



Feldroboter aus Sicht der Gesellschaft – Auswertung eines Discrete Choice Experiments

Olivia Spykman ¹, Agnes Emberger-Klein², Andreas Gabriel ¹ und
Markus Gandorfer ¹

Abstract: Im Rahmen einer deutschlandweiten Online-Umfrage (n = 2.012) wurde ein Discrete Choice Experiment zu digitalen Technologien in der Unkrautregulierung durchgeführt. Das Testdesign beinhaltet unterschiedliche Methoden der Unkrautregulierung (konventionelle Herbizidapplikation, Spot-Spraying und mechanische Unkrautregulierung), Traktortypen (konventionelle Traktoren, autonome Traktoren und Schwarmroboter) sowie Preisstufen des Endproduktes Mehl. Das Attribut der Unkrautregulierungsmethode zeigte eine höhere Wichtigkeit als der Endproduktpreis und der Traktortypus. Die Teilnutzen der einzelnen Merkmalsausprägungen werden anhand zweier hypothesengestützter Modelle mit Bezug zu persönlichen Eigenschaften bzw. zur Einstellung gegenüber dem Einsatz digitaler Technologien in der Landwirtschaft bewertet. Dadurch ist es möglich, Personengruppen zu identifizieren, die digitalen Technologien zur Unkrautregulierung besonders positiv gegenüber eingestellt sind.

Keywords: Agrarrobotik, Auswahlexperiment, Digitale Technologien, Online-Umfrage

1 Einleitung

Die moderne Landwirtschaft stellt in vielfacher Hinsicht ein gesellschaftliches Spannungsfeld dar. Beispielsweise findet der Einsatz von Herbiziden zur Unkrautregulierung in bestimmten Teilen der Gesellschaft wenig Zuspruch, was durch den wachsenden Marktanteil ökologisch produzierter Lebensmittel unterstrichen wird. Gleichzeitig stellen mechanische Verfahren zur Unkrautregulierung aufgrund des hohen Arbeitszeitbedarfs eine deutlich kostenintensivere Alternative dar. In diesem Kontext bieten digitale Technologien wie Spot-Spraying oder autonomes Hacken eine Möglichkeit, sowohl den Herbizideinsatz als auch den Arbeitsaufwand zu reduzieren. Gleichwohl ist bekannt, dass die Einführung neuer Technologien in der Landwirtschaft zu gesellschaftlichen Kontroversen führen kann, verdeutlicht durch das Beispiel Gentechnologie, die meist erst ex post identifiziert und analysiert wurden [GF12]. Um zukünftig negative gesellschaftliche Reaktionen zu vermeiden, ist es von Bedeutung, die

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Arbeitsgruppe Digital Farming, Kleeberg 14, 94099 Ruhstorf an der Rott

olivia.spykman@lfl.bayern.de; <https://orcid.org/0000-0002-8650-9283>

andreas.gabriel@lfl.bayern.de; <https://orcid.org/0000-0001-5736-1593>

markus.gandorfer@lfl.bayern.de; <https://orcid.org/0000-0002-0624-153X>

² Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Professur Marketing und Management Nachhaltiger Rohstoffe, Petersgasse 18, 94315 Straubing; agnes.emberger-klein@hswt.de

Bevölkerung früh als relevante Interessensgruppe einzubinden [RC18]. Die autonome Agrartechnik repräsentiert eine Technologie mit Konfliktrisiko, denn im landwirtschaftlichen Kontext ist die Meinung der Deutschen zu Robotik als ambivalent einzustufen [IN12]. Jedoch wächst der Markt für Feldroboter kontinuierlich [TH19]. Daher ist es von besonderer Relevanz, die Frage der Akzeptanz von autonomen Maschinen im landwirtschaftlichen Kontext frühzeitig zu klären.

2 Methode und Vorgehensweise

Im Rahmen einer deutschlandweiten Befragung der Bevölkerung ($n = 2.012$) im Juli 2018 wurden drei Auswahl-Experimente zum Einsatz digitaler Technologien in der Landwirtschaft durchgeführt. Durch eine Vorquotierung der Gesamtstichprobe wurde eine repräsentative Darstellung der deutschen Bevölkerung hinsichtlich Geschlecht, Alter, Bildungsabschluss und Wohnortgröße gewährleistet [PG20], welche sich auch in den Unterstichproben der Experimente widerspiegelt. In diesem Beitrag wird speziell auf das Auswahl-Experiment „Unkrautregulierung“ eingegangen, an dem etwa ein Drittel der Befragten teilnahm ($n = 675$).

In das Design des Experiments wurden drei Attribute mit jeweils drei Ausprägungen einbezogen. Für das Attribut Unkrautregulierung wurde unterschieden zwischen konventioneller Herbizidapplikation, Spot-Spraying und mechanischer Unkrautregulierung. Der dafür eingesetzte Traktortypus wurde in die Ausprägungen konventioneller Traktor, autonomer Traktor und kleine Schwarmroboter unterteilt. Für das Preisattribut wurde der fiktive Preis für ein mögliches Endprodukt (ein Kilogramm Mehl im Handel) in die Preissteigerungsstufen keine, moderat und stark aufgliedert. Den Teilnehmern des Experiments wurden in neun Durchgängen jeweils drei zufällig zusammengestellte Kombinationen der Attributausprägungen sowie die Option „keines der drei“ zur Wahl gestellt. Die Auswertung des Experiments erfolgte mittels Hierarchical Bayes-Schätzung und der Software Lighthouse Studio 9.5.3 (Sawtooth Software, USA). Als Kovariaten wurden in zwei Modellen personenbezogene Merkmale der Befragten bzw. deren Einstellungen zu digitalen Technologien einbezogen. Die personenbezogenen Merkmale flossen binär in das Modell ein. Die Einstellungsstatements (Skala von 1 = „Stimme überhaupt nicht zu“ bis 5 = „Stimme voll zu“) gingen mittelwertzentriert in die Schätzung ein. Die Ergebnisse werden in Form von Koeffizienten (Theta-Gewichte) für die Kovariaten dargestellt.

Zur Auswertung der beiden Modelle wurde ein hypothesenbasiertes Verfahren gewählt. Da die gesellschaftliche Akzeptanz autonomer Technologien in der Landwirtschaft bisher kaum erforscht wurde, wurden die Hypothesen aus Erkenntnissen verwandter Forschungsgebiete abgeleitet. Das personenbezogene Modell prüft den Einfluss von Alter, Geschlecht, Bildungsniveau, bereits vorhandener Berufserfahrung in der Landwirtschaft sowie der Zustimmung zu der Aussage, dass deutsche Landwirte die Umwelt schützen (UMWELT), und einer generell positiven Meinung zur deutschen

Landwirtschaft (EINSTELLUNG). Das zweite Modell enthält Variablen, welche die Zustimmung oder Ablehnung zu einzelnen Statements über den Einsatz digitaler Technologien in der Landwirtschaft messen. Diese thematisieren die Angst vor modernen landwirtschaftlichen Maschinen (ANGST), die grundsätzliche Aufgeschlossenheit gegenüber moderner Technik (TECHNIK) und die Einschätzung, inwieweit digitale Technologien zur Entlastung des Landwirtes (ENTLAST) oder zur Verringerung der Distanz zwischen Landwirt und Verbraucher (DISTANZ) beitragen. Zudem wurden Einschätzungen zur eigenen Präferenz für Bio-Produkte (BIO) und zur Bedeutung des Erhaltens der Umwelt für kommende Generationen (ERHALT) in das Modell aufgenommen. Im Anschluss an die Modellierung wurden besonders positiv und besonders kritisch eingestellte Bevölkerungsgruppen identifiziert.

3 Ergebnisse

Ein Vergleich der Wichtigkeiten der drei Attribute Unkrautregulierung, Traktortypus und Preis zeigt, dass die Befragten dem Merkmal zur Methode der Unkrautregulierung die höchste Wichtigkeit (46 %) zuschreiben. Es folgen der Preis des Endproduktes (32 %) und der Traktortypus (22 %). Diese Reihenfolge betont die Relevanz der Unkrautregulierungsmethode für die Befragten in der Gesamtbewertung.

3.1 Auswertung des personenbezogenen Modells

Die Konstante im personenbezogenen Modell (Tab. 1) zeigt die Teilnutzenwerte für die neun Attributausprägungen, wenn die Kovariaten gleich null sind, also die Einstellungsvariablen dem Mittelwert entsprechen bzw. die sozio-demographischen Variablen den „höheren“ Wert annehmen (z. B. älter als 40 Jahre). So sind bei dem Merkmal Unkrautregulierung signifikant negative Koeffizienten für die konventionelle, flächendeckende Herbizidapplikation sowie das Spot-Spraying, aber ein signifikant positiver Koeffizient für die mechanische Unkrautregulierung zu verzeichnen. Beim Attribut Traktortypus finden sich signifikante Koeffizienten für die Ausprägungen konventionelle Traktoren und Schwarmroboter, wobei nur dem konventionellen Traktor ein positiver Teilnutzen nachzuweisen ist und dieser demnach sowohl kleinen Schwarmrobotern als auch autonomen Traktoren vorgezogen wird.

Die Einbindung der personenbezogenen Merkmale in das Modell zeigt, dass Alter und Geschlecht der Befragten die Teilnutzenwerte einiger Ausprägungen signifikant beeinflussen. So sind bei jüngeren Befragten Preissteigerungen eher toleriert und männliche Befragungsteilnehmer ziehen einen höheren Nutzen aus dem Einsatz autonomer Traktoren. Ein höheres Bildungsniveau der Befragten zeigt positive Effekte bei der Applikationstechnik (Spot-Spraying) und dem Traktortypus (Schwarmroboter).

Merkmal/ Ausprägung	Kon- stante	Ge- Alter ¹	schlecht ²	Bildung ³	Erfah- rung ⁴	Umwelt ⁵	Positiv ⁵	
Un- kraut	Konventionell ^H	-1,569*	0,070	0,125	-0,388*	0,850*	0,608*	-0,011
	Spot-Spraying ^H	-0,251*	0,074	0,160	0,356*	0,204	0,121	0,095
	Mechanisch	1,820*	-0,145	-0,285	0,032	-1,054*	-0,729*	-0,085
Trak- tor ^{typ}	Konventionell	0,370*	0,121	-0,412*	-0,269*	0,043	0,072	-0,097
	Autonom	-0,021	-0,029	0,226*	0,060	-0,245	-0,028	-0,065
	Schwarmroboter	-0,350*	-0,093	0,185	0,210*	0,201	-0,043	0,162*
Preis- anstieg	Keiner	0,564*	-0,266*	0,465*	0,228	-0,120	-0,027	-0,013
	Moderat	0,351*	0,021	-0,075	0,024	-0,196	0,043	-0,021
	Stark	-0,915*	0,246	-0,390*	-0,252	0,316	-0,017	0,034
NONE	-0,467	-0,808*	-0,129	-0,742*	-0,689	-0,952*	-0,374*	

Mittlere RLH des Modells: 0,633 | ^Hherbizidbasiertes Verfahren | ¹1 = <40 Jahre, 2 = >40 Jahre | ²1 = männlich, 2 = weiblich | ³1 = Abitur oder höher, 2 = kein Abitur | ⁴1 = ja, 2 = nein | ⁵1 = stimme überhaupt nicht zu, 2 = stimme eher nicht zu, 3 = bin unentschieden, 4 = stimme zu, 5 = stimme voll zu | * signifikant auf 90 % Konfidenzniveau, 2-seitiger Test

Tab. 1: Koeffizienten des personenbezogenen Modells

Im Kontrast dazu liegt der Teilnutzen von konventioneller Herbizidapplikation bei Befragten mit einer vorliegenden Berufserfahrung in der Landwirtschaft höher als bei jenen ohne einschlägige Erfahrung. Je deutlicher die Zustimmung zur Aussage „Deutsche Landwirte schützen unsere Umwelt“, desto geringer ist die Ablehnung konventioneller, flächendeckender Herbizidapplikation und desto geringer ist der Teilnutzen der mechanischen Unkrautregulierung. Mit steigender Zustimmung zur Aussage „Ich bin der Landwirtschaft in Deutschland ggü. grundsätzlich positiv eingestellt“ erhöht sich der Teilnutzenwert beim Einsatz von kleinen Schwarmrobotern.

3.2 Auswertung des technologiebezogenen Modells

Die mittleren Koeffizienten der einzelnen Attributausprägungen für die Konstante im technologiebezogenen Modell weisen die gleichen Effekte wie im vorangegangenen Modell auf (Tab. 2). Es zeigt sich, dass mit steigender Angst der Befragten vor modernen landwirtschaftlichen Maschinen die Ablehnung konventioneller Herbizidapplikationstechnik und der Teilnutzen der mechanischen Unkrautregulierung sinken. Außerdem erhöht sich mit steigender Angst der Teilnutzenwert für konventionelle Traktoren sowie die Ablehnung von Schwarmrobotern. Der Einfluss einer generellen Aufgeschlossenheit gegenüber moderner Technik hingegen ist im Hinblick auf alle drei Attribute nur schwer zu interpretieren. Mit steigender Zustimmung zu diesem Statement erhöht sich der Teilnutzen für Spot-Spraying und sinkt der Teilnutzen für mechanische Unkrautregulierung.

Merkmal/ Ausprägung	Kon- stante	Tech- Angst ¹ nik ¹ Entlast. ¹ Distanz ¹ Bio ¹ Erhalt ¹						
		Un- kraut	Konventionell ^H	-1,589*	0,182*	0,093	-0,093	0,621*
	Spot-Spraying ^H	-0,025	0,057	0,207*	0,258*	-0,220*	0,151*	-0,151*
	Mechanisch	1,564*	-0,239*	-0,300*	-0,164	-0,401*	-0,377*	0,470*
Trak- tor- typ	Konventionell	0,118*	0,154*	-0,115	-0,328*	0,084	-0,066	0,251*
	Autonom	-0,079	-0,106*	-0,011	0,080	-0,057	0,015	-0,140*
	Schwarmroboter	-0,197*	-0,048	0,126	0,249*	-0,026	0,051	-0,111
Preis- anstieg	Keiner	0,749*	-0,173*	0,035	-0,081	-0,188*	-0,215*	-0,117
	Moderat	0,314*	-0,087	-0,042	0,115	0,011	-0,023	0,070
	Stark	-1,063*	0,260*	0,007	-0,034	0,177*	0,237*	0,047
	NONE	-1,215*	-0,078	-0,453*	-0,933*	-0,399*	0,128	-0,239

Mittlere RLH des Modells: 0,632 | ^Hherbizidbasiertes Verfahren | ¹1 = stimme überhaupt nicht zu, 2= stimme eher nicht zu, 3 = bin unentschieden, 4 = stimme zu, 5= stimme voll zu | *signifikant auf dem 90 % Konfidenzniveau, 2-seitiger Test

Tab. 2: Koeffizienten des technologiebezogenen Modells

Bei steigender Zustimmung, dass digitale Technologien zur Entlastung des Landwirtes beitragen, reduziert sich der Teilnutzenwert konventioneller Traktoren und erhöhen sich die Teilnutzenwerte von Spot-Spraying und Schwarmrobotern signifikant. Mit steigender Zustimmung zur Aussage, dass digitale Technologien die Distanz zwischen Landwirten und Verbrauchern verringern, sinkt die Ablehnung flächendeckender Herbizidapplikation und steigt die der herbizidsparenden bzw. -freien Methoden. Mit steigender Befürwortung von ökologischen Lebensmitteln als auch der Meinung, dass die Landwirte die Umwelt erhalten, steigt der Teilnutzenwert für mechanische Unkrautregulierung und sinkt dieser für Spot-Spraying sowie konventionelle, flächendeckende Herbizidapplikation. Eine steigende Zustimmung zur Wichtigkeit des Erhalts der Umwelt für zukünftige Generationen führt zudem zu steigenden Teilnutzenwerten für konventionelle und größerer Ablehnung autonomer Traktoren.

Die Modellierung erlaubt es, die gewählten Einflussvariablen anhand der resultierenden Koeffizienten in Regressionsgleichungen abzubilden. Der Teilnutzenwert von Spot-Spraying in Modell 2 (Formel 1) erhöht sich mit einer steigenden generellen Aufgeschlossenheit gegenüber neuen Technologien und steigender Zustimmung, dass digitale Technologien den Landwirt entlasten. Der Teilnutzenwert verringert sich mit steigender Zustimmung, dass digitale Technologien die Distanz zwischen Produzenten und Verbrauchern verringern, mit steigenden Präferenzen für Bioprodukte und für Personen, denen der Erhalt der Umwelt für folgende Generationen wichtig ist.

$$\beta_{\text{Spot-Spraying}} = 0,0250 + 0,207*\text{Technik} + 0,257*\text{Entlast.} - 0,220*\text{Distanz} - 0,151*\text{Bio} - 0,151*\text{Erhalt} \quad (1)$$

Im Vergleich dazu verringern sich der Teilnutzenwert des mechanischen Hackens in Modell 2 (Formel 2) mit erhöhter Angst vor modernen landwirtschaftlichen Maschinen und steigender genereller Aufgeschlossenheit gegenüber neuen Technologien. Bei Befragten, die eine Verringerung der Distanz zwischen Landwirt und Verbraucher durch digitale Technologien wahrnehmen, bei steigender Präferenz für Bio-Produkte und steigender Wichtigkeit des Erhalts der Umwelt erhöht sich der Teilnutzenwert deutlich im Vergleich zum Mittel der Gesamtstichprobe (Konstante).

$$\beta_{\text{Digitale Hacktechnologie}} = 1,564 - 0,239 \cdot \text{Angst} - 0,300 \cdot \text{Technik} - 0,401 \cdot \text{Distanz} + 0,377 \cdot \text{Bio} + 0,470 \cdot \text{Erhalt} \quad (2)$$

4 Fazit

Die Ergebnisse beider Schätzmodelle zeigen, dass mechanische Unkrautregulierung den zwei herbizidbasierten Unkrautregulierungsmethoden vorgezogen wird. Dabei präferieren die Befragten die Anwendung durch einen konventionellen Traktor, was in diesem Experiment weniger an der Größendimension des Traktors als an der direkten Eingriffsmöglichkeit durch den Landwirt liegen kann. Signifikante Einflüsse von personenbezogenen Eigenschaften der Befragten sowie deren Einstellung zu bestimmten technologieorientierten Aussagen ermöglichen eine Identifizierung von Verbrauchersegmenten, die positive Teilnutzen beim Einsatz alternativer Unkrautregulierung erkennen. Diese Segmente können gezielt als Multiplikatoren angesprochen werden, wohingegen kritisch eingestellte Verbrauchergruppen besser über die Vorzüge autonomer Unkrautregulierungstechnologien aufgeklärt werden sollten, um die allgemeine Akzeptanz dieser Technologien in der Gesellschaft zu fördern.

Literaturverzeichnis

- [GF12] Gupta, N.; Fischer, A.R.H.; Frewer, L.J.: Socio-psychological determinants of public acceptance of technologies – A review. *Public Understanding of Science*, 21/7, S. 782-795, 2012. DOI: 10.1177/0963662510392485.
- [IN12] INSCO: Public attitudes towards robots. *Special Eurobarometer 382*, 2012.
- [PG20] Pfeiffer, J.; Gabriel, A.; Gandorfer, M.: Understanding the public attitudinal acceptance of digital farming technologies – a nationwide survey in Germany. *Agriculture and Human Values*, 2020. DOI: 10.1007/s10460-020-10145-2
- [RC18] Rose, D.C.; Chilvers, J.: Agriculture 4.0 – Broadening Responsible Innovation in an Era of Smart Farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2/87, 2018. DOI: 10.3389/fsufs.2018.00087.
- [TH19] Treiber M.; Hillerbrand, F.; Bauerdick, J.; Bernhardt, H.: On the current state of agricultural robotics in crop farming chances and risks. 47th Symposium “Actual Tasks on Agricultural Engineering”, S. 27-33, 2019.