

Modellierung regionaler Zeitreihen landwirtschaftlicher Anbauflächen und Produktionsmengen

Naegeli de Torres, Friederike; Karras, Tom; Semella, Sebastian

Veröffentlichungsversion / Published Version

Sammelwerksbeitrag / collection article

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Naegeli de Torres, F., Karras, T., & Semella, S. (2022). Modellierung regionaler Zeitreihen landwirtschaftlicher Anbauflächen und Produktionsmengen. In *Flächennutzungsmonitoring XIV: Beiträge zu Flächenmanagement, Daten, Methoden und Analysen* (S. 285-293). Berlin: Rhombos-Verlag. <https://doi.org/10.26084/14dfns-p029>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY Lizenz (Namensnennung) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

Terms of use:

This document is made available under a CC BY Licence (Attribution). For more information see:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



Flächennutzungsmonitoring XIV

Beiträge zu Flächenmanagement,
Daten, Methoden und Analysen

IÖR Schriften Band 80 · 2022

ISBN: 978-3-944101-80-4

Modellierung regionaler Zeitreihen landwirtschaftlicher Anbauflächen und Produktionsmengen

Friederike Naegeli de Torres, Tom Karras, Sebastian Semella

Naegeli de Torres, F.; Karras, T.; Semella, S. (2022): Modellierung regionaler Zeitreihen landwirtschaftlicher Anbauflächen und Produktionsmengen. In: Meinel, G.; Krüger, T.; Behnisch, M.; Ehrhardt, D. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XIV. Beiträge zu Flächenmanagement, Daten, Methoden und Analysen. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 80, S. 285-293.

DOI: <https://doi.org/10.26084/14dfns-p029>

Modellierung regionaler Zeitreihen landwirtschaftlicher Anbauflächen und Produktionsmengen

Friederike Naegeli de Torres, Tom Karras, Sebastian Semella

Zusammenfassung

Am Deutschen Biomasseforschungszentrum wird im Projekt Pilot-SBG eine Anlage zur Herstellung von erneuerbaren Kraftstoffen basierend auf Methan und Wasserstoff entwickelt. Das Methan soll u. a. aus landwirtschaftlichen Reststoffen gewonnen werden. Um die Biomassepotenziale hierfür zu berechnen und deren Verfügbarkeiten über die Jahre räumlich abzubilden, sind Zeitreihen regionaler Produktionsmengen als Berechnungsgrundlage notwendig. Mittels regionaler Daten zu Anbauflächen und jährlicher Ertragsinformationen können solche Zeitreihen regionaler Produktionsmengen berechnet werden. Anbauflächen werden auf Landkreisebene (NUTS-3) jedoch nur im mehrjährigen Abstand erhoben, während auf Bundeslandebene entsprechende Daten jährlich verfügbar sind. In diesem Beitrag wird daher eine Methode präsentiert, um regionale Anbauflächen für die Zwischenjahre an Hand der Bundeslandtrends zu modellieren. Mittels der modellierten Anbauflächen und den jährlich erhobenen Hektarerträgen ist es so möglich, Aussagen über die zeitlichen Entwicklungen der Flächen und darauf basierend auch der regionalen Produktionsmengen zu treffen. In diesem Beitrag werden zwei Modellierungsverfahren miteinander verglichen: lineare Flächeninterpolation und ein Ansatz zur Flächenmodellierung mittels Bundeslandtrend (gewichteter Anteil). Die Ergebnisse zeigen, dass die Modellierung mittels gewichtetem Bundeslandtrend genauere Werte liefert und somit die Genauigkeit der linearen Flächenmodellierung deutlich übertrifft.

Schlagwörter: Zeitreihenmodellierung, Anbauflächen, Zeitreihen, NUTS-3, Pilot-SBG

1 Einführung

Regionale Daten landwirtschaftlicher Produktionsmengen und deren Schwankung über die Jahre sind unverzichtbare Basisinformationen für die Strategieentwicklung und -umsetzung einer ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft unter dem Ziel der Emissionsreduktion gemäß Klimaschutzgesetz. Im Rahmen des Projektes Pilot-SBG (Pilotanlage Synthetisiertes Biogas) des DBFZ (Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH) werden Rest- und Abfallstoffe auf regionaler Ebene quantifiziert und deren Schwankungen analysiert, um Aussagen über deren zeitliche und räumliche Verfügbarkeit für die Produktion von erneuerbaren nachhaltigen Kraftstoffen zu ermöglichen. Für die Erfassung von Biomassepotenzialen landwirtschaftlicher Rest- und Abfallstoffe werden die

Produktionsmengen als Berechnungsgrundlage benötigt. Bekanntermaßen schwanken die landwirtschaftlichen Produktionsmengen von Jahr zu Jahr beträchtlich, da diese an die jeweiligen Witterungsbedingungen während der Vegetationsperiode eines Jahres gekoppelt sind. Allerdings sind mitunter auch markante jährliche Schwankungen in der landwirtschaftlich genutzten Fläche für bestimmte Kulturarten zu verzeichnen. Da Informationen über die Flächennutzung in Verbindung mit den Hektarerträgen Annahmen über die landwirtschaftlichen Produktionsmengen und deren -stabilität ermöglichen, sind zuverlässige Informationen über räumliche und zeitliche Veränderungen der Flächenwidmung von besonderem Interesse. Diese Daten werden jedoch nur für einzelne Jahre auf Landkreisebene erfasst. Für die Erstellung von lückenlosen Zeitreihen regionaler landwirtschaftlicher Anbauflächen und Produktionsmengen ist es daher erforderlich, die kulturartspezifischen landwirtschaftlich genutzten Flächen für die Zwischenjahre zu modellieren.

Bisherige Modellierungsansätze haben die regionalen landwirtschaftlich genutzten Flächen für die Zwischenjahre mittels einer linearen Interpolation abgeschätzt (Brosowski et al. 2020). Da auf Bundeslandebene die landwirtschaftlich genutzten Flächen jährlich veröffentlicht werden, wird in diesem Beitrag ein optimierter Ansatz zur Modellierung der Anbauflächen auf Landkreisebene vorgestellt, der den Entwicklungstrend der Flächennutzung auf Bundeslandebene einbezieht. Dies ermöglicht die Erstellung von präziseren Zeitreihen landwirtschaftlicher Produktionsmengen auf regionaler Ebene, die nicht nur im Rahmen des Projektes Pilot-SBG, sondern auch für weitere Nutzungskonzepte landwirtschaftlicher Haupt- und Nebenprodukte eine wichtige Datengrundlage darstellen.

2 Modellierung regionaler Anbauflächen

Landwirtschaftliche Anbauflächen nach Fruchtart werden – wie in Abbildung 1 dargestellt – in der GENESIS-Onlinedatenbank der amtlichen Statistik auf Landkreisebene nur für die Erhebungsjahre 2010, 2016 und 2020 erfasst (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2022a).

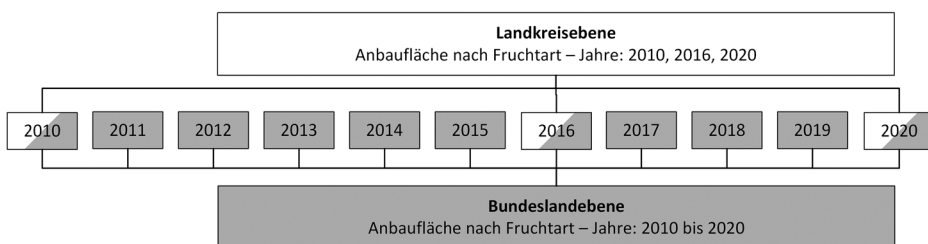


Abb. 1: Datenverfügbarkeit für landwirtschaftlich genutzte Anbauflächen nach Fruchtart auf Landkreis- und Bundeslandebene (Quelle: eigene Darstellung)

Für die fehlenden Zwischenjahre von 2011-2015 und 2017-2019 hingegen finden sich in der GENESIS-Onlinedatenbank nur zu den landwirtschaftlich genutzten Anbauflächen auf Bundeslandebene Informationen (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2022b). Für die Berechnung der Anbauflächen auf Landkreisebene werden im Folgenden für die Komplettierung der Zwischenjahre zwei Methoden vorgestellt: 1) lineare Flächeninterpolation und 2) ein Ansatz zur Flächenmodellierung mittels Bundeslandtrend (gewichteter Anteil).

2.1 Methoden

2.1.1 Lineare Flächeninterpolation

Die erste Methode verfolgt den Ansatz einer linearen Interpolation für die Zwischenjahre der landwirtschaftlich genutzten Flächen. Dazu werden die Datenpunkte in den Jahren 2010, 2016 und 2020 auf Landkreisebene miteinander linear verbunden (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2022a). Dieses Vorgehen wird für jeden Landkreis durchgeführt. Zuerst wird die Veränderung der landwirtschaftlich genutzten Fläche zwischen den Erhebungsjahren berechnet. Anschließend wird diese Veränderung der Fläche durch die Anzahl der Jahre geteilt, um die jährliche Änderungsrate zu ermitteln. Diese durchschnittliche jährliche Flächenänderung wird mit der landwirtschaftlich genutzten Anbaufläche im Landkreis jeweils zum Folgejahr addiert. Schwankungen in der Anbaufläche zwischen den Erhebungsjahren finden bei dieser Methode keine Berücksichtigung.

2.1.2 Flächenmodellierung mittels des gewichteten Anteils am Bundesland

Die zweite Methode berücksichtigt im Gegensatz zur linearen Interpolation den jährlichen Änderungstrend der Anbauflächen auf Bundeslandebene. Hierbei wird die amtliche Statistik zu den jährlich verfügbaren fruchtartspezifischen Anbauflächen der einzelnen Bundesländer genutzt, um die Anbauflächen der Landkreise für die Zwischenjahre zu berechnen. Im ersten Schritt werden die bundeslandspezifischen Änderungsraten der Anbauflächen je Fruchtart bestimmt. Anschließend wird die Anbaufläche eines Landkreises für ein Zwischenjahr basierend auf den Anbauflächen der Erhebungsjahre und den jeweiligen gewichteten Bundeslandtrends berechnet. Die Gewichtung erfolgt in Abhängigkeit der zeitlichen Entfernung des betrachteten Zwischenjahres zu den Erhebungsjahren.

Die modellierte Anbaufläche für das zu betrachtende Zwischenjahr ergibt sich dabei gemäß Gleichung (1) wie folgt

$$A_{Zj} = \frac{E_{j_2} - Z_j}{E_{j_2} - E_{j_1}} * \Delta_{Zj}^{E_{j_1}} + \frac{Z_j - E_{j_1}}{E_{j_2} - E_{j_1}} * \Delta_{Zj}^{E_{j_2}} \quad (1)$$

wobei A die Anbaufläche beschreibt, Z_j das betrachtete Zwischenjahr definiert, E_{j_1} dem jeweils ältesten und E_{j_2} dem zeitaktuelleren Erhebungsjahr entspricht.

Die Änderungsraten für die Zwischenjahre (Z_j) 2011 bis 2015 beziehen sich auf das Erhebungsjahr 2010 (E_{j_1}), sowie das Erhebungsjahr 2016 (E_{j_2}). Für die Änderungsraten der Zwischenjahre (Z_j) 2017 bis 2019 gelten entsprechend die Erhebungsjahre 2016 (E_{j_1}) und 2020 (E_{j_2}).

2.1.3 Validierung der Ergebnisse und Vergleich der Methoden

Zur Validierung und Genauigkeitsanalyse der beiden Methoden wurden amtliche Regionalstatistiken für einzelne Zwischenjahre aus den Bundesländern Sachsen (SN), Sachsen-Anhalt (SA) und Mecklenburg-Vorpommern (MVP) als Referenzwerte herangezogen (eigene Datenanfrage über das Statistische Landesamt Sachsen). Hier finden sich Angaben zur Fruchtartspezifischen Landnutzung aus 36 Landkreisen wieder, jedoch in un-einheitlicher zeitlicher Auflösung. Für Sachsen und Mecklenburg-Vorpommern liegen die Daten für die Jahre 2017-2019 vor, während für Sachsen-Anhalt die Daten nur für das Jahr 2013 verfügbar sind. Für jede Kulturart konnten auf diese Weise insgesamt 78 Datenpunkte kompiliert werden. Da jedoch die Qualität der amtlichen Daten für einige Fruchtarten als ungenau angegeben wird, wurde die Validierung und die Bewertung der beiden Modellierungsansätze auf Weizen und Roggen/Wintermengengetreide beschränkt. Einen Überblick über die Referenzwerte aus den verwendeten amtlichen Statistiken sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tab. 1: Datengrundlage der Referenzwerte auf Landkreisebene für die Modellvalidierung (Quelle: eigene Darstellung)

Datensatz	Bundesland	Landkreise (n)	Referenzjahre	Datenpunkte (n)
SN	Sachsen	14	2017, 2018, 2019	42
SA	Sachsen-Anhalt	15	2013	15
MVP	Mecklenburg-Vorpommern	7	2017, 2018, 2019	21

Die univariaten Merkmale der Teildatensätze in Tabelle 2 veranschaulichen die Verteilung der Flächennutzungen für Weizen und Roggen/Wintermengengetreide in den jeweiligen Bundesländern. Es wird deutlich, dass sich die Wertebereiche deutlich unterscheiden, woraus sich große Spannweiten der betrachteten Werte ergeben.

Tab. 2: Statistische Merkmale der für die Referenzjahre erhobenen Teildatensätze zur Flächennutzung für den Anbau von Weizen (W) und Roggen und Wintermenggetreide (RMG) auf Landkreisebene, die für die Modellvalidierung verwendet wurden. Die Daten sind in 1 000 ha angegeben (Quelle: eigene Darstellung)

Daten-satz	Minimum		Median		Mittelwert		Maximum		Stand.-Abw.	
	W	RMG	W	RMG	W	RMG	W	RMG	W	RMF
SN	0,7	0,2	12,9	1,1	14,9	2,4	34	6,8	11,2	2,4
SA	0,8	0,4	24,5	5,4	26	7,5	50,8	21,4	17,1	7,8
MVP	30,9	2,9	56,6	9,2	58,2	10,3	78,9	22,8	12,6	6,3

Die großen Spannweiten der Werte führen dazu, dass sich bei der Berechnung der Bestimmtheitsmaße (R^2) sehr hohe Werte ergeben. Aus diesem Grund wurde als zusätzliches Gütemaß der *Root Mean Square Error* (RMSE) verwendet, der eine gute Vergleichsmöglichkeit zur Bewertung der Genauigkeit beider Modellansätze darstellt. Der RMSE ist als Standardabweichung der Residuen zu verstehen und wird gemäß Gleichung (2) berechnet:

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\text{Modellierter Wert}_i - \text{Referenzwert}_i)^2}}{n} \quad (2)$$

2.1.4 Berechnung von agrarischen Produktionsmengen und Reststoffpotenzialen

Mithilfe der modellierten Nutzflächen und Angaben zu durchschnittlichen Hektarerträgen, welche jährlich auf Landkreisebene für alle wichtigen landwirtschaftlichen Kulturarten erhoben werden, lassen sich die landwirtschaftlichen Produktionsmengen auf Landkreisebene berechnen. Darauf basierend können in einem weiteren Berechnungsschritt auch die Mengen an potenziell anfallenden Reststoffen abgeschätzt werden. Nähere Informationen zur Berechnung einzelner theoretischer Biomassepotenziale finden sich in der DBFZ Ressourcendatenbank (<https://webapp.dbfz.de/resource-database>).

3 Ergebnisse

3.1 Zeitreihen modellierter Anbauflächen

In den Ergebnissen zeigt sich, dass die Interpolation der Zwischenjahre anhand des gewichteten Bundeslandtrends, gegenüber der linearen Abschätzung, zu schwankenden Anbauflächen über den Zeitverlauf führt. Eine lineare Interpolation zwischen den Erhebungsjahren aus den Agrarstrukturerhebungen (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2022a) führt somit ggf. zu einer Unter- oder Überschätzung der Anbauflächen. Die Betrachtung der Modellierungsergebnisse, wie in Abbildung 2 für ausgewählte Feldfrüchte im Landkreis Diepholz (Niedersachsen) beispielhaft dargestellt, lässt bereits bei

der visuellen Betrachtung erkennen, dass eine rein lineare Interpolation der Zwischenjahre zu Fehleinschätzungen der tatsächlichen Ackernutzung führt. Es wird deutlich, dass es auch innerhalb kurzer Zeiträume bereits zu markanten Zu- und Abnahmen der Flächenwidmung für eine bestimmte Feldfrucht kommen kann. Diese Dynamik muss bei der Interpolation der Zwischenjahre Berücksichtigung finden und wird mit der neu vorgeschlagenen Methode möglich, deren Überlegenheit gegenüber der linearen Interpolation auch im folgenden direkten Methodenvergleich verdeutlicht wird:

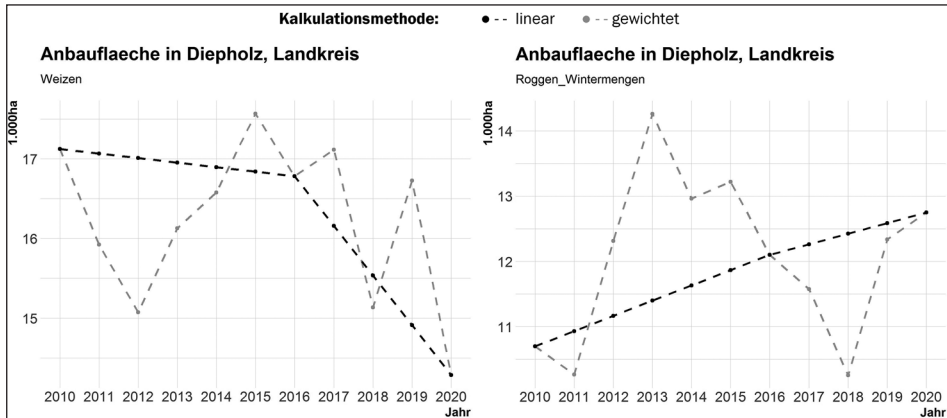


Abb. 2: Erhobene (2010, 2016, 2020) und über lineare (schwarz) und Bundeslandtrend-gewichtete (grau) modellierte landwirtschaftlich genutzte Anbauflächen für Weizen und Roggen (Wintermengen) im Landkreis Diepholz für den Zeitraum 2010 bis 2020 (Quelle: eigene Darstellung)

3.2 Methodenvergleich

In den Streudiagrammen der Abbildung 3 sind die Korrelationen und Gütemaße der Korrelation (Bestimmtheitsmaß R^2 und RMSE) für die jeweilige Methode veranschaulicht. Diese spiegeln den Zusammenhang zwischen den Werten der modellierten Anbauflächen und den entsprechenden amtlichen Angaben der statistischen Landesämter (SN, SA, MVP) wider.

Betrachtet man die Streudiagramme der Anbauflächen für Weizen, so zeigt sich für beide Methoden eine sehr gute lineare Korrelation zwischen den modellierten Werten und den Referenzwerten. Dies wird auch durch die sehr hohen Bestimmtheitsmaße gekennzeichnet ($R^2 > 0,99$). Ein genauerer Blick auf die Punktverteilung der linearen Methode zeigt jedoch, dass die Werte für Mecklenburg-Vorpommern (schwarze Punkte) systematisch unterschätzt werden, während sie bei der aus dem Bundeslandtrend abgeleiteten Methode wie auf einer Perlschnur aufgereiht auf der gestrichelten 1:1 Linie liegen. Der RMSE verringert sich bei Anwendung der neuen Methode entsprechend stark auf weniger als die Hälfte des Wertes der linearen Methode und stellt eine deutliche Verbesserung dar.

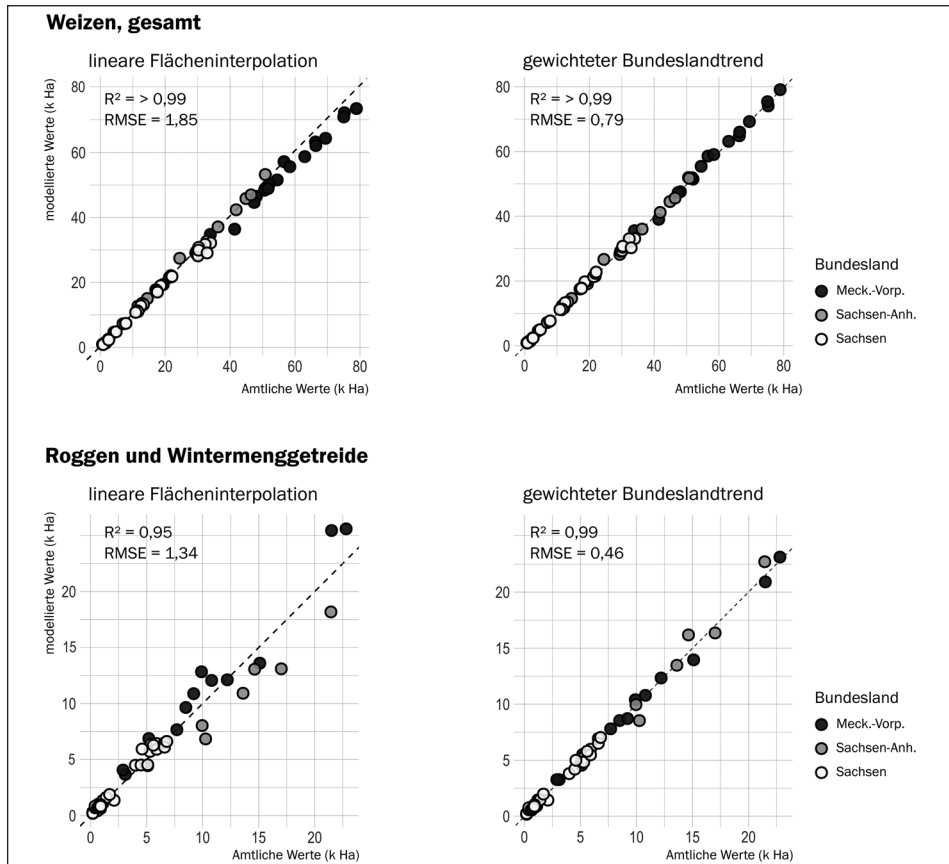


Abb. 3: Streudiagramme der modellierten Flächen für den Freistaat Sachsen im Jahr 2013. Die gestrichelte Linie stellt einen 1:1 Zusammenhang dar. Flächenangaben werden in 1 000 ha vorgenommen (Quelle: eigene Darstellung)

Noch deutlicher ist die Verbesserung bei der Berechnung der Anbauflächen für Roggen und Wintermenggetreide. Hier zeigen sich bei Anwendung der linearen Methode deutliche Abweichungen von den Referenzwerten aller drei betrachteten Bundesländer; das Bestimmtheitsmaß nimmt daher hier einen vergleichsweise niedrigen Wert von 0,95 an. Die Anwendung der länderkorrigierten Methode verbessert das Bestimmtheitsmaß ($R^2 = 0,99$) und bringt einen dreifach niedrigeren RMSE hervor (RMSE 1,34 vs. 0,46).

3.3 Zeitreihen regionalisierter Produktionsmengen

Anhand der modellierten Anbauflächen für die Zwischenjahre können mittels Multiplikation mit den jährlich und regionalspezifisch erhobenen Hektarerträgen für die einzelnen Fruchtarten Produktionsmengen für die Landkreise berechnet werden. So lassen sich auf regionaler Ebene Zeitreihen erstellen, um Aussagen über die Produktionsstabilität treffen

zu können. Diese Informationen sind ausschlaggebend für Entscheidungsträger*innen. Um diese Informationen der breiten Öffentlichkeit bereitstellen zu können, wurde am Deutschen Biomasseforschungszentrum (DBFZ) ein Dashboard entwickelt, das für verschiedene Rest- und Abfallstoffe diese regionalisierten jährlichen Informationen bereitstellt (<https://datalab.dbfz.de>). Aktualisierte Daten zu den Biomassepotenzialen werden voraussichtlich 2023 veröffentlicht.

4 Diskussion und Fazit

Anbauflächen variieren über die Jahre und unterliegen hierbei keinem linearen Trend. Die lineare Interpolation von Anbauflächen für die Jahre, in denen keine Informationen vorliegen, erreicht daher nur eine ungefähre Approximation der Flächen, die zu Unter- und Überschätzungen führen können. In diesem Beitrag wurde eine Berechnungsmethodik vorgestellt, die den jährlichen Schwankungen der Anbauflächen auf Bundeslandebene Rechnung trägt und so den Bundeslandtrend der Anbauflächen bei der Modellierung der Anbauflächen in den Landkreisen berücksichtigt. Auch wenn einzelne Landkreise nicht ihrem Bundeslandtrend folgen, so erzielen die präsentierten Ergebnisse dennoch eine höhere Genauigkeit im Vergleich zu einer linearen Interpolation der Anbauflächen. Eine weitere Präzisierung der Interpolation wäre durch eine Erhöhung der Erhebungsfrequenz auf Landkreisebene, ebenso wie anhand zusätzlicher regionaler Vergleichsdaten für die Zwischenjahre aus weiteren Bundesländern, möglich. Insgesamt wäre es wünschenswert zusätzliche Datenpunkte aus allen Bundesländern, wie auch für alle betrachteten Fruchtarten, als Referenzdaten für die Validierung der Modellierungsergebnisse nutzen zu können. Die Erhebung dieser Daten könnte perspektivisch u. a. durch Methoden der Fernerkundung unterstützt werden.

Die lückenlose Modellierung der Anbauflächen auf Landkreisebene bildet so auch die Grundlage für die Erstellung von u. a. Zeitreihen regionaler Biomassepotenziale, die für verschiedenste Akteure von Interesse sind. So dienen die hier präsentierten regionalen Biomassepotenziale und deren Schwankungen über die Jahre auch im Rahmen des Pilot-SBG Projektes (<https://www.dbfz.de/projektseiten/pilot-sbg/start>) als Entscheidungshilfe für die Standortwahl potenzieller Anlagenstandorte.

5 Literatur

Brosowski, A.; Bill, R.; Thrän, D. (2020): Temporal and spatial availability of cereal straw in Germany. Case study: Biomethane for the transport sector. *Energy, Sustainability and Society* 10: 42. DOI: 10.1186/s13705-020-00274-1

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2022a): Landwirtschaftliche Betriebe und deren landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) nach Größenklassen der LF. GENESIS-Tabelle: 41141-05-01-4. Agrarstrukturerhebung/Landwirtschaftszählung. Statistische Ämter des Bundes und der Länder, Düsseldorf.
<https://www.regionalstatistik.de> (Zugriff: 27.07.2022).

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2022b): Landwirtschaftliche Betriebe, Landwirtschaftlich genutzte Fläche, Bodennutzungsarten. GENESIS-Tabelle: 41271-0012. Bodenhauptnutzungserhebung. GENESIS-Online. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden.
<https://www.genesis.destatis.de> (Zugriff: 27.07.2022).