

Discrete Coice Valuation Model Energy

Michl Wulf

2023-02-03

Einführung

In dieser Arbeit wird ein Teil-Datensatz aus der Studie “Preferences of community renewable energy investments in Europe” von J.J. Cohen et al. (2021) mit Hilfe eines Discrete Choice Probability Models, das auf der Random Utility Theory beruht, analysiert. Der Datensatz ist das Ergebnis einer Befragung zum Thema: Investitionen in gemeinschaftliche erneuerbare Energieprojekte (Community Renewable Energy: CRE), die in 31 europäischen Ländern durchgeführt wurde und insg. 18.037 Teilnehmer umfasste. In dieser Analyse wird ein weniger umfangreicher Datensatz im Umfang von 5 Ländern (Deutschland, Großbritannien, Italien, Frankreich und Türkei) genutzt. Das Modell schätzt die Gewichtung des Einflusses verschiedener Faktoren auf die Entscheidung der Befragten. Die Untersuchung will so ein tieferes Verständnis dafür ermöglichen, wie Anreize für CRE geschaffen werden können.

Der Ausbau der Kapazität von erneuerbaren Energiegewinnung ist ein wesentlicher Schritt in Richtung eines nachhaltigen Stromnetzes. Die EU hat dies zum Ziel vieler regulativer Anreizprogramme wie z.B. der EU-Direktive von 2018 gemacht. CRE Projekte stehen zunehmend im Interesse der Forschung, da sie eine Möglichkeit darstellen, Investitionen von Privatpersonen in Form von “collective ownership” zu ermöglichen. Da in der EU trotz massiver Subventionsprogrammen und der Vergrößerung regulativer Anreize nur etwa 17% des Stroms aus erneuerbaren Energien gewonnen wird und damit die Ziele der EU Kommission von 20% 2020 und 32% 2030 nicht erreicht werden, gewinnen CRE zunehmend an Bedeutung. Sie sind zudem Teil des “Strategic Energy Technology (SET) Plan” der EU, der die Stärkung der Rolle von “Prosumers”, also Bürgern, die sowohl Strom konsumieren und produzieren, vorsieht. CRE weisen vier potentiellen Vorteile auf. Sie ermöglichen kleineren pro Kopf Investitionen für Gruppen von vielen Investoren und können so Zugangshürden in Form von Anfangs Kapitalanforderungen verringern. Dies kann dazu führen, dass lokalen Ungleichheiten entgegengewirkt wird, da auch Menschen mit geringeren Einkommen in diesen Markt investieren können. Lokale Energieproduktion führt zudem generell zu niedrigeren Produktions- und Konsumkosten, da der Strom nicht weit transportiert werden muss. Außerdem können CREs die generelle Haltung gegenüber Erneuerbarerenergieprojekten in der Region verbessern (vgl. J.J. Cohen et al. 2021) .

Um die Verbreitung von CRE zu beschleunigen, ist es notwendig, die Motivation der Investoren besser zu verstehen und so bessere Anreize für eine Beteiligung schaffen zu können. Die Studie konzentrierte sich dabei auf die Aspekte der finanziellen Seite wie Gewinnrate und Beteiligungsdauer, aber auch auf den Faktor der Sichtbarkeit, der Anlagen. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Frage, wem die Leitung des CRE unterliegt. Diese Faktoren bilden das Grundgerüst des Choice Models.

Ziel dieser Untersuchung ist es weiterhin, die folgenden Fragen zu beantworten: 1. Gibt es ein Sättigungsverhalten hinsichtlich der Profitrate ? Wird sie bei bestimmten Höhe irrelevant? 2. Liegt eine allgemeine Tendenz der Teilnehmer:Innen vor Investitionen in Solarprojekte abzulehnen? 3. Gibt es eine Vorliebe für bestimmte Formen von Verwaltungen und wo stehen die CRE hier im Vergleich? 4. Ändert sich die Bedeutung der Haltezeit in Bezug auf das Alter der Teilnehmer:Innen ? Es wäre denkbar, dass Ältere Teilnehmer:Innen von längeren Investments absehen. 5. Verringert sich das Beta für die ländliche Bevölkerung stärker falls der Solarpark für sie sichtbar ist ?

Methods

Die Analyse ist dem Methodenbereich der Stated Preferences Methods zuzuordnen, diese ermöglicht es uns, von den angegebenen Entscheidungen auf die spezielle Präferenzen einzelner Attribute zu schließen. Im speziellen handelt es sich um ein Discrete Choice Model, da die Teilnehmer*innen zwischen verschiedenen "Gütern" in Form der Investition Optionen entscheiden. Die Methode basiert auf der Random Utility Theory, besagt, dass die Befragten Individuen zwar ihren genauen Nutzen kennen, jedoch nicht die Forscher, die die Entscheidungen beobachten. In dem Choice Experiment der Studie wurden den Teilnehmenden zwei hypothetische Investments in acht Wahl-Szenarios angeboten. Jedes der Investmentobjekte zeichnete sich dabei durch vier Argumente aus, welche in ihren Wahloptionen variierten. Zudem gab es eine dritte Möglichkeit, Investition in beide Optionen abzulehnen. Die Reihenfolge der Wahl-Szenarios war zufällig.

In unserem Basismodell gehen wir davon aus, dass sich die Utility Funktion linear verhält, wodurch sich folgende die Utility Funktion ergibt:

$$V(A_j, y - p_j c_j) = \beta_1 a_j 1 + \dots + \beta_K a_j K + \beta_c c$$

Die Attribute level sind dabei

$$a_{jk}$$

sodass sich ergibt:

$$A_j = (a_{j1}, \dots, a_{jk})$$

Das Grundmodell:

Die Profitrate (rate) beschreibt den Anteil des Gewinns, den die Teilnehmer:Innen am Ende der Haltezeit (hold) im Vergleich zu Ihrem Investitionsbetrag erzielen würden. Beispielsweise würde bei einer Profit Rate von 10% und einem Investment in Höhe von 1.000€ ein Betrag von 1.100€ ausgezahlt werden. Die Haltezeit (hold) gibt an, wie viele Jahre das Investment gehalten werden muss, bis das Geld ausgezahlt wird. Diese Vereinfachung kann als risikobefreitetes Investment-Szenario verstanden werden. Die Sichtbarkeit (loc) gibt an, ob der Solarpark vom Zuhause der Teilnehmenden sichtbar ist. Die Verwaltung des Projekts (admin) gibt an, welche Organisation das Investment leitet und kann entweder eine CRE, also eine Gruppe privater Bürger, ein Stromunternehmen oder um eine staatliche Einrichtung sein. Die Alternative Specific Constant ASC in Hinsicht auf den Status Quo, wird durch b_{alt0} bestimmt und gibt den marginalen Anteil einer generelle Ablehnung gegenüber Solarparks an. Im Folgenden wurde versucht, das Modell schrittweise zu verbessern und zu differenzieren. Schließlich werden die einzelnen Modelle in einer Übersichtstabelle verglichen.

Zu Modell 2:

Das Grundmodell geht von einer rein linearen Utility-Funktion aus. Um ein Sättigungsverhalten in Bezug auf das Attribut der Profitrate zu untersuchen, wurde zusätzlich ein quadratischer Betatherm " b_rate^2 " eingefügt. Da das Attribut "admin" eine kategoriale und keine kontinuierliche Variable ist, verwenden wir hier zudem Dummy-Coding und prüfen jeden Administrator-Typ einzeln auf seinen marginalen Einfluss für die Utility.

Zu Modell3:

Das Modell 3 untersucht, ob die Attraktivität von langfristigen Investments mit zunehmendem Alter der Teilnehmenden abnimmt. Hierfür wird das Argument der Haltezeit (hold) im Verhältnis zum sozioökonomischen Merkmal Alter (age) getestet.

Zu Modell4:

Hintergrund des Modell 4 ist die These, dass Teilnehmende, die in Kleinstädten oder ländlichen Gebieten leben, stärker von dem Attribut Sichtbarkeit beeinflusst werden als Großstadtbewohner. Um dies zu prüfen, testen wir das Argument der Haltezeit in Bezug auf das sozioökonomische Merkmal (rural).

Zu Modell 5:

Das Modell 5 stellt eine Erweiterung des Modells 4 dar. Um das Beta b_{profit} für die WTP-Analyse zur schätzen führen wir das monetäre Attribut Profit (profit) in die Utility Funktion der Modelle ein. Mit den so geschätzten Werten für b_{profit} lässt sich im nächsten Schritt das Differential der Willingness-to-pay-Value berechnen.

Zu Willingness to Pay

Der Willingness-to-Pay-Wert gibt die marginale Substitutionsrate zwischen einem der Attribute und einem monetären Attribut an. Für unsere Analyse wählen wir hierfür das Attribut Profit, das sich aus den Attributen der Profitrate und der Haltezeit berechnet. Mit anderen Worten zeigt der Wert an, welche monetäre Kompensation in Form eines höheren Profits die Teilnehmer für die Veränderung eines Attributwertes um eine Einheit erwarten müssten, damit ihr Gesamtnutzen gleich bleibt.

Wäre die Lineare Nutzenfunktion gegeben durch

$$V = \beta_a a + \beta_b b$$

ergibt sich die WTP durch das Differential

$$dV = \beta_a \delta a + \beta_b \delta b = 0$$

$$-\frac{\beta_a \delta a}{\beta_b} = \delta b$$

Ergebnisse

```
#Modelvergleich 1
screenreg(models_tex)
```

```
##
## =====
##               model1          model2          model3          model4
## -----
## b_rate          0.04 ***          0.11 ***          0.11 ***          0.11 ***
##                (0.00)          (0.00)          (0.00)          (0.00)
## b_hold         -0.10 ***          -0.10 ***          -0.01          -0.01 *
##                (0.00)          (0.00)          (0.01)          (0.01)
## b_loc           0.01             -0.03          -0.04 *          0.28 ***
##                (0.02)          (0.02)          (0.02)          (0.07)
## b_admin          0.01
##                (0.01)
## b_alt0           0.17 **          0.55 ***          0.53 ***          0.53 ***
##                (0.06)          (0.04)          (0.06)          (0.05)
```

```

## b_rateQ                -0.00 ***      -0.00 ***      -0.00 ***
##                        (0.00)          (0.00)          (0.00)
## b_admin1               -0.11 ***      -0.11 **       -0.11 ***
##                        (0.01)          (0.04)          (0.02)
## b_admin2               -0.25 ***      -0.24 ***      -0.24 ***
##                        (0.02)          (0.04)          (0.02)
## b_admin3               -0.19 ***      -0.18 ***      -0.18 ***
##                        (0.03)          (0.04)          (0.02)
## b_holdAge              -0.03 ***      -0.03 ***      -0.03 ***
##                        (0.00)          (0.00)          (0.00)
## b_locRural             -0.25 ***
##                        (0.06)
## -----
## No Observations        24208          24208          24208          24208
## No Respondents         3026           3026           3026           3026
## Log Likelihood (Null)   -26595.21      -26595.21      -26595.21      -26595.21
## Log Likelihood (Converged) -22963.24    -22563.38      -22268.64      -22248.04
## =====
## *** p < 0.001; ** p < 0.01; * p < 0.05

```

```

#WTP für Model 5
screenreg(WTPModel5)

```

```

##
## =====
##                        Model 1
## -----
## b_rate                 0.01 ***
##                        (0.00)
## b_rateQ                -0.00 ***
##                        (0.00)
## b_hold                 0.00 ***
##                        (0.00)
## b_holdAge              0.00 ***
##                        (0.00)
## b_loc                  -0.00 **
##                        (0.00)
## b_locRural             0.00 ***
##                        (0.00)
## b_admin1               0.00 ***
##                        (0.00)
## b_admin2               0.00 ***
##                        (0.00)
## b_admin3               0.00 ***
##                        (0.00)
## b_alt0                 -0.00 ***
##                        (0.00)
## -----
## No Observations        24208
## No Respondents         3026
## Log Likelihood (Null)   -26595.21
## Log Likelihood (Converged) -22227.55
## =====
## *** p < 0.001; ** p < 0.01; * p < 0.05

```

Ergebnis

Die Ergebnisse für das Basismodell weisen für alle Parameter signifikante Werte mit einem P-Wert unter 0,001 auf. Die Erhöhung der Profitrate hat einen leichten positiven marginalen Effekt von 0,04 auf die Entscheidung. Im Gegensatz dazu hat die Haltezeit einen negativen marginalen Einfluss von -0,10. Die Sichtbarkeit der Solaranlage weist entgegen der Erwartung einen leicht positiven Effekt von 0,01 auf. Die ASC in Hinblick auf den Status Quo von 0,17 zeigt eine gewisse Grundlegende Ablehnung für die Investition in Solarparks.

Im Modell 2 lässt sich durch die Modellierung eines nichtlinearen Verlaufs für die Profitrate und den Verwaltungs-Typ erkennen, dass eine minimale, aber signifikante Sättigung für die Profitrate existiert. Die Profitrate hat in diesem Modell zudem einen deutlich höheren marginalen Einfluss von 0,11. Die Differenzierung zwischen den Administrations-Typen zeigt, dass Projekte von Stromverbrauchern mit einem marginalen Einfluss von -0,25 am unbeliebtesten sind, gefolgt von staatlichen Projekten mit -0,19. CRE waren mit einem marginalen Einfluss von -0,11 am ehesten für die Teilnehmenden als Investment zu akzeptieren. Der Einfluss der ASC in Hinblick auf den Status Quo steigt zudem auf einen wesentlich höheren Wert von 0,55. Die Log-Likelihood des Modells steigt von -22.963 um 400 auf -22.563, somit passt das Modell 2 besser zu den Beobachtungen und erklärt die Daten besser.

Im Modell 3 wird die Interaktion zwischen der Haltezeit und dem Alter der Teilnehmenden in das Modell integriert. Zwar verlieren wir hier an Signifikanz für das Argument der Haltezeit, können jedoch eine signifikante Abnahme um den Wert -0,03 für längerer Holding Periods bei einem Anstieg um eine Altersgruppe erkennen (Altersgruppen in Jahren: 1= <18, 2= 19-34, 3=35-49, 4=50-65, 5=<65). Die Log-Likelihood des Modells steigt von -22563 um 294 auf -22269, somit passt das Modell 3 besser zu den Beobachtungen und erklärt die Daten besser.

Im Modell 4 wird die Interaktion zwischen dem Wohnort und der Sichtbarkeit des Solarparks in das Modell integriert. Diese Differenzierung führt zu einem deutlich höher b_{loc} von 0,28 kombiniert mit einem deutlich negativen Einfluss von -0,25 falls die Teilnehmenden in einer Kleinstadt oder im ländlichen Raum leben. Dies kann auf den NIMBY-Effekt hinweisen, bei dem Menschen, die stark von sichtbaren Anlagen betroffen sind, eher dagegen entscheiden. Die Likelihood des Modells steigt von -22269 um 19 auf -22248, somit passt das Modell 4 etwas besser zu den Beobachtungen und erklärt die Daten besser.

Modell 5 & WTP

Die Willingness to Pay Analyse zeigt signifikante, jedoch minimale Werte für alle Attribute. Dabei sticht der Wert für die Profitrate hervor, da hier mit 0,01 der einzige Wert über 0 liegt. Die Interpretation ist, dass die Teilnehmer:innen auf 1% des Profits verzichten würden, wenn die Profitrate dadurch um eine Einheit anwachsen. Da der Profit sich jedoch aus der Profitrate und der Haltezeit ergibt, würde das im Umkehrschluss bedeuten, dass sich diese entsprechend anpassen müsste. Der WTP-Wert für die Halteperiode ist ebenfalls minimal und positiv. Dies besagt, dass die Teilnehmer:innen für eine Erhöhung des Profits eine Verringerung der Halteperiode akzeptieren würden. Der WTP-Wert für die Sichtbarkeit allgemein ist minimal negativ und in Verbindung mit Attribut rural sind minimal positiv. Das bedeutet, dass die Teilnehmer:innen generell für die Sichtbarkeit der Anlage eine Verringerung des Profits akzeptieren würden, die ländliche Bevölkerung jedoch tendenziell eine Profitsteigerung erwartet, um Sichtbarkeit zu akzeptieren. Da sich die WTP-Werte für die verschiedenen Formen der Verwaltung nicht unterscheiden, kann keine Aussage dazu getroffen werden, für welche der drei die Teilnehmer:innen Profit substituieren würden. Die Bevorzugung des Status Quo hat einen minimal negativen WTP-Wert, dies lässt sich so interpretieren, dass die Teilnehmer:innen tendenziell für eine Erhöhung des Profits vom Status Quo Abstand nehmen, und damit eine der anderen Alternativen bevorzugen würden.

Diskussion und Fazit

Die Ergebnisse der Modellanalyse zeigen deutlich, dass Profitrate und Haltezeit wesentliche Faktoren für die Entscheidung, in einen Solarpark zu investieren, sind. Dabei nimmt die Wahrscheinlichkeit einer Investition

fast linear zu, je höher die Profitrate ist. Es scheint jedoch einen minimalen Sättigungseffekt zu geben, bei dem selbst sehr hohe Profitraten nicht unbedingt zu einer noch höheren Entscheidungswahrscheinlichkeit führen. Die Haltezeit hat einen geringen negativen Einfluss auf die Entscheidung, der jedoch mit zunehmendem Alter stärker wird. Dies bedeutet, dass weniger langfristige Investitionskonzepte, auch bei geringfügig niedrigeren Profitraten, für ältere Teilnehmende attraktiv sein könnten. Die Ergebnisse zeigen auch eine bevorzugte Akzeptanz von Investitionen, die von CRE (Community Renewable Energy) initiiert werden, im Vergleich zu Investitionen von Stromanbietern. Dies unterstützt die Annahme, dass CRE ein großes Potential hat, um die Verbreitung von erneuerbaren Projekten in Europa zu fördern. Daher wäre es sinnvoll, weitere regulative Anreize und Subventionsprogramme für diesen Bereich zu schaffen. Ein weiteres wichtiges Ergebnis ist, dass der Wohnort ein entscheidender Faktor für die Sichtbarkeit von Solarpark-Investitionen ist. Die Akzeptanz für sichtbare Projekte nimmt in ländlichen Gebieten deutlich ab, was bei der Standortwahl für solche Projekte berücksichtigt werden sollte. Dieser NIMBY Effekt ist bekannt und eine große Herausforderung für die Verbreitung von erneuerbaren Energieprojekten. Eine mögliche Lösung wäre, die Profitrate für eine höhere Akzeptanz zu erhöhen. Die Ergebnisse lassen im Umkehrschluss darauf schließen, dass Großstädter die Sichtbarkeit der Anlagen positiv bewerten. Die Hintergründe dieser zweigeteilten Wertung sollten weiter untersucht werden.

Für den Vergleich der Modelle lässt sich sagen, dass die Log-Likelihood der Modelle 1-5 durch die genauere Modellierung und Differenzierung deutlich gesteigert werden konnte. Dies zeigt, dass durch eine detaillierte Analyse eine bessere Übereinstimmung mit den Beobachtungen erreicht werden kann. Das Modell könnte durch die Hinzunahme weiterer Attribute noch weiter verbessert werden.

Die Willingness-to-Pay Analyse hat zwar signifikante Werte geliefert, jedoch sind diese nicht sehr aussagekräftig. Zusammenfassend zeigt die Analyse, dass die Teilnehmer bereit sind, für eine höhere Profitrate eine Verringerung der Halteperiode und eine geringere Sichtbarkeit zu akzeptieren, aber keine klare Präferenz für eine bestimmte Verwaltungsform besteht. Die Ergebnisse unterstützen unsere anfänglichen Hypothesen zu einem großen Teil. Obwohl die Profitrate eine gewisse Sättigung aufweist, ist sie noch nicht in einem Ausmaß, dass sie in einer realistischen Höhe irrelevant wird. Die Befragten haben eine deutliche Vorliebe für den Erhalt des Status Quo, was auf eine mögliche generelle Ablehnung von Solarparks schließen lässt. Es gibt zudem zumindest eine allgemeine Ablehnung gegenüber Projekten, die von Stromkonzernen verwaltet werden, während "Community Renewable Energy"-Projekte wesentlich weniger Ablehnung erfahren. Auch Hypothesen 4 und 5 wurden bestätigt.

Zukünftige Umfrage-Experimente sollten eine höhere geografische Auflösung der Daten in Bezug auf den Wohnort der Befragten beinhalten. Dies könnte beispielsweise durch eine Analyse nach Bundesländern oder Landkreisen in Deutschland nützliche Informationen liefern, wo besondere Anreize geschaffen werden müssen, um die Akzeptanz zu erhöhen. Dadurch könnten Angebote für unterschiedliche Regionen optimiert werden, um eine höhere Akzeptanz zu erzielen.