

Holm-Müller, Thore; Latacz-Lohmann, Uwe; Loy, Jens-Peter; Schulz, Norbert

Article

Abschätzung der Zahlungsbereitschaft für CO₂-Einsparung: Ein Discrete-Choice-Experiment

German Journal of Agricultural Economics (GJAE)

Provided in Cooperation with:

Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. (GEWISOLA)

Suggested Citation: Holm-Müller, Thore; Latacz-Lohmann, Uwe; Loy, Jens-Peter; Schulz, Norbert (2015) : Abschätzung der Zahlungsbereitschaft für CO₂-Einsparung: Ein Discrete-Choice-Experiment, German Journal of Agricultural Economics (GJAE), ISSN 2191-4028, Deutscher Fachverlag, Frankfurt a. M., Vol. 64, Iss. 2, pp. 63-75,
<https://doi.org/10.52825/gjae.v64i2.1984>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/304951>

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.

Abschätzung der Zahlungsbereitschaft für CO₂-Einsparung – Ein Discrete-Choice-Experiment

Estimation of the Willingness to Pay for CO₂ Savings – A Discrete Choice Experiment

Thore Holm, Uwe Latacz-Lohmann, Jens-Peter Loy und Norbert Schulz
Christian-Albrechts-Universität Kiel

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird die Zahlungsbereitschaft für verschiedene Verfahren zur Einsparung von CO₂-Emissionen im norddeutschen Raum mittels eines Discrete-Choice-Experimentes untersucht. Die Ergebnisse einer Latent-Class-Schätzung zeigen, dass die Befragten in vier verschiedene Klassen eingeteilt werden können. Die Klassenzugehörigkeit wird dabei im Wesentlichen durch das Alter und die allgemeine Neigung zum Klimaschutz determiniert. Insgesamt haben alle Probanden die höchste Präferenz für die Einsparung von CO₂-Emissionen durch entsprechende Zertifikate, die geringste Präferenz haben die Probanden für die Speicherung von CO₂ in unterirdischen Lagerstätten. Die ermittelten Zahlungsbereitschaften für CO₂-Einsparungen schwanken von 644 €/t CO₂ bis zu Kompensationsforderungen für die Anwendung eines bestimmten Verfahrens zur Verringerung von CO₂-Emissionen von 161 €/t CO₂.

Schlüsselwörter

Klimaschutz; CO₂-Emissionen; Discrete-Choice-Experiment; Norddeutschland; Latent-Class-Schätzung

Abstract

In this article the willingness to pay for different methods to save carbon dioxide emissions in northern Germany are examined by a Discrete Choice Experiment. The results of a latent-class estimation show, that the respondents could be disposed into four different classes. The membership to a certain class is mostly determined by the age and the common preferences for climate protection of the respondents. All respondents have the highest preference to save CO₂ emissions by CO₂-certificates, the lowest preferences exist for the carbon dioxide capture and storage method. The results vary between a willingness to pay for saving CO₂ emissions of 644 €/t and a willingness to accept a certain method for a compensation of 161 €/t carbon dioxide.

Key Words

climate protection; CO₂ emissions; Discrete Choice Experiment; northern Germany; latent class estimation

1 Einleitung

Die OECD hat in einer Studie zum Umweltausblick bis 2050 die Prognose aufgestellt, dass die Weltbevölkerung von derzeit 7 Milliarden Menschen bis zum Jahre 2050 auf etwa 9 Milliarden anwachsen wird (OECD, 2012). Das erhebliche Bevölkerungswachstum wird die derzeit schon prekäre Klimasituation weiter verschärfen. Laut OECD-Projektionen wird der Großteil dieses Bevölkerungswachstums in den Städten stattfinden. Es ist davon auszugehen, dass im Jahre 2050 etwa 70 % der Weltbevölkerung in urbanen Gebieten leben werden. Aufgrund dieser Entwicklungen werden die Schadstoffemissionen insbesondere auch durch vermehrte Staubbildung in den Städten deutlich ansteigen. Eine weitere Folge dieser demografischen Entwicklung ist ein Zunehmen von Slums, in denen keine geregelte Abfall- und Abwasserentsorgung durchgeführt werden kann. Auch dies bedeutet eine immense Belastung für die Umwelt. Die OECD empfiehlt, umgehend neue Maßnahmen zur Verringerung der Umweltbelastung zu entwickeln und zu ergreifen, da ansonsten die erzielten Erfolge durch das extreme Bevölkerungswachstum (z.T.) wieder zunichte gemacht werden (OECD, 2012). Ohne tiefgreifende Maßnahmen werden die weltweiten Treibhausgasemissionen bis zum Jahre 2050 um etwa 50 % zunehmen. Ein Großteil dieses Anstieges ist auf die Zunahme der energiebedingten CO₂-Emissionen zurückzuführen.¹

¹ Die OECD prognostiziert, dass ohne neue Politikmaßnahmen der Energieverbrauch 2050 um etwa 80 % höher sein wird als heute. Zurückzuführen ist dieser deutlich höhere Energieverbrauch auf eine Vervierfachung

Die Politik ist sich dieser Probleme durchaus bewusst. So hat die deutsche Bundesregierung bei der Umsetzung der Koalitionsvereinbarung zugesagt, die Treibhausgasemissionen um 40 % (bezogen auf das Basisjahr 1990) bis 2020 zu reduzieren. Eine Bedingung für diese Einsparung ist, dass sich die übrigen EU-Staaten gleichzeitig dazu verpflichten, die europäischen Emissionen insgesamt um 30 % über den gleichen Zeitraum zu reduzieren. Weitere Ziele in diesem Kontext sind u.a. eine Steigerung der Energieproduktivität um 3 % pro Jahr, sodass die Energie im Vergleich zum Basisjahr 1990 im Jahre 2020 doppelt so effizient genutzt werden kann. Des Weiteren soll der Anteil der erneuerbaren Energien deutlich erhöht werden² und der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) an der Stromerzeugung bis zum Jahre 2020 auf 25 % sogar verdoppelt werden (BMU, 2009).

Es gibt zahlreiche Alternativen, in die investiert werden kann, um die genannten Ziele zu erreichen. Es gilt allerdings zu berücksichtigen, dass sich die verschiedenen Alternativen teilweise deutlich in den Kosten, den Risiken und weiteren externen Effekten der Implementierung unterscheiden. In der Literatur existieren bereits einige Studien zur Messung der Zahlungsbereitschaft für die Vermeidung von CO₂-Emissionen (BERK und FOVELL, 1999; MACKERRON et al., 2009). Allerdings wird in keiner dieser Studien untersucht, welches Verfahren die Bevölkerung präferieren würde, um Emissionen einzusparen. Außerdem werden die Risiken und externen Effekte der jeweiligen Verfahren zur Vermeidung von CO₂-Emissionen vernachlässigt. Um diese relevante Lücke in der Literatur zu schließen, untersuchen wir die Präferenzen für ausgewählte Verfahren der CO₂-Vermeidung mit Hilfe eines Discrete-Choice-Experimentes. Hierzu werden Einwohner der norddeutschen Städte Kiel und Flensburg sowie einiger kleinerer Gemeinden zwischen Kiel und der Grenze zu Dänemark befragt. Wie bei AUSPURG und LIEBE (2011) ausgeführt wird, können mithilfe von Discrete-Choice-Experimenten (DCE) Entscheidungstheorien bzw. Hypothesen zum Entscheidungsverhalten und deren Bestimmungsfaktoren unter vergleichsweise realen Bedingungen untersucht werden. Die DCE-Methode stellt somit eine geeignete

Analysemethodik im Rahmen dieser Fragestellung dar. Wie in der Konsumforschung wird auch für die Simulation allgemeiner Entscheidungssituationen diese Methodik zunehmend eingesetzt.

2 Literaturüberblick

In der wissenschaftlichen Literatur hat das Thema Klimawandel in den letzten 15 Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Da der Treibhauseffekt als einer der Hauptkatalysatoren des Klimawandels gilt, wurde bereits in einigen Studien analysiert, wie hoch die Zahlungsbereitschaften in einem bestimmten Personenkreis für die Einsparung der Treibhauseffekt verursachenden CO₂-Emissionen sind. Auch wenn viele dieser Studien inhaltlich und methodisch nur sehr begrenzt mit dem hier präsentierten Ansatz vergleichbar sind, so stellen sie doch die einzige Referenz dar, die im Folgenden kurz diskutiert wird. Bereits Ende der 90er Jahre haben BERK und FOVELL (1999) unter Verwendung der contingent-valuation-Methode die Zahlungsbereitschaft der Einwohner von Los Angeles für die Vermeidung eines signifikanten Klimawandels untersucht. Ihre Ergebnisse zeigen, dass die Menschen, deren Klima aufgrund der vorgelegten Szenarien kälter werden würde, eine deutlich geringere Zahlungsbereitschaft für die Vermeidung des Klimawandels haben, als die Menschen, deren Klima wärmer werden würde. Die persönlichen Konsequenzen beeinflussen demnach die Zahlungsbereitschaft für das zunächst homogen erscheinende öffentliche Gut. NOMURA und AKAI (2004) untersuchen ebenfalls mithilfe der contingent-valuation-Methode die Bereitschaft der japanischen Bevölkerung, den Ausbau erneuerbarer Energien in Form von Windkraft und Photovoltaik durch einen monatlichen Beitrag zu unterstützen. Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass die japanischen Haushalte im Durchschnitt bereit wären, 2 000 yen (etwa 16,60 € pro Monat) für den Ausbau erneuerbarer Energien zu zahlen. Dabei spielt der Kenntnisstand der Probanden eine wichtige Rolle für die Höhe der Zahlungsbereitschaft. Mit Hilfe eines DCE³ analysieren MACKERRON ET AL. (2009), wie hoch die Zahlungsbereitschaft für ein freiwilliges

des Weltwirtschaftsvolumens, insbesondere ausgelöst durch ein starkes Wirtschaftswachstum in den BRICS-Staaten.

² Anteil der erneuerbaren Energien: Primärenergieverbrauch auf 50 % bis 2050, Endenergieverbrauch auf 18 % bis 2020, Bruttostromverbrauch auf mindestens 30 % bis 2020, Wärmeenergieverbrauch auf 14 % bis 2020 (BMU, 2009)

³ In der Agrar- und Umweltökonomie wurden schon häufig DCEs angewendet, um die Akzeptanz neuer Produkte oder Verfahren bei Konsumenten zu messen. Beispielsweise sind hier ENNEKING (2003), PROFETA (2006), SAMMER (2006), GREBITUS ET AL. (2009) oder BREUSTEDT (2011) zu nennen.

CO₂-Zertifikat als Ausgleich der anfallenden Emissionen während einer Flugreise ist. Das Experiment war so gestaltet, dass den Befragten mehrere Choice-Sets vorgelegt wurden, in denen die CO₂-Zertifikate entweder mit dem „Gütesiegel“ einer staatlichen Zertifizierung versehen oder aber nicht staatlich zertifiziert waren, des Weiteren konnte jede Alternative noch durch bestimmte Zusatznutzen (beispielsweise Erhaltung der Biodiversität oder CO₂-arme Technologien) charakterisiert sein. Ein drittes Attribut des Choice-Sets war der Preis der Alternative. Im Durchschnitt zeigt sich, dass die Zahlungsbereitschaft für ein solches freiwilliges CO₂-Zertifikat bei etwa 24 £/Flug (etwa 28 €) liegt.⁴ In der vorliegenden Arbeit wird im Prinzip der Ansatz von MACKERRON et al. (2009) umgesetzt, wobei sich die Zusatznutzen objektiv und subjektiv aus den verschiedenen Verfahren der CO₂-Einsparung ableiten lassen. VISCUSI und ZECKENHAUSER (2006) zeigen abermals, dass auch bei DCE, die eine reale Entscheidung simulieren sollen, der Aufbau des Experimentes Auswirkungen für die Ergebnisse haben kann. In dem DCE mit über 250 Studenten an der Harvard-Universität wurde die Zahlungsbereitschaft für bestimmte politische Interventionen zur Eindämmung der globalen Klimaerwärmung ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, dass die absolute Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung von Klimaerwärmung wesentlich höher ausfällt, wenn nach einem prozentualen Anteil des Einkommens verlangt wird, als wenn eine fixe Benzin-Steuer gefordert wird. So beträgt der Median der Zahlungsbereitschaft nur 0,50 \$/Gallone Benzin, wenn nach einer konkreten Steuer auf Benzin gefragt wird, wenn allerdings die Zahlungsbereitschaft am Einkommensanteil gemessen wird, sind die Befragten im Mittel bereit, 3 % ihres Einkommens zur Vermeidung der Klimaerwärmung zur Verfügung zu stellen. Bei einem monatlichen Einkommen von 3 000 € würde die Zahlungsbereitschaft folglich bei 90 € pro Monat liegen. WISER (2007) analysiert unter Verwendung eines contingent-valuation-Ansatzes die Zahlungsbereitschaft für erneuerbare Energien und kann zeigen, dass die Zahlungsbereitschaften höher ausfallen, wenn die Maßnahmen privat bereitgestellt werden und wenn alle zahlen müssen.

ACHTNICHT (2009, 2012) kommt in seiner Studie und Verwendung eines Choice-Experiments unter Anwendung des mixed logit Ansatzes für den deutschen Markt zu dem Ergebnis, dass die Zahlungsbereitschaft der Deutschen im Mittel für die Einsparung zwischen 90 bis 256 € je Tonne CO₂ liegt.

3 Methode

Das DCE⁵ geht zurück auf die Arbeiten von LUCE und TUKEY (1964), QUANDT (1968) sowie THEIL (1970). Die ökonometrischen Konzepte wurden unter anderem von MCFADDEN (1974) und LOUVIERE und WOODWORTH (1983) entwickelt. Als mikroökonomische Basis für DCE dient das Zufallsnutzenmodell. Der Nutzen U einer Alternative j für eine Person i wird dabei additiv in eine Determinante V und eine zufällige Komponente ϵ zerlegt:

$$U_{ij} = V_{ij} + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

Der deterministische Nutzen V wird im DCE als Summe der Einflüsse der N Attribute und der M persönlichen Eigenschaften modelliert. Im Experiment sollen die Teilnehmer eine aus J Alternativen, in unserem Fall CO₂-Einsparungsverfahren, wählen. Eigenschaften der Alternativen – Attribute genannt – sind mit z gekennzeichnet und Eigenschaften der Person mit s . Der erklärte Teil wird gemäß der Idee von LANCASTER (1966) als eine additive Funktion für den deterministischen Nutzen modelliert:

$$V_{ij} = \alpha_0 + \sum_{n=1}^N \alpha_n z_{ijn} + \sum_{m=1}^M \beta_{jm} s_{im} \quad (2)$$

Die Parameter α und β werden ökonometrisch geschätzt. Aus den Schätzern für α lässt sich ableiten, welche Verfahrenseigenschaften ein signifikantes Gewicht bei der Wahl eines der Verfahren zur CO₂-Einsparung haben. Die β -Schätzer erlauben Rückschlüsse auf die Eigenschaften des Befragten, welche die Wahl eines der Verfahren wahrscheinlicher oder weniger wahrscheinlich erscheinen lassen. Diese Individuen-spezifischen Eigenschaften stellen in unserer Studie die sozioökonomischen Variablen (Alter, Einkommen, Bildung, Geschlecht, Wohnsituation) der Befragten dar.

⁴ BROUWER et al. (2008) untersuchen ebenfalls die Zahlungsbereitschaft Flugreisender für CO₂-Zertifikate. Sie finden generell eine starke Nachfrage nach klimaschonenden Maßnahmen mit Unterschieden zwischen Konsumenten aus den verschiedenen Erdteilen. Im Durchschnitt wären Europäer (Asiaten) bereit, 26,60 (16,10) €/Flug extra für ein solches Zertifikat zu bezahlen.

⁵ Zur Erläuterung der methodischen Vorgehensweise orientieren wir uns im Folgenden einerseits an den Ausführungen von BREUSTEDT ET AL. (2008) und andererseits an OUMA ET AL. (2007)

Wir gehen dann davon aus, dass die Alternative mit dem größten Gesamtnutzen (j^*) vom Befragten gewählt wird:

$$\max_j U_{ij} \Leftrightarrow V_{ij^*} + \varepsilon_{ij^*} \geq V_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad \text{für alle } j \in J. \quad (3)$$

Wählt der Befragungsteilnehmer das von ihm am stärksten präferierte Verfahren j^* , so kann die Wahrscheinlichkeit, dass ein Verfahren j^* aus einem Set von k Alternativen vom Befragten i gewählt wird, wie folgt definiert werden:

$$\text{prob}_{ij^*} = \text{prob} \left\{ V_{ij^*} + \varepsilon_{ij^*} \geq V_{ij} + \varepsilon_{ij} \mid j^* \neq j \forall j \in k \right\} \quad (4)$$

Die in DCE üblicherweise angewendete Schätzmethodik hat allerdings ihre Grenzen. Einfache Logit bzw. Probit-Modelle unterstellen homogene Präferenzen der Befragten. Für die Modellierung heterogener Präferenzen wurden u. a. Mixed-Logit- oder Latent-Class-Modelle entwickelt (MCFADDEN und TRAIN, 2000; TRAIN 2003). Im DCE bekommen die Befragten eine bestimmte Anzahl an Choice-Sets vorgelegt. In jeder Situation t sollen sie sich für die Alternative j entscheiden, die sie am meisten präferieren. In der allgemeinen Form bedeutet dies nach TRAIN (2003):

$$U_{ijt} = \gamma_i x_{ijt} + \varepsilon_{ijt} \quad (5)$$

x_{ijt} besteht aus den Variablen z (Attribute der Alternativen) und s (Charakteristika der Befragten). Der Koeffizient γ_i ist unbeobachtet für jedes i und variiert in der Population mit der Dichtefunktion $f(\gamma_i|\theta)$, wobei θ ein Vektor einer kontinuierlichen Populationsverteilung ist.

Mixed-Logit-Modelle berücksichtigen die Präferenzheterogenität, die Modelle sind aber nicht geeignet, diese zu erklären (BOXALL und ADAMOWICZ, 2002), da nur die Koeffizienten γ_i und ihre Standardabweichungen ermittelt werden. Wie es allerdings zu einer kleinen oder großen Standardabweichung der geschätzten Koeffizienten γ_i kommt, wird nicht deutlich. Um zu ermitteln, worauf es zurückzuführen ist, dass gewisse Personen eine Alternative mit einer hohen oder weniger hohen Wahrscheinlichkeit wählen,

bieten sich Latent-Class-Modelle an. Sie sind nach OUMA et al. (2007) besser geeignet, die Präferenzheterogenität auch zu erklären. In dem hier vorliegenden Beitrag wenden wir deshalb den Latent-Class-Ansatz an, um der Frage nachzugehen, was die unterschiedlichen Zahlungsbereitschaften für die einzelnen CO₂-Einsparungsverfahren bestimmt. Die Individuen werden mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit in eine Anzahl latenter Klassen eingeordnet. In den Klassen werden die Präferenzen der Befragten als homogen und zwischen den Klassen als heterogen angesehen. Die Zugehörigkeit zu einer Klasse wird durch eine Logit-Funktion in Abhängigkeit der Charakteristika der Befragten bestimmt. Die Befragten sind damit abhängig von ihren soziodemographischen Charakteristika mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit Mitglied in jeder Klasse. Die gemischte Verteilung von $f(\gamma_i|\theta)$ ist im Latent-Class-Modell nach TRAIN (2003) diskret. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Befragte i die Alternative j^* in einer gegebenen Entscheidungssituation (Choice-Set t) wählt, ist dann in der Klasse c wie folgt gegeben:

$$\text{Prob}(ij^*t|c) = \prod_{t=1}^T \frac{\exp(\gamma_c z_{ij^*t})}{\sum_{j=1}^J \exp(\gamma_c z_{ijt})} \quad (6)$$

z_{ij^*t} stellt die Variablen der beobachtbaren Charakteristika der Alternativen j dar (vgl. Gleichung 2). γ_c ist in diesem Fall ein klassenspezifischer Schätzkoeffizient, der verwendet wird, um die Heterogenität in den Präferenzen der Befragten über die Klassen darzustellen. Die Wahrscheinlichkeit der Klassenzugehörigkeit kann wiederum wie folgt definiert werden:

$$\text{prob}(c) = \frac{\exp(\theta'_c s_t)}{\sum_{c=1}^C \exp(\theta'_c s_t)} \quad \text{mit } \theta_c = 0 \quad (7)$$

Wobei s_t die Variablen der beobachtbaren Charakteristika der befragten Personen darstellt (vgl. Gleichung 2). Diese Variablen bestimmen die Klassenzugehörigkeitswahrscheinlichkeit der befragten Personen. Die Klassenzugehörigkeitswahrscheinlichkeit einer Person liegt zwischen 0 und 1; die Summe aller Klassenzugehörigkeitswahrscheinlichkeiten summiert sich zu 1 auf. Die Schätzkoeffizienten der letzten Klasse c sind zu Null standardisiert und die Schätzkoeffizienten der anderen Klassen sind im Verhältnis zur letzten Klasse zu betrachten. Ein positiver Koeffizient der ersten Klasse bedeutet beispielsweise, dass eine Person mit der betrachteten Charakteristika-Ausprägung mit einer höheren Wahrscheinlichkeit der ersten Klasse zuzuordnen ist als der letzten Klasse. Wie bei BOXALL und ADAMOWICZ (2002) beschrieben, werden zur Bestimmung der optimalen Klassen-

⁶ Ökonometrisch werden die Wahrscheinlichkeit und ihre Determinanten so geschätzt, dass Alternative j den höchsten Nutzen U_j für eine Person stiftet. Als Werte für die endogene Variable in dieser multinomialen Schätzung gehen eine Eins für die tatsächlich gewählte Alternative und Nullen für die übrigen Alternativen ein. Die anwendbaren Schätzmethoden sind vielfältig, sie basieren auf multinomialen Probit- und Logit-Schätzungen und ihren Modifikationen. Näheres findet sich z.B. bei CAMERON und TREVIDI (2005).

anzahl die Informationskriterien AIC (Akaike Information Criterion), CAIC (Consistent Akaike Information Criterion) und BIC (Bayesian Information Criterion) verwendet. Wir haben uns für die beiden Kriterien CAIC und BIC entschieden, da in diesen auch die Stichprobengröße Beachtung findet.

Aus den Schätzergebnissen können die marginalen Effekte bestimmt werden, woraus wiederum die Zahlungsbereitschaften für die Einsparung von CO₂ abgeleitet werden können. In Modellen, die linear in ihren Parametern sind, lassen sich die marginalen Effekte direkt aus den Schätzkoeffizienten berechnen (vgl. BEN-AKIVA und LERMAN, 2000). Da marginale Effekte allerdings bei ganzzahligen Variablen nicht infinitesimal betrachtet werden sollten, werden wie bei BREUSTEDT et al. (2008) in einem ersten Schritt die Wahlwahrscheinlichkeiten an den Mittelwerten aus den Beobachtungen bestimmt, danach wird für eine diskrete Änderung jeder einzelnen Variable die Wahlwahrscheinlichkeit erneut bestimmt. Aus der Differenz dieser Wahlwahrscheinlichkeiten lassen sich die marginalen Effekte bestimmen. Aus dem Verhältnis des marginalen Effektes zum marginalen Effekt der Preisvariablen a (wobei $a \in Z$ ist) können die marginalen Zahlungsbereitschaften (Willingness to Pay) in Euro pro Tonne CO₂ (pro Monat) bestimmt werden. Formal gestaltet sich dies wie folgt:

marginale WTP_{ij} für z_{ij} =

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^I \frac{\Delta prob_{ij}}{\Delta z_{ij}}}{I} \right) / \left(\frac{\sum_{i=1}^I \frac{\Delta prob_{ij}}{\Delta a_{ij}}}{I} \right) \quad (8)$$

Das Vorgehen orientiert sich an der Delta-Methode (vgl. u.a. HOLE, 2007)

4 Daten

Zur Abschätzung der Zahlungsbereitschaft für die Einsparung von CO₂ wurden 2 000 Fragebögen innerhalb Schleswig-Holsteins verschickt. Die Adressen wurden von den Einwohnermeldeämtern in Kiel (40 %) und Flensburg (40 %) zur Verfügung gestellt. 20 % der Adressen wurden aus den ländlichen Regionen zwischen Flensburg und Kiel über zufällig ausgewählte Telefonbucheinträge im Internet ausgewählt.⁷ In diesen drei Regionen leben ca. 20 % der

schleswig-holsteinischen Gesamtbevölkerung. 178 Fragebögen wurden ausgefüllt und zurückgeschickt.⁸ Der Fragebogen beginnt mit der Aufzählung einiger Konsequenzen des Treibhauseffektes.⁹ Im Anschluss daran wird ein Szenario entwickelt, in dem unterstellt wird, dass jeder Bürger 1 Tonne CO₂ pro Jahr einsparen soll. Hierzu stehen unterschiedliche Verfahren zur Verfügung. Zur Vereinfachung werden im DCE aus der Gesamtheit aller Verfahren zur CO₂-Einsparung insgesamt vier für Schleswig-Holstein spezifische Verfahren ausgewählt. Für die Einsparung von CO₂-Emissionen stehen die Verfahren „CO₂-Lagerstätten“, „Direktsaat“, „CO₂-Zertifikate“ und „Biogas“ zur Verfügung (vgl. Tabelle 2).

Jeder Befragungsteilnehmer bekommt im eigentlichen DCE eine zufällige Auswahl von sechs verschiedenen Choice-Sets aus einer Gesamtheit von 26 Choice-Sets vorgelegt, sodass insgesamt 1 068 Beobachtungen für die Analyse zur Verfügung stehen und jedes Choice-Set mit nahezu der gleichen Häufigkeit im Datensatz vorliegt. Einige der zur Verfügung stehenden Choice-Sets wurden modifiziert, damit kein Verfahren ein anderes im selben Choice-Set dominiert. Durch diese Maßnahmen ist das Design nicht mehr perfekt orthogonal.¹⁰ Das hier erstellte Design erreicht nach den Veränderungen einen noch sehr guten D-Efficiency Wert¹¹ von

⁸ In der Literatur gibt es keine eindeutige Empfehlung für die Größe der Stichproben. BENNETT und ADAMOWICZ (2001) empfehlen beispielsweise, dass jedes Choice-Set von mindestens 50 Personen beantwortet werden sollte. In der hier durchgeführten Studie wurde jedes Choice-Set im Durchschnitt von ca. 41 Probanden beantwortet und erreicht damit fast 50. Nach URBAN (1993) sollte die Stichprobe insgesamt eine Größe von $N > 100$ erreichen. Diese Grenze erreichen wir in unserer Studie ebenfalls.

⁹ Als Konsequenzen wurden genannt: Erhebliche Risiken für die Ökosysteme durch Verschiebung der Klimazonen (schon Anstiege der langfristigen Durchschnittstemperatur von 2°C führen zum Aussterben zahlreicher Tier- und Pflanzenarten), Versauerung der Meere (Korallen und andere Meeresbewohner können dadurch ihr Kalkskelett nicht mehr bilden), Erhöhung des Meeresspiegels (Gletscherschmelzen) und Landverlust, Veränderung der Meeresströmung (Versiegen des Golfstroms würde zu einem drastischen Kälteeinbruch in West- und Nordeuropa führen) sowie Niederschlagsbedingte Wetterextreme (vermehrte Dürren und Überschwemmungen).

¹⁰ Perfekt orthogonal bedeutet, dass keine Multikollinearität zwischen den Eigenschaftsausprägungen vorliegt.

¹¹ Die D-Efficiency ist eine Maßzahl für die Effizienz des verwendeten Designs. In Choice-Experimenten soll mit möglichst effizienten Designs gearbeitet werden, welche die Eigenschaften „level balance“, „minimal overlap“, „orthogonality“ und „utility balance“ (vgl. AUSPURG und LIEBE, 2011) bestmöglich erfüllen sollten.

⁷ Der Fragebogen wurde zunächst mittels einer kleineren Stichprobe aus Studenten und Mitarbeitern an der Christian-Albrechts-Universität als webbasierter Fragebogen getestet.

Tabelle 1. Beispielhaftes Choice-Set

Inhalte	Verfahren A	Verfahren B	Verfahren C	Kein Verfahren
Art der CO ₂ -Einsparung	Direktsaat	Direktsaat	CO ₂ -Lagerstätte	Ich wähle gar kein Verfahren
Ort des Verfahrens	nicht am Wohnort	unmittelbar in der Umgebung	nicht am Wohnort	
Kosten in Euro pro Monat	25	5	45	
Ich würde zustimmen...	☐	☐	☐	☐

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 2. Ausgewählte Verfahren zur CO₂-Einsparung¹⁴

Verfahren	Erläuterung
CO ₂ -Lagerstätten	Verlagerung von vorhandenem CO ₂ in unterirdische Gesteinsschichten
Direktsaat	Landwirtschaftliches Aussaatverfahren, bei dem das Saatgut ohne weitere Bodenbearbeitung (pfluglos) und damit kraftstoffsparend direkt in den Boden abgelegt wird. Des Weiteren wird durch den Verzicht auf Bodenbearbeitung verhindert, dass das im Bodengefüge gebundene CO ₂ freigesetzt wird.
CO ₂ -Zertifikate	Erlauben, eine bestimmte Menge CO ₂ zu produzieren. Durch den Kauf solcher Zertifikate stehen diese nicht mehr für die Industrie zur Verfügung, folglich muss die Industrie CO ₂ einsparen.
Biogas	Stromerzeugung aus tierischen Exkrementen und Energiepflanzen

Quelle: eigene Darstellung

94,28 %¹². Tabelle 1 zeigt eines der vorgelegten Choice-Sets.

Die Preise in den Choice-Sets wurden an tatsächlichen Preisen für eine Tonne CO₂ in Deutschland orientiert, wobei der Preis für eine Tonne CO₂-Einsparung durch den Handel mit Zertifikaten die untere Preisgrenze darstellte und die obere Grenze die Kosten für die Einsparung von einer Tonne CO₂ durch den Einsatz des Direktsaat-Verfahrens (ILPER, 2012).¹³

In Tabelle 2 sind die möglichen Verfahren zur Einsparung von CO₂-Emissionen dargestellt. Der Befragte muss sich bei jedem der vorgelegten Choice-Sets für eine der vier angebotenen Alternativen entscheiden. Die angebotenen Alternativen setzen sich aus drei Verfahren und der Alternative „kein Verfahren“ zusammen. Die drei eigentlichen Verfahren variieren in der Art des Verfahrens (Biogas, CO₂-Lagerstätte, Direktsaat, CO₂-Zertifikate), im Ort des Verfahrens (unmittelbar in der Umgebung, nicht am Wohn-

ort) und in den Kosten, die für die Einsparung einer Tonne CO₂ aufgebracht werden müssten.

¹⁴ Die möglichen negativen Folgen der Verfahren werden im Fragebogen wie folgt dargestellt: CO₂-Lagerstätten: Bei diesem Verfahren wird CO₂ in unterirdische Gesteinsschichten injiziert. Es wird also nicht direkt CO₂ eingespart, sondern lediglich bereits entstandenes CO₂ verlagert. Fragen der Langzeitsicherung sind beim Gesetzesentwurf zu diesem Verfahren weitestgehend vernachlässigt worden. Direktsaat: Bei diesem landwirtschaftlichen Aussaatverfahren wird das Saatgut ohne weitere Bodenbearbeitung direkt im Boden abgelegt. Das Bodengefüge wird nicht zerstört, wodurch CO₂ besser im Boden gespeichert werden kann. Zu bedenken ist, dass im Vergleich zu anderen Aussaatverfahren eingesetzte Gülle als Dünger nicht mehr geruchsarm eingearbeitet werden kann, dadurch entsteht eine erhöhte Geruchsbelästigung für die Anwohner. CO₂-Zertifikate: Auf dem Markt für CO₂-Emissionen können CO₂-Zertifikate erworben werden. Durch den Kauf solcher Zertifikate stehen diese nicht mehr für die Industrie zur Verfügung, folglich muss die Industrie CO₂ einsparen. Biogas und Windkraft: Strom wird durch Gaserzeugung aus tierischen Exkrementen und Energiepflanzen sowie aus Windkraft erzeugt. Bei diesen Verfahren erfolgt die Stromerzeugung nahezu ohne die Produktion von CO₂. Als Nachteile sind zu nennen, dass die Windräder auf naheliegende Häuser Schatten werfen und der erhebliche Bedarf an Mais für die Biogasproduktion das Landschaftsbild auffallend prägt. Außerdem muss kritisch beachtet werden, dass zur Produktion von Biogas zum Teil Nahrungsmittel verwendet werden.

¹² Ein perfekt orthogonales Design hat einen D-Efficiency-Wert von 100. Werte von über 90 sind als gut anzusehen (vgl. KUHFIELD, 2005).

¹³ Für eine abschließende Bewertung der Verfahren sind die Kosten der Verfahren zu berücksichtigen. Wir haben hier nur erste Informationen für zwei der Verfahren. Dieser Aspekt wird am Ende der Arbeit kurz diskutiert.

Nach der Erläuterung der einzelnen Verfahren werden die Befragten aufgefordert, ihre Präferenzen für die jeweiligen Verfahren zu offenbaren, indem sie sich für eines der vorgestellten Verfahren durch Ankreuzen im jeweiligen Choice-Set entscheiden.

Die Kennwerte der sozioökonomischen Variablen sind in Tabelle 3 dargestellt. 7 % der Befragten haben angegeben, dass ihr Haushalt über ein monatliches Bruttoeinkommen von über 6 000 € verfügen. Für den Großteil der Befragten (26 %) liegt das monatlich zur Verfügung stehende Bruttohaushaltseinkommen allerdings zwischen 2 001 und 3 000 €. Insgesamt sind 35 % der Befragten weiblich, bei einem durchschnittlichen Alter über alle Befragten von 58 Jahren. Bezogen auf ihre Ausbildung haben 29 % angegeben, dass sie über einen Universitätsabschluss verfügen. Fast dreiviertel der Befragten (72 %) leben in Städten und Gemeinden mit mehr als 10 000 Einwohnern. Entsprechend diesem hohen Anteil lebt ein relativ kleiner Anteil der Befragten in unmittelbarer Nähe zu Biogasanlagen (23 %) oder Windkraftanlagen (30 %).

Neben den sozioökonomischen Variablen wurden einige weitere persönliche Einstellungen abgefragt. Die Befragten wurden mit den Aussagen „Klimaschutz ist mir wichtig“, „Ich achte beim Einkaufen auf die Klimafreundlichkeit der Produkte“ und „Der Staat sollte allein für den Klimaschutz verantwortlich sein“ konfrontiert. Mittels einer Likert-Skala (1: „Ich stimme voll und ganz zu“ bis 5 „Ich stimme gar nicht zu“) haben die Befragten die Aussagen bewertet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 1 dargestellt.

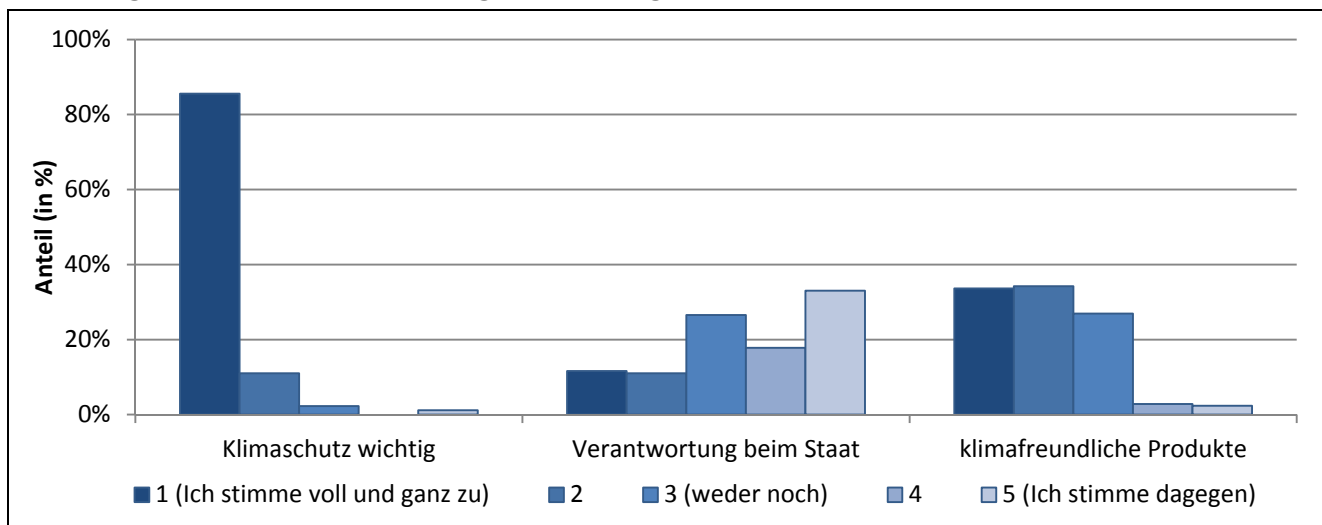
Das eindeutigste Ergebnis zeigt sich beim Klimaschutz; fast 85 % der Befragten haben sich dazu bekannt, dass ihnen Klimaschutz wichtig ist. 33 % aller Befragten geben an, dass der Staat nicht allein für den Klimaschutz verantwortlich sein sollte. Bei der Verantwortlichkeit des Staates ist das Ergebnis allerdings nicht so eindeutig wie beim Klimaschutz, so geben immerhin noch ca. 12 % an, dass sie der These „Der Staat sollte allein für den Klimaschutz verantwortlich sein!“ voll und ganz zustimmen. 65 % haben bei der Behauptung „Ich achte beim Einkaufen auf die Klimafreundlichkeit der Produkte.“ eine 1 oder 2 gewählt,

Tabelle 3. Deskriptive Statistik der sozioökonomischen Charakteristika der Befragungsteilnehmer

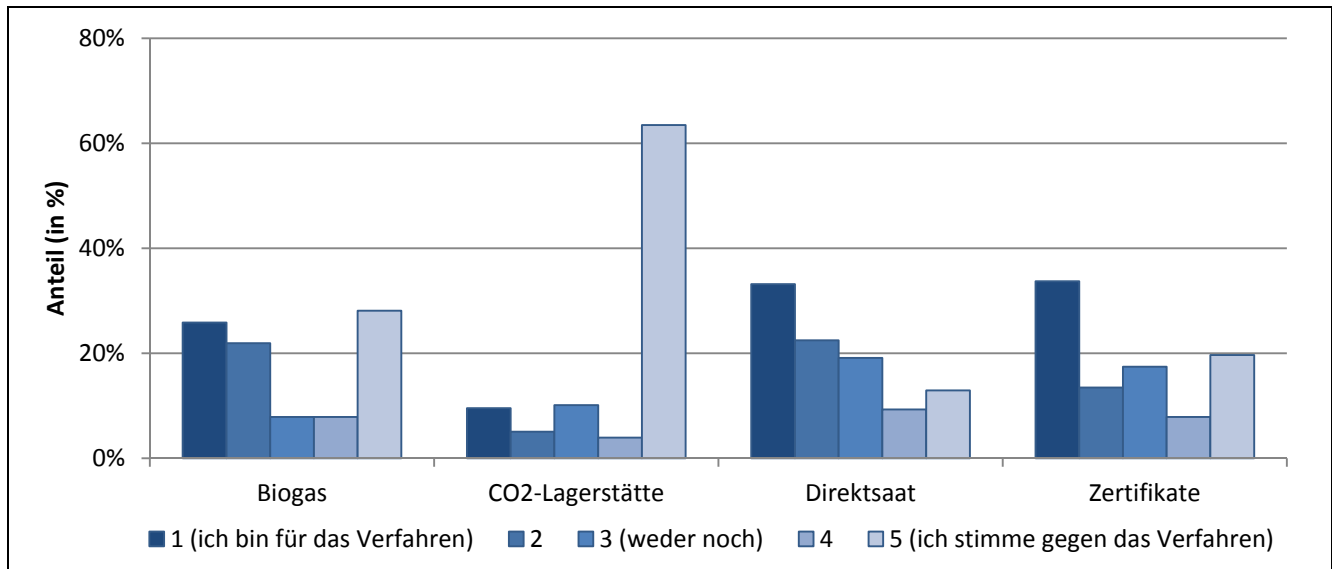
Variablen	Mittelwert	Standardabweichung	Erklärung
Einkommen	0,07	0,26	Dummyvariable (1=monatliches Bruttoeinkommen >6 000 €)
Geschlecht	0,35	0,48	Dummyvariable (1=weiblich; 0=männlich)
Geburtsjahr	1954	16	Geburtsjahr des Befragten
Ausbildung	0,29	0,45	Dummyvariable (Universität=1; sonstige Ausbildung=0)
Größe Wohnort	0,72	0,45	Dummyvariable (1=>10 000 Einwohner, 0<10 000 Einwohner)
Biogas	0,23	0,42	Dummyvariable (1=Biogas unmittelbar in der Umgebung)
Windkraft	0,3	0,46	Dummyvariable (1=Windkraft unmittelbar in der Umgebung)

Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 1. Persönliche Einstellungen der Befragten



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 2. Präferenzen für einzelne Verfahren zur CO₂-Einsparung

Quelle: eigene Darstellung

sie bekennen sich folglich dazu, beim Einkaufen auf klimafreundliche Produkte zu achten. Insgesamt nur 2 % der Befragten achten beim Einkaufen explizit nicht auf die Klimafreundlichkeit der Produkte.

Weiterhin wurden die Befragungsteilnehmer zu ihren Präferenzen bezüglich der Verfahren zur CO₂-Einsparung befragt. In Abbildung 2 sind diese Präferenzen dargestellt.

Sowohl beim Verfahren Biogas als auch beim Verfahren CO₂-Lagerstätte hat ein Großteil der Befragten Vorbehalte gegen das Verfahren. Diese Abneigungshaltung ist beim Verfahren CO₂-Lagerstätte aber deutlich ausgeprägter. Während sich nur etwa 28 % ganz klar gegen Biogas aussprechen, sind es über 63 % aller Befragten, die sich gegen die CO₂-Lagerstätten aussprechen. Die Verfahren Direktsaat und CO₂-Zertifikate werden von der Mehrheit der Befragten befürwortet. 33 % sprechen sich deutlich für das Verfahren Direktsaat aus, bei den CO₂-Zertifikaten sind es mit 35 % sogar noch etwas mehr, die dieses Verfahren befürworten.

5 Ergebnisse¹⁵

Wie aus dem Methodenkapitel ersichtlich wird zunächst die optimale Klassenzahl mittels der Informationskriterien CAIC (Consistent Akaike Information

Criterion) und BIC (Bayesian Information Criterion) für das Latent-Class-Modell ermittelt. Die Informationskriterien zeigen, dass für die Latent-Class-Schätzung des durchgeführten DCE vier verschiedene Klassen optimal sind.¹⁶ Die Ergebnisse der anschließenden Latent-Class-Schätzung sind in Tabelle 4 dargestellt.

In Tabelle 4 sind die in die entsprechenden Klassen eingeteilten Probanden näher beschrieben. In der Tabelle 5 sind die Ergebnisse der Latent-Calls-Schätzung dargestellt. Mit 33 % ist der größte Anteil aller Befragten in Klasse 3 zu finden, die übrigen Probanden sind relativ gleichmäßig auf die anderen Klassen aufgeteilt. Das durchschnittliche Einkommen der verschiedenen Klassen unterscheidet sich nur unwesentlich voneinander. Bei den Präferenzen für die einzelnen Verfahren zur CO₂-Einsparung zeigt sich, dass die Probanden aller vier Gruppen grundsätzlich die Speicherung von CO₂ in unterirdischen Lagerstätten ablehnen. Bei den übrigen Verfahren sind die Unterschiede zwischen den vier Klassen deutlich ausgeprägter. Die Probanden in Klasse 1 befürworteten generell alle ausgewählten Verfahren (abgesehen von den CO₂-Lagerstätten) zur Verringerung von CO₂-Emissionen. Diese Gruppe hat die größte Präferenz für die Einsparung von CO₂ mittels entsprechenden Zertifika-

¹⁵ Die Ergebnisse des Latent-Class-Modells entsprechen soweit möglich im Wesentlichen denen eines multinomialen Logit-Modells. Detaillierte Ergebnisse werden auf Anfrage von den Autoren zur Verfügung gestellt.

¹⁶ Nach CAIC-Kriterium (konsistentes Akaike-Kriterium, vgl. ANDERSON et al., 2010) mit einem Wert von 2 077 sind 4 Klassen optimal. Die Analyse ergab folgende CAIC (BIC) Werte. Für 2 Klassen 2 162 (2 146), für 3 Klassen 2 124 (2 096), für 4 Klassen 2 077 (2 037), für 5 Klassen 2 085 (2 035) und für 6 Klassen 2 118 (2 057).

Tabelle 4. Deskriptive Statistik der einzelnen Klassen

Klasse	1	2	3	4
Anteil	21%	22%	33%	24%
Geschlecht (Anteil weiblicher Probanden)	41%	20%	34%	42%
Anteil ländlicher Bevölkerung	23%	22%	40%	20%
Durchschnittliches Alter (in Jahren)	58	65	62	51
Min	27	41	26	19
Max	80	89	89	88
Durchschnittliches monatliches Einkommen ^a	3,6	3,7	3,5	3,2
Anteil mon. >6 000 €	9%	12%	6%	5%
Durchschnittliche Präferenz für einzelne Verfahren zur CO ₂ -Einsparung ^b				
CO ₂ -Lagerstätte	3,3	3,8	3,9	4,1
Direktsaat	1,6	3,7	1,4	2,3
Zertifikate	1,2	2,9	2,6	2,9
Biogas	2,6	3,5	3,1	1,5
Durchschnittliche Einstellungen zu ausgewählten Statements ^c				
„Klimaschutz ist mir wichtig“	1,1	1,5	1,1	1,1
„Ich achte beim Einkaufen auf die Klimafreundlichkeit der Produkte“	1,8	2,2	1,9	2,2
„Der Staat sollte allein für den Klimaschutz verantwortlich sein“	3,7	3	3,3	3,6

Legende: ^a) Die Daten sind wie folgt skaliert: 1: bis 1 000 €, 2: 1 001 – 2 000 €, [...], 7: >6 000 €.

^b) Die Daten sind mit einer Likert-Skala erhoben: 1: „Ich bin für das Verfahren“, [...], 3: „Weder noch“, [...], 5: „Ich bin gegen das Verfahren“.

^c) Die Daten sind mit einer Likert-Skala erhoben: 1: „Ich stimme voll und ganz zu“, [...], 3: „Weder noch“, [...], 5: „Ich stimme gar nicht zu“.

Quelle: eigene Berechnungen

ten und hat als einzige Gruppe eine relativ neutrale Position gegenüber den CO₂-Lagerstätten.

Diese Präferenzen zeigen sich auch in den Einstellungen der Probanden von Klasse 1 zu bestimmten Statements. Den Probanden ist Klimaschutz wichtig. Sie achten bei ihrer Kaufentscheidung auf die Klimafreundlichkeit der verschiedenen Produkte. Sie sehen die Verantwortung für Klimaschutz nicht ausschließlich beim Staat. Mit einem durchschnittlichen Alter von 58 Jahren ist Klasse 1 die zweitjüngste Klasse. In Klasse 2 sind mit durchschnittlich 65 Jahren die ältesten Probanden enthalten. Im Unterschied zu Klasse 1 ist Klasse 2 dadurch charakterisiert, dass die Probanden tendenziell gegenüber jedem der beschriebenen Verfahren zur CO₂-Einsparung eine ablehnende Haltung aufweisen. Einzig gegenüber den CO₂-Zertifikaten sind sie neutral eingestellt. Eine derart grundsätzlich ablehnende Haltung bestätigt sich in den Antworten zu bestimmten Statements nicht. Den Probanden der Klasse 2 ist Klimaschutz wichtig und sie achten beim Einkaufen auch tendenziell auf die Klimafreundlichkeit der unterschiedlichen Produkte. Einzig beim

Statement „Der Staat sollte allein für den Klimaschutz verantwortlich sein“ beziehen sie weder eine bejahende noch eine ablehnende Haltung. Mit einem durchschnittlichen Alter von 65 Jahren sind die Probanden dieser Klasse die ältesten. Mit einem Anteil von 34 % aller Befragten ist Klasse 3 die größte Klasse. Die Probanden dieser Klasse haben die mit Abstand stärkste Präferenz für die Einsparung von CO₂ mittels des landwirtschaftlichen Bodenbearbeitungsverfahrens Direktsaat. Neben dieser deutlichen Befürwortung der Direktsaat und einer klaren Abneigung gegenüber den CO₂-Lagerstätten zeigen die Probanden aus Klasse 3 eine relativ neutrale Einstellung gegenüber den Verfahren CO₂-Zertifikate und Biogas. Genau wie allen anderen Probanden ist auch den Probanden der Klasse 3 Klimaschutz wichtig, sie achten beim Einkaufen auf die Klimafreundlichkeit ihrer Produkte und sehen tendenziell die Verantwortlichkeit für Klimaschutz nicht ausschließlich beim Staat. Mit einem Durchschnittsalter von 51 Jahren sind die Probanden der Klasse 4 mit Abstand am jüngsten. Diese Klasse zeigt von allen die größte Abneigung gegen-

Tabelle 5. Ergebnisse der Latent-Class-Schätzung

Variable	Klasse 1		Klasse 2		Klasse 3		Klasse 4	
	Koeffi- zient	P>z	Koeffi- zient	P>z	Koeffi- zient	P>z	Koeffi- zient	P>z
Kosten	-0,04	0,00	-0,02	0,06	-0,07	0,00	-0,04	0,00
Biogas	1,86	0,00	-2,41	0,00	1,43	0,01	3,31	0,00
Direktsaat	2,54	0,00	-2,82	0,00	3,64	0,00	1,48	0,00
CO ₂ -Lager	2,41	0,00	-1,63	0,00	0,12	0,78	-1,24	0,00
CO ₂ -Zertifikate	5,38	0,00	-0,42	0,20	1,73	0,00	1,06	0,02
Entfernung (nicht am Wohnort)	0,85	0,00	0,66	0,07	-0,37	0,19	-0,11	0,72
Klassenzugehörigkeit	21%		22%		33%		24%	
Geburtsjahr	-0,02	0,00	-0,07	0,00	-0,04	0,00	Referenz	
Klimaschutz	-0,73	0,44	13,04	0,03	0,45	0,49		
Konstante	425,96	0,00	1355,50	0,00	803,81	0,00		

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 6. Marginale Effekte und Zahlungsbereitschaften für die einzelnen Verfahren

Variable	Klasse 1		Klasse 2		Klasse 3		Klasse 4	
	mE	WTP	mE	WTP	mE	WTP	mE	WTP
Kosten	-0,0013		-0,0037		-0,0110		-0,0070	
Biogas	0,1500	-113,846	-0,5390	144,118	0,3160	-29,084	0,6630	-89,017
Direktsaat	0,2700	-207,814	-0,6010	160,746	0,7000	-64,328	0,3360	-45,044
CO ₂ -Lager	0,2500	-187,875	-0,3780	100,962	0,0197	-1,813	-0,1480	19,918
CO ₂ -Zertifikate	0,8500	-644,222	-0,0841	22,499	0,3910	-35,932	0,2320	-31,250
Entfernung (nicht am Wohnort)	0,0420	-32,308	0,0990	-26,471	-0,0550	5,000	-0,0180	2,571

Legende: mE= marginale Effekte; WTP= Willingness to pay (Zahlungsbereitschaft)

Quelle: eigene Darstellung

über der Speicherung von CO₂ in entsprechenden Lagerstätten. Die Klasse präferiert das Verfahren Biogas am stärksten, ist gegenüber der Direktsaat zum Einsparen von CO₂ aber auch positiv eingestellt. Bei den Einstellungen der Probanden zu bestimmten Klimaschutz-Statements zeigt sich ein vergleichbares Bild wie bei den Probanden der übrigen Klassen.

Wie in Kapitel 3 beschrieben kann anhand der marginalen Effekte die Zahlungsbereitschaft für die jeweiligen Verfahren zur CO₂-Einsparung ermittelt werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 dargestellt.¹⁷

Die mit Abstand größten Zahlungsbereitschaften für die Einsparung von CO₂ liegen in Klasse 1 vor. So würden Probanden, die der Klasse 1 angehören, für

die Einsparung einer Tonne CO₂ bis zu 644 €/t bezahlen, wenn die Einsparung mittels CO₂-Zertifikaten erfolgen würde. Die geringste Zahlungsbereitschaft, die im Vergleich zu den anderen Klassen immer noch relativ hoch ist, liegt mit ca. 114 €/t CO₂ bei der Einsparung durch Biogas vor. Die in Klasse 2 eingeteilten Probanden haben gar keine Zahlungsbereitschaft für eines der Verfahren, vielmehr verlangen sie sogar Geldbeträge zwischen 22 €/t (CO₂-Zertifikate) und 161 €/t (Direktsaat) zur Kompensation, wenn sie eines der Verfahren wählen müssten. Im Vergleich zu den anderen Klassen sind die Zahlungsbereitschaften in Klasse 3 relativ gering. So liegt die Zahlungsbereitschaft bei nur knapp 2 €/t, wenn die Einsparung durch CO₂-Lagerstätten erfolgt, die maximale Zahlungsbereitschaft innerhalb dieser Klasse liegt bei 64 €/t (Direktsaat). In Klasse 4 schwanken die Zahlungsbereitschaften zwischen 31 €/t (CO₂-Zertifikate) und 89 €/Tonne (Biogas), allerdings werden in dieser

¹⁷ In der Schätzung wurde eine Dummy-Variable für die Unterscheidung Stadt/Land getestet. Diese Dummyvariable war nicht signifikant und wird deshalb in der endgültigen Schätzung nicht dargestellt.

Klasse Kompensationen in Höhe von 20 €/t gefordert, wenn CO₂-Emissionen durch entsprechende unterirdische Lagerstätten eingespart werden würden.

6 Diskussion

Grundsätzlich sind Ergebnisse von Studien zur Ermittlung von Zahlungsbereitschaften mithilfe von Konsumentenbefragungen oder Experimenten mit einer gewissen Vorsicht zu interpretieren, und es besteht eine latente Tendenz der Überbewertung. Bei den hier präsentierten Ergebnissen geht es im Wesentlichen um die Unterschiede in den Zahlungsbereitschaften für das gleiche Gut in Abhängigkeit vom Verfahren und nicht um das absolute Niveau der Zahlungsbereitschaften. Insofern ist die Problematik von sozial erwünschtem Antwortverhalten wahrscheinlich weniger relevant. Es gibt zudem verschiedene Studien, die auf eine starke Korrelation zwischen DCE-Ergebnissen und wahren Präferenzen hindeuten (vgl. u. a. CARLSSON und MARTINSSON, 2008; SCARPA et al., 2003, oder TELSER und ZWEIFEL, 2007).

Die Ergebnisse eines DCE zur Ermittlung der Präferenzen für verschiedene Verfahren zur Einsparung von CO₂-Emissionen im norddeutschen Raum zeigen, dass die Befragten in vier verschiedene Klassen eingeteilt werden können. Die Klassenzugehörigkeit wird im Wesentlichen durch das Alter und die allgemeine Neigung zum Klimaschutz determiniert. Den Probanden in Klasse 1 ist im Vergleich zu den anderen Klassen Klimaschutz am wichtigsten und sie achten beim Einkaufen am stärksten auf die Klimafreundlichkeit der Produkte. Dementsprechend weisen sie auch für jedes der ausgewählten Verfahren zur CO₂-Reduktion die höchste Zahlungsbereitschaft auf. Die Zahlungsbereitschaften und damit die Präferenzen für bestimmte Verfahren zur Einsparung von CO₂-Emissionen variieren zwischen den vier verschiedenen Klassen; allen Probanden ist aber die grundsätzliche Ablehnung von CO₂-Lagerstätten gemein. Schleswig-Holstein wird als ein möglicher Standort für eine unterirdische CO₂-Lagerstätte in Betracht gezogen. Im Zuge dieser Diskussion wurde 2009 eine Bürgerinitiative gegen ein CO₂-Endlager in Schleswig-Holstein gegründet. Die intensive Aufklärungsarbeit der Bürgerinitiative hat vermutlich für eine Aufklärung insbesondere über die negativen Folgen und Gefahren eines CO₂-Endlagers in der Bevölkerung gesorgt. Die größte Zustimmung erhält der Handel mit CO₂-Zertifikaten. Auch dieses Ergebnis ist vor dem Hintergrund plausibel, dass die Einsparung mit keinen bekannten

negativen Folgen verbunden ist. Der Grundgedanke dieses Verfahrens basiert auf dem Erwerb von Zertifikaten zur Emission von CO₂. Erwirbt eine Privatperson eines der kontingentierten Zertifikate, steht dieses folglich nicht mehr für die Industrie zur Verfügung und zwingt Industrieunternehmen, die eigenen CO₂-Emissionen zu reduzieren. Da der Handel mit CO₂-Zertifikaten zentral über die Börse geregelt ist und nicht wie die anderen Verfahren am Wohnort der Befragten durchgeführt werden kann, sind die Probanden von diesem Verfahren in ihrem Alltag nicht direkt betroffen. Bei allen anderen Verfahren können direkte negative Konsequenzen¹⁸ für die Probanden mit der Implementierung des entsprechenden Verfahrens denkbar sein. So ist beispielsweise bei den CO₂-Lagerstätten die Langzeitsicherung des gespeicherten CO₂ noch nicht abschließend geklärt. Bei der Direktsaat wird die ausgebrachte Gülle nicht in den Boden eingearbeitet und erzeugt Geruchsbelästigungen in anliegenden Wohngebieten.¹⁹ Bei Biogasanlagen sind die Verwertung von potentiellen Lebensmitteln zur Strom- und Gaserzeugung sowie der zunehmende Anbau von Mais und deren Folgen für die Welternährung bzw. das Landschaftsbild und der Ernteverkehr häufig genannte Kritikpunkte in der öffentlichen Diskussion.

Die Probanden der zahlenmäßig größten Klasse haben keine starken Präferenzen für oder gegen eines der zur Auswahl stehenden Verfahren. Die Zahlungsbereitschaften in dieser Gruppe reichen von 64 €/t CO₂ für Direktsaat bis zu 2 €/t CO₂ für CO₂-Lagerstätten. Auffällig die für diese Probanden nötige Kompensation in Höhe von 5 €/t CO₂, wenn das Verfahren nicht am eigenen Wohnort durchgeführt wird. Diese Kompensationsforderung²⁰ in Verbindung mit der höchsten Zahlungsbereitschaft für die Direktsaat lässt vermuten, dass in dieser Klasse vermehrt Landwirte zu finden sind.²¹ Auch wenn diese Information nicht direkt erhoben wurde, so deutet zumindest der hohe

¹⁸ Über diese negativen Konsequenzen wurden die Probanden im Fragebogen aufgeklärt.

¹⁹ Direktsaat beinhaltet den völligen Verzicht auf Bodenbearbeitung und -lockerung, es gibt nur einen Eingriff in den Boden zur Saatgutablage (LWNRW, 2012). Daher kann ausgebrachte Gülle zwingend nicht eingearbeitet werden und es kommt zu einer höheren Geruchsbelastung.

²⁰ Die Kompensationsforderung bedeutet, dass die Probanden eine Präferenz dafür haben, dass die Verfahren unmittelbar in ihrer eigenen Umgebung durchgeführt werden.

²¹ Landwirte haben eine Präferenz dafür, dass ihre Flächen in nächster Umgebung zur Hofstelle liegen.

Anteil der ländlichen Bevölkerung in dieser Gruppe darauf hin. Für die Probanden in der Klasse 4 ist besonders auffällig, dass sie CO₂-Lagerstätten ablehnen. Wenn das Verfahren zum Klimaschutz eingesetzt werden soll, so fordern sie eine Kompensationszahlung in Höhe von knapp 20 €/t CO₂. Damit würden sie lieber keinen Klimaschutz betreiben, als sich auf dieses Verfahren zu beschränken.

In der Klasse 1 zeigt sich die mit Abstand höchste Präferenz für Klimaschutz. Sie wären bereit, für die Einsparung von CO₂-Emissionen bis zu 644 €/t CO₂ (via CO₂-Zertifikaten) zu bezahlen. Die sich daraus ergebende jährliche Belastung übersteigt sehr wahrscheinlich die wahren Zahlungsbereitschaften und ist mit Vorsicht zu interpretieren bzw. sollte in weiteren Studien geprüft werden. Auch diese Probanden bevorzugen trotz ihrer klimafreundlichen Einstellung, von den Verfahren nicht direkt selbst betroffen zu sein. Die Zahlungsbereitschaft dafür beträgt allerdings nur 32 €/t CO₂. Im Gegensatz zu Klasse 1 sind in Klasse 2 vermehrt dem Klimaschutz gegenüber skeptische Probanden, die für keines der ausgewählten Verfahren eine Zahlungsbereitschaft zeigen. Sie verlangen sogar Kompensationszahlungen von bis zu 161 €/t CO₂ bei Direktsaat, wenn das Verfahren implementiert würde. Auch die Probanden dieser Klasse präferieren es, wenn die Verfahren nicht am eigenen Wohnort etabliert werden. Klasse 1 und Klasse 2 spiegeln Extremhaltungen wider. Unterschiede im Verhalten von Stadt- und Landbevölkerung konnten mit der Analyse nicht aufgezeigt werden. In weiteren Analysen sollte dieser Aspekt eingehender geprüft werden. Welche Einsparungspotenziale tatsächlich durch die einzelnen Verfahren möglich sind, bleibt offen, da in der Analyse jeweils nur die Zahlungsbereitschaft für die Einsparung einer Tonne CO₂ mit dem jeweiligen Verfahren ermittelt wird. Inwieweit allerdings die tatsächliche Einsparung mit dem jeweiligen Verfahren technisch möglich ist, bleibt offen.

Es gilt zu beachten, dass in den Daten ein Selektionseffekt vorliegen kann. Insgesamt wurden 2 000 Fragebögen verschickt, allerdings nur 178 davon beantwortet. Es ist davon auszugehen, dass die Probanden, die den Fragebogen beantwortet haben, sich besonders von der Thematik angesprochen fühlen. Dies kann der Fall sein, weil sie jegliche Maßnahmen für den Klimaschutz befürworten (Klasse 1) oder aber, weil sie dem Klimaschutz skeptisch gegenüber stehen (Klasse 2). Die Ergebnisse des Discrete-Choice-Experimentes sind daher mit einer gewissen Vorsicht zu betrachten. Weiterhin sind die tatsächlichen Kosten der einzelnen Verfahren nicht bekannt. Im Ergebnis

wird deutlich, dass die höchsten Zahlungsbereitschaften für die Verfahren Biogas und Direktsaat in den Klassen 3 und 4 bestehen. Inwieweit diese Zahlungsbereitschaften allerdings die tatsächlich entstehenden Kosten bei Etablierung des jeweiligen Verfahrens decken könnten, sollte in weiteren Analysen untersucht werden.

Literatur

- ACHTNICHT, M. (2009): German car buyers' willingness to pay to reduce CO₂ emissions. ZEW - Centre for European Economic Research Discussion Paper No. 09-058, Nov 2009. ZEW, Mannheim.
- (2012): German car buyers' willingness to pay to reduce CO₂ emissions. In: *Climate Change* 113 (3): 679-697.
- ANDERSON, D.R., K.P. BURNHAM und G.C. WHITE (1998): Comparison of Akaike information criterion and consistent Akaike information criterion for model selection and statistical inference from capture-recapture studies. In: *Journal of Applied Statistics* 25 (2): 263-282.
- AUSPURG, K. UND U. LIEBE (2011): Choice-Experimente und die Messung von Handlungsentscheidungen in der Soziologie. In: *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 63 (2): 301-14.
- BEN-AKIVA, M. und S. LERMAN (2000): Discrete choice analysis: theory and application to travel demand. 8. In printing. MIT Press series in transportation studies 9. MIT Press, Cambridge, Mass. [u.a.].
- BENNETT, J und V. ADAMOWICZ (2001): Some Fundamentals of Environmental Choice Modelling. In: Bennett, J. (Hrsg.); Blamey, R. (Hrsg.): *The choice modelling approach to environmental evaluation*. Edward Elgar, Cheltenham, UK: Kapitel 3: 37-72.
- BERK, R.A. und R.G. FOVELL. (1999): Public perceptions of climate change: a 'willingness to pay' assessment. In: *Climatic Change* 41 (3): 413-446.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2009): ROADMAP ENERGIEPOLITIK 2020, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). URL: http://www.algore2008.de/roadmap_energiepolitik_bund_2020.pdf, abgerufen am 22.06.2014.
- BOXALL, P.C. und W.L. ADAMOWICZ (2002): Understanding Heterogeneous Preferences in Random Utility Models: A Latent Class Approach. In: *Environmental and Resource Economics* 23 (4): 421-446.
- BREUSTEDT, G. (2011): Nachfrage nach klimaneutralen Lebensmitteln – Discrete-Choice-Experimente für Milch und Apfelsaft. Vortrag im Hauptseminar Agrar- und Sozialökonomie an der Universität Hohenheim, Hohenheim, 11.05.2011.
- BREUSTEDT, G., J. MÜLLER-SCHIEBEL und U. LATACZ-LOHMANN (2008): Forecasting the Adoption of GM Oilseed Rape: Evidence from a Discrete-Choice-Experiment in Germany. In: *Journal of Agricultural Economics* 59 (2): 237-256.
- BROUWER, R., L. BRANDER und P. VAN BEUKERING (2008): A convenient truth: air travel passengers' willingness to

- pay to offset their CO₂ emissions. In: *Climatic Change* 90 (3): 299-313.
- CAMERON, A.C. und P.K. TRIVEDI (2005): *Microeconometrics: Methods and Applications*. Cambridge University Press, New York.
- CARLSSON, F. und P. MARTINSSON (2008): How Much is Too Much? An investigation of the Effect of the Number of Choice-Sets, Context Dependence and the Choice of bid Vectors in Choice Experiments. In: *Environmental and Resource Economics* 40 (2): 165-176.
- ENNEKING, U. (2003): Die Analyse von Lebensmittelpreferenzen mit Hilfe von Discrete-Choice-Modellen am Beispiel ökologisch produzierter Wurstwaren. In: *Agrarwirtschaft*. 52 (5): 254-267.
- GREBITUS, C., H.H. JENSEN, J.G. SEBRANEK, J. ROOSEN und S. ANDERS (2009): Consumer preferences for ground beef packaged under a modified atmosphere. Vortrag auf der International Association of Agricultural Economists Conference August 2009 in Beijing, China.
- HOLE, A.R. (2007): A comparison of approaches to estimating confidence intervals for willingness to pay measures. In: *Health Economics* 16 (8): 827-840.
- ILPER, S. (2012): Wirtschaftlichkeit von konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren zur Kohlenstoffbindung in landwirtschaftlichen Böden. Masterarbeit am Institut für Agrarökonomie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- KUHFELD, W.F. (2005). *Marketing research methods in SAS*. SAS Technical Paper TS-722. Retrieved January 19, 2009, from SAS Institute Website: <http://support.sas.com/techsup/technote/ts722.pdf>.
- LANCASTER, K.J. (1966): A New Approach to Consumer Theory. In: *The Journal of Political Economy* 74 (2): 132-157.
- LOUVIERE, J.J. und G. WOODWORTH (1983): Design and Analysis of Simulated Consumer Choice or Allocation Experiments: An Approach Based on Aggregate Data. In: *Journal of Marketing Research* 20 (4): 350-367.
- LUCE, R.D. und J.W. TUKEY (1964): Simultaneous conjoint measurement: A new type of fundamental measurement. In: *Journal of Mathematical Psychology* 1 (1): 1-27.
- LWNRW (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen) (2012): *Bodenbearbeitungssysteme*. Ratgeber 2012. URL: <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/boden/bodenbearbeitungssysteme-pdf.pdf>, abgerufen am 22.06.2014.
- MACKERRON, G.J., C. EGERTON, C. GASKELL, A. PARPIA und S. MOURATO (2009): Willingness to pay for carbon offset certification and co-benefits among (high-) flying young adults in the UK. In: *Energy Policy* 37 (4): 1372-1381.
- MCFADDEN, D. (1974): Conditional Logit Analysis and Qualitative Choice Behavior. In: Zarembka, Bd.P. (ed.): *Frontiers in Econometrics*. Academic Press, New York.
- MCFADDEN, D. und K. TRAIN (2000): Mixed MNL models for discrete response. In: *Journal of applied Econometrics* 15 (5): 447-470.
- NOMURA, N. und M. AKAI (2004): Willingness to pay for green electricity in Japan as estimated through contingent valuation method. In: *Applied Energy* 78 (4) (2004): 453-463.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2012): *Umweltausblick bis 2050: Die Konsequenzen des Nichthandelns*. 1. Auflage. Paris.
- OUMA, E., A. ABDULAI und A. DRUCKER (2007): Measuring heterogeneous preferences for cattle traits among cattle-keeping households in East Africa. In: *American Journal of Agricultural Economics* 89 (4): 1005-1019.
- PROFETA, A. (2006): Der Einfluss geschützter Herkunftsangaben auf das Konsumentenverhalten bei Lebensmitteln: eine Discrete-Choice-Analyse am Beispiel Bier und Rindfleisch. Verlag Dr. Kovac, Hamburg.
- QUANDT, R.E. (1968): Estimation of Model Splits. In: *Transportation Research* 2 (1): 41-50.
- SAMMER, K. (2006): Der Einfluss von Öko-Labeling auf das Konsumentenverhalten: ein Discrete-Choice-Experiment zum Kauf von Glühbirnen. Innovationen für eine nachhaltige Entwicklung. In: Pfriem, R., R. Antes, K. Fichter, M. Müller, N. Paech, S. Seuring und B. Siebenhüner (Hrsg.): *Innovationen für eine nachhaltige Entwicklung*. Gabler-Verlag, Wiesbaden: 469-486.
- SCARPA, R., E.S. RUTO, P. KRISTJANSON, M. RADENY, A.G. DRUCKER und J.E. REGE (2003): Valuing indigenous Cattle Breeds in Kenya: An Empirical Comparison of Stated and Revealed Preference Value Estimates. In: *Ecological Economics* 45 (3): 409-426.
- TELSER, H. und P. ZWEIFEL (2007): Validity of Discrete-Choice-Experiments Evidence for health risk Reduction. In: *Applied Economics* 39 (1): 69-78.
- THEIL, H. (1970): On the Estimation of Relationships Involving Qualitative Variables. In: *American Journal of Sociology* 76 (1): 103-154.
- TRAIN, K. (2003) *Discrete Choice Methods With Simulation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- URBAN, D. (1993): *Logit-Analyse – Statistische Verfahren zur Analyse von Modellen mit qualitativen Response-Variablen*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- VISCUSI, W.K. und R.J. ZECKHAUSER (2006): The perception and valuation of the risks of climate change: a rational and behavioral blend. In: *Climatic Change* 77 (1): 151-177.
- WISER, R.H. (2007): Using contingent valuation to explore willingness to pay for renewable energy: a comparison of collective and voluntary payment vehicles. In: *Ecological Economics* 62 (3): 419-432.

Kontaktautor:

PROF. DR. JENS-PETER LOY

Institut für Agrarökonomie, Abt. Marktlehre,
Christian-Albrechts-Universität Kiel
Wilhelm-Seelig-Platz 7, 24115 Kiel
e-mail: jploy@ae.uni-kiel.de