

Rommel, Kai; Sagebiel, Julian

**Article**

## Präferenzen für eine nachhaltige Stromversorgung

ISM Research Journal

**Provided in Cooperation with:**

International School of Management (ISM), Dortmund

*Suggested Citation:* Rommel, Kai; Sagebiel, Julian (2017) : Präferenzen für eine nachhaltige Stromversorgung, ISM Research Journal, ISSN 2627-4647, readbox unipress, Münster, Vol. 4, Iss. 1, pp. 101-126

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/324697>

**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.*

*Rommel, Kai; Sagebiel, Julian*

# Präferenzen für eine nachhaltige Stromversorgung

## Ergebnisse eines Choice Experiments für Mikro-KWK Anlagen in Deutschland

### **Abstract**

Increasing the share of renewable energies requires the extension of grid capacity and additional storage possibilities. Although load shifting has been identified as a key instrument to relief the overloaded grid, technologies that enable load shifting decentrally have hardly penetrated the electricity market. In this paper, we apply a discrete choice experiment to investigate preferences and willingness to pay values for micro-cogeneration, a technology that has huge potential to reduce costs and CO<sub>2</sub> emissions for heating. Our study includes home-owners as well as tenants to capture the overall market potential. Drawing from a sample of 412 adult Germans, we identified several drivers of willingness to pay for micro-cogeneration such as cost and CO<sub>2</sub> saving potential, contract specifics and a feed-in tariff. Our results show that most people would be willing to invest in micro-cogeneration technologies but non-monetary obstacles, such as limited institutional support, hinder investment on a larger scale. We further identified several sources of preference heterogeneity, giving rise to the development of a large variety of products and incentive structures.

## 1 Einleitung

Derzeitige Wandlungsprozesse in der Gesellschaftsstruktur haben direkte und indirekte Auswirkungen auf die Versorgungsinfrastruktur. So verändert der demografische Wandel die Ansprüche an die Verfügbarkeit von Mobilität und an das Freizeitverhalten. Informations- und Kommunikationstechnologien verändern traditionelle Verkehrskonzepte sowie das allgemeine Verhalten und Wissen von Konsumenten. Trotz des zunehmend wichtigen und kommunizierten Themas der Nachhaltigkeit in verschiedenen Bereichen, insbesondere im Bereich Energie, Mobilität und Konsumgüter, sind vorhandene Systeme und Technologien wie eine nachhaltige Verknüpfung von dezentraler und nachhaltiger Stromversorgung mit einem intelligenten Netzmanagement noch

nicht in dem Maß am Markt etabliert, wie es zur Bewältigung der so genannten Energiewende nötig wäre.

Daher ist weiterhin unklar, unter welchen Voraussetzungen nachhaltige Konzepte von Konsumenten akzeptiert werden und welche Infrastrukturanpassungen zur Marktdurchdringung notwendig sind. Der vorliegende Beitrag befasst sich daher mit Maßnahmen zur Nutzung dezentraler Erzeugungspotenziale in der Wertschöpfungskette der Energiewirtschaft. Die hier vorgestellten Methoden und Ergebnisse sowie deren Implikationen stammen aus dem Projekt „Innovative Konzepte für eine nachfrageorientierte Versorgung und Mobilität“. Dieses Projekt wurde vom Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen im Rahmen des Forschungsprogramms FH Struktur von 2013 bis März 2015 gefördert. Die zentrale Forschungsfrage des Projektes lautet: Mit welchen Maßnahmen können Konsumenten motiviert werden, ihr Konsumverhalten so zu gestalten, dass die bestehenden und zu erwartenden Nachteile des gesellschaftlichen Wandlungsprozesses vermieden werden und ein gesellschaftlicher Nettonutzen entsteht? Wie in Abbildung 1 dargestellt wird, besteht dieses Projekt aus den Teilbereichen Mobilität, Energie und Fast Moving Consumer Goods (FMCG). Die empirischen Methoden und Analysen wurden für diese drei Bereiche parallel angewendet, so dass jeweils separate Ergebnisse erzeugt wurden. Im vorliegenden Beitrag wird auf den Bereich Energie fokussiert und auf die anderen Teilbereiche an den erforderlichen Stellen verwiesen.



Abbildung 1: Aufbau des Forschungsprojektes *Innovative Konzepte für eine nachfrageorientierte Versorgung und Mobilität*

Das hier vorgestellte Projekt zur Analyse der Konsumentenpräferenzen für eine nachhaltige Stromversorgung konzentriert sich auf die Nachfragepotenziale von dezentraler Strom- und Wärmekopplung durch Mikro-KWK Anlagen. Hierbei werden zunächst anhand von Expertenmeinungen zu energiewirtschaftlichen Entwicklungsphasen relevante Attribute von Mikro-KWK Anlagen ermittelt. Mit diesem Produktprofil wird der zentralen Forschungsfrage bezüglich der individuellen Präferenzstrukturen nachgegangen und in diesem Zusammenhang die individuelle Zahlungsbereitschaft sowie deren Bestimmungsgrößen ermittelt und statistisch analysiert. Der Teilbereich dezentrale Energieversorgung besteht ebenso wie die in Abbildung 1 dargestellten anderen Teilbereiche aus vier Phasen.

In der ersten Projektphase wurde mit einer umfassenden Analyse von Sekundärquellen der aktuelle Forschungsstand bis 2013 reflektiert und mögliche Entwicklungsphasen grob abgeschätzt. In der zweiten Projektphase erfolgte eine Raumanalyse. Hierbei wurden die Untersuchungsgebiete hinsichtlich ihrer räumlichen, demografischen und wirtschaftlichen Merkmale klassifiziert. Dadurch können mögliche Einflussfaktoren auf individuelle Wertschätzungen in die Präferenzanalyse einbezogen werden. In Phase drei des Projektes wurde eine zweistufige Delphi-Studie angewendet. Mit dieser wurde in der ersten Runde ein Thesenkatalog erstellt und an eine Stichprobe aus Expertinnen und Experten der Energiewirtschaft zur Stellungnahme verschickt. In der zweiten Runde der Delphi-Studie wurden in Expertenworkshops zu den Teilbereichen jeweils Thesenbänder erstellt und bewertet. Daran anschließend wurde in der vierten Projektphase für die Teilbereiche jeweils ein Choice Experiment durchgeführt und ein Fokus auf die Effekte einer dezentralen Nutzung von Strom und Wärme gelegt. Dadurch sollen die Präferenzen von privaten Haushalten für Mikro-KWK Anlagen ermittelt und aufgezeigt werden, welche Attribute solcher Anlagen für Konsumenten Zahlungsbereitschaften bestehen und durch welche sozio-demografischen Faktoren dieser beeinflusst werden.

Im vorliegenden Beitrag stehen die Methodik und besonders die Ergebnisse des Choice Experiments aus Phase vier im Vordergrund. Zur besseren Einordnung der im Choice Experiment verwendeten Methodik werden in Kapitel 2 die Ergebnisse der vorgeschalteten Marktanalyse sowie die empirischen Ergebnisse der Delphi-Studie für den Teilbereich Energie kurz dargestellt. Die Methodik der Choice Experimente für den Teilbereich Energie sowie deren Resultate werden in Kapitel 3 beschrieben. Eine statistische und sozio-ökonomische Analyse der Choice Experimente unter Berücksichtigung der Delphi-Studie erfolgt in Kapitel 4. In Kapitel 5 werden energiewirtschaftliche und energiepolitische Handlungsempfehlungen diskutiert.

| Begriffserläuterungen |                                                                                                               |                  |                                           |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------|
| $A_i$                 | Vector mit den Leveln der Attribute in Alternative $i$ ( $a_{1i}, a_{2i} \dots$ )                             | DAU              | Vertragsdauer                             |
| $\beta$               | Vector der assoziierten Parameter                                                                             | EEG              | Einspeisetarif                            |
| $\epsilon_i$          | Zufallskomponente, die alle Nutzeffekte abdeckt, die nicht durch die beobachteten Effekte erklärt werden kann | GESCHL           | Geschlecht                                |
| $n$                   | Befragter                                                                                                     | HEIZSYS          | Gas-betriebenes Heizsystem                |
| $\sigma$              | Größenparameter                                                                                               | IKST             | Investitionskosten                        |
| $\mu$                 | Räumlicher Parameter                                                                                          | IART             | Art der Investition                       |
| ALT                   | Alter                                                                                                         | KW <sub>el</sub> | Kilowatt elektrisch                       |
| ASC                   | Alternative Specific Constant                                                                                 | RPL              | Random Parameters Logit Modell            |
| CO2SPA                | CO <sub>2</sub> Einsparung in %                                                                               | $U_i$            | Nutzenfunktion                            |
| KSPA                  | Erwartete Einsparung aller Energiekosten in %                                                                 | $V_i$            | Beobachtbarer Teil des Nutzens $A_i\beta$ |
|                       |                                                                                                               | WOHNGR           | Wohnungsgröße                             |
|                       |                                                                                                               | WTP              | Zahlungsbereitschaft                      |
|                       |                                                                                                               | $z$              | Interaktionsterm                          |

Abbildung 2: Begriffserläuterungen

## 2 Die Marktsituation dezentraler Energieversorgung in Deutschland

### 2.1 Ausgangslage

Ausgehend von der Zielsetzung der deutschen Bundesregierung, die CO<sub>2</sub> Emissionen bis 2050 um mindestens 55 % zu reduzieren, im Vergleich zum Basisjahr 1990 (BMUB 2016), kommt der Erhöhung des Anteils an erneuerbaren Energien in der Stromerzeugung eine zentrale Bedeutung zu. Zurzeit liegt deren Anteil an der Bruttostromerzeugung bei rund 30 %, und die Netzentwicklungspläne sehen bis 2030 umfangreiche Investitionen in erneuerbare Energien vor (ECOFYS 2013). Der Hauptteil der erneuerbaren Energien wird durch Windkraftanlagen erzeugt, ein geringerer Teil stammt von Photovoltaikanlagen (PV). Zur Integration dieser fluktuierenden Energieträger sind marktfähige Technologien erforderlich, mit denen kurzfristige Lastdifferenzen im Stromnetz möglichst kostengünstig ausgeglichen bzw. minimiert werden können (ECOFYS 2013). Das bestehende Netz wird diese zunehmenden Lastunterschiede nicht dauerhaft ausgleichen können, so dass weitere Maßnahmen notwendig sind, um Lastverschiebungen vornehmen zu können. Neben einer interaktiven Steuerung der Stromerzeugung sind auf der Nachfrageseite dezentrale Systeme wie Mikro-KWK Anlagen eine Maßnahme, mit der bei flächendeckender Anwendung der Rückgang zentraler Kraftwerkskapazität kompensiert und der Bedarf an Transport- und Verteilnetzkapazität signifikant reduziert werden kann. Durch Mikro-KWK Anlagen in Ein- und Zweifamilienhäusern

kann der Bedarf an zentral erzeugtem Strom und Netzkapazität reduziert werden. Wird die bei der Stromerzeugung anfallende Wärme vom jeweiligen Haushalt genutzt, wird dadurch zusätzlich die Stromnachfrage zur Wärmeerzeugung eingespart. Die Nutzer dieser Anlagen können ihren regulären Bedarf an Strom und Wärme decken und können je nach vertraglicher Ausgestaltung an den Effizienzgewinnen der Energieversorgung partizipieren

Innerhalb der EU wird Mikro-KWK seit 2009 gefördert, um die Effizienz der Stromnetze zu erhöhen, wie z. B. durch das Programm Ene.field, mit dem ca. 1.000 Mikro-KWK Anlagen in zwölf EU-Mitgliedstaaten installiert werden sollen (Pellegrino et al. 2015). In Nordrhein-Westfalen werden 45 % der zusätzlichen Investitionskosten gegenüber konventionellen Heizungsanlagen subventioniert (FuelCellToday 2013). Verschiedene Energieversorger haben mit der Markteinführung von Mikro-KWK Anlagen für Privathaushalte begonnen, allerdings ist der Marktanteil nach wie vor sehr gering (BAFA 2016). Durch die Aufdeckung der Präferenzstruktur der potenziellen Nutzer von Mikro-KWK Anlagen kann ermittelt werden, welche Zahlungsbereitschaften für einzelne Attribute von Mikro-KWK Anlagen bestehen und unter welchen Bedingungen diese abrufbar sind. Mit diesen Kenntnissen können Marketinginstrumente und Fördermaßnahmen gezielter eingesetzt werden. Obwohl Mikro-KWK Anlagen ein privates Gut darstellen, weisen einzelne Elemente dieses Produktes Eigenschaften von öffentlichen Umweltgütern auf. Hierzu zählen v. a. die Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stromerzeugung durch eingesparten Netzstromsowie sowie mögliche Kosteneinsparungen, die beide positive Externalitäten darstellen.<sup>1</sup> Werden Mikro-KWK Anlagen mit lokal erzeugtem Biogas betrieben, fallen durch die Substitution von fossilen Energien weitere positive Externalitäten in Form von Emissionsreduzierungen und Netzentlastungen an. Diese zusätzlichen Nutzeneffekte sind durch Marktbeobachtungen nicht zu erfassen, da hierbei nur die Markthandlung selbst erfasst wird. Da die Wertschätzungen für diese zusätzlichen Eigenschaften wichtige Entscheidungsparameter für betriebliche und regulatorische Maßnahmen sind, ist eine valide Erfassung dieser Nutzenkomponenten unerlässlich für eine nachhaltige Ausgestaltung der Stromversorgung.

Mikro-KWK Anlagen lohnen sich besonders für private und öffentliche Haushalte mit hohem Wärmebedarf, wie z. B. Mehrfamilienhäuser und Betreiber von Schwimmbädern, kommerziell wie privat. Für andere potenzielle Anwender, also die Mehrheit der deutschen Haushalte ist eine

---

<sup>1</sup> Im Jahr 2015 lagen die durchschnittlichen CO<sub>2</sub> Emissionen zur Stromerzeugung in Deutschland bei 535 Gramm pro kWh (Icha/Kuhs 2016). Der Einsatz von Mikro-KWK Anlagen kann durch die Nutzung der Wärmekopplung bei der Stromerzeugung einen Beitrag zur Reduzierung von CO<sub>2</sub> Emissionen leisten. Dieser hängt auch vom Einsatz des zur Stromerzeugung verwendeten Energieträgers ab.

individuelle Kosten-Nutzen-Rechnung erforderlich, um die grundsätzliche Profitabilität der Investition zu ermitteln. Besteht eine individuelle Wertschätzung für die genannten öffentlichen Güter, kann ein positiver Nettonutzen entstehen, auch wenn der monetäre Nutzen aus den reinen Marktgütern nicht positiv ausfällt. Bislang sind weder der Umfang dieser Nutzenkomponenten noch deren Bestimmungsfaktoren ausreichend untersucht worden, so dass hier Informationsdefizite darüber bestehen, welche Preisbestandteile für die zusätzlichen Eigenschaften von Mikro-KWK Anlagen am Markt durchsetzbar sind. Mit einer Kombination der in Kapitel 2.2 beschriebenen Delphi-Studie und dem in Kapitel 3 dargestellten Choice Experiment kann diese Informationslücke reduziert und eine stabilere Entscheidungsgrundlage für Investoren und politische Entscheider geschaffen werden.

## 2.2 Delphi-Methode

Mit dieser Methode der Expertenbefragung wurde im Projekt eine qualitative Einschätzung der künftigen Entwicklung des deutschen Energiesektors eingeholt. Für die daran anschließende Ermittlung der Zahlungsbereitschaften von Privathaushalten für Mikro-KWK Anlagen sind diese qualitativen Einschätzungen insofern von Bedeutung, dass ausgewählte Expertinnen und Experten verschiedene Entwicklungsphasen des Energiesektors hinsichtlich ökonomischer, ökologischer und sozialer Kriterien bewerten. Aus diesen Einschätzungen wird mit der Anwendung eines Choice Experimentes am Beispiel Mikro-KWK Anlagen verdeutlicht, welche Treiber und Hemmnisse bei einer Stärkung dieses Instrumentes zu beachten sind. Bei der Delphi-Methode handelt es sich um eine strukturierte Gruppenkommunikation, mit dem Ziel, aus Einzelbeiträgen der beteiligten Personen praxisorientierte Lösungen für komplexe Probleme zu erarbeiten. Sie kommt besonders dann zur Anwendung, wenn es um die Einschätzung und Vorhersage von Sachverhalten geht, die nicht direkt abgebildet werden können, da sie nicht aktuell präsent oder real existent sind, z. B. weil sie in der Zukunft oder Vergangenheit liegen. Die hier angewendete Delphi-Methode besteht aus zwei Phasen. In der ersten Phase wurden 15 Expertinnen und Experten aus wirtschaftlichen, politischen und wissenschaftlichen Bereichen in energierelevanten Unternehmen und Institutionen ausgewählt. Auf Basis der Ergebnisse der Sekundäranalyse wurden zukunftsgerichtete Thesen für den Energiebereich entwickelt, zu denen die Teilnehmenden den Grad ihrer Zustimmung angeben und einschätzen, welche Konsequenzen sich aus der jeweiligen These ergeben und ob es Faktoren gibt, die die jeweilige These unterstützen bzw. behindern könnten. Durch die Konsolidierung der Ergebnisse aus diesem systematischen, mehrstufigen Befragungsverfahren mit Rückkopplung können zukünftige Ereignisse, Trends und technische Entwicklungen eingeschätzt werden.

Die zweite Phase fand in Form eines Expertenworkshops statt. Hier wurde in einer Gruppe von sieben Teilnehmerinnen und Teilnehmern besprochen, welche Treiber und Hemmnisse bei der Erreichung der energiepolitischen Ziele bis 2050 bestehen bzw. in im weiteren Verlauf erwartet werden. Im Workshop wurden zentrale Merkmale von energiewirtschaftlichen Szenarien diskutiert bezüglich Netzausbau, Anteil an erneuerbaren Energien Preisentwicklungen, Strommarktdesign und Emissionen. Aus diesen Kriterien wurde jeweils ein Best-Case und ein Worst-Case Szenario entwickelt. Im Rahmen dieser Bandbreite wurden 21 Thesen zur weiteren Entwicklung der relevanten Treiber und Hemmnisse formuliert und hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit bewertet.

Die Ergebnisse dieser Bewertung sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Bewertungsskala reicht von stimme gar nicht zu (Wert 1) bis stimme voll zu (Wert 7). Die These 3 bezieht sich direkt auf Mikro-KWK Anlagen. Die durchschnittliche Bewertung von 3,8 zeigt einen neutralen bis zustimmenden Wert. Dies gibt die Tendenz im Expertenworkshop wieder, der zufolge die weitere Marktdurchdringung von dezentralen Technologien von der Entwicklung der Energiepreise einschließlich der Steuer- und Umlageanteile bestimmt wird. Die Thesen 13, 20 und 21 sowie indirekt auch die These 15 stehen in einem Zusammenhang mit der Marktentwicklung von Mikro-KWK Anlagen, da sie eine Zunahme der Relevanz von Parametern einer nachhaltigen Entwicklung prognostizieren, wie z. B. das Strommarktdesign und Speichertechnologien.

*Tabelle 1: Bewertung der Thesen in der zweiten Delphi-Runde*

| Nr. | These                                                                                                                                              | Ø-Bewertung |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1   | Bis 2020 werden EE einen Anteil von 35% an der Stromerzeugung haben.                                                                               | 6,2         |
| 2   | Über 90% der zugebauten erneuerbaren Strom-Kapazität bis zum Jahr 2020 werden aus Windkraft und Photovoltaik (PV) stammen.                         | 5,7         |
| 3   | Der Anteil der Mikro-KWK-Anlagen bei der Stromerzeugung wird von 12% (2006) bis 2020 auf 25% erhöht werden (v. a. bei Ein- & Zweifamilienhäusern). | 3,8         |
| 4   | Der zunehmende Druck der Netzintegrität von EE wird zu zusätzlichen Nutzungskonflikten zwischen Netzausbau und Naturschutz führen.                 | 5,5         |
| 5   | Der Anteil von Kohle und Gas an der Stromerzeugung in Deutschland wird von rund 50% in 2012 auf 65% bis 2020 steigen.                              | 3,9         |
| 6   | Der Erzeugungs- und Netzausbaubedarf wird aufgrund einer steigenden Elektrifizierung deutlich zunehmen.                                            | 3,8         |
| 7   | Durch die vorhandene Netzproblematik bekommen urbane Powerzentren (z.B. München, Stuttgart, Ruhrgebiet, Hamburg) zunehmende Versorgungsengpässe.   | 3,8         |

|    |                                                                                                                                                                                                          |     |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8  | Das politische Ziel, bis 2050 eine Treibhausgasreduktion von 80% gegenüber 1990 zu erreichen, wird nicht zu Lasten der Versorgungssicherheit und des wirtschaftlichen Wachstums gehen.                   | 3,4 |
| 9  | Die Umsetzung der politischen Ziele zur CO <sub>2</sub> -Reduktion (80% weniger Treibhausgasemission bis 2050 gegenüber 1990) führt zu einer sinkenden Abhängigkeit von volatilen Kohle- und Gaspreisen. | 5,9 |
| 10 | Die zunehmende Stromerzeugung aus EE wird die Preise für erneuerbare Energien an der Strombörse reduzieren.                                                                                              | 4,8 |
| 11 | Die steigenden Preise für Brennstoffe und CO <sub>2</sub> -Zertifikate werden bis 2020 den Preis für Strom allgemein nicht erhöhen.                                                                      | 2,6 |
| 12 | Die Investitionen für EE-Anlagen werden im Jahr 2020 um 85% steigen im Vergleich zum Jahr 2010.                                                                                                          | 2,3 |
| 13 | Der Anteil der dezentralen Energieversorgung wird bis 2020 durch eine steigende Anzahl virtueller Kraftwerke um 25% steigen.                                                                             | 4,7 |
| 14 | Im Rahmen der dezentralen Energieversorgung werden Smart Grid-Technologien eine essentielle Rolle spielen und sich am Markt durchsetzen.                                                                 | 4,8 |
| 15 | Speichertechnologien werden weniger kostenintensiv verfügbar sein und als fester Bestandteil auf dem Energiemarkt integriert.                                                                            | 5,0 |
| 16 | Energiebürger (Privatleute und Landwirte, die installierte EE-Anlagen besitzen) werden zentrale Akteure der Energiewende sein und die Neuausrichtung des Energiemarktes aktiv mitgestalten.              | 4,6 |
| 17 | Privatleute und Landwirte werden bis 2030 den größten Anteil installierter Leistung an erneuerbaren Energien besitzen.                                                                                   | 3,5 |
| 18 | Die Kosten der Energiewende werden bis 2030 geringer ausfallen als heute erwartet.                                                                                                                       | 2,3 |
| 19 | Bis zum Jahr 2030 werden insbesondere Wind- und Photovoltaikanlagen zur Netzstabilität beitragen.                                                                                                        | 3,6 |
| 20 | Das Strommarktdesign wird sich bis 2030 grundsätzlich ändern bzw. neu formieren.                                                                                                                         | 6,1 |
| 21 | Bis zum Jahr 2020 ist eine Umverteilung und regionale Differenzierung der Netzentgelte erforderlich.                                                                                                     | 4,0 |

Die Ergebnisse der zweistufigen Delphi-Studie zeigen ein sehr differenziertes Meinungsbild von Experten zu wirtschaftlichen und politischen Entwicklungen des Energiesektors in Deutschland und mit Bezug zu EU-Regulierungen.

Aus diesem Meinungsspektrum wurde im weiteren Verlauf des Projektes ein Choice Experiment entwickelt, mit dem der Fokus auf dezentrale Technologien als Bestandteil von smart-grid Systemen gelegt werden kann. Diese Methode wird seit mehreren Jahren in wissenschaftlichen Studien angewendet, um individuelle Wertschätzungen für einzelne Eigenschaften von Produkten oder Anwendungssystemen zu ermitteln, die sich im normalen Marktprozess nicht separieren lassen.

### 3 Choice Experiment

Von den zahlreichen Studien zu nicht auf Märkten beobachtbaren Nutzenkomponenten von Heizungssystemen in Ein- und Mehrfamilienhäusern beschäftigen sich nur wenige mit Mikro-KWK Anlagen. Alberini et al. (2013) wenden ein Choice Experiment an zur Messung der Präferenzen von Hauseigentümern für Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz. Hier sind Subventionen der Haupttreiber für Investitionen und Unsicherheit der größte Hinderungsgrund. Ruokamo (2016) untersucht die Präferenzen für hybride Heizungssysteme in Abhängigkeit vom Energieträger. Die Resultate zeigen insgesamt eine starke Präferenz für hybride Heizungssysteme, die durch individuelle Einstellungen und sozio-demografische Merkmale wie Wohnumfeld, Alter, Einkommen und Standort beeinflusst wird. In einer ähnlich ausgerichteten Studie können Michelsen und Madlener (2012) ebenfalls starke Einflüsse von sozio-demografischen Variablen auf die Entscheidungen von Hauseigentümern feststellen. Lüthi und Wüstenhagen (2012) untersuchen die Determinanten von Investitionen in Photovoltaikanlagen. Die Autoren betonen, dass Investitionsentscheidungen in einem sich schnell ändernden Marktumfeld für erneuerbare Energien umfangreiche Preisinformationen benötigen. Ex-Post Preise sind zwar verfügbar, für eine Risikominimierung aber unzureichend. Echtzeit-Informationen zu den Auswirkungen von Risiken auf Investitionsentscheidungen sind hierbei notwendig. Diese Erkenntnis gilt auch für Entscheidungen in Mikro-KWK Anlagen. Zudem zeigen die Ergebnisse dieser Untersuchung, dass vom Design der Einspeisetarife für Strom aus erneuerbaren Energien signifikante Effekte auf das individuelle Investitionsverhalten ausgehen.

#### 3.1 Methode

Das nachfolgend beschriebene Choice Experiment hat zum Ziel, die nicht auf Märkten beobachtbaren Präferenzen für einzelne Attribute von Mikro-KWK Anlagen zu ermitteln und damit zwei zentrale Forschungslücken zu schließen: erstens wurden bisher zwar Präferenzen von Hauseigentümern für Heizungssysteme, erneuerbare Energieträger und Gebäudeisolierungen untersucht, nicht aber für Technologien zum Lastmanagement. Zweitens wurden die Einflüsse der im Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) geregelten Einspeisetarife für Strom auf das Investitionsverhalten im hier untersuchten Kontext bisher nicht ausreichend untersucht. Die Ergebnisse des Choice Experiments liefern daher wichtige Erkenntnisse zur Entwicklung eines optimalen Marktdesigns für Mikro-KWK Anlagen und zur energiepolitischen Nutzung der damit verbundenen Netzkapazitäten. Diskrete Choice Experimente (im weiteren Verlauf als Choice Experimente bezeichnet) basieren auf hypothetischen Wahlentscheidungen einer Stichprobe der gesamten Zielgruppe. Mit

dieser Methode wurde in der vierten Projektphase eine Kaufsituation simuliert, mit der die individuellen Präferenzen für einzelne Attribute und deren sozio-demografische Einflussfaktoren ermittelt werden. Aus diesen Daten können Zahlungsbereitschaften für verschiedene Kombinationen von Produktmerkmalen berechnet werden. In dieser simulierten Entscheidungssituation können potenzielle Käufer von Mikro-KWK Anlagen verschiedene Kombinationen aus Produktmerkmalen anhand von Auswahlkarten bewerten. Diese Kombinationen setzen sich jeweils aus verschiedenen Attributen zusammen, die jeweils zwei oder mehr Level annehmen können. Zusätzlich ermöglichen die soziodemografischen Determinanten wie Alter, Geschlecht, Wohnungsgröße und Eigentumsform durch die Bildung von Nutzergruppen Rückschlüsse auf deren Präferenzstruktur. Um eine valide Entscheidungssituation herbeizuführen, werden ausschließlich Attribute abgefragt, die auch bei aktuellen Marktangeboten existieren. Zudem werden die Wahlentscheidungen der Befragten als nutzenmaximierend angenommen.

### 3.2 Design der Befragung und des Choice Experiments

Das Choice Experiment wurde 2014 mit einer Stichprobenerhebung im Rahmen des weiter oben dargestellten Projektes durchgeführt und ist Bestandteil eines Fragebogens, mit dem auch Einstellungen zu erneuerbaren Energien, zu einer nachhaltigen Energienutzung, zu Verbrauchsverhalten sowie zu personenbezogenen Daten erhoben wurden. Im Unterschied zu vergleichbaren Studien wurde im Choice Experiment aus zwei Gründen zwischen Hauseigentümern und Mietern differenziert. Erstens sind Mieter potenzielle Nutzer von Mikro-KWK Anlagen, sofern sie von den Nutzeneffekten im gleichen Maße wie Hauseigentümer profitieren. Unterschiede im Marktverhalten zwischen diesen beiden Gruppen können dadurch entstehen, dass Mieter durch den fehlenden Status als Eigentümer keine oder eingeschränkte Investitionsanreize haben, da Unsicherheit bezüglich der Mietsituation besteht. Unter der Annahme, dass Mieter alternative Finanzierungsoptionen wie Leasing nutzen können, kann diese Einschränkung für die weitere Untersuchung vernachlässigt werden, da die erwarteten Differenzen zwischen diesen Gruppen sehr gering sind. Zweitens wurden die Präferenzen von Wohnungsmietern für Mikro-KWK Anlagen bislang nicht untersucht, so dass hier Forschungsbedarf besteht, um die Zahlungsbereitschaft dieser Konsumentengruppe zu ermitteln. Im Choice Experiment für den Bereich Energie wurden beide Gruppen gleichermaßen untersucht und separat analysiert.

Die Online-Befragung umfasst 412 verwertbare Interviews von erwachsenen Personen mit permanenter Wohnadresse in Deutschland. Die Stichprobe stammt aus einem Panel eines etablierten Marktforschungsinstituts in Deutschland und ist repräsentativ in den meisten sozio-demografischen Variablen. Das Durchschnittsalter liegt bei 49 Jahren mit einer Standardabweichung von

17 Jahren, und 52 Prozent der Befragten sind weiblich. Das durchschnittliche Nettohaushaltseinkommen liegt zwischen 2.500 und 3.500 Euro, und alle Einkommensklassen bis 10.000 Euro pro Monat sind vertreten. Die durchschnittlichen Ausgaben für Elektrizität liegen zwischen der Kategorie 46 Euro und der Kategorie 75 Euro pro Monat. Die durchschnittliche Wohnungsgröße beträgt 91 Quadratmeter mit einer Standardabweichung von 37 Quadratmetern. Der Median dieser Variable liegt bei 84 Quadratmetern, was durch einige sehr große Wohnungen begründet ist. Rund 43 Prozent der Befragten gaben die Nutzung von gasbetriebenen Heizungssystemen an.

Das Design des Choice Experimentes umfasste acht Choice-Karten, die den Befragten vorgelegt wurden. Die Befragung beinhaltet auch zwölf Fragen zum individuellen Konsumverhalten und zu sozio-demografischen Daten zur Analyse der möglichen Determinanten der Zahlungsbereitschaften. Die Choice-Karten stellen zwei Alternativen dar, die sich jeweils aus unterschiedenen Produkteigenschaften zusammensetzen und der Option, keine dieser Alternativen zu wählen, also nicht in eine Mikro-KWK Anlage zu investieren (opt-out). Jede der Alternativen besteht aus sechs verschiedenen Attributen, mit denen wesentliche Merkmale einer Mikro-KWK Anlage beschrieben werden: Art der Investition (IART), Investmentkosten (IKST), Vertragsdauer (DAU), CO<sub>2</sub>-Einsparung in Prozent (CO<sub>2</sub>SPA), erwartete Einsparung der gesamten Kosten in Prozent der Stromrechnung (KSPA), und dem Einspeisetarif basierend auf dem EEG (EEG). Die Definition der Attribute und deren jeweiligen Ausprägungen basieren auf den Ergebnissen der Sekundäranalyse und der Delphi-Methode. In Tabelle 2 sind die Produktattribute und deren mögliche Level dargestellt.

Tabelle 2: Beschreibung der Attribute

| Attribut                                             | Beschreibung                                                                | Level 1       | Level 2    | Level 3    |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|------------|
| <b>Investitionstyp (IART)</b>                        | Finanzierung des Produktes                                                  | Einmalzahlung | Leasing    |            |
| <b>Investitionskosten (IKST)</b>                     | Zahlungsbetrag durch den Nutzer                                             | 7,500 €       | 10,000 €   | 12,500 €   |
| <b>Vertragsdauer (DAU)</b>                           | Dauer des Vertrags zwischen Nutzer und Energieversorger                     | 4 Jahre       | 7 Jahre    | 10 Jahre   |
| <b>CO<sub>2</sub>-Einsparung (CO<sub>2</sub>SPA)</b> | Reduzierung von CO <sub>2</sub> Emissionen in % im Vergleich zum Status Quo | 10%           | 20%        | 30%        |
| <b>Kosteneinsparung (KSPA)</b>                       | Reduzierung der Energiekosten in % im Vergleich zum Status Quo              | 25%           | 50%        | 75%        |
| <b>Einspeisetarif (EEG)</b>                          | Einspeisetarif in Euro pro kWh für überschüssige Elektrizität               | 0.04 €/kWh    | 0.06 €/kWh | 0.08 €/kWh |

Das Attribut IART umfasst zwei Level und ist daher dichotom ausgeprägt. Alle anderen Attribute können drei verschiedene Ausprägungen annehmen. Das Attribut IART beinhaltet die beiden möglichen Eigenschaften der Einmalzahlung oder des Leasing. Das Attribut IKST orientiert sich in seinen Ausprägungen an dem im Jahr 2014 gängigen Kostenspektrum von 7.500 bis 12.500 Euro für eine Mikro-KWK Anlage. Die Vertragsdauer (DAU) ist ebenfalls ein zentrales Produktattribut. Der Vertrag einer Mikro-KWK Anlage wird üblicherweise zwischen dem Nutzer und einem Energieversorger abgeschlossen, der auch die eingespeiste Strommenge gemäß dem EEG vergütet. Solche Verträge haben oft eine Laufzeit zwischen vier und zehn Jahren. In der Untersuchung wird hierbei von einem trade-off ausgegangen, derart, dass mit zunehmender Vertragsdauer die Planungssicherheit steigt, zugleich aber auch die Flexibilität bezüglich künftiger Marktentwicklungen abnimmt. Einsparungseffekte werden in der Literatur ebenfalls als wichtige Produkteigenschaften angesehen. Mit dem Attribut CO2SPA werden CO<sub>2</sub>-Emissionen bewertet, die durch die Mikro-KWK Anlage vermieden werden. Diese Vermeidung gegenüber dem Status Quo ohne Mikro-KWK entsteht, wenn der zur Stromerzeugung durch die Mikro-KWK Anlage Energieträger geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen ausstößt, als dies im Durchschnitt der Stromerzeugung in Deutschland der Fall ist. Die genauen Einspareffekte können hier nur geschätzt werden, was zu einer Verwendung von Ausprägungen in Höhe von 10, 20 und 30 Prozent geführt hat. Das fünfte Attribut (KSPA) beschreibt die möglichen Kosteneinsparungen im Vergleich zum Status Quo. Da die konkreten Einsparungen von der jeweiligen Anlage und vom individuellen Verbrauchsverhalten abhängt, wurde hier ein Spektrum zwischen 25 und 75 Prozent an Einsparungen gewählt. Das letzte Attribut (EEG) enthält mögliche Einspeisetarife, die vom Energieversorger für überschüssigen Strom vergütet werden. Das Spektrum dieser Vergütungssätze orientierte sich an den im Jahr 2014 üblichen Tarifen und liegt zwischen vier und acht Eurocent. In Tabelle 3 ist beispielhaft dargestellt, wie durch eine Choice-Karte zwei verschiedene Optionen für ein mögliches Produktdesign beschrieben werden. Aus dieser simulierten Entscheidungssituation können mit Hilfe des Kostenattributes die individuellen Zahlungsbereitschaften für einzelne Produktattribute geschätzt werden.

Tabelle 3: *Beispiel einer Choice-Karte*

|                             | Option 1              | Option 2              | Keine der Optionen    |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Investitionstyp             | Leasing               | Einmalzahlung         |                       |
| Investitionskosten          | 10,000 Euro           | 7,500 Euro            |                       |
| Vertragsdauer               | 7 Jahre               | 7 Jahre               |                       |
| CO <sub>2</sub> -Einsparung | 30%                   | 10%                   |                       |
| Kosteneinsparung            | 25%                   | 75%                   |                       |
| Einspeisetarif              | 4 Eurocent pro kwh    | 8 Eurocent pro kwh    |                       |
| Ich wähle...                | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Das statistische Design des Choice Experiments, also die Anordnung der Level in den Choice Karten wurde mit der Software NGene kreiert (Choice Metrics 2012). Es wurde ein effizientes Design verwendet zur Minimierung der Standardfehler der Attributkoeffizienten (d-efficiency criterion) im verwendeten Multinomial-Logit Model (Rose/Bliemer 2007). Es wurden Priors<sup>2</sup> verwendet, basierend auf einem Pre-Test, der vorab mit 100 Befragten durchgeführt wurde.

## 4 Ergebnisanalyse

Zur Abschätzung von beobachteten und unbeobachteten Präferenzheterogenität haben wir ein Random Parameter Logit (RPL) Model mit sozio-demografischen Interaktionsgrößen verwendet.<sup>3</sup> Die Untersuchung basiert auf der Annahme eines konstanten marginalen Grenznutzens bei einer Zunahme eines Attributes um eine Einheit. Hierbei wird ein Error Components Model verwendet, um unbeobachtete Effekte der opt-out Wahl zu erfassen (Scarpa et al. 2005). Die Koeffizienten aller Attribute wurden als zufällig definiert, um unbeobachtete Heterogenität der Präferenzen zu erfassen. Dabei wurde IKST als log-normalverteilt definiert, entsprechend der Annahme, dass niedrige Investitionskosten immer gegenüber höheren Inverstitionskosten präferiert werden. Die anderen Attribute wurden als normalverteilt definiert.

<sup>2</sup> Priors sind die vorab erwarteten Koeffizientenwerte. Diese sind in einem effizienten Design für nicht-lineare Modelle erforderlich zur Minimierung der Varianz-Kovarianz-Matrix, dem Hauptziel einer solchen Designstrategie.

<sup>3</sup> Die Anwendung anderer Modelle zur Erfassung von unbeobachteten Präferenzunterschieden wie z. B. des Latent Class Models hat gezeigt, dass das RPL Modell hier den größten Nutzen stiftet.

## 4.1 Ergebnisse des Choice Experimentes

Die Attribute wurden auf ihre Beeinflussung durch sozio-demografische Variablen und individuelle Einstellungen untersucht. Diese Bestimmungsgrößen wurden als nicht-zufällig definiert. Es wurden Bestimmungsgrößen mit allen sechs Attributen sowie mit der Alternative Specific Constant (ASC) gebildet, was zu 42 Bestimmungsgrößen geführt hat (sechs Attribute plus ASC multipliziert mit sechs fallspezifischen Variablen). Um Multikollinearität zu vermeiden, wurden nicht alle Bestimmungsgrößen in die Analyse einbezogen, da einige sozio-demografischen Variablen untereinander korrelieren. Zudem können zu viele Bestimmungsgrößen zur Einbeziehung von irrelevanten Variablen führen (inefficient standard errors). Daher wurden in einem iterativen Prozess nur diese Bestimmungsgrößen einbezogen, die aus ökonomischer Sicht als plausibel angesehen werden können und die statistisch signifikant vom Wert Null in verschiedenen Modellvarianten abweichen. Das finale Modell besteht somit aus Einflüssen der Variablen Geschlecht (GESCHL), Alter (ALT), Heizsystem (HEIZSYS) und Wohnungsgröße (WOHNGR). Die Variable Geschlecht interagiert mit den Attributen DAU und EEG, die Variable Alter mit den Attributen CO2SPA, KSPA und IART. Die Variable Heizsystem beeinflusst das Attribut IKST und die Variable Wohnungsgröße beeinflusst das Attribut EEG. Alle Interaktionen außer den Binärvariablen Geschlecht und Heizsystem wurden zentriert, so dass die Haupteffekte für die Stichprobenmittelwerte dieser Variablen interpretiert werden können.

Die Variablen Geschlecht und Heizsystem wurden so kodiert, dass 0 für weiblich bzw. 0 für Gasheizung steht. Die Ergebnisse dieser Analyse sind in Tabelle 4 dargestellt. Für die Untersuchung der statistischen Signifikanz eines Attributs ist die Überprüfung des marginalen Effekts des Attributs ( $H_0: \frac{\partial U}{\partial a} = \beta_a + \beta_{\{a*x\}} * x = 0$ ) wichtiger als die Überprüfung des Einflusses der einzelnen Parameter. Ein Test auf gemeinsame Signifikanz der Attribute und der Bestimmungsgrößen ist somit aussagekräftiger. Die p-Werte dieses Tests sind in der rechten Spalte von Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4: Ergebnisse der statistischen Analyse

|                              | Standort-<br>parameter  | Skalen-<br>parameter | Gemeinsame Signifikanz von Haupt- und<br>Interaktionseffekt: p-Wert |
|------------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------|
| ASC                          | -2.226***<br>(-7.34)    |                      |                                                                     |
| IART                         | -0.148<br>(-1.48)       | 1.474***<br>(-12.51) | 0.0052***                                                           |
| IARTxALT                     | -0.0174***<br>(-2.99)   |                      |                                                                     |
| DAU                          | -0.0628***<br>(-2.87)   | 0.163***<br>(-6.99)  | 0.011**                                                             |
| DAUxGESCHL                   | 0.0777***<br>(2.63)     |                      |                                                                     |
| CO2SPA                       | 0.111***<br>(2.83)      | 0.219**<br>(-2.43)   | 0.000***                                                            |
| CO2SPAxALT                   | -0.00624***<br>(-2.92)  |                      |                                                                     |
| KSPA                         | 0.0349***<br>(14.24)    | 0.0284***<br>(11.03) | 0.000***                                                            |
| KSPAxALT                     | -0.000459***<br>(-3.70) |                      |                                                                     |
| EEG                          | 0.0427<br>(1.42)        | 0.191***<br>(-5.85)  |                                                                     |
| EEGxGESCHL                   | -0.0721*<br>(-1.81)     |                      | 0.002***                                                            |
| EEGxWOHNGR                   | 0.00185***<br>(3.44)    |                      |                                                                     |
| IKST                         | -1.593***<br>(-12.69)   | 0.757***<br>(-10.74) | 0.000***                                                            |
| IKSTxHEIZSYS                 | 0.106***<br>(3.39)      |                      |                                                                     |
| Error Component              | 0<br>(.)                | -2.204***<br>(-5.99) |                                                                     |
| <b>N</b>                     | 11,097                  |                      |                                                                     |
| <b><math>\chi^2</math></b>   | 1,032.2                 |                      |                                                                     |
| <b>Log Likelihood (Null)</b> |                         |                      |                                                                     |
| <b>Log Likelihood</b>        | -2,782.8                |                      |                                                                     |

t Statistik in Klammern; Standort- und Skalenparameter entsprechen dem Mittelwert und der Standardabweichung für alle Attribute außer IKST. Dieses Attribut ist Log-normalverteilt.

\*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

Der signifikant negative ASC-Koeffizient zeigt, dass Befragte durchschnittlich zu Investitionen in Mikro-KWK Anlagen tendieren, wenn alle anderen Attribute unberücksichtigt bleiben. Außer für IART und EEG sind alle Attribute und Bestimmungsgrößen gemeinsam signifikant. Aufgrund der Zentrierung der Bestimmungsgrößen impliziert ein nicht-signifikanter Haupteffekt, dass das Attribut nicht signifikant ist für den durchschnittlichen Befragten, für vom Durchschnitt abweichende

Befragte aber signifikant werden kann. Der Effekt der Variable Geschlecht auf das Attribut IART ist signifikant und sowohl der Haupteffekt als auch der p-Wert sind signifikant. Dies zeigt heterogene Präferenzen für das Attribut IART abhängig vom Alter des jeweiligen Befragten. Die relativ hohe und signifikante Standardabweichung (Skalenparameter) von IART verdeutlicht, dass unbeobachtete Quellen für Präferenzheterogenität bestehen. Die Effekte der sozio-ökonomischen Variablen Alter, Geschlecht, Wohnungsgröße und Heizsystem sind in Tabelle 5 dargestellt.

*Tabelle 5: Beeinflussung der Attribute durch die sozio-ökonomischen Determinanten*

| <b>Attribut</b> | <b>Zusammenhang</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>IART</b>     | Mit zunehmendem Alter steigt die Präferenz für Leasing.<br>Das Attribut hat ein negatives Vorzeichen und steht in einem positiven Bezug zur Variable Geschlecht.                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>DAU</b>      | Das Attribut ist signifikant für weibliche Befragte, die kürzere Vertragslaufzeiten bevorzugen. Männliche Befragte haben keine signifikante Präferenz für eine bestimmte Vertragsdauer.<br>Für dieses Attribut gilt, dass aufgrund der hohen Standardabweichung von einer heterogenen Präferenzstruktur ausgegangen werden muss, die nicht nur durch das Geschlecht erklärt werden kann.                                                      |
| <b>CO2SPA</b>   | Das Attribut übt einen signifikant positiven Einfluss auf die Zahlungsbereitschaft für Mikro-KWK Anlagen aus.<br>Die Korrelation mit der Variable Alter ist signifikant negativ.<br>Hohe CO <sub>2</sub> -Einsparungen werden gegenüber niedrigen präferiert, mit zunehmendem Alter nimmt dieser Effekt ab.                                                                                                                                   |
| <b>KSPA</b>     | Die Standardabweichung ist signifikant und zeigt unbeobachtete Heterogenität.<br>Das Attribut ist signifikant und positiv, Befragte ziehen höhere Kosteneinsparungen also vor.<br>Dieser Effekt nimmt mit zunehmendem Alter signifikant ab. Im Unterschied zu den anderen Attributen ist die Standardabweichung hier zwar signifikant aber relativ gering, so dass auf relativ geringe Heterogenität der Präferenzen geschlossen werden kann. |
| <b>EEG</b>      | Für das Attribut bestehen signifikante Einflüsse lediglich für bestimmte Ausprägungen des Geschlechts und der Wohnfläche.<br>Für Befragte mit größeren Wohnungen sind Einspeisetarife von größerer Bedeutung, und weibliche Befragte messen Einspeisetarifen eine größere Bedeutung zu als Männer.                                                                                                                                            |
| <b>IKST</b>     | Die signifikante und hohe Standardabweichung deutet hier auf eine heterogene Präferenzstruktur hin.<br>Das Attribut wird signifikant von der dichotomen Variable Heizsystem beeinflusst.                                                                                                                                                                                                                                                      |

Da der Zufallsparameter als log-normalverteilt definiert wurde, können der Median- und Mittelwert sowie die Standardabweichung folgendermaßen berechnet werden:

$$\text{Median: } -\exp(\mu) = -\exp(-1.593) = -0.203$$

$$\text{Mittelwert: } -\exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) = -\exp\left(-1.593 + \frac{0.757^2}{2}\right) = -0.270$$

$$\begin{aligned} \text{Stand.-Abw.: } & \sqrt{\exp(\sigma^2 - 1)\exp(2\mu + \sigma^2)} = \\ & \sqrt{\exp(0.757^2 - 1)\exp(2 * (-1.593) + 0.757^2)} = 0.218 \end{aligned}$$

Das negative Vorzeichen des Median und des Mittelwertes zeigt Präferenzen der Befragten für geringe Investitionskosten. Auch hier deutet die Standardabweichung auf eine heterogene Präferenzstruktur hin. Hinsichtlich der Art der genutzten Heizenergie wurde in der Befragung zwischen Gasheizung und allen anderen Energieformen differenziert. Die entsprechende Variable HEIZSYS nimmt den Wert 1 an, wenn der Befragte mit Gas heizt und den Wert 0 für alle anderen Systeme. Zwischen den Investitionskosten und dem Heizsystem besteht ein signifikant positiver Zusammenhang, Betreiber einer gasbefeuerten Heizung sind somit bereit, höhere Investitionskosten zu tragen.

## 4.2 Zahlungsbereitschaftswerte

Um ein möglichst genaues Bild von den Präferenzen für die Attribute von Mikro-KWK Anlagen zu erhalten, haben wir die Zahlungsbereitschaften (ZB) in Form von Investitionszahlungen berechnet. Ein ZB-Wert drückt den trade-off zwischen Nutzen und Kosten aus und gibt an, welcher Investitionsbetrag in Euro notwendig ist, um ein Attribut um eine Einheit zu ändern, ohne den Befragten besser oder schlechter zu stellen. Für die folgenden Berechnungen wird der Median des Präferenzparameters anstelle des Mittelwertes verwendet, da dieser stabiler gegenüber Extremwerten ist. Die Medianwerte der ZB sind in Tabelle 6 dargestellt. Hierbei wird die Stichprobe hinsichtlich des vorhandenen Heizsystems differenziert, basierend auf der Annahme, dass die Art des Heizsystems signifikante Effekte auf die ZB-Werte ausübt. Die Spalte ZB (HEIZSYS=0) zeigt die ZB für Befragte ohne Gasheizung und die Spalte ZB (HEIZSYS=1) enthält ZB-Werte für Befragte mit Gasheizung. In der rechten Spalte von Tabelle 6 sind die durchschnittlichen ZB-Werte der Stichprobe enthalten.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Da die ZB-Funktion für die Variable HEIZSYS nicht linear verläuft, entspricht der durchschnittliche Stichprobenwert nicht dem ZB-Wert des durchschnittlichen Befragten. Für das Ziel dieser Untersuchung, aussagekräftige Handlungsempfehlungen für politische Maßnahmen zu erstellen, ist der durchschnittliche Stichprobenwert geeigneter. Die ZB-Werte für den durchschnittlichen Befragten kann nicht ausreichend interpretiert werden, da es sich bei HEIZSYS um eine Dummy Variable handelt.

Die Berücksichtigung der Durchschnittswerte allein kann zu Fehlinterpretationen führen. Die ZB-Werte werden von einigen sozio-demografischen Variablen stark beeinflusst, sowohl im Umfang als auch in der Richtung der Beeinflussung. Die Berechnung der ZB-Werte erfolgte daher für verschiedene Typen von Befragten. Aufgrund der Ergebnislage wurden diese Werte nach Geschlecht differenziert (W/M) und zusätzlich exemplarisch in die Altersgruppen 25 und 60 Jahre. In der Variable Wohnungsgröße erfolgte eine Differenzierung in eine relativ große Wohnung mit 110 Quadratmetern und eine relativ kleine Wohnung mit 50 Quadratmetern. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass diese sozio-demografischen Variablen ausschließlich für Interaktionen der Attribute mit diesen Variablen relevant sind.

Tabelle 6: Durchschnittliche Zahlungsbereitschaft (ZB) nach Heizungssystem

|                    | (HEIZSYS=0)                    | (HEIZSYS=1)                  | Durchschnittswert              |
|--------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| <b>ASC</b>         | 10950.2***<br>[7872.7,14027.8] | 22986.8**<br>[443.1,45530.5] | 16121.3***<br>[5112.6,27130.0] |
| <b>IART-60J</b>    | 1700.2***<br>[448.6,2951.8]    | 3569.1<br>[-777.6,7915.8]    | 1070.4<br>[-524.9,2665.7]      |
| <b>IART-25J</b>    | -1300.8<br>[-2909.3,307.6]     | -2730.7<br>[-7002.8,1541.4]  |                                |
| <b>DAU-W</b>       | 309.2***<br>[89.28,529.0]      | 649.0*<br>[-121.4,1419.3]    | 183.3<br>[-75.03,441.5]        |
| <b>DAU-M</b>       | -73.19<br>[-283.5,137.1]       | -153.6<br>[-617.9,310.6]     |                                |
| <b>CO2SPA-60J</b>  | -198.1<br>[-652.4,256.3]       | -415.8<br>[-1435.9,604.4]    | -804.3**<br>[-1578.0,-30.65]   |
| <b>CO2SPA-25J</b>  | -1272.1***<br>[-1947.9,-596.2] | -2670.3*<br>[-5631.5,290.8]  |                                |
| <b>KSPA-60J</b>    | -146.1***<br>[-187.6,-104.7]   | -306.7*<br>[-614.4,0.890]    | -252.9***<br>[-427.7,-78.05]   |
| <b>KSPA-25J</b>    | -225.2***<br>[-287.3,-163.1]   | -472.8**<br>[-944.4,-1.176]  |                                |
| <b>EEG-W-110qm</b> | -374.7**<br>[-697.7,-51.62]    | -786.5<br>[-1821.1,248.1]    | -57.02<br>[-379.4,265.4]       |
| <b>EEG-M-110qm</b> | -19.76<br>[-319.2,279.7]       | -41.48<br>[-671.5,588.6]     |                                |
| <b>EEG-W-50qm</b>  | 172.2<br>[-190.0,534.4]        | 361.5<br>[-480.2,1203.1]     |                                |
| <b>EEG-M-50qm</b>  | 527.1***<br>[130.1,924.1]      | 1106.5<br>[-273.7,2486.7]    |                                |

95% Konfidenzintervall in Klammern

\*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

Der stärkste Einfluss auf die ZB geht vom jeweils vorhandenen Heizsystem aus. Die ZB-Werte der Betreiber einer Gasheizung für Investitionen in Mikro-KWK Anlagen sind ca. doppelt so hoch wie bei Befragten mit einem anderen Heizsystem. Dies kann besonders dadurch erklärt werden, dass

Mikro-KWK Anlagen meistens mit Gas betrieben werden und somit die erwarteten Investitionskosten für die Nutzer von gasbetriebenen Heizsystemen niedriger ausfallen. Diese zusätzlichen Investitionskosten reduzieren die ZB-Werte von Befragten ohne Gasheizung.

Die ZB-Werte für die ASC in können jeweils als Investitionskosten interpretiert werden, wenn alle Attribute auf den Wert Null gesetzt werden, also Einmalzahlung, keine Vertragslaufzeit, keine Einsparungen an CO<sub>2</sub>-Emissionen und Kosten sowie keine Einspeisevergütung. Dieser Basiswert liegt bei durchschnittlich rund 16.120 Euro. Die ZB-Werte für ITYPE (Investitionstyp), DUR (Vertragslaufzeit) und FIT (Einspeisevergütung) sind zwar für den durchschnittlichen Befragten nicht signifikant, die Betrachtung einzelner Merkmalsausprägungen zeigt dennoch interessante Beeinflussungen auf. ITYPE ist für ältere Befragte relevant. Die signifikanten Zahlungsbereitschaften in den jeweiligen sozio-ökonomischen Teilgruppen sind als Durchschnittswerte in Tabelle 7 dargestellt.

*Tabelle 7: Zusätzliche Zahlungsbereitschaft (ZB) nach sozio-ökonomischen Teilgruppen*

| <b>Teilgruppe</b>                   | <b>%</b>                                                |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 60 Jahre, männlich, ohne Gasheizung | 1.700 Euro für die Attributausprägung Leasingvertrag.   |
| Weiblich, mit Gasheizung            | 649 Euro für ein zusätzliches Jahr an Vertragslaufzeit. |
| Weiblich, ohne Gasheizung           | 309 Euro für ein zusätzliches Jahr an Vertragslaufzeit. |
| 25 Jahre, männlich, mit Gasheizung  | 2.600 Euro für eine Emissionsreduzierung um 10 %.       |
| 25 Jahre, männlich, ohne Gasheizung | 1.200 Euro für eine Emissionsreduzierung um 10 %.       |
| 60 Jahre m/w, mit Gasheizung        | 307 Euro für die Reduzierung der Heizkosten um 1 %.     |
| 60 Jahre m/w, ohne Gasheizung       | 146 Euro für die Reduzierung der Heizkosten um 1 %.     |
| 25 Jahre m/w, mit Gasheizung        | 472 Euro für die Reduzierung der Heizkosten um 1 %.     |
| 25 Jahre m/w, ohne Gasheizung       | 225 Euro für die Reduzierung der Heizkosten um 1 %.     |
| Männer, 50 qm, ohne Gasheizung      | 527 Euro für einen Anstieg des Einspeisetarifs um 1€ct. |

Der negative Zusammenhang zwischen Einspeisetarif und Wohnungsgröße liegt vermutlich am Anteil der überschüssigen Elektrizität. Je größer die Wohnung, umso geringer ist der Anteil an Strom, der ins Netz eingespeist werden kann. Mittlerweile haben sich die EEG-Vergütungssätze an die Erzeugungskosten allerdings angepasst, so dass die Eigennutzung des Stroms lukrativer ist. Dieser hier ermittelte negative Zusammenhang wird somit unter dem aktuellen EEG nicht mehr gelten. Die ZB von weiblichen Befragten, die in großen Wohnungen leben, ist signifikant niedriger im Vergleich zu kleinen Wohnungen und zu männlichen Befragten. Eine plausible Erklärung dafür konnte nicht gefunden werden.

Aus diesen Ergebnissen lassen sich die folgenden Schlussfolgerungen ziehen: erstens besteht eine ZB für Mikro-KWK Anlagen von mindestens 11.000 Euro für ein Basisprodukt ohne zusätzliche Vorteile. Zweitens werden die ZB-Werte durch bestimmte Attributausprägungen teilweise deutlich erhöht. Besonders die Attribute Kostenersparnis und Einsparung an Emissionen führen zu Schwankungen der ZB-Werte. Drittens werden die ZB-Werte durch sozio-demografische Faktoren stark beeinflusst. Zwischen Frauen und Männern bestehen große Unterschiede in der ZB und ebenso zwischen verschiedenen Altersklassen. Auch die Wohnungsgröße und die Art des vorhandenen Heizsystems beeinflussen die ZB-Werte deutlich. Viertens bestehen unbeobachtete Heterogenitäten der Präferenzen. Die ermittelten ZB-Werte wurden für den Median-Befragten berechnet und die teilweise hohen Standardabweichungen deuten darauf hin, dass die Präferenzen zwischen den Befragten stark variieren. Dies kann dazu führen, dass die ZB für eine Attributvariation zwischen den Befragten positiv oder negativ sein kann.

### 4.3 Restriktionen des Choice Experiments

Obwohl Choice Experimente eine sinnvolle Methode zur Abschätzung des Marktpotentials neuer Produkte sind, unterliegen sie einigen Limitationen. In der Literatur wird insbesondere argumentiert, dass die ermittelten marginalen Zahlungsbereitschaften keine beobachteten Marktwerte sondern von den Befragten geäußerte Werte (stated preferences) darstellen. In solchen hypothetischen Situationen werden die Kosten von den Befragten oft nicht hinreichend berücksichtigt, so dass die Zahlungsbereitschaft überschätzt wird. Man kann also davon ausgehen, dass die tatsächlichen Zahlungsbereitschaften unter den hier ermittelten Werten liegen (Hensher 2010; Murphy et al. 2005; Carlsson/Martinsson 2001). Die Zahlungsbereitschaften in einem Choice Experiment sollten daher als Obergrenze interpretiert werden. Man kann relativ sicher davon ausgehen, dass das Marktpotential nicht größer sein wird als das im Choice Experiment ermittelte.

Die Ergebnisse eines Choice Experiments sind abhängig von dem in der Befragung angesprochenen Kontext (Jacobsen et al. 2011; Lew/Wallmo 2011; Loomis et al. 1993). Eine andere Beschreibung des Szenarios, eine gezielt positive Darstellung des Produkts und der Attribute oder eine andere Auswahl an Attributen können die Ergebnisse beeinflussen. Oft suggerieren die ermittelten Parameterwerte eine Scheingenauigkeit. Man sollte daher die hier beschriebenen Ergebnisse eher als Größenordnung interpretieren. Eine zu starke Fokussierung auf die genauen Zahlungsbereitschaftswerte kann zu Fehlinterpretation führen.

In der Literatur werden auch „kleine“ Variationen im Design des Fragebogens und des Choice Experiments selber untersucht. Beispielsweise wurde gezeigt, dass die Anzahl an Alternativen pro

Choice Set, die Reihenfolge der Choice Sets und der Attribute sowie die Position des Choice Experiments im Fragebogen einen Einfluss auf die Ergebnisse haben kann (Meyerhoff et al. 2015; Carlsson/Martinsson 2008; Bateman et al. 2013).

Beim Design des Choice Experiments wurden die Ergebnisse der methodischen Literatur berücksichtigt, und, so weit wie möglich, den aktuellen Empfehlungen zum Design von Choice Experimenten gefolgt (vgl. Johnston et al. 2017; Arrow et al. 1993). Dennoch ist davon auszugehen, dass die Ergebnisse die eben beschriebenen Restriktionen innehaben. Es ist dementsprechend umso wichtiger, die Ergebnisse im Studienkontext zu interpretieren und daraus nicht auf allgemein- und entgeltliche Aussagen zu schließen.

## 5 Zusammenfassung und Implikationen

Die in diesem Kapitel hergeleiteten Implikationen beziehen sich auf Maßnahmen zur Erhöhung der Marktanteile von Mikro-KWK Anlagen. Dabei wird berücksichtigt, dass die Anwendung von Mikro-KWK Anlagen durch private Haushalte lediglich ein Instrument ist zur Erreichung der klimapolitischen Ziele der Bundesregierung. Weitere Instrumente, wie Smart-Grid Technologien zur Reduzierung und Verschiebung von Lastspitzen oder die weitere Netzintegration von erneuerbaren Energien sowie von Elektrofahrzeugen wurden durch das hier dargestellte Projekt und das angewendete Choice Experiment nicht berücksichtigt. Das Choice Experimente wurde auf den Bereich der Mikro-KWK Anlagen beschränkt, um die marginalen Zahlungsbereitschaften für diese Technologie sowie deren Bestimmungsfaktoren ermitteln und von anderen relevanten Technologien isolieren zu können.

Die Ergebnisse des Choice Experimentes geben Hinweise auf Marktpotenziale und unterstützende energiepolitische Maßnahmen, die in den in Kapitel 3 beschriebenen Studien bisher nicht oder nicht in ausreichendem Umfang thematisiert wurden. Die ZB-Werte werden durch soziodemografische Faktoren wie Geschlecht, Alter und Wohnungsgröße stark beeinflusst. Für eine effiziente Entwicklung des Produktdesigns und für die Berücksichtigung von rechtlichen Aspekten sind diese Zusammenhänge von großer Bedeutung. Die Präferenzen für Vertragskomponenten wie Leasing oder Einmalzahlung werden durch die Variablen Geschlecht und Alter determiniert. Frauen präferieren eine längere Vertragsdauer, und Männer sind gegenüber diesem Attribut indifferent. Dies kann durch geschlechtsspezifische Unterschiede in der Risikoaversion begründet sein, konkrete Hinweise darauf liegen allerdings nicht vor. Ältere Personen bevorzugen Leasing, während jüngere Personen eine Einmalzahlung vorziehen, was durch unterschiedliche Zeitpräferenzraten dieser Altersgruppen begründet werden kann.

Einsparungen an Kosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Betrieb einer Mikro-KWK Anlage werden mit zunehmendem Alter weniger wichtig. Auch dieser Unterschied lässt sich durch verschiedene Zeitpräferenzraten erklären, da Ausgaben und externe Effekte für Personen mit einer relativ hohen erwarteten Lebensdauer tendenziell wichtiger sind. Ebenso die Höhe des Einspeisetarifs war zum Zeitpunkt der Befragung für einige Nutzergruppen wichtig. Bewohner von kleineren Wohnungen äußern hier eine zusätzliche Zahlungsbereitschaft für einen höheren Einspeisetarif. Der Grund dafür könnte in Unterschieden in der erwarteten Rentabilität liegen. Zum Zeitpunkt der Befragung lagen die EEG-Einspeisetarife über dem Strommarktpreis. Die Rentabilität einer Mikro-KWK Anlage stieg daher mit der eingespeisten Strommenge, da diese Überschussmenge einen höheren Ertrag erzielte, als im Netz bezogener Strom. Für Anlagenbetreiber in kleinen Wohnungen lohnte sich ein höherer Einspeisetarif daher vergleichsweise mehr. Eine weitere zentrale Erkenntnis, die für die Ausgestaltung des Produktdesigns wichtig ist, bezieht sich auf bestehende Heizsysteme der potenziellen Nutzer von Mikro-KWK Anlagen. Die ermittelten ZB-Werte von Nutzern von Gasheizungen sind höher, vermutlich, weil Mikro-KWK Anlagen meistens gasbetrieben sind und die erwarteten Investitionskosten daher niedriger sind, wenn bereits eine Gasheizung installiert ist.

Die Kenntnisse dieser Präferenzstrukturen und der Ausprägungen der einzelnen und kombinierten Determinanten können für die Entwicklung und Vermarktung des Produktdesigns und für eine konkrete Anpassung an die Bedürfnisse der einzelnen Nutzergruppen verwendet werden. Besonders die ZB-Werte für Veränderungen der Einspeisetarife sind für mögliche energiepolitische Anreizsetzungen relevant. Auf Sicht der Unternehmen, die Mikro-KWK Anlagen herstellen oder vertreiben, ist zunächst die gesamte Zahlungsbereitschaft von Bedeutung. Die ermittelte Größenordnung der Zahlungsbereitschaft liegt je nach Heizsystem zwischen knapp 11.000 und knapp 23.000 Euro zuzüglich zu den ZB-Werten für einzelne Attributsänderungen. Der zum Zeitpunkt der Befragung aktuelle Preisbereich für Mikro-KWK Anlagen lag zwischen 10.000 und 15.000 Euro. Die Ergebnisse des Choice Experiments zeigen, dass die ZB-Werte von Personen mit bestehenden Heizsystemen bereits in der Basisversion ohne weitere Attribute über der Marktpreisspanne liegen. Je nach Ausgestaltung der weiteren Attribute im Produktportfolio können durch Maßnahmen der Preisgestaltung und des Marketing, mit denen die jeweiligen Präferenzstrukturen gezielt angesprochen werden, die realen Zahlungsbereitschaften abgeschöpft werden. Ein weiterer wichtiger Aspekt für Anbieter von Mikro-KWK Anlagen ist, dass auch Mieter, die ca. 35 Prozent der deutschen Bevölkerung ausmachen (Statista 2017) Zahlungsbereitschaftswerte aufweisen, die sich nicht signifikant von denen der Hauseigentümer unterscheiden. Für die Erschließung dieses Kundensegments sind neue Geschäftsmodelle erforderlich, mit denen nicht nur diese

Kundengruppe angesprochen werden kann, sondern auch die sozio-demografischen Effekte auf die einzelnen Attribute berücksichtigt werden können.

In Kombination mit den richtigen Einspeisetarifen kann die Rentabilität von Investitionen in Mikro-KWK Anlagen optimiert werden, indem die Einspeisetarife an die hier ermittelte Präferenzstruktur der potenziellen Nutzer angepasst werden. Besonders die hohen Zahlungsbereitschaften für das Attribut Einspeisetarif von Personen, die in kleineren Wohnungen leben, kann aus energiepolitischer Sicht genutzt werden, um die Attraktivität von Mikro-KWK Anlagen für diese Konsumenten zu erhöhen. Hierbei ist auch die Berücksichtigung der sozio-ökonomischen Variablen bei der künftigen Anpassung der Einspeisetarife im EEG eine Option zur Erhöhung der Attraktivität von Mikro-KWK Anlagen und damit zur Senkung der Netzkosten im deutschen Strommarkt. Beispielsweise können Einspeisetarife für Mikro-KWK Anlagen an die Wohnungsgröße der Nutzer gekoppelt werden. Dadurch würde dieses Produkt für eine große Konsumentengruppe attraktiver, denn rund 25 Prozent der Mietwohnungen in Deutschland haben eine Größe von weniger als 60 Quadratmetern (Zensus 2011). Mit einer solchen Vergrößerung des Marktes für Mikro-KWK Anlagen kann die Effizienz der Stromverteilung erhöht werden, da dezentral erzeugter Strom den Netzausbaubedarf verringert und im Vergleich zu Kohlestrom weniger CO<sub>2</sub> emittiert. Die hohen ZB-Werte, die zum großen Teil über den Marktpreisen liegen, zeigen, dass offensichtlich mehr Konsumenten als bisher bereit sind, in Mikro-KWK Anlagen zu investieren. Der geringe Marktanteil von Mikro-KWK Anlagen muss offensichtlich durch andere Faktoren begründet sein wie z. B. Informationsdefizite bei Anbietern und Nutzern, ein Mangel an geeigneten Geschäftsmodellen, mit denen die unterschiedlichen Präferenzstrukturen aktiviert werden können sowie ein suboptimales Regulierungsumfeld.

Für eine effiziente Nutzung der Potenziale aus einer breiten Anwendung von Mikro-KWK Anlagen ist ein Zusammenspiel von Geschäfts- und Regulierungsmodellen erforderlich. Diese Erkenntnis korrespondiert mit den Ergebnissen von Rosen und Madlener (2012), die in einer Marktsimulation ein Auktionsdesign für einen Handel von Wohnungseigentümern und Mietern von dezentralen Speicherkapazitäten entwickelt haben. Ein solcher Markt erfordert einen freien Zugang der Nutzer von Mikro-KWK Anlagen sowie ausreichende Informationen über die jeweiligen Präferenzstrukturen. Besonders die ermittelten Einflüsse der sozio-demografischen Variablen Alter, Geschlecht und Wohnungsgröße auf die Attribute Investmentkosten, Investitionstyp sowie Einsparungen an Kosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen müssen bei der Marktgestaltung im Detail berücksichtigt werden.

Die erste in Kapitel 3.1 formulierte Frage nach den individuellen Präferenzen für eine nachhaltige Stromversorgung kann durch die Befragung und das Choice Experiment für die untersuchte Stichprobe positiv beantwortet werden, da in dieser Marktsimulation signifikante Zahlungsbereitschaften für eine Reduzierung an CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie für Kostensenkungen durch dezentrale Anwendungen bestehen. Zur Beantwortung der zweiten Frage nach den den Einflüssen des EEG auf das Investitionsverhalten privater Haushalte deuten die Ergebnisse auf einen negativen Zusammenhang zwischen den Präferenzen für Mikro-KWK Anlagen und der Wohnungsgröße hin. Vor dem Hintergrund eines sinkenden Marktanteils von Mikro-KWK Anlagen im deutschen Energiemarkt (BAFA 2016) zeigen die Ergebnisse dieser Marktsimulation, dass dieser Trend umgekehrt werden kann durch das ermittelte und bisher nicht ausgeschöpfte Marktpotenzial für Mikro-KWK Anlagen und ähnliche Technologien zur Erhöhung der Nachfrageflexibilität. Zusätzlich können dadurch auch externe Kosten durch eingesparte Netzkosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert werden.

## Literatur

- Alberini, A.; Banfi, S.; Ramseier, C. (2013): Energy efficiency investments in the home. Swiss homeowners and expectations about future energy prices. In: *The Energy Journal*, 34. (2013), Nr. 1, S. 49-86.
- Arrow, K.; Solow, R.; Portney, P. R.; Leamer, E. E.; Radner, R.; Schuman, H. (1993): Report of the NOAA Panel on contingent valuation. Washington D.C. : National Oceanic and Atmospheric Administration.
- BAFA [Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle] (Hrsg.) (2016): Report 2015/2016. Energie, Wirtschafts- und Mittelstandsförderung, Außenwirtschaft. Eschborn.
- Bateman, I. J.; Harwood, A. R.; Mace, G. M.; Watson, R. T.; Abson, D. J.; Andrews, B. et al. (2013): Bringing ecosystem services into economic decision-making. Land use in the United Kingdom. In: *Science*, 341. (2013), Nr. 6141, S. 45-50.
- BMUB [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit] (Hrsg.) (2016): Climate Action Plan 2050. Principles and goals of the German government's climate policy. Executive Summary. Berlin.
- Carlsson, F.; Martinsson, P. (2001): Do hypothetical and actual marginal willingness to pay differ in choice experiments? In: *Journal of Environmental Economics and Management*, 41. (2001), Nr. 2, S. 179-192.
- Carlsson, F.; Martinsson, P. (2008): How Much is Too Much? In: *Environmental and Resource Economics*, 40. (2008), Nr. 2, S. 165-176.
- Choice Metrics (Hrsg.) (2012): NGene 1.1.1. User Manual & Reference Guide.

- ECOFYS (Hrsg.) (2013): Impacts of restricted transmission grid expansion in a 2030 perspective in Germany. Final Report. Berlin.
- FuelCellToday (Hrsg.) (2013): The Fuel Cell Industry Review 2013. Herts, UK.
- Hensher, D. A. (2010): Hypothetical bias, choice experiments and willingness to pay. In: Transportation Research Part B: Methodological, 44. (2010), Nr. 6, S. 735-752.
- Icha, P.; Kuhs, G. (Mitarb.); Umweltbundesamt (Hrsg.) (2016): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2015. Dessau-Roßlau (Climate change No. 26/2016).
- Jacobsen, J. B.; Lundhede, T. H.; Martinsen, L.; Hasler, B.; Thorsen, B. J. (2011): Embedding effects in choice experiment valuations of environmental preservation projects. In: Ecological Economics, 70. (2011), Nr. 6, S. 1170-1177.
- Johnston, R. J.; Boyle, K. J.; Adamowicz, W.; Bennett, J.; Brouwer, R.; Cameron, T. A. et al. (2017): Contemporary Guidance for Stated Preference Studies. In: Journal of the Association of Environmental and Resource Economists, 4. (2017), Nr. 2, S. 319-405.
- Lew, D. K.; Wallmo, K. (2011): External Tests of Scope and Embedding in Stated Preference Choice Experiments. An Application to Endangered Species Valuation. In: Environmental and Resource Economics, 48. (2011), Nr. 1, S. 1-23.
- Loomis, J.; Lockwood, M.; DeLacy, T. (1993): Some Empirical Evidence on Embedding Effects in Contingent Valuation of Forest Protection. In: Journal of Environmental Economics and Management, 25. (1993), Nr. 1, S. 45-55.
- Lüthi, S.; Wüstenhagen, R. (2012): The price of policy risk — Empirical insights from choice experiments with European photovoltaic project developers. In: Energy Economics, 34. (2012), Nr. 4, S. 1001-1011.
- Meyerhoff, J.; Oehlmann, M.; Weller, P. (2015): The Influence of Design Dimensions on Stated Choices in an Environmental Context. In: Environmental and Resource Economics, 61. (2015), Nr. 3, S. 385-407.
- Michelsen, C. C.; Madlener, R. (2012): Homeowners' preferences for adopting innovative residential heating systems. A discrete choice analysis for Germany. In: Energy Economics, 34. (2012), Nr. 5, S. 1271-1283.
- Murphy, J. J.; Allen, P. G.; Stevens, T. H.; Weatherhead, D. (2005): A Meta-analysis of Hypothetical Bias in Stated Preference Valuation. In: Environmental and Resource Economics, 30. (2005), Nr. 3, S. 313-325.
- Pellegrino, S.; Lanzini, A.; Leone, P. (2015): Techno-economic and policy requirements for the market-entry of the fuel cell micro-CHP system in the residential sector. In: Applied Energy, 143. (2015), S. 370-382.
- Rose, J. M.; Bliemer, M. C. J. (2007): Stated Preference Experimental Design Strategies. In: Hensher, D. A.; Button, K. J. (Hg.): Handbook of Transport Modelling. Emerald Group Publishing Limited (Handbooks in Transport), S. 151-180.

- Rosen, C.; Madlener, R. (2012): Auction Design for Local Reserve Energy Markets. E.ON Energy Research Center, Future Energy Consumer Needs and Behavior (FCN). (FCN Working Paper, No. 7/2012)
- Ruokamo, E. (2016): Household preferences of hybrid home heating systems – A choice experiment application. In: Energy Policy, 95. (2016), S. 224-237.
- Scarpa, R.; Ferrini, S.; Willis, K. (2005): Performance of Error Component Models for Status-Quo Effects in Choice Experiments. In: Scarpa, R.; Alberini, A. (Hg.): Applications of Simulation Methods in Environmental and Resource Economics. Berlin/Heidelberg : Springer-Verlag (The Economics of Non-Market Goods and Resources), S. 247-273.
- Statista (Hrsg.) (2017): Wohnsituation der Bevölkerung in Deutschland 2016 (<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/171237/umfrage/wohnsituation-der-bevoelkerung/>). Abgerufen am 06.02.2017.
- Zensus (2011): Zensusdatenbank - Deutschland - Wohnungen in Gebäuden mit Wohnraum nach Fläche der Wohnung in m2 2014. Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.) ([https://ergebnisse.zensus2011.de/#StaticContent:00,GWZ\\_2\\_1\\_2,m,table](https://ergebnisse.zensus2011.de/#StaticContent:00,GWZ_2_1_2,m,table)). Abgerufen am 06.02.2017.

## Autoren

Prof. Dr. Kai **Rommel** studierte Wirtschaftswissenschaften an der GH Kassel und promovierte in Agrarökonomie an der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin. Zwischen 2000 und 2007 arbeitete er als Assistent am Lehrstuhl für VWL, insbesondere Umweltökonomie an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus. Nach der Habilitation in Volkswirtschaftslehre, Energiewirtschaft und Umweltökonomie übernahm er die Gastprofessur am Lehrstuhl für VWL, insbesondere Umweltökonomie an der BTU Cottbus. 2007 erlangte er das Diplom für Wirtschaftspädagogik an der Humboldt Universität zu Berlin. Danach war er als Stratege für Energiewirtschaft bei der Energie Baden-Württemberg AG tätig. Seit März 2010 ist er Professor für Energy Management und hat ab September 2010 die Position des Forschungsdekans an der International School of Management in Dortmund übernommen.



Dr. Julian **Sagebiel** ist Volkswirt mit Schwerpunkt Internationale Wirtschaft und Mitarbeiter am Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung. Dort beschäftigt er sich mit Landnutzungsstrategien, Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel und untersucht die Präferenzen von Konsumenten zu diesen Themen mit der Choice Experiment Methode. Von 2009 bis 2013 war er tätig als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachbereich Kooperationswissenschaften an der Humboldt Universität zu Berlin, wo er in dem BMBF Projekt „Sustainable Hyderabad“ gearbeitet hat. Dort hat er mehrere Umfragen zur Messung und Bewertung von Stromqualität durchgeführt und ein Pilotprojekt zur effizienten Bewässerung in der Landwirtschaft geleitet.

