

## **Ex-post-Bewertung**

### **Entwicklungsplan für den ländlichen Raum des Landes Hessen 2007-2013**

### **Beitrag des Programms zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel**

**Achim Sander, Karin Schmelmer, Wolfgang Roggendorf, Kristin Franz**

Braunschweig, Juli 2016

Achim Sander  
Tel.: 0511 16789-20  
E-Mail: sander@entera.de

Karin Schmelmer  
E-Mail: schmelmer@entera.de

entera – Umweltplanung & IT  
Fischerstr. 3  
30167 Hannover

**Unter Mitarbeit von:**

Dipl.-Ing. agr. Wolfgang Roggendorf  
Tel.: 0531 596-5177  
FAX: 0531 596-5599  
E-Mail: Wolfgang.Roggendorf@thuenen.de

Thünen-Institut für Ländliche Räume  
Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig

Kristin Franz, geb. Bormann  
Tel.: 040 73962-321  
FAX: 040 73962-399  
E-Mail: Kristin.Franz@thuenen.de

Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie  
Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei  
Leuschnerstr. 21  
21031 Hamburg

# Ex-post-Bewertung EPLR Hessen 2007 bis 2013

## Modulbericht 9.7\_MB Klimaschutz

Achim Sander, Karin Schmelmer, Wolfgang Roggendorf, Kristin Franz

Von entera Umweltplanung & IT sowie



vom Thünen-Institut für Ländliche Räume



Im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz



Mit finanzieller Unterstützung der Europäischen Kommission



Juli 2016



## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>IV</b>
<b>0 Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>5</b>
1.1 Untersuchungsfragen	5
1.2 Aufbau des Berichts	6
<b>2 Prüfung der Interventionslogik</b>	<b>6</b>
2.1 Lesehilfe, Methodik und Daten	6
2.2 Bewertungskontext	7
2.2.1 Zielvorgaben	9
2.2.2 Ist-Zustand	12
2.2.3 Instrumente im Klimaschutz	16
2.3 Relevanzprüfung	18
2.4 In die Wirkungsanalyse einbezogene Maßnahmen	22
2.5 Finanzielle Umsetzung der relevanten Maßnahmen	23
<b>3 Maßnahmen- und Programmwirkung</b>	<b>25</b>
3.1 Lesehilfe, Methodik und Daten	25
3.2 Berechnung der Klimaschutzbeiträge	29
3.2.1 Beitrag zur Reduzierung von THG	31
3.2.2 Beitrag zu erneuerbaren Energien	33
3.2.3 Beitrag zur Klimafolgenanpassung	34
<b>4 Maßnahmeneffizienz</b>	<b>34</b>
4.1 Lesehilfe, Methodik und Daten	34
4.2 Berechnung der Klimaschutzeffizienz	35
<b>5 Beantwortung der Bewertungsfragen</b>	<b>37</b>
5.1 In welchem Umfang hat der EPLR Hessen zur Bereitstellung von erneuerbaren Energien beigetragen?	37
5.2 In welchem Umfang hat der EPLR Hessen zur Abmilderung des Klimawandels und zur Klimafolgenanpassung beigetragen?	38
<b>6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen</b>	<b>39</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>41</b>



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Prozentuale Verteilung der THG nach Anteil an den Gesamtemissionen und Emissionsquellen in Deutschland 2012	8
Abbildung 2:	Lachgas- und Methanemissionen aus der hessischen Landwirtschaft	13
Abbildung 3:	Stromerzeugung nach erneuerbaren Primärenergieträgern in Hessen	14
Abbildung 4:	Interventionslogik für das Zielfeld Klima im EPLR Hessen	18

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht der Szenarien-Ergebnisse zu den Klimaschutzbeiträgen	3
Tabelle 2:	Zielorientierte Basisindikatoren für das Vertiefungsthema Klima	7
Tabelle 3:	Zuordnung der THG-Emissionsquellen nach Sektoren	8
Tabelle 4:	Klimaziele United Nations (UN), Europäische Union (EU) und Deutschland	10
Tabelle 5:	Potenziale für den Klimaschutz in Hessen	11
Tabelle 6:	Instrumente zum Klimaschutz in Hessen	16
Tabelle 7:	Prüfung der Interventionslogik für Maßnahmen mit Klimazielen	19
Tabelle 8:	Relevanzprüfung der gewählten Strategie und Instrumente vor dem Hintergrund der beschriebenen Problemlagen und des Handlungskontextes	20
Tabelle 9:	Zielquantifizierung für gemeinsame Ergebnis- und Wirkungsindikatoren für das Zielfeld Klimaschutz im EPLR Hessen	22
Tabelle 10:	Relevante Maßnahmen Klimaschutz	23
Tabelle 11:	Finanzielle Umsetzung der relevanten Maßnahmen 2007 bis 2014	24
Tabelle 12:	Datengrundlagen zur Beschreibung der Maßnahmenwirkungen	25
Tabelle 13:	Kriterien für die Wirkungsbewertung	26
Tabelle 14:	Klimaschutzwirkungen der relevanten Maßnahmen	30
Tabelle 15:	Parameter für die Berechnung der THG-Effizienz der Maßnahmen	35
Tabelle 16:	Klimaschutzeffizienz ausgewählter Maßnahmen	36

## 0 Zusammenfassung

Die programmbezogenen gemeinsamen Bewertungsfragen 4 und 7 betreffen den Klimaschutz und die Klimafolgenanpassung. Zu ihrer Beantwortung wurden die Wirkungen des EPLR Hessen auf die Erzeugung erneuerbarer Energien, die Reduktion von THG-Emissionen, die Kohlenstoff-Sequestrierung sowie die Anpassung an die Folgen des Klimawandels im Rahmen eines sogenannten Vertiefungsthemas (VT) untersucht. Der konzeptionelle Ansatz des VTs Klimaschutz, Daten und Analysen sowie detaillierte Ergebnisse und Schlussfolgerungen bzw. Empfehlungen werden im vorliegenden Modulbericht erläutert.

Untersuchungsleitende Fragen und zugeordnete Wirkungsindikatoren werden vom *Common Monitoring and Evaluation Framework* der EU-KOM vorgegeben. Eine Neuformulierung erfolgte mit dem Leitfaden zur Ex-post-Bewertung (EEN, 2014b). Die Bewertungsfrage 4 lautet: „In welchem Umfang hat der EPLR zur Bereitstellung von erneuerbaren Energien beigetragen?“<sup>1</sup> Die Bewertungsfrage 7 lautet: „In welchem Umfang hat der EPLR zur Minderung des Klimawandels und zur Anpassung an ihn beigetragen?“ Der Klimaschutz ist eine Gemeinschaftspriorität mit Bezug zu den Zielen des Kyoto-Protokolls zur Begrenzung des Klimawandels und wurde anlässlich des Health Check 2009 erneut in den Fokus des EPLR gerückt.

Die wichtigsten Datengrundlagen zur Beantwortung der Bewertungsfragen sind maßnahmenspezifische Förderdaten, Projektlisten, InVeKoS-Daten für die Agrarumweltmaßnahmen und die Programmversionen für Hessen nach den verschiedenen Änderungen. Methodisch ist EU-seitig ein Bottom-up-Ansatz vorgesehen, in dem die Programmwirkungen ausgehend von den Maßnahmenwirkungen ermittelt werden. Für alle Maßnahmen gilt, dass nur unmittelbare Klimaschutzwirkungen erfasst wurden, mögliche Verlagerungs- und Reboundeffekte konnten nicht berücksichtigt werden. Bei den Agrarumweltmaßnahmen betrifft das z. B. eine Produktionsminderung durch Düngeverzicht, wenn dafür der Minderertrag an anderer Stelle (national, international) ausgeglichen wird. Da bei Rebound- und Verlagerungseffekten jedoch selten einfache kausale Wirkungsketten bestehen, lassen sich die Größenordnungen kontraproduktiver Wirkungen kaum quantifizieren. Das gilt insbesondere auch für Maßnahmen, die Klimaschutzeffekte als Nebenwirkungen produzieren und deren Hauptziele woanders liegen (z. B. Wasserschutz bei Maßnahmen im Schwerpunkt 2 oder Lebensqualität in den Schwerpunkten 3 und 4).

Ausgangspunkt der Untersuchung war die Analyse des EPLR Hessen hinsichtlich der Verankerung einer Interventionsstrategie für den Klimaschutz. Die Ergebnisse zeigen, dass die strategischen Ansätze des Programms die Ziele des Kyoto-Protokolls aufgreifen. Allerdings waren die Vorgaben der EU-KOM für eine formale, an den vier ELER-Schwerpunkten orientierte Programmierung wenig hilfreich, einen schwerpunktübergreifenden Strategieansatz zu etablieren. Die Prüfung der Interventionslogik zeigt daher teilweise eine geringe Stringenz zwischen strategischer und Maß-

---

<sup>1</sup> Die *Guidelines for the Ex Post Evaluation of 2007-2013 RDPs* liegen ausschließlich in englischer Fassung vor. Die Übersetzung erfolgte durch die Evaluatoren.

nahmenebene. Jedoch sind in allen Schwerpunkten Maßnahmen mit Klimazielen vertreten, wobei Indikatoren und Zielquantifizierungen teilweise fehlen.

In die Analyse der Programmwirkungen wurden auch Maßnahmen ohne Klimaziel einbezogen, die entweder positive oder unbeabsichtigte negative Nebenwirkungen auf den Klimaschutz haben. Schließlich wurden 19 relevante (Teil-)Maßnahmen und Fördervarianten identifiziert. Die meisten bewirken eine Reduktion von Treibhausgasemissionen. Einen Beitrag zu erneuerbaren Energien leistet das Programm ebenfalls. Zur Klimafolgenanpassung ist der Waldumbau geeignet. Für fast alle (Teil-)Maßnahmen lassen sich quantifizierte Aussagen zur Klimawirkung treffen, in wenigen Fällen sind nur qualitative Einschätzungen möglich. Datenqualität und Analysemethodik variieren jedoch erheblich, sodass unterschiedlich belastbare Ergebnisse vorliegen.

Insgesamt ist das Programm mit Maßnahmen aus allen Schwerpunkten breit aufgestellt. Maßgebliche Wirkungen sind in den Schwerpunkten 2 und 3 zu erwarten, durch die Reduktion von Lachgasemissionen aufgrund verbesserter Stickstoffeffizienz, durch Kohlenstoffbindung in Holzvorräten und im Boden sowie durch die Biomassenutzung. Innerhalb des Schwerpunktes 1 kann die Flurbereinigung über Kraftstoffeinsparung beziehungsweise verkürzte Fahrstrecken zur Einsparung von THG-Emissionen beitragen, der forstliche Wegebau zu vermehrter Holznutzung und Substitution fossiler Energieträger führen.

Soweit es die Datengrundlagen zulassen, wurden die Wirkungen in Kilotonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten angegeben. Entsprechend den Klimazielsetzungen sind die meisten der angebotenen Maßnahmen auf die Reduzierung von THG-Emissionen gerichtet. Besonders große positive Klimawirkungen entfalten die Agrarumweltmaßnahmen mit Verzicht auf Stickstoffdünger, N-Effizienzsteigerung und Humusaufbau sowie waldbauliche Maßnahmen (Tabelle 1). Im Bestguess-Szenario (Mittel) werden durch alle betrachteten Maßnahmen jährlich insgesamt 287 kt CO<sub>2</sub>Äq-Emissionen (brutto) vermieden. Das entspricht ca. 0,7 % der THG-Emissionen Hessens im Jahr 2011 bzw. 12 % der landwirtschaftlichen<sup>2</sup> THG-Emissionen im selben Jahr. Im Minimalszenario werden ca. 247 kt CO<sub>2</sub>Äq-Emissionen vermieden. Das entspricht etwa 0,6 % der THG-Emissionen Hessens bzw. 10 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen.

Da bei der Wirkungsermittlung große Unsicherheitsspannen auftreten, erlauben die Szenarienergebnisse vorrangig einen relativen Vergleich zwischen den betrachteten Maßnahmen. Mögliche Mitnahmeeffekte, die erhebliche Anteile der potenziellen Wirkungen ausmachen und damit die Netto-Wirkungen entsprechend reduzieren können, wurden nicht quantitativ berücksichtigt, werden aber im Text diskutiert.

---

<sup>2</sup> Basiswert allerdings ohne energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen der Landwirtschaft; Bezug nur auf Lachgas- und Methanemissionen möglich. Die tatsächlichen Anteile für den Landwirtschaftssektor liegen daher niedriger.

**Tabelle 1:** Übersicht der Szenarien-Ergebnisse zu den Klimaschutzbeiträgen

Code	Maßnahme	Szenarien-Ergebnisse: THG-Einsparungen (kt CO <sub>2</sub> Äq/a)		
		Minimum	Mittel	Maximum
121	AFP	-	0	+
123	Erhöhung der Wertschöpfung	+	+	+
125 A	Forstliche Infrastruktur	-5,1	14,3	33,8
125 B	Flurneuordnung	0,24	0,24	0,24
214	Agrarumweltmaßnahmen	117,5	135,8	156,4
227	Nichtprod. Invest. Forst	77,7	77,7	77,7
321 B	Dienstleist.: Nutzung Biomasse	++	++	++
322	Dorferneuerung	1,3	2,6	4,0
41	LEADER	55,8	55,8	55,8
<b>Gesamt</b>		<b>247</b>	<b>287</b>	<b>328</b>

Quelle: Eigene Darstellung.

Die erforderlichen Daten stammen aus maßnahmenspezifischen Projektlisten und Förderdatenbanken und sind recht heterogen. Es bestehen Unterschiede beim Betrachtungszeitraum und/oder bei der Berücksichtigung von Kostenarten. Folglich kann die Effizienz der Maßnahmen hinsichtlich der THG-Einsparung zwar tendenziell beurteilt werden, die Angabe exakter Werte ist jedoch nicht möglich.

Als besonders effizient zur Einsparung von THG-Emissionen haben sich einige AUM, die forstlichen Maßnahmen einschließlich des Wegebaus und die Biomassenutzung erwiesen. Eine Ausnahme stellen die Förderbausteine dar, bei denen höhere Mitnahmeeffekte zu erwarten sind, wie z. B. bei der Förderung von MDM-Verfahren im Agrarumweltbereich. Deutlich höhere Kosten zur THG-Vermeidung sind bei der Flurbereinigung, bei der AUM ‚Steillagenweinbau‘ und bei der Dorferneuerung zu erwarten. Insgesamt ist jedoch festzuhalten, dass viele Maßnahmen Klimaschutzeffekte als Nebenwirkung realisieren und die Effizienz daher deutlich positiver zu beurteilen ist. Positive Nebenwirkungen lösten auch einige Investitionen im Rahmen des AFP aus, z. B. zur Güllagerabdeckung (Reduktion von Ammoniak- und Methanemissionen) oder zur Steigerung der Energieeffizienz, deren Wirkungen jedoch nicht quantifiziert werden konnten. Allerdings können, z. B. durch die Aufstockung von Viehbeständen (ohne Berücksichtigung von Verdrängungseffekten), auch negative Emissionswirkungen entstehen. Die Höhe der öffentlichen Mittel, die für Maßnahmen ausgegeben wurden, für die eine Klimaschutzwirkung quantifiziert oder zumindest qualitativ postuliert werden kann, beträgt rd. 274 Mio. Euro oder 41 % der gesamten Programmausgaben.

Die Beiträge des EPLR Hessen zur Reduktion von THG-Emissionen werden als relevant eingeschätzt. Der Beitrag zu erneuerbaren Energien über geförderte Nahwärmenetze, Biogas- und Biomassefeuerungsanlagen ist zwar bedeutsam, doch möglicherweise mit hohen Mitnahmeeffekten behaftet. Die Anpassung an die Folgen des Klimawandels wird hauptsächlich durch forstliche Maßnahmen als Nebenwirkung erzielt.

Vor dem Hintergrund bestehender und eingesetzter Instrumente zum Klimaschutz (z. B. Energieeinsparverordnung) und zur Förderung erneuerbarer Energien (z. B. Erneuerbare-Energien-Gesetz) sowie weiterer Optionen mit z. T. wesentlich höheren Wirkungspotenzialen (z. B. *EU Emissions Trading System*, Abgaben auf Düngemittel, konsequenter Umsetzung der Düngeverordnung), wird empfohlen, das ELER-Programm nicht vorrangig als strategisches Instrument für den Klimaschutz auszubauen. Die genannten und weitere Instrumente sind effektiver und vermutlich auch effizienter. Handlungsfelder, die sinnvoll über den ELER adressiert werden können, sind die Klimafolgenanpassung sowie die Berufsbildung und die betriebliche Beratung. Bei forstwirtschaftlichen Maßnahmen können zudem erhebliche Synergien zu anderen Bereichen (Biodiversität, Wasserschutz, Boden- und Kulturlandschaftsschutz) genutzt werden.

# 1 Einleitung

## 1.1 Untersuchungsfragen

Bis 2014 bildete der *Common Monitoring and Evaluation Framework*<sup>3</sup> (GD Agri, 2006) den wesentlichen Rahmen für die Programmbewertung. Er enthält neben Bewertungsfragen auf Maßnahmenebene auch solche auf Programmebene, darunter zwei horizontale Bewertungsfragen, die - neben weiteren Umweltwirkungen - auch Klimaschutzwirkungen adressierten.

Seit Mitte 2014 liegen mit den *Ex-post-Guidelines*<sup>4</sup> (EEN, 2014a) überarbeitete Leitlinien für die Ex-post-Bewertung vor. Mit ihnen wurden auch die gemeinsamen Bewertungsfragen neu strukturiert und z. T. ergänzt. Zum einzigen nach wie vor gültigen Wirkungsindikator I.7 wurde durch die neue Bewertungsfrage 4 ein sinnvoller Bezug hergestellt, der zuvor fehlte.

4) In welchem Umfang hat das Programm zur Bereitstellung von erneuerbaren Energien beigetragen? (*Ziel des Health Check; bezogen auf den Wirkungsindikator 7: Zunahme der Erzeugung erneuerbarer Energien*)

7) In welchem Umfang hat das Programm zur **Minderung** des Klimawandels und zur **Anpassung** an ihn beigetragen? (*Ziel des Health Check*)

Quelle: EEN (2014a: Teil II, S. 29).

Beide Bewertungsfragen werden dem Health-Check-Ziel „Klimawandel“ zugeordnet (VO (EG) Nr. 74/2009: Ergänzung des Artikels 16a in der ELER-VO), sodass auf die Programmänderungen zum Health Check ein besonderes Augenmerk zu legen ist. Die beiden Bewertungsfragen beziehen sich auf drei Themenfelder:

- Themenfeld 1: Substitution klimarelevanter Energieträger durch erneuerbare Energien, deren Produktion und effiziente Nutzung,
- Themenfeld 2: Verringerung klimarelevanter Gase in der Atmosphäre durch die Reduktion von Treibhausgasemissionen (insbes. Kohlendioxid CO<sub>2</sub>, Methan CH<sub>4</sub> und Lachgas N<sub>2</sub>O, nachrangig Umwandlungsprodukte von Ammoniak NH<sub>3</sub>) sowie durch die zusätzliche Bindung von Kohlenstoff in Holz- oder Humusvorräten,
- Themenfeld 3: Anpassung an Klimafolgen, wie verstärkte Niederschlagsereignisse mit z. B. gestiegener Hochwasser- und Erosionsgefahr, steigender Meeresspiegel mit erhöhter Sturmflutgefahr, Trockenheitsphasen mit zunehmendem Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft usw.

---

<sup>3</sup> CMEF, Gemeinsamer Begleitungs- und Bewertungsrahmen.

<sup>4</sup> Leitlinien zur Ex-post-Bewertung der Entwicklungspläne für den ländlichen Raum 2007-2013 (Stand Juni 2014; nur englische Fassung).

## 1.2 Aufbau des Berichts

Der Bericht gliedert sich in sechs Kapitel. Nach der Darstellung des Evaluationsdesigns in Kapitel 1 wird im zweiten Kapitel die Interventionslogik des EPLR Hessen analysiert. Dazu wird zunächst der Kontext, soweit erforderlich auch im zeitlichen Ablauf, aufbereitet und wesentliche Treiber (*driving forces, pressures*) des Klimawandels aus dem ländlichen Raum dargestellt. Vor diesem Hintergrund kann die gewählte Interventionsstrategie des Programms beurteilt werden. Neben den strategisch gewählten Instrumenten spielen für die Programmwirkung potenziell weitere Maßnahmen eine Rolle, die in den Kapiteln 2.4 und 2.5 dargestellt werden. Relevant sind somit alle Maßnahmen, die erhebliche positive oder negative Wirkungen auf Klimaziele erwarten lassen, unabhängig von ihren primären Zielsetzungen.

Die Programmwirkungen werden in Kapitel 3 untersucht. Das geschieht anhand eines Bottom-up-Ansatzes mittels (soweit möglich) quantifizierter Maßnahmenwirkungen, die als Programmwirkung aggregiert werden. Das Ergebnis wird anhand der ex ante quantifizierten Ziele sowie vor dem Hintergrund der Ausprägungen und Trends der Basis-/Kontextindikatoren bewertet. Inhaltlich erfolgt dabei eine durchgängige Differenzierung nach den drei oben genannten Themenfeldern. Daran anknüpfend enthält Kapitel 4 eine (vorsichtige) Effizienzbetrachtung der relevanten Maßnahmen.

In Kapitel 5 werden die Ergebnisse zusammengefasst und unter Berücksichtigung des Bewertungskontextes die in den Ex-Post-Guidelines formulierten Bewertungsfragen beantwortet. Das sechste Kapitel enthält Schlussfolgerungen für die Gesamtprogrammwirkung und Empfehlungen an das Land Hessen, an den Bund und an die EU.

## 2 Prüfung der Interventionslogik

### 2.1 Lesehilfe, Methodik und Daten

Das Kapitel 2 beschreibt zunächst den Kontext der Programmbewertung anhand ausgewählter Indikatoren, die für Klimaziele im ländlichen Raum wesentlich sind. Die ELER-Durchführungsverordnung (VO (EG) Nr. 1974/2006: Art. 62 mit Anhang VIII) und in konkretisierter Form das CMEF (GD Agri, 2006: Guidance Note E ff.) definieren gemeinsame (Pflicht-)Indikatoren. Dazu gehören die zielorientierten Basisindikatoren (vgl. Tabelle 2; kontextorientierte Basisindikatoren werden für das Zielfeld Klima nicht aufgestellt), der Ergebnisindikator für den Schwerpunkt 2 sowie der Wirkungsindikator für das gesamte Programm.

Relevant für die Ausgangslage sind neben den von der EU-KOM festgelegten gemeinsamen zielorientierten Basisindikatoren auch zusätzliche Indikatoren, die die Beschreibung der Ausgangslage ergänzen. Damit wird der Handlungsbedarf für eine Klimastrategie im Rahmen der ELER-Förderung skizziert. Auf dieser Grundlage kann die gewählte Programmstrategie beurteilt werden

(Kapitel 2.3), nämlich ob, wie und in welchem Maße sie auf die bestehenden bzw. sich fortentwickelnden Problemlagen reagiert.

**Tabelle 2:** Zielorientierte Basisindikatoren für das Vertiefungsthema Klima

Basisindikator	Datenstand	5. ÄA 2012	Einheit
B.24 Klimawandel: Erzeugung erneuerbarer Energien aus Land- und Forstwirtschaft			
- aus der Landwirtschaft	2006	22	ktoe
- aus der Forstwirtschaft	2006	29.400	ktoe
B.25 Klimawandel: der Erzeugung erneuerbarer Energien gewidmete LF mit Energie- u. Biomassepflanzen	2006	16	1.000 ha
B.26 Klimawandel/Luftqualität: Gas-Emissionen aus der Landwirtschaft			
- THG-Emissionen aus der Landwirtschaft	2006	1.799	kt CO <sub>2</sub> Äq

5. ÄA 2012 = fünfter Änderungsantrag zum EPLR Hessen

Quelle: Zusammenstellung nach HMUELV (2012a).<sup>5</sup>

## 2.2 Bewertungskontext

Spätestens seit den 1980er Jahren steht Klimaschutz im Fokus von Politik und Wirtschaft. Die Erkenntnis, dass es seit der Industrialisierung zu einer anthropogen beeinflussten globalen Erwärmung kommt, hat die Weltgemeinschaft dazu veranlasst, mögliche Folgen zu analysieren und geeignete Pläne zu entwickeln, um diesem Trend entgegenzuwirken. Diese Aufgabe übernimmt der Weltklimarat (IPCC), der 1988 vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen gegründet wurde. Auf dem Weltklimagipfel 1997 in Kyoto wurden erstmals verbindliche Zielwerte für den Ausstoß von Treibhausgasen (THG) festgelegt, die für den Klimawandel hauptverantwortlich sind. Als THG werden im Kyoto-Protokoll Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O) teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (H-FKW), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW) und Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) genannt.

In Tabelle 3 sind die wesentlichsten Quellen der erhöhten THG-Emissionen zusammengefasst, die auch im ländlichen Raum von Bedeutung sein können. Als Hauptverursacher wurden energiebedingte Emissionen, Industrieprozesse, Landwirtschaft, Landnutzung und Abfallwirtschaft ausgemacht.

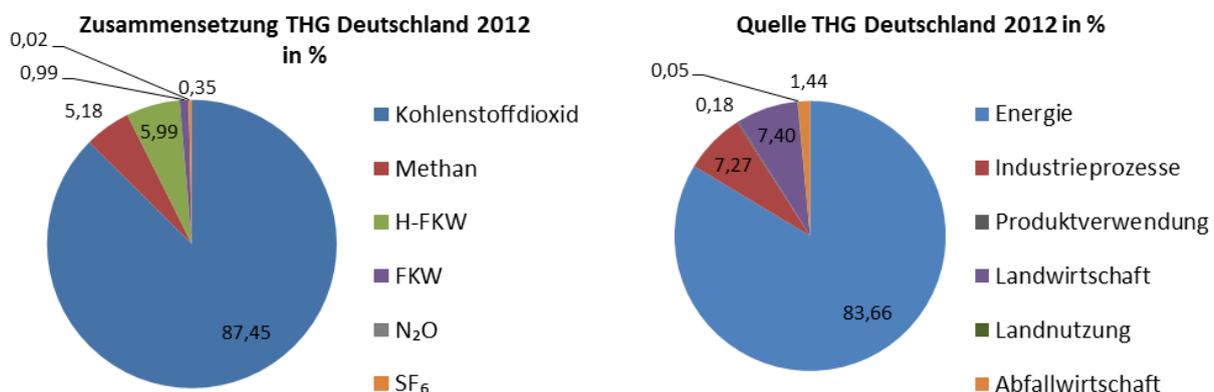
<sup>5</sup> Für den Basisindikator B 26 werden in Kapitel 2.2.2 auf Grundlage von Daten des HMUKLV (2015a) fast doppelt so hohe Werte allein aus Lachgas- und Methanemissionen der Landwirtschaft dargestellt.

**Tabelle 3:** Zuordnung der THG-Emissionsquellen nach Sektoren

Energie	Industrieprozesse	Landwirtschaft	Landnutzungs- änderung und Forstwirtschaft	Abfall
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiewirtschaft</li> <li>• Verarbeitendes Gewerbe</li> <li>• Verkehr</li> <li>• Feuerungsanlagen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mineralische Produkte</li> <li>• Chemische Industrie</li> <li>• Herstellung von Metall</li> <li>• Herstellung weiterer Produkte</li> <li>• Herstellung und Verbrauch v. halogenierten Kohlenwasserstoffen u. SF<sub>6</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fermentation</li> <li>• Düngewirtschaft</li> <li>• Kraftstoffverbrauch durch Bewirtschaftung</li> <li>• Verbrennen von Ernterückständen auf der Fläche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wälder</li> <li>• Ackerland</li> <li>• Grünland</li> <li>• Feuchtgebiete</li> <li>• Siedlungen</li> <li>• Sonstiges Land</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abfalldeponierung</li> <li>• Abwasserbehandlung</li> <li>• Thermische Abfallbehandlung</li> </ul>

Quelle: Darstellung basierend auf UBA (2014b).

Wie in Abbildung 1 grafisch veranschaulicht, ist mengenmäßig CO<sub>2</sub> das wichtigste THG in Deutschland mit einem Anteil von ca. 87 % an den Gesamt-THG-Emissionen (Stand 2012). Mit rund 84 % stellt der Energiesektor die größte THG-Emissionsquelle dar. Nach dem Energiesektor sind die Landwirtschaft mit rd. 7,4 % und die Industrie mit rd. 7,3 % weitere wichtige THG-Quellen in Deutschland.

**Abbildung 1:** Prozentuale Verteilung der THG nach Anteil an den Gesamtemissionen und Emissionsquellen in Deutschland 2012

Quelle: Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990-2012 (UBA, 2014a; UBA, 2014c).

Neben den im Nationalen Inventarbericht zum deutschen Treibhausgasinventar (NIR) aufgeführten landwirtschaftlichen THG-Quellen gibt es laut Hirschfeld et al. (2008) weitere Bereiche, die

Emissionen verursachen und eng mit der landwirtschaftlichen Produktion verbunden sind. Dazu gehören:

- Emissionen aus Energieeinsatz und Landnutzungsänderungen, die der Landwirtschaft innerhalb der NIR-Systemgrenzen nicht direkt angelastet werden,
- die Produktion von Mineraldüngern, Kraftstoffen und Pflanzenschutzmitteln sowie die Saatgutaufbereitung und
- die Einfuhr von Agrarrohstoffen wie Sojaschrot, Getreide zur Futter- und Kraftstoffproduktion, was zu Emissionen durch Rodung, Anbau und Transport führt.

Das Szenario der globalen Erwärmung beinhaltet umfangreiche Veränderungen auf der Erde. Vor allem stehen das Abschmelzen der Polkappen mit einem Anstieg des Meeresspiegels sowie das Auftreten von Wetterextremen und Dürrezonen in der Diskussion. Danach sind auch und insbesondere für den ländlichen Raum einschneidende Veränderungen zu erwarten.

### 2.2.1 Zielvorgaben

Nationale und internationale Klimapolitik zielen sowohl auf die Abschwächung des Klimawandels wie auch auf eine Anpassung an die zu erwartenden Auswirkungen ab. Industrie- und Schwellenländer stehen dabei besonders in der Verantwortung, ihre Emissionen zu reduzieren, da sie die höchsten pro Kopf THG-Emissionen aufweisen.

#### **Klimaschutzziele**

In Kyoto einigte man sich 1997 auf eine Reduzierung der THG-Emissionen in den Industrieländern um durchschnittlich 5,2 % im Vergleich zu 1990 im Zeitrahmen von 2008-2012. Gleichzeitig legten einzelne Länder und auch die EU eigene Ziele fest, die z. T. darüber hinausgingen. Deutschland verpflichtete sich, bis 2012 seine THG-Emissionen um 21 % gegenüber 1990 zu senken. Tabelle 4 zeigt eine Übersicht, in der auch Zielvorgaben für den Ausbau erneuerbarer Energien und für die Steigerung der Energieeffizienz zusammengefasst sind.

**Tabelle 4:** Klimaziele United Nations (UN), Europäische Union (EU) und Deutschland

Zeitraum	UN	EU	Deutschland	Bezugsjahr	
2008/12	THG	5,2 % <sup>1)</sup> Kyoto-Protokoll 1997	8 % Kyoto-Protokoll 1997	21 % Kyoto-Protokoll 1997	1990
	EE		12 %		2012
	Eff.				
2020	THG		20 % Richtlinie 2009/28/EG	40 % IEKP 2007 <sup>3)</sup>	1990
	EE		20 %	18 % Richtlinie 2009/28/EG	2020
	Eff.		20 %	20 % EU-Ziel	2008
2030	THG		40 %	55 % Energiekonzept 2010	1990
	EE		27 % EU-Gipfel 2014 <sup>2)</sup>	30 % Energiekonzept 2010	2030
	Eff.		27 %	27 % EU-Ziel	2008
2040	THG			70 %	1990
	EE			45 % 2. Monitoring-Bericht <sup>4)</sup>	2040
	Eff.			50 %	2008
2050	THG			80-95 %	1990
	EE			60 % 2. Monitoring-Bericht <sup>4)</sup>	2050
	Eff.			50 %	2008

THG: THG-Emissionen, EE: Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch, Eff.: Steigerung der Energieeffizienz im Primärenergieverbrauch

1) Durchschnittliche Reduzierung der THG der Industrieländer in der Verpflichtungsperiode 2008-12.

2) Gipfeltreffen des Europäischen Rates 8./9. März 2007 bzw. 23./24. Oktober 2014 (Gesamtziel der EU-Mitgliedsstaaten).

3) IEKP: Integriertes Energie- und Klimaprogramm 2007.

4) Zweiter Monitoring-Bericht zur Energiewende 2014.

Quelle: Eigene Zusammenstellung basierend auf Angaben im Kyoto-Protokoll, EU-Quellen und Daten des Umweltbundesamts (BMWi, 2007; BMWi, 2014a; UNFCCC, 2008).

Die Landesregierung Hessens veröffentlichte 2007 ihr Klimaschutzkonzept, mit dem sie beabsichtigte, bis 2012 bis zu 8 Mio. t CO<sub>2</sub> einzusparen (HMULV, 2007). Dabei setzte Hessen auf einen Energiemix einschließlich Kernkraft, Gas und Kohle. Für verschiedene Bereiche wurden mögliche Beiträge zum Klimaschutz genannt; der Sektor Landwirtschaft wurde nicht erörtert. Schwerpunkte des Klimaschutzkonzeptes waren Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie die Förderung erneuerbarer Energien (Tabelle 5). Im Rahmen des kommunalen Klimaschutzes bot das Land Maßnahmen wie ein Energiecontrolling durch Einsatz eines Energiemanagementsystems an. Verschiedene Beratungsformate rundeten das Angebot ab. Im Bereich der Energiewirtschaft setzte Hessen sich das Ziel, den Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch bis 2015 auf 15 % zu erhöhen. Alternative Energieträger sollten in den Sektoren Gewerbe und Industrie, Gebäude und Verkehr verstärkt genutzt werden. Als wesentlich wurde auch die Effizienzerhöhung durch den Einsatz moderner Technik in Anlagen und bei Verkehrsträgern angesehen. Wärmedämmung war wichtiger Bestandteil des Konzeptes im Bereich der Gebäude. Zur Lenkung der künftigen Entwicklung war die Verankerung der Thematik Klima und Klimaschutz in allen Ebenen der Bildung und Weiterbildung vorgesehen. Das 2012 verabschiedete Hessische Energiezukunftsgesetz (HEG) sieht vor, bis 2050 den Energiebedarf zu 100 % mittels erneuerbarer

Energieträger zu decken. Das Klimaschutzkonzept von 2007 wurde zwischenzeitlich nicht aktualisiert.

**Tabelle 5:** Potenziale für den Klimaschutz in Hessen

Sektor	Potenzial für Einsparungen
Energiewirtschaft	„Clean Coal Strategie“ durch hoch entwickelte Kohleverstromungstechniken Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung sowie der Fern- und Nahwärme
Erneuerbare Energien	Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien auf 15 % am Endenergieverbrauch bis 2015 Ausbau von Photovoltaik-, Biomasse-, Biogas-, Geothermieanlagen Marketingkampagnen
Gewerbe und Industrie	konsequenter Einsatz von Technologien zur Effizienzsteigerung in Produktionsprozessen Nutzung von Ersatzbrennstoffen (aus Hausmüll bzw. Restabfall) Reduktion der Energieintensität
Gebäude	Beratungsangebote zur Energieeinsparung für Verbraucher u. kleine/mittlere Unternehmen verstärkte Nutzung von erneuerbaren Energien im Bereich der Wärmeversorgung energetische Gebäudesanierungen, baulicher Wärmeschutz Einsatz kommunaler Energiebeauftragter Effizienzsteigerung technischer Anlagen (Lüftung, Klimatisierung, Beleuchtung)
Landesliegenschaften	Anwendung alternativer Finanzierungsformen für Energiesparmaßnahmen Energiemanagement und –controlling Einsatz alternativer Technologien und erneuerbarer Energien Investive Maßnahmen
Verkehr	Beratungsangebote zur Wahl klimafreundlicher Verkehrsmittel Förderung umweltfreundlicher Verkehrsmittel Ausbau der Verkehrsinfrastruktur Effizientere Gestaltung von Produktions- und Transportketten Verkehrslenkung Unterstützung der Erforschung alternativer Antriebe und Kraftstoffe
Bildung	Thema 'Klima u. Klimaschutz' in die frühkindliche und schulische Bildung, die außerschulische Jugendbildung, die Berufs- u. Erwachsenenbildung integrieren

Quelle: Eigene Zusammenstellung auf Grundlage von Angaben im Klimaschutzkonzept Hessen (HMULV, 2007).

### Klimaanpassungsstrategien

In den 1990er Jahren hat sich die internationale Staatengemeinschaft unter der Klimarahmenkonvention verpflichtet, Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in Angriff zu nehmen. Vom IPCC wird ein vielfältiger Katalog von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel aufgestellt und dabei unterschieden in technologische Maßnahmen, Verhaltensänderungen, betriebswirtschaftliche und politische Entscheidungen. Auf UN-Ebene wurde 2010 mit dem „Cancún Adaptation Framework“ die Behandlung des Themas Klimaanpassung international bekräftigt.

Mit dem europäischen Aktionsrahmen „Weißbuch Anpassung an den Klimawandel“ hat die EU 2009 Grundlagen für eine Anpassungsstrategie festgelegt. Im „Weißbuch“ wurde u. a. gefordert, dass Anpassungs- und Wasserbewirtschaftungsmaßnahmen in nationale Strategien zur Entwicklung des ländlichen Raumes (2007-2013) einbezogen werden. Im Rahmen des Health Checks (VO (EG) Nr. 74/2009) der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) wurde die ELER-VO schließlich durch ei-

nen neuen Artikel „Spezielle Vorhaben für bestimmte Prioritäten“ (Art. 16a) ergänzt, der den Klimawandel besonders berücksichtigt. Im Anhang der ELER-VO wurde eine indikative Liste von Vorhabenarten für einzelne Prioritäten mit Maßnahmen und Wirkungspotenzialen als Anpassung an den Klimawandel und Abschwächung seiner Folgen hinzugefügt.

Das Bundeskabinett beschloss im Dezember 2008 die „Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ (DAS), die schließlich 2011 zur Vorlage des „Aktionsplan Anpassung“ mit spezifischen Aktivitäten des Bundes und Verknüpfungsmöglichkeiten mit anderen nationalen Strategieprozessen führte. Darin werden als Bund-Länder-Finanzierungsprogramm die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) und die ELER-Programme zur Klimafolgenanpassung angesprochen. Verschiedene Beispiele für Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in Deutschland werden in der „Tatenbank“ des Kompetenzzentrums Klimafolgen und Anpassung (KomPass) im Umweltbundesamt (UBA) dokumentiert.

In der Hessischen Anpassungsstrategie (HMUELV, 2012b) beschreibt die Landesregierung Optionen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels für 12 Handlungsfelder, unter anderem Atmosphäre und Luftqualität, Boden, Landwirtschaft, Wald und Forstwirtschaft sowie Wasserwirtschaft. Die strategischen Empfehlungen zu den einzelnen Bereichen beinhalten jeweils eine grundsätzliche Entwicklungsrichtung. Auch das vom BMBF geförderte Verbundvorhaben KLIMZUG-Nordhessen befasste sich mit den Folgen des Klimawandels für verschiedene Sektoren und leitete aus seinen fünfjährigen Forschungen jeweils spezifische Handlungsoptionen ab.

## 2.2.2 Ist-Zustand

### Reduktion der Treibhausgas-Emissionen

In der EU wurden die THG-Emissionen nach Angaben der Europäischen Umweltagentur (EEA) bis 2012 um 19 % gegenüber 1990 gesenkt (EU-15: 15 %, Deutschland: 23,8 %) (EEA, 2014). Damit wurden die primären Ziele des Kyoto-Protokolls bis 2012 erfüllt. 2009 gab es eine konjunkturbedingte überproportionale Senkung der Emissionen. Anschließend stiegen die Werte und stagnieren seitdem.

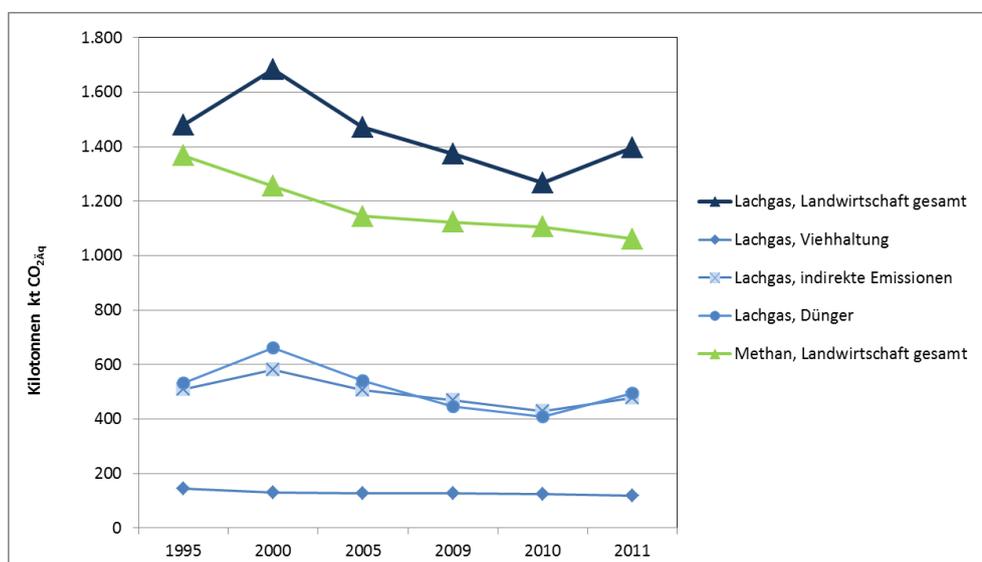
In Deutschland schätzt man für das Jahr 2013 einen leichten Anstieg der THG-Emissionen um 1,2 % gegenüber 2012 auf insgesamt 951.000 kt CO<sub>2</sub>Äq (UBA, 2014d). Als ursächlich wird auch eine Zunahme der Kohleverstromung diskutiert. Die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen Hessens stiegen nach 1990 zunächst an. Gründe dafür waren eine Zunahme des Verkehrs und ein wachsender Energiesektor. Seit 1997 sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen rückläufig und liegen seit 2006 dauerhaft unter dem Niveau von 1990. Im Jahr 2011 unterschritten sie es um 13,7 %.

Bei Berücksichtigung der Methan- und Lachgasemissionen ergibt sich ein Rückgang der THG-Emissionen im Jahr 2011 um 24,3 % gegenüber 1995. Die THG Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) haben einen gewichtigen Einfluss auf das Klima und eine vielfach höhere Klimawirksamkeit im

Vergleich zu CO<sub>2</sub>. Bundesweit liegt der Anteil von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O an den THG-Emissionen bei rund 8 %. Hauptquelle solcher Emissionen ist die Landwirtschaft, wobei CH<sub>4</sub> auf Fermentationsprozesse bei der Verdauung der Nutztiere zurückzuführen ist und N<sub>2</sub>O auf das Düngermanagement. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Landwirtschaft stammen vorwiegend aus der Bodenkalkung und sind wesentlich geringer.

Die **hessische Landwirtschaft** hat einen Anteil von 5,7 % (HMUKLV, 2015a)<sup>6</sup> an den gesamten THG-Emissionen des Landes (Stand 2011), das entspricht rd. 2.337 kt CO<sub>2</sub>Äq. Sowohl die N<sub>2</sub>O- als auch die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Landwirtschaft Hessens sind im Zeitraum 1995 - 2011 gesunken (Abbildung 2). Ihre Summe betrug 2.457 kt CO<sub>2</sub>Äq im Jahr 2011. Die Methanemissionen hatten 2011 einen Anteil von 46 % an den gesamten CH<sub>4</sub>-Emissionen des Landes. Dieser Anteil hatte sich seit 1995 nahezu verdoppelt, da andere Sektoren, besonders die Abfall- und Abwasserentsorgung, aber auch Energiegewinnung und Verkehr, ihren CH<sub>4</sub>-Ausstoß im gleichen Zeitraum wesentlich stärker reduzieren konnten.

**Abbildung 2:** Lachgas- und Methanemissionen aus der hessischen Landwirtschaft



Quelle: HMUKLV (2015a) Gasemissionen umgerechnet in Kilotonnen CO<sub>2</sub>Äq mit Faktor 298 für Lachgas und Faktor 25 für Methan entsprechend IPCC (2006).

Die Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft sind zwischen 1995 und 2011 nur unterdurchschnittlich gesunken, und zwar auf etwa 94 %. Im Mittel aller relevanten Sektoren wurde eine Reduktion auf rund 88 % erreicht. Der Anteil der Landwirtschaft an den landesweiten N<sub>2</sub>O-Emissionen betrug 2011 rund 74 %. Auch Ammoniak-(NH<sub>3</sub>-)Emissionen stammen aus der Tierhal-

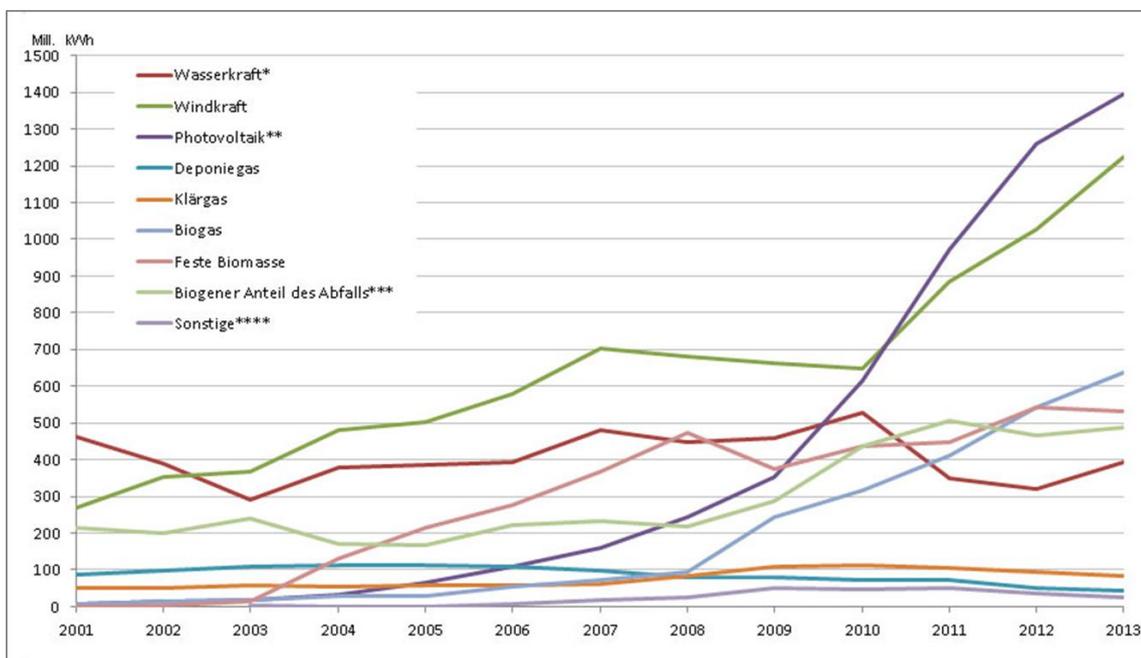
<sup>6</sup> Die Zahlen für die Klimabilanz 2011 wurden in der Veröffentlichung des HMUKLV (2015a) nach IPCC (1996) berechnet. Nach den neuen Umrechnungsfaktoren mit IPCC (2006) liegen allein die Lachgas- und Methanemissionen über diesem Wert. Angaben für landwirtschaftlich bedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen sind nicht bekannt.

tung und aus dem Düngemanagement. Sie belasten naturnahe Ökosysteme, führen zu indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen und verringern die Stickstoffeffizienz der landwirtschaftlichen Produktion. Der Anteil Hessens an den bundesweiten Ammoniakemissionen beträgt aufgrund der vergleichsweise sehr niedrigen Viehbestandszahlen allerdings nur 3,2 % (eigene Berechnung nach den Angaben des Umweltatlas Hessen (HLUG, 2013)).

### Erneuerbare Energien

Der Anteil erneuerbarer Energieträger am Stromverbrauch Hessens stieg zwischen 2000 und 2014 von 2,3 % auf 14,4 % (bundesweit: 25,4 %, Stand 2013). Die Landesregierung strebt die Erhöhung des Anteils auf 25 % bis 2019 und auf 100 % bis 2050 an (HMWEVL, 2015). Insbesondere Windkraft- und Photovoltaik-Anlagen nahmen bisher stark zu; ihre Anteile an der Stromerzeugung aus regenerativen Energieträgern betragen 2013 bereits 25 % bzw. 29 % (Abbildung 3).

**Abbildung 3:** Stromerzeugung nach erneuerbaren Primärenergieträgern in Hessen



\* Laufwasser und Speicher.

\*\* Ab 2010 einschl. selbst erzeugter und verbrauchter Strom.

\*\*\* Einschl. Klärschlamm.

\*\*\*\* Z. B. flüssige Biomasse wie Rapsmethylester, Geothermie.

Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt (2015).

Seit 2003 besteht bereits ein Programm zur Förderung der Nutzung von Biorohstoffen aus der Land- und Forstwirtschaft, mit dem regionale Projekte sowie die Vernetzung und Forschung im Bereich Biomasse unterstützt werden. 2004 und 2008 wurden Potenzialstudien erstellt und besonders für Biogas und Festbrennstoffe große, bisher ungenutzte Potenziale ermittelt. Diese will die Landesregierung mit dem 2011 veröffentlichten Biomasseaktionsplan (HMUELV, 2011) durch gezielte Maßnahmen erschließen. Von 2008 bis 2014 hat die Anzahl der Biogasanlagen in Hessen

von 82 auf 211 zugenommen. Die Entwicklung wurde dabei auch durch die verschiedenen Novelierungen des EEG stark beeinflusst. Bundesweit hat sich der Anteil von Biogas an der Stromerzeugung im gleichen Zeitraum von 0,3 % auf 3,9 % erhöht.

### **Energieeffizienz**

Die Bundesregierung hat 2014 den Nationalen Aktionsplan für Energieeffizienz (NAPE) vorgelegt, um dieses Thema zu einem zentralen Bestandteil der Energiepolitik zu machen. Als Indikator wird Energieproduktivität in Euro/Giga-Joule verwendet. Von 1990 bis 2012 hat sich die Energieproduktivität bezogen auf den Primärenergieverbrauch um 54 % verbessert. Im Gewerbe-Handel-Dienstleistungs-Sektor Deutschlands (GHD) haben Wärmedämmung, Automatisierung, Prozessoptimierung und Modernisierung zu einem jährlichen Anstieg der Energieeffizienz um 2,4 % geführt (alle Sektoren zusammen: 1,1 %). In diesem Sektor, zu dem auch die Landwirtschaft zählt, ist somit die größte Effizienzsteigerung festzustellen (BMW, 2014b).

Die Energieproduktivität ist in Hessen zwischen 1999 und 2012 auf rund 137 % gestiegen (HLUG, 2015). Das Land fördert die Energieeffizienzsteigerung u. a. in den Bereichen private Haushalte, Bauen, Kommunen und Unternehmen. Die Landesregierung stellt Beratungsangebote zur Energieeinsparung, zur energetischen Gebäudesanierung und zu passenden Förderprogrammen durch die hessische Energieagentur hessenENERGIE bereit. hessenENERGIE berät des Weiteren zu Finanzierungsmodellen und unterstützt Kommunen beim Aufbau eines Energiemanagements.

### **Klimafolgenanpassung**

Auf Bundesebene sowie in Hessen laufen verschiedene Vorhaben zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels, wobei der Schwerpunkt in der Forschung liegt. Die Entwicklung von Anpassungsstrategien wurde beispielsweise in dem vom BMBF geförderten Projekt „KLIM-ZUG-Nordhessen“ ([www.klimzug-nordhessen.de](http://www.klimzug-nordhessen.de)) umgesetzt. Schwerpunkte des Projekts waren die Bereiche Ressourcenschutz in Land- und Forstwirtschaft, Energie, Verkehr, Gesundheit und Tourismus.

Seit 2011 wurden 27 Projekte aus dem Themenbereich ‚Ökonomie des Klimawandels‘ vom BMBF gefördert (<http://www.fona.de>). Im Forschungsprogramm „ExWoSt – Experimenteller Wohnungs- und Städtebau“ werden vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) städtebauliche und wohnungspolitische Themen aufgegriffen. Im Rahmen der Hessischen Anpassungsstrategie richtete die Landesregierung ein Klimafolgen-Monitoring-System ein, das die Entwicklung der Klimafolgen in 13 Handlungsfeldern umfasst.

### 2.2.3 Instrumente im Klimaschutz

Tabelle 6 gibt einen Überblick über verschiedene instrumentelle Ansätze im Klimaschutz: Gesetze und Verordnungen, finanzielle Förderung sowie ökonomische Mechanismen. Dieser Überblick dient dazu, die Relevanz der ELER-Förderung in Hessen angemessen einzuordnen.

**Tabelle 6:** Instrumente zum Klimaschutz in Hessen

<b>Gesetze und Verordnungen</b> (nicht abschließend)	Energieeinsparverordnung (EnEV) Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG) Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) Klimaschutzgesetz (KlSchG) Düngeverordnung (DüV) Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV): Filtererlass für Schweinehaltungsanlagen Chemikalien-Klimaschutzverordnung (ChemKlimaschutzV) Naturschutzgesetze (z. B. Moorschutz) Hessisches Energiezukunftsgesetz
<b>Projekte und Förderung</b> (nicht abschließend)	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) Nationale Klimaschutzinitiative (NKI) Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) Rationelle Energienutzung (REN) Hessen Klimaschutzregion Hessisches Ried 3-Städte-Klimaschutzprojekt Hessisches Klimaschutzforum
<b>Ökonomische Mechanismen</b>	Emissionshandel Besteuerung (z. B. Stickstoff, CO <sub>2</sub> , derzeit nicht in Deutschland) Kyoto-Mechanismen

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Legislative hat über Gesetze und Verordnungen die Möglichkeit, Ziele des Klimaschutzes explizit zu verankern und so steuernd Maßnahmen auf den Weg zu bringen, die geeignet sind, THG-Emissionen zu senken oder zu vermeiden. Dazu zählen der Ausbau der erneuerbaren Energien, die Effizienzsteigerung der Energieproduktion, der Ausbau von Nah- und Fernwärmenetzen und die Steigerung der Stromerzeugung aus der Kraft-Wärme-Kopplung (KWKG). Andere Gesetze und Verordnungen (Düngerverordnung, Chemikalien-Klimaschutzverordnung, Bundes-Immissionsschutzverordnung) zielen darauf ab, den Umgang mit klimaschädigenden Substanzen zu regeln. In Hessen wurde eine Vielzahl von Initiativen und Projekten zum Schutz des Klimas realisiert. Beispiele dafür sind das 3-Städte-Klimaschutzprojekt, in dessen Zentrum der Austausch von Erfahrungen im kommunalen Klimaschutz steht, und das Hessische Klimaschutzforum, zu dem sich regelmäßig EntscheidungsträgerInnen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung treffen. Des Weiteren wird durch staatliche Vorgaben auf die Landnutzung und auf naturschutzrechtliche Fragen Einfluss genommen, die klimaschutzfördernd sind. Förderprogramme von EU,

Bund und Ländern zielen darauf ab, Anreize zur Umsetzung von Gesetzen und Verordnungen zu schaffen.

Als marktwirtschaftliches Instrument wird auch für die Landwirtschaft die Einbeziehung in den Emissionshandel diskutiert. Denkbar wäre gemäß UBA die Integration folgender Bereiche: Intensivtierhaltung in Großbetrieben, Lachgasemissionen des Pflanzenanbaus und des Düngemittelseinsatzes sowie die Weiterverarbeitung landwirtschaftlicher Produkte. Das UBA kommt zu dem Schluss, dass es zunächst weiterer Forschung bedarf, da nach derzeitigem Wissensstand von einem hohen Aufwand bei der praktischen Umsetzung ausgegangen werden kann. Insbesondere ist die Einbeziehung kleinerer Betriebe problematisch, die jedoch einen großen Anteil an den THG-Emissionen verursachen (UBA, 2013b). Die Erweiterung des Emissionshandels auf die Landwirtschaft wird vom Deutschen Bauernverband abgelehnt, da er kostenintensiv und zu aufwendig sei (DBV, 2009).<sup>7</sup>

Eine Besteuerung als Instrument im Klimaschutz zielt in erster Linie auf einen geringeren Einsatz von Düngemitteln und auf die Verringerung des Fleischkonsums, respektive des Tierbestandes. In der Diskussion stehen Stickstoffüberschussabgaben, Besteuerung von Mineraldünger, Importsteuern auf eiweißhaltige Futtermittel, Steuern auf gesättigte Fettsäuren und die Abschaffung des ermäßigten Mehrwertsteuersatzes für Fleischprodukte. Bei der Mehrwertsteuer steht auch der Wegfall des ermäßigten Steuersatzes nur für konventionell produziertes Fleisch in der Diskussion.

In Dänemark wird seit 1992 eine CO<sub>2</sub>-Steuer erhoben, wobei die Steuersätze mit steigender klimaschädlicher Wirkung ebenfalls ansteigen (CO<sub>2</sub>-Steuer auf Strom 9 %, Biogas 19,8 %, Leichtöl 24,3 %, Schweröl 28,8 %). Finnland erhebt seit 1990 eine CO<sub>2</sub>-Steuer auf fossile Brennstoffe, Schweden seit 1991 und Mexiko seit 2014. In Kanada wurde 2008 in einer Provinz die CO<sub>2</sub>-Steuer eingeführt. In dieser Provinz sank der Pro-Kopf-Verbrauch fossiler Brennstoffe bis 2012 um 17,4 %, während er in den übrigen Provinzen um 1,5 % anstieg (Elgie und McClay, 2013).

Eine Abgabenregelung auf Düngemittel existiert in Finnland, Dänemark, Österreich, Schweden und in den Niederlanden. In diesen Ländern ist eine Verringerung des Düngereinsatzes festzustellen. Man unterscheidet zwei Modelle: die Erhebung von Steuern auf mineralische Düngemittel und Abgaben auf Stickstoffüberschüsse. Letzteres erfordert einen hohen Aufwand, erfasst aber ebenso die Verwendung von Wirtschaftsdünger.

---

<sup>7</sup> Im etablierten neuseeländischen Emissionshandel für die Landwirtschaft (NZ-ETS) sind Milch und Fleisch verarbeitende Betriebe, Lebetier-Exporteure und Stickstoffdünger-Importeure/-Hersteller integriert. Ausnahmen im Emissionshandel bestehen teilweise für Kleinbetriebe, Milch- und Fleischproduzenten der Schaf- und Ziegenhaltung, Schafwoll- und Eierproduzenten (Ministry for the Environment New Zealand, 2012).

### 2.3 Relevanzprüfung

Die Interventionslogik des EPLR Hessen im Hinblick auf Klimaziele ist in Abbildung 4 aufbereitet. Das Leitbild des Programms ist eine integrierte Entwicklung ländlicher Räume unter Einbeziehung einer multifunktionalen, nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Land- und Forstwirtschaft. Damit und mit dem programmübergreifenden Hauptziel der Verbesserung der Umwelt sind auch Klimaziele adressiert. Diese werden innerhalb des Schwerpunkts 2 für das Themenfeld Verbesserung des Klimaschutzes weiter operationalisiert, worunter die Reduktion von THG-Emissionen und die Erzeugung erneuerbarer Energien subsumiert werden können. Darauf wird im Programm an geeigneten Stellen Bezug genommen.

Maßnahmen mit Klimazielen wurden für alle drei bzw. vier Schwerpunkte programmiert, wobei sich die LEADER-Aktivitäten aus dem Maßnahmenspektrum der SP 1 bis 3 bedienen sollten. Klimaziele werden für einzelne Maßnahmen des SP 2 bereits in der SWOT-Analyse genannt. Die Programmstrategie beinhaltet den Hinweis darauf, dass alle Einzelmaßnahmen oft mehreren Haupt- und Unterzielen dienen und daher zahlreiche Querverbindungen bestehen. Mit expliziten Klimaschutzzielen werden Maßnahmen der SP 2 und 3 belegt. Weitere klimarelevante Maßnahmen finden sich in den Maßnahmenbeschreibungen des Programms.

**Abbildung 4:** Interventionslogik für das Zielfeld Klima im EPLR Hessen



\* An unterschiedlichen Stellen genannt (Strategie, Maßnahmenbeschreibung, HC-Ziele) und mehr oder weniger explizit verankert.

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage des genehmigten 3. Änderungsantrags (HMUELV, 2009).

Neben der Top-down-Analyse der Interventionslogik wird geprüft, wie die programmierten Maßnahmen mit Klimazielen in der Interventionslogik verankert sind (Tabelle 7).

**Tabelle 7:** Prüfung der Interventionslogik für Maßnahmen mit Klimazielen

Maßnahmen mit Klimazielen	Berücksichtigung in ...			Hinterlegt mit ...			
	Ausgangslage, SWOT-Analyse	Bedarfsbeschreibung	Strategie	Maßnahmenbeschreibung	Zielfeld	quantifizierten Zielen	Indikatoren
<b>Schwerpunkt 1</b>							
123	Verarbeitung und Vermarktung		(●)	●	E, R		
<b>Schwerpunkt 2</b>							
214	Agrarumweltmaßnahmen:						
214 A	Ökolandbau		●	●	R	(●)	●
214 B	Winterbegrünung		●	●	R	(●)	●
214 C	Blühflächen/Schonstreifen			●	R	(●)	●
214 F	MDM-Verfahren			●	R		●
226	Wiederaufbau Forst	●	●		R		
227	Nichtproduktive Investitionen Forst	●	●	●	A, R	(●)	●
<b>Schwerpunkt 3</b>							
311 A	Diversifizierung: Energetische Nutzung		●	●	E, R	●	●
321 B	Dienstleistungseinr.: Nutzung Biomasse			●	E, R	●	●
331	Berufsbildung, Information			●	R		
<b>Schwerpunkt 4</b>							
41	LEADER			(●)	E, R		

Zielfelder: A = Anpassung an Klimafolgen, E = Prod. o. Förderung erneuerb. Energien, R = Reduktion von THG-Emissionen  
 ● = Kriterium berücksichtigt bzw. Angaben vorhanden; [leer] = keinen Nachweis im EPLR Hessen gefunden.  
 (●) = Klimaziele nur implizit berücksichtigt

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage des genehmigten 3. Änderungsantrags (HMUELV, 2009).

Es wird deutlich, dass nicht für alle Maßnahmen in der Ausgangsbeschreibung/SWOT eine Analyse des Status quo vorliegt; Handlungsbedarf wird nicht immer hinreichend beschrieben. In einem Fall fehlt der Bezug zum Klimaschutz in der Maßnahmenbeschreibung, obwohl dieser in der Strategie erwähnt wurde. Die meisten Maßnahmen der SP 2 und 3 sind mit quantifizierten Zielen und Indikatoren hinterlegt, wobei die Zielwerte des SP 2 den Klimaschutz nur indirekt betreffen. In Bezug auf die adressierten Zielfelder überwiegen THG-Reduktionsziele, die für alle aufgeführten Maßnahmen gelten.

Insgesamt wird bei diesem Analyseschritt deutlich, dass Klimaziele nicht konsequent im EPLR Hessen verankert wurden. Tabelle 8 fasst die Relevanzprüfung der gewählten Klimaschutzstrategie und Instrumente zusammen. Es bleibt festzuhalten, dass auch nach dem Health Check (Programmstand vom Dezember 2009, nach dem 3. Änderungsantrag), eine unvollständige und z. T. inkonsistente Interventionslogik für den Klimaschutz besteht.

**Tabelle 8:** Relevanzprüfung der gewählten Strategie und Instrumente vor dem Hintergrund der beschriebenen Problemlagen und des Handlungskontextes

<b>Prüfschritt</b>	<b>Prüfergebnis</b>
<p>Problembeschreibung [Ist die Darstellung vollständig?]</p>	<p>unvollständig</p> <p>Die Problembeschreibung erfolgt an einzelnen Stellen im Rahmen der Analyse der Ausgangssituation, insbesondere in den Unterkapiteln Land- und Forstwirtschaft (Kap. 3.1.2) und Landnutzung und Umweltsituation (Kap. 3.2.3). In Kapitel 3.1.2 werden auch die Potenziale zur energetischen Nutzung land- und forstwirtschaftlicher Biomasse erörtert. Eine Verbindung zum Klimaschutz wird dabei jedoch nicht hergestellt. Insgesamt ist keine systematische und gebündelte Aufbereitung des Themenfeldes Klimaschutz und Klimafolgenanpassung zu erkennen. Eine konsequente Hierarchisierung und Abarbeitung der relevanten Themenfelder THG-Reduktion, Erneuerbare Energien und Folgenanpassung sind kaum zu erkennen. Relevante Themen werden häufig als Nebenaspekte erwähnt und nicht immer in den Kontext Klimaschutz eingeordnet.</p>
<p>Zielbeschreibung [Sind die Ziele hinreichend beschrieben?]</p>	<p>z. T. unvollständig</p> <p>Der Klimaschutz ist ein schwerpunktbezogenes Unterziel. Darüber hinaus wird im Programm auf die generellen Querbezüge zwischen Maßnahmen aller Schwerpunkte und ihrer Wirkungen hingewiesen. Daher sind Klimaschutzziele häufig nur implizit erwähnt. Das Programmziel Klimaschutz wird jedoch schon früh genannt, sodass in der Folge an mehreren Stellen der eindeutige Bezug fehlt. Sowohl für SP 2 als auch für SP 3 werden Maßnahmen mit Klimazielen genannt. SP 4, der besonders Maßnahmen des SP 3 unterstützt, enthält keine ausdrücklichen Klimaziele. Die Zielformulierungen finden sich teilweise innerhalb der Strategiebeschreibung oder im Text der Maßnahmenbeschreibungen. Klimaziele sind für einige Maßnahmen des SP 3 quantifiziert. Insgesamt ergibt sich keine durchgängige Zielbeschreibung für den Klimaschutz und die Klimafolgenanpassung. Basis- und Wirkungsindikatoren werden genannt und quantifiziert, Ergebnisindikatoren nur für den SP 2 quantifiziert.</p>
<p>Instrumentenprüfung [Ist das gewählte Instrument den Zielen angemessen?]</p>	<p>weitgehend angemessen</p> <p>Entsprechend den unterschiedlichen Handlungsbereichen von Maßnahmen aus drei Schwerpunkten werden verschiedene Instrumente vorgesehen, wobei die Auswahl alternativer Instrumente im ELER a priori begrenzt ist. In allen Fällen der Maßnahmen mit Klimazielen handelt es sich um nicht rückzahlbare finanzielle Zuschüsse (zu Teilnehmergebühren, zur Projektförderung usw.), die anteilig oder vollständig die Kosten decken bzw. im Rahmen der AUM als Festbetragsfinanzierung für definierte Bewirtschaftungsaufgaben erfolgen. Ein solcher Einsatz von öffentlichen Mitteln ist gerechtfertigt, wenn der Markt die erwünschten Leistungen, z. B. Wärmedämmung zur Steigerung der Energieeffizienz, nicht erbringen kann bzw. andere Handlungsweisen - dafür mit negativen Externalitäten behaftet - wirtschaftlich(er) sind. Darüber hinaus können durch Förderungen auch neue Produkte, Methoden oder Verhaltensweisen angestoßen werden und ggf. ihre Durchsetzung beschleunigt werden.</p> <p>Die Angemessenheit der ELER-Förderung in allen in Abbildung 4 gelisteten Bereichen ist insgesamt nachvollziehbar. Die Förderung öffentlicher Güter im Bereich der AUM ist schlüssig und wird ausführlich im Evaluationskapitel der AUM bewertet. Im Rahmen des Programms wird die Erzeugung und Verbreitung erneuerbarer Energien gefördert. Diese werden jedoch auch durch das EEG und verschiedene Fonds gefördert, sodass eine Wirksamkeit in dieser Hinsicht fraglich scheint.</p>

**Fortsetzung Tabelle8:**

Kontextprüfung [Sind die Ziele und Maßnahmen vor dem Hintergrund gegebener Bedingungen stimmig?]	weitgehend stimmig Wie oben dargestellt, wurde die Ausgangslage als Teil des Handlungskontextes nur unzureichend ausgearbeitet. Ziele wurden jedoch in mehreren Fällen konkretisiert. Das Klimaschutzkonzept Hessen (HMULV, 2007) berücksichtigt den Sektor Land- und Forstwirtschaft ausschließlich hinsichtlich der energetischen Biomassennutzung. Als Strategien zur THG-Vermeidung werden in dem Konzept die Erhöhung der Energieeffizienz, die Förderung erneuerbarer Energien und Innovationen im Bereich CO <sub>2</sub> -armer Technologien genannt. Diese Komponenten finden sich im EPLR Hessen in den Maßnahmen des SP 3 wieder. Die enge Verknüpfung von Klimaschutzzielen und wirtschaftspolitischen Zielen im EPLR entspricht den Strategien des Klimaschutzkonzeptes. Den meisten AUM ist, wenn auch oft als Nebeneffekt, eine ergänzende Klimaschutzwirkung durch THG-Vermeidung zugeordnet. Insgesamt ist durch das Maßnahmenportfolio des EPLR Hessen ein spürbarer Beitrag zur THG-Reduktion zu erwarten. Im Bereich der Klimafolgenanpassung durch Waldumbau sind ebenfalls wesentliche Erfolge möglich.
---	--

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage des genehmigten 3. Änderungsantrags vom Dez. 2009 (HMUEL, 2009).

Die Entwicklung der wichtigsten Zielwerte der gemeinsamen Indikatoren für den Klimaschutz ist in Tabelle 9 dokumentiert. Für den SP 1 gibt es keine eindeutigen Ergebnisindikatoren für Klimaziele. In Hessen lassen sich jedoch beim Ergebnisindikator R.3 Beiträge aus klimarelevanten Maßnahmenumsetzungen des Codes 123 (Erhöhung der Wertschöpfung) vermuten. Die Werte für R.3 wurden aus der Anzahl der geförderten Unternehmen und dem Prozentsatz derjenigen Unternehmen, die neue Produkte oder Verfahren einsetzen, errechnet. Für den SP 2 soll der Ergebnisindikator R.6 eindeutige Aussagen treffen. Die Angaben zur Land- und Forstwirtschaftsfläche entsprechen den Ergebnisindikatoren der AUM (214) insgesamt bzw. den nichtproduktiven Investitionen Forst (227). Beide Indikatorwerte wurden seit dem Programmstart erhöht.

Beiträge zum gemeinsamen Wirkungsindikator (Zunahme der Produktion erneuerbarer Energien in kt Erdöläquivalente) werden in Form von zusätzlichen, programmspezifischen Ergänzungen angegeben. Dies ist einerseits der Wert, der dem Ergebnisindikator R.6 für die landwirtschaftliche Fläche entspricht, und andererseits ein durchschnittliches Einsparziel an CO<sub>2</sub>Äq pro Jahr und Anlage gemäß der realisierten Maßnahmen aus 321 B (Dienstleistungseinrichtungen: Nutzung Biomasse). Die Produktion erneuerbarer Energien direkt betreffend gibt es einen zusätzlichen Outputindikator für die Maßnahmen 311 A (Diversifizierung: Energetische Nutzung) und 321 B. Diese haben die Einheit Megawatt für die Gesamtkapazität der geförderten Anlagen bzw. Kilowatt für die mittlere Kapazität pro Anlage. Der EPLR enthält für 311 A keine Quantifizierungen, sodass die Werte in Tabelle 9 für den Code 321 B gelten.

**Tabelle 9:** Zielquantifizierung für gemeinsame Ergebnis- und Wirkungsindikatoren für das Zielfeld Klimaschutz im EPLR Hessen

Indikator	Indikatorwerte zum Zeitpunkt ...			Einheit
	2007	3. ÄA 2009	5. ÄA 2012	
<b>Ergebnisindikatoren</b>				
<b>R.3</b> Anzahl der Betriebe/Unternehmen, die neue Produkte/Verfahren einführen <sup>1)</sup>	19	19	11	Betriebe
<b>R.6</b> Fläche im Rahmen erfolgreicher Bewirtschaftungsmaßnahmen, die zu Folgendem beitragen				
- Klimawandel Landwirtschaftsfläche	58.000	103.000	114.000	ha
- Klimawandel Forstwirtschaftsfläche	25.000	25.000	31.900	ha
<b>Wirkungsindikatoren</b>				
<b>I.7</b> Zunahme der Produktion erneuerbarer Energien <sup>2)</sup>	k. A.	k. A.	k. A.	kt
Gesamtkapazität der geförderten Anlagen <sup>3)</sup>	k. A.	36,5	30,2	MW
Beitrag zur Bekämpfung des Klimawandels <sup>3)</sup>	58.000	103.000	114.000	ha
Reduktion von CO <sub>2</sub> Äq <sup>3)</sup>	k. A.	360	300	t/(a*Anlage)

1) Zielsetzung kann nur zu einem nicht näher bestimmtem Anteil Klimazielen zugerechnet werden.

2) Laut CMEF zu messen als Erdöläquivalente.

3) Programmspezifische Ergänzungen zum gemeinsamen Wirkungsindikator.

ÄA = genehmigte Änderungsanträge zum EPLR Hessen zu den angegebenen Zeitpunkten.

Quelle: Eigene Zusammenstellung auf Grundlage der EPLR-Programmdokumente zu den angegebenen Zeitpunkten.

## 2.4 In die Wirkungsanalyse einbezogene Maßnahmen

Die Interventionslogik des Programms fokussiert ausschließlich auf Handlungsansätze, die explizit für den Klimaschutz bzw. die Klimafolgenanpassung konzipiert wurden. Dabei kann es sich um Haupt-, aber auch um Nebenziele der Maßnahmen handeln. Um die Gesamtwirkung des Programms zu ermitteln, werden jedoch auch Maßnahmen in die Analyse einbezogen, die entweder positive Nebenwirkungen für den Klimaschutz entfalten oder die im Gegenteil ungewollte negative Nebenwirkungen haben (Tabelle 10). Neben ihren Output-Zielen werden auch mögliche Wirkungsfelder genannt. Diese entsprechen bei Maßnahmen mit Klimazielen den Angaben des Programms, bei Maßnahmen mit nicht strategisch adressierten Nebenwirkungen handelt es sich um Wirkungshypothesen, die im Folgenden weiter untersucht und soweit möglich quantifiziert werden.

Insgesamt wurden 19 Maßnahmen/Teilmaßnahmen und Fördervarianten als relevant für die Programmwirkungen mit Klimabezug identifiziert. Fast alle entfalten Wirkungen im Zielfeld ‚Reduktion von THG‘ (Zielfeld R), entweder durch Verringerung von Emissionen oder durch die zusätzliche Bindung von CO<sub>2</sub> in Holz- oder Humusvorräten. Das Zielfeld ‚erneuerbare Energien‘ (E) wird durch

Maßnahmen aus den SP 1 und 3 adressiert. Zur Klimafolgenanpassung (Zielfeld A) gehört der Waldumbau (227).

**Tabelle 10:** Relevante Maßnahmen Klimaschutz

Code	Maßnahme	Maßnahmenziele			Output-/Ergebnisziele <sup>2)</sup>		
		Klimaziel	Zielfeld <sup>1)</sup>	Wirkungshypothese	Wert	Einheit	Zuordnung <sup>3)</sup>
121	AFP		E, R	Energieeffizienz, THG-Einsparung	907	Betriebe	OZ
123	Erhöhung der Wertschöpfung	●	E, R	Nutzung v. Biomasse, THG-Einsparung	95	Betriebe	OZ
125 A	Forstliche Infrastruktur		R	zusätzl. genutzte Holzmasse	650	Vorhaben	OZ
125 B	Flurneuordnung		R	Kraftstoffersparnis, kürzere Strecken	150	Verfahren	OZ
212	Ausgleichszulage, sonstige		R	Erhalt organischer Bodensubstanz	360.000	ha	OZ, EZ
213	Natura-2000-Prämie		R	Erhalt org. Bodensubst., kein Min.-Dünger	10.000	ha	OZ
214	Agrarumweltmaßnahmen:						
214 A	Ökologischer Landbau	●	R	kein Mineraldünger	72.000	ha	OZ
214 B	Winterbegrünung	●	R	keine Düngung	48.000	ha	OZ
214 C	Blühflächen/Schonstreifen	●	R	keine Düngung	6.000	ha	OZ
214 D	Grünlandextensivierung		R	keine Düngung bzw. kein Mineraldünger	35.000	ha	OZ
214 E	Steillagenweinbau		R	Reduzierte N-Düngung	297	ha	OZ, EZ
214 F	MDM	●	R	Verringerung der THG-Emissionen	45.000	ha	OZ
226	Wiederaufbau Forst	●	R	CO <sub>2</sub> -Senke	0	Förderfälle	OZ
227	Nichtprod. Invest. Forst	●	A, R	stabile, gesunde Wälder; CO <sub>2</sub> -Senke	2.800	Vorhaben	OZ
311 A	Diversifiz.: Energetische Nutzung	●	E, R	Energieeffizienz Gebäude, Nahwärmenetze	77	Förderfälle	OZ
321 B	Dienstleist.: Nutzung Biomasse	●	E, R	Erzeugung u. Verbreitung erneuerbarer Energien	36,5	Megawatt	OZ
322	Dorferneuerung		R	Energieeffizienz Gebäude	260	Dörfer	OZ
331	Berufsbildung, Information	●	E	Nutzung erneuerbarer Energien	200	Teilnehmer	OZ
41	LEADER	●	E, R	Maßnahmen des SP 1, 2 und 3	k. A.	Projekte	OZ

1) Zielfelder: A = Anpassung an Klimafolgen, E = Produktion o. Nutzung erneuerbarer Energien, R = Reduktion von THG-Emissionen.

2) Output- und Ergebnisquantifizierung beziehen sich in den seltensten Fällen konkret auf Klimaziele.

3) Zielzuordnung: OZ = Outputziel, EZ = Ergebnisziel, WZ = Wirkungsziel

k. A. = keine Angaben

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage des genehmigten 3. Änderungsantrags (HMUELV, 2009).

Insgesamt ist das Programm mit Maßnahmen aus allen Schwerpunkten breit aufgestellt. Maßgebliche Wirkungen sind in den SP 2 und 3 zu erwarten, einerseits durch die Reduktion von Lachgasemissionen aus der Düngung und durch Kohlenstoffbindung in Holzvorräten, andererseits durch die Produktion und Verbreitung erneuerbarer Energien.

## 2.5 Finanzielle Umsetzung der relevanten Maßnahmen

Werden als grobe Übersicht die geplanten öffentlichen Ausgaben für diese Maßnahmen<sup>8</sup> angerechnet, ergibt sich ein theoretischer finanzieller Einsatz des EPLR Hessen für Klimawirkungen von 98,7 % der öffentlichen Gesamtausgaben bis Ende 2014. Die tatsächliche Umsetzung der relevanten Maßnahmen wird mittels des jährlichen Zwischenberichts für das Förderjahr 2014 dargestellt.

<sup>8</sup> Zu beachten ist, dass nur gesamte Maßnahmencodes angerechnet werden können, auch wenn nur Teilmaßnahmen oder einzelne Projekte für den Bereich Klima relevant sind.

Tabelle 11 listet die erfolgten öffentlichen Ausgaben inklusive der zusätzlich eingesetzten nationalen Mittel (top ups) auf und den jeweiligen Anteil an den Gesamtprogrammkosten, um die finanzielle Bedeutung der Maßnahmen abschätzen zu können (Stand Dezember 2014). Die Zielerreichung wird an den Zielsetzungen zum Health Check gemessen.

Da der Wiederaufbau Forst (Code 226) nur bei Bedarf in Anspruch genommen wird, wurde er ohne Mittelansatz programmiert. Bis 2014 gab es keinen Förderfall.

**Tabelle 11:** Finanzielle Umsetzung der relevanten Maßnahmen 2007 bis 2014

Code	Maßnahme	Klimaziel	Öffentl.	Ziel-erreichung	Anteil an
			Ausgaben <sup>1)</sup>		Programmkosten
			Mio. Euro	%	%
121	AFP		89,7	92	13,4
123	Erhöhung der Wertschöpfung	●	7,9	66	1,2
125	Ländliche Infrastruktur		35,2	90	5,3
212	Ausgleichszulage		146,6	123	21,9
213	Natura-2000-Prämie		1,4	71	0,2
214	Agrarumweltmaßnahmen	●	178,9	95	26,7
226	Wiederaufbau Forst	●	0,0	0,0	0,0
227	Nichtproduktive Investitionen	●	13,1	115	2,0
311	Diversifizierung	●	2,0	182	0,3
321	Dienstleistungseinrichtungen	●	2,2	269	0,3
322	Dorferneuerung		150,3	79	22,4
331	Berufsbildung, Information	●	0,03	63	0,005
41	LEADER	●	34,3	83	5,1
<b>Summe</b>			<b>661,7</b>		<b>98,7</b>

1) In den Beträgen sind die zusätzlichen nationalen Mittel enthalten.

Quelle: Eigene Zusammenstellung auf Grundlage des jährlichen Zwischenberichts 2014 (HMUKLV, 2015b) sowie des Programmstandes des genehmigten 3. Änderungsantrags vom Dezember 2009 (HMUEL, 2009).

Ihre finanziellen Ziele sehr weit überschritten haben die Maßnahmen aus den Codes 311 und 321, allerdings bei sehr niedrigem Mittelansatz. Auch die nichtproduktiven Investitionen im Forstbereich (227), die mit dem Waldumbau einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten, weisen eine Zielerreichung von über 100 % auf, ihr Anteil an den Programmkosten ist mit 2 % allerdings gering. Maßnahmen zur Erhöhung der Wertschöpfung, die auch in der Holzwirtschaft Bedeutung haben, erreichen ihre finanziellen Ziele zu 66 % bei einem Anteil an den Programmausgaben von nur 1 %. Die für die Reduktion der THG-Emissionen wichtigen AUM konnten die gesetzten Ziele zu 95 % erreichen. Sie haben mit rd. 27 % den größten Anteil an den Programmausgaben. Auch die Dorferneuerung (322), deren positive Klimawirkungen als Nebeneffekte von Gebäudesanierung und Wärmedämmung auftreten, hat mit rd. 22 % einen hohen Anteil. Hier liegt die Zielerreichung bei 79 %. Die ebenfalls klimawirksame Nutzung von Biomasse (321 B), die hauptsächlich im Rahmen von LEADER-Projekten realisiert wurde, hat einen Anteil von 5,1 % an den Programmausgaben.

### 3 Maßnahmen- und Programmwirkung

#### 3.1 Lesehilfe, Methodik und Daten

Die Wirkungen der relevanten Maßnahmen werden getrennt nach den Themenfeldern Beitrag zur Reduzierung von THG-Emissionen, Beitrag zu erneuerbaren Energien und Beitrag zur Klimafolgenanpassung dargestellt. Soweit es die Datengrundlagen zulassen, wurden die Wirkungen in Kilotonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente (kt CO<sub>2</sub>Äq) quantifiziert. Die Informationen dazu kommen i. d. R. nicht aus dem Monitoring, wie in den Jahresberichten wiedergegeben, sondern aus maßnahmenspezifischen Projektlisten und Datenbanken, die z. T. separat erstellt und von den Fachreferenten/Bewilligungsstellen abgerufen werden mussten. Daher sind unterschiedliche Datenstände nicht zu vermeiden (vgl. Tabelle 12).

**Tabelle 12:** Datengrundlagen zur Beschreibung der Maßnahmenwirkungen

Code	Maßnahme	Quelle	Stand Quelle	abgedeckter Förderzeitraum
121	AFP	Investitionskonzepte	2015	2007 bis 2014
123	Erhöhung der Wertschöpfung	18 Abschlussbögen des Landes Hessen	2013	2007 bis 2014
125 A	Forstliche Infrastruktur	Förderdatenbank	2015	2007 bis 2014
125 B	Flurneuordnung	Jahresbericht, Erhebungsbögen	2013	2010 und 2015
212	Ausgleichszulage	Jahresbericht	2015	2007 bis 2014
213	Natura-2000-Prämie	Jahresbericht	2015	2011 bis 2014
214	Agrarumweltmaßnahmen	InVeKoS, Jahresbericht	2015	2007 bis 2014
226	Wiederaufbau Forst	Förderdatenbank	2013	2007 bis 2013
227	Nichtprod. Invest. Forst	Förderdatenbank	2013	2007 bis 2013
311	Diversifizierung	Projektlisten	2015	2007 bis 2014
321 B	Dienstleist.: Nutzung Biomasse	Projektlisten	2014	2007 bis 2014
322	Dorferneuerung	Projektlisten	2014	2007 bis 2014
331	Berufsbildung, Information	Jahresbericht	2015	2007 bis 2014
41	LEADER	Projektlisten	2014	2007 bis 2014

Quelle: Eigene Darstellung.

Für die meisten Maßnahmen werden aufgrund der großen Unsicherheiten bei den THG-Einsparungen Szenarien gerechnet. Insbesondere bei Investitionen in Gebäude, Sanierungen, Ställe, Anlagen für erneuerbare Energien und Nahwärmenetze sind die Ausgangs-/Referenzzustände im Regelfall nicht (genau) bekannt, sodass mit verschiedenen Annahmen gerechnet wird. Daraus ergeben sich Minimal- und Maximalszenarien, ggf. auch Best-guess-Szenarien als Mittelwert. Die Wirkungsbewertung erfolgt nach den in Tabelle 13 gelisteten Kriterien und Rubriken. In Tabelle 14 (Wirkungsbewertung) werden Ergebnisse als jährliche Mittelwerte (CO<sub>2</sub>Äq/a) der Best-guess-Szenarien dargestellt. Für alle Maßnahmen gilt, dass nur unmittelbare Klimaschutzwirkungen erfasst werden konnten, mögliche Verlagerungs- und Reboundeffekte konnten nicht berücksichtigt werden. Bei den Agrarumweltmaßnahmen betrifft das z. B. eine Produktionsminderung durch Düngeverzicht, wenn dafür der Minderertrag an anderer Stelle (national,

international) ausgeglichen wird. Ein denkbarer Verlagerungseffekt wäre z. B. für einen entgangenen Grünlandertrag und damit den Verlust von Tierfutter, der Ersatz durch Soja-Importe aus Südamerika, für deren Produktion evtl. Regenwald gerodet wurde. Bekannte Reboundeffekte treten bei verbesserter Energieeffizienz auf, wenn Einsparungen durch erhöhte Raumtemperaturen, geändertes Lüftungsverhalten oder gesteigerte Ausleuchtung von Gebäuden kompensiert werden. Da bei Rebound- und Verlagerungseffekten selten einfache kausale Wirkungsketten bestehen, lassen sich die Größenordnungen kontraproduktiver Wirkungen kaum quantifizieren. Das gilt insbesondere auch für Maßnahmen, die Klimaschutzeffekte als Nebenwirkungen produzieren und deren Hauptziele woanders liegen (z. B. Wasserschutz bei Maßnahmen im SP 2 oder Lebensqualität in den SP 3 und 4).

Mitnahmeeffekte bei den Fördermaßnahmen lassen sich in den meisten Fällen nicht quantifizieren und daher lässt sich eine Minderleistung bei ihren Klimawirkungen nicht berechnen. Dennoch gibt es bei einigen Maßnahmen begründete Annahmen über erhebliche Mitnahmen. Sie können als reine Mitnahmen (Inanspruchnahme der Förderung ohne erforderliche Umstellung der Verhaltensweisen) oder Vorzieheffekte (frühere Umsetzung einer ohnehin geplanten Änderung) auftreten. In einigen Fällen sind unerwünschte Mitnahmen schwer von erwünschten Beibehaltungseffekten (Verhinderung einer unerwünschten Verhaltensänderung) abzugrenzen. Aufgrund der Schwierigkeit, Mitnahmen quantitativ zu belegen, werden diese nicht rechnerisch in den Klimawirkungen berücksichtigt, aber im Text fallweise diskutiert.

**Tabelle 13:** Kriterien für die Wirkungsbewertung

Bewertungskriterium	Mögliche Kriterienausprägungen	
Wirkungsdauer	--->	dauerhaft/permanent
	----	nicht dauerhaft/temporär
Wirkungsstärke	+/-	gering
jeweils für positiv/negativ	++/--	bedeutsam, hoch
	0	Wirkung zu vernachlässigen trotz Ziel
	/	Wirkung zu vernachlässigen ohne Ziel
quantifiziert	kt CO <sub>2</sub> Äq	im Jahr (durchschnittlich)

Quelle: Eigene Darstellung.

Von zentraler Bedeutung für Klimawirkungen sind einerseits die Agrarumweltmaßnahmen mit Stickstoffdünger-Verzicht, N-Effizienzsteigerung und Humusaufbau, andererseits waldbauliche Maßnahmen. Außerdem spielen die Erzeugung und Nutzung regenerativer Energien sowie Effizienzsteigerungen u. a. durch eine energetische Gebäudesanierung eine Rolle. Die jeweiligen Berechnungsansätze werden im Folgenden kurz skizziert.

### **Agrarumweltmaßnahmen**

Reduzierte N-Düngermengen pro Hektar werden mit dem Faktor 13,4 kg CO<sub>2</sub>Äq/kg N verrechnet. Der Koeffizient berücksichtigt dabei direkte Lachgas-(N<sub>2</sub>O-)Emissionen aus dem Boden, indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen durch N-Deposition, Auswaschung und Abfluss sowie die THG-Emissionen aus der Vorkette zur Herstellung chemisch-synthetischen N-Düngers. Ein Kilogramm Lachgas wird dabei den aktualisierten Angaben des IPCC (2006) entsprechend mit einem THG-Potenzial von 298 kg CO<sub>2</sub>Äq verrechnet. Stickstoff bzw. Lachgas ist damit einer der stärksten Treiber bei den THG-Emissionen aus der Landwirtschaft. Eine wesentliche Quelle, in der die Höhe der eingesparten N-Dünger bei verschiedenen Maßnahmen nachgelesen werden kann, ist eine Studie der FAL (Osterburg und Runge, 2007). Die Humus aufbauende Wirkung einiger AUM wird mit 3,67 kg CO<sub>2</sub>Äq/kg Humus-C berechnet, dem Umrechnungsfaktor von Kohlenstoff zu Kohlendioxid. Abgesehen von nicht berücksichtigten Verlagerungseffekten (vgl. oben), ist zu berücksichtigen, dass viele dieser Maßnahmen lediglich temporäre Wirkung haben können und z. B. aufgebaute Humusvorräte bei geänderter Bewirtschaftung schnell wieder in Form von CO<sub>2</sub> freigesetzt werden.

Aussagen zu einer Klimaschutzwirkung durch den Erhalt von Streuobstwiesen sind kaum möglich, da die Entwicklung bzw. die Nutzung betroffener Flächen nach Wegfall der Erhaltungsmaßnahmen nicht vorhersagbar sind. Grundsätzlich sind jedoch Klimaschutzeffekte durch die Erhaltung von Streuobstwiesen möglich.

### **Waldumbau und Erstaufforstung**

Mit dem standortgerechten Waldumbau hin zu Mischbeständen sollen die Wälder an den Klimawandel angepasst werden. Auf Grundlage der angegebenen Kohlenstoffspeicherungs- und CO<sub>2</sub>-Minderungsraten kann für die im Rahmen des Umbaus angelegten Flächen die Speicherungsleistung berechnet werden (Paul; Weber und Mosandl, 2009). Die Umbaumaßnahmen gehen mit der halben Fläche in die Berechnung ein. Es wird differenziert nach Laub- und Nadelholz sowie nach Altersklassen über die gesamte Umtriebszeit von 120 Jahren.

Die Veränderung des Kohlenstoffvorrates im Mineralboden wird nicht mit berücksichtigt, da die relevanten Vorgänge noch mit großen Unsicherheiten behaftet sind. Auch im Nationalen Inventarbericht der Bundesrepublik (UBA, 2012) wird von einer Berücksichtigung der Veränderung der C-Vorräte im Boden für den verbleibenden Wald abgesehen.

### **Energetische Gebäudesanierung**

Die verfügbaren Projektlisten enthalten nur wenige konkrete Informationen zu energetischen Sanierungsmaßnahmen an Gebäuden. Es gibt jedoch in einigen Fällen Hinweise zu Baumaßnahmen an Wänden, Dächern und Fassaden oder zur Erneuerung von Heizungsanlagen, jedoch nicht zum Ausgangszustand der Gebäude (Baujahr, Quadratmeter, energetischer Zustand, Heizungssystem). Sobald solche Baumaßnahmen in geringem Umfang durchgeführt werden (> 10 % der jeweiligen Bauteilfläche) (§ 9 EnEV 2013), sind die energetischen Standards der Energieeinsparverordnung einzuhalten. Für verschiedene Gebäudeteile gibt es Studien über durchschnittliche Ein-

sparpotenziale (FIW, 2013; ITAS, 2008). Der Mindest-Zielzustand kann somit relativ gut definiert werden.

Der energetische Ausgangszustand wird hingegen mittels Minimal- und Maximalszenarien berücksichtigt. Eingangsparameter sind (geschätzte) umbaute Quadratmeter, Endenergiebedarf pro m<sup>2</sup> und eingesetzte Heizenergie (Öl, Gas).

### **Nahwärme**

Die vorhandenen Datensätze zu geförderten Nahwärmenetzen sind unzureichend für eine genaue Berechnung der CO<sub>2</sub>-Einsparung durch die Substitution fossiler Energieträger. Für die Berechnung der Einsparung wird die angegebene Trassenlänge und die laut Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) mindestens für eine Förderung notwendige Wärmebelegungsdichte des Nahwärmenetzes berücksichtigt. Im Vergleich zu einigen detailliert nachvollziehbaren geförderten Nahwärmenetzen handelt es sich somit bei der angesetzten Trassenlänge und der Wärmebelegungsdichte um Minimalwerte. Als Ausgangszustand wird die Versorgung der Gebäude mit Wärme aus der Verbrennung von Öl/Gas angenommen. Als erneuerbare Energieträger werden Biogas, Holz sowie Solar- und Geothermie einschließlich deren Emissionen gemäß (UBA, 2013a) in die Berechnung mit einbezogen.

### **Biogasanlagen und Biomassefeuerungsanlagen**

Die Datensätze aus der Projektliste beinhalten neben genauen Informationen über die jährliche Strom- bzw. Wärmeproduktion in kWh einzelner geförderter Biogasanlagen und Biomassefeuerungsanlagen in Hessen auch Angaben zu den jährlichen CO<sub>2</sub>-Einsparungen dieser Anlagen. Die Einsparungsberechnung erfolgte mit den Kennzahlen der Modellierungssoftware GEMIS Version 4.2<sup>9</sup> (Fritsche et al., 2004). In die Wirkungsbewertung wurden 104 Vorhaben einbezogen.

### **Flurbereinigung**

Die Flurbereinigung (FB) kann durch Kraftstoffeinsparungen bzw. Verkürzung der Wegstrecken zur Reduktion von THG-Emissionen beitragen. Aufgrund der Datenlage und der Heterogenität des Zusammenlegungseffekts lassen sich die Klimawirkungen der FB jedoch nicht exakt quantifizieren (Kowalewsky, 2009). Nur über die Kraftstoffeinsparungen auf dem Anteil LF an der Verfahrensgebietsfläche sind näherungsweise quantifizierte Aussagen zur Klimaschutzwirkung der FB zu treffen. Basierend auf Literaturwerten (vgl. Demmel, 2008; Kowalewsky, 2009) werden als mittlerer Kraftstoffbedarf beim Ackerbau und der Grünlandbewirtschaftung 90 l/ha angenommen (Kowalewsky, 2009). Auf Grundlage der vorliegenden Daten zu den Zusammenlegungseffekten und Erfahrungswerten bzw. Expertenwissen wird mit einer Dieselerparnis von 5 % (Mittel über alle Verfahrensarten) sowohl für Acker- als auch für Grünfläche, d. h. 4,5 l/ha gerechnet. Daraus lässt

---

<sup>9</sup> Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme – siehe [www.iinas.org/gemis-de.html](http://www.iinas.org/gemis-de.html). GEMIS 4 umfasst Grunddaten zur Bereitstellung von Energieträgern (Prozessketten- und Brennstoffdaten) sowie verschiedener Technologien zur Bereitstellung von Wärme und Strom.

sich die jährliche THG-Reduktion in  $\text{CO}_2\text{-Äq}$  pro Liter eingesparten Diesels errechnen (Umrechnungsfaktor: 2,64 kg  $\text{CO}_2/\text{l}$ ). Da die Wirkung der THG-Einsparungen über die Kraftstoffeinsparung dauerhaft ist und auch nach Auslaufen der Maßnahme weiter besteht, werden die jährlichen Einsparungen auf einen Zeitraum von 30 Jahren<sup>10</sup> hochgerechnet.

### **Natura-2000-Prämie**

Wirkungen der Natura-2000-Ausgleichszahlungen können theoretisch auftreten, wenn Maßnahmenauflagen (z. B. Verbot des Grünlandumbruchs) über ordnungsrechtlich bestehende Schutzgebietsauflagen in Natura-2000-Naturschutzgebieten hinausgehen. Das ist in geringem Umfang der Fall. Gleichzeitig wurde mit durchschnittlich 2.300 ha nur ein geringer Förderflächenumfang realisiert, sodass ein räumliches Zusammentreffen von Förderfläche und potenzieller Zielfläche eher theoretisch bleibt. Gleichzeitig bliebe auf diesen Zielflächen auch eine tatsächliche Wirkung hypothetisch, da z. B. ein fehlendes Grünlandumbruchsverbot nicht zwangsläufig zum Grünlandumbruch führt. Darüber hinaus lassen sich einige Maßnahmenauflagen, z. B. Verbot einer zusätzlichen Entwässerung, nicht quantifizieren, da sie stark standortabhängig sind und von Faktoren wie z. B. der Bodenbeschaffenheit beeinflusst werden, zu denen keine genaueren Daten vorliegen. Aus diesen Gründen wurde auf eine Berechnung möglicher Klimaschutzwirkungen verzichtet.

## **3.2 Berechnung der Klimaschutzbeiträge**

Sowohl im Hinblick auf die Anzahl der Maßnahmen-Codes als auch der angebotenen Teilmaßnahmen/Fördervarianten überwiegen innerhalb der in Kap. 2.2 dargestellten Handlungsfelder zum Klimaschutz die Förderansätze zur Reduzierung von THG-Emissionen. Ein ähnliches Bild zeichnet sich bereits bei den Klima-Zielsetzungen ab (Tabelle 10 in Kap. 2.4). Die meisten untersuchten Maßnahmen entfalten unmittelbare Wirkungen durch eine verbesserte Energieeffizienz, Einsparung von stickstoffhaltigen (Mineral-)Düngern (Reduktion von  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen) oder der zusätzlichen Bindung von  $\text{CO}_2$  in Holz- oder Humusvorräten. Nicht berücksichtigt wurden mögliche Verlagerungs- und Reboundeffekte (vgl. Kap. 3.1 ausführlich dazu), sodass Maßnahmeneffekte ggf. zu positiv dargestellt werden bzw. im Saldo sogar negative Wirkungen nicht berücksichtigt werden konnten. Indirekte Wirkungen sind insbesondere bei den Qualifizierungs- und Beratungsmaßnahmen zu erwarten.

Im Mittel (Best-guess-Szenario) werden durch die betrachteten Maßnahmen jährlich insgesamt 287 kt  $\text{CO}_2\text{-Äq}$ -Emissionen (brutto) vermieden. Das entspricht 0,7 % der THG-Emissionen Hessens

---

<sup>10</sup> Die Wirkungsdauer der Flurbereinigung ist auf 30 Jahre angesetzt. Dieser Zeitraum entspricht zum einen dem Abschreibungszeitraum beim Wegebau und zum anderen ist die Wirkung der Bodenordnung auf rd. 30 Jahre beschränkt. Danach verlieren sich die positiven Wirkungen der Bodenordnung in der allgemeinen Agrarstrukturentwicklung. Auf Grundlage von Erfahrungswerten schließen sich nach diesem Zeitraum auch häufig Zweit- bzw. Drittbereinigungen an.

im Jahr 2011 und 12 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen im gleichen Jahr.<sup>11</sup> Die Bandbreite der Szenarien-Ergebnisse beträgt 247 kt CO<sub>2Äq</sub>/a bis 328 kt CO<sub>2Äq</sub>/a (brutto) THG-Einsparung (Tabelle 1, Kapitel 0).

**Tabelle 14:** Klimaschutzwirkungen der relevanten Maßnahmen

Code	Maßnahme	Brutto-Output <sup>1)</sup>			Öffentl. Mittel		Klimaschutzwirkung <sup>2)</sup>	
		Wert	Einheit	pot. wirksamer Anteil	Mio. Euro	pot. wirksamer Anteil	Wirkungsdauer <sup>5)</sup>	Wirkungsstärke <sup>3) 6)</sup>
121	AFP	799	Vorhaben	?	89,7	?	--->	+/-
123	Erhöhung der Wertschöpfung	24	Unternehmen	100%	7,9	100%	--->	+
125 A	Forstliche Infrastruktur	559	Vorhaben	100%	3,4	100%	--->	14,3
125 B	Flurneuordnung	287	Maßnahmen	100%	35,4	100%	--->	0,2
212	Ausgleichszulage <sup>4)</sup>	349.749	ha	0%	146,6	0%	----	/
213	Natura-2000-Prämie <sup>4)</sup>	2.307	ha	0%	1,4	0%	----	/
214	Agrarumweltmaßnahmen <sup>4)</sup>							
214 A	Ökologischer Landbau	66.267	ha	100%	89,9	100%	----	116,0
214 B	Winterbegrünung	767	ha	100%	0,2	100%	----	0,4
214 C	Blühflächen/Schonstreifen	1.291	ha	100%	3,9	100%	----	1,0
214 D	Grünlandextensivierung	35.058	ha	100%	44,4	100%	----	14,1
214 E	Steillagenweinbau	322	ha	100%	2,9	100%	----	0,1
214 F	MDM	39.639	ha	100%	6,4	100%	----	4,2
226	Wiederaufbau Forst	0	ha	0%	0,00	0,0%	--->	0,0
227	Nichtprod. Invest. Forst	1.701	Vorhaben	100%	13,1	100%	--->	77,7
311 A	Diversifiz.: Energetische Nutzung	4	Begünstigte	0%	0,17	0,0%	--->	0
321 B	Dienstleist.: Nutzung Biomasse	12	Vorhaben	100%	0,44	100%	--->	++
322	Dorferneuerung	9.543	Vorhaben	35%	150,3	38%	--->	2,6
331	Berufsbildung, Information	84	Teilnehmer	0%	0,03	0,0%	--->	0
41	LEADER	971	Vorhaben	12%	34,3	24%	--->	55,8

1) Quelle Jahresbericht 2014 bzw. Förderlisten/InVeKoS soweit differenziertere Angaben erforderlich.

2) Wirkungsquantifizierung auf Grundlage unterschiedlicher Datenquellen zum Förderumfang und mit verschiedenen Datenständen.

3) Ohne Berücksichtigung von möglichen Mitnahmeeffekten.

4) Durchschnittliche jährliche Förderfläche über die Förderperiode 2007 bis 2014. Öffentliche Mittel für Neuverpflichtungen.

5) Wirkungsdauer: ---> = dauerhaft/permanent, ----| = nicht dauerhaft/temporär.

6) Wirkungsstärke (positiv/negativ): +/- = gering, ++/- = bedeutsam, 0 = Wirkung zu vernachlässigen trotz Ziel,

/ = Wirkung zu vernachlässigen ohne Ziel. Quantifizierte Wirkungsstärke in kt CO<sub>2Äq</sub>/a als THG-Einsparung.

? = keine Auswertung möglich

Quelle: Eigene Darstellung.

Bei Anrechnung der im positiven Sinne klimawirksamen eingesetzten öffentlichen Mittel (Spalten zu öffentlichen Mitteln in Tabelle 14) ergibt sich eine Summe von knapp 274 Mio. Euro oder 41 % der gesamten Programmausgaben im Förderzeitraum 2007 bis 2014. Für die Maßnahmen mit explizitem Klimaziel waren es 19 % der Programmausgaben oder 130 Mio. Euro.

<sup>11</sup> Beide Referenzwerte sind für das hier betrachtete Maßnahmenspektrum nur bedingt geeignet, geben aber einen Eindruck über die Größenordnung der realisierten Wirkungen.

### 3.2.1 Beitrag zur Reduzierung von THG

Die **Agrarumweltmaßnahmen** leisten den größten Beitrag zum Klimaschutz. Im Mittel bewirken sie im Rahmen der Umsetzung des EPLR Hessen die Reduzierung von THG-Emissionen im Umfang von 136 kt CO<sub>2</sub>Äq brutto pro Jahr. Dies entspricht 0,3 % der THG-Emissionen des Landes im Jahr 2011 und 5,5 % der landwirtschaftlichen Emissionen des gleichen Jahres.

Unter den AUM entfaltet der Ökolandbau mit rd. 116 kt CO<sub>2</sub>Äq THG-Einsparung pro Jahr die mit Abstand größte Klimaschutzwirkung. Sein Anteil an den AUM-Wirkungen beträgt dabei rd. 85 %. Auch die Grünlandextensivierung ist mit 14 kt CO<sub>2</sub>Äq pro Jahr Einsparung sehr wirksam. Die geringe berechnete Wirksamkeit der übrigen AUM ist entweder auf die im Durchschnitt der Förderjahre sehr geringen Förderflächenumfänge zurückzuführen oder bei den MDM-Verfahren auf generell geringe Wirkungspotenziale.

Einige AUM leisten Beiträge zur **Erhaltung oder zum Aufbau von organischer Bodensubstanz**. Im Vergleich zu den oben genannten Maßnahmen ist die Klimaschutzwirkung mit 0,26 t CO<sub>2</sub>Äq Einsparung pro Hektar und Jahr durch Zwischenfruchtanbau und umweltfreundlichen Steillagenweinbau jedoch gering. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass ein Humusaufbau in Ackerböden nur erfolgt, wenn sehr langfristig (20 Jahre und mehr) und kontinuierlich Zwischenfrüchte angebaut werden. Die Förderbedingungen können das nicht gewährleisten (Flächenrotation, 5-jährige Laufzeit). Bei den MDM-Verfahren wurden darüber hinaus größere Mitnahmepotenziale festgestellt, sodass sich die Wirkung um bis zu 40 % reduzieren könnte.

Während bei den meisten AUM nicht mit dauerhaften Wirkungen zu rechnen ist, können durch **Forstmaßnahmen** längerfristige Effekte, z. B. bis zur 120-jährigen Umtriebszeit eines Buchenbestandes, erzielt werden. Durch Waldumbau in stabile Mischwälder können bereits innerhalb der ersten 20 Jahre jährlich 7 bis 13 t CO<sub>2</sub> in der Pflanzenmasse gebunden werden. Durch entsprechende Maßnahmen ergibt sich in den ersten 20 Jahren auf den geförderten Flächen eine Speicherleistung von 44,6 kt CO<sub>2</sub>Äq/a. Bei angenommenen 120-jährigen Umtriebszeiten werden im langjährigen Durchschnitt 77,7 kt CO<sub>2</sub>Äq/a gebunden. Bei teilweiser Nutzung dieser Holzbestände, z. B. als Konstruktionsholz, kann die Speicherleistung wesentlich verlängert werden. Maßnahmen zum Wiederaufbau von Forstbeständen (226) wurden nicht umgesetzt.

Die **Bodenschutzkalkung** im Forst führt einerseits zu direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen, andererseits aufgrund einer verbesserten Ernährungssituation zu erhöhter C-Festlegung und damit indirekt zu einer positiven Wirkung für den Klimaschutz. Eine genaue Bilanzierung ist jedoch nicht möglich. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen infolge der Kalkung auf insgesamt 32.033 ha in Hessen liegen bei etwa 11,5 kt in der gesamten Förderperiode. Dies entspricht 4,2 % der Kohlenstofffestlegung durch Waldumbau in den ersten 20 Jahren einschließlich des Forstwegebbaus in der Förderperiode. (Die Berechnung erfolgt nach IPCC (2013, S.3.80, Gleichung 3.3.6). Zusammenfassend wird die Bodenschutzkalkung mit Blick auf das Schutzgut Klima als weitgehend neutral wirkend bewertet und daher in diesem Bericht nicht weiter erörtert.

Die Wirkungen der **Natura-2000-Prämie** sind als marginal einzuschätzen und wurden daher nicht quantifiziert. Theoretisch könnte auf Förderflächen, deren Grünland nicht über eine NSG-Verordnung geschützt wird, der Grünlandumbruch durch die Förderung verhindert werden. Dafür kämen hochgerechnet max. 3.200 ha in Betracht. Auch die (stärkere) Entwässerung von Feuchtgebieten könnte theoretisch auf hochgerechnet 1.300 ha verhindert werden. Allerdings spricht die geringe Inanspruchnahme der Maßnahme von im Mittel nur 2.300 ha gegen relevante Wirkungsumfänge und gegen eine räumliche Übereinstimmung von potenziellen Ziel- und tatsächlichen Förderflächen.

Als Hypothese für Klimaschutzwirkungen der **Ausgleichszulage (AGZ)** wurde eine mögliche Grünlanderhaltungswirkung in Betracht gezogen, die jedoch nicht belegt werden konnte. Die Maßnahmen-Auflagen gehen nicht über die Anforderungen der Cross-Compliance-Regelungen hinaus, sodass keine Klimawirkungen entstehen.

Innerhalb des **Schwerpunktbereichs 1** ist es ebenfalls eine forstliche Maßnahme, der **Forstwegebau** (125 A), die besondere Bedeutung für den Klimaschutz hat. Die Materialsubstitution und/oder die energetische Nutzung zusätzlich erschlossener Holzbestände tragen zur Senkung der THG-Emissionen bei. Die Effekte können auf die Programmlaufzeit gerechnet je nach Nutzungskaskade negativ bis erheblich positiv ausfallen. Im angenommenen Mittel werden 14,3 kt CO<sub>2</sub>Äq/a an THG-Emissionen vermieden.

Die **Flurbereinigung** (125 B) kann durch Kraftstoffeinsparungen bei Verkürzung von Wegstrecken positiv zum Klimaschutz beitragen. Quantifizierte Angaben zur Klimaschutzwirkung sind ausschließlich für die THG-Einsparungen aus dem Kraftstoffverbrauch möglich. In Hessen sind auf 20.000 ha LF (Stand 2014) Einsparungen von jährlich rd. 90.000 l Dieselkraftstoff und damit Emissionsminderungen von rd. 0,24 kt CO<sub>2</sub>Äq realisierbar. Aufgrund der längerfristigen Wirkung der Flurbereinigung ergeben sich auf einen Zeitraum von 30 Jahren gerechnet Einsparungen von 2,7 Mio. l Kraftstoff und 7,1 kt CO<sub>2</sub>Äq.

Die Projektförderungen in **Verarbeitungs- und Vermarktungsbetrieben** stellen Wirtschaftlichkeitsaspekte in den Vordergrund. Bei hohen Energiekosten ist die Steigerung der Energieeffizienz je Produkteinheit ein wichtiger Wettbewerbsfaktor. Eine Befragung der geförderten Betriebe hat ergeben, dass die Energieeffizienz je Output-Einheit durch die Investitionen gesteigert werden konnte, eine Quantifizierung ist jedoch nicht möglich. Gleichzeitig sind in der Förderung jedoch höhere Mitnahmepotenziale zu verzeichnen, die von „vollständig“ bis „partiell“ reichen. In vielen Fällen hat die Förderung lediglich Vorzieheffekte bewirkt, nur in den seltensten Fällen wäre von den geförderten Betrieben ohne ELER-Unterstützung gänzlich auf eine Investition verzichtet worden. Die Netto-Klimawirkungen dürften daher sehr gering ausfallen.

Im Bereich der betrieblichen Investitionen im Rahmen des **Agrarinvestitionsförderungsprogramms (AFP, 121)** sind unterschiedliche Wirkungen im Klimaschutz denkbar. Die überwiegende Anzahl der Investitionsvorhaben war jedoch ohne Klimaschutzziel. Aufgrund partieller Mitnah-

men bei den wenigen getätigten Investitionen zur Umstellung auf umweltverträgliche Energieträger entstehen überdies kaum Nettowirkungen für den Klimaschutz. Die Abdeckung von Güllelagern hatte Emissionsminderungen überwiegend als positive Nebenwirkung zur Folge. Auffällig war, dass laut den Angaben in den Investitionskonzepten Investitionen in Wirtschaftsdüngerlager, Energieeinsparung bzw. -produktion oder Umstellung auf umweltfreundliche Energieträger usw. von den Betrieben in den seltensten Fällen mit Klimazielsetzungen begründet wurden.

Der Beitrag des **Schwerpunkts 3** zur THG-Reduktion ergibt sich im Wesentlichen aus den Vorhaben zur Dorferneuerung (322). Es handelt sich um Sanierungsmaßnahmen an Gebäuden, z. B. die Modernisierung von Fenstern, Dächern und Heizungsanlagen oder auch gezielte Dämmungsmaßnahmen, die zumeist als Kuppelprodukte auftreten. Zudem ist die bei 3.329 relevanten Projekten erzielte jährliche Einsparung von insgesamt 2,6 kt CO<sub>2</sub>Äq (Best-guess-Szenario) eher gering. Etwa 57 % der klimawirksamen Investitionen in der Dorferneuerung wurden durch Private getätigt, wobei Mitnahmen (in nicht quantifizierbarem Umfang), insbesondere bei der Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden, zu vermuten sind.

**Berufsqualifizierung** und **Beratungsdienste** können indirekte Wirkungen entfalten, die jedoch i. d. R. nicht monokausal den Qualifizierungsmaßnahmen zugeordnet werden können. Eine Quantifizierung von THG-Minderungseffekten ist daher für diese Maßnahmen nicht möglich. Im Förderzeitraum 2007-2014 wurden im Rahmen der Maßnahme 331 jedoch keine Kurse mit klimarelevanten Themen durchgeführt.

### 3.2.2 Beitrag zu erneuerbaren Energien

Sowohl die Erzeugung erneuerbarer Energien mittels Biogas- und Biomassefeuerungsanlagen als auch ihre Verteilung über Nahwärmenetze wird in Hessen gefördert (311 A und 321 B). Diese Maßnahmen sollen die heizöl- oder gasbetriebene Strom- bzw. Wärmeversorgung durch nachwachsende Rohstoffe substituieren. Je nach Wärmequelle (Scheitholz, Hackschnitzel, Pellets, Biogas), Rohstoffquelle, Kapazität der Anlagen, Länge der Nahwärmenetze und Anzahl der Abnehmer können sich sehr unterschiedliche Wirkungsgrade im Hinblick auf die THG-Einsparpotenziale ergeben. Die entsprechenden Projekte wurden überwiegend im Rahmen von **LEADER** umgesetzt. Insgesamt werden im Mittel durch die 50 Biogasanlagen und die 54 Biomassefeuerungsanlagen jährlich rd. 56 kt CO<sub>2</sub>Äq vermieden. Die Biogasanlagen erzeugen jährlich im Durchschnitt 88.359 MWh Strom. Die verfügbare jährliche Nutzwärme, an der die Biomassefeuerungsanlagen den weitaus größten Anteil haben, beläuft sich im Mittel auf 53.649 MWh. Durch die zehn geförderten Nahwärmenetze werden mindestens 0,42 kt CO<sub>2</sub>Äq jährlich vermieden. Im SP 3 wurden insgesamt 12 Vorhaben zur energetischen Nutzung von Biomasse umgesetzt; hierzu liegen allerdings keine weiteren Daten vor. Die Maßnahme ist mit hohen Mitnahmeeffekten behaftet, insbesondere bei der Förderung von Biogasanlagen, sodass sich die Nettowirkung um bis zu 45 kt CO<sub>2</sub>Äq pro Jahr verringern könnte.

### 3.2.3 Beitrag zur Klimafolgenanpassung

Maßnahmen der **Berufsqualifizierung** und **Information** (331) können für notwendige Anpassungsmaßnahmen in den Betrieben sensibilisieren, z. B. in den Bereichen Sortenauswahl, Fruchtfolge, Beregnung, aber auch Stallbauten usw. Hierzu liegen jedoch keine hinreichend konkreten Wirkungsnachweise vor. Im Rahmen der **Dorferneuerung** (322) sind ebenfalls Anpassungsmaßnahmen denkbar, z. B. durch eine gezielte Auswahl trockenheitstoleranter Straßenbäume (GALK, 2015; Roloff; Bonn und Gillner, o.J.). Auch hierzu liegen keine Informationen vor.

Hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels auf den **Wald** und der richtigen Strategie diesem zu begegnen, bestehen noch große Wissenslücken. Mischbestände gelten aber tendenziell als widerstandsfähiger gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels. Einigkeit besteht auch darüber, dass die Fichte in vielen Gebieten zu den Verlierern des Klimawandels zählt, während der Buche bei Beachtung der jeweiligen standörtlichen Gegebenheiten eine bessere Eignung zugesprochen wird (Ammer, 2009; Bolte, 2009; Kölling und Zimmerman, 2007). Damit kann der standortgerechte Waldumbau (227) zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel beitragen.

Teilweise können die **AUM** (214) neben dem Klimaschutz auch der Klimafolgenanpassung zugeordnet werden, wie zum Beispiel der Anbau von Zwischenfrüchten.

## 4 Maßnahmeneffizienz

### 4.1 Lesehilfe, Methodik und Daten

Eine Effizienzbetrachtung kann nur für Maßnahmen erfolgen, für die sowohl der finanzielle Input als auch die Wirkung quantifizierbar ist. Es werden die eingesetzten öffentlichen Mittel und die erzielten THG-Einsparungen als  $\text{CO}_2\text{Äq}$  berücksichtigt. Für beide Größen werden die jährlichen Durchschnittswerte berechnet.

Dabei sind unterschiedliche zeitliche Dimensionen zu berücksichtigen. Während Prämienzahlungen für Agrarumweltmaßnahmen jährlich erfolgen und die Emissionsminderungswirkung nach Ende der Maßnahme entfällt, werden Investitionen z. B. in Gebäude oder in den Waldumbau nur einmal getätigt und haben andauernde Wirkungen. Sie haben i. d. R. lange Zweckbindungsfristen, Abschreibungszeiträume oder forstwirtschaftlich bedingte Umtriebszeiten. Die Kosten und THG-Vermeidungspotenziale müssen auf diese Zeiträume summiert und als jährliche Durchschnittswerte bestimmt werden. Die eingesetzten Mittel müssen darüber hinaus kalkulatorisch verzinst werden. Bei der energetischen Gebäudesanierung sind die „energetischen Mehrkosten“ von einem „Basisaufwand für die Sanierung“ zu trennen. Das kann nur über eine Schätzung erfolgen.

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass teilweise Förderhöchstbeträge unabhängig vom Investitionsvolumen festgelegt werden (Deckelung) oder nur Teile eines Bauvorhabens überhaupt för-

derfähig sind (Begrenzung der Fördergegenstände). Sehr geringe Förderanteile bei hohem Investitionsvolumen lassen andererseits auch verstärkt Mitnahmeeffekte vermuten. Die Effizienzbewertung der Förderung könnte somit ein verzerrtes, nämlich ein zu positives Bild wiedergeben. Im Folgenden (Tabelle 15) werden die wichtigsten Annahmen bei der Effizienzbewertung aufgeführt.

Die Effizienzbetrachtungen erfolgen sowohl ohne als auch mit Berücksichtigung der Implementationskosten (IK) zur Umsetzung der Maßnahmen. Die IK wurden für das Jahr 2011 erfasst und relativ (als Prozentanteil) auf den Förderzeitraum 2010 bis 2012 (ausgezählte öffentliche Mittel) bezogen (Fährmann; Grajewski und Reiter, 2014). Probleme der Vergleichbarkeit mit/ohne IK können sich durch die unterschiedlichen Betrachtungszeiträume ergeben. Daher können nur Tendenzen beurteilt werden, nicht jedoch exakte Werte.

**Tabelle 15:** Parameter für die Berechnung der THG-Effizienz der Maßnahmen

Maßnahmentyp	Effizienzparameter für die eingesetzten öffentlichen Mittel
Energetische Gebäudesanierung, Heizungssanierung	Energetische Mehrkosten: 40 % der Investitionssumme, Verzinsung: 4 %, Abschreibungszeitraum: 30 Jahre, Preis Gas-Öl-Mix: 0,0738 Euro/kWh
Nahwärmenetze, Bioenergie-Anlagen	Verzinsung: 4 %, Abschreibungszeitraum: 15 Jahre
Forstwirtschaftliche Maßnahmen	Verzinsung: 4 %, Umtriebszeit: 120 Jahre
Agrarumweltmaßnahmen	Über den relevanten Förderzeitraum (je Maßnahme unterschiedlich) durchschnittlich jährlich gezahlte Prämie
Flubereinigung	Verzinsung: 4 %, Abschreibungszeitraum: 30 Jahre

Quelle: Eigene Darstellung.

Insgesamt müssen die **Aussagen zur Effizienz mit großer Vorsicht** gehandhabt werden, da bereits bei der Wirkungsermittlung große Unsicherheitsspannen auftreten, die durch eine Verrechnung mit (ausschließlich) den eingesetzten öffentlichen Mitteln verstärkt werden können. Die Ergebnisse erlauben daher vorrangig einen relativen Vergleich zwischen den betrachteten Maßnahmen.

## 4.2 Berechnung der Klimaschutzeffizienz

Die berechneten Effizienzkennwerte (Tabelle 16) zeigen erhebliche Streuungen zwischen 0,02 Euro eingesetzte öffentliche Mittel pro Kilogramm eingespartem CO<sub>2</sub>-Äquivalent und 22 Euro/kg CO<sub>2</sub>Äq (ohne IK).

Sehr geringe THG-Vermeidungskosten von 0,02 - 0,24 Euro/kg CO<sub>2</sub>Äq weisen die Biomassenutzung (321 B), die forstlichen Maßnahmen aus den Codes 125 A (forstliche Infrastruktur) und 227

(nichtproduktive Investitionen Forst) sowie einige AUM auf. Etwas geringere Effizienzwerte wurden für die AUM 214 C, 214 D und 214 F (Blühflächen, Grünlandextensivierung, MDM-Verfahren) ermittelt. Für diese Maßnahmen müssen im Mittel 0,5 - 0,83 Euro/kg CO<sub>2</sub>Äq gezahlt werden. Mögliche Mitnahmen (Bioenergie, MDM-Verfahren) wurden dabei nicht berücksichtigt.

Wesentlich höher sind die THG-Vermeidungskosten beim umweltfreundlichen Steillagenweinbau (214 E) und bei der Flurbereinigung (125 B), wo 7 bis 8 Euro/kg CO<sub>2</sub>Äq aufzuwenden sind. Die geringste Effizienz hinsichtlich des Klimaschutzes ist mit der Gebäudesanierung und mit Maßnahmen zur Wärmedämmung im Rahmen der Dorferneuerung (322) verbunden. Hier liegen die Kosten bei 22 Euro/kg CO<sub>2</sub>Äq. Berücksichtigt man die IK, so belaufen sich die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten sogar auf 29,7 Euro/kg CO<sub>2</sub>Äq.

**Tabelle 16:** Klimaschutzeffizienz ausgewählter Maßnahmen

Code	Maßnahme	Klimaziel	Öff. Mittel <sup>1)</sup> kumuliert Mio. Euro	Klimaschutz-	Klimaschutzeffizienz	
				wirkung <sup>2)</sup> Wirkungsstärke kt CO <sub>2</sub> Äq/a	ohne IK <sup>3)</sup>	mit IK <sup>3)</sup>
					Euro/kg CO <sub>2</sub> Äq	
121	AFP <sup>4)</sup>		?	+/-	n. b.	n. b.
123	Erhöhung der Wertschöpfung <sup>4)</sup>	•	7,9	+	n. b.	n. b.
125 A	Forstliche Infrastruktur		3,4	14,3	0,24	0,36
125 B	Flurneuordnung		35,4	0,2	7,92	9,23
<u>214 Agrarumweltmaßnahmen</u>						
214 A	Ökologischer Landbau	•	89,9	116,0	0,09	0,09
214 B	Winterbegrünung	•	0,2	0,4	0,09	0,87
214 C	Blühflächen/Schonstreifen	•	3,9	1,0	0,52	1,04
214 D	Grünlandextensivierung		44,4	14,1	0,50	0,67
214 E	Steillagenweinbau		2,9	0,1	7,19	10,12
214 F	MDM-Verfahren <sup>4)</sup>	•	6,4	4,2	0,83	1,02
227	Nichtprod. Invest. Forst	•	13,1	77,7	0,08	0,12
321 B	Dienstleist.: Nutzung Biomasse <sup>4)</sup>	•	?	++	n. b.	n. b.
322	Dorferneuerung		57,9	2,6	22,0	29,7
<u>41 LEADER</u>						
321 B	Dienstleist.: Nutzung Biomasse <sup>4)</sup>	•	8,2	55,7	0,02	0,03
321 B	Nahwärmenetze	•		0,42	0,14	0,22

1) Summe öffentlicher Mittel der relevanten quantifizierten Vorhaben/Projekte bis einschließlich 2014.

2) Brutto-Wirkung, ohne Berücksichtigung von möglichen Mitnahmeeffekten.

3) Implementationskosten (IK) aus Finanzdaten 2010 bis 2012 (Studie des TI, Fähmann et al. 2014).

4) Maßnahmen mit sehr wahrscheinlich höheren Mitnahmeanteilen. Die Effizienz wird daher überschätzt.

? = keine Angaben möglich, n. b. = nicht bestimmt

Quelle: Eigene Darstellung.

Ein Vergleich mit Effizienzwerten aus der Literatur ist kaum möglich, da in fast allen Studien jeweils unterschiedliche Eingangsparameter berücksichtigt wurden. So spielen z. B. bei der energie-

tischen Gebäudesanierung häufig weitere Förderquellen eine wesentliche Rolle (vgl. Kapitel 2.2) oder bei Nahwärmenetzen die Vergütung aus dem EEG (sofern in Kombination mit einer Energiequelle aus erneuerbaren Energien).

Bei den investiven Maßnahmen, z. B. im Waldumbau, hat die Verzinsungshöhe des Kapitals erheblichen Einfluss auf die Effizienzwerte. Bei Umtriebszeiten von 120 Jahren ergeben sich schnell verzinste Investitionen in der 100-fachen Höhe der ausgezahlten öffentlichen Mittel.

Insgesamt ist festzuhalten, dass die meisten Maßnahmen Klimaschutzeffekte als Nebenwirkung realisieren. Unter diesem Gesichtspunkt ist die Effizienz deutlich positiver zu beurteilen.

## 5 Beantwortung der Bewertungsfragen

Wie dargestellt, sind Klimaziele im EPLR Hessen im programmübergreifenden Hauptziel der Verbesserung der Umwelt verankert. Innerhalb des Schwerpunkts 2 wird die Bekämpfung des Klimawandels als explizites Klimaziel genannt. Maßnahmen mit Klimazielen werden aber in allen Schwerpunktbereichen programmiert und sind an unterschiedlichen Stellen und unterschiedlich stark im Programm verankert. Klimarelevante Maßnahmen können hinsichtlich der Ziele „Klimaschutz“ und „Klimafolgenanpassung“ unterschieden werden.

Auf Programmebene sind die eingangs genannten Bewertungsfragen (vgl. Kap. 1.1, Frage 4 und 7) zu beantworten. Frage 4 untersucht den Einfluss des Programms auf die Erzeugung erneuerbarer Energien (Wirkungsindikator I7 und korrespondierender Basisindikator B24) und damit ein wichtiges Aktionsfeld des EPLR Hessen. THG-Einsparungen und Klimafolgenanpassung werden in Frage 7 adressiert.

### 5.1 In welchem Umfang hat der EPLR Hessen zur Bereitstellung von erneuerbaren Energien beigetragen?

In welchem Umfang hat das Programm zur Bereitstellung von erneuerbaren Energien beigetragen? (*Ziel des Health Check; bezogen auf den Wirkungsindikator 7: Zunahme der Erzeugung erneuerbarer Energien*)

Wie in Kapitel 2.2.2 dargestellt, liegt der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung in Hessen mit 14,4 % unter dem Bundesdurchschnitt (Stand 2013). Durch das EPLR Hessen wird die Erzeugung erneuerbarer Energien direkt gefördert. Für die Förderung erneuerbarer Energien existieren in Deutschland jedoch auch eine Vielzahl anderer Instrumente, wie z. B. das Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG), das zur Nutzung regenerativer Wärme- oder Kühltchnik in bestimmten Gebäuden verpflichtet oder das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das

u. a. eine Einspeisevergütung für Strom aus unterschiedlichen erneuerbaren Energiequellen vorsieht (vgl. ausführlicher Kapitel 2.2.3).

Aus den Förderansätzen können dieser Bewertungsfrage jährlich 88.359 MWh Strom aus 50 Biogasanlagen und 53.649 MWh Nutzwärme aus 104 Biogas- bzw. Biomassefeuerungsanlagen zugeordnet werden. Die genannte Strommenge entspricht dem jährlichen Verbrauch von 15.234 Personen in Hessen (Stand 2014, eigene Berechnung nach Angaben des HMWEVL (2015)).

Zur Bereitstellung erneuerbarer Energien gehört auch die Leistung der zehn Nahwärmenetze, die im Rahmen des EPLR gefördert wurden und insgesamt 279 MWh Nutzwärme verteilen.

## 5.2 In welchem Umfang hat der EPLR Hessen zur Abmilderung des Klimawandels und zur Klimafolgenanpassung beigetragen?

In welchem Umfang hat das Programm zur **Minderung** des Klimawandels und zur **Anpassung** an ihn beigetragen? (*Ziel des Health Check*)

### Beitrag zur Abmilderung des Klimawandels

Das Maßnahmenspektrum des EPLR Hessen trägt zu einer Gesamtminderung der THG-Emissionen von 287 kt CO<sub>2Äq</sub> pro Jahr bei (Bruttowirkung mittleres Szenario, ohne die nur qualitativ bewertbaren Maßnahmen). Im Minimalszenario reduziert sich dieser Beitrag auf 247 kt CO<sub>2Äq</sub> pro Jahr. Gemessen an den THG-Emissionen des Landes trägt der EPLR zu einer THG-Reduzierung von 0,7 % bei. Bezogen auf die THG-Emissionen (nur CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O) aus der Landwirtschaft beträgt der Anteil der THG-Einsparung 12 %. Beide Bezugsgrößen sind nicht gut geeignet, um als Referenzwerte für die ELER-Wirkungen zu dienen, vermitteln aber einen Eindruck der Größenordnungen.

Die Klimaschutzwirkung geht dabei hauptsächlich von den Agrarumweltmaßnahmen aus, insbesondere vom ökologischen Landbau und von der extensiven Grünlandbewirtschaftung, die zusammen 96 % der THG-Einsparungen aller AUM ausmachen. Weiterhin wurde durch nichtproduktive Investitionen im Forst der Waldumbau ausgeweitet. Gerechnet auf 120-jährige Umtriebszeiten kann sich dadurch eine potenzielle CO<sub>2</sub>-Senkenwirkung von jährlich 78 kt CO<sub>2Äq</sub> entfalten. Zusätzlich wird durch Waldumbaumaßnahmen die Stabilität des Waldökosystems erhöht und dadurch die Anpassungsfähigkeit an Klimaveränderungen verbessert.

### Beitrag zur Klimafolgenanpassung

Ein Beitrag zur Klimafolgenanpassung wird durch den Waldumbau durch Stärkung der CO<sub>2</sub>-Senkenfunktion und durch die höhere Klimaplastizität der Bestände geleistet. Der AUM Winterbegrünung kann ebenfalls eine Klimaanpassungsfunktion zugeordnet werden.

## 6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Im Vergleich zum Bundesdurchschnitt (8,6 %) hat Hessen mit 5,7 % einen unterdurchschnittlichen Anteil an Emissionen aus dem Sektor Landwirtschaft. Hauptemissionsquellen im Bereich der landwirtschaftlichen Flächennutzung sind der Düngemiteleinsetz und die Viehhaltung. Insgesamt wurden in Hessen 40.999 kt CO<sub>2</sub>Äq im Jahr 2011 emittiert, darunter mindestens 2.457 kt CO<sub>2</sub>Äq aus landwirtschaftlichen Methan- und Lachgasemissionen.

Der Beitrag des EPLR Hessen zur THG-Reduktion liegt in der Programmlaufzeit 2007 bis 2014 im mittleren Szenario bei rd. 287 kt CO<sub>2</sub>Äq brutto pro Jahr (minimal: 247 kt, maximal: 328 kt), das sind brutto 0,7 % der jährlichen Gesamtemissionen des Landes bzw. 12 % der jährlichen Emissionen aus der Landwirtschaft. Der Beitrag des Programms zur Minderung von THG-Emissionen ist sektorübergreifend sehr gering, im Landwirtschaftsbereich aber relevant.

Die Produktion erneuerbarer Energien zur Substitution fossiler Energieträger wird durch die EEG-induzierte Windkraft-, Biomassennutzung und Photovoltaik geprägt. Sie lag in Hessen im Jahr 2011 bei 14,4 % der Nettostromerzeugung. Der Beitrag des EPLR Hessen über geförderte Biogas- und Biomassefeuerungsanlagen sowie Nahwärmenetze ist zwar bedeutsam, doch angesichts wahrscheinlich hoher Mitnahmeeffekte deutlich zu relativieren.

Insgesamt lässt sich für den Bereich der THG-Reduktion - unter Berücksichtigung der erheblichen Unsicherheiten bei Förderdaten und Berechnungsmethoden - ein geringer Beitrag des EPLR zur THG-Reduktion in Hessen feststellen. Gleichwohl entstehen die meisten Wirkungen als Kuppelprodukte anderweitiger Ziele (z. B. Naturschutz oder Steigerung der Lebensqualität) und sind daher willkommene Nebenwirkungen mit positiven Klimaschutzeffekten.

Vor dem Hintergrund bestehender und eingesetzter Instrumente zum Klimaschutz (z. B. Energieeinsparverordnung, Förderung energetischer Sanierungen) und zur Förderung erneuerbarer Energien (z. B. Erneuerbare-Energien-Gesetz) sowie weiterer Optionen mit z. T. wesentlich höheren Wirkungspotenzialen (z. B. *EU Emissions Trading System*, Abgaben auf Düngemittel, konsequente Umsetzung der Düngeverordnung) wird trotzdem empfohlen, das ELER-Programm nicht vorrangig als strategisches Instrument für den Klimaschutz auszubauen. Die genannten und andere Instrumente sind effektiver und vermutlich auch effizienter.

Vor diesem Hintergrund war der Ansatz der EU-KOM, die Klimaschutzpotenziale der ELER-Programme der Förderperiode 2014-2020 im Rahmen des „*Mainstreaming Climate Change into CSF-Funds*“ auszuloten, zwar richtig, die Konsequenz, möglichst viele Klimaziele im Programm zu etablieren, aber nicht zielführend gewesen.

Es gibt im ländlichen Raum jedoch Handlungsfelder, die sinnvoll über den ELER adressiert werden können. Dazu zählt die Klimafolgenanpassung, z. B. bei angepassten Anbaumethoden, Sortenwahl, Bewässerungsmethoden, Hochwasserschutz durch Investitionen oder Agrarumweltmaß-

nahmen. In der Berufsbildung und der betrieblichen Beratung (mit/ohne ELER-Beteiligung) könnten die Themenfelder THG-Reduktion, erneuerbare Energien und Folgenanpassung aufgegriffen werden, die in vielen Fällen ökonomische und Klimaschutzziele verbinden (z. B. Energieeffizienz, Düngeneffizienz).

Ein wichtiges Handlungsfeld stellen klimawirksame Forstmaßnahmen dar. Da 42 % der hessischen Landesfläche bewaldet sind (BMEL, 2014), lässt sich vor allem durch Wald(um)baumaßnahmen neben der Stärkung der CO<sub>2</sub>-Bindung auch eine sinnvolle Klimafolgenanpassung mit sofortigen bis langfristigen Klimaschutzwirkungen erzielen.

Für die übrigen Maßnahmenbereiche wird empfohlen, die entstehenden positiven Klimawirkungen als Nebenwirkungen mitzutragen und nicht als Hauptziele der Maßnahmen zu fördern. Allerdings kann im Einzelfall überlegt werden, ob durch modifizierte oder ergänzte Förderbestimmungen die Klimaschutzwirkungen verstärkt werden können. Denkbar wäre z. B. die grundsätzliche Einhaltung der Energieeinsparverordnung bei Umbauten, Umnutzungen, Sanierungen in Dörfern, sofern dadurch originäre Maßnahmenziele nicht gefährdet werden. Ebenso könnte man für Dorf-erneuerungsprojekte grundsätzlich gemeindliche Klimaschutzkonzepte (als Paket aus Einsparungen, Substitution, Anpassungen) vorschreiben oder bei den Auswahlkriterien vorrangig berücksichtigen.

## Literaturverzeichnis

- Verordnung (EG) Nr. 1974/2006 der Kommission vom 15. Dezember 2006 mit Durchführungsbestimmungen zur Verordnung (EG) Nr. 1698/2005 des Rates über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER). Amtsblatt der Europäischen Union, L 368/15.
- Verordnung (EG) Nr. 74/2009 des Rates vom 19. Januar 2009 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1698/2005 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER). Amtsblatt der Europäischen Union L 30/100 vom 31.01.2009. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:030:0100:0111:DE:PDF>. Stand 18.3.2010.
- Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV). BGBl. I S.3951.
- Ammer, C. (2009): Welche Baumarten trotzen dem Klimawandel?
- BMEL, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2014): Der Wald in Deutschland.
- BMWi, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2007): Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm.
- BMWi, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014a): Zweiter Monitoring Bericht der Zukunft. Berlin.
- BMWi, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014b): Zweiter Monitoring-Bericht: Energie der Zukunft. Berlin.
- Bolte, A. (2009): Klimawandel und Forstwirtschaft. Landbauforschung, H. 4.
- DBV, Deutscher Bauernverband (2009): Landwirtschaft ist Teil der Lösung beim Klimaschutz. Internetseite [agrarpresseportal.de](http://agrarpresseportal.de):  
[http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&ved=0CEQQFjAH&url=http%3A%2F%2Fwww.agrar-presseportal.de%2Fweb%2Fagrarpresseportal\\_nachricht\\_pdf\\_zip.php%3Fid\\_S%3D4087&ei=DWHPVLL5BML1UMTMgrAN&usg=AFQjCNFxiUINZgk2-EPVqkzRtA5Go4vXpaw&bvm=bv.85076809,d.bGQ](http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&ved=0CEQQFjAH&url=http%3A%2F%2Fwww.agrar-presseportal.de%2Fweb%2Fagrarpresseportal_nachricht_pdf_zip.php%3Fid_S%3D4087&ei=DWHPVLL5BML1UMTMgrAN&usg=AFQjCNFxiUINZgk2-EPVqkzRtA5Go4vXpaw&bvm=bv.85076809,d.bGQ). Stand 2.2.2015.
- Demmel, M. (2008): Konzepte energiepsarender Mechanisierung in der Pflanzenproduktion. In: Bayrisches Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Pflanzenbau unter neuen Preis-Kosten-Bedingungen. S. 17-29.
- EEA, European Environment Agency (2014): Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2012 and inventory report 2014.
- EEN, European Evaluation Network for Rural Development (2014b): Capturing the success of your RDP: Guidelines for the Ex Post Evaluation of 2007-2013 RDPs. Internetseite European Evaluation Network for Rural Development: [http://enrd.ec.europa.eu/enrd-static/app\\_templates/enrd\\_assets/pdf/evaluation/epe\\_master.pdf](http://enrd.ec.europa.eu/enrd-static/app_templates/enrd_assets/pdf/evaluation/epe_master.pdf). Stand 9.7.2014b.
- EEN, European Evaluation Network for Rural Development (2014a): Capturing the success of your RDP: Guidelines for the Ex Post Evaluation of 2007-2013 RDPs. 173 S., Brüssel. Internetseite European Network for Rural Development - Evaluation Expert Network: [http://enrd.ec.europa.eu/enrd-static/app\\_templates/enrd\\_assets/pdf/evaluation/epe\\_master.pdf](http://enrd.ec.europa.eu/enrd-static/app_templates/enrd_assets/pdf/evaluation/epe_master.pdf). Stand 10.7.2014a.

- Elgie, S. und McClay, J. (2013): BC'S Carbon Tax Shift after five Years: Results. Sustainable Prosperity, Ottawa.
- Fährmann, B.; Grajewski, R. und Reiter, K. (2014): Implementations(kosten)analyse der Umsetzungsstrukturen des EPLR Hessen. Modulbericht im Rahmen der begleitenden Evaluierung des Hessischen Entwicklungsplans für den ländlichen Raum 2007 bis 2013 (Veröffentlichung in Vorbereitung). Braunschweig.
- FIW, Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V. München (2013): Technologien und Techniken zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden durch Wärmedämmstoffe. Metastudie Wärmedämmstoffe -Produkte Anwendungen Innovationen. 283 S., Gräfelfing.
- Fritsche, U. R.; Gensch, C-O.; Jenseit, W.; Hochfeld, C.; Knies, S.; Lenz, V.; Rausch, L.; Schmied, M.; Schmidt, K.; Schmitt, B.; Stahl, H. und Wiegmann, K. (2004): Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) Version 4.2. siehe [www.iinas.org/gemis-de.html](http://www.iinas.org/gemis-de.html). Internetseite Öko-Institut, Institut für angewandte Ökologie e.V.: Stand 19.10.2015.
- GALK, Deutsche Amtsleitergartenkonferenz e. V. (2015): GALK Straßenbaumliste. Abfrage vom 19.03.2015. Arbeitskreis Stadtbäume. [http://www.galk.de/arbeitskreise/ak\\_stadtbaeume/webprojekte/sbliste/](http://www.galk.de/arbeitskreise/ak_stadtbaeume/webprojekte/sbliste/). Stand 19.3.2015.
- GD Agri, Generaldirektion Landwirtschaft und ländliche Entwicklung (2006): Handbuch für den gemeinsamen Begleitungs- und Bewertungsrahmen (CMEF Common Monitoring and Evaluation Framework). Brüssel. Internetseite Europäische Kommission, Landwirtschaft und Ländliche Entwicklung: [http://ec.europa.eu/agriculture/rurdev/eval/index\\_de.htm](http://ec.europa.eu/agriculture/rurdev/eval/index_de.htm). Stand 4.2.2010.
- Hessisches Statistisches Landesamt (2015): Strom aus erneuerbaren Energien in Hessen. <http://www.statistik-hessen.de/themenauswahl/industrie-bau-handwerk-energie/landesdaten/energieversorgung/grafik-stromerzeugung-aus-erneuerbaren-energietraegern/index.html>. Stand 28.12.2015.
- Hirschfeld, J.; Weiß, J.; Preidl, M. und Korbun, T. (2008): Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland. Schriftenreihe des IÖW, H. 186/08. S. 21-24, Berlin.
- HLUG, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2013): Emissionskataster Hessen. [http://atlas.umwelt.hessen.de/servlet/Frame/atlas/luft/ek/bio/ek\\_bio\\_txt.htm](http://atlas.umwelt.hessen.de/servlet/Frame/atlas/luft/ek/bio/ek_bio_txt.htm).
- HLUG, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2015): Umweltindikatoren Hessen. <http://www.hlug.de/?id=8603>. Stand 28.12.2015.
- HMUELV, Hessisches Ministerium für Umwelt Energie Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2009): Entwicklungsplan für den ländlichen Raum des Landes Hessen 2007 - 2013, 3. Änderung.
- HMUELV, Hessisches Ministerium für Umwelt Energie Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2011): Biomasseaktionsplan 2020 des Landes Hessen.
- HMUELV, Hessisches Ministerium für Umwelt Energie Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2012a): Entwicklungsplan für den ländlichen Raum des Landes Hessen 2007 - 2013, 5. Änderung.
- HMUELV, Hessisches Ministerium für Umwelt Energie Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2012b): Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Hessen.
- HMUKLV, Hessisches Ministerium für Umwelt Klimaschutz Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2015a): Treibhausgasbilanz für das Land Hessen, Bilanzjahr 2011.

- HMUKLV, Hessisches Ministerium für Umwelt Klimaschutz Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2015b): Zwischenbericht 2014 gemäß Art. 82 der Verordnung (EG) Nr. 1698/2005 zum EPLR Hessen 2007 - 2013. Entwicklungsplan für den ländlichen Raum des Landes Hessen 2007 - 2013. Wiesbaden.
- HMULV, Hessisches Ministerium für Umwelt ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2007): Klimaschutzkonzept Hessen 2012.
- HMWEVL, Hessisches Ministerium für Wirtschaft Energie Verkehr und Landesentwicklung (2015): Energiewende in Hessen - Monitoringbericht 2015.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2013): Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf\\_contents.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_contents.html). Stand 15.4.2015.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (1996): Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. London. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. In: Eggleston, H. S. et al. (Hrsg.): Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use, H. 4. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>.
- ITAS, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (2008): Roadmap Umwelttechnologien 2020 - Zwischenbericht. 387 S., Karlsruhe.
- Kölling, C. und Zimmerman, L. (2007): Die Anfälligkeit der Wälder gegenüber dem Klimawandel.
- Kowalewsky, H. (2009): Potentiale der Energieberatung im Ackerbau. Expertenhearing.
- Ministry for the Environment New Zealand (2012): Agriculture's obligations: Reporting emissions and surrender obligations. Internetseite Ministry for the Environment New Zealand: <http://www.climatechange.govt.nz/emissions-trading-scheme/participating/agriculture/obligations/>. Stand 2.2.2015.
- Osterburg, B. und Runge, T. (2007): Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer - eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Landbauforschung Völkenrode, H. Sonderheft 307. Braunschweig.
- Paul, C.; Weber, M. und Mosandl, R. (2009): Kohlenstoffbindung junger Aufforstungsflächen. Freising. Internetseite PrimaKlima: [http://www.prima-klima-weltweit.de/grafiken/pdf/paul\\_studie.pdf](http://www.prima-klima-weltweit.de/grafiken/pdf/paul_studie.pdf).
- Roloff, A.; Bonn, S. und Gillner, S. (o.J.): Klimawandel und Baumartenwahl in der Stadt - Entscheidungsfindung mit der Klima-Arten-Matrix (KLAM). 9 S., Tharandt. [https://www.frankfurt.de/sixcms/media.php/738/klam\\_stadt.pdf](https://www.frankfurt.de/sixcms/media.php/738/klam_stadt.pdf). Stand 15.10.2014.
- UBA, Umweltbundesamt (2012): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2012. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2010. Climate Change, H. 08.
- UBA, Umweltbundesamt (2013a): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Dessau.
- UBA, Umweltbundesamt (2013b): Klimaschutz und Emissionshandel in der Landwirtschaft. Dessau.
- UBA, Umweltbundesamt (2014a): Luftschadstoff-Emissionen in Deutschland nach Quellen. Internetseite UBA, Umweltbundesamt: <http://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland>. Stand 27.1.2015a.

- UBA, Umweltbundesamt (2014b): Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2012. Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2014. Dessau.
- UBA, Umweltbundesamt (2014c): Treibhausgasausstoß im Jahr 2013 erneut gestiegen. Internetseite UBA, Umweltbundesamt: <http://www.umweltbundesamt.de/daten/klimawandel/treibhausgas-emissionen-in-deutschland>. Stand 27.1.2015c.
- UBA, Umweltbundesamt (2014d): Treibhausgasausstoß im Jahr 2013 erneut gestiegen. Presse-Mitteilung Nr. 10/2014. Internetseite UBA, Umweltbundesamt: <http://www.umweltbundesamt.de/daten/klimawandel/treibhausgas-emissionen-in-deutschland>. Stand 27.1.2015d.
- UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change (2008): Kyoto Protocol Reference Manual. Bonn.