

**ENTWICKLUNG VON ANGEBOTSKURVEN
NATURSCHUTZRECHTLICHER
KOMPENSATIONSMABNAHMEN AUF
LANDWIRTSCHAFTLICHEN NUTZFLÄCHEN AM
BEISPIEL DER REGION STUTTGART**

Christian Sponagel, Hans Back, Elisabeth Angenendt, Enno Bahrs

Christian.Sponagel@Uni-Hohenheim.de

Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Fachgebiet für
Landwirtschaftliche Betriebslehre 410b, Universität Hohenheim,
Schwerzstraße 44, 70593 Stuttgart



2020

***Vortrag anlässlich der 60. Jahrestagung der GEWISOLA
(Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.)
„Herausforderungen für die ländliche Entwicklung – Wirtschafts- und
sozialwissenschaftliche Perspektiven, Halle (Saale), 23. bis 25. September
2020***

ENTWICKLUNG VON ANGEBOTSKURVEN NATURSCHUTZRECHTLICHER KOMPENSATIONSMAßNAHMEN AUF LANDWIRTSCHAFTLICHEN NUTZFLÄCHEN AM BEISPIEL DER REGION STUTTGART

Christian Sponagel¹, Hans Back, Elisabeth Angenendt, Enno Bahrs

Zusammenfassung

Eingriffe in Natur und Landschaft sind gemäß Bundesnaturschutzgesetz zu kompensieren. Die Kompensation kann auch vorweggenommen erfolgen, indem diese z. B. auf Ökokonten verbucht und anschließend einem Eingriff zugeordnet werden. Kompensationsmaßnahmen werden in Baden-Württemberg gemäß der Ökokontoverordnung (ÖKVO) in Ökopunkten bewertet. Auch Landwirte können als Einkommensdiversifizierung Kompensationsmaßnahmen freiwillig auf ihren Flächen umsetzen, entsprechende Ökopunkte generieren und veräußern. Mit Hilfe eines geodatenbasierten Modells wird das Potenzial für die Umsetzung von naturschutzrechtlichen Kompensationsmaßnahmen auf Ackerland als Flächen mit dem höchsten Ökopunktpotenzial aus ökonomischer Sicht analysiert. Die Region Stuttgart als stetig wachsender Ballungsraum dient als Untersuchungsgebiet, da Flächenverbrauch durch Großbaumaßnahmen und deren Kompensation hier eine große Rolle spielen. Bei der Analyse wird auf Flurstücksebene der Kapitalwert der Ackerfläche auf Basis von Deckungsbeiträgen der angebauten Kulturen, ihrer Ertragsfähigkeit, dazugehöriger Bodenrichtwerte sowie der Kosten für mögliche Kompensationsmaßnahmen ermittelt. Aus theoretischer Sicht ergibt sich in Abhängigkeit vom Marktpreis für Ökopunkte ein signifikantes Potenzial für Kompensationsmaßnahmen auf Ackerflächen. Die Produktionsintegrierte Kompensation (PiK) als Extensivierung der ackerbaulichen Nutzung steht dabei in Konkurrenz zur Umwandlung in Grünland und einer vollständigen Überlassung der Fläche für den Naturschutz. Denn eine Umwandlung in extensives Grünland ist in diesem Naturraum üblicherweise vorzüglicher als PiK. Zudem gibt es starke räumliche Disparitäten zwischen der Stadt Stuttgart und den umliegenden Landkreisen. Die Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen ist bei einem Preis von unter 1,00 € je Ökopunkt im Stadtkreis Stuttgart ökonomisch nicht sinnvoll. Dagegen können in umliegenden Landkreisen Maßnahmen bereits bei weniger als 0,30 € wirtschaftlich sein und in großem Umfang umgesetzt werden. Dies ist insbesondere relevant, da die betreffenden Landkreise im gleichen Naturraum wie die Stadt Stuttgart liegen und die Ökopunkte hierdurch bei Eingriffen angerechnet werden können. Anhand der abgeleiteten Angebotskurven kann den Entscheidern u. a. aufgezeigt werden, wie hoch Mehrkosten von Kompensationsmaßnahmen sein können, wenn Sie in einer räumlich eingeschränkten Region umgesetzt werden. Die vorgestellten Analysen können es Entscheidungsträgern leichter machen, naturräumlich gewünschte Eigenschaften und ökonomische Effekte besser miteinander abzuwägen, soweit es um landwirtschaftliche Nutzflächen geht.

Keywords

Produktionsintegrierte Kompensation, Ökopunkte, Eingriffsregelung, Region Stuttgart

1 Einleitung

Eingriffe in Natur und Landschaft sind gemäß § 13 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) durch Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen zu kompensieren. Nach § 16 BNatSchG können

¹ Universität Hohenheim, Fachgebiet für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Schwerzstraße 44, 70593 Stuttgart, Christian.Sponagel@Uni-Hohenheim.de

Maßnahmen zur Kompensation zu erwartender Eingriffe auch im Rahmen einer vorweggenommenen Kompensation erfolgen. Die Bevorratung mittels Ökokonten, Flächenpools oder anderer Maßnahmen richtet sich dabei nach Landesrecht. In Baden-Württemberg ist dies in der Ökokonto-Verordnung (ÖKVO) geregelt. Ein Eingriff mit Versiegelung bedeutet naturschutzfachlich eine Abwertung des vorliegenden Biotoptyps und eine Herabstufung der Bodenfunktion. Daraus ergibt sich ein Kompensationsbedarf in Höhe der Differenz zum Ausgangszustand, der gemäß der ÖKVO in Ökopunkten bewertet wird. Häufig werden für die Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen auch landwirtschaftliche Flächen z. B. durch die Anlage von Gehölzen in Anspruch genommen und stehen dann nicht mehr für die landwirtschaftliche Produktion zur Verfügung. Weitere „klassische“ Maßnahmen sind die Umwandlung von Ackerland in Grünland oder eine vollständige Überlassung der landwirtschaftlichen Fläche für den Naturschutz.

Da Ackerland in der ÖKVO naturschutzfachlich als geringwertig (vier Ökopunkte je m²) eingestuft wird, ergibt sich ein entsprechend hohes Aufwertungspotenzial in andere Biotoptypen. Demgegenüber hat intensiv genutztes Grünland sechs und mehr extensives Grünland 13 Ökopunkte je m² als Ausgangszustand. Daher wird als „klassische“ Maßnahme oft die Umwandlung von Ackerland in extensiv genutztes Grünland umgesetzt. Jedoch ist der Umfang von Kompensationsmaßnahmen auf landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland bisher kaum statistisch erfasst (TIETZ et al. 2012). Im Gegensatz zuvor genannter „klassischer“ Kompensationsmaßnahmen soll die Produktionsintegrierte Kompensation (PiK), d. h. Bewirtschaftungs- oder Pflegemaßnahmen gemäß § 15 Abs. 3 Satz BNatSchG auf land- und forstwirtschaftlichen Flächen bei fortwährender land- und forstwirtschaftlicher Nutzung, zu einer dauerhaften Aufwertung des Naturhaushalts- oder des Landschaftsbilds auf der Fläche führen und dem Verbrauch landwirtschaftlicher Flächen entgegenwirken. Gleichzeitig bietet PiK Landwirten die Möglichkeit einer aktiven Teilnahme am Kompensationsgeschehen, z. B. durch freiwillige Umsetzung vorweggenommener Maßnahmen (CZYBULKA et al. 2012; DRUCKENBROD und BECKMANN 2018). Mit den verschiedenen Maßnahmen, die auf landwirtschaftlichen Flächen möglich sind, können eine unterschiedliche Anzahl an Ökopunkten generiert werden, die anschließend am Markt frei handelbar sind. Die „klassischen“ Kompensationsmaßnahmen werden i.d.R. jedoch naturschutzfachlich höher bewertet als PiK. Eine Kompensationsmaßnahme ist grundsätzlich entsprechend des Eingriffs dauerhaft, allerdings kann der Pflegezeitraum z.B. auf 25 Jahre begrenzt werden, wenn der angestrebte Entwicklungszustand der Fläche dann ohne weitere Pflege bestehen kann (LÜTKES und EWER 2018). Reine Bewirtschaftungs- und Pflegemaßnahmen, zu denen auch die PiK zählt, sind dem Grunde nach daher unbefristet umzusetzen (GIESBERTS und REINHARDT 2020). In der aktuellen Praxis sind alle Maßnahmen mit einer dauerhaften Erhaltung und entsprechenden Pflegekosten sowie einer rechtlichen Sicherung, häufig in Form einer grundbuchrechtlichen Eintragung, verbunden. Es ist davon auszugehen, dass die dauerhafte Erhaltung von Kompensationsmaßnahmen in Verbindung mit einer grundbuchrechtlichen Sicherung einen negativen Einfluss auf den Verkehrswert bzw. den Beleihungswert einer Fläche hat (CZYBULKA et al. 2009). Nach MÄHRLEIN und JABORG 2015 kann von einer Verkehrswertminderung von mindestens 15-20% durch die Unterschützstellung landwirtschaftlicher Flächen in Naturschutzgebieten, unabhängig von den damit verbundenen Extensivierungsaufgaben, ausgegangen werden. In Extremfällen kann die Wertminderung 70-85% betragen. Die betriebswirtschaftliche Vorzüglichkeit einer Maßnahme hängt daher vom Marktpreis für Ökopunkte, den Opportunitätskosten einer landwirtschaftlichen Nutzung und den Bodenrichtwerten (BRW) ab. Somit wird die Vorzüglichkeit sowohl durch veränderte Ertrags- als auch Substanzwerte bestimmt. Gerade in stark verdichteten urbanen Räumen wie Stuttgart ist der Flächenverbrauch durch Siedlungs- und Verkehrsflächen besonders groß und die Konkurrenz zwischen den verschiedenen Landnutzungen mit hohem Konfliktpotenzial verbunden. Neben dem Flächenverlust durch die Bautätigkeit selbst, wirken die dabei

umzusetzenden Kompensationsmaßnahmen zusätzlich flächenverknappend. Vor diesem Hintergrund soll die Rolle der Landwirtschaft im Kompensationsgeschehen und die damit verbundenen Konflikte aber auch Möglichkeiten für die Landwirtschaft in der Region Stuttgart untersucht werden und Entscheidungsträgern aufzeigen, wo eine naturschutzfachliche Kompensation auch unter Abwägung ökonomischer Effekte durchgeführt werden könnte.

Hierzu wird mit Hilfe eines geodatenbasierten Modells die Vorzüglichkeit von verschiedenen Kompensationsmaßnahmen auf Ackerflächen der Region Stuttgart (ca. 73.300 ha) analysiert und eine räumlich differenzierte Schätzung des Potenzials von Kompensationsmaßnahmen vorgenommen. Das Modell wählt unter statischen Umwelt- bzw. Marktbedingungen und Preisentwicklungen anhand des Kapitalwerts zwischen drei möglichen Kompensationsmaßnahmen oder der Beibehaltung der bisherigen landwirtschaftlichen Flächennutzung. Dabei gehen wir von der Hypothese aus, dass es bezüglich der betriebswirtschaftlichen Vorzüglichkeit für die Kompensation vor allem zwischen dem Stadtkreis Stuttgart und den umliegenden Gemeinden starke räumliche Disparitäten gibt. Eine weitere Hypothese lautet, dass die PiK unter dem aktuellen Bewertungsschema der ÖKVO als Kompensationsoption betriebswirtschaftlich wenig konkurrenzfähig gegenüber anderen Maßnahmen ist, die zu einer vollständigen Einstellung der ackerbaulichen Nutzung führen.

2 Rahmenbedingungen der Kompensation in der Region Stuttgart

Die Region Stuttgart als maßgeblicher Naturraum für die Kompensation, besteht aus den Landkreisen Esslingen, Ludwigsburg, Rems-Murr-Kreis, Göppingen und dem Stadtkreis Stuttgart. Sie ist durch eine hohe räumliche Disparität demografischer, wirtschaftlicher sowie naturräumlicher Eigenschaften geprägt (IREUS, 2011). Im Stadtkreis Stuttgart werden auf 11% der Ackerfläche Sonderkulturen angebaut, wohingegen der Anteil im Landkreis Göppingen nur 0,4% beträgt. Dort findet sich mit etwa 56% auch der höchste Anteil an Dauergrünland an der LF. Im Stadtkreis Stuttgart liegt dieser mit etwa 29% deutlich niedriger. Die Region Stuttgart nimmt insgesamt etwa 10% der Fläche von BW ein, hat aber in den Jahren 2000 bis 2016 einen Anteil von etwa 16% des Flächenverbrauchs in Baden-Württemberg (LUBW 2018). Hierdurch spielen naturschutzrechtliche Kompensationsmaßnahmen eine große Rolle in dieser Region.

2.1 Der Aufbau und die Funktionsweise des Modells

Die folgende Abbildung 1 skizziert den Aufbau und die Funktionsweise des Modells grafisch im Überblick. Die einzelnen Bestandteile des Modells werden nachfolgend erläutert.

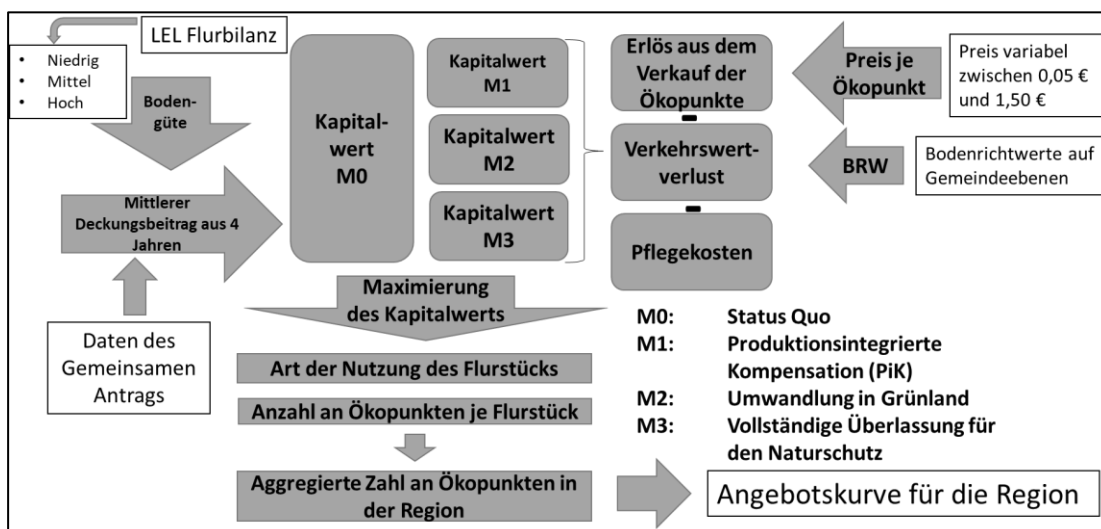


Abbildung 1: Übersicht über den Aufbau und die Funktionsweise des Modells.

2.2 Ökonomische Bewertung der landwirtschaftlichen Produktion in der Region

Anhand der Daten des Gemeinsamen Antrages² für die Jahre 2015 bis 2018 werden flurstücksspezifische Fruchtfolgen und deren durchschnittliche Deckungsbeiträge abgeleitet. Insgesamt bestehen die berücksichtigten Ackerflächen aus 73.294 ha und 257.766 Flurstücken und entsprechen etwa 57 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche in der Region. Weiterhin besteht die LF zu 40 % aus Dauergrünland und zu 3 % aus Obst- und Rebflächen.

Die individuellen Standortbedingungen und damit die Ertragsfähigkeit werden durch die Flurbilanz der LEL (2011) berücksichtigt. Die Flurstücke werden mit der Flurbilanz in die drei Wertstufen hoch (Vorrangfläche 1), mittel (Vorrangfläche 2) und gering (Grenzflur sowie Untergrenzflur) eingeteilt. Für ca. 11% der Flurstücke liegt keine Bewertung vor, sodass diese anhand der Bodenfunktionsbewertung des Verbands Region Stuttgart³ zugeordnet werden („Wertstufe“ 4,5 bis 5 hoch, 2,5 bis 4, mittel und 0-2 gering). Für jede Kulturart ergeben sich entsprechend der Wertstufe der Bodengüte drei Bewirtschaftungsintensitäten und somit differenzierte Deckungsbeiträge. Die Berechnung der Deckungsbeiträge basiert auf Kalkulationsdaten und Preisstatistiken (LEL 2018a, 2018b; KTBL 2010, 2019a, 2019b, 2019c; LFL 2019, AMI, 2017, 2018, 2019) sowie einzelne Veröffentlichungen (LFULG 2006; AWI 2019; STATISTIK-BW 2018). Um den Veredlungswert des Ackerfutters über die tierische Nutzung zu schätzen, werden Ackerfutterpflanzen entsprechend ihrem Gehalt an GJ bzw. MJ NEL in Anlehnung an den Preis für Maissilage mit 11,75 €/GJ bzw. 0,23 €/10 MJ NEL bewertet. Für Flächen mit Agrarumweltmaßnahmen und Ökologische Vorrangflächen (ÖVF) werden vereinfacht die durchschnittlichen DB der Hauptkulturen in der Fruchtfolge zugewiesen. Alle Preise und Kosten sind aus steuerlicher Sicht Nettobeträge.

Die mittleren DB unterscheiden sich aufgrund der unterschiedlichen Fruchtfolgen und des Ertragsniveaus innerhalb der Region deutlich (Tabelle 1). So sind die DB in Stuttgart etwa viermal so hoch als im Landkreis Göppingen. Die DB werden mit der ewigen Rentenformel und einem Zinssatz von 1,5% in Anlehnung an die LEL-Kalkulationsdaten kapitalisiert.

Tabelle 1: Wichtige Kennzahlen und ökonomische Rahmenbedingungen der Landwirtschaft in der Region Stuttgart.

Land-/Stadtkreis	LF in ha	Anteil Ackerland (AF) in %	Anteil an Sonderkulturen auf AF %	Mittlerer BRW für Ackerland in €/m ²	Mittelwert des Deckungsbeitrags in € je ha
Böblingen	22.343,9	66,7	1,3	4,71	563
Esslingen	19.555,0	50,3	9,2	6,52	1.517
Göppingen	27.828,2	43,5	0,4	3,15	474
Ludwigsburg	31.429,1	76,1	2,3	3,90	771
Rems-Murr-Kreis	25.430,3	45,6	2,9	4,47	953
Stuttgart	2.433,2	55,7	11	15,97	1.842

2.3 Bodenrichtwerte in der Region Stuttgart

Es stehen für ca. 60% der Gemeinden der Region Stuttgart nach Acker- und Grünland differenzierte mittlere BRW bei den jeweiligen Gutachterausschüssen der Gemeinden überwiegend aus dem Jahr 2018 zur Verfügung. Diese wurden online eingesehen und dienen als Schätzwerte für den Verkehrswert aller Flurstücke einer Gemeinde. Die fehlenden BRW für

² Die Daten wurden vom Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg zur Verfügung gestellt.

³ Die Daten wurden im Rahmen des Forschungsprojekts vom Verband Region Stuttgart überlassen.

die übrigen Gemeinden werden durch räumliche Interpolation aus den Mittelwerten der benachbarten Gemeinden berechnet. Dies erfolgt in RStudio (R CORE TEAM 2019) mit der „idw“-Funktion aus dem R-Paket „phylin“. Die vorliegenden Werte je Gemeinde werden dabei mit der quadrierten inversen Distanz gewichtet (TAROSSO et al. 2015).

2.4 Betrachtete Kompensationsmaßnahmen für die Region

Für die Abschätzung des Ökopunktepotenzials wird davon ausgegangen, dass auf jedem Flurstück prinzipiell eine naturschutzrechtliche Kompensationsmaßnahme umgesetzt werden kann. Pro Flurstück stehen neben der aktuellen landwirtschaftlichen Nutzung (M0) drei Kompensationsmaßnahmen M1 bis M3 zur Auswahl (siehe auch Tabelle 2):

Entsprechend der ÖKVO werden die Maßnahmen M0 bis M3 in Ökopunkten bewertet. Da Maßnahmen wie z. B. Blühstreifen nicht als solche in der ÖKVO vorhanden sind, muss in der Praxis seitens der Unteren Naturschutzbehörde der resultierende Biotoptyp abgeschätzt werden. Diese Vorgehensweise wird hier übernommen (GEMEINDE HEDDESHEIM 2019, DREHER 2016; GEMEINDE NELLINGEN 2019; GEMEINDE NECKARWESTHEIM 2018). Ausgehend vom Ausgangszustand M0 (Ackerland mit vier Ökopunkten je m²) wird das Aufwertungspotenzial für M1 bis M3 bestimmt. Die Kosten bzw. Erlöse der Maßnahmen M1 bis M3 werden mit einem Zinssatz von 1,5% kapitalisiert. Für alle Maßnahmen wird zur Gewährleistung der dauerhaften Unterhaltung zunächst eine grundbuchliche Sicherung unterstellt, was als Verkehrswertverlust berücksichtigt wird. Es wird zudem angenommen, dass die Voraussetzungen des Bezuges von Direktzahlungen aus der 1. Säule der GAP bei allen Maßnahmen gleichermaßen erfüllt und nicht entscheidungsrelevant sind.

M0 entspricht dabei dem Status Quo, d. h. die bisherige ackerbauliche Nutzung wird beibehalten. Es kommt zu keiner Aufwertung in Ökopunkten, es gibt keinen Verkehrswertverlust und der kapitalisierte mittlere DB wird entsprechend Kapitel 2.3 angesetzt.

Tabelle 2: Zusammenfassung der im Modell möglichen Kompensationsmaßnahmen M0-M3 mit Beschreibung, Bewertung in Ökopunkten, resultierende Verkehrswertverluste bei Szenario 1 bzw. 2 sowie kapitalisierte Kosten bzw. Erlöse.

Maßnahme	Beschreibung	Aufwertung in Ökopunkten je m ² auf Ackerland	Aufwertung in Ökopunkten je ha	Verkehrswertverlust der Fläche in Szenario 1 bzw. 2	Kosten / Erlöse in € je ha
M0	Status Quo	0	0	0	DB*
M1	PiK (30% der Fläche)	8	24.000	20% (Szenario1) bzw. 0% (Szenario2)	-7.867 +0,7*DB
M2	Umwandlung in Grünland	9	90.000	Differenz BRW Ackerland und Grünland (1;2)	3.739
M3	Überlassung für den Naturschutz	12	120.000	80% (1;2)	-3.692

*DB: Der kapitalisierte Deckungsbeitrag der Fruchtfolge (2.3) entspricht dem zukünftigen Erlös.

M1 entspricht der PiK am Beispiel der Anlage eines einjährigen oder rotierenden Blühstreifens auf 30% der Fläche des Flurstücks. Gegenüber der ackerbaulichen Nutzung ergibt sich eine Aufwertung von 8 Ökopunkten je m² Maßnahmenfläche. Die Kosten einer einjährigen Blümmischung werden mit etwa 394 € je ha und Jahr (KTBL 2019a) und entsprechend einer Maßnahmenfläche von 30% eines Flurstücks 118 € je ha und Jahr angesetzt. Der kapitalisierte

Wert beträgt -7.867 €. Es wird angenommen, dass M1 als Pflege- und Bewirtschaftungsmaßnahme zeitlich unbefristet umzusetzen ist. Zudem wird eine Verkehrswertminderung durch den Grundbucheintrag in Höhe von 20% des BRW für Acker der jeweiligen Gemeinde in Bezug auf die Gesamtfläche des Flurstücks unterstellt.

M2 ist die Umwandlung der Fläche in Grünland mit extensiver Nutzung, d. h. entsprechend einer ökologische Grünlandbewirtschaftung mit einem Schnitt pro Jahr. Für den Zielzustand werden 13 Ökopunkte je m² angesetzt. Somit ergibt sich eine Aufwertung von 9 Ökopunkten je m². In Anlehnung an LFL 2019; KTBL 2019a wird bei einmaliger Mahd ein Ertrag von 25,8 dt TM je ha und einem Preis von 12,96 € je dt TM angenommen. Daraus ergibt sich ein positiver Deckungsbeitrag von 56,09 € je ha, bzw. ein Kapitalwert von 3.739 € je ha. Eine Nutzung auch über 25 Jahre hinaus wird unterstellt. Der Verkehrswertverlust der Fläche ergibt sich durch die Differenz der jeweiligen BRW für Ackerland und Grünland auf Gemeindeebene.

Bei M3 wird die vollständige Überlassung der Fläche für den Naturschutz am Beispiel der Anlage einer mehrjährigen Blühfläche auf 100% der Flurstücksfläche angenommen. Derartige Maßnahmen werden in der Praxis oft mit 16 Ökopunkten je m², d. h. mit einer Aufwertung von 12 Ökopunkten je m² bewertet. Die Kosten werden für die Dauer von 25 Jahren mit jährlich 105 € je ha angesetzt (KTBL 2019a) und kapitalisiert. Danach wird nur noch eine Mindestpflege durchgeführt, welche in jährlicher Höhe von 33 € angesetzt und ewig kapitalisiert wird. Der Kapitalwert beträgt entsprechend -3.692 €. Es wird zudem ein Verkehrswertverlust in Höhe von 80% des BRW unterstellt.

Abweichend davon kann bei M1 ein Verzicht auf die grundbuchrechtliche Sicherung bei PiK z. B. durch eine institutionelle Sicherung möglich sein (Szenario 2). Durch einen schuldrechtlichen Vertrag zwischen dem Verursacher des Eingriffs und einer Institution wie z. B. einer anerkannten Stiftung wird die Durchführung der Kompensation garantiert und Landwirte haben die Möglichkeit diese (auch zeitlich befristet) auf ihren Flächen umzusetzen. Daher wird für ein 2. Szenario M1 ohne Verkehrswertverlust gerechnet.

Der Erlös aus dem Verkauf der Ökopunkte ergibt sich aus dem Produkt der generierten Punktzahl $\ddot{O}P$ je ha und dem Verkaufspreis pro Punkt p als wesentlicher Einflussfaktor. Somit berechnet sich der Kapitalwert der Maßnahmen M_i mit $i=0, 1, 2, 3$ insgesamt aus dem Erlös des Verkaufs der Punkte, gemindert um den Verkehrswertverlust der Fläche VV und dem Kapitalwert des DB (Pflege bzw. Bewirtschaftungskosten und Erlöse) K_{DB} (Formel 1).

$$\text{Kapitalwert}_{M_i} = \ddot{O}P_{M_i} \times p - VV_{M_i} \pm K_{DB M_i} \quad (1)$$

Im Modell wird die Nutzung jedes einzelnen Flurstücks aus ökonomischer Sicht optimiert. Das Modell wählt für jedes Flurstück die Maßnahme, die den höchsten Kapitalwert ergibt, d. h. entweder den Status Quo (M0) oder eine der Kompensationsmaßnahmen M1 bis M3. Der Preis wird im Intervall von 0,05 € bis 1,50 € je Ökopunkt in Schritten von 0,05 € systematisch erhöht und in jeder Stufe das Ergebnis mit räumlicher Verteilung gespeichert.

Zur Analyse der Sensitivität des Angebots an Ökopunkten bezüglich der DB, wird in Szenario 1 zusätzlich das Angebot bei veränderten Kapitalwerten der DB von +/- 10% bzw. +/- 20% untersucht. Der Markt für Ökopunkte wird als unbegrenzt aufnahmefähig betrachtet, d. h. die Nachfrage und Preisänderungen bleiben zunächst unberücksichtigt.

Zur Darstellung einer Angebotsform für Ökopunkte in der Region wird eine Glättungskurve mit Hilfe der LOESS-Methode an die Daten angepasst. Dies entspricht einem lokalen linearen Regressionsmodell (ZUUR 2012). Es wird ein Glättungsparameter a von 0,4 verwendet.

3 Ergebnisse und Diskussion

In Szenario 1 werden bis zu einem Preis von 1,50 € maximal ca. 8,2 Mrd. Ökopunkte generiert, ab einem Preis von ca. 1,00 € je Ökopunkt ist die Zunahme nur noch marginal. Die Angebotskurve als Ergebnis bei Szenario 1 gleicht einer Sättigungskurve (Abbildung 2).

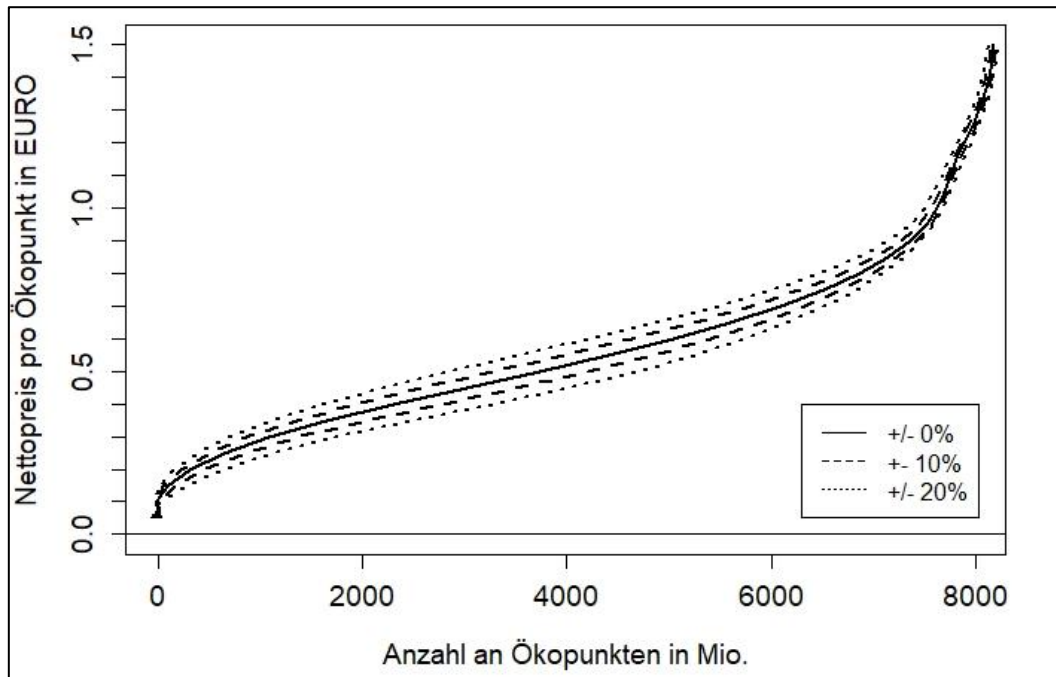


Abbildung 2: LOESS Regressionskurven des Angebots für Ökopunkte auf Ackerflächen in der Region Stuttgart und bei Veränderung der kapitalisierten DB von +/- 10% und +/- 20% in Abhängigkeit des Nettopreises für Ökopunkte (Szenario 1).

Tabelle 3 zeigt die Anzahl an generierten Ökopunkten in der Region Stuttgart und die Auswirkungen von veränderten Kapitalwerten der DB. Mit steigendem Preis je Ökopunkt sinkt der Einfluss des DB auf die Anzahl der generierten Ökopunkte in der Region. Ab 1,00 € je Ökopunkt reagiert das Angebot kaum noch auf die Änderung der kapitalisierten DB.

Tabelle 3: Gesamtanzahl an generierten Ökopunkten auf den Ackerflächen in der Region Stuttgart in Abhängigkeit des Preises für Ökopunkte und Veränderung in Abhängigkeit der Änderung der Kapitalwerte der DB (Szenario 1).

Nettopreis je Ökopunkt in €	Gesamtzahl an Ökopunkten in Mio.	Relative Änderung der Anzahl an Ökopunkten bei Veränderung der Kapitalwerte des DB um			
		-20%	-10%	10%	20%
0,25	601.7	68.15	29.53	-22.37	-39.16
0,50	3776.5	25.56	13.25	-13.32	-25.13
0,75	6507.3	4.68	2.74	-3.65	-8.19
1,00	7661.8	0.94	0.51	-0.77	-1.52
1,25	8026.3	0.76	0.38	-0.44	-0.84
1,50	8179.0	0.42	0.20	-0.22	-0.59

In keinem Fall wird PiK (M1) durchgeführt. Auch M3 wird bis zu 0,50 € je Ökopunkt kaum gewählt. Bis zu einem Preis von ca. 0,60 € steigt im Durchschnitt die Vorzüglichkeit der Umwandlung in Grünland (M2). M2 hat bei 0,60 € einen Anteil von etwa 56% an der Ackerfläche. Mit weiter zunehmendem Preis nimmt der Anteil von M2 wieder ab und M3, die Überlassung der Fläche für den Naturschutz, wird vorzüglicher. Der Mehrerlös aus den

Ökopunkten überkompensiert die höheren kapitalisierten Pflegekosten und den höheren Verkehrswertverlust, sodass bei einem Preis von 1,50 € ca. 90% der Ackerfläche in der Region Stuttgart mit der Maßnahme M3 belegt sind, was etwa 96% der generierten Ökopunkte entspricht. Die Ergebnisse zeigen auch, dass das hohe Potenzial für die Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen auf landwirtschaftlichen Ackerflächen in der Region Stuttgart räumlich stark differenziert ist (Abbildung 3). So würden bei einem Preis von 0,25 € je Ökopunkt im Landkreis Göppingen bereits viele Kompensationsmaßnahmen umgesetzt.

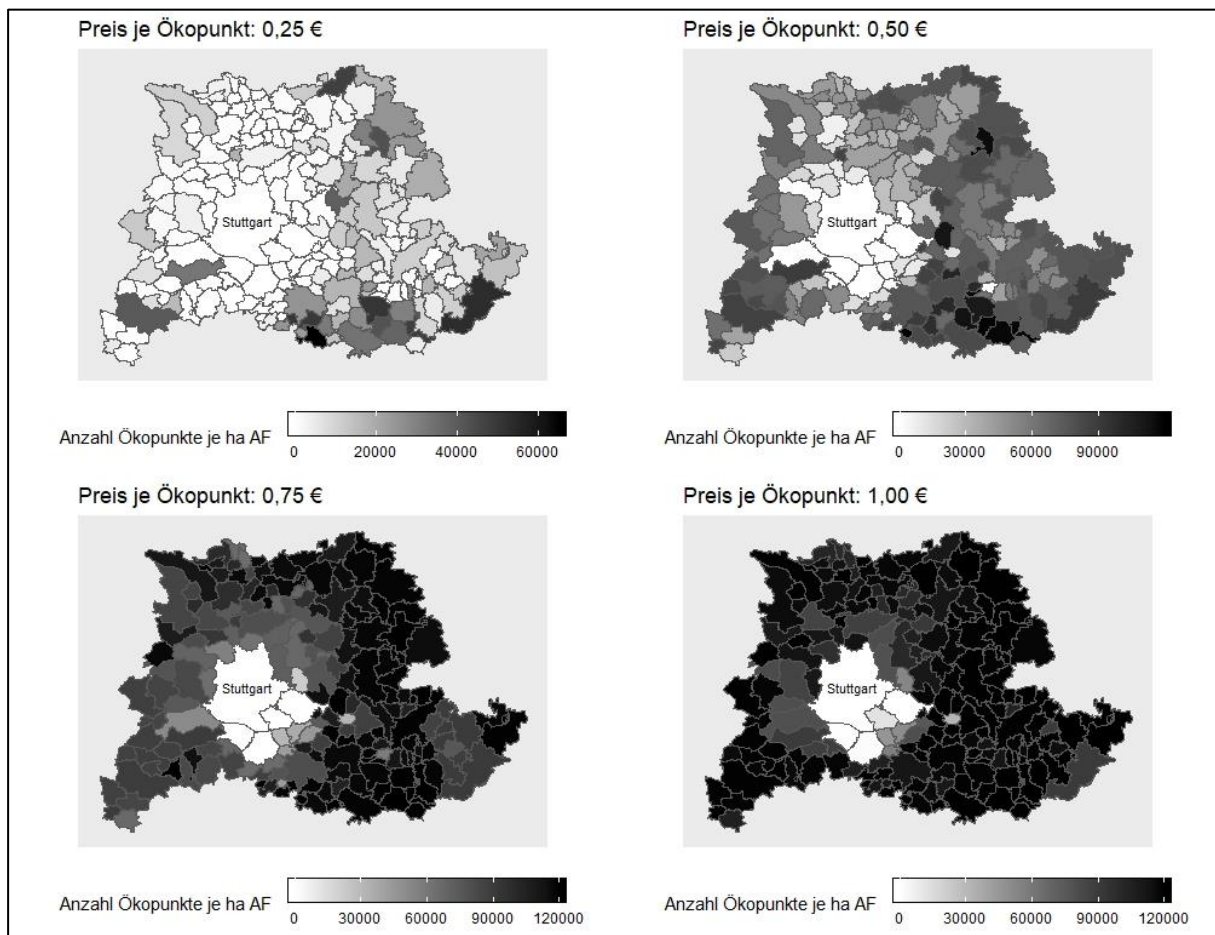


Abbildung 3: Übersicht über die durchschnittliche Anzahl an im Modell generierten Ökopunkte je ha Ackerland (AF) nach Gemeinden in der Region Stuttgart (Szenario1)

Im Stadtkreis Stuttgart und den angrenzenden Gemeinden wie z. B. Filderstadt sind die BRW für Ackerland mit etwa 16 €/m² vergleichsweise sehr hoch, sodass der mögliche Verkehrswertverlust der Fläche sehr hoch sein kann. Außerdem ist die ackerbauliche Nutzung dort durch einen hohen Anteil an deckungsbeitragsstarken Sonderkulturen geprägt. Deshalb ist ein höherer Preis je Ökopunkt zur Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen nötig als in den stärker ländlich bzw. landwirtschaftlich geprägten Gemeinden mit größerer Entfernung zum Zentrum der Region. Unter einem Preis von 1,00 € je Ökopunkt werden im Stadtkreis Stuttgart gar keine Kompensationsmaßnahmen umgesetzt. Bei 1,25 € werden ca. 12% der Ackerfläche in Stuttgart in Grünland umgewandelt, bei 1,50 € beträgt der Anteil ca. 55%. Damit würde in Stuttgart nur M2 stattfinden. Die Produktionsintegrierte Kompensation (M1) bringt im Vergleich zur Umwandlung in Grünland (M2) und der vollständigen Überlassung für den Naturschutz (M3) eine relativ geringe naturschutzfachliche Aufwertung nach der ÖKVO in Relation zu den Kosten mit sich, lässt dafür aber Flexibilität bei der Ackerbewirtschaftung. Gerade bei niedrigen BRW ist die PiK unattraktiver, da der höhere Verkehrswertverlust bei M2 und M3 durch die höhere Aufwertung in Ökopunkten bei diesen Maßnahmen mehr als

kompensiert wird. Das adjustierte R^2 der Beziehung zwischen BRW und Anzahl der durchschnittlich generierten Ökopunkte je ha Ackerland auf Gemeindeebene bei einem Preis von 0,50 € je Punkt liegt bei 0,33, bei einem Preis von 1,00 € bei 0,66 und bei 1,50 € bei 0,46. Da bei einem Preis von 1,00 € schon fast alle Flächen mit Maßnahmen belegt sind, kann eine Erhöhung der Anzahl an Ökopunkten nur noch durch die Umsetzung höherwertiger Maßnahmen erreicht werden.

Bei Szenario 2, bei dem für PiK (M1) keine grundbuchrechtliche Sicherung und kein Verkehrswertverlust angesetzt wird, wird PiK unter einem Preis von 0,50 € je Ökopunkt auf keiner Fläche und bei einem Preis von 1,10 € je Ökopunkt auf nur ca. 2,6% der Ackerfläche in der Region durchgeführt (Tabelle 4). Im Stadtkreis Stuttgart hat M1 bei einem Preis von 1,10 € allerdings mit knapp 70% an der Ackerfläche den größten Anteil. Es zeigt sich, dass PiK unter diesen Bedingungen vor allem im Zentrum der Region an Vorzüglichkeit gewinnt. In Bezug auf die Randbereiche der Region ist der Einfluss allerdings gering (Abbildung 4). Die Attraktivität von PiK kann somit durch einen Verzicht auf eine grundbuchrechtliche Sicherung erhöht werden und auch zu einer eingriffsnahen Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen in Gebieten mit hohen BRW führen. Vermutlich erhöht dies die Teilnahmebereitschaft der Landwirte bzw. Grundeigentümer an entsprechenden Maßnahmen und ermöglicht so eine Kompensation bei weitergeführter landwirtschaftlicher Produktion.

In beiden Szenarien zeigen sich in Bezug auf die Verteilung der Punkte insgesamt klare räumliche Disparitäten zwischen dem Kern der Region (Stadt Stuttgart) und den Randbereichen, aber auch die Art der umgesetzten Maßnahmen variiert räumlich. Am kostengünstigsten können die Maßnahmen im Osten bzw. Süd-Osten der Region in den Landkreisen Göppingen und Rems-Murr-Kreis umgesetzt werden (Abbildung 3).

Tabelle 4: Gesamtanzahl an generierten Ökopunkten auf den Ackerflächen in der Region Stuttgart in Abhängigkeit des Preises für Ökopunkte und Anteile der jeweils mit der Maßnahme belegten Ackerfläche (Szenario 2).

Preis pro Ökopunkt in €	Gesamtanzahl an Ökopunkten in Mio.	PiK (M1)		Umwandlung in Grünland (M2)		Naturschutz (M3)	
		Anteil	Fläche in ha	Anteil	Fläche in ha	Anteil	Fläche in ha
0,10	9,0	0,0%	0,0	0,1%	100,4	0,0%	0,0
0,20	274,7	0,0%	0,0	4,2%	3.051,8	0,0%	0,0
0,30	1.046,5	0,0%	0,0	15,9%	11.628,3	0,0%	0,0
0,40	2.314,3	0,0%	2,4	34,6%	25.394,5	0,3%	239,4
0,50	3.777,3	0,0%	34,5	51,4%	37.644,3	4,4%	3.237,3
0,60	5.064,6	0,3%	219,6	55,7%	40.794,5	15,8%	11.565,4
0,70	6.106,2	0,9%	636,1	47,9%	35.111,3	33,3%	24.424,4
0,80	6.932,5	1,7%	1.218,0	33,8%	24.742,7	53,2%	38.970,4
0,90	7.389,3	2,1%	1.524,6	22,1%	16.232,5	67,0%	49.098,3
1,00	7.696,8	2,5%	1.799,5	12,7%	9.295,5	77,5%	56.808,7
1,10	7.752,0	2,6%	1.886,8	12,5%	9.177,7	78,2%	57.339,2
1,20	7.849,8	2,4%	1.776,5	10,4%	7.587,7	81,0%	59.369,3
1,30	8.033,4	2,3%	1.671,0	3,7%	2.710,6	88,1%	64.577,7
1,40	8.104,2	2,0%	1.430,0	2,4%	1.776,7	89,9%	65.916,6
1,50	8.141,0	1,4%	1.054,6	2,9%	2.127,3	90,1%	66.035,4

Eine vollständige Überlassung der Fläche für den Naturschutz führt auf keiner Fläche in Stuttgart zu einer Maximierung des Kapitalwerts des DB. Generell steht die die PiK in starker Konkurrenz zu anderen Maßnahmen, die zu einer hohen Aufwertung in Ökopunkten führen, aber gleichzeitig keine ackerbauliche Nutzung und keine Nahrungsmittelproduktion mehr ermöglichen.

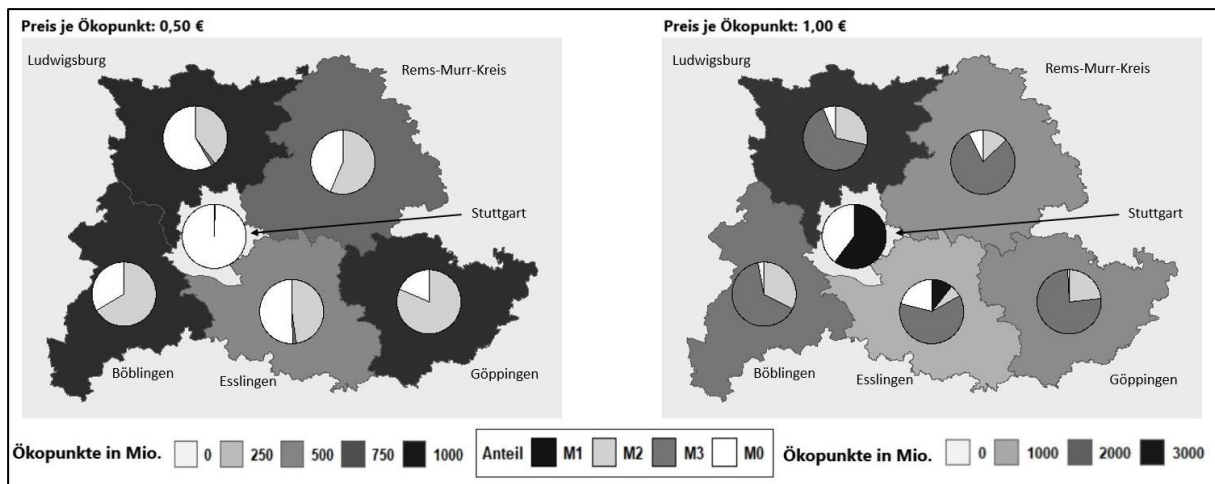


Abbildung 4: Übersicht über die generierten Ökopunkte nach Landkreis beim Preis von 0,50 € und 1,00 € je Punkt und Anteile der einzelnen Maßnahmen (Szenario 2). Die Einfärbung zeigt die Ökopunkte und die Kreisdiagramme die Anteile der Maßnahmen.

Um die Modellergebnisse in Bezug zu einem realistischen Bedarf an Ökopunkten setzen zu können, kann die Bedarfsschätzung des Verbandes der Region Stuttgart herangezogen werden. In dieser wurden alle für den Zeitraum von 2019 bis 2030 bekannten Bebauungspläne in der Region Stuttgart ausgewertet und ein Bedarf von ca. 850 Mio. Punkten abgeleitet (JENSSEN 2019). Legt man die Ergebnisse unserer Analyse zugrunde, wäre dieser Bedarf in Szenario 1 bei ausschließlicher Kompensation auf Ackerland und bei einem Ökopunktepreis von etwa 0,27 € erreicht. Es müssten auf ca. 10% der Ackerfläche in der Region Stuttgart Kompensationsmaßnahmen umgesetzt werden, welche überwiegend in den Landkreisen Göppingen und Rems-Murr-Kreis liegen würden. Da die Bewertung der Kompensationsmaßnahmen sich zwischen den unteren Naturschutzbehörden unterscheiden kann, spielt auch dieser Aspekt eine Rolle für die Vorzüglichkeit der Maßnahmen. So wird M3 in der Praxis auch teilweise mit 19 Ökopunkten je m² bewertet (z. B. Gemeinde Immendingen 2015). Wir haben zurückhaltend 16 Ökopunkten je m² angesetzt. Der Erlös aus dem Verkauf der Ökopunkte kann zum Teil durchaus höher ausfallen als der Bodenrichtwert der Fläche auf dem die Kompensationsmaßnahme umgesetzt wird, da diese in diesem Fall freiwillig durchgeführt werden. Ein Eingreifer könnte deshalb auch ein Motiv haben, selbst Flächen zum Bodenrichtwert zu erwerben und Kompensationsmaßnahmen selbst umzusetzen. Allerdings kann der Erwerb von Ökopunkten aufgrund von Flächenknappheit und einem zeitlichen Vorteil für den Eingreifer dennoch vorteilhaft sein. Darüber hinaus ist zu bedenken, dass Kompensationsmaßnahmen in Einzelfällen auch günstiger auf Forst- oder sonstige Kommunalf Flächen (die keine Ackerflächen darstellen) umgesetzt werden können und somit die Angebotskurven nur eingeschränkt interpretierbar sind. Vor dem Hintergrund dieser Darstellungen können unsere eingangs genannten Hypothesen bestätigt werden.

4 Ausblick

Der verwendete Modellansatz erlaubt eine vereinfachte räumlich differenzierte Betrachtung der ökonomischen Vorzüglichkeit von Kompensationsmaßnahmen auf Ackerflächen und soll zukünftig noch erweitert werden. Hierbei wird ein Aspekt die Verringerung des Flächenverbrauchs durch Kompensationsmaßnahmen und damit auch die Berücksichtigung der Nahrungsmittelproduktion im Sinne einer regionalen Versorgung sein. Dabei könnte auch PiK eine Rolle spielen, die aber so gestaltet werden muss, dass eine landwirtschaftliche Produktion und gleichzeitig eine hohe Aufwertung möglich ist. PiK könnte z. B. mit Maßnahmen des Artenschutzes wie z.B. ein teilflächiger Ernteverzicht in Getreide zur Förderung von Feldhamstern kombiniert werden. Zur Abschätzung der dabei erzielbaren Ökopunkte werden

weitere naturschutzbezogene Fachdaten benötigt, die in das entwickelte Modell integriert werden können. Ein weiterer Aspekt ist die Akzeptanz der Landwirte für verschiedene Kompensationsmaßnahmen, u. a. weil die Flexibilität der Landnutzung im Kontext der generationenübergreifenden Landnutzung bedeutend sein könnte. Ein Risikoaufschlag auf den Preis bei der langfristigen Bindung an bestimmte Produktionssysteme kann z. B. durch Choice-Experimente ermittelt werden (GILLICH et al. 2019) und daraufhin in ökonomischen Modellen berücksichtigt werden (PETIG et al. 2019).

Danksagung

Diese Arbeit ist im Projekt RAMONA entstanden, das unter dem Förderkennzeichen 033L201B in der Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus durch das BMBF gefördert wird.

Literatur

- AMI (2017): Verkaufspreise für Grundfutter. In: *Bauernzeitung* 58, verschiedene Ausgaben.
- AMI (2018): Verkaufspreise für Grundfutter. In: *Bauernzeitung* 59, verschiedene Ausgaben.
- AMI (2019): Verkaufspreise für Grundfutter. In: *Bauernzeitung* 60, verschiedene Ausgaben.
- AWI (2019): IDB Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. Hg. v. Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen. URL: bit.ly/39A6Vs1., zuletzt geprüft am 02.01.2020.
- CZYBULKA, D.; HAMPICKE, U.; LITTERSKI, B. (2012): Produktionsintegrierte Kompensation. Rechtliche Möglichkeiten, Akzeptanz, Effizienz und naturschutzgerechte Nutzung: Erich Schmidt Verlag (Initiativen zum Umweltschutz).
- CZYBULKA, D.; HAMPICKE, U.; LITTERSKI, B.; SCHÄFER, A.; WAGNER, A. (2009): Integration von Kompensationsmaßnahmen in die landwirtschaftliche Produktion. Vorschläge für die Praxis integrierter Maßnahmen am Beispiel der Segetalflora. In: *Naturschutz und Landschaftsplanung* 41 (8). URL: bit.ly/35T0spN, zuletzt geprüft am 08.01.2020.
- DREHER, P. (2016): Erfahrungen mit der praktischen Umsetzung der Ökokontoverordnung im Landkreis Biberach. Landratsamt Biberach. Amt für Bauen und Naturschutz. URL: <https://bit.ly/2QRGvLO>, zuletzt geprüft am 08.01.2020.
- DRUCKENBROD, C.; BECKMANN, V. (2018): Production-Integrated Compensation in Environmental Offsets—A Review of a German Offset Practice. In: *Sustainability* 10 (11), S. 4161.
- GEMEINDE HEDDESHEIM (2019): Umweltbericht und Grünordnungsplan incl. Eingriffs-Ausgleichs-Bilanzierung zum Bebauungsplan „Mitten im Feld II“ in Heddesheim. URL: <https://bit.ly/2NotirO>, zuletzt geprüft am 08.01.2020.
- GEMEINDE IMMENDINGEN (2015): Umweltbericht mit integrierter Eingriffs-/Ausgleichsbilanzierung und Grünordnungsplan zum Bebauungsplan „Donau-Hegau“. URL: <https://bit.ly/2TntsmR>, zuletzt geprüft am 08.01.2020.
- GEMEINDE NECKARWESTHEIM (2018): Umweltbericht mit Eingriffs-/Ausgleichsbilanzierung zum Bebauungsplan „Waldweg III“ in Neckarwestheim. URL: <https://bit.ly/2uOYmug>, zuletzt geprüft am 08.01.2020.
- GEMEINDE NELLINGEN (2019): B-Plan „FREIFLÄCHENPHOTOVOLTAIKANLAGE ZIEGERLAUCH“ Gemeinde Nellingen Umweltbericht. Unter Mitarbeit von Schuler, Andreas. URL: <https://bit.ly/3aa8uy0>, zuletzt geprüft am 08.01.2020.
- GILLICH C, NARJES M, KRIMLY T, LIPPERT C. (2019): Combining choice modeling estimates and stochastic simulations to assess the potential of new crops—The case of lignocellulosic perennials in Southwestern Germany. *GCB, Bioenergy* (11), S. 289–303.
- GIESBERT; L.; REINHARDT, M. (Hrsg.) (2020): Beck'scher Onlinekommentar zum Umweltrecht. 53. Edition. München.
- IREUS (2011): Der Beitrag der ländlichen Räume Baden-Württembergs zu wirtschaftlicher Wettbewerbsfähigkeit und sozialer Kohäsion – Positionsbestimmung und

- Zukunftsszenarien. Hg. v. Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung (IREUS). Stuttgart. URL: <https://bit.ly/2Oo6Pv8>, zuletzt geprüft am 03.02.2020.
- JENSSEN, T. (2019): Abschätzung des Kompensationsbedarfes und Entwicklung von Szenarien zur Landnutzung. Unveröffentlichtes Projektdokument aus RAMONA. Stuttgart.
- KTBL (2010): Obstbau. Betriebswirtschaftliche und produktionstechnische Kalkulationen. Hg. v. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. URL: <https://bit.ly/2vAPYPr> unter, zuletzt geprüft am 02.01.2020.
- KTBL (2019a): Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau. Hg. v. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. URL: <https://daten.ktbl.de/dslkrpflanze/postHv.html>, zuletzt geprüft am 31.12.2019.
- KTBL (2019b): Standarddeckungsbeiträge. Hg. v. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. URL: bit.ly/2OR0R6j, zuletzt geprüft am 02.01.2020.
- KTBL (2019c): Baumschule. Betriebswirtschaftliche und produktionstechnische Kalkulationen. Hg. v. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. URL: <https://bit.ly/38ToFxY>, zuletzt geprüft am 02.01.2020.
- LEL (2018b): Kalkulationsdaten Futterbau - Vers. 4.1. Unter Mitarbeit von Abteilung 2 und LAZBW. URL: bit.ly/36U13J9, zuletzt geprüft am 02.01.2020.
- LEL (2018a): Kalkulationsdaten Marktfrüchte Ernte 2018. Unter Mitarbeit von Abteilung 2. URL: <https://bit.ly/35PBpnr>, zuletzt geprüft am 02.02.2020.
- LEL (2011): Digitale Flurbilanz. Hg. v. Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume (LEL). URL: lel-bw.de, zuletzt geprüft am 07.01.2020.
- LFL (2019): LfL Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. Internet Deckungsbeitragsrechner 1.20191219. Hg. v. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. München. URL: <https://www.stmelf.bayern.de/idb/default.html>, zuletzt geprüft am 02.01.2020.
- LUBW (2018): Bodenzustandsbericht Region Stuttgart. Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg. Karlsruhe. URL: <https://bit.ly/2TKDnD9>, zuletzt geprüft am 22.01.2020.
- LÜTKES, S.; EWER, W. (Hrsg.) (2018): BNatSchG. Kommentar. 2. Auflage. München
- MÄHRLEIN, A.; JABORG, G. (2015): Wertminderung landwirtschaftlicher Nutzflächen durch Naturschutzmaßnahmen. Eine Bestandsaufnahme mit den Ergebnissen der HLBS-Expertenbefragung. In: *Agrarbetrieb (AgrB)* (3), S. 60-64.
- PETIG E, CHOI HS, ANGENENDT E, KREMER P, GRETHE H, BAHRS E. (2019): Downscaling of agricultural market impacts under bioeconomy development to the regional and the farm level—An example of Baden-Wuerttemberg. *GCB Bioenergy* (11), S. 1102–1124.
- R CORE TEAM (2019): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Wien. URL: <https://www.R-project.org/>.
- LFULG (2006): Echter Salbei. *Salvia officinalis* L. Anbauverfahren. Dresden. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. URL: publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/13561, zuletzt geprüft am 02.01.2020.
- STADT WAIBLINGEN (2018): Bodenrichtwertkarte 2018. Gutachterausschuss der Stadt Waiblingen. URL: <https://bit.ly/374yadv>, zuletzt geprüft am 08.01.2020.
- STATISTIK-BW (2018): Kaufpreise für landwirtschaftliche Flächen 2017 wieder gestiegen. Leichter Rückgang in 2016 mehr als ausgeglichen. Hg. v. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. URL: <https://bit.ly/2tUHgv2>, zuletzt geprüft am 23.12.2019.
- TAROSSO, P.; VELO-ANTON, G.; CARVALHO, S. B. (2015): PHYLIN: an R package for phylogeographic interpolation. *Molecular Ecology Resources*. 15(2), 349-357.
- TIETZ, A.; BATHKE, M.; OSTERBURG, B. (2012): Art und Ausmaß der Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Flächen für außerlandwirtschaftliche Zwecke und Ausgleichsmaßnahmen. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), (Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie, 2012/05).
- ZUUR, A. F. (2012): *A Beginner's Guide to Generalized Additive Models with R*. Newburgh: Highland Statistics Ltd.