
Die Wirkung politischer Maßnahmen auf die Senkung des Stromverbrauchs in privaten Haushalten: Ein makroquantitativer internationaler Vergleich

Volker Schneider, Nadja Schorowsky und Marc Tenbücken

1. Einleitung

In der nationalen wie internationalen Energiepolitik werden Einsparungs- und Effizienzsteigerungsmaßnahmen als wichtige Instrumente zur Lösung der Energiefrage gesehen. Hierbei wird das Effizienzsteigerungspotential bei Haushalten als bedeutend eingestuft. Seit Jahren werden Erwartungen genährt, dass durch den Einsatz verschiedenster Politikinstrumente beträchtliche Einsparungen beim Stromverbrauch in Haushalten realisiert werden könnten. Doch welche konkreten Maßnahmen gibt es hierzu und wie können darunter die wirksamsten Instrumente identifiziert werden? Ein gängiges Vorgehen ist hier die Suche nach Vorbildern in anderen Ländern. Dieser Ansatz wurde auch in der hier beschriebenen Untersuchung gewählt. Zentrales Ziel ist es, Politikinstrumente und Maßnahmen zu identifizieren, die in anderen Ländern zu einer wirksamen Reduktion des privaten Endenergieverbrauchs führten. Wir knüpfen dabei an verschiedene konzeptionelle und empirische Vorarbeiten an (Bürger 2010; Krömker and Dehmel 2010; Tews 2009).

Unsere Untersuchung ist in fünf Abschnitte gegliedert. Zunächst wird die Auswahl der Untersuchungsländer begründet und die Erhebung der politischen Maßnahmen erläutert, die im Auftrag der Münchner Content5 AG von einem internationalen Expertennetzwerk in 30 Ländern durchgeführt wurde. Im Anschluss werden erste makroanalytische Entwicklungsmuster im Stromkonsum privater Haushalte aus international vergleichender Perspektive dargestellt. Im dritten Abschnitt werden die jeweiligen politischen Maßnahmen aufgeführt und erläutert. Der vierte Abschnitt ist der Wirkungsanalyse gewid-

met, in der eine konventionelle Regressionsmethode eingesetzt wird. Im letzten Abschnitt ziehen wir ein kurzes Fazit und verweisen auf weitere Forschungspotentiale.

2. Die Erhebung politischer Maßnahmen in 30 Ländern

Zentrale Aufgabe unserer Studie ist die systematische Bestandsaufnahme von Maßnahmen und Politikinstrumenten in anderen Ländern. Ein erster Überblick wurde von Tews (Tews 2009) erarbeitet. Darüber hinaus bietet die internationale Fachliteratur diverse Übersichten (Geller et al. 2006; Gillingham et al. 2006; Harmelink et al. 2008; Ürge-Vorsatz et al. 2007).

Ein erster Schritt der Analyse war die Länderauswahl. Unsere Hauptkriterien waren hier Relevanz und Vielfalt. Um eine möglichst hohe Zahl von interessanten Beispielen identifizieren zu können musste einerseits die Vielfalt unterschiedlicher Bedingungen (Klima, Kultur, etc.) repräsentiert werden, andererseits sollte die Länderauswahl auch den Großteil des Weltstromverbrauchs umfassen. Letztlich führte dies zu einer Auswahl von 30 Staaten, darunter 15 europäische Länder und 7 weitere OECD-Staaten. Mit Brasilien, Russland, Indien und China wurden zudem große Schwellenländer einbezogen. Schließlich repräsentieren Argentinien, Chile, Singapur und Südafrika eine Gruppe von Ländern, die aufgrund ihres Entwicklungsstandes als Beispiele für ihre jeweiligen Kontinente dienen. Alle 30 Länder vereinten in den letzten beiden Jahrzehnten mehr als 80% des globalen Stromverbrauchs.

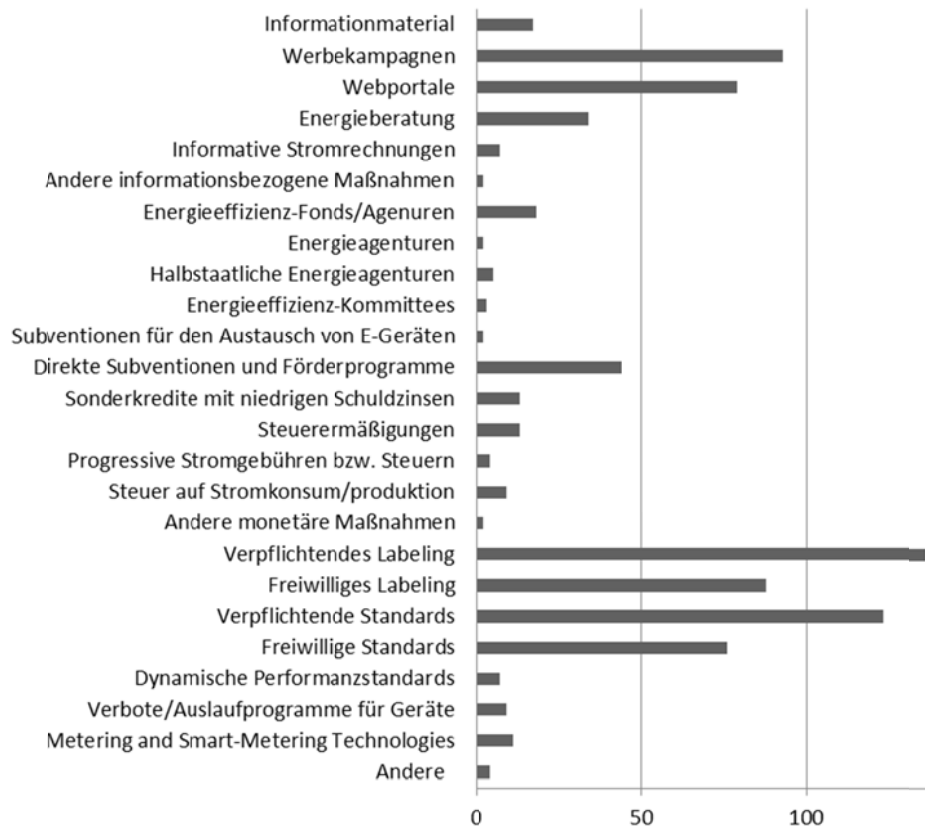
Die Datenerhebung selbst wurde von der Content5 AG in München durchgeführt, die über ein Netzwerk von Experten zu den jeweiligen Untersuchungsländern verfügt. Um eine einheitliche Erhebung zu gewährleisten, wurde ein detailliertes Erfassungsraster entworfen und ein umfangreiches Manual als Hilfestellung für die Länderexperten erstellt. Für die zu identifizierenden Maßnahmen galten folgende Vorgaben:

- Erfasst werden sollten alle Maßnahmen auf nationaler Ebene, die konkret auf die Reduktion des Stromverbrauchs in Privathaushalten abzielen.
- Von Interesse waren sowohl Maßnahmen, die das Investitions- und Nutzungsverhalten von Privathaushalten direkt beeinflussen, als auch solche, die über eine Veränderung der Verbraucherumwelt indirekt wirken.
- Alle Maßnahmen sollten einen „politischen Hintergrund“ aufweisen, d.h. entweder von Seiten der Politik initiiert oder zumindest von nationalen politischen Stellen unterstützt sein.

Für den Zeitraum 1995-2009 wurden etwa 1200 Maßnahmen erfasst, sowie rund 50 weitere Instrumente, die sich zu diesem Zeitpunkt im Planungsstadium befanden und in den kommenden Jahren eingeführt werden sollen. Im Vergleich zu der von Tews (2009) dargestellten MURE-Erhebung ist die Anzahl aufgeführten Maßnahmen erheblich höher, da nicht nur Rahmenprogramme oder Gesetze gezählt wurden, sondern – abhängig von der nationalen Gesetzgebungs- und Regelungstradition – diese in Untereinheiten zerlegt werden mussten, um besser vergleichbar zu sein.

In der Politikwissenschaft gibt es eine Forschungstradition des Vergleichs legislativer Outputs, wobei häufig nur die Zahl von Gesetzen aufsummiert wird. Selbst wenn dabei nur bedeutsame Gesetze erfasst werden (vgl. hierzu Tsebelis 2002), sind einzelne nationale Maßnahmen international jedoch nur schwer vergleichbar. Dies liegt daran, dass legislative Outputs in verschiedenen politischen Systemen oft unterschiedliche Bedeutung haben. Manche Länder fassen viele Einzelregelungen in Rahmengesetzen zusammen, andere regulieren sehr viel auf administrativer Ebene mittels Verordnungen oder Vorgaben seitens unabhängiger Regulierungsagenturen.

Abbildung 1: Maßnahmentypen und ihre Anzahl

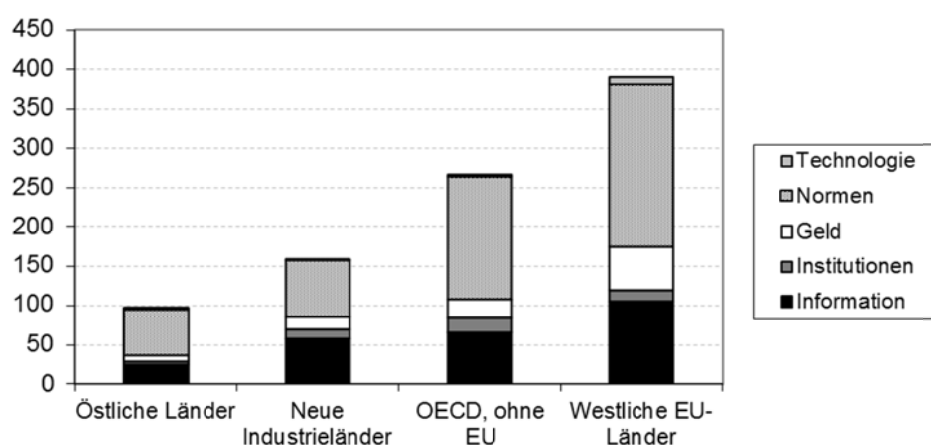


Unser Ansatz war deshalb, die Maßnahmen nach Regulierungszielen (Targets) soweit zu zerlegen, dass spezifische Einzelmaßnahmen erfasst werden, die verschiedenen Instrumentenkategorien (z.B. Kühlgeräten, Beleuchtung) und Steuerungsobjekten (Konsumenten, Hersteller u.a.) zurechenbar sind. In dieser Perspektive macht es keinen Unterschied, ob eine Maßnahme auf einem Gesetz, einer Verordnung oder auch nur auf einem informellen Arrangement zwischen Regierung und Wirtschaft beruht. Einzelne Maßnahmen konnten dann spezifischen Policy-Instrumenten (z.B. Labeling, Standards, Informationskampagnen etc.) oder Steuerungsmedien (z.B. Normen, Geld, etc.) zugeordnet werden.

Die Verteilung der Maßnahmen auf die Untersuchungsländer ist in Abbildung 3 dargestellt. Es ist zu berücksichtigen, dass auf den hier zunächst analy-

sierten Zeitraum 1995 bis 2007 nur ein Teil der von uns identifizierten Maßnahmen entfällt. Maßnahmen, die vor 1995 eingeführt wurden, sind nur aufgezeichnet worden, wenn sie 1995 oder danach noch in Kraft waren.

Abbildung 2: Maßnahmen und Ländergruppen 1995-2007



Ein weiteres Problem werfen die Unterschiede in der vertikalen Macht- und Kompetenzverteilung auf. In einigen föderalen Systemen finden Maßnahmen auch auf regionaler oder lokaler Ebene statt, während sich die Policy-Zuständigkeit in einheitsstaatlich organisierten Ländern meist vollständig auf die oberste staatliche Ebene konzentriert. In unserer Untersuchung war es nicht möglich, Maßnahmen in systematischer Weise auf allen politischen Ebenen zu erheben, die hier Relevanz besitzen (nationale, regionale und lokale). Um in der Wirkungsanalyse ein einheitliches Vergleichsschema anzuwenden, wurden deshalb nur überregionale Maßnahmen in die Analyse einbezogen. Wenn man annimmt, dass die Maßnahmen nicht sofort volle Wirkung entfalten, können für den Analysezeitraum des Stromverbrauchs zwischen 1995 und 2008 deshalb nur die Maßnahmen bis 2007 in die Analyse eingehen.

3. Politische Maßnahmen und Kontextfaktoren

In der Policy-Forschung und Politikfeldanalyse wird zwischen unmittelbaren Ergebnissen einer Politik in Form von Gesetzen (Policy-Output), der diesen Outputs zurechenbaren Wirkung (Policy-Impact) und dem Gesamtergebnis einer politischen Intervention (Policy-Outcome) unterschieden, in das auch nichtintendierte Wirkungen eingehen können (Schneider and Janning 2006; Schubert and Bandelow 2009). Der Policy-Output umfasst in unserem Fall die jeweiligen Maßnahmen, die auf Senkung des Stromverbrauchs in Privathaushalten zielen – von der Setzung von Regeln über Informationsdiffusion bis zu positiven und negativen ökonomischen Anreizen. Der Policy-Outcome ist das eher langfristige aggregierte Ergebnis einer Policy unter Einbezug von parallelen Entwicklungen, Umweltveränderungen und auch Maßnahmen aus anderen Politikfeldern, die eine fördernde oder hemmende Wirkung auf den Stromverbrauch entfalten. Der Policy-Impact ist die spezifische Wirkung, die wir den unterschiedlichen Maßnahmen mit unseren verschiedenen Methoden individuell, kombiniert oder im Aggregat zurechnen können. Eine nichtintendierte Wirkung von Politikmaßnahmen in diesem Zusammenhang ist der in der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur diskutierte Rebound-Effekt, bei dem wirksame Stromsparmaßnahmen paradoxerweise den Stromverbrauch langfristig erhöhen oder dazu führen, dass das technische Einsparpotenzial effizienterer Anlagen nicht voll ausgeschöpft wird (Sorrell and Dimitropoulos 2008).

In unserer Untersuchung steht somit die Wirkung einzelner Politiken im Vordergrund: Ziel ist, die Veränderungen des Stromverbrauchs gemessen in jährlichen Kilowattstunden pro Einwohner von Privathaushalten auf Effekte spezifischer Maßnahmentypen oder auch dem gesamten Policy-Output zurückzuführen. Unsere Leithypothese ist, dass die einzelnen Maßnahmen und das Maßnahmenpaket insgesamt wirksam sind und den jährlichen Stromverbrauch von Privathaushalten signifikant (d.h. in überzufälliger Weise) reduzieren. Et-

was spezifischer bedeutet das, dass Länder, in denen Maßnahmen breiter und intensiver eingesetzt werden, höhere Einsparpotentiale realisieren.

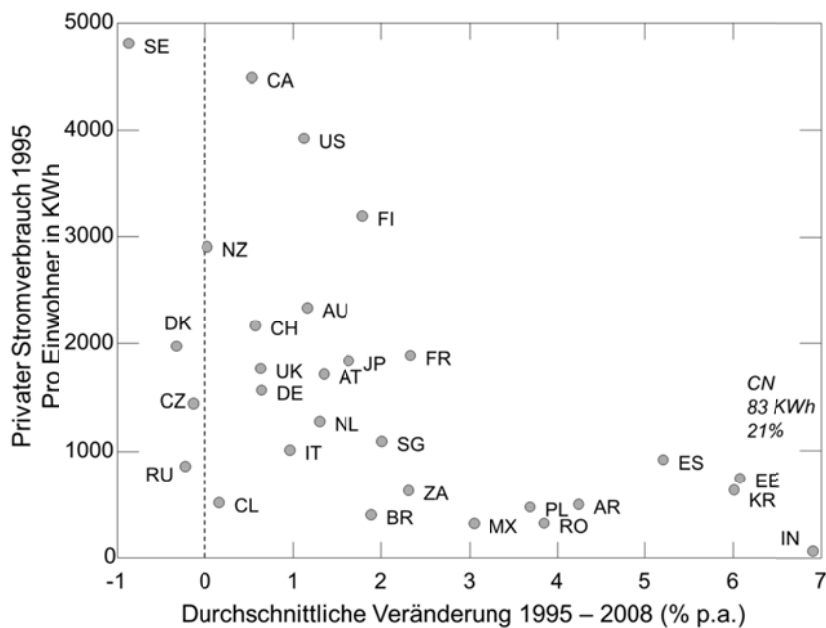
Diese Frage versuchen wir mit Methoden zu beantworten, die in der international vergleichenden Policy-Forschung noch wenig eingesetzt wurden (vgl. aber Brand et al. 2007; Castles 2003). Unser makroquantitativer Ansatz bedeutet, dass die zu untersuchenden Prozesse auf Aggregatdatenniveau für ganze Länder gemessen werden. Soweit diese Daten nicht selbst erhoben worden sind – wie in unserem Fall die Policy-Maßnahmen – werden diese in der Regel aus anerkannten internationalen Datenbanken zusammengestellt (siehe Annex). Generell geht es hierbei darum, Veränderungen in einer gesellschaftlichen Entwicklung, die politisch beeinflusst werden soll (abhängige Variable im Erklärungsmodell), durch die Veränderungen einer oder mehrerer unabhängigen Variablen zu erklären.

Die zu erklärende Variable ist die durchschnittliche jährlichen Veränderung im Stromverbrauch von Privathaushalten gemessen in Kilowattstunden (KWh) pro Einwohner zwischen 1995 und 2008. Das Verbrauchsniveau 1995 sowie die durchschnittlichen Veränderungen bis 2008 sind in der Abbildung dargestellt. Den höchsten Pro-Kopf-Stromverbrauch hatten Schweden, Kanada und die USA zu verzeichnen. China ist ein starker Ausreißer, der innerhalb der Graphik nicht mehr dargestellt werden kann. Von 83 KWh ist dort der Verbrauch in der untersuchten Periode jährlich durchschnittlich um 21% angestiegen.

Bereits der Vergleich der drei Länder mit dem höchsten Stromverbrauch zeigt, dass bei gleichem Niveau die Veränderungen stark variieren können. Während der Stromverbrauch in den USA und Kanada in etwa gleich blieb, konnte Schweden seinen Stromverbrauch in Privathaushalten drastisch reduzieren. Alle Länder, denen eine absolute Reduktion im Untersuchungszeitraum gelungen ist, liegen in der Abbildung 3 links von der gestrichelten Linie. Eine nähere Analyse des auf den ersten Blick sehr erfolgreichen schwedischen

Falls zeigt jedoch, dass dieser aufgrund der sehr unterschiedlichen Heizinfrastruktur mit Deutschland nicht vergleichbar ist.

Abbildung 3: Pro-Kopf-Stromverbrauch von Privathaushalten 2007 und durchschnittliche jährliche Veränderungen 1995-2008



Ein isolierter Vergleich einzelner Länder erlaubt jedoch keine Verallgemeinerungen. In makroquantitativen Analysen wird deshalb versucht, die Veränderungen in hinreichend vielen Ländern simultan zu erfassen und dabei jeweils die unterschiedlichen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Da die Kontextfaktoren wie z.B. Klima und Wirtschaftswachstum in den einzelnen Ländern zum Teil stark variieren, muss für diese Unterschiede kontrolliert werden. Bei den unabhängigen Variablen unseres Erklärungsmodells differenzieren wir daher zwischen **Kontrollvariablen**, die eine (quasi)-experimentelle Kontrolle ersetzen, und intervenierenden **Policy-Variablen** als den eigentlichen Erklärungsvariablen.

In der bisherigen Forschung wurden Klima, Wirtschaftsentwicklung sowie sozio-demographische Faktoren wie Wohnraum und Haushalts- bzw. Famili-

engröße als Hauptdeterminanten des Stromverbrauchs identifiziert (Bürger 2010). Diese sollen im Folgenden näher betrachtet werden.

Der einflussreichste und der am stärksten variierende Kontextfaktor ist die Wirtschaftsentwicklung. Diese bezieht sich sowohl auf das jeweilige wirtschaftliche Niveau als auch auf Wachstum und Veränderung. Der in der sozialwissenschaftlichen Forschung allgemein akzeptierte Indikator hierfür ist das Bruttoinlandsprodukt (BIP), von dem wir eine von Preisentwicklungen und Währungsschwankungen bereinigte Version verwenden.

Unsere Analyse zeigt einen starken Zusammenhang zwischen Wirtschaftsentwicklung und Stromverbrauch. Der Kausalmechanismus ist offensichtlich: Mit zunehmendem Einkommen nimmt die Ausstattung von Privathaushalten mit elektrischen Geräten zu und damit auch der Stromkonsum. Dieser Entwicklung steht der auf Wirtschaftsentwicklung beruhende technische Fortschritt gegenüber, der auch dazu führt, dass Geräte immer effizienter werden. Trotzdem ist im Aggregat davon auszugehen, dass mit der wirtschaftlichen Entwicklung langfristig auch der Stromverbrauch steigt.

Eine ebenfalls wichtige Kontrollvariable ist das Klima. Seit langem bekannt und durch viele Studien belegt ist, dass der Elektrizitätsverbrauch auch stark von klimatischen Bedingungen beeinflusst wird. In kalten Ländern muss mehr geheizt werden und in heißen Ländern werden häufiger Klimaanlage eingesetzt (ein entsprechendes Entwicklungsniveau vorausgesetzt). Für diese Einflüsse muss daher statistisch kontrolliert werden. International vergleichbare Daten, mit denen Temperaturunterschiede auf valide Weise abgebildet werden können, liegen für unsere Länderauswahl jedoch nicht vor. Zwar gibt es für die USA und einige EU-Staaten entsprechende Zeitreihen, doch diese beruhen leider auf unterschiedlichen Berechnungsmethoden.

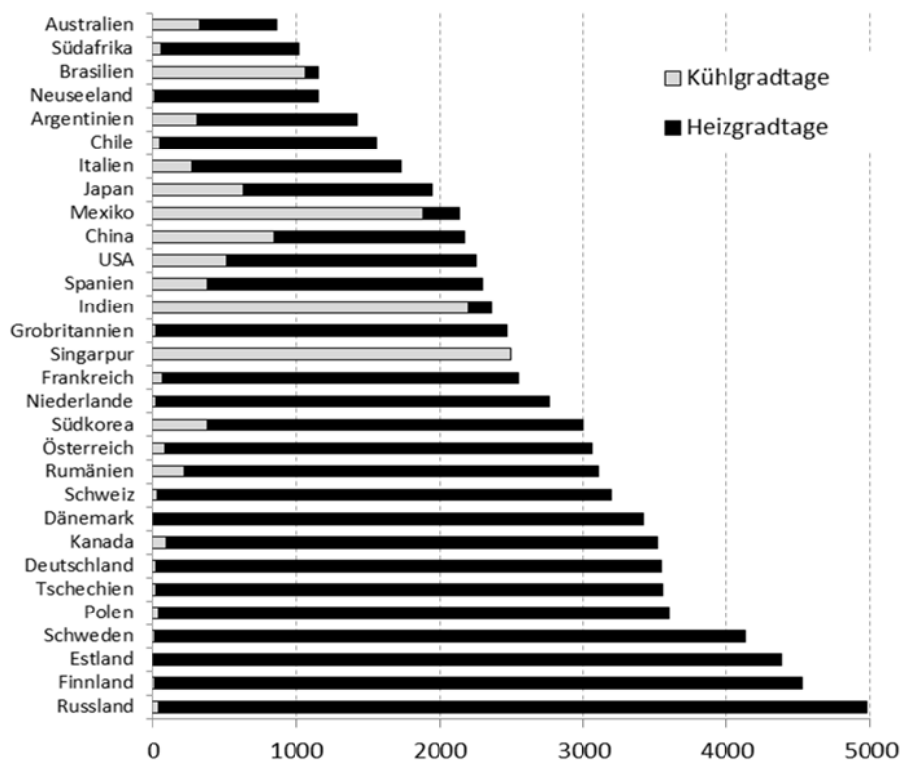
Für unsere Analyse haben wir deshalb mittels aufwändiger Recherchen eigene Wettertemperaturzeitreihen für die 30 Untersuchungsländer zusammengestellt, aus denen nachfolgend zwei Indikatoren für die klimatischen Verhält-

nisse errechnet werden konnten. Verwendet wurde dabei das Konzept der Heiz- und Kühlgrad-Tage (HGT und KGT). Diese Einheiten geben an, an wie vielen Tagen im Jahr die tatsächliche Temperatur von einer auf 18°C festgelegten Basistemperatur in Graden nach unten bzw. nach oben abweicht. Die Annahme ist, dass bei Temperaturen unter 18°C Geräte zum Heizen bzw. bei Temperaturen über 18°C Geräte zum Kühlen der Raumtemperatur eingeschaltet werden.

Um durchgehende HGT- und KGT-Zeitreihen zu gewinnen, mussten für alle 30 Länder durchschnittliche Tagestemperaturdaten für die Jahre 1995-2007 beschafft werden. Die Datenquelle hierfür war das National Climatic Data Center der National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), das eine Online-Datenbank mit weltweiten Messstationen bereitstellt¹¹. Stellvertretend für die Tagesdurchschnittstemperaturen der meisten Länder wurden die Daten einer großen zentral gelegene Stadt ausgewählt; in der Regel stammten diese von der meteorologischen Station eines Flughafens. Für größere Länder wie die USA, Kanada, Russland, Australien, China, Indien aber auch Südafrika, in denen es mehrere Klimazonen gibt, wurden zwei oder mehr Städte aus unterschiedlichen Klimazonen ausgewählt und entsprechend der Größe der Region und Population gewichtet (Schätzwerte). Fehlende Tageswerte wurden interpoliert. In wenigen Fällen und Perioden wurden nicht vorliegende Monatswerte mit Werten des Vorjahres ersetzt. Der Vergleich unserer HDD-Berechnungen für einige EU-Länder mit den EUROSTAT-Daten ergibt immerhin einen Korrelationswert von 0.91, was auf eine sehr gute Schätzung hinweist. Natürlich stellen die so gemessenen HGT- und KGT-Daten keine exakten Messwerte für die Unterschiedlichkeit des Wetters zwischen den Untersuchungsländern dar, sondern sollten als Näherungswerte (Proxies) begriffen werden.

11 URL: <http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdo>

Abbildung 4: Heiz- und Kühlgradtage als Kontrollgrößen für Wettereinflüsse



Trotz der genannten Einschränkungen sollte es mit den Heiz- und Kühlgradtagen möglich sein, für Wetter- und Klimaunterschiede zu kontrollieren. Das Balkendiagramm in Abbildung 4 stellt in schwarzer Farbe die Summe der Heizgradtage und in weißer Farbe die Kühlgradtage dar. Die Länder sind dabei nach der Summe dieser Grade rangiert und es zeigen sich starke Ähnlichkeiten aber auch Unterschiede zwischen den Ländern. Insbesondere die nördlichen Länder weisen sehr ähnliche Profile auf.

Weitere Kontextfaktoren sind sozio-demographische und technische Bedingungen. Wie durch viele Studien bekannt ist, stellt die Familien- und Haushaltsgröße auch eine wichtige Determinante für den Stromverbrauch dar, wobei der dahinterstehende Mechanismus sehr simpel ist: Je mehr Personen in einem Haushalt zusammenleben, desto geringer ist der Pro-Kopf-Verbrauch, d.h. die gemeinschaftliche Nutzung der elektrotechnischen Infrastruktur und Geräte führt zu Skalenerträgen. In Deutschland verbrauchte ein deutscher

Einpersonenhaushalt im Jahre 2005 1973 KWh, ein Zweipersonenhaushalt pro Kopf nur 1631 KWh und ein Vierpersonenhaushalt nur 1226 KWh (Bürger 2010).

Leider ist auch diese Kontrollvariable über internationale Datenbanken nicht direkt verfügbar, sondern muss aus unterschiedlichen Quellen zusammengetragen werden, was Vergleichbarkeitsprobleme aufwirft. Wir haben in diesem Fall den Indikator Familiengröße verwendet, für die uns Daten aus fast allen unserer Untersuchungsländer vorliegen, die allerdings nur als Näherungswerte zu sehen sind. Um zu überprüfen, inwieweit diese Maßzahl eventuell stark mit anderen „Modernisierungsindikatoren“ zusammenhängt, haben wir mehrere dieser Maßzahlen einer Korrelationsanalyse unterworfen. Als Indikatoren für technische Modernisierung verwenden wir die jeweilige Dichte in der Ausbreitung von Internetanschlüssen, PCs, Telefonen und Fernsehgeräten (jeweils Ausstattung pro 100 Einwohner).

Tabelle 1: Die Korrelation sozialer und technischer Kontrollvariablen

	Internetdichte	Haushaltsgröße	BIP p. Kopf (2002)
Internetdichte	1.000		
Haushaltsgröße	-0.806	1.000	
BIP pro Kopf (2002)	0.867	-0.671	1.000

Die Zusammenhänge sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Die Tabelle macht deutlich, dass sowohl die Internetdichte (stellvertretend für die technische Modernisierung) als auch die sozioökonomische Entwicklung (BIP) stark negativ mit der Haushaltsgröße korrelieren. Dies ist unmittelbar plausibel, da in hochentwickelten Ländern die Internetdichte tendenziell hoch und die Familiengröße eher niedrig ist. Aus den Korrelationsanalysen kann geschlossen werden, dass das BIP als Indikator für Wirtschaftsentwicklung letztlich auch die Unterschiede in sozio-demographischer und technischer Hinsicht gut repräsentiert und deshalb als stellvertretende Kontrollgröße verwendet werden kann, um die Zahl der Variablen in der Wirkungsanalyse reduzieren zu können.

4. Die Policy-Variablen

Ein weiterer Schritt in der makrokomparativen Analyse ist die Messung der Policy-Maßnahmen und Policy-Instrumente, denn schließlich soll die Wirkung der unterschiedlichen Maßnahmen bestimmt werden. Die einfachste Maßzahl ist die Aufsummierung der Einzelmaßnahmen, die von den einzelnen Ländern in der vorliegenden Untersuchungsperiode (1995 – 2007) begonnen und/oder durchgeführt wurden. Die Basisannahme wäre hierfür, dass das Aggregat der unterschiedlichen Maßnahmen die Intensität ausdrückt, mit der sich ein politisches System für Strom sparende und effizienzsteigernde Maßnahmen einsetzt. Die spezifische Wirkung der einzelnen Instrumente ist mit einer solchen Vorgehensweise jedoch nicht identifizierbar. Hierzu bedarf es maßnahmen-spezifischer Messungen.

Eine auf einzelne Policy-Instrumente zielende Messung verwendet einerseits Dummy-Variablen für spezifische Maßnahmen, oder entwickelt andererseits zusammengesetzte Policy-Indizes. Bei letzteren werden einzelne Maßnahmen, die unter spezifische Policy-Instrumente gruppiert werden können, zu Maßnahmengruppen zusammengefasst und über die jeweiligen Wirkungszeiträume aufsummiert. Diese Indizes zu Teilpolitiken lassen sich dann selbst wieder aufsummieren zu einem Gesamtpolicy-Index. Beispiele für ein solches Vorgehen lassen sich in Analysen aus unterschiedlichen Politikfeldern finden (vgl. beispielsweise für einen zusammengesetzten Policy-Index in der Antialkoholpolitik Brand et al. 2007). In der Analyse von Energieeffizienzmaßnahmen hat Berry einen Index für die USA konstruiert (Berry 2008).

Ein Problem bei der einfachen Maßnahmenaufsummierung ist, dass die Effekte eines Instruments wie z.B. Labeling oder Standardisierung auf Grund rein physikalischer Zusammenhänge je nach „Steuerungsobjekt“ (z.B. Heizungs-/Kühlungs- vs. Beleuchtungsstrom) sehr unterschiedlich sein können. Die Einführung von Effizienzstandards für Kühlschränke erzeugt rein physikalisch eine vielfach größere Wirkung als beispielsweise der Effizienzstandard für Fernsehgeräte. Deshalb ist es sinnvoll, die einzelnen Maßnahmen unter-

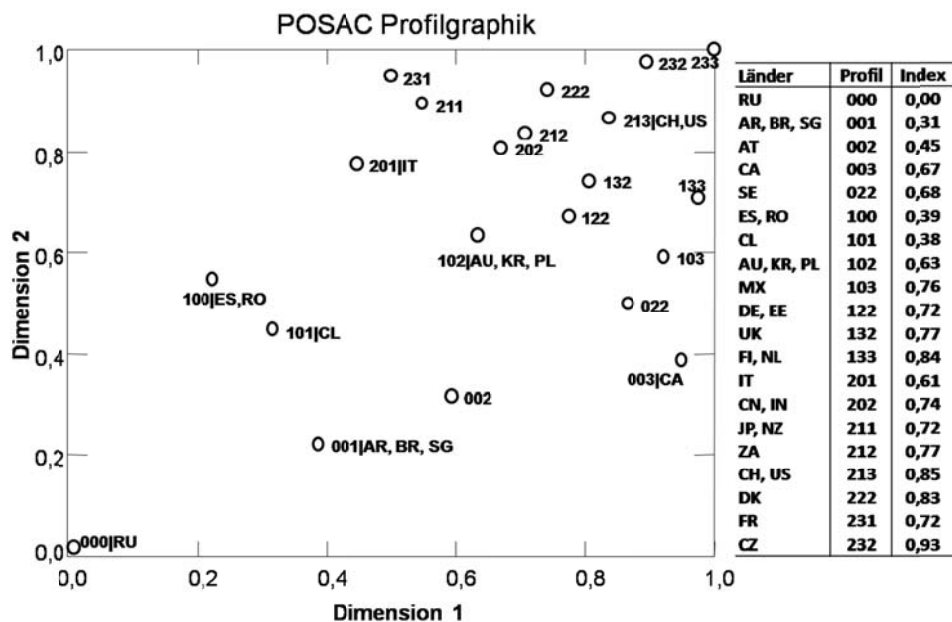
schiedlich zu gewichten. Die Gewichtungsfaktoren werden dabei aus dem jeweiligen physikalischen Einsparungspotential der Zielobjektbereiche (z.B. Heizung, Beleuchtung, etc.) abgeleitet. Hierbei verwendeten wir Statistiken, die den durchschnittlichen Stromverbrauch der Haushalte für die einzelnen Gerätschaften angeben.

Problematisch bei den bisherigen Indizes ist außerdem, dass bei aggregierten Werten für die Gesamtperiode die Zeitdimension nicht berücksichtigt wird. Beispielsweise ist wichtig, ob eine Energieeffizienzagentur in einem Land schon vor 10 Jahren oder erst vor kurzem eingerichtet wurde.

Eine Möglichkeit, mehrere dieser Dimensionen wie Anzahl, physikalischer Effekt und Zeit in einen einzigen Index gleichzeitig zu integrieren, bietet das Partial Order Scaling-Verfahren, das in dem Programmpaket SYSTAT in dem Verfahren POSAC implementiert ist. Mit dieser Prozedur werden für jeden Maßnahmentyp (wie z.B. Energieberatung) zunächst die verschiedenen Dimensionen (Zeit, Intensität, etc.) in Ordinalskalen integriert und dann im zweiten Schritt mittels dem POSAC Verfahren – analog zum Verfahren der multidimensionalen Skalierung zu einem metrischen Policy-Instrument-Index zusammengefasst. Die Konstruktion der einzelnen Ordinalskalen ist in Schneider et al. (2011) im Detail beschrieben; die statistische Methode selbst und die hierbei verwandte Facettentheorie werden bei Tenbücken und Thiem (2004) erläutert.

Die Abbildung 5 verdeutlicht, wie die ordinalen Werte für die Maßnahmentypen Informationskampagnen, Energieberatung und sonstige auf Information abzielende Aktionen (wie z.B. Websites) mittels POSAC zu einem metrischen Index zusammengefasst werden, der die Einsatzintensität des Instrumentes „Information“ abbildet. Tschechien wird mit der Kombination 232 der höchste und Russland mit der Kombination 000 der niedrigste Wert zugewiesen. Diese Prozedur wurde für alle vier Policy-Instrumente (Institution, Norm, Information und ökonomische Anreize) wiederholt.

Abbildung 5: POSAC-Index zum Politikinstrument „Information“



Um die Robustheit dieser Messung zu überprüfen, haben wir den Mittelwert der vier Maßnahmenindizes sowohl mit den Summen politischer Maßnahmen als auch den Summen der ordinalen Profile korreliert. Wie Tabelle 2 zeigt, korrelieren diese drei Policy-Indizes sehr hoch.

- Der Maßnahmen-POSAC-Index stellt den Mittelwert der vier Policy-Instrument-Indizes dar.
- Die Punktesumme ist die Summe der ordinalen Werte aller Maßnahmentypen.
- Die Maßnahmenzahl ist die einfache Summe der Maßnahmen, die ein Land im Untersuchungszeitraum durchgeführt hat.

In der Regressionsanalyse im nächsten Abschnitt werden POSAC-Indexe sowohl für die einzelnen Policy-Instrumente als auch als Mittelwert für die vier Instrumente im Sinne eines Gesamteffekts aller Politiken als unabhängige Variablen verwendet.

Tabelle 2: Policy-Indizes und ihre Korrelationen

	(1)	(2)	(3)
Durchschnitt der POSAC-Indexe für die vier Instrumente (1)	1.000		
Quersumme des POSAC-Profiles der vier Instrumente (2)	0.908	1.000	
Anzahl der Maßnahmen (3)	0.810	0.913	1.000

5. Wirkungsanalysen politischer Maßnahmen und Politikinstrumente

Für die Wirkungsanalysen selbst wurden in anderen Untersuchungen sowohl die Panelregression (Merk and Schneider 2011) als auch eine qualitativ-vergleichende Analyse (QCA) eingesetzt (Mayer et al. 2011)). Im vorliegenden Artikel verwenden wir eine Querschnittregression mit der Methode der kleinsten Quadrate bei der ein möglichst großer Anteil der Varianz in der abhängigen Variable der Veränderung des Stromverbrauchs durch die linear kombinierten Varianzen der Kontrollvariablen und Policy-Variablen erklärt werden. Die Ergebnisse dieser Analyse sind in Tabelle 3 in fünf Modellen dargestellt.

Die erklärte Varianz der (linearen) Variablenkombination der Modelle ist wie üblich mit der Maßzahl R^2 dargestellt, die den prozentualen Anteil der erklärten Varianz ausdrückt. Die standardisierten Regressionskoeffizienten weisen auf die Stärke der individuellen Effekte der Variablen und deren Richtung (positiver oder negativer Zusammenhang). P-Werte informieren über das Signifikanzniveau der individuellen Effekte; bei den einzelnen Variablen ist das jeweilige Niveau wie üblich mit einer Anzahl von Sternchen ausgedrückt.

Tabelle 3: OLS-Regressionsmodelle

OLS-Modelle: Abhängige Variable ist Δ Stromverbrauch in % 1995 - 2008 (standardisierte Regressionskoeffizienten, Signifikanzniveau und Standardfehler)					
Unabhängige Variablen ↓	1	2	3	4	5
Δ BIP 1995-2007 jährlicher Durchschnitt in %	0,92*** (0,12)	0,99*** (0,32)	0,99*** (0,11)	0,85*** (0,20)	0,88*** (0,20)
HCDD	-0,36*** (0,00)	-0,38*** (0,00)	-0,38*** (0,00)	-0,49*** (0,00)	-0,44*** (0,00)
Durchschnittlicher Preisanstieg 1995-2007				-0,41*** (0,07)	-0,37** (0,06)
Institutionen‡		0,09 (2,10)			-0,27 (0,89)
Ökonomische Anreize‡		0,19** (1,22)			0,17 (1,12)
Normen und Standards‡		0,19 (2,08)			0,23 (2,62)
Information‡		-0,13 (1,97)			-0,25 (2,00)
Maßnahmendurchschnitt‡			0,24*** (1,83)	0,381** (2,17)	
N	30	30	30	23	23
R ²	0,80	0,88	0,85	0,71	0,79
Adj. R ²	0,78	0,84	0,83	0,65	0,68

***p≤0,01 **p≤0,05 *p≤0,10 ‡ POSAC-Skalierung

In der Regressionsanalyse wurden insgesamt sechs Modelle gerechnet, die in Tabelle 3 dargestellt sind: Drei Analysen erfolgten mit jeweils allen 30 Ländern (N), und zwei Modelle wurden mit 23 Ländern gerechnet, für die Informationen zu Strompreisen vorlagen. Zwei Modelle untersuchen jeweils die Wirkung spezifischer Policy-Instrumente. Die abhängige Variable ist die Veränderung des Stromverbrauchs.

- Im ersten Grundmodell, das bereits ein R² von 0,78 aufweist, wird mit den Kontrollvariablen BIP pro Kopf (\emptyset jährliche Veränderung 1995-2007), Heiz- und Kühlgradtage (\emptyset 1995-2007) die jährliche durchschnittliche Veränderung des Stromverbrauchs (in Prozent) in der Periode 1995-2007 erklärt. Dieses Modell zeigt, dass allein die Kontextfaktoren einen sehr großen Teil der Varianz erklären. Der bereits sehr ho-

he Determinationskoeffizient kann mit zusätzlichen Policy-Variablen nur in geringem Maße gesteigert werden.

- Im zweiten Modell werden zum Grundmodell die Policy-Indizes hinzugefügt. Hierdurch erhöht sich das R^2 auf 0,84, wobei die Policy-Variablen jedoch überwiegend nicht signifikant sind und auch nicht in die erwartete Richtung weisen. Nur die „Informationen“ haben den erwarteten negativen, d.h. senkenden Effekt, und nur die ökonomischen Instrumente weisen ein moderates Signifikanzniveau auf.
- Im dritten Modell werden nicht die Wirkung einzelner Maßnahmen, sondern des gesamten Policy-Aggregats (gemessen als Maßnahmendurchschnitt) untersucht. Dieses Modell erzielt ein ähnlich hohes R^2 von 0,83, wobei der Maßnahmendurchschnitt stark signifikant ist. Der Effekt weist allerdings nicht die erwartete Richtung, denn je höher der Maßnahmendurchschnitt ist, desto höher ist das Wachstum des Stromverbrauchs.
- Im vierten Modell wird überprüft, wie sich der Einsatz der vier mit POSAC skalierten Policy-Instrumente auf den Stromverbrauch auswirkt wenn zusätzlich für den Anstieg der Strompreise kontrolliert wird. Entsprechende Daten liegen aber nur für 23 Länder vor. Die Wirkung der Strompreise ist dabei hoch signifikant und weist einen starken Effekt in die erwartete Richtung aus: Je höher die Strompreiserhöhungen, desto geringer ist das Wachstum des Stromverbrauchs. Wie im Modell 3 ist auch hier der Maßnahmeneffekt signifikant, er weist jedoch nicht in die erwartete Richtung.
- Im fünften Modell sind die gleichen Kontextfaktoren wie in Modell 4 enthalten. Der Maßnahmendurchschnitt wird jedoch - wie in Modell 2 - durch die einzelnen Policy-Variablen ersetzt. Ergebnis ist, dass die Effekte der Institutionen und der Informationen nun in die erwartete

Richtung weisen; keines der Policy-Instrumente zeigt jedoch statistisch signifikante Wirkungen.

Ein nicht unerhebliches Problem der bisherigen Analyse ist, dass der größte Teil der Varianz bereits durch die Wirtschaftsentwicklung (Veränderung des BIP) erklärt wird. In zwei weiteren Regressionsmodellen haben wir den Wirtschaftsfaktor deshalb aus dem Modell ausgegliedert und in die abhängige Variable integriert. Ähnlich wie z.B. der Stromverbrauch für die Bevölkerungszahl kontrolliert in einem einzigen Wert als Prokopf-Verbrauch ausgedrückt werden kann, so kann auch die Veränderung des Stromverbrauchs direkt auf die Veränderung der Wirtschaftsentwicklung bezogen werden, in dem aus beiden Werten ein Quotient gebildet wird. Diesen Quotienten bezeichnen wir analog zu den üblichen Energieeffizienzmaßen als „Elektrizitätseffizienz“: durchschnittliche prozentuale Veränderung des Stromverbrauchs bezogen auf die durchschnittliche prozentuale Veränderung des BIPs. In Tabelle 4 werden die Policy-Modelle zur Erklärung von Elektrizitätseffizienz in Haushalten dargestellt.

Auch hier gibt es ein Grundmodell (1) in dem nur signifikante Kontextfaktoren wie Heiz- und Kühlgradtage und Anteil der Privathaushalte am Gesamtstromverbrauch enthalten sind. Beide Faktoren erklären hier nur etwa ein Viertel der Varianz. Mit dem zweiten Modell, in dem auch die Policy-Variablen hinzukommen, wird die Erklärungskraft fast verdoppelt, und im dritten Modell, das auch die Strompreisveränderungen enthält, erhöht sich das R^2 sogar auf 0,70 (in adjustierter Form auf 0,57), was eine für Regressionsanalysen unüblich hohe Erklärungskraft attestiert.

Tabelle 4: OLS-Regressionsmodelle

OLS-Modelle: Abhängige Variable ist Δ Elektrizitätseffizient 1995 – 2008 (standardisierte Regressionskoeffizienten, Signifikanzniveau und Standardfehler)				
	1	2	3	4
Heiz- und Kühlgradtage	-0,45** (0,00)	-0,45*** (0,00)	-0,45** (0,00)	-0,52*** (0,00)
Anteil privater Haushalte am Gesamtstromverbrauch	-0,30* (0,02)	-0,48** (0,02)	-0,48*** (0,02)	-0,42** (0,02)
Durchschnittlicher Preisanstieg 1995-2007			-0,41** (0,02)	-0,48** (0,03)
Institutionen‡		0,15 (0,50)	0,45** (0,86)	
Ökonomische Anreize‡		0,37* (0,37)	0,23 (0,41)	
Normen und Standards‡		0,36 (0,65)	0,22 (0,94)	
Information‡		-0,42* (1,97)	-0,41* (0,74)	
Maßnahmendurchschnitt‡				0,47** (0,89)
N	30	30	23	23
R ²	0,28	0,50	0,70	0,54
Adj. R ²	0,22	0,37	0,57	0,43

***p≤0,01 **p≤0,05 *p≤0,10 ‡ POSAC-Skalierung

In beiden Modellen zeigt das Policy-Instrument „Information“ einen signifikanten Effekt in Richtung Senkung des Stromverbrauchs, während die Instrumente „Institutionen“ (hauptsächlich Effizienzagenturen) und „ökonomische Anreize“ nur jeweils in einem Modell statistische Signifikanz indizieren. Beide gehen jedoch mit einer Zunahme des Stromverbrauchs einher. Letzteres muss nicht heißen, dass der Einsatz dieser Instrumente zu Mehrverbrauch führt, sondern der Zusammenhang kann auch so interpretiert werden, dass Länder mit erhöhtem Mehrverbrauch sich von dem verstärkten Einsatz solcher Instrumente erhöhte Effizienzgewinne versprechen. Nicht zuletzt sind auch die oben erwähnten Rebound-Effekte nicht auszuschließen, was bedeuten würde, dass beispielsweise Ersparnisse aus der Senkung des Stromver-

brauchs in neue Gerätschaften investiert werden, die wiederum zusätzlichen Strom benötigen.

6. Fazit und Ausblick

Der Vergleich der wichtigsten Stromkonsum-Länder im Bereich der Privathaushalte hat gezeigt, dass sowohl das Niveau des Pro-Kopf-Stromverbrauchs als auch dessen Veränderung in den letzten 14 Jahren beträchtlich variieren. Ein Großteil dieser Gemeinsamkeiten und Unterschiede lässt sich bereits durch das wirtschaftliche Entwicklungsniveau und durch die klimatischen Verhältnisse erklären. Mit unserer Studie wollten wir deshalb klären, ob und in welchem Ausmaß die vielfältigen politischen Maßnahmen, die in den Untersuchungsländern zur Senkung des Stromverbrauchs eingesetzt wurden, eine statistisch signifikante Wirkung zeigen. Zur Isolierung dieser spezifischen Policy-Effekte musste für die zum Teil beträchtlich variierenden Kontextfaktoren kontrolliert werden. Ergebnisse der hier durchgeführten Querschnittsregression sind, dass nur für das Policy-Instrument „Verbraucherinformationen“ in allen Modellen statistisch signifikante Einspareffekte festgestellt werden können. Signifikant waren auch Zusammenhänge zwischen der Einrichtung von Energieeffizienzagenturen und ökonomische Maßnahmen. Hierbei korrelierten die Instrumente jedoch positiv mit dem Stromverbrauch, was entweder auf eine umgekehrte Kausalbeziehung (besonders Länder mit wachsendem Stromverbrauch setzten solche Instrumente ein) oder auf „Rebound-Effekte“ hindeutet. Dass solche Effekte existieren legen auch die Analyseergebnisse über den Zusammenhang zwischen dem Stromverbrauchswachstum und dem gesamten Maßnahmenaggregat (gemessen als Durchschnitt) nahe. Länder mit einem höheren Stromverbrauchswachstum haben in stärkerem Maße mit Politikinstrumenten interveniert. Ob diese Zusammenhänge jedoch in der Weise robust sind, als sie bei Anwendung unterschiedlichen Methoden (QCA und Panelregression) in ähnlichem Maße auftreten, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

Literatur

- Berry, David. 2008. "The impact of energy efficiency programs on the growth of electricity sales." *Energy Policy* 36 (9):3620-5.
- Brand, Donald A., Michaela Saisana, Lisa A. Rynn, Fulvia Pennoni, and Albert B. Lowenfels. 2007. "Comparative analysis of alcohol control policies in 30 countries." *PLoS medicine* 4 (4):752.
- Bürger, Veit. 2010. "Quantifizierung und Systematisierung der technischen und verhaltensbedingten Stromeinsparpotenziale der deutschen Privathaushalte." *Zeitschrift für Energiewirtschaft* 34 (1):47-59.
- Castles, Francis G. 2003. "The world turned upside down: below replacement fertility, changing preferences and family-friendly public policy in 21 OECD countries." *Journal of European social policy* 13 (3):209.
- Geller, Howard, Philip Harrington, Arthur H Rosenfeld, Satoshi Tanishima, and Fridtjof Unander. 2006. "Policies for increasing energy efficiency: Thirty years of experience in OECD countries." *Energy Policy* 34 (5):556-73.
- Gillingham, Kenneth, Richard G. Newell, and Karen Palmer. 2006. "Energy efficiency policies: A retrospective examination." *Annual Review of Environment and Resources* 31:161-92.
- Harmelink, Mirjam, Lars Nilsson, and Rorbert Harmsen. 2008. "Theory-based policy evaluation of 20 energy efficiency instruments." *Energy Efficiency* 1 (2):131-48.
- Krömker, Dörthe, and Christian Dehmel. 2010. "Einflussgrößen auf das Stromsparen im Haushalt aus psychologischer Perspektive. TRANSPOSE Working Paper No6."
- Mayer, Ines, Volker Schneider, and Claudius Wagemann. 2011. "Energieeffizienz in privaten Haushalten im internationalen Vergleich. Eine Policy-Wirkungsanalyse mit QCA." unveröff. Manuskript.
- Merk, Christine, and Volker Schneider. 2011. "The impact of energy efficiency policies on residential electricity consumption." Paper prepared for the Annual Convention of the International Studies Association 2011 in Montreal, Canada, March 16-19, 2011.
- Schneider, Volker, and Frank Janning. 2006. *Politikfeldanalyse. Akteure, Diskurse und Netzwerke in der öffentlichen Politik*. Wiesbaden: VS-Verlag.
- Schneider, Volker, Ines Mayer, Christine Merk, Nadja Schorowsky, Marc Tenbücken, and Claudius Wagemann. 2011. "Die Wirkung politischer Maßnahmen auf die Senkung des Stromverbrauchs in privaten Haushalten: Ein internationaler Vergleich." *Transpose Working Paper No. #*.
- Schubert, Klaus, and Nils C Bandelow, eds. 2009. *Lehrbuch der Politikfeldanalyse 2.0*. München: Oldenbourg.

- Sorrell, Steve, and John Dimitropoulos. 2008. "The rebound effect: Microeconomic definitions, limitations and extensions." *Ecological Economics* 65 (3):636-49.
- Tenbücken, Marc, and Janina Thiem. 2004. "Facettentheoretische Verfahren in der Politikwissenschaft – eine Einführung." In *Der Staat auf dem Rückzug. Die Privatisierung öffentlicher Infrastrukturen*, ed. V. Schneider and M. Tenbücken. Frankfurt/Main: Campus.
- Tews, Kerstin 2009. "Politische Steuerung des Stromkonsums privater Haushalte. Portfolio eingesetzter Instrumente in OECD-Staaten. TRANSPOSE Working Paper No. 2."
- Tsebelis, George. 2002. *Veto players: How political institutions work*: Princeton University Press.
- Ürge-Vorsatz, D, S Koeppel, and S Mirasgedis. 2007. "Appraisal of policy instruments for reducing buildings' CO 2 emissions." *Building Research & Information* 35 (4):458-77.