

Eine Analyse der deutschen und europäischen Bioenergiepolitik

Bioenergie und Landnutzungs-konkurrenz in Deutschland

Landnutzungs-konkurrenz und Landknappheit beeinflussen die Auswirkungen einer vermehrten Bioenergienutzung. Die ökonomischen Effekte der aktuellen Bioenergiepolitik sind ein entscheidender Faktor für die Konkurrenz um Landnutzung.

Von Sonja Peterson, Ruth Delzeit, Horst Gömann, Peter Kreins und Bettina Kretschmer

Bioenergie hat in den letzten Jahren weltweit große Aufmerksamkeit und staatliche Förderung erhalten. Man erhofft sich von ihr positive Klimaschutzeffekte und eine Unabhängigkeit von fossilen Rohstoffen. Derzeit ist allerdings nur Brasilien in der Lage, Bioethanol aus Zuckerrohr wettbewerbsfähig zu produzieren. Der weltweite Anstieg der Bioenergieproduktion resultiert primär aus Quoten, Steuerbefreiungen oder anderen Subventionen. Mit steigenden Agrarpreisen in den Jahren 2007 und 2008 wurde dabei endgültig deutlich, wie eng die Biomasseproduktion von der Landverfügbarkeit abhängt und dass eine direkte Konkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion existiert. Die nicht nur in den USA und Europa politisch vorgesehene weitere Ausweitung der Bioenergieproduktion wird dieses Problem noch verstärken. Es ist daher wichtig, Landnutzungs-konkurrenz und Landknappheit bei Analysen explizit zu berücksichtigen.

In diesem Beitrag wird daher ein neu entwickelter integrierter Modellansatz verwendet, um die Effekte aktueller Bioenergiepolitik für Deutschland zu analysieren. Dabei ist insbesondere das von der Europäischen Union (EU) beschlossene Ziel, bis 2020 EU-weit einen Anteil von zehn Prozent erneuerbarer Energie im Transportsektor zu erreichen, relevant. Daneben wird durch das Erneuerbare Energiengesetz (EEG) die Produktion von Biogas zur Stromgewinnung und zur Einspeisung in das Erdgasnetz gefördert.

Drei Modelle

Der Modellverbund besteht aus drei harmonisierten Modellen auf jeweils unterschiedlichen räumlichen und sektoralen Ebenen, die miteinander gekoppelt sind.

Das multisektorale, multiregionale allgemeine Gleichgewichtsmodell Dynamic Applied Regional Trade (DART) erlaubt die gesamtwirtschaftliche Analyse klimapolitischer Fragestel-

lungen. Es bildet die gesamte Weltwirtschaft aggregiert in 19 Regionen und 18 Sektoren ab. Die wichtigsten EU-Länder sind dabei eigene Regionen, ebenso wie für Bioenergie relevante Agrarsektoren wie Weizen, Mais, Ölsaaten, Zuckerrohr/-rüben und die Bioethanol- und Biodieselproduktion eigene Sektoren darstellen. Datenbasis sind internationale Input-Output-Tabellen. Während DART die ökonomischen Effekte der Bioenergie- und Klimapolitik abbildet, sorgt die Kopplung mit RAUMIS für eine detaillierte Berücksichtigung der Substituierbarkeit zwischen verschiedenen Landnutzungsformen und zwischen verschiedenen Feldfrüchten.

Das Regionalisierte Agrar- und UmweltInformationssystem (RAUMIS) ist ein partielles Angebotsmodell und bildet den gesamten deutschen Agrarsektor mithilfe eines prozessanalytischen Ansatzes regional differenziert ab. Das Modell unterscheidet 326 sogenannte Modellregionen, die von deutschen NUTS 3 Regionen abgeleitet sind. Das Anpassungsverhalten wird durch eine nicht lineare Zielfunktion, die das landwirtschaftliche Einkommen maximiert, gesteuert. Zur Abbildung der potenziellen Gärsubstratproduktion für die Biogasproduktion wurde ein Verfahren „Energienmais“ implementiert (Gömann et al. 2008).

Maissilage wird bei der Biogasproduktion als dominierendes Gärsubstrat verwendet. Aufgrund der hohen Transportkosten spielen regionale Standortbedingungen, die den Ausbau von Biogasanlagen und somit die regionale Nachfrage nach Gärsubstrat determinieren, eine wichtige Rolle. Um die regionale Nachfrage nach Mais abzubilden, wurde das Standortmodell Regionalisiertes Standortinformationssystem-Mais (ReSI-M) entwickelt. Unter der Annahme eines gewinnmaximierenden Investors bestimmt ReSI-M sequenziell für verschiedene Maispreise Größe und Anzahl von Biogasanlagen auf Landkreisebene. Angelehnt an Einspeisevergütungen des EEGs kann zwischen vier Anlagengrößen mit unterschiedlichen Substratanteilen von Mais und Gülle gewählt werden.

Im Zusammenspiel der Modelle gibt DART aus neuen Politikmaßnahmen resultierende Änderungen relevanter Agrar- und Inputpreise an RAUMIS weiter, das dann die Effekte für den Agrarsektor Deutschlands berechnet. Die resultierenden Angebotselastizitäten werden verwendet, um DART so zu rekalibrieren, dass es vergleichbare Effekte liefert. Die Output-Reaktionen im Energiemaissektor in RAUMIS sind die Grundlage für die Koppelung mit ReSI-M. Im ersten Schritt ermittelt RAUMIS für spezifische Rahmenbedingungen wie beispielsweise das Referenzszenario die Produktionsmengen für unterschiedliche Energiemaispreise. Aus diesen Preis-Mengen- →

Beziehungen werden regionale Angebotspotenzialfunktionen für Energiemais abgeleitet. Im zweiten Schritt werden aus dem Verlauf der mit RAUMIS ermittelten Angebotspotenzialfunktionen und den aus ReSI-M resultierenden Nachfragepotenzialfunktionen regionale Gleichgewichtspreise und -mengen für das Energiemaissubstrat berechnet. Schließlich gehen die regionalen Gleichgewichtspreise bei einer abschließenden Simulation als exogene Größen in RAUMIS ein, um die Anpassungen der Landwirtschaft insgesamt zu ermitteln.

Analysierte Szenarien

Ausgangspunkt ist ein Referenzszenario, das auf Offermann et al. (2010) basiert und zur Harmonisierung von DART und RAUMIS leicht modifiziert wurde (Delzeit et al. 2010). Es repräsentiert die erwartbare Entwicklung des deutschen Agrarsektors bis 2020 auf der Grundlage der derzeit gültigen gemeinsamen EU-Agrarpolitik sowie des EEG-2004. Das Angebotspotenzial für Energiemaissubstrat ist durch einen sektoral einheitlichen Substratpreis dargestellt. In DART werden im Referenzszenario mithilfe einer endogenen Subvention auf die heimische Biokraftstoffproduktion die Biokraftstoffanteile in den einzelnen Ländern auf dem Niveau von 2007, das ist im EU-Durchschnitt gut drei Prozent, konstant gehalten. Außerdem wird das EU Klimaziel, Treibhausgasemissionen bis 2020 um 20 Prozent gegenüber 1990 zu reduzieren, mithilfe des derzeitigen EU-Emissionshandelssystems und zusätzlichen Emissionseinsparungen in den davon nicht erfassten Sektoren erreicht.

Mit ReSI-M werden dann zwei EEG-Szenarien simuliert. Im EEG-2004-Szenario entsprechen die Vergütungen, die Biogasan-

lagen für die Einspeisung von Elektrizität ins Netz erhalten dem EEG 2004. Im Szenario EEG-2008 wird die 2008 verabschiedete EEG-Novelle berücksichtigt. Diese führt gegenüber dem EEG 2004 höhere Einspeisevergütungen und einen zusätzlichen Gütlebonus für kleine Anlagen ein, die mindestens 30 Prozent Gülle verwenden. Der Unterschied zur Referenzsituation liegt beim EEG 2004 in den regionalen Gleichgewichtspreisen für Gärsubstrat gegenüber einem sektoralen Einheitspreis. Beim EEG-2008 kommt die geänderte Vergütungsstruktur hinzu.

DART wird genutzt, um die Auswirkungen des EU-Ziels, den Anteil der Biokraftstoffe bis 2020 auf zehn Prozent zu erhöhen, abzuschätzen. Die ermittelten Preisänderungen gehen in RAUMIS als exogene Veränderung von Rahmenbedingungen ein, deren Auswirkungen bezogen auf das Szenario EEG-2008 abgeschätzt werden (Szenario EEG-2008-BF). Da die Ausdehnung der Biokraftstoffproduktion teilweise zulasten der Energiemaissproduktion in Deutschland erfolgt, wird dies in einem weiteren Iterationsschritt in DART berücksichtigt. Darüber hinaus werden die Implikationen der DART-RAUMIS-Harmonisierung untersucht, indem die Ergebnisse dieser Szenarien mit einem DART-Referenzszenario ohne Anpassungen zur Harmonisierung verglichen werden.

Auswirkungen des EEG auf den Agrarsektor

Einen Überblick über die Modellergebnisse für die landwirtschaftliche Landnutzung und Produktion in Deutschland für die untersuchten Szenarien gibt Tabelle 1. Demnach beläuft sich das Anbaupotenzial für Energiemais im Referenzszenario bei sektorales Einheitspreis für Gärsubstrat auf ca. 1,5 Millionen Hektar, die Produktionsmenge auf rund 95 Millionen Tonnen

und der Produktionswert auf etwa 2,6 Milliarden Euro. Im EEG-2004-Szenario ist in ReSI-M die Maisnachfrage hauptsächlich mittelgroßen Anlagen von 500 Kilowatt elektrisch (kW_e) mit einem Einsatz von zehn Prozent Gülle und 90 Prozent Mais zuzuordnen. Integriert man diese Maisnachfrage in RAUMIS, so entspricht der durchschnittliche regionale Substratpreis ungefähr dem sektoralen Einheitspreis des Referenzszenarios. Demzufolge entspricht das sektorale Anbaupotenzial für Energiemais im Szenario EEG-2004 weitgehend demjenigen des Referenzszenarios.

Allerdings ergeben sich bei einer Berücksichtigung regionaler Charakteristika der Maisnachfrage wie die Verfügbarkeit von Gülle oder Transportkosten Unterschiede bei der regionalen Verteilung der Energiemaissanbaufläche gegenüber dem Referenzszenario (siehe Abbildung 1).

Tabelle 1: Landwirtschaftliche Landnutzung und Produktion in Deutschland bei verschiedenen Bioenergieszenarien im Jahr 2020

	Referenz 2004	EEG 2004	EEG 2008	EEG 2008-BF	EEG 2004	EEG 2008	EEG 2008-BF
	Absolute Werte				% zu Referenz		
Produktionspreise (Euro/t)							
Weizen	155	155	155	181	0,0	0,0	17,4
Raps	309	309	309	400	0,0	0,0	29,7
Energiemais (Biogas)	27,6	27,6	32,3	33,4	-0,1	16,8	21,0
Landnutzung (1.000 Hektar)							
Getreide	5831	5845	5516	5372	0,5	-5,1	-7,6
Weizen	2747	2765	2647	2797	0,7	-3,6	1,8
Mais	317	318	303	319	0,5	-4,4	0,6
Anderes Getreide	2750	2762	2566	2256	0,4	-6,7	-17,9
Ölsaaten	1745	1767	1615	2335	1,2	-7,5	33,8
Hülsen- u. Hackfrüchte	681	683	671	649	0,4	-1,4	-4,6
Silomais	901	900	882	846	-0,1	-2,1	-6,1
andere Grünfütter	521	519	481	348	-0,3	-7,6	-33,2
Energiemais (Biogas)	1532	1483	2118	1834	-3,2	38,3	19,8
Stilllegungsflächen	90	92	64	11	2,7	-29,1	-88,2
Produktion							
Getreide	44,4	44,7	42,3	41,9	0,6	-4,8	-5,8
Ölsaaten	7,2	7,3	6,7	10,2	1,3	-7,3	41,9
Energiemais (Biogas)	94,7	91,8	129,9	112,8	-3,1	37,1	19,1
Landwirtschaftliches Einkommen (Milliarden Euro)	12,2	12,2	12,5	14,3	-0,1	2,4	17,6

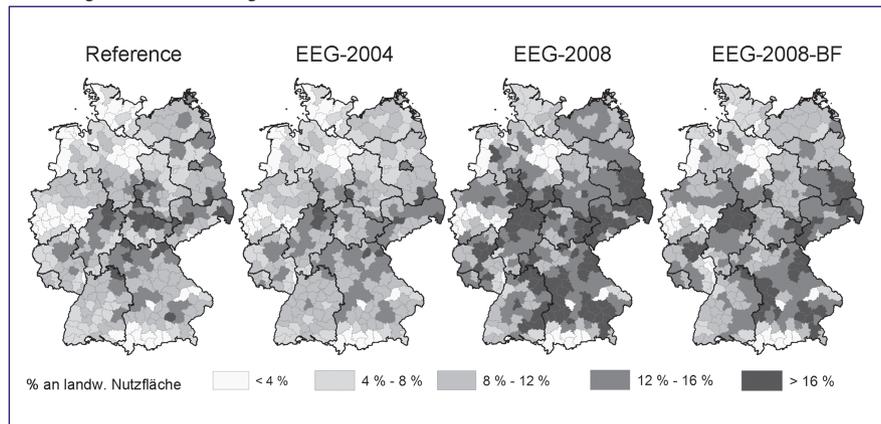
Quelle: Eigene Berechnungen

Implementiert man Einspeisevergütungen des EEG 2008, so stellen sich Kleinanlagen mit 150 kW_{el} als der profitabelste Anlagentyp heraus. Biogasanlagenbetreiber sind durch die gleichzeitige Nutzung des Bonus für nachwachsende Rohstoffe und Gülle in der Lage, um durchschnittlich 17 Prozent höhere Substratpreise zu zahlen. Dadurch nimmt die Wettbewerbsfähigkeit des Energiemaisanbaus derart zu, dass laut den Modellergebnissen die potenzielle Anbaufläche um 38 Prozent gegenüber der Referenzsituation vorrangig zulasten von Getreide- und Ölsaatenverfahren ausgedehnt wird. Durch die Einführung des Güllebonus steigt das landwirtschaftliche Gesamteinkommen um etwa zwei Prozent im Vergleich zum Referenzszenario an. Abbildung 1 zeigt, dass die beschriebenen Anbauänderungen stark regional variieren. Im EEG-2008-Szenario steigt der Energiemaisanbau vor allem in Regionen mit hoher Verfügbarkeit von Gülle und gleichzeitig geringen Opportunitätskosten der Flächennutzung (Gömann et al. im Erscheinen). Beispiele dafür sind Regionen in Niedersachsen, Nordhessen, Bayern und Mecklenburg-Vorpommern. Da in diesen Regionen der Maisanbau für die Tierfütterung ohnehin einen hohen Anteil an der Nutzfläche hat, bewirkt die Biogasproduktion eine zusätzliche Intensivierung des Maisanbaus und eine Erhöhung der Nitrateinträge ins Grundwasser.

Auswirkungen der EU-Biokraftstoffquote

Im nächsten Schritt wird in DART eine Biokraftstoffquote von zehn Prozent simuliert und resultierende Preisänderungen für Bioenergiefrüchte und andere relevante Outputs wie beschrieben an RAUMIS weitergegeben. Die Ergebnisse für Deutschland sind ebenfalls in Tabelle 1 und Abbildung 1 enthalten (EEG-2008-BF). Um die Biokraftstoffquote zu erfüllen, steigt vor allem die Nachfrage nach Getreide und Ölsaaten und führt gegenüber dem Referenzszenario zu um 17 Prozent beziehungsweise 30 Prozent höheren Preisen für Weizen und Raps. Unter dem EEG-2008-BF-Szenario ergeben sich somit für traditionelle Früchte höhere Preise als im EEG-2008-Szenario und damit auch höhere Opportunitätskosten der Energiemaisproduktion. Als Konsequenz steigt die Anbaufläche für Ölsaaten um 34 Prozent gegenüber dem Referenzszenario und um sogar 45 Prozent gegenüber dem EEG-2008-Szenario an. Bei derartigen langfristigen Erwartungen

Abbildung 1: Anteil von Energiemais an der landwirtschaftlichen Nutzfläche in 2020



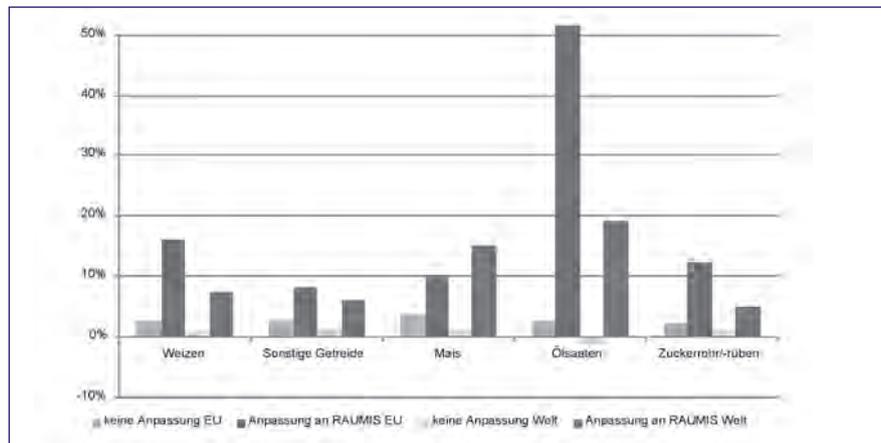
Quelle: Eigene Berechnungen

bezüglich der Agrarpreisentwicklung würden die Investitionen in Biogasanlagen und demzufolge die Ausdehnung der Energiemaisflächen zwar noch um rund 20 Prozent gegenüber der Referenzsituation zunehmen, aber im Vergleich zur Situation ohne die gleichzeitige Erfüllung der Biokraftstoffquote deutlich geringer ausfallen (Szenario EEG-2008). Aufgrund der höheren Preise im EEG-2008-BF-Szenario ist das landwirtschaftliche Einkommen um etwa 18 Prozent höher als im Referenzszenario.

Was regionale Unterschiede angeht, so zeigt Abbildung 1, dass der Anteil von Energiemais an der landwirtschaftlichen Nutzfläche vor allem in Regionen mit einem hohen Anteil von Getreide und Ölsaaten in der Fruchtfolge zurückgeht.

Ausgewählte Ergebnisse des DART-Modells bezüglich der Effekte des EU-Biokraftstoffziels auf relevante Weltagrarpreise zeigt Abbildung 2. Die verschiedenen Balken zeigen die durchschnittlichen Preisänderungen gegenüber dem Referenzszenario in der EU und global. Im Standard DART-Modell ohne Anpassungen an RAUMIS sind die Preisreaktionen relativ gering. Sie betragen im EU-Durchschnitt lediglich 2,2 bis 3,6 Prozent und im globalen Durchschnitt -1,3 bis 1,1 Prozent. Sie lie- →

Abbildung 2: Änderung in den Agrarpreisen unter einer 10%-EU-Biokraftstoffquote gegenüber einem Referenzszenario in 2020 in der EU und der Welt



Quelle: Eigene Berechnungen

gen in derselben Größenordnung wie die Ergebnisse anderer Modellstudien mit vergleichbaren Ansätzen und vergangenen DART-Simulationen und sind das Resultat sehr flexibler Anpassungsmechanismen im Agrarsektor (Kretschmer/Peterson 2010; Kretschmer et al. 2009). Preisänderungen bei allen Feldfrüchten sind dabei sehr ähnlich, obwohl einige für die Bioenergieproduktion verwendet werden und andere nicht. Simuliert DART die Landnutzungsrestriktionen in Deutschland aus RAUMIS und überträgt die Anpassung auch auf die anderen DART-Regionen, ändert sich das Bild deutlich. Die Preisänderungen der Bioenergiepflanzen erreichen nun bis zu 52 Prozent für den durchschnittlichen EU-Ölsaatenpreis und 16 Prozent für den Weizenpreis. Auch auf den Weltmärkten steigen die Mais- und Ölsaatenpreise im Durchschnitt um 15 Prozent beziehungsweise 19 Prozent und für Weizen, andere Getreide und Zuckerrohr/Zuckerrüben um fünf bis sieben Prozent. Außerdem variieren die Preise nun stark zwischen verschiedenen Agrarprodukten und die Effekte für Bioenergiepflanzen sind viel höher als die für sonstiges Getreide.

Die Bioenergieproduktion erhöht nicht nur deutlich die Preise, sondern führt auch zu höheren Wohlfahrtskosten, da es sich hierbei um eine sehr teure Vermeidungsoption von Kohlenstoffdioxid handelt. Umso geringer dabei die Flexibilität in der Landnutzung ist, umso höher sind diese Kosten. Für die EU insgesamt sinkt die Wohlfahrt in 2020 um fünf Prozent in dem Szenario mit Anpassung an RAUMIS und nur um 0,02 Prozent unter den ehemals flexiblen Anpassungsmechanismen im Agrarsektor. In Deutschland führt das Bioenergieziel zu Wohlfahrtsverlusten von 3,9 Prozent mit RAUMIS-Anpassungen und 0,06 Prozent ohne Anpassungen.

Insgesamt gewinnt durch die neuen Ergebnisse die Debatte zu „Tank versus Teller“ zusätzliche Relevanz und die Kopplung lässt vermuten, dass bisher prognostizierte geringe Preissteigerungen zu optimistisch waren.

Schlussfolgerungen

Durch die Kopplung der Modelle DART, RAUMIS und RE-SI-M ist es grundsätzlich gelungen, die Wechselwirkungen zwischen globalen Märkten und regionalen Landnutzungsentscheidungen in Deutschland abzubilden. Allerdings konnten einige Aspekte nicht berücksichtigt werden. Dies betrifft beispielsweise bei der Abbildung der Nachfrage nach Gärsubstraten, Faktoren wie den Einfluss landwirtschaftlicher Betriebsstrukturen oder der regionalen Beratung auf die Bereitschaft von Investoren, in Biogasanlagen zu investieren. So weicht die aus der Kombination von Nachfrage- und Angebotspotenzialfunktionen resultierende regionale Verteilung des Energiemaisanbaus von der derzeit beobachtbaren Entwicklung ab. In dieser Hinsicht besteht weiterer Forschungsbedarf.

Gezeigt hat sich daneben, dass eine vollständige Harmonisierung verschiedener Modelle extrem schwierig ist. Da aber ein zentrales Ergebnis der Politikanalysen mit dem neugeschaffenen Modellverbund ist, dass die Berücksichtigung von Landnut-

zungsrestriktionen und globaler Wechselwirkungen einen erheblichen Einfluss auf die Modellergebnisse und die davon abgeleiteten Politikempfehlungen hat, sollten weitere Anstrengungen in diese Richtung unternommen werden.

Literatur

- Delzeit, R. / Gömann, H. / Holm-Müller, K. / Kreins, P. / Kretschmer, B. / Münch, J. / Peterson, S.: Analysing Bioenergy and Land Use Competition in a Coupled Modelling System: The Role of Bioenergy in Renewable Energy Policy in Germany. Kiel Working Papers Nb. 1653, Kiel Institute for the World Economy, Kiel 2010.
- Gömann, H. / Kreins, P. / Muench, J. / Delzeit, R.: Auswirkungen der Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes auf die regionale landwirtschaftliche Landnutzung in Deutschland. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e. V. Münster: Landwirtschaftsverlag. Im Erscheinen.
- Gömann, H. / Kreins, P. / Breuer, T.: Deutschland – Energie-Corn-Belt Europas? In: *Agrarwirtschaft* 56, 5-6/2007. S. 263-271.
- Kretschmer, B. / Narita, D. / Peterson, S.: The economic effects of the EU biofuel target. In: *Energy Economics* 31, 2009. S. 285-294.
- Kretschmer, B. / Peterson, S.: Integrating Bioenergy into Computable General Equilibrium Models – A Survey. In: *Energy Economics* 32, 3/2010. S. 673-686.
- Offermann, F. / Gömann, H. / Kreins, P. / Ledebur, O. von / Pelikan, J. / Salamon, P. / Sanders, J.: vTI-Baseline 2009 to 2019: Agri-economic projections for Germany. In: *Landbauforschung* 60, 3/2010. S. 157-172.

AUTOREN + KONTAKT

Dr. Sonja Peterson und **Dr. Ruth Delzeit** arbeiten im Forschungsbereich „Umwelt und Natürliche Ressourcen“ des Instituts für Weltwirtschaft (IfW).

Sonja Peterson, Institut für Weltwirtschaft, Hindenburgufer 66, 24105 Kiel.
Tel.: +49 431 8814-406,
E-Mail: sonja.peterson@ifw-kiel.de

Dr. Horst Gömann und **Dr. Peter Kreins** arbeiten am Institut für Ländliche Räume des Johann Heinrich von Thünen-Instituts.

Bettina Kretschmer ist Policy Analyst am Institute for European Environmental Policy (IEEP).



Lizenzhinweis

Die Beiträge in *Ökologisches* Wirtschaften werden unter der Creative-Commons-Lizenz "CC 4.0 Attribution Non-Commercial No Derivatives" veröffentlicht. Im Rahmen dieser Lizenz muss der Autor/Urheber stets genannt werden, das Werk darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert und außerdem nicht kommerziell genutzt werden.

Die digitale Version des Artikels bleibt für zwei Jahre Abonnent/innen vorbehalten und ist danach im Open Access verfügbar.