, weil dann viele Kunden ihre Wohnung verlassen. Auch lokale und globale Ereignisse, wie Wahlen, Volksfeste, Sportveranstaltungen oder TV-Übertragungen nehmen einen Einfluss auf den Stromverbrauch.

Die Messbaren Einflussgrößen wurden in der Datenanalyse mit statistischen Verfahren untersucht. Durch Korrelationsanalyse und den Chi-Quadrat-Test konnte nachgewiesen werden, dass die Last abhängig von Temperatur, Sonneneinstrahlung, Wochentag und Uhrzeit ist. Außerdem wurden durch die Autokorrelation der historischen Lastdaten Referenztage bestimmt, welche sich als Eingabegrößen für Methoden zur Lastprognose eignen.



Übersicht der Einflussfaktoren des Strombedarfs

Tageslastkurven

Ein wesentlicher Einflussfaktor auf das Verhalten der Lastkurve ist der Wochentag. In der Abbildung sind die mittleren Tagelastkurven von zwei Jahren zu sehen. Es ist deutlich erkennbar, dass die elektrische Last an den Werktagen deutlich höher ist, als am Wochenende. Am Freitag ist die Last der zweiten Tageshälfte etwas geringer als an anderen Werktagen. Vermutlich hängt es damit zusammen, dass am Freitag in vielen Unternehmen nicht mehr mit voller Leistung produziert wird. Die Spitzenlast zur Mittagszeit wird als „Kochspitze“ bezeichnet, da diese primär durch die Nahrungszubereitung entsteht. Die Spitzenlast in den Abendstunden entsteht in den privaten Haushalten durch den Einsatz von Haushalts- und Multimediageräten.

Lastprognose

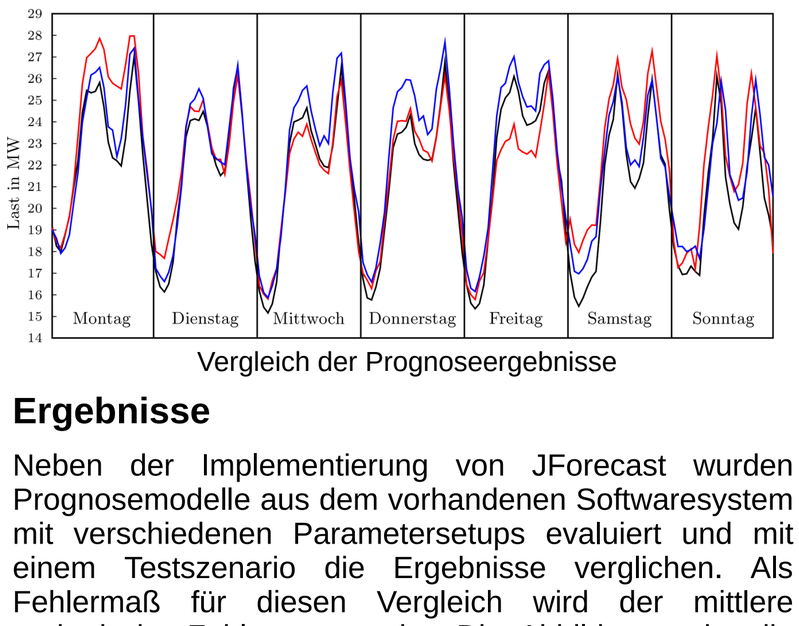
In der Arbeit wurden verschiedene Methoden und Modelle zur Lastprognose betrachtet. Diese unterteilen sich in statistische Methoden und Methoden aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz. Zu den statistischen Methoden gehören zum Beispiel lineare Regression, Autoregression, Exponentielle Glättung und Zeitreihenanalyse. Bei diesen werden mathematische Modelle und Formeln aufgestellt, welche die Zusammenhänge der elektrischen Last und den Einflussfaktoren beschreiben. Aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz kommen unter anderem Expertensysteme, Fuzzy-Logik, genetische Algorithmen, künstliche neuronale Netze und Support Vector Machine zum Einsatz.

Das vorhanden Softwaresystem zur Ressourcenplanung verwendet ein künstliches neuronales Netz für die Erstellung der Bedarfsprognosen.

JForecast

Nach der Bewertung der verschiedenen Methoden zur Lastprognose ist die Entscheidung auf ein künstliches neuronales Netz gefallen. Mit Hilfe des Open-Source Framework „Encog“ von der Heaton Research Inc wurde ein neuronales Netz in Java implementiert.

Es wird ein dreischichtiges Feedforward-Netz verwendet. Die Neuronen in der Eingabeschicht repräsentieren die Lastwerte und Temperaturwerte der Referenztage sowie die Temperaturwerte des Prognosetages und eine Binärcodierung des Wochentages. Das Netz wird mit dem Resilient Propagation Lernverfahren trainiert, um anschließend die 24 Lastwerte des Prognosetages zu prognostizieren.



Vergleich der Prognoseergebnisse

Ergebnisse

Neben der Implementierung von JForecast wurden Prognosemodelle aus dem vorhandenen Softwaresystem mit verschiedenen Parametersetups evaluiert und mit einem Testszenario die Ergebnisse verglichen. Als Fehlermaß für diesen Vergleich wird der mittlere qudratische Fehler verwendet. Die Abbildung zeigt die gemessene Last (schwarz) und die Prognosen für eine Woche. Die rote Kurve zeigt die Prognose des Ressourcenplanungssystems (0,872 MSE) und die blaue Kurve die Prognose mit JForecast (0,771 MSE).

Fazit/Ausblick

In der Arbeit wurden verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt, die Güte der Bedarfsprognosen für Strom zu verbessern. Künstliche neuronale Netze sind in der Lage, die ermittelten Zusammenhänge zwischen Strombedarf und den exogenen Größen zu approximieren und dabei zuverlässige Ergebnisse zu liefern. Allerdings gibt es im praktischen Einsatz Probleme bei der Bereitstellung von Daten, da Verzögerungen bei der Kommunikation mit anderen Netzbetreibern und Stromlieferanten auftreten können.

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Jochen Heinsohn
Dr. Tino Schonert (Stadtwerke Brandenburg an der Havel GmbH)
Dipl.-Inform. Ingo Boersch

Abgabe: 20.04.2012