

## 1. Einleitung

Etwa ein Viertel des Endenergieverbrauchs in Deutschland entfällt auf die privaten Haushalte, denen damit eine entscheidende Rolle in der angestrebten Transformation zu einem kohlenstoffarmen Energiesystem zukommt.<sup>1</sup> Neben Maßnahmen, die darauf abzielen, den Energieverbrauch im Haushaltssektor zu senken, umfasst die deutsche Energiepolitik schon seit fast drei Jahrzehnten auch Maßnahmen, mit denen Haushalte dazu bewegt werden sollen, selbst Energie aus erneuerbaren Quellen zu produzieren.

Die Förderung von Investitionen privater Haushalte in Photovoltaik (PV) Anlagen begann bereits 1990 mit dem „1000-Dächer-Programm“, in dessen Rahmen der Bund und die Länder die Installation von PV-Anlagen auf Ein- und Zweifamilienhäusern mit Investitionskostenzuschüssen förderten. Bis zum Ende des Programms im Jahr 1992 wurden über 2200 solcher Anlagen installiert (Jacobsson und Lauber, 2006). Der größte Teil der heute vorhandenen PV-Kapazität wurde nach Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) und der darin verankerten Einspeisevergütung installiert. Dabei blieben Haushalte eine wichtige Gruppe von Investoren und es ist davon auszugehen, dass ihnen diese Rolle auch in Zukunft zukommen wird (EEG 2000; BMWi 2015a; BMWi 2015b).<sup>2</sup>

Zur energetischen Nutzung der Sonnenstrahlung können anstelle von PV-Anlagen auch Solarthermie (ST) Anlagen auf den Dächern von Wohngebäuden installiert werden. Anders als PV-Anlagen erzeugen ST-Anlagen keinen elektrischen Strom, sondern Wärme, die für die Warmwasserbereitung sowie zur Unterstützung der Raumheizung genutzt werden kann. Somit „konkurrieren“ PV- und ST-Anlagen um dieselben Dachflächen und Hauseigentümer stehen vor der Wahl, (1) ihre Dachfläche gar nicht zur Energieerzeugung zu nutzen, (2) eine PV-Anlage zu installieren und elektrischen Strom zu erzeugen, (3) eine ST-Anlage zu installieren und Wärme zu erzeugen oder (4) beide Anlagentypen auf dem Dach zu kombinieren und sowohl elektrischen Strom als auch Wärme zu erzeugen.

Die vorhandene Literatur zu den Determinanten der Investition privater Haushalte in Solaranlagen hat gezeigt, dass diese Entscheidung von verschiedenen haushaltsspezifischen Faktoren beeinflusst wird. Bei diesen Faktoren handelt es sich um soziodemographische Merkmale und Wohnverhältnisse der Haushalte (z.B. Mills und Schleich, 2009) sowie Umwelteinstellung (z.B. Welsch und Kühling, 2009) und Persönlichkeitsmerkmale der Haushaltsmitglieder (Busic-Sontic und Brick, 2018). Unterdessen existieren nur wenige Studien, die Kosten und Erträge der Investition als erklärende Variable

---

<sup>1</sup> <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=GERMANY=&product=balances>, zuletzt abgerufen am 25.07.2018

<sup>2</sup> Auf Wohngebäuden installierbare Dachanlagen mit einer Leistung von bis zu 16 kWp haben einen Anteil von 71% an der Anzahl und 23% an der Leistung aller zwischen 1991 und 2012 in Deutschland installierten PV-Anlagen (Schaffer & Brun 2015).

berücksichtigen (Agrawal et al., 2015; Braito et al., 2017; Rai und Robinson, 2015; Robinson und Rai, 2015; Wasi und Carson, 2013) und keine davon befasst sich mit dem Investitionsverhalten von Haushalten in Deutschland.

Erkenntnisse zu Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Determinanten und zur Bedeutung einzelner Determinanten im Vergleich zu anderen können jedoch nur gewonnen werden, wenn alle potentiellen Determinanten in die Analyse einbezogen werden. Solche Erkenntnisse können wiederum für politische Entscheidungsträger, die vor der Frage stehen, wie sich der Ausbau erneuerbarer Energien im Haushaltssektor steuern lässt, als Orientierungshilfe dienen. In meinem von der EKSH geförderten Promotionsvorhaben habe ich daher die Investitionsentscheidung privater Haushalte für PV- und ST-Anlagen unter Einbeziehung aller obengenannten in der Literatur identifizierten Einflussfaktoren untersucht.

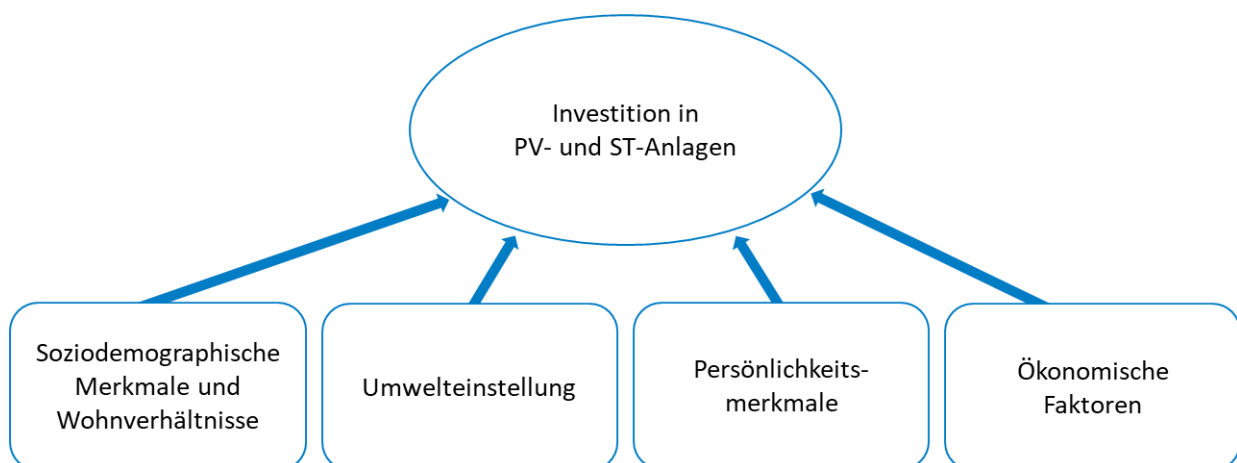


Abbildung 1: In der Literatur identifizierte Determinanten der Investitionsentscheidung

## 2. Empirische Strategie

Die Analyse basiert hauptsächlich auf Daten des Sozio-ökonomischen Panels (SOEP). Das SOEP ist eine jährlich durchgeführte Wiederholungsbefragung von derzeit etwa 30.000 Personen in fast 11.000 Haushalten.<sup>3</sup> Seit 2007 werden die teilnehmenden Haushalte gefragt, ob ihr Wohngebäude mit einer Solaranlage ausgestattet ist. Seit 2015 werden die Haushalte außerdem gefragt, ob es sich um eine PV-, eine ST-Anlage oder eine Kombination aus PV- und ST-Anlage handelt. Durch die Panelstruktur, d.h. die wiederholte Befragung der selben Haushalte, lässt diese Angabe auch Rückschlüsse auf den Anlagentyp von bereits in den Vorjahren vom jeweiligen Haushalt im selben Wohngebäude angegebenen Anlagen zu. Darüber hinaus kann anhand der Panelstruktur auch nachvollzogen werden, in welchem Jahr die jeweilige Solaranlage installiert wurde. Im angewandten ökonomischen

<sup>3</sup> <https://www.diw.de/soep>; siehe auch Wagner et al. (2007)

Entscheidungsmodell (McFadden, 1974) bildet die abhängige Variable die Entscheidung der Haushalte für eine der vier Alternativen (1) keine Solaranlage, (2) PV-Anlage, (3) ST-Anlage oder (4) PV- und ST-Anlage ab.<sup>4</sup>

Neben der Information über die Entscheidung für oder gegen eine Solaranlage beinhaltet das SOEP umfassende Informationen zu den sozioökonomischen Merkmalen der Befragten (z. B. Alter, Bildung, Einkommen), ihren Wohnverhältnissen (z. B. Gebäudetyp, ländlicher oder städtischer Wohnort) sowie ihren Persönlichkeitsmerkmalen und Einstellungen, die im Entscheidungsmodell als unabhängige Variablen fungieren. Die Auswahl der Variablen aus dem großen Datenangebot des SOEP basiert dabei wie in der Einleitung beschrieben auf der vorhandenen Literatur.

Um auch die Kosten und Erträge der Investitionen in PV- und ST-Anlagen als unabhängige Variablen in die Analyse einbeziehen zu können, mussten weitere Daten beschafft und aufbereitet werden. Kosten und Erträge variieren mit dem Anlagentyp (PV oder ST) und über die Zeit. Die erzielbaren Erträge variieren darüber hinaus auch mit der am Wohnort des jeweiligen Haushalts verfügbaren solaren Strahlung.

### **3. Ergebnisse**

Die Ergebnisse zeigen, dass die ökonomischen Faktoren, also Kosten und Erträge der Investition in eine Solaranlage, den größten Einfluss auf die Investitionsentscheidung haben. Die Wahrscheinlichkeit dafür, dass ein Haushalt sich zur Investition in eine Solaranlage entscheidet, sinkt mit den Kosten und steigt mit den zu erwartenden Erträgen der jeweiligen Alternative.

Während kein statistisch signifikanter Effekt von Umwelteinstellung und Persönlichkeitsmerkmalen des Haushaltsvorstands<sup>5</sup> auf die Wahrscheinlichkeit für die Investition in eine Solaranlage festzustellen ist, zeigen sich diverse Effekte von soziodemographischen Merkmalen und Wohnverhältnissen auf dieselbe. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Haushalt sich zur Investition in eine PV-Anlage entschließt, sinkt mit zunehmendem Alter des Haushaltsvorstands und ist zudem geringer, wenn die Person, die die Rolle des Haushaltsvorstands einnimmt, weiblich ist oder über einen hohen (verglichen mit einem mittleren) Bildungsgrad verfügt. Auf die Wahrscheinlichkeit, dass der Haushalt sich zur Investition in eine ST-Anlage entschließt, haben diese individuellen soziodemographischen Merkmale des Haushaltsvorstandes hingegen keinen Einfluss.

---

<sup>4</sup> Da davon auszugehen ist, dass nur Haushalte, die über Wohneigentum verfügen, diese Entscheidung autonom fällen können, werden Mieter in der Analyse nicht berücksichtigt.

<sup>5</sup> Im SOEP ist der Haushaltsvorstand als die Person definiert, die am besten mit den Belangen des Haushalts vertraut ist.

Das Einkommen der Haushalte hat einen positiven Effekt auf die Investitionswahrscheinlichkeit für beide Anlagentypen, wobei der Effekt für PV-Anlagen stärker ausgeprägt ist als für ST-Anlagen. Die Wahrscheinlichkeit für die Investition in einer ST-Anlage steigt mit der Anzahl der erwachsenen Haushaltsmitglieder, während die Wahrscheinlichkeit für die Investition in eine PV-Anlage mit der Anzahl der Kinder im Haushalt steigt. Hinsichtlich der Wohnverhältnisse ist festzustellen, dass Haushalte, die in ländlichen Gebieten leben, sich eher für die Installation einer PV-Anlage entscheiden als Haushalte in urbanen Gebieten. Außerdem ist die Investitionswahrscheinlichkeit sowohl für PV- als auch für ST-Anlagen höher, wenn der Haushalt ein Ein- oder Zweifamilienhaus (anstelle einer Wohnung in einem Mehrfamilienhaus) bewohnt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Entscheidung privater Haushalte für PV- und ST-Anlagen maßgeblich von den Kosten und Erträgen der jeweiligen Investition abhängt. Soziodemographische Merkmale der Haushalte sowie ihre Wohnverhältnisse beeinflussen die Investitionswahrscheinlichkeiten zwar ebenfalls, im Vergleich zeigt sich jedoch, dass ihre Effekte weniger stark ausgeprägt sind als die Effekte von Kosten und Erträgen. Umwelteinstellung und Persönlichkeitsmerkmale haben hingegen keinen signifikanten Einfluss auf die Investitionswahrscheinlichkeiten.

Aus energiepolitischer Perspektive betrachtet machen die Ergebnisse deutlich, dass „weiche“ Faktoren wie Umwelteinstellung oder Persönlichkeitsmerkmale nicht als Substitut für finanzielle Anreize zur Investition in PV- und ST-Anlagen dienen können. Haushalte verhalten sich weitgehend als rationale Akteure, die ihre Entscheidung über die Investition in eine Solaranlage von den damit verbundenen Kosten und Erträgen abhängig machen, sind als solche aber auch gut über finanzielle Anreize dazu zu motivieren, sich für die Investition in diese klimafreundliche Art der Energieerzeugung zu entscheiden.

#### **4. Fazit und Ausblick**

Das EKSH-Promotionsstipendium hat es mir ermöglicht, mein in den vorausgehenden Abschnitten dieses Abschlussberichts zusammenfassend beschriebenes Forschungsvorhaben durchzuführen, mir dabei neue fachliche und methodische Kenntnisse anzueignen und einen Beitrag zum Stand der Forschung zu leisten. Zudem war es mir möglich, meine Arbeit im Juni 2018 im Rahmen des International Energy Workshops, einer der führenden internationalen Konferenzen im Bereich der Energieforschung, in Göteborg vorzustellen.

Während ich durch die Teilnahme an den Kursen des Doktorandenprogramms Quantitative Economics der Christian-Albrechts-Universität Kiel meine Kenntnisse in verschiedenen Teilbereichen der Volkswirtschaftslehre und der Ökonometrie vertiefen konnte, boten mir die jährlichen Stipendiaten-

treffen der EKSH Gelegenheit, Einblicke in die Forschung anderer Fachbereiche zu den Themen Energie und Klimaschutz zu bekommen und mich mit anderen StipendiatInnen in interdisziplinären Diskussionen über diese Themen auszutauschen. Diese Einblicke und Diskussionen habe ich als sehr bereichernd empfunden, da sie mir neue Perspektiven auf die genannten Themen eröffnet haben.

Ich werde mein Promotionsvorhaben nun als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Projekt „iReliefs – Indirekte Rebound-Effekte. Lebensstilesegmentierung und Interventionen mit Effektivitäts-Feedback und Suffizienz“ fortsetzen und mich damit thematisch weiter mit dem Beitrag privater Haushalte zum Klimawandel und Klimaschutz befassen.

## **5. Vorträge und Publikation der Ergebnisse**

### Vorträge:

06. Dezember 2017: Science Match Future Energies, Kiel

Kurzvortrag: „*Wer entscheidet sich für eine Solaranlage?*“

19.-21. Juni 2018: International Energy Workshop (IEW), Göteborg, Schweden

Vortrag: „*Personality or Pecunia? Drivers of Renewable Energy Adoption in the Household Sector*“

### Publikation:

Das erste Paper meiner kumulativen Dissertation befindet sich zurzeit im Begutachtungsprozess bei einer internationalen Fachzeitschrift und ist als Working Paper in der Reihe „SOEPpapers on Multidisciplinary Panel Data Research“ am DIW Berlin erschienen:

Jacksohn, A, Grösche, P, Rehdanz, K, Schröder, C, 2018. Drivers of Renewable Energy Adoption in the Household Sector. SOEPpapers on Multidisciplinary Panel Data Research at DIW Berlin No. 977, Berlin.

[https://www.diw.de/sixcms/detail.php?id=diw\\_01.c.596124.de](https://www.diw.de/sixcms/detail.php?id=diw_01.c.596124.de)

## 6. Literaturverzeichnis

Agarwal, A, Cai, D, Shah, S, Chandy, M, Sherick, R, 2015. A model for residential adoption of solar photovoltaic systems. 2015 IEEE Power and Energy Society General Meeting, pp. 1-5.

Braitto, M, Flint, C, Muhar, A, Penker, M, Vogel, S, 2017. Individual and collective socio-psychological patterns of photovoltaic investment under diverging policy regimes in Austria and Italy. *Energy Policy* 109, 141-153.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2015a. Marktanalyse Photovoltaik-Dachanlagen.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2015b. Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklungen im Jahr 2014. Stand August 2015. Berlin.

Basic-Sontic, A, Brick, C, 2018. Personality trait effects on green household installations. *Collabra: Psychology* 4(1): 8.

EEG, 2000. Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) sowie zur Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes und Mineralölsteuergesetzes vom 29. März 2000 (BGBl. I S. 305).

Jacobsson, S, Lauber, V, 2006. The politics and policy of energy system transformation – explaining the German diffusion of renewable energy technology. *Energy Policy* 34, 256-276.

McFadden, D, 1974. Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior. In: Zarembka, P, (Hrsg.). *Frontiers in Econometrics*. New York: Academic Press, S.105-142.

Mills, BF, Schleich, J, 2009. Profits or preferences? Assessing the adoption of residential solar thermal technologies. *Energy Policy* 37, 4145-4154.

Rai, V, Robinson, SA, 2015. Agent-based modeling of energy technology adoption: Empirical integration of social, behavioral, economic, and environmental factors. *Environmental Modelling and Software* 70, 163-177.

Robinson, SA, Rai, V, 2015. Determinants of spatio-temporal patterns of energy technology adoption: An agent-based modeling approach. *Applied Energy* 151, 273-284.

Wagner, GG, Frick, JR, Schupp, J, 2007. The German Socio-Economic Panel Study (SOEP) – Scope, Evolution and Enhancements. *Schmollers Jahrbuch* 127(1), 139-169.

Wasi, N, Carson, RT, 2013. The influence of rebate programmes on the demand for water heaters: The case of New South Wales. *Energy Economics* 40, 645-656.

Welsch, H, Kühling, J, 2009. Determinants of pro-environmental consumption: The role of reference groups and routine behaviour. *Ecological Economics* 69, 166-176.