ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of

ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

von Blanckenburg, Korbinian; Strauch, Julian

Article — Published Version

Stromersparnis der Zeitumstellung bei privaten Haushalten

Wirtschaftsdienst

Suggested Citation: von Blanckenburg, Korbinian; Strauch, Julian (2016) : Stromersparnis der Zeitumstellung bei privaten Haushalten, Wirtschaftsdienst, ISSN 1613-978X, Springer, Heidelberg, Vol. 96, Iss. 4, pp. 265-272, https://doi.org/10.1007/s10273-016-1968-2

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/180762

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Korbinian von Blanckenburg, Julian Strauch

Stromersparnis der Zeitumstellung bei privaten Haushalten

Die halbjährliche Zeitumstellung führt immer wieder zu heftigen Diskussionen, ob die damit verbundenen Unannehmlichkeiten durch eine entsprechende Energieersparnis gerechtfertigt sind. Die Autoren haben die Stromersparnis für die Optionen Sommerzeit und Winterzeit (Status quo), nur Winterzeit und nur Sommerzeit berechnet. Sie kommen zu dem überraschenden Ergebnis, dass die höchste Stromersparnis erreicht wird, wenn ausschließlich Sommerzeit gelten würde.

Seit Wiedereinführung der Sommerzeit 1980 wird über deren Sinnhaftigkeit rege diskutiert. Befürworter argumentieren, dass es mit der Zeitumstellung zu einer besseren Ausnutzung der Tageshelligkeit und damit zu deutlichen Energieeinsparungen kommt. Dies resultiere daraus, dass der natürliche Verlauf der Sonnenaufgangs- und Untergangszeiten, vor allem im Sommer, nicht im Einklang mit den Lebens- und Schlafgewohnheiten der Bevölkerung steht. Gegner der Zeitumstellung bemerken hingegen, dass die Energieeinsparungen nur gering sein dürften, vor allem wenn man diese mit den enormen Kosten der Zeitumstellung vergleicht. Damit sind nicht nur die administrativen Kosten der Umstellung der Uhren etc. gemeint, sondern vor allem auch Beeinträchtigungen des Schlafzyklus und damit ausgeprägte Biorhythmusstörungen bei Menschen und auch Tieren.

Nachfolgend wird eine Analyse vorgestellt, die die Stromersparnis privater Haushalte ausgehend vom Szenario mit alleiniger Winterzeit für die Szenarien mit einer zusätzlichen Sommerzeit (Status quo) und einem Szenario mit ausschließlich Sommerzeit untersucht. Der Analyse unterliegt die Annahme, dass eine Veränderung des Tageszyklus auch eine Veränderung der Lebensgewohnheiten mit sich bringt. Entsprechend kann ein Einsparungspotenzial erwartet werden, wenn man die Uhrzeit der Aktivzeit (6-23 Uhr) der Menschen anpasst. Vor allem bergen offenbar die mit der Zeitumstellung einhergehenden Veränderungen im Freizeitverhalten ein hohes Potenzial an Einsparungsmöglichkeiten. Wenn häusliche Freizeitaktivitäten – die einen Stromverbrauch bedingen – durch Freizeitaktivitäten substituiert werden, die nicht im häuslichen Umfeld stattfinden, kann von einer aus der Zeitumstellung resultierenden Stromersparnis ausgegangen werden, die nicht allein auf den Beleuchtungsenergieverbrauch beschränkt ist.

Erstmals wurde die Sommerzeit in Deutschland 1916 eingeführt.[1] In den darauffolgenden Jahren 1917 und 1918 galt sie vom jeweils dritten Montag im April bis zum dritten Montag im September.[2] Im Anschluss daran wurde die Zeitumstellung bis 1939 ausgesetzt, trat aber am 1. April 1940 wieder in Kraft und bestand bis zum 2. November 1942 fort. In der Zwischenzeit wurde nicht wieder auf Normalzeit umgestellt, sodass in diesen beiden Jahren eine durchgängige Sommerzeit herrschte. In den darauffolgenden Jahren bis 1945 wurde die Zeit Ende März/Anfang April und jeweils wieder Anfang Oktober umgestellt.[3] Ab 1945 wurde die Zeitzone von den jeweiligen Besatzungsmächten festgelegt. Zwischen Mai und Juni 1947 galt in ganz Deutschland die mitteleuropäische Hochsommerzeit, die mit der Moskauer Zeit übereinstimmte. Von 1948 bis einschließlich 1949 wurde die Zeit wie gewohnt zwischen April und Oktober eine Stunde vorgestellt.[4] Ab 1950 wurde die Sommerzeit in ganz Deutschland ausgesetzt und erst 1980 wieder eingeführt und bis heute beibehalten.[5]

Die gesetzliche Grundlage für die heutige Zeitumstellung in Deutschland bildet zum einen das Gesetz über die Ein-

Prof. Dr. Korbinian von Blanckenburg ist Lehrstuhlinhaber für Volkswirtschaftslehre und Wirtschaftsmathematik an der Hochschule Ostwestfalen-Lippe Lemgo.

Julian Strauch, B.A., studiert Business Studies (M.Sc.) an der Universität Kassel.

1 Vgl. K. Helfferich: Reichsgesetzblatt, Nr. 67/1916, 1916 .
2 Vgl. ebenda, Nr. 30/1917 § 2, 1917; und ebenda, Nr. 33/1918 § 2, 1918.
3 Vgl. A. Grimm, G. Hoffmann, R. Ebertin: Die geographischen Positionen Europas, Freiburg 1989, S. 182 f.
4 Vgl. ebenda, S. 184.
5 Vgl. § 3 Abs. 1 u. 5 ZeitG.

heiten im Messwesen und die Zeitbestimmung (EinhZeitG) und zum anderen die Sommerzeitverordnung (SoZV). In § 5 EinhZeitG wird das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie ermächtigt, zum Zweck der „besseren Ausnutzung der Tageshelligkeit und zur Angleichung der Zeitzählung an diejenige benachbarter Staaten“ die mitteleuropäische Sommerzeit zwischen 1. März und 31. Oktober einzuführen. Die Sommerzeitverordnung regelt hierbei die genauen Zeitpunkte der Zeitumstellung. So erfolgt die Zeitumstellung jeweils am letzten Sonntag im März um 2 Uhr und am letzten Sonntag im Oktober um 3 Uhr.[6] Während der Zeitumstellung im Oktober erscheint die Stunde 2 Uhr bis 3 Uhr zweimal. Die Sommerzeitverordnung steht im Einklang mit der Richtlinie 2000/84/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, welche die einheitliche Einführung der Sommerzeit in der Europäischen Union regelt.[7]

Einschlägige empirische Studien zur Frage der Stromeinsparungen sind rar. Eine Studie aus dem Jahr 1983 untersucht die Auswirkungen der Zeitumstellung auf den Verbrauch in privaten Haushalten und vergleicht dabei den Stromkonsum vor Wiedereinführung der Zeitumstellung 1980 und danach. Der Fokus lag dabei auf dem Beleuchtungsstromverbrauch. Es wurde ein Simulationsmodell entwickelt, das den Strombedarf nach Sommerzeit und nach Winterzeit ermittelt. Im Ergebnis konnte durch die Zeitumstellung eine mittlere jährliche Einsparung von 3,9% des Jahresstromverbrauchs für Beleuchtung festgestellt werden.[8] Im Rahmen dieser Analyse wurden zudem drei Wohnobjekte mit Messinstrumenten ausgestattet, mit denen die Verbrauchsdaten von 1978 bis 1981 gemessen wurden. Dazu wurde auch aufgezeigt, welche Einflussgrößen den Stromverbrauch bedingen können. Die gewonnenen Daten wurden mit Hilfe einer Regressionsanalyse ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen eine tägliche Einsparung von durchschnittlich 38,6 Wh pro 1000 kWh Jahresverbrauch.[9]

Neben den bereits erwähnten positiven Aspekten der Zeitumstellung existieren auch negative Effekte, die mit der Sommerzeit einhergehen:[10]

- Störungen des Schlafrhythmus/Biorhythmus,
  - erhöhtes Aufkommen an Verkehrsunfällen,
  - reduzierte Leistung am Arbeitsplatz,
- Mehrverbrauch an Heizenergie,
- Mehrverbrauch an Treibstoff.

Der erste Punkt wird bei der Diskussion um die Zeitumstellung häufig genannt. Dabei wird oft vernachlässigt, dass eine Verschiebung der Zeit auch eine Verschiebung der Temperatur zu einem bestimmten Zeitpunkt zur Folge hat. Diese Verschiebung führt wiederum dazu, dass sich der Bedarf für Heizwärme erhöht.[11] Dieser Effekt wird allerdings sehr stark von anderen Parametern beeinflusst. Zu nennen sind in diesem Kontext die Isolierung des betrachteten Gebäudes, der Standort und damit verbunden die klimatischen Bedingungen sowie das individuelle Heizverhalten. Allerdings kann aus der Analyse des Heizwärmebedarfs geschlossen werden, dass je wärmer die betrachtete Region und je besser die Gebäudeisolierung sind, desto geringer der Mehrbedarf an Heizwärme ist.

In der folgenden Analyse wird untersucht, ob und wie viel Strom in privaten Haushalten durch die Sommerzeitumstellung eingespart werden kann und inwiefern dadurch die negativen Effekte egalisiert oder gar übertroffen werden können.

Analyse der aktuellen Stromeinsparungen

Nachfolgend werden mögliche Einsparungen im Strombedarf anhand von Daten zweier ausgewählter Netzbetreiber analysiert; zum einen der Städtische Werke Netz + Service GmbH, Kassel, und zum anderen der AllgäuNetz GmbH & Co. KG, Kempten. Beide Netzbetreiber bilanzieren nach dem erweiterten analytischen Lastprofilverfahren, sodass eine ausreichende Datenqualität sichergestellt ist. Die Daten aus Kempten sind dabei öffentlich zugänglich.[12] Die Profile aus Kassel wurden direkt von der Städtische Werke Netz + Service GmbH zur Verfügung gestellt. Tabelle 1 gibt einen kurzen Überblick über die beiden Netzgebiete. Während die Zahl der Einwohner vergleichbar ist, ergeben sich bei der geografischen Fläche des Netzgebiets erhebliche Unterschiede, die bei der nachfolgenden Analyse berücksichtigt werden müssen.

Des Weiteren werden Klimadaten vom Deutschen Wetterdienst einbezogen. Die Daten für die Berechnung der

6 §2 Abs. 1 SoZV und §2 Abs. 2. SoZV.
7 Vgl. Richtlinie 2000/84/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19.1.2001 zur Regelung der Sommerzeit, 2001.
8 H. Bouillon: Mikro- und Makroanalyse der Auswirkungen der Sommerzeit auf den Energie- und Leistungsbedarf in den verschiedenen Energieverbrauchssektoren der Bundesrepublik Deutschland, München 1983, S. 27-44.
9 H. Bouillon, a.a.O., S. 46-77; ursprünglich wurde die Einsparung für eine durchschittliche Wohneinheit des Messobjektes ermittelt. Um die Ergebnisse besser vergleichen zu können, wird das Ergebnis auf 1000 kWh/a Verbrauch umgerechnet.
10 Vgl. R. Tichler, H. Steinmüller, C. Friedl, M. Baresch, M. Luger: Energetische und wohlfahrtsökonomische Auswirkungen der Zeitumstellungen im Frühjahr und im Herbst in Oberösterreich, www.energieinstitut-linz.at/index.php?menuid=60&downloadid=977&reporeid=241 (2.4.2015).
11 Die genaue Veränderung des Heizwärmebedarfs wurde nicht analysiert. Allerdings zeigt sich in anderen Arbeiten, dass die Zeitumstellung tatsächlich zu einem erhöhten Heizwärmeverbrauch führt.
12 AllgäuNetz GmbH & Co. KG: Lastgänge, http://www.allgaeunetz.com/index.php?plink=lastgaenge (12.5.2015).

Tabelle 1
Netz- und Strukturdaten Kassel und Allgäu

	Städtische Werke Netz + Service GmbH (Kassel)	Allgäu Netz GmbH & Co. KG (Kempten)
Einwohnerzahl im Netzgebiet	193 889	196 516
Geografische Fläche (Hochspannung) km²	106,8	1635,4
Geografische Fläche (Mittelspannung) km²	106,8	1399,4

Quellen: Eigene Darstellung, Datenquelle AllgäuNetz GmbH & Co.KG, 2014, Städtische Werke Netz + Service GmbH, 2014.

gewichteten Tagesmitteltemperatur stammen alle aus der WESTE-Datenbank des Deutschen Wetterdienstes.[13] Da es für die Wetterstation in Kassel keine vollständigen Daten für 2013 und 2014 gibt, wird der Mittelwert von vier umliegenden Wetterstationen gebildet. Die Daten sind vollständig und stammen von den Stationen Göttingen, Warburg, Eschwege und Wahlsburg-Lippoldsberg und beinhalten die jeweilig gemessenen Tagesmitteltemperaturen der Jahre 2013 bis 2014. Die vollständigen Temperaturdaten für das Netzgebiet Allgäu stammen von den Stationen Kaufbeuren, Memmingen und Mittelberg-Petersthal und werden gleicherweise gemittelt.

Da die Globalstrahlung eine wichtige Einflussgröße für die Temperatur darstellt, werden zudem Globalstrahlungsdaten vom Deutschen Wetterdienst genutzt. Im Gegensatz zu den Temperaturdaten ist das Datenangebot hier stark begrenzt, sodass die verwendeten Daten nicht zwangsläufig die genaue geografische Fläche des Netzgebiets abdecken; demnach werden für Kassel Globalstrahlungsdaten aus Göttingen und für das Allgäu Daten der Messstation Konstanz verwendet.

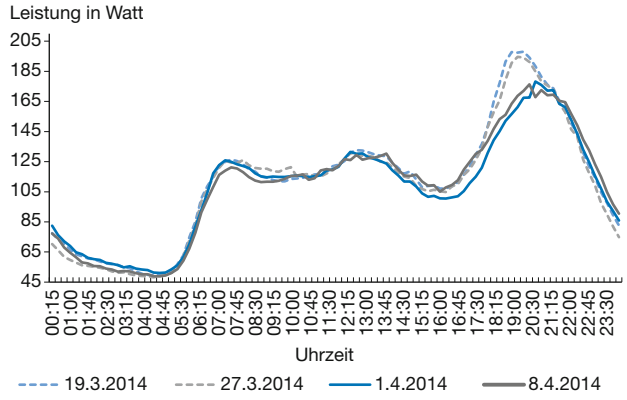
Visualisierung einzelner Tageslastverläufe

Um einen ersten Überblick zu bekommen, wird zunächst eine Visualisierung einzelner Tageslastverläufe von Lastprofilen der privaten Haushalte im betrachteten Netzgebiet an verschiedenen Werktagen vor und nach der Zeitumstellung vorgenommen. Die gestrichelten Linien stellen den Zeitraum unmittelbar vor der Zeitumstellung dar, die durchgezogenen Linien den Zeitraum nach der Umstellung auf Sommerzeit. Dabei zeigt sich, dass die Lastganglinien im Zeitabschnitt von ca. 18:15 Uhr bis 21:00 Uhr vor der Zeitumstellung weit oberhalb der Lastgänge nach der Zeitumstellung verlaufen. Um ca. 21:00 Uhr kommt es wieder zu einer Annährung der Lastganglinien vor und

13 Deutscher Wetterdienst: WESTE Datenbank, http://www.dwd.de/WESTE/ (20.5.2015).

Abbildung 1

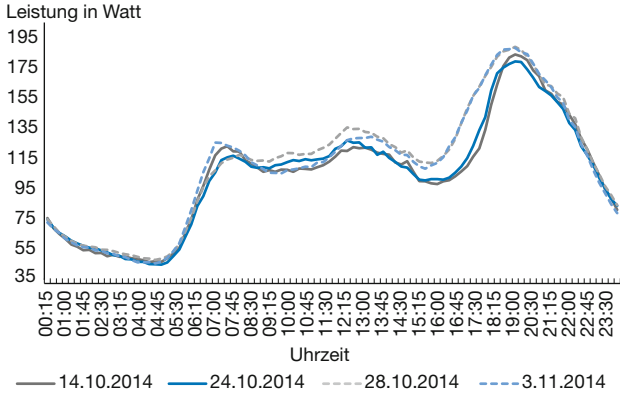
Frühjahr 2014: Tageslastverlauf unmittelbar vor und nach der Zeitumstellung im Netzgebiet Kassel



Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 2

Herbst 2014: Tageslastverlauf unmittelbar vor und nach der Zeitumstellung im Netzgebiet Kassel



Quelle: Eigene Darstellung.

nach Umstellung auf Sommerzeit. Begutachtet man zusätzlich noch die Sonnenuntergangszeitpunkte sowie die Witterung der jeweiligen Tage, lässt sich daraus folgern, dass die Verbrauchsabweichung – zumindest zu einem großen Teil – auf die Zeitumstellung zurückzuführen ist. Zumal erkenntlich ist, dass die anderen Zeitabschnitte kaum voneinander abweichen. Zudem ist der Einfluss der Zeitumstellung nicht auf den Zeitraum von einer Stunde beschränkt, vielmehr beeinflusst der Effekt den Stromverbrauch scheinbar einer größeren Zeitspanne.

Die erste Vermutung, dass sich Stromeinsparung in den Abendstunden und Mehrbedarf in den Morgenstunden aufheben, bestätigt sich offensichtlich nicht. Der Verlauf der grauen und der blauen Linien ändert sich morgens – im Vergleich zu abends – kaum. Dementsprechend ist morgens – wenn überhaupt – ein sehr geringer Mehrverbrauch zu erwarten.

Darüber hinaus findet sich ein weiteres Indiz dafür, dass der Stromverbrauch verschiedenen Einflussgrößen ausgesetzt ist. Nimmt man an, dass der allgemeine Verlauf des Lastgangs im Winter sein Maximum und im Sommer sein Minimum erreicht, so müssten die durchgezogenen Linien alle unterhalb der getüpfelten Linien verlaufen, wenn sie nicht von anderen Parametern beeinflusst würden. Nun ist ersichtlich, dass sich die Linien schneiden und je nach betrachtetem Zeitabschnitt mal oberhalb und mal unterhalb der anderen Grafen verlaufen. Es erhärtet sich der Verdacht, dass die genannten Einflussgrößen – zumindest zu einem gewissen Teil – durch die Witterung und den damit verbundenen individuellen Verbrauchsverhalten dargestellt werden können. Des Weiteren ist anzunehmen, dass die Geräteausstattung der Haushalte ein entscheidender Parameter für den Stromverbrauch ist, der hieraus aber nicht zu identifizieren ist.

Abbildung 2 zeigt dazu den Verlauf kurz vor und nach der Umstellung auf Winterzeit. Die durchgezogenen Linien (grau und blau) stellen wieder den Verlauf nach Sommerzeit dar, während die gestrichelten Linien den Verlauf nach Normalzeit abbilden. Erkenntlich ist erneut der Einfluss der Zeitumstellung auf den abendlichen Stromverbrauch, da die graue und die blaue Linie in diesem Zeitabschnitt deutlich unterhalb der gestrichelten Darstellungen verlaufen, während sich in anderen Zeitabschnitten die Linien schneiden. Allerdings beeinflusst die Zeitumstellung nicht den gleichen Bereich, der in Abbildung 1 zu sehen ist. Bedingt durch andere Sonnenuntergangszeitpunkte tritt an dieser Stelle der Effekt vornehmlich im Zeitraum von 17:15 Uhr bis 19:00 Uhr ein, wodurch auch hier die Zeitspanne des Einflusses nicht auf die eine Stunde begrenzt ist.

Ein eindeutiger Einfluss auf den Stromverbrauch morgens ist hingegen nicht zu erkennen. Der Einfluss der Zeitumstellung, der in den Abbildungen 1 und 2 eindeutig zu sehen ist, kann im weiteren Verlauf der Zeitumstellungsperiode nicht mehr visuell identifiziert werden, da der Effekt von anderen Einflussgrößen überlagert wird.

Multiple Regression und Zeitumstellungsszenarien

Um den Effekt der Zeitumstellung auf den Strombedarf privater Haushalte zu bestimmen, werden die Einflussgrößen designiert, die den Stromverbrauch direkt und indirekt beeinträchtigen können. Ziel des Modells ist es, mit den designierten Einflussgrößen den Stromverbrauch möglichst genau nachzubilden, um im Anschluss daran die Veränderung des Stromverbrauchs durch Manipulation der Zahl der Dunkelstunden zu erhalten. Aus diesem Modell lassen sich zwei Szenarien ermitteln, die untersucht werden:

1. zusätzliche Sommerzeit im Vergleich zu einem Normalszenario mit nur Winterzeit (Status quo),

2. ganzjährige Sommerzeit im Vergleich zu einem Normalszenario mit nur Winterzeit.

Bisher wurde visuell gezeigt, dass durch die Zeitumstellung der Stromverbrauch morgens steigt und abends sinkt. Diejenige Größe, die sich durch die Zeitumstellung verändert, ist die Zahl der Dunkelstunden in einem vorher definierten Zeitabschnitt.

Für die Zahl der Dunkelstunden gilt

$D_{i,Abend} = SU_{max} - SU_i$,

SU_{max} = maximaler Sonnenuntergangszeitpunkt im betrachteten Netzgebiet,

SU_i = Sonnenuntergangszeitpunkt des i-ten Tages, und

$D_{i,Morgen} = SA_i - SA_{min}$,

SA_i = Sonnenaufgangszeitpunkt des i-ten Tages,

SA_{min} = minimaler Sonnenaufgangszeitpunkt im betrachteten Netzgebiet.

Nun gilt es, die Zeitabschnitte und Tage zu bestimmen, in denen ein Einfluss der Zeitumstellung zu erwarten ist. Da der Effekt, den die Zeitumstellung auf den Stromverbrauch hat, bereits im Lastgang berücksichtigt wird, wird der Stromverbrauch des ganzen Jahres untersucht. Die Zeitumstellung kann nur den Stromverbrauch in dem Zeitraum eines Tages beeinflussen, in dem sich die Zahl der Dunkelstunden verändert. Da sich die Zahl der Dunkelstunden durch die Zeitumstellung morgens erhöht und abends verringert, werden auch hier die Tage in die Abschnitte Morgen und Abend aufgeteilt. Dadurch, dass die Zahl der Dunkelstunden die erklärende Variable für die Zeitumstellung ist, beschränkt sich der Einfluss der Zeitumstellung auf den Stromverbrauch des Zeitraums, der innerhalb der maximalen/minimalen Sonnenaufgangszeitpunkte bzw. der maximalen/minimalen Sonnenuntergangszeitpunkte der betrachteten Netzgebiete liegt. Damit lässt sich am Ende der Analyse der durchschnittliche Stromverbrauch pro Tag für eine Dunkelstunde im jeweiligen Abschnitt finden.

Einig ist man sich darin, dass auch die Witterung einen erheblichen Einfluss auf den Stromverbrauch privater Haushalte haben kann.[14] Für die Berücksichtigung der Witterung als Einflussgröße wird zunächst die durchschnittliche Temperatur des jeweiligen Abschnitts und Netzgebietes herangezogen. Da die geografische Fläche der Netzgebiete nicht immer durch die zur Verfügung stehenden Daten abgedeckt werden kann und die Stundenwerte nicht vollständig vorliegen bzw. sehr volatil sind, wird die gewichtete Tagesmitteltemperatur als erklärende Variable verwendet. Die so gewichteten Temperaturen können die Netzgebiete adäquat abbilden und werden in die Analyse einbezogen.

Die Temperatur allein kann die Wetterlage aber nicht adäquat darstellen, da sie nicht angibt, ob es bewölkt oder sonnig ist. Demnach wird die Globalstrahlung als zweiter Indikator für die Witterung hinzugenommen. Als Globalstrahlung wird die gesamte am Erdboden eintreffende Sonneneinstrahlung bezeichnet, die sich aus der direkten Strahlung sowie der diffusen Himmelsstrahlung zusammensetzt. Die Angabe erfolgt meist in Watt pro Quadratmeter oder Joule pro Quadratzentimeter (W/m² oder J/cm²).[15] Die Witterung lässt sich also offenbar gut über die gewichtete Tagesmitteltemperatur und Tagessumme der Globalstrahlung abbilden. Aufgrund unterstellter linearer Zusammenhänge wird ein multiples Regressionsmodell verwendet, um den Effekt der Zeitumstellung zu analysieren. Der Stromverbrauch der jeweiligen Abschnitte wird mit der Kleinstquadratmethode geschätzt.[16]

Die zu erklärenden Variablen werden durch $W_{i,Morgen}$ und $W_{i,Abend}$ dargestellt, die unabhängigen Variablen bilden demnach $T_{i,mittel}$ und G_i, um die Witterung abzubilden und $D_{i,Morgen}$ sowie $D_{i,Abend}$ für die Darstellung der Zeitumstellung. Demnach lautet das Modell für den Zeitabschnitt Abend bzw. Morgen:

$$W_{i,Abend/i,Morgen} = \beta_{konst} + \beta_{Dunkel} \cdot D_{i,Abend} - \beta_{Temp} \cdot T_{i,mittel} - \beta_{Global} \cdot G_i$$

Demzufolge wird vermutet, dass der Stromverbrauch in den zu untersuchenden Abschnitten $W_{i,Abend}$ und $W_{i,Morgen}$ mit steigender Temperatur und Globalstrahlung sinkt, während eine Erhöhung der Dunkelstunden zu einem erhöhten Stromverbrauch führt. Die Netzgebiete werden aufgrund der regionalen Unterschiede getrennt analysiert.

Energieeinsparungen beim Stromverbrauch

Da die Daten an Wochenenden und Feiertagen einen anderen Verlauf haben als an Werktagen, werden diese getrennt voneinander analysiert, um Verzerrungen auszuschließen. Somit ergeben sich im Endeffekt die vier Einzelabschnitte A_{Werk} und A_{WF} sowie M_{Werk} und M_{WF}. Dabei steht A für Abend, M für Morgen, Werk für Werktage und WF für Wochenenden und Feiertage.

14 Vgl. H. Bouillon, a.a.O., S. 94-105.

15 Vgl. Deutscher Wetterdienst, 2012.

16 Die einzelnen Variablen sind teilweise sehr stark korreliert, wobei die Multikollinearität nicht so stark ausgeprägt ist, dass das Schätzergebnis signifikant verzerrt wird.

Tabelle 2
Regressionskoeffizienten Netzgebiet Kassel

2013/2014	Werktage		Wochenende, Feiertage	
	A_{Werk}	M_{Werk}	A_{WF}	M_{WF}
$\hat{\beta}_{konst}$	822,14***	355,39***	900,69***	268,50***
$\hat{\beta}_{Dunkel}$	45,97***	16,54***	46,89***	7,95***
$\hat{\beta}_{Temp}$	-9,42***	-4,78***	-9,81***	-3,09***
$\hat{\beta}_{Global}$	-0,020***	-	-0,033***	-
Bestimmtheitsmaß R^2	0,95	0,83	0,94	0,80
Freiheitsgrade	495	496	226	227
Standardfehler	35,30	20,75	42,57	13,86
Test auf:				
Multikollinearität	+	+	+	+
Autokorrelation	-	-	-	-
Homoskedastizität	-	+	-	-

*** 99% Signifikanzniveau.

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle 3
Regressionskoeffizienten Netzgebiet Allgäu

2013/2014	Werktage		Wochenende, Feiertage	
	A_{Werk}	M_{Werk}	A_{WF}	M_{WF}
$\hat{\beta}_{konst}$	826,25***	327,04***	910,02***	241,64***
$\hat{\beta}_{Dunkel}$	34,47***	15,29***	43,58***	6,93**
$\hat{\beta}_{Temp}$	-8,53***	-3,97***	-9,29***	-2,66***
$\hat{\beta}_{Global}$	-0,026***	-	-0,033***	-
Bestimmtheitsmaß R^2	0,91	0,79	0,87	0,70
Freiheitsgrade	490	491	231	232
Standardfehler	41,06	19,71	60,11	15,33
Test auf:				
Multikollinearität	+	+	+	+
Autokorrelation	-	-	-	-
Homoskedastizität	-	+	-	+

*** 99% Signifikanzniveau. ** 95% Signifikanzniveau.

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Verbrauch in den Abendstunden sehr gut mit Hilfe der Regressoren abgebildet werden kann. Die Vermutung, eine Erhöhung des Globalstrahlungswerts und der Temperatur führe zu einer Reduktion des Stromverbrauchs, kann mit Blick auf die Regressionskoeffizienten bestätigt werden. Eine Erhöhung der gewichteten Tagesmitteltemperatur um 1°C führt, je nach Art des betrachteten Tages, zu einer Reduktion des Stromverbrauchs um 9,4 bis 9,8 Wattstunden in Kassel und 8,5 bis 9,3 Wattstunden im Allgäu. Betrachtet man das Regressionsgewicht $\hat{\beta}_{Global}$, zeigt sich hier ein ähnliches Bild. Deutlich wird die Auswirkung, wenn man einen Hochsommertag mit einem Extremwintertag vergleicht. Dabei liegt der höchste Wert der Tagessumme der Globalstrahlung des Netzgebiets Kassel bei 3177 J/cm² und der kleinste bei 7 J/cm²; nimmt man nun die Differenz der beiden Werte, ergibt dies eine Abweichung von circa 70 Wattstunden.[17] Während sich das Wetter negativ auf den Stromverbrauch auswirkt, führt eine zusätzliche Dunkelstunde in Kassel zu einer Steigerung des Stromverbrauchs um ca. 46 bis 46,9 Wattstunden. Im Allgäu verhält es sich ähnlich. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass wohl in ganz Deutschland eine Reduktion der Dunkelstunden einen niedrigeren Stromverbrauch nach sich zieht. Das ist die entscheidende Größe, um den Effekt, den die Zeitumstellung auf den Stromverbrauch hat, zu quantifizieren.

Damit die Regressionskoeffizienten effizient und erwartungstreu geschätzt werden können, unterliegt das Modell bestimmten Annahmen. Diese Annahmen werden im Einzelnen mittels verschiedener statistischer Tests untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 und 3 dargestellt. Dabei werden die erfüllten Annahmen mit „+“, die nicht erfüllten Annahmen mit „-“gekennzeichnet. Alle Abschnitte werden auf Signifikanz, Multikollinearität, Homoskedastizität und Autokorrelation getestet. Um zu zeigen, inwieweit die eingesetzten Regressoren auch einen tatsächlichen systematischen Einfluss auf die erklärende Variable haben, muss dies mit einem Signifikanztest überprüft werden. Wie der Ergebnismatrix zu entnehmen ist, sind alle eingesetzten Größen zu einem Konfidenzniveau von 95% signifikant.

Damit gegebenenfalls vorliegende Multikollinearität aufgedeckt werden kann, werden verschiedene Diagnoseverfahren eingesetzt. Multikollinearität liegt vor, wenn die exogenen Variablen untereinander stark korreliert sind. Zwar kann der Gesamteinfluss der Variablen noch korrekt erfasst werden, die Zurechenbarkeit des Gesamteinflusses der einzelnen Regressoren auf die endogene Variable kann bei stark ausgeprägter Multikollinearität aber verzerrt werden. Dazu wird eine Korrelationsmatrix für die drei (zwei) exogenen Variablen erzeugt, die darstellt, inwieweit die jeweiligen Regressoren miteinander korreliert sind. Nur im Abschnitt A_{Werk} wird der kritische Wert von r = 0,8 minimal überschritten, sodass hier ein hinreichender Verdacht auf Multikollinearität besteht. Weitere Tests zeigen, dass zwar Multikollinearität vorliegt, aber nicht so stark ausgeprägt ist, dass sie die Schätzer verzerren würde.[18]

17 Gilt für die Werktage.

18 Vgl. C. Dreger, R. Kosfeld, H.-F. Eckey: Ökonometrie, Wiesbaden 2014, S. 66-79.

Tabelle 4
Endergebnisse für Szenario I und II

Haushaltsgröße	Jährlicher Verbrauch pro Haushalt in kWh/a	Jährlicher Verbrauch Gesamt in MWh/a	Einsparung pro Haushalt und Jahr				Einsparung Gesamt in MWh/a	
			Szenario I (Status quo)		Szenario II (nur Sommerzeit)		Szenario I (Status quo)	Szenario II (nur Sommerzeit)
			in kWh/a	in Euro	in kWh/a	in Euro		
Eine Person	1700	27 499 200	13,26	3,85	20,83	6,04	214 616	336 871
Zwei Personen	3000	41 244 000	23,41	6,79	36,75	10,66	321 887	505 248
Drei Personen	3500	17 461 500	27,32	7,92	42,88	12,43	136 278	213 907
Vier Personen	4200	15 489 600	32,78	9,51	51,45	14,92	120 888	189 751
≥ Fünf Personen	4700	6 260 400	36,68	10,64	57,58	16,7	48 859	76 691
Gesamt in MWh/a	-	107 954 700	-	-	-	-	842 528	1 322 468
Gesamt in Euro	-	31 306 863 000	-	-	-	-	244 333 005	383 515 648

Quelle: Eigene Darstellung; Werte für 2014; Arbeitspreis für eine Kilowattstunde Strom entnommen aus Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW), (14.6.2014). BDEW-Strompreisanalyse Juni 2014, https://www.bdew.de/internet.nsf/id/20140702-pi-steuern-und-abgaben-am-strompreis-steigen-weiter-de/$file/140702%20BDEW%20Strompreisanalyse%202014%20Chartsatz.pdf, S. 6 (20.6.2015).

Autokorrelation liegt vor, wenn die Störterme unterschiedlicher Beobachtungen stochastisch voneinander abhängig sind. Für den Test auf Autokorrelation wird der Durbin-Watson-Test verwendet. Dieser zeigt eine deutliche Autokorrelation 1. Ordnung der Residuen, was eine Verzerrung der Standardfehler der Regressionskoeffizienten zur Folge hat. Problematisch ist vor allem die als unabhängige Variable eingesetzte gewichtete Tagesmitteltemperatur, da diese sich zum Teil aus den Daten der Vortage berechnet.[19]

Für die Überprüfung auf Heteroskedastizität bzw. Homoskedastizität werden sowohl der Goldfeld-Quandt-Test als auch der Breusch-Pagan-Test eingesetzt. Dem Modell wird unterstellt, dass die Varianzen der Störterme in allen Perioden gleich und somit homoskedastisch sind. Wenn sie hingegen heteroskedastisch sind, kann es auch hier zu einer Verzerrung der Standardfehler der Regressionskoeffizienten kommen. Da das Modell bei vorhandener Autokorrelation und Heteroskedastizität zwar noch erwartungstreu, aber nicht mehr effizient geschätzt werden kann, werden zur Behebung des Modelldefekts heteroskedastizitäts- und autokorrelationskonsistente (HAC) Schätzer nach Newey und West eingesetzt. Das Ergebnis zeigt deutlich veränderte Standardfehler, an der Signifikanz der Einflussgrößen ändert sich allerdings nichts. Festzuhalten ist, dass die Modellannahmen zwar teilweise verletzt werden, die Modelle aber aufgrund der erneuten Schätzung sowohl effizient sind als auch erwartungstreu geschätzt werden können.

Mit der Zeitumstellung verringert sich die Zahl der Dunkelstunden pro Tag um eine Stunde, während die Zeitumstellung morgens eine zusätzliche Dunkelstunde pro Tag bewirkt. Aufgrund des positiven Zusammenhangs zwischen Dunkelstunden und Stromverbrauch repräsentieren die Ergebnisse des Abschnitts $W_{i,Morgen}$ den durch die Zeitumstellung resultierenden täglichen Mehrbedarf, während die erzielten Resultate des Abschnitts $W_{i,Abend}$ die tägliche Einsparung abbilden.[20] Die für die Analyse eingesetzten Lastprofile wurden von den Netzbetreibern im Voraus auf 1000 kWh/a Stromverbrauch normiert, sodass die erzielten Ergebnisse stets in Relation dazu gesetzt werden.[21] Der durchschnittliche Wert für eine Dunkelstunde im Abschnitt $W_{i,Abend}$ beträgt laut Regressionsanalyse für das Netzgebiet Kassel rund 46,26 Wh und im Netzgebiet Allgäu rund 37,41 Wh.[22] Da die Zeitumstellung zu einer Reduktion von einer Dunkelstunde pro Tag führt, ergibt dies einen Rückgang von insgesamt 210 Dunkelstunden pro Jahr. Hieraus resultiert ein Stromverbrauch von 8,79 kWh/a pro 1000 kWh/a oder 0,88%. Im Abschnitt $W_{i,Morgen}$ beträgt der Wert einer Dunkelstunde durchschnittlich 16,54 Wh im Netzgebiet Kassel und 15,29 Wh im Netzgebiet Allgäu. Da dieser Abschnitt nur am Anfang und am Ende der Sommerzeit innerhalb des Aktivbereichs liegt, erhöhen sich die Dunkelstunden lediglich um 74, was einem jährlichen Verbrauch von 0,98 kWh/a pro 1000 kWh/a oder 0,098% entspricht. Die jährliche Einsparung ergibt sich nun aus der Differenz der Jahreswerte für die Dunkelstunden und beträgt demzufolge rund 7,8 kWh/a pro 1000 kWh/a Stromverbrauch.[23]

19 Vgl. ebenda, S. 96-100.

20 Die Darstellung bezieht sich ausschließlich auf die Schätzer für die Dunkelstunden.

21 Da die Verbrauchswerte von den Netzbetreibern gerundet werden, ergibt die Jahressumme der Profile nicht immer genau 1000 kWh/a.

22 Werte werden entsprechend der Zahl der Werktage sowie der Wochenenden und Feiertage gewichtet.

23 Alle Werte werden exemplarisch für 2014 ermittelt; demnach umfasst die Sommerzeit 210 Tage.

Mit Hilfe des ermittelten Ergebnisses kann der Effekt der Zeitumstellung auf den Stromverbrauch privater Haushalte für Deutschland berechnet werden. Dazu wird zunächst der Stromverbrauch pro Haushalt und Haushaltsgröße festgestellt, womit die jährliche Stromeinsparung pro Haushalt und Haushaltsgröße berechnet werden kann.[24] Des Weiteren werden Daten bezüglich der Häufigkeit der Haushaltsgröße verwendet, sodass damit der Gesamtverbrauch pro Jahr aller Haushalte in Deutschland berechnet werden kann.[25] Mit dieser Größe in Verbindung mit der Einsparung pro 1000 kWh/a lässt sich die durch die Zeitumstellung bedingte Stromersparnis für ganz Deutschland berechnen. Die Ergebnisse sind Tabelle 4 zu entnehmen.

Ein Einpersonenhaushalt verbraucht im Jahr durchschnittlich 1700 kWh Strom, während ein Dreipersonenhaushalt mit 3500 kWh/a nur einen gut doppelt so hohen Verbrauch aufweist, sodass der Stromverbrauch nicht linear mit der Zahl der Haushaltsmitglieder steigt. Demnach spart ein Einpersonenhaushalt im Status quo durch die Zeitumstellung im Jahr rund 3,85 Euro, während die Einsparung bei drei Personen 7,92 Euro beträgt. Im Endeffekt kann damit für Deutschland eine durch die Zeitumstellung bedingte jährliche Gesamtersparnis von rund 842,53 GWh/a ermittelt werden. Dies entspricht rund 0,78% des gesamten Stromverbrauchs in Deutschland und einem Äquivalent von rund 244,3 Mio. Euro oder 0,0084% des Bruttoinlandsprodukts für Deutschland im Jahr 2014.

Bemerkenswert ist, dass die Einsparung im zweiten Szenario deutlich größer ausfällt. Demnach spart ein Einpersonenhaushalt, wenn es ausschließlich Sommerzeit geben würde (im Vergleich zu ausschließlich Winterzeit), durch die Zeitumstellung im Jahr rund 6,04 Euro (größere Haushalte sparen entsprechend mehr). Im Endeffekt käme es in Deutschland dadurch zu einer jährlichen Gesamtersparnis von rund 1322,47 GWh/a. Umgerechnet wären dies in etwa 383,5 Mio. Euro.

24 Vgl. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V (BDEW), 2013, S. 10 ; Verbrauchsangaben ohne Warmwasser und Heizung.

25 Vgl. Statistisches Bundesamt: Bevölkerung und Erwerbstätigkeit – Haushalte und Familien – Ergebnisse des Mikrozensus, Fachserie 1 Reihe 3, 2013, https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/HaushalteFamilien/HaushalteFamilien.html#Tabellen, S. 27 (29.5.2015).

Fazit

Ziel der Analyse war es, mögliche Stromeinsparungen privater Haushalte durch die Zeitumstellung zu untersuchen. Grundlage für die Berechnungen sind Daten zweier ausgewählter Netzbetreiber, zum einen der Städtische Werke Netz + Service GmbH, Kassel, und zum anderen der AllgäuNetz GmbH & Co. KG, Kempten. Unser Regressionsmodell liefert sehr gute Ergebnisse bei der Erklärung des Stromverbrauchs über Dunkelstunden, Temperatur und Globalstrahlung. Die ermittelten Regressoren dienen als Basis für die Analyse aktueller Einsparungen, aber auch für eine Simulation von Alternativszenarien ohne Zeitumstellung.

Es konnte gezeigt werden, dass es durch die Zeitumstellung in Deutschland nur zu geringen Einsparungen beim Stromverbrauch privater Haushalte kommt, und zwar rund 0,78% des jährlichen Stromverbrauchs privater Haushalte. Selbst bei einer Familie mit drei Kindern läge damit die Ersparnis bei nur rund 11 Euro pro Jahr. Setzt man dies ins Verhältnis zu den negativen Folgen der Zeitumstellung (Biorhythmus, Schlafzyklen etc.), wird die Stromersparnis wohl weitestgehend relativiert. Eine Alternative wäre die Abschaffung der Zeitumstellung, wobei grundsätzlich zwei zukünftige Zeitregelungen vorstellbar sind, nur Sommer- oder nur Winterzeit. Erstgenannte hätte zumindest beim Stromverbrauch einiges an Einsparpotenzial. In unserer Simulation haben wir eine Ersparnis von rund 383,5 Mio. Euro im Vergleich zu einer Regelung mit ausschließlich Winterzeit berechnet. Erweitert man die Analyse noch um den Heizwärmebedarf, dürften sich die Argumente für die Abschaffung der Zeitumstellung weiter verstärken. Am Ende stehen die jetzigen Stromeinsparungen offenbar in keiner Relation zu den volkswirtschaftlichen Kosten. Eine Neuregelung ist überfällig.

Title: *Energy Savings by Private Households through Seasonal Time Changeover*

Abstract: *This paper presents an investigation into the extent to which seasonal time adjustments (summer and winter time) lead to energy savings for private households. The work is based on data from two selected electricity providers in the cities of Kassel and Kempten. By means of a multiple regression model, the electricity utilization of German households was explained with respect to hours of darkness, temperature and global radiation. These variables formed the basis for calculating scenarios with and without seasonal time adjustments. On a comparative basis, summer time throughout the year is associated with the greatest energy savings. We argue that the reason for this is that the highest energy consumption can be observed in the evenings, and continual summer time takes the greatest advantage of the available light of the evening hours.*

JEL Classification: *P4, J22, C4*