Vorhandene Informationen nutzen: Energieverbrauchsschätzung mittels Big-Data

Björn Christensen

Fachbereich Wirtschaft
Fachhochschule Kiel
Sokratesplatz 2
24149 Kiel
bjoern.christensen@fh-kiel.de

Abstract: In energieintensiven Unternehmen besteht ein großer Bedarf an detaillierten Informationen über die Energieverbräuche jeder einzelnen Verbrauchsstelle als Grundlage für Energieeffizienzmaßnahmen sowie für die Kostenrechnung. Im vorliegenden Beitrag wird ein statistischer Ansatz vorgestellt, diese Verbräuche auf Basis vorhandener Daten in Unternehmen indirekt zu ermitteln. Der Ansatz stellt somit eine einfache und vor allem kostengünstige Alternative zur physikalischen Messung von Stromverbräuchen dar.

1 Einleitung

In energieintensiven Unternehmen, wie es sie gerade auch in der Agrar- und speziell in der Ernährungswirtschaft gibt, besteht aus zweierlei Gründen ein besonderer Bedarf an detaillierten Informationen über den Energieverbrauch jeder einzelnen Verbrauchsstelle: Zum einen dienen konkrete Energieverbräuche der einzelnen Produktionsanlagen als Grundlage für Energieeffizienzmaßnahmen. Zum anderen sollten bei hohem Anteil der Energiekosten an den Gesamtproduktionskosten diese speziell in die Kostenrechnung Eingang finden [BG13]. Der Bedeutung fein differenzierter Energieerfassung stehen aber hohe notwendige Investitionskosten für Zähler entgegen, so dass die Wirtschaftlichkeit derartiger Maßnahmen häufig in Frage gestellt werden muss [LS84].

2 Fragestellung

Der vorliegende Beitrag geht der Frage nach, ob es theoretisch Möglichkeiten gibt, vorhandene Daten aus Unternehmen zu verwenden, um aus ihnen indirekt Informationen über die Energieverbräuche jeder einzelnen Verbrauchsstelle zu ermitteln. Der Überlegung liegt die Beobachtung zugrunde, dass derartige Ansätze trotz umfangreicher technischer Daten in Unternehmen nicht angewandt werden, obwohl geeignete statistischen Verfahren grundsätzlich zur Verfügung stünden.

3 Die Datengrundlage

In energieintensiven Unternehmen liegen zum einen Viertelstundenlastgänge zum Energieverbrauch vor, das heißt viertelstundengenau wird der Energieverbrauch für das Gesamtunternehmen bzw. für einzelne Produktionseinheiten erfasst und gespeichert (Abbildung 1). Zum anderen speichern viele Unternehmen automatisch und sekundengenau die Laufzeiten aller oder der wichtigsten Maschinen ab (Abbildung 2).⁴

Datum	Startzeit	Endzeit	Stromverbrauch
01.01.2014	0:00:00	00:15:00	1017
01.01.2014	00:15:00	00:30:00	2053
01.01.2014	00:30:00	00:45:00	1879
01.01.2014	00:45:00	01:00:00	878
...	...	...	...

Abbildung 1: Exemplarische Daten zum Gesamtstromverbrauch in Viertelstundenabschnitten⁵

Maschine	Beginndatum	Enddatum	Startzeit	Endzeit
1	01.01.2014	01.01.2014	0:00:00	0:11:39
1	01.01.2014	01.01.2014	00:14:02	00:18:47
1	01.01.2014	01.01.2014	00:33:12	06:13:23
...	...	...	...	...
4	01.01.2014	01.01.2014	0:00:00	4:17:44
...	...	...	...	...
10	01.01.2014	01.01.2014	00:00:00	00:04:06
10	01.01.2014	01.01.2014	01:13:54	12:06:04
...	...	...	...	...

Abbildung 2: Exemplarische Daten zu Laufzeiten von Maschinen

Beide Datenquellen lassen sich mittels Datenaufbereitung derart zusammenführen, dass ein Datensatz entsteht, der viertelstundengenau die Energieverbräuche insgesamt und die Laufzeiten jeder Maschine umfasst. Abbildung 3 stellt diesen zusammengefassten Datensatz schematisch dar.

⁴ Zur Vereinfachung wird angenommen, dass alle Maschinen nur zwei Zustände – on oder off – aufweisen. Eine Erweiterung des Modells auf Maschinen mit Teillastbetrieb ist ohne Einschränkungen möglich, sofern die Teillast erfasst wird.

⁵ Für die Endzeiten wird < angenommen.

Datum	Startzeit	Endzeit	Strom- verbrauch	Maschine 1	...	Maschine 4	...	Maschine 10
01.01.2014	0:00:00	0:15:00	1017	0:11:39	...	0:15:00	...	0:04:06
01.01.2014	00:15:00	00:30:00	2053	0:03:47	...	0:15:00	...	0:00:00
01.01.2014	00:30:00	00:45:00	1879	0:11:48	...	0:15:00	...	0:00:00
01.01.2014	00:45:00	01:00:00	878	0:15:00	...	0:15:00	...	0:00:00

Abbildung 3: Zusammengefasste exemplarische Daten zum Gesamtstromverbrauch in Viertelstundenabschnitten und den dazugehörigen Maschinenlaufzeiten

4 Der statistische Ansatz

Die zusammengefassten Daten stellen ein Gleichungssystem dar, das – bei perfekter Datenerfassung – rechnerisch gelöst werden könnte. Da allerdings häufig nicht für alle Energieverbraucher Maschinenlaufzeiten vorhanden sind – z.B. sei als Ausnahme die Beleuchtung in einer Produktionshalle genannt – oder die Erfassung der Daten mit Messungenauigkeiten behaftet ist, stellen die derart zusammengestellten Daten quasi ein Gleichungssystem mit „Verschmutzung“ dar. Dieses Gleichungssystem lässt sich grundsätzlich jedoch mittels multivariater statistischer Verfahren, konkret der multivariaten Regressionsanalyse [BA11], schätzen.

Dabei ermöglicht die Umfänglichkeit der Daten – bei einem Unternehmen mit Produktion rund um die Uhr fallen gut 35.000 Viertelstundenlastgänge pro Jahr an – eine höhere Anzahl an zu schätzenden Maschinenverbräuchen.

Als Ergebnis lässt sich zum einen eine Aussage darüber treffen, wie gut das Modell die Gesamtenergieverbräuche pro Viertelstunde mittels der Maschinenlaufzeiten überhaupt erklären kann (Bestimmtheitsmaß). Zum anderen lassen sich für jede einzelne Maschine die Verbräuche (Koeffizienten) und die statistische Sicherheit der berechneten Verbräuche (Konfidenzintervalle der Koeffizienten) berechnen. Die statistischen Berechnungen ermöglichen also direkt Informationen darüber abzuleiten, ob der vorgestellte Ansatz hinsichtlich seiner Güte als Alternative zu physikalischen Messungen in Frage kommt.

Als Limitationen des Ansatzes seien genannt, dass die multivariate Regressionsanalyse zum einen voraussetzt, dass jede Maschine ausreichend Variationen der Laufzeiten aufweisen muss. Der Extremfall einer Maschine, die dauerhaft im Betrachtungszeitraum gelaufen ist, ermöglicht beispielsweise gar keine Berechnung eines Koeffizienten, da dieser in der Konstanten subsummiert wird. Zum anderen führen sehr große Unterschiede in den Stromverbräuchen der einzelnen Maschinen dazu, dass die berechneten Koeffizienten der Maschinen mit geringen Stromverbräuchen große Unsicherheiten aufweisen.

5 Diskussion und Ausblick

Der vorgestellte Ansatz zur statistischen Ermittlung von Stromverbräuchen von Maschinen auf Basis vorhandener Daten in Unternehmen stellt eine theoretische Alternative zu physikalischen Messungen dar, die häufig mit großen Investitionen verbunden sind. Sofern die beschriebenen Datenvoraussetzungen gegeben sind, lassen sich die Güte der statistischen Verbrauchsschätzung insgesamt sowie die Verbräuche jeder einzelnen Maschine angeben. Das Verfahren lässt sich analog auch auf Verbräuche z.B. von Gas anwenden, sofern die Daten entsprechend vorliegen.

Perspektivisch könnten die ermittelten Maschinenverbräuche auch dazu dienen, die Prognosen der Lastverbräuche für die 24 Stunden-Vorabanmeldung beim Versorger zu optimieren⁶ oder laufende Kontrollen der Maschinenverbräuche durchzuführen, um frühzeitig Maschinenschäden erkennen und beheben zu können.

Der vorgestellte Ansatz sollte in einem nächsten Schritt auf seine empirische Umsetzbarkeit hin überprüft werden.⁷

Literaturverzeichnis

- [BA11] Backhaus, K.; Erichson, B.; Plinke, W.; Weiber, R. (2011). *Multivariate Analysemethoden*, 13. Auflage, Springer, Berlin.
- [BG13] Bierer und Götze (2013). Energiekosten als Betrachtungsobjekt der Kostenrechnung – eine Bestandsaufnahme. In: Neugebauer, R.; Götze, U.; Drossel, W.-G. (Hrsg.): *Energetisch-wirtschaftliche Bilanzierung und Bewertung technischer Systeme - Erkenntnisse aus dem Spitzentechnologiecluster eniPROD*, Tagungsband zum 1. und 2. Methodenshopper der Querschnittsarbeitsgruppe 1 „Energetisch-wirtschaftliche Bilanzierung“, Verlag wissenschaftliche Scripten, Auerbach, 2013 S. 95–114.
- [LS84]. Layer, M.; Strebel, H. (1984). Energie als produktionswirtschaftlicher Tatbestand. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* Jg. 54 (7/8): S. 638-663.

⁶ Gewerbekunden mit entsprechend hohem Stromverbrauch müssen 24 Stunden im Vorwege ihren erwarteten Stromverbrauch in 15 Minuten-Abschnitten anmelden, wobei Fehlprognosen zu Strafzahlungen führen.

⁷ Der Autor würde sich freuen, wenn sich interessierte Unternehmen, die entsprechende Daten in ihrem Unternehmen vorhalten, bei ihm hinsichtlich einer Kooperation melden würden.