

EMPIRISCHE UND SYNTHETISCHE LASTPROGNOSE VON NUTZERABHÄNGIGEN VERBRAUCHSGERÄTEN

Christian REINHOLD¹, Farina WILLE², Bernd ENGEL¹, Frank EGGERT²

Inhalt

Im Rahmen der Transformation des Stromversorgungssystems werden Fragen nach Möglichkeiten zur Abschätzung, Steuerung und Verschiebung von Lasten auf Nutzerebene immer zentraler, da sich die Anforderungen an das Stromversorgungssystem durch die Integration Erneuerbarer Energien (EE) verändert haben. Die mit der steigenden Integration der EE einhergehenden Fluktuationen in der Strombereitstellung erfordern eine Anpassung des Stromversorgungssystems. Um den Aufwand der Anpassung entwickeln und abwägen zu können, scheint es ein wichtiger Schritt zu sein, das Verhalten von Individuen so abzubilden, dass sich einerseits die Möglichkeit einer verhaltenswissenschaftlichen Analyse ergibt und andererseits, dass sich die Möglichkeit einer verbesserten und empirisch gestützten Lastprognose auf Gebäudeebene ergibt. Durch die Verknüpfung von Verhaltensinformationen und Verbrauchsinformationen elektrischer Geräte im Rahmen einer detaillierten Simulation von nutzerabhängigen Verbrauchsgeräten, sollte es in Zukunft möglich sein, verhaltensbasierte Aussagen zu Leistungsverläufen und notwendigen Interventionen zur Verschiebung von Verbrauchsanlagen auf Nutzerebene zu treffen.

Methodik

Datengrundlage

Die empirische Datengrundlage zur Analyse und Beschreibung des Verhaltens ist die letzte Zeitverwendungserhebung in Deutschland von 2012/2013 [1]. Die Zeitverwendungsstudie enthält Informationen zu den Aktivitäten von Individuen über den gesamten Tagesverlauf in Intervallen von zehn Minuten. Die Datenerhebung begann im August 2012 und endete Ende Juli 2013. Insgesamt wurden Informationen von 5040 privaten Haushalten mit 11371 Individuen erhoben. Die Tagebuchdaten wurden anschließend analysiert und in über 165 Aktivitäten kategorisiert [2]. Zur Analyse von Ähnlichkeiten gingen 22 Oberkategorien in eine Clusteranalyse ein. Bei der Clusteranalyse wurde zwischen Wochentagen und Wochenendtagen (Samstage, Sonntage, Feiertage) differenziert, da angenommen wurde, dass Restriktionen des Kontextes unter der Woche homogener sind. Teilnehmer wurden aufgefordert für drei Tage Tagebucheinträge vorzunehmen, wobei ein Teil der Teilnehmer für Wochentage oder Wochenendtage mehr als einen Tagebucheintrag hatten. Um in der Lage zu sein, auf Personenebene Verhaltensmuster zu gruppieren, wurden Dateneinträge zufällig für einen Wochentag und für einen Wochenendtag ausgewählt. Insgesamt gingen in die Analyse für Wochentage $n = 10589$ Individuen ein und in die Analyse für Wochenendtage $n = 10654$ Individuen.

Nutzerdatenbank

Zur effizienten Verwaltung der Tagebucheinträge, der berechneten deskriptiven Kenngrößen und der Integration in die Simulationsumgebung *eSE–elenia Simulation Environment* [3] wurde eine lokale SQLite-Datenbank entwickelt. Diese Umsetzungsvariante garantiert einen einheitlichen Zugriff während der Simulationen.

Clusteranalyse

Die Clusteranalyse als Methode hat zum Ziel, Objekte anhand ihrer Ähnlichkeiten zu gruppieren, wobei die Anzahl der zugrundeliegenden Gruppen häufig unbekannt ist. Auch im vorliegenden Fall gibt es keine theoretischen Annahmen zur Anzahl der das Verhalten beschreibenden Gruppen, sodass es sich um eine exploratorische Clusteranalyse handelt. Als Distanzmaß wurde die Levenshtein Distanz [4] verwendet und als Clustermethode Partitioning around Medoids (PAM) [5].

¹ Technische Universität Braunschweig, Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen elenia, Schleinitzstraße 23, 38106 Braunschweig, Tel.: +49 531 391-9716, Fax: +49 531 391-8106, c.reinhold@tu-braunschweig.de, elenia.tu-bs.de

² Technische Universität Braunschweig, Abteilung für Psychologische Methodenlehre und Biopsychologie, Spielmannstraße 19, 38106 Braunschweig, Tel.: +49 531 391-3149, Fax: +49 531 391-3144, farina.wille@tu-braunschweig.de, www.tu-braunschweig.de/psychologie/abt/methoden

Kopplung Aktivität und Verbrauchsgerät

Die erwähnten kategorisierten Tagebuchaktivitäten wurden mit nutzerabhängigen Betriebsmitteln (Fernseher, Waschmaschine etc.) verknüpft. Aktivitäten ohne Nutzerinteraktion mit technischen Verbrauchsgeräten werden bei der Kopplung nicht berücksichtigt. Die Zuordnungen gehen in die Nutzerdatenbank in Form einer Verknüpfungstabelle ein. Eine Mehrfachzuweisung von Verbrauchsgeräten auf eine Aktivität (Aktivität: Waschen ← Geräte: Waschmaschine, Wäschetrockner), wird ebenfalls in der Datenbank berücksichtigt.

Nach erfolgreicher Geräte-Aktivitätskopplung können mit Hilfe der Nutzerdatenbank drei deskriptive Kenngrößen (zeitliche Nutzungswahrscheinlichkeit, Nutzungsdauer und Nutzungshäufigkeit pro Tag) für jedes Gerät und jede Aktivität ermittelt werden. Diese Kenngrößen bilden die Grundlage für ein synthetisches Verfahren zur Erstellung von Aktivitätsprofilen.

Empirisches Verfahren und Synthetisches Verfahren

Beim empirischen Verfahren wird abhängig von den Simulationseinstellungen (Startzeitpunkt, Endzeitpunkt und Simulationsschrittweite) eine definierte Anzahl von Tagebucheinträgen aneinandergereiht. Die Auswahl des benötigten Tagebucheintrages erfolgt anhand des festgelegten Clusters und des aktuellen Wochentages. Abschließend findet eine Konsistenzprüfung für das gesamte Aktivitätsprofil der Person statt, um ungültige Aktivitätsreihenfolgen auszuschließen.

Das synthetische Verfahren erstellt auf Grundlage der deskriptiven Kenngrößen ein synthetisches Aktivitätsprofil beziehungsweise Geräteaktivitätsprofil ohne den großen Datenbestand bestehend aus den Tagebucheinträgen zu verwenden.

Erste Ergebnisse

Clusteranalyse

Basierend auf den Kriterien einer ausreichenden Clustergröße und der *average silhouette width* [5] wurde eine Lösung bestehend aus drei Clustern für Wochentage ($n_{\text{Cluster}_1} = 4006$; $n_{\text{Cluster}_2} = 1730$; $n_{\text{Cluster}_3} = 4853$) und sechs Clustern für Wochenendtage ($n_{\text{Cluster}_1} = 2373$; $n_{\text{Cluster}_2} = 2890$; $n_{\text{Cluster}_3} = 2198$; $n_{\text{Cluster}_4} = 1134$; $n_{\text{Cluster}_5} = 1441$; $n_{\text{Cluster}_6} = 618$) ausgewählt. Ein Vergleich der Aktivitäten über den Tagesverlauf für die Cluster ermöglicht die Beschreibung von verhaltensbasierten Unterschieden. Beispielsweise besteht ein zentraler Unterschied zwischen verschiedenen Wochentags-Clustern, je nachdem wann Zeit für Erwerbstätigkeit oder Qualifikation (Schule, Ausbildung etc.) aufgewendet wird. Dies ist damit ein wesentlicher strukturierender Faktor.

Literatur

- [1] FDZ der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder. (2013). Zeitverwendungserhebung 2012/2013.
- [2] Statistisches Bundesamt. (2016). Zeitverwendungserhebung ZVE 2012/2013. Wiesbaden.
- [3] Reinhold, C., & Engel, B. (2017). Simulation environment for investigations of energy flows in residential districts and energy management systems. In International ETG Congress 2017. Bonn.
- [4] Levenshtein, V. I. (1966). Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. Soviet Physics Doklady.
- [5] Kaufman, L., & Rousseeuw, P. J. (1990). Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis. Biometrics. New York: John Wiley & Sons, Inc., <http://doi.org/10.2307/2532178>