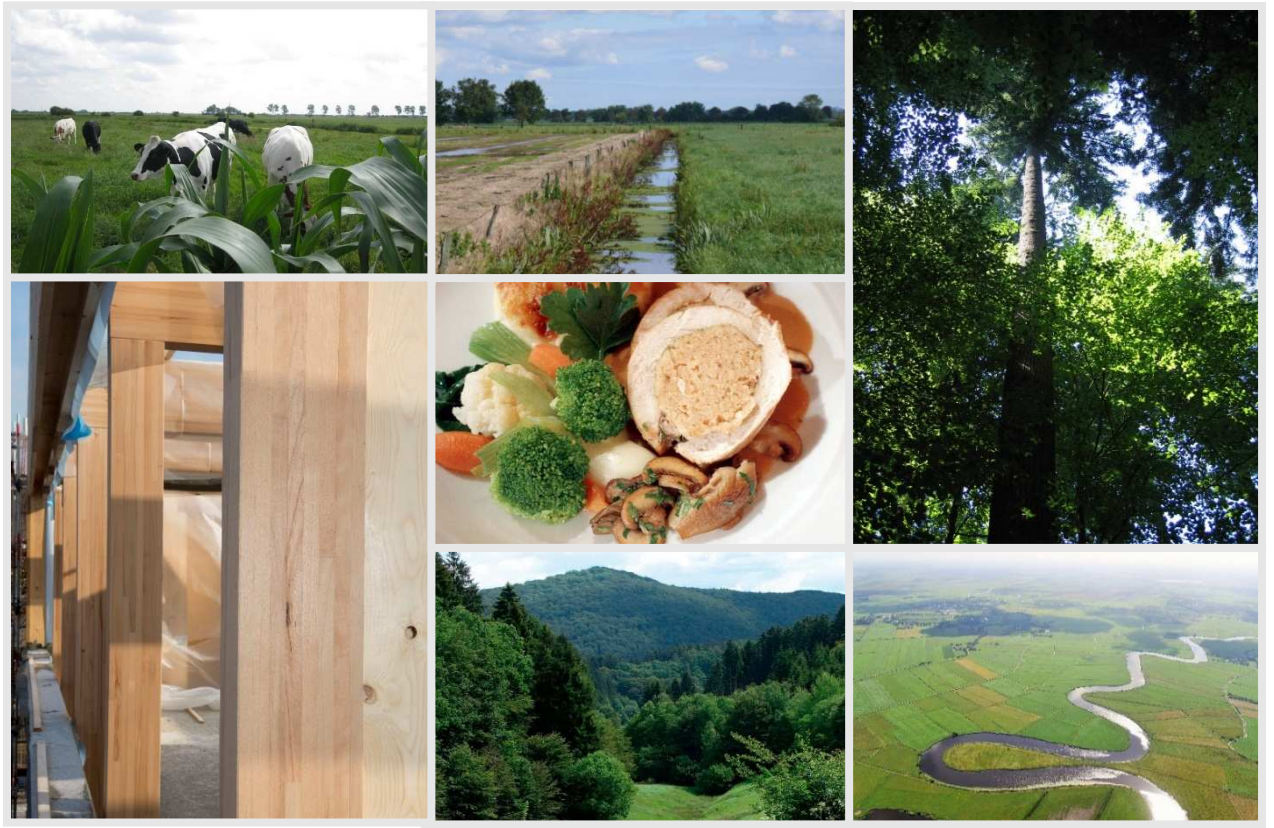
Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung

Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik
beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz
beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft



Wissenschaftliche Beiräte

- sind unabhängig
- suchen sich die Themen für Gutachten und Stellungnahmen selbst
- arbeiten ehrenamtlich
- Aussagen möglichst evidenzbasiert und konsensual
- sind interdisziplinär besetzt (**WBW**: Waldwachstum, Erholung- und Naturschutzplanung, Waldbau, Forsteinrichtung, Forstökonomie, Internationale Waldwirtschaft, Kommunikation, Holzbau, Holzwissenschaft, Bioökonomie, Bodenökologie, Waldökologie, Evolution und Diversität, Naturschutz)

Sektorübergreifende Kernaussagen

- Anstrengungen für eine globale Klimaschutzstrategie verstärken
- Bepreisung von THG-Emissionen als anreizorientiertes Instrument nutzen
- Sektorübergreifende THG-Minderungsziele nicht zu kleinteilig herunterbrechen
- Klimaschutzpolitik sektorübergreifend kohärent gestalten
- Transformation zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft als langfristigen Lern- und Anpassungsprozess auffassen
- Die Quellgruppe Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF) in die nationale und die EU-Klimapolitik nach 2020 verstärkt einbeziehen

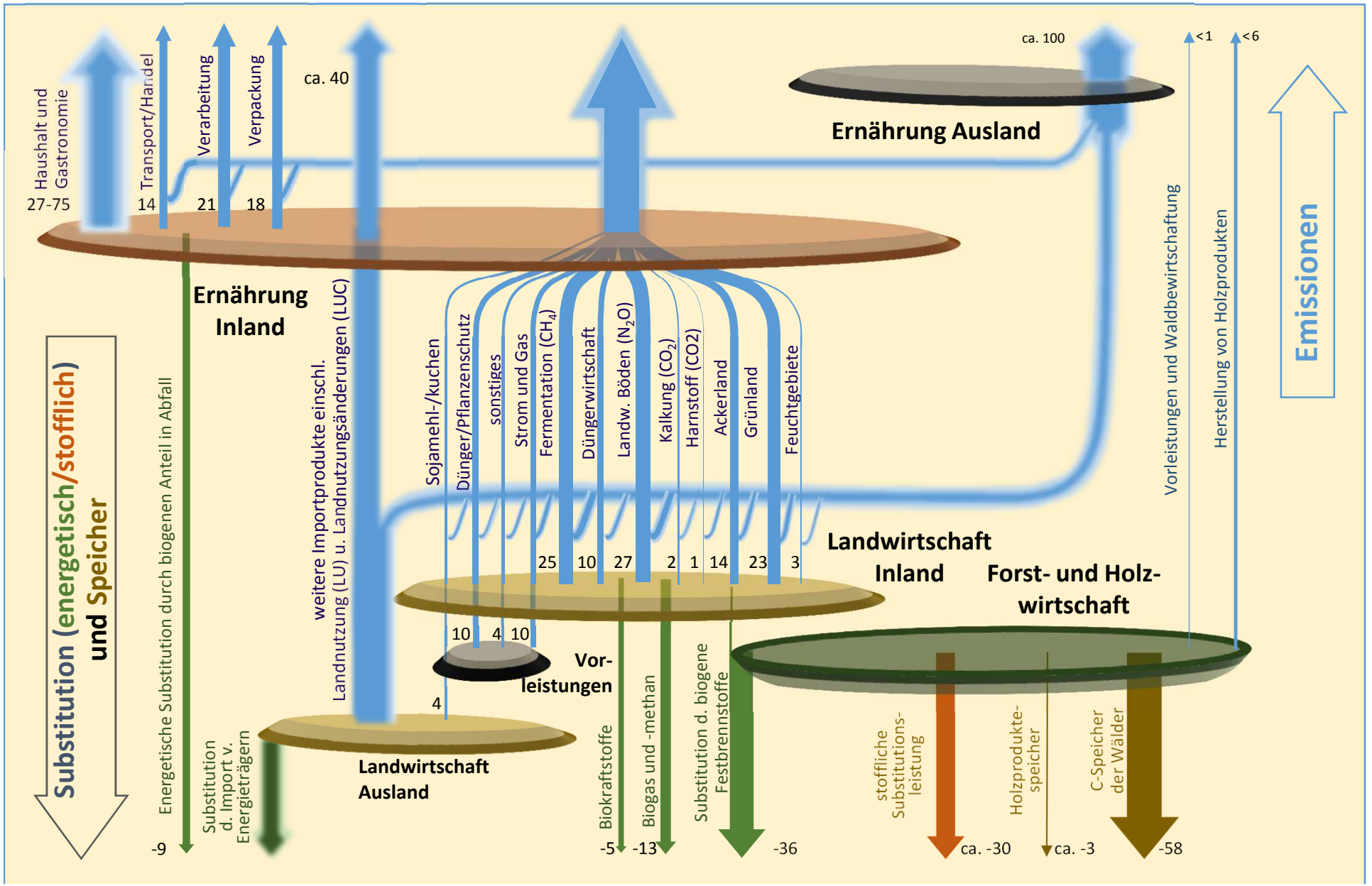
Kernaussagen – Forstwirtschaft und Holzverwendung

- Produktive Wälder sichern und Potenziale zum Klimaschutz nachhaltig nutzen
  - Anbau von angepassten und produktiven Baumarten fördern, insbesondere von trockenheitstoleranten Nadelholzarten in Mischbeständen mit Laubholz
  - Anpassung des Waldes an den Klimawandel
- „Langlebigkeit“ von Holzprodukten steigern und deren Kaskadennutzung fördern
- Klimaschutzeffekte bei der Ausweisung von Waldschutzgebieten beachten
- Schutz von Waldböden gewährleisten
- Beratung und Betreuung kleiner und mittlerer Privat- und Kommunalwaldbetriebe zur Erreichung von Klimaschutzzielen verbessern
- Kommunikation der positiven Klimaschutzleistungen der Forstwirtschaft und Holzverwendung verstärken

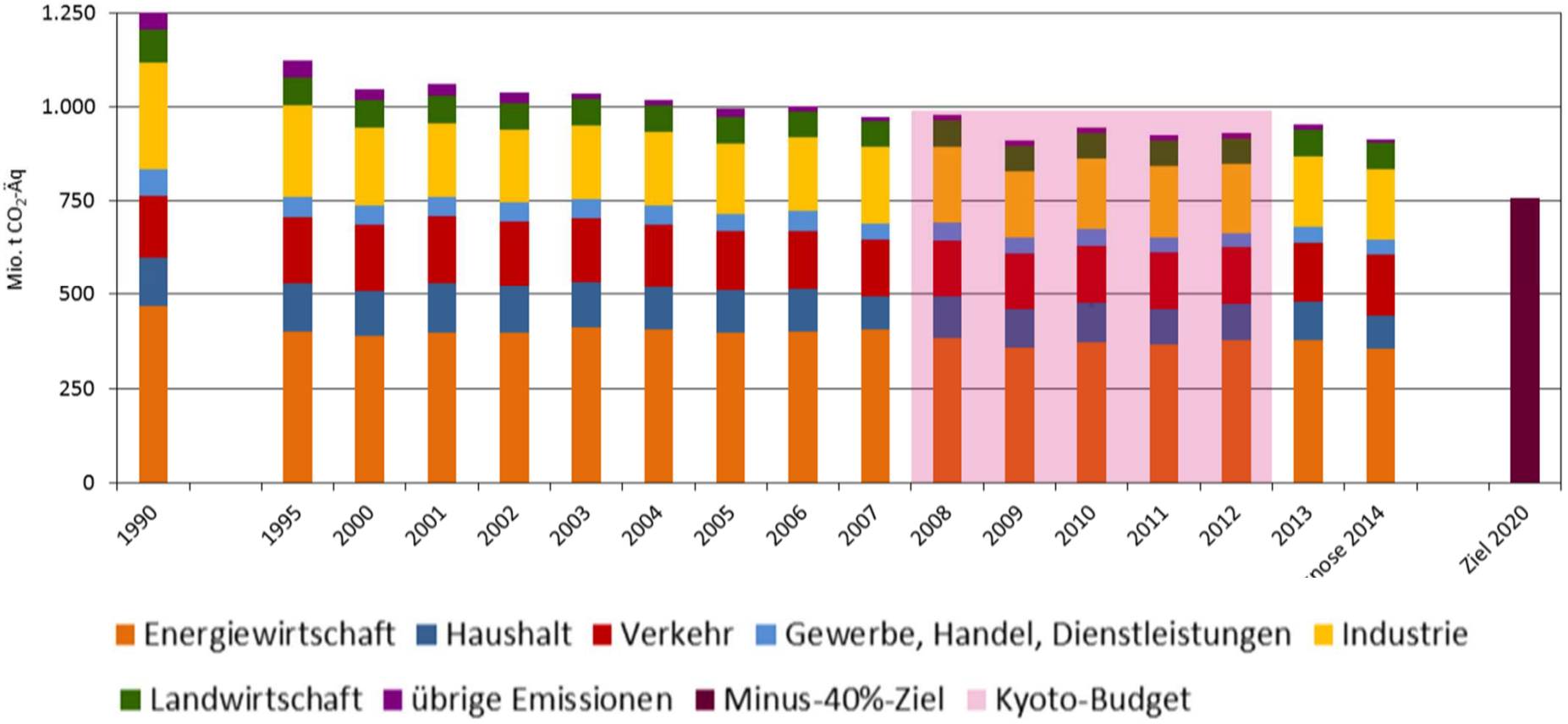
Aufbau des Gutachtens

1. Bestandsaufnahme: Treibhausgasemissionen und Kohlenstofffestlegung sowie Auswirkungen des Klimawandels
2. Klimapolitische Ziele und klimaschutzrelevante Rahmenbedingungen für die Land- und Forstwirtschaft
3. Klimaschutzpolitische Instrumentierung
4. Maßnahmen der THG-Minderung bzw. Kohlenstofffestlegung
5. Empfehlungen zur Klimaschutzpolitik

Größenordnungen der THG-Emissionen, Substitutions- und Speicherleistungen



Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Abgrenzung der Sektoren des Aktionsprogramms Klimaschutz 2020



Quelle: BMUB (2014b).

Systemgrenzen für Forstwirtschaft und Holzprodukte

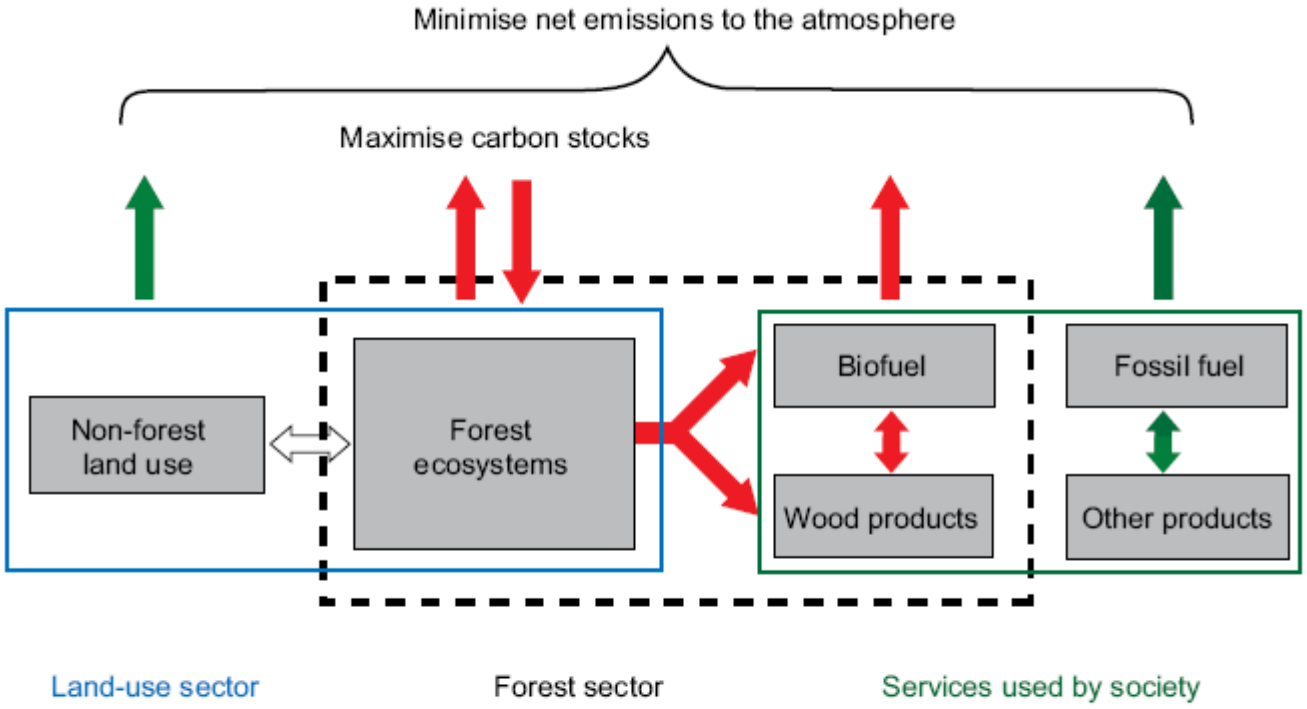
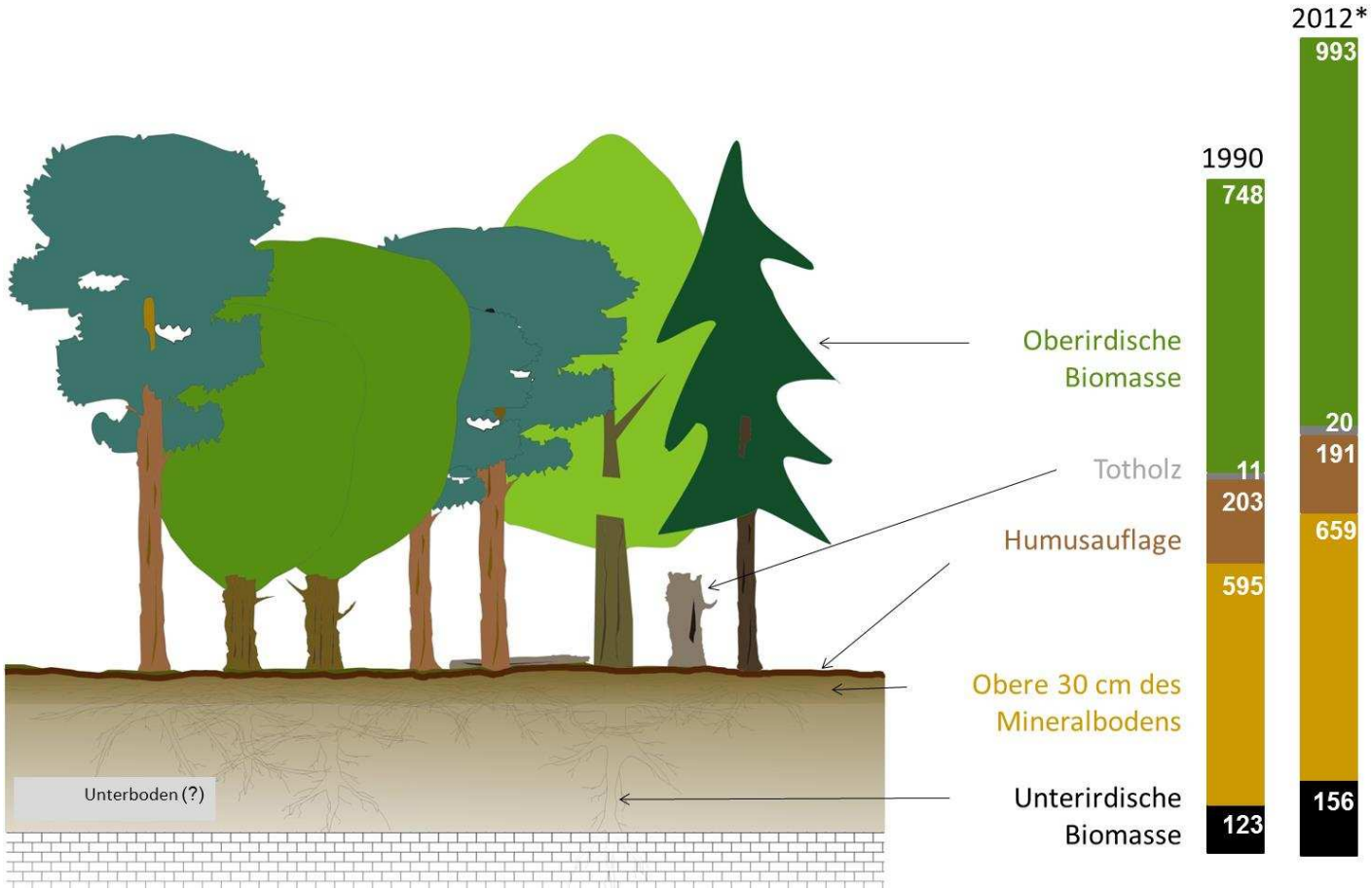


Figure 9.3: *Forest sector mitigation strategies need to be assessed with regard to their impacts on carbon storage in forest ecosystems on sustainable harvest rates and on net GHG emissions across all sectors.*

Nabuurs, G.J et al. 2007: Forestry. In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK and NY, USA.

Rezente Veränderungen der C-Vorräte in deutschen Wäldern (TI 2014)



C-Gehalte der Böden auf das Jahr 2012 hochgerechnet, für den Bestand liegen aktuelle Daten der BWI zugrunde

Bestandsaufnahme Forstwirtschaft und Holzprodukte

- Speicherung in lebenden Bäumen und Totholz entspricht **385** t CO_2 Äq je ha (BWI 3)
- Böden (Humusauflage und Mineralboden (0-30 cm)) Tiefe speichern **296** t CO_2 Äq je ha (BZE 2)
- Nettospeicherung von C im Wald (**58** Mio t CO_2 Äq je Jahr) hat derzeit geringere Klimaschutzleistung als die durch stoffliche und energetische Substitutionen vermiedenen Emissionen (**69** Mio t CO_2 Äq je Jahr).

Anhaltswerte für die Lebensdauer verschiedener Holzprodukte (in denen der Kohlenstoff unterschiedlich lang gespeichert bleibt)

Produktklassen		**Hauptprodukte**	**Geschätzte mittlere Lebensdauer (t_{63}) in Jahren**
Lebensdauer der Produkte			
	lang	Bauholz	50
	mittel	Holzwerkstoffe, Furniere, Vollholzmöbel	25
	kurz	Papier, Pappe	3
	sehr kurz	Energieholz, z. B. Brennholz, Pellets	1

Quelle: Vgl. Wördehoff et al. (2011), basierend auf Wirth et al. (2004) und Pistorius (2007).

Holzverwendungsschlüssel zur durchschnittlichen Verteilung von Laub- und Nadelholz in Niedersachsen auf verschiedene Produktklassen

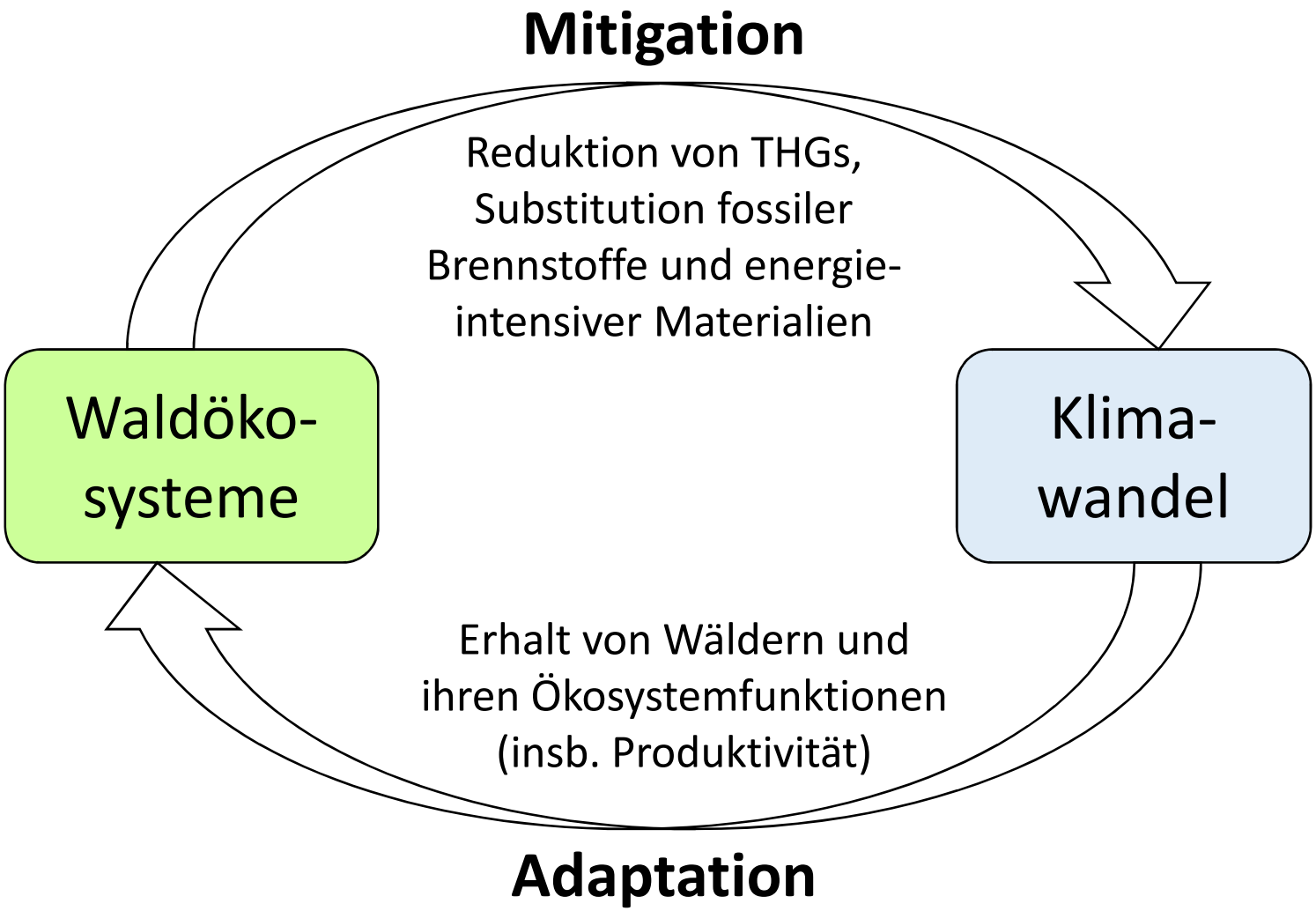
Art	Produkte unterschiedlicher Lebensdauer			Energieholz
	langer	mittlerer	kurzer	
Laubholz	22%	24%	9%	45%
Nadelholz	34%	23%	30%	13%

Angenommene Substitutionspotenziale in diesem Gutachten (TI):

Laubholz: 0,97 t C / t C

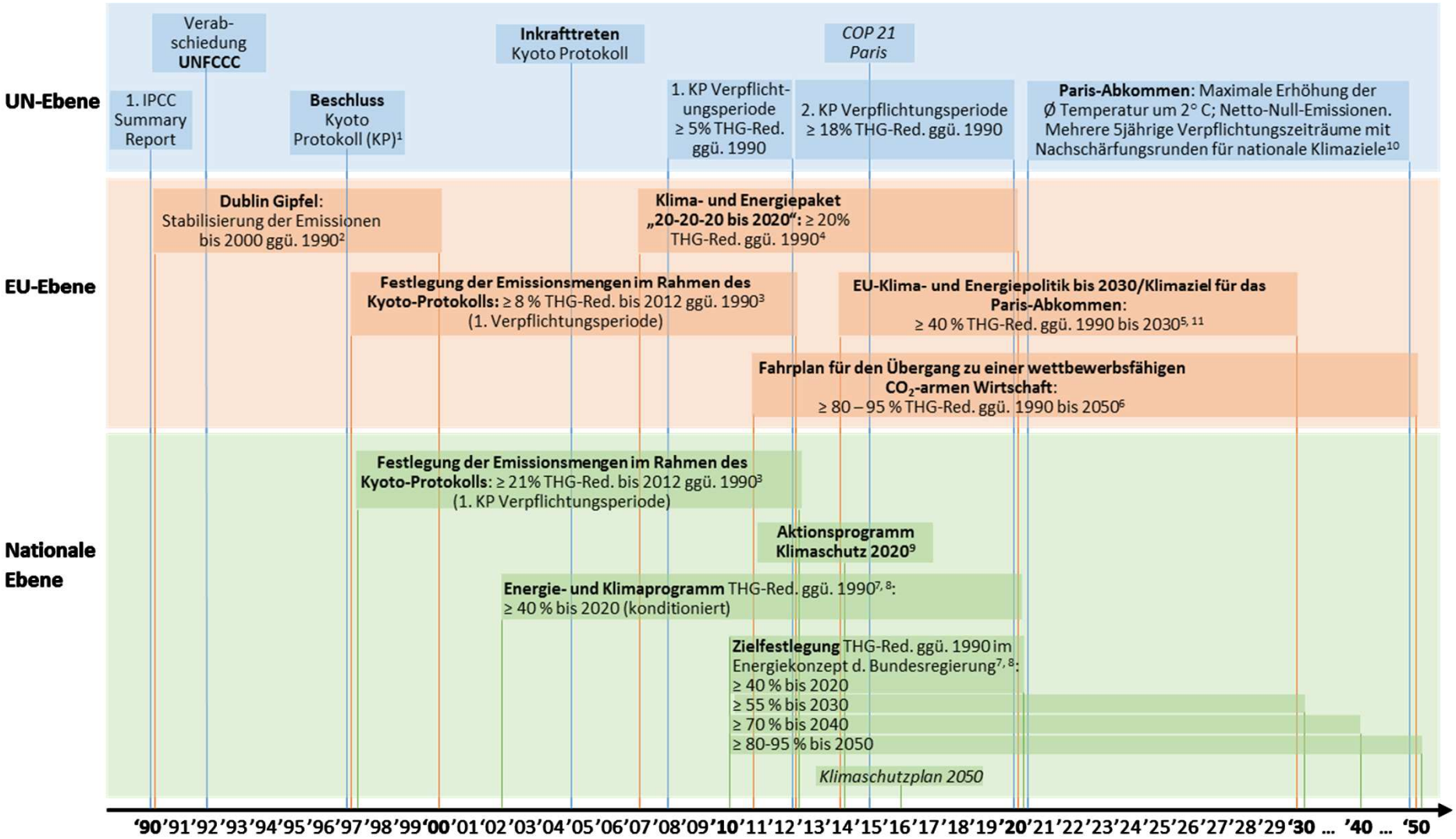
Nadelholz: 1,37 t C / t C

Zusammenhang zwischen der Adaptation von Wäldern an den Klimawandel und dem Beitrag von Wäldern und Holzprodukten zum Klimaschutz (Mitigation)



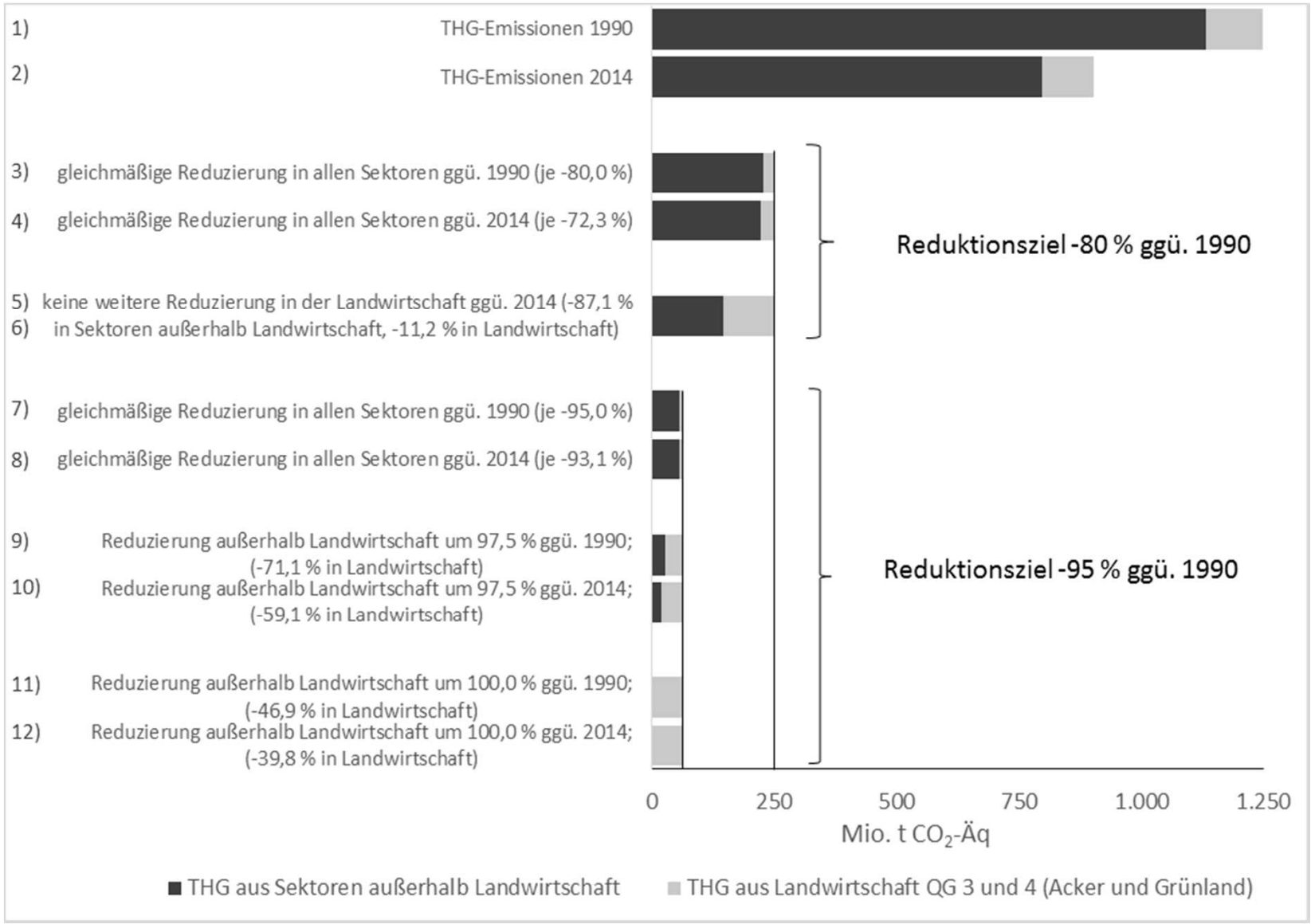
Klimapolitische Ziele

Zeitlicher Ablauf der Prozesse und Klimaziele



Sowohl EU als auch BRD zielen auf eine Reduktion der THG um 80-95% im Vergleich zum Referenzjahr 1990 bis zum Jahr 2050.

THG-Emissionen in Deutschland 1990 und 2014 für Landwirtschaft und übrige Sektoren sowie ausgewählte Kombinationen zur Erreichung der Reduktionsziele 2050



Maßnahmen der THG-Minderung bzw. Kohlenstofffestlegung

Kriterien zur Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen

- THG-Minderungspotenzial
- Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung
- Synergien und Konflikte mit anderen Zielen
- Vermeidungskosten in € pro t CO_2-Äq
- Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit
- Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte
- Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung
- Bewertung

Maßnahmenszenarien

- Verwendung von Szenarien
- Explizite Annahmen
- Datengrundlage: Bundeswaldinventur, Durchschnittswerte für den gesamten deutschen Wald
- Modellierung: WEHAM (Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodell) (nicht prozess-orientiert, daher konstante Produktivitäten)
- Kosten einer Klimaschutzmaßnahme: entgangene Bruttowertschöpfung im Cluster Forst und Holz, Opportunitätskosten in der Landwirtschaft, direkte Investitions- und Umsetzungskosten

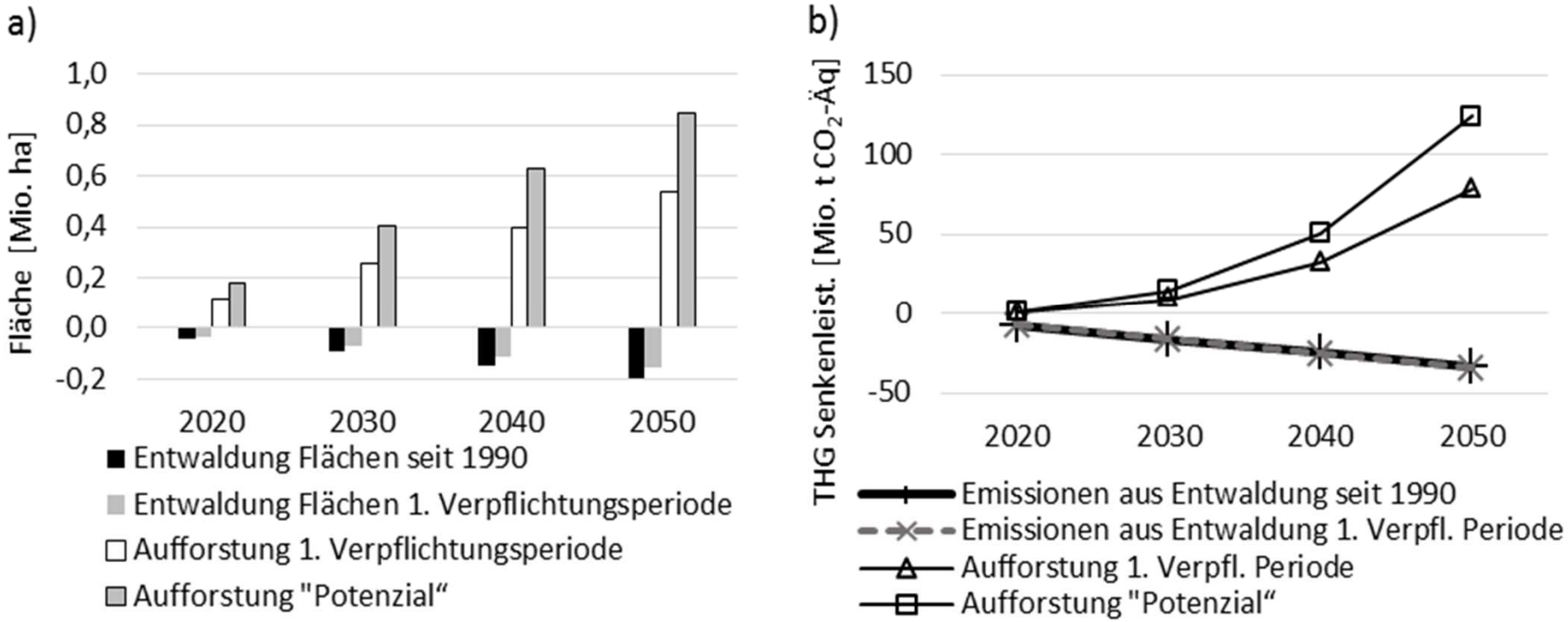
Maßnahmen im Bereich Forstwirtschaft und Holzverwendung

- Aufforstung und Vermeidung von Entwaldung
- Stilllegung bzw. Reduktion der forstlichen Nutzung
- Veränderung der Produktionssysteme
- Veränderung der Baumartenzusammensetzung
- Wiedervernässung von Moorwäldern
- Erhöhung der stofflichen Nutzung in langlebigen Holzprodukten
- Steigerung der Effizienz in der Holzindustrie
- Steigerung des Einsatzes von Altholz und der Kaskadennutzung

Aufforstung und Vermeidung von Entwaldung

- Betrachtungszeitraum 2013 bis 2050
- Aufforstungsszenarien:
  a) Jährliche Erstaufforstungsrate der ersten Verpflichtungs-periode nach Kyoto-Protokoll 2008-2012 (14.097 ha/Jahr)
  b) Abschätzung eines Flächenpotenzials (22.973 ha/Jahr)
  c) Baumartenzusammensetzung wie in 1. Altersklasse BWI3
  d) Nur Aufforstung von Ackerflächen
- Entwaldungsszenarien:
  a) Entwaldungsraten von 1990 bis 2012 (5.256 ha/Jahr)
  b) Entwaldungsraten der ersten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls (4.085 ha/Jahr)

Aufforstung und Vermeidung von Entwaldung



Entwicklung von Flächen (a) und Kohlenstoffvorräten (b) (Biomasse, Streu und Totholz) verschiedener Entwaldungs- und Aufforstungsszenarien (in Mio. ha bzw. Mio. t CO_2-Äq, ohne Substitutionen

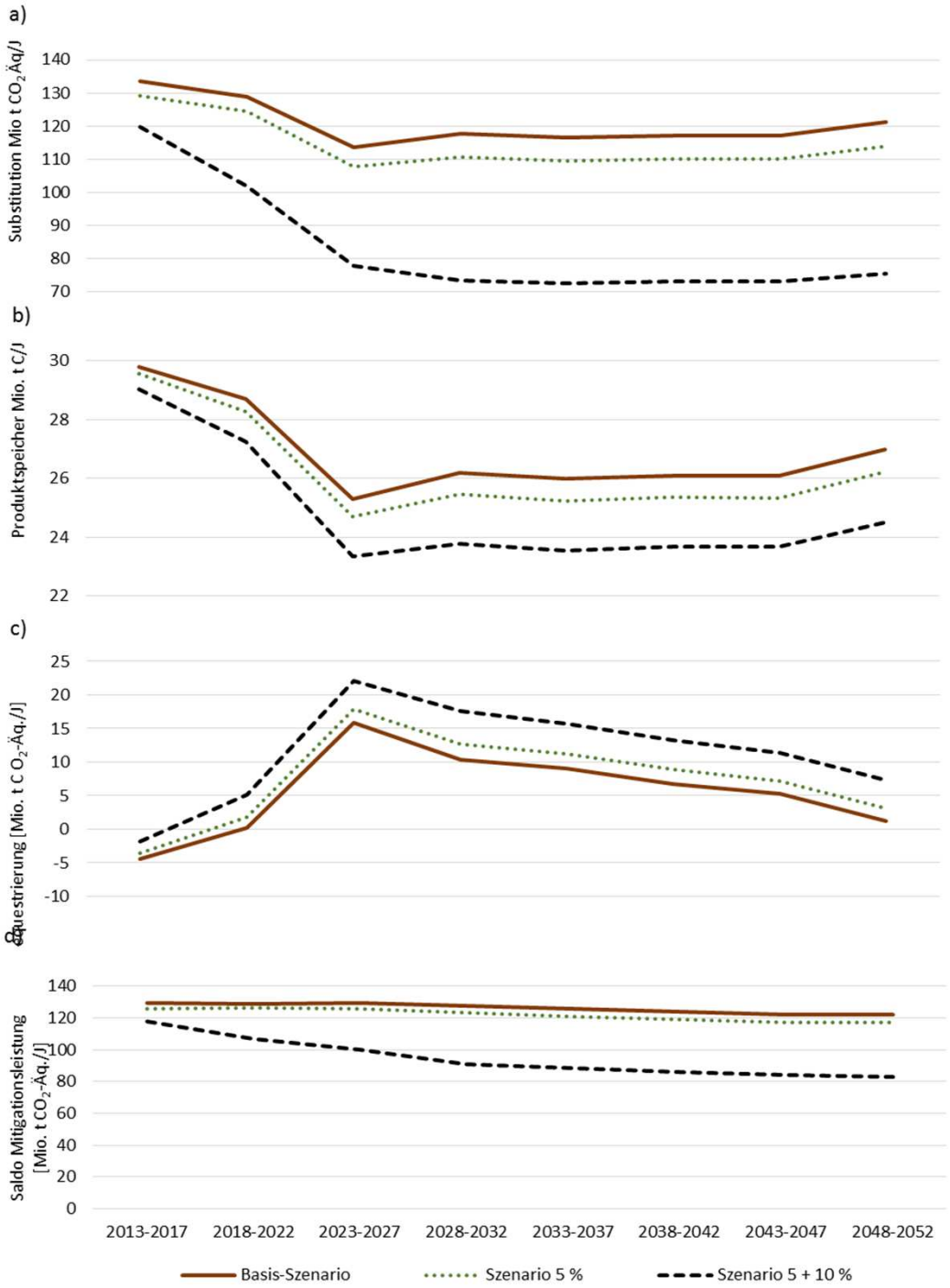
Aufforstung

- **THG Minderungspotenzial**: -4,2 t CO_2-Äq/ha/Jahr, ca. zweimal so hoch wie das von Biodiesel und Bioethanol und ca. 2 t CO_2-Äq/ha/Jahr unter demjenigen von Biogas (bei ausschließlicher Stromerzeugung). KUP liegt bei ca. -10 bis -18 t CO_2-Äq/ha/Jahr.
- **Synergien**: Nährstoffhaushalt, Grundwasser, Biodiversität
- **Konflikte**: Verlust landwirtschaftlicher Fläche, Leakage
- **Durchschnittliche CO_2-Vermeidungskosten**: 159 €/t CO_2-Äq

Stilllegung von Waldflächen, Reduktion der Holznutzung

- Betrachtungszeitraum 2013 bis 2050
- Szenarien:
  a) Umsetzung des Ziels der NBS, 5 % der Waldfläche unter Prozessschutz (ohne forstliche Nutzung), lineare Zunahme von derzeit ca. 2 % bis zum Jahr 2030
  b) Wie a) plus Reduktion der Nutzung um 10 % auf der verbleibenden forstlich genutzten Fläche. Berücksichtigung bestehender Nutzungseinschränkungen auf 3,6 % der Fläche
- Nutzungseinschränkungen repräsentativ für den Gesamtwald, d. h. alle Baumarten, Bestandstypen, Altersklassen etc. werden gleichmäßig betroffen
- Überführung von Biomasse in Totholzpool analog der Rate in Waldschutzgebieten

Stilllegung von Waldflächen, Reduktion der Holznutzung



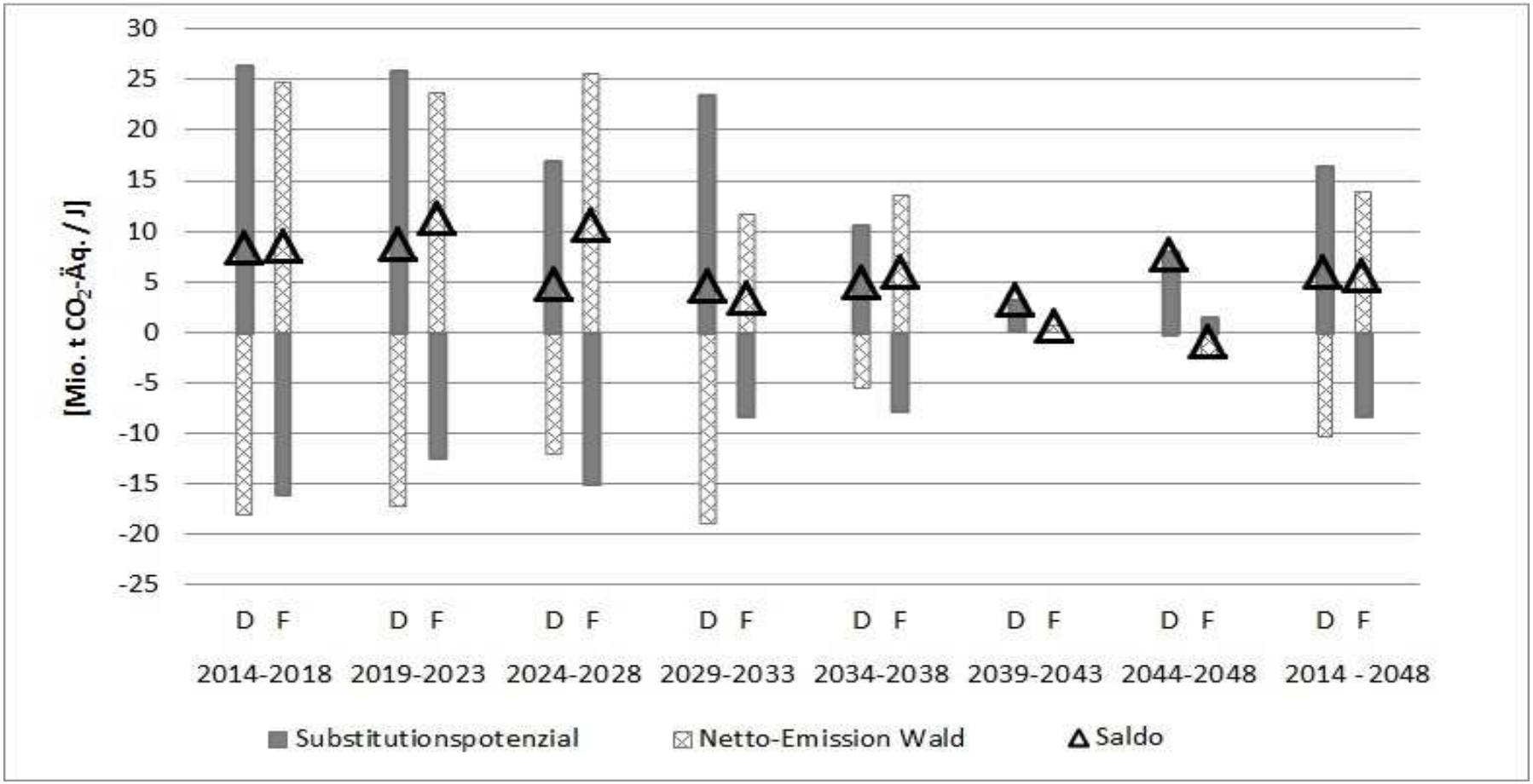
Flächenstilllegung und Nutzungsverzicht

- **THG Minderungspotenzial**: Reduktion der Mitigationsleistung um 4,4 Mio. (5%) bzw. 31,5 Mio. t CO_2-Äq/Jahr (5+10%).
- **Synergien**: Biodiversität
- **Konflikte**: Einkommenseinbußen der Forstbetriebe, Wertschöpfung, Leakage
- **CO_2-Vermeidungskosten**: zwischen 144 und 477 Mio. €/Jahr (5 %-Ziel) sowie zwischen 451 und 1.492 Mio. €/Jahr (5 %-Ziel+10 % Verzicht)

Veränderung der Produktionssysteme (Produktionszeit)

- Betrachtungszeitraum 2014 bis 2048
- Szenarien:
  a) **Basisszenario** (2002)
  b) **Szenario „F“** : stärkere Holznutzung mit Absenkung der Holzvorräte, so dass nach 20 Jahren Laufzeit der Vorrat wieder auf die Vorratshöhe der BWI 1 zurückgeführt wird; Steuerungsgröße ist die Herabsetzung der Produktionszeiten
  c) **Szenario „D“:** weiterer Vorratsaufbau durch pauschale Verlängerung der Produktionszeiten um 20 Jahre
- Die durchschnittlichen jährlichen Nutzungsmengen würden ca. 69 Mio. Erntefestmeter (Efm) (D) bzw. ca. 95 Mio. Efm (F) gegenüber ca. 81 Mio. Efm beim Basisszenario (B) betragen
- Basis der Projektionen - Daten der Inventurstudie 2008

Veränderung der Produktionssysteme



Auswirkung einer Änderung der Bewirtschaftung auf C-Emissionen, die mit der Substitution und Speicherung in Biomasse verbunden sind (Differenz zum Basisszenario, D: Szenario „D“ = hinausgezögerte Nutzung, F: Szenario „F“ = stärkere Nutzung). Negative Emissionen repräsentieren eine CO_2-Sequestrierung bzw. Einsparung

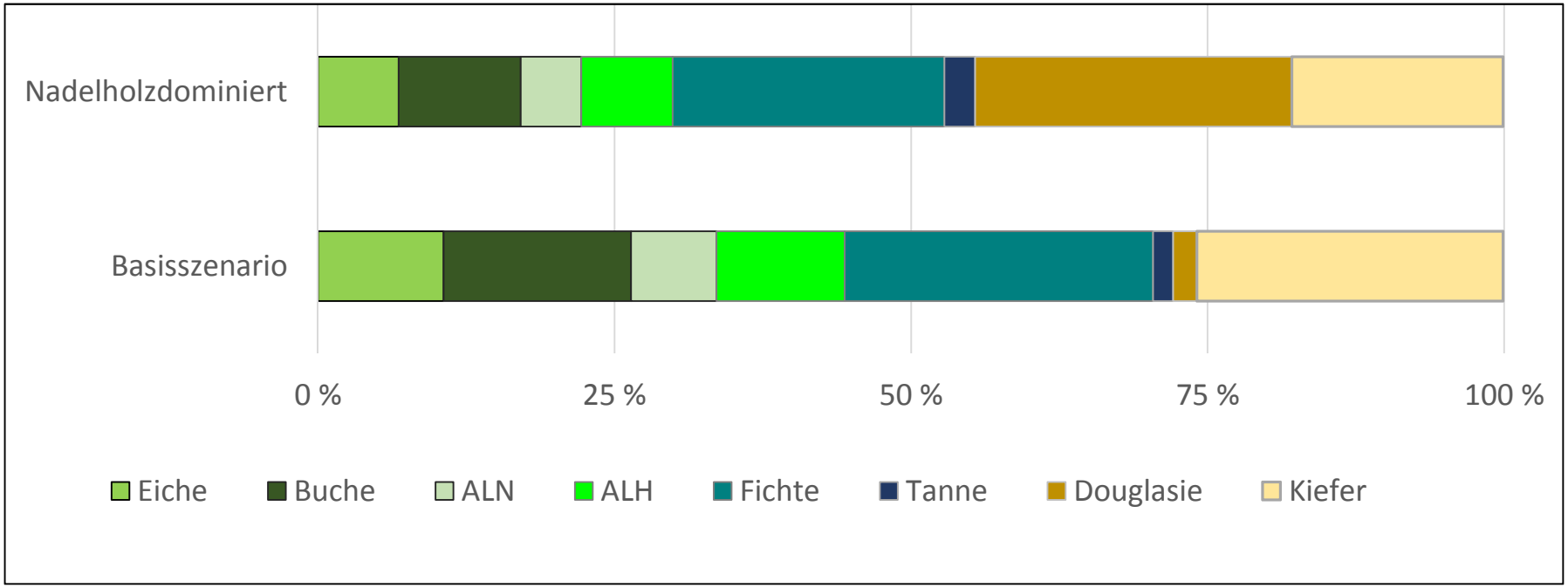
Veränderung der Produktionssysteme

- **THG Minderungspotenzial**: Beide alternativen Szenarien führen zu Reduktion der Mitigationsleistung um ca. 6 Mio. t CO_2-Äq/Jahr.
- **Synergien**: D: Biodiversität, F: Wertschöpfung, Stabilität
- **Konflikte**: D: Einkommenseinbußen der Forstbetriebe, F: Biodiversität
- **CO_2-Vermeidungskosten**:
  - D: volkswirtschaftliche Kosten von 2,59 Mrd. €/Jahr
  - F: volkswirtschaftlicher Nutzen von 3,15 Mrd. €/Jahr

Veränderung der Baumartenzusammensetzung

- Betrachtungszeitraum 2012 bis 2052
- Szenarien:
  a) **Basisszenario** (BAU): Die gegenwärtige Bestockung zum Stichtag der BWI 3 (44,5 % Laubholz, 55,5 % Nadelholz).
  b) **Nadelholzszenario**: 70 % Nadelholz
- statisch-komparativen Ansatz: Veränderung in der Baumartenzusammensetzung bereits in der Vergangenheit vollzogen
- Keine Veränderung der Ertragsklassen und Substitutionspotenziale
- Im „Nadelholzszenario“ : 50 % der heutigen Flächenanteile der Kiefer (22,3 %) und 30 % der Flächenanteile der Fichte (25,4 %) mit Douglasie bestockt

Veränderung der Baumartenzusammensetzung



Flächenanteile der Baumarten im Basis- und im „Nadelholzszenario“

Veränderung der Baumartenzusammensetzung

	Basisszenario	Nadelholzszenario
mittlere Differenz des Waldspeichers (Mio. t CO_2-Äq/Jahr)	---	26,9
Änderungen des Waldspeichers (Mio. t CO_2-Äq/Jahr, nur oberirdische Biomasse)	4,9	-9,25
C-Aufnahme (Mio. t CO_2-Äq/Jahr)	-96,9	-111,2
Rohholzpotenzial (Mio. m^3 o. R./Jahr)	77,7	98,1
Substitutionspotenzial (Mio. t CO_2-Äq/Jahr])	92,0	120,5
Gesamtdifferenz zwischen den Szenarien Substitutionspotenzial plus Vorratsdifferenz (Mio. t CO_2-Äq)		
Jährlich		55,5
gesamter Zeitraum		2.219

Jährliche C-Speicherung, Rohholz- und Substitutionspotenzial im Basis- und im „Nadelholzszenario“ sowie Saldo über den gesamten Betrachtungszeitraum (2012-2052)

Basis: BWI 2012, WEHAM 2012. Durchschnitt über Zeitraum 2012 – 2052. Das Nadelholzszenario startet mit einem höheren Vorrat als das Basisszenario, der über den Betrachtungszeitraum geringer wird.

Veränderung der Baumartenzusammensetzung

- **THG Minderungspotenzial**: positiver Effekt des Nadelholzes aufgrund höherer Biomasseproduktivität und höherer Substitutionseffekten je Einheit Rohholz im Vergleich zu Laubholz: jährlich 55 Mio. t CO_2-Äq
- **Synergien**: Wertschöpfung
- **Konflikte**: Biodiversität, Naturschutz, Stabilität
- **CO_2-Vermeidungskosten:**
  - Nadelholzszenario: durchschnittlich -144 €/t CO_2-Äq/Jahr, insgesamt – 4 333,8 Mio € Jahr

Wiedervernässung von Moorwäldern

- **Datengrundlage:** große Unsicherheit bzgl. Moorflächen und Renaturierbarkeit
- **THG Minderungspotenzial**: Schätzungen: 4,0 – 15,5 t CO_2-Äq pro ha/Jahr bis 20 – 40 t CO_2-Äq pro ha/Jahr
- **Synergien**: Biodiversität und Naturschutz, Landschaftswasserhaushalt
- **Konflikte**: Stabilität, Nutzungseinschränkungen
- **CO_2-Vermeidungskosten:** Renaturierungskosten von 10-30.000 €/ha

Maßnahmen im Bereich der Holzverwendung

Erhöhung der stofflichen Nutzung in langlebigen Holzprodukten:

- Kurzfristig umsetzbar, dauerhafte Wirkung
- Einspeisung durch höhere Nutzung von Waldholz oder Verschiebung der Nutzung (weniger für Energie)
- Hohes Potenzial für Ausbau des Holzbaus und Ersatz nicht regenerativer Baustoffe
- Mittelfristig ist Speichergröße nicht begrenzt
- Geringe oder sogar negative Vermeidungskosten

Maßnahmen im Bereich der Holzverwendung

Steigerung der Effizienz in der Holzindustrie

Steigerung des Einsatzes von Altholz und der Kaskadennutzung:

- Kann kurzfristig umgesetzt werden
- Erhöht die C-Speicherung in Technosphäre, erbringt Substitutionsleistungen
- Wirksamkeit: mittel- bis langfristig

Minderungspotenziale insgesamt
65-135 Mio t CO_2-Äq/Jahr

- Veränderung der Baumartenzusammensetzung in der forstlichen Produktion (Erhöhung des Nadelbaumanteils) (langfristig wirksam),
- Schutz von Mooren unter derzeitiger landwirtschaftlicher Nutzung (langfristig umsetzbar/wirksam),
- Reduzierung des Konsums tierischer Produkte (mittelfristig wirksam),
- Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (z. B. aus Kurzumtriebsplantagen) (mittelfristig wirksam),
- Erhöhung der stofflichen Nutzung von Holz in langlebigen Holzprodukten (langfristig wirksam) und
- Verbesserung der N-Effizienz der Düngung (kurzfristig wirksam).

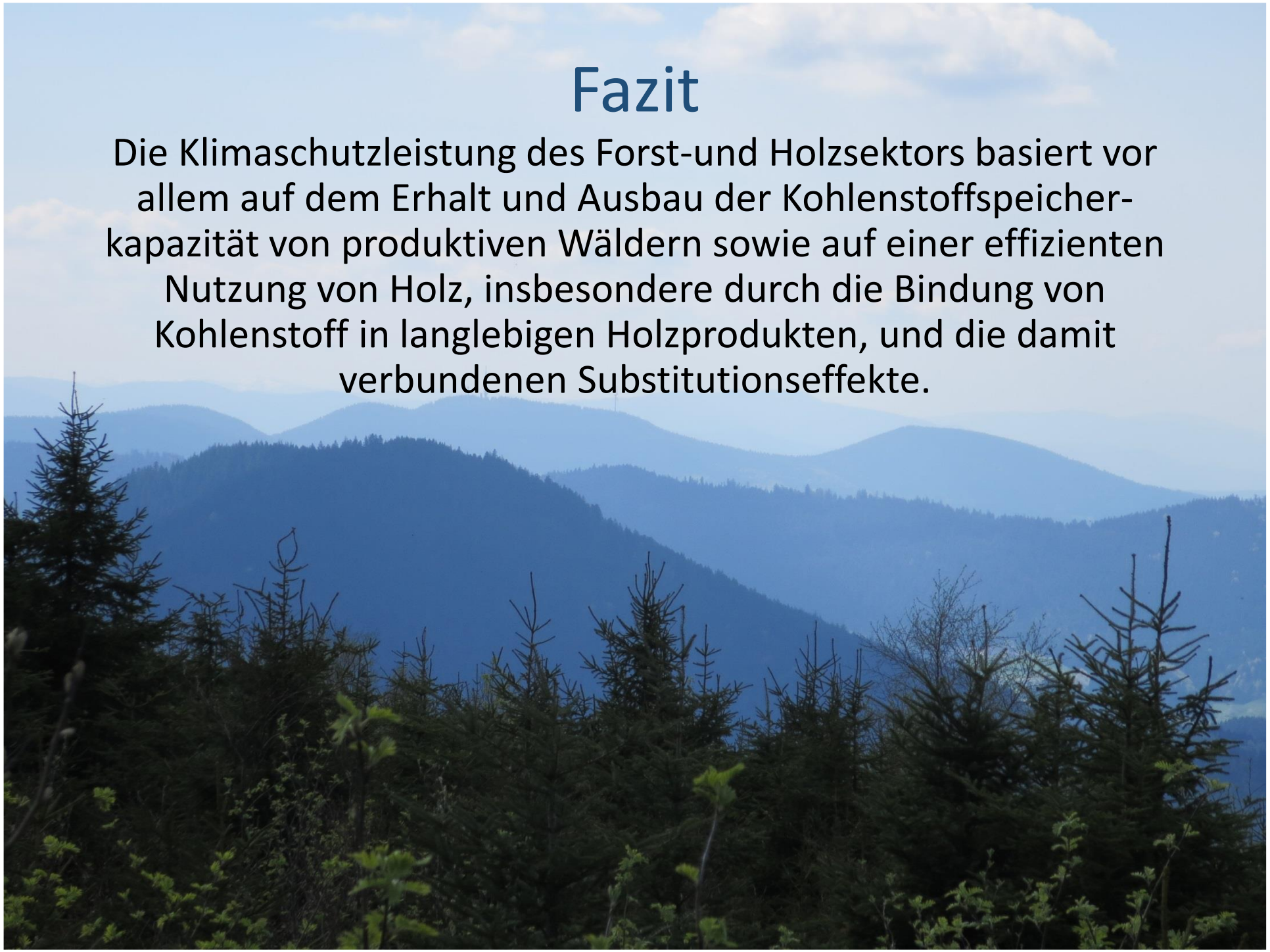
(Langfristig: über 20 Jahre, mittelfristig: über 5 bis 20 Jahre, kurzfristig: bis 5 Jahre.)

Die wichtigsten Empfehlungen im Bereich Forstwirtschaft und Holzverwendung

- Produktive Wälder sichern und Potenziale zum Klimaschutz nachhaltig nutzen
  - Anbau von angepassten und produktiven Baumarten fördern, insbesondere von trockenheitstoleranten Nadelholzarten in Mischbeständen mit Laubholz
  - Anpassung des Waldes an den Klimawandel
- „Langlebigkeit“ von Holzprodukten steigern und deren Kaskadennutzung fördern, Entwicklung neuer Produkte
- Klimaschutzeffekte bei der Ausweisung von Waldschutzgebieten beachten
- Schutz von Waldböden gewährleisten
- Beratung und Betreuung kleiner und mittlerer Privat- und Kommunalwaldbetriebe zur Erreichung von Klimaschutzzielen verbessern
- Kommunikation der positiven Klimaschutzleistungen der Forstwirtschaft und Holzverwendung verstärken

Instrumente

- Forstwirtschaft tritt insgesamt nicht als Verursacher von Treibhausgasen in Erscheinung. Daher bieten sich zur Erhöhung der Klimaschutzleistung vorwiegend solche politischen Instrumente an, die Anreize für Waldbesitzer schaffen, um ihre Bewirtschaftung entsprechend auszurichten.
- Ordnungsrechtliche Instrumente erscheinen wenig zielführend. Forstliche Praktiken, die sich klimaschädlich auswirken können (z. B. Kahlschläge, Bodenstörungen) sind bereits durch Regelungen in Waldgesetzen und Zertifizierungssystemen abgedeckt.
- Fördermöglichkeiten im Bereich der Waldwirtschaft sehr viel begrenzter als in Landwirtschaft. Das schränkt die Wahl möglicher politischer Anreizinstrumente deutlich ein. Waldklimafonds als große Chance, den Umfang und die Wirksamkeit freiwilliger Instrumente zu erhöhen.
- Großes Potenzial in Beratung und Betreuung, denn die in diesem Gutachten herausgearbeiteten Mechanismen dienen sowohl dem Klimaschutz als auch dem Eigeninteresse der Waldbesitzer (Erhaltung produktiver, vorratsreicher Wälder; nachhaltig hohe Nutzung von Holz für langlebige Produkte; Bodenschutz).



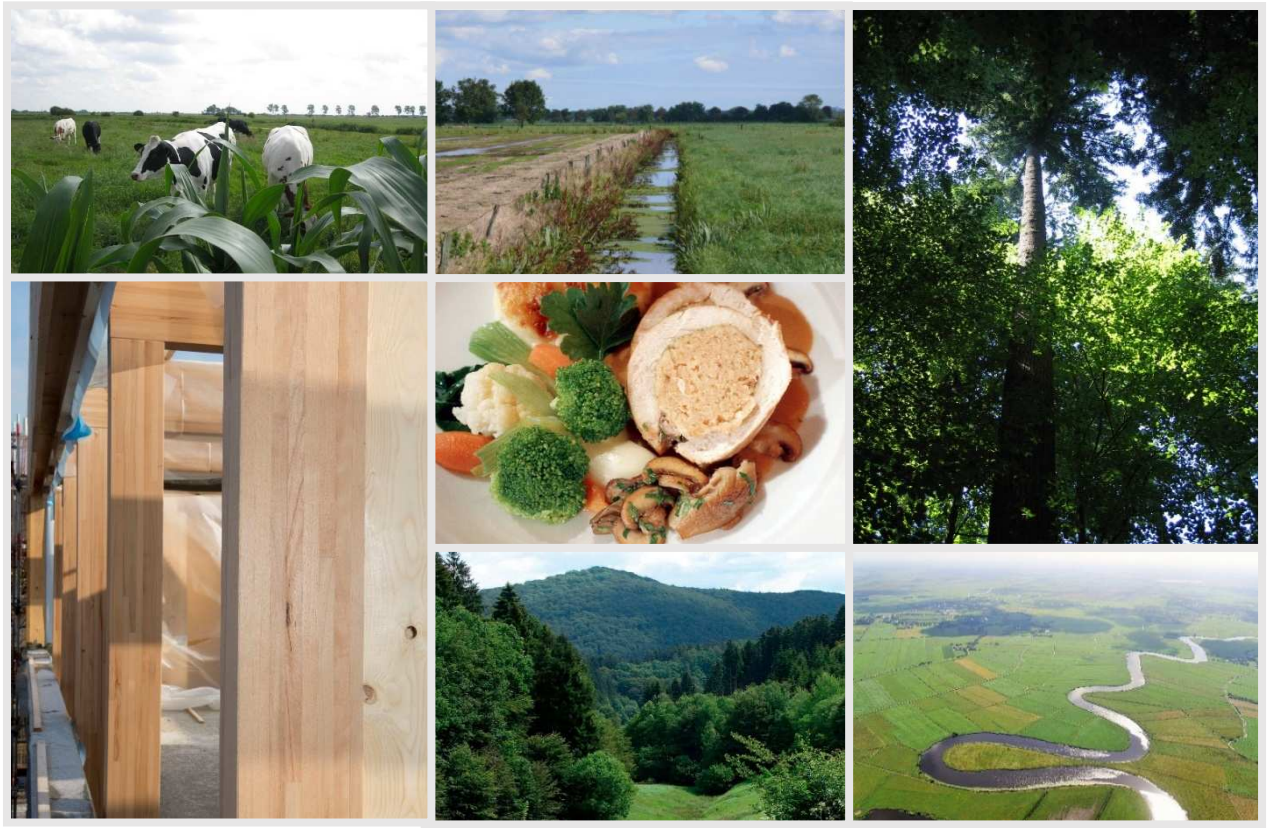
Fazit

Die Klimaschutzleistung des Forst-und Holzsektors basiert vor allem auf dem Erhalt und Ausbau der Kohlenstoffspeicher-kapazität von produktiven Wäldern sowie auf einer effizienten Nutzung von Holz, insbesondere durch die Bindung von Kohlenstoff in langlebigen Holzprodukten, und die damit verbundenen Substitutionseffekte.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik
beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz
beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft



Maßnahmen in der Forstwirtschaft (1/3)

Maßnahme (Kapitelnummer)	Minderungspot. pro Fläche oder Produkteinheit	Fläche oder Produkteinheit (ggf. Szenarios)	THG-Minderungspotenzial	Vermeidungskosten	Bemerkungen (besondere Konflikte /Synergien)
Aufforstung, Wiederaufforstung und Vermeidung von Entwaldung					
Aufforstung **a) 14.100 ha/Jahr** **b) 22.370 ha/Jahr**	wegen laufenden Anstiegs nicht darstellbar (keine konstante Wachstumsrate der Sequestrierung über der Zeit)	a) ca. 550.000 ha bis 2050 b) 850.000 ha bis 2050	a) 98 Mio. t CO_2-Äq bis 2050 → ca 2,6 –Mio. t CO_2-Äq/Jahr b) 156 Mio. t CO_2-Äq bis 2050 → ca. 4,1 Mio. t CO_2-Äq/Jahr	a) 411 Mio. €/Jahr Gesamtkosten; 15,6 Mrd. € Gesamtkosten bis 2050 → 159 €/t CO_2-Äq durchschnittlich über die gesamte Laufzeit b) 652 Mio. €/Jahr Gesamtkosten; 24,8 Mrd. € bis 2050 → 159 €/t CO_2-Äq durchschnittlich über die gesamte Laufzeit	Aufforstung von Ackerflächen bietet vielfältige Synergien mit Naturschutz
Vermeidung von Entwaldung	Ca. 5.000 ha im Jahr	k. D.	Wird nicht betrachtet	Bestimmung auf Grundlage bestehender Daten nicht möglich	Entwaldung i. d. R. für Infrastrukturmaßnahmen im öffentlichen Interesse

Maßnahmen in der Forstwirtschaft (2/3)

Maßnahme (Kapitelnummer)	Minderungspot. pro Fläche oder Produkteinheit	Fläche oder Produkteinheit (ggf. Szenarios)	THG-Minderungspotenzial	Vermeidungskosten	Bemerkungen (besondere Konflikte /Synergien)
Stilllegung von Waldflächen, Reduktion der Holznutzung	Nicht darstellbar wegen Entwicklung der Stilllegungsfläche sowie Abhängigkeit von den Bestandsmerkmalen	a) 5 % der Waldfläche bis 2030 b) wie a) + 10 % zusätzlicher Holznutzungsverzicht	Keine Minderung der Emissionen im Gesamtsystem sondern Mehrung bei Einbeziehung des Holzproduktspeichers. Verminderte Mitigationsleistung: a) - 175 Mio. t CO_2-Äq bis 2052; ca. - 4,4 Mio. t CO_2-Äq/Jahr b) - 1.260 Mio. t CO_2-Äq bis 2052; ca. - 31,5 Mio. t CO_2-Äq/Jahr	Nicht darstellbar, da keine Vermeidungsleistung; Kosten: a) 144–557 Mio. €/Jahr b) 451-1.492 Mio €/Jahr	Gilt für beide Szenarien
Veränderung der Produktionssysteme	Nicht darstellbar wegen Abhängigkeit von den Bestandsmerkmalen	a) Verlängerung um 20 Jahre b) Vorratsabsenkung auf Niveau von BWI 1	Keine Minderung der Emissionen im Gesamtsystem sondern Mehrung gegenüber Basisszenario Emissionen: a) + 213 Mio. t CO_2-Äq bis 2048 b) + 198 Mio. t CO_2-Äq bis 2048	Nicht darstellbar, da keine Vermeidungsleistung. Kosten/Nutzen der Maßnahme: a) 56,0 Mrd. € bis 2048 b) -56,8 Mrd. € bis 2048, d. h. Nutzen!	

Maßnahmen in der Forstwirtschaft (3/3)

Maßnahme (Kapitelnummer)	Minderungspot. pro Fläche oder Produkteinheit	Fläche oder Produkteinheit (ggf. Szenarios)	THG-Minderungspotenzial	Vermeidungskosten	Bemerkungen (besondere Konflikte /Synergien)
Veränderung der Baumartenzusammensetzung	Nicht anwendbar	Nadelholz dominiert (70 % Nadelholz)	ca. 56 Mio. t CO_2-Äq höheres Minderungspotenzial bei Nadelholz-dominierten Anbausystemen im Vergleich zum BAU.	Negative Vermeidungskosten: -173,4 Mrd. € bis 2052 → -145 €/t CO_2-Äq, d. h. Nutzen!	Das Potenzial ist nur sehr langfristig realisierbar
Wiedervernässung von Moorwäldern	4-15,5 t CO_2-Äq/ha/Jahr	Nicht anwendbar	Theoretisches Potenzial, aber sehr ungewisse Informationslage.	10.000 bis 30.000€/ha	

Maßnahmen in der Holzwirtschaft

Maßnahme (Kapitelnummer)	Minderungspot. pro Fläche oder Produkteinheit	Fläche oder Produkteinheit (ggf. Szenarios)	THG-Minderungspotenzial	Vermeidungskosten
Erhöhung der stofflichen Nutzung von Holz in langlebigen Holzprodukten	Nicht anwendbar	Szenario z. T. basierend auf Szenario b von 5.4.3	13,1 Mio. t CO_2-Äq/Jahr + energetischer Substitutionseffekt 3,9 Mio. t CO_2-Äq/Jahr, allerdings anfangs hoher Abbau des C-Speichers im Wald. Daher erst langfristige Netto-Wirksamkeit der Maßnahme.	Keine Kosten – 69 €
Steigerung der Effizienz beim Holzrohstoff- und Energieeinsatz in der Holzindustrie	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	15.000 t CO_2-Äq/Jahr	Schwer bezifferbar
Steigerung des Einsatzes von Altholz und der Kaskadennutzung in der Holzindustrie	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	

Übergeordnete, generelle Empfehlungen

- Anstrengungen für eine globale Klimaschutzstrategie verstärken
- Bepreisung von THG-Emissionen als anreizorientiertes Instrument nutzen
- Sektorübergreifende THG-Minderungsziele nicht zu kleinteilig her-unterbrechen
- Klimaschutzpolitik sektorübergreifend kohärent gestalten
- Transformation zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft als langfristi-gen Lern- und Anpassungsprozess auffassen
- Quellgruppe LULUCF in die nationale und die EU-Klimapolitik nach 2020 verstärkt einbeziehen

Maßnahmenpakete im Bereich Land- und Forstwirtschaft sowie Holzverwendung und beim Konsum von Lebensmitteln

Die quantitativ größten Minderungspotenziale liegen in absteigender Reihenfolge in folgenden Bereichen:

	langfristig wirksam werdend	mittelfristig wirksam werdend	Kurzfristig wirksam werdend
Veränderung der Baumartenzusammensetzung in der forstlichen Produktion (Erhöhung des Nadelbaumanteils)	X		
Schutz von Mooren unter derzeitiger landwirtschaftlicher Nutzung	X		
Reduzierung des Konsums tierischer Produkte		X	
Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (z. B. aus Kurzumtriebsplantagen, KUP)		X	
Erhöhung der stofflichen Nutzung von Holz in langlebigen Holzprodukten	X		
Verbesserung der N-Effizienz der Düngung (kurzfristig wirksam werdend)			X

Langfristig: Wirkung erst nach mehr als 20 Jahren, mittelfristig: 5 bis 20 Jahre, kurzfristig: bis 5 Jahre

Maßnahmen-paket „Moderater Klimaschutz“

Land-wirtschaft

Maßnahme (Kapitelnummer)	**Fläche/Pro-dukteinheit (ggf. Szenarios)**	**Minderungs-potenzial** (Mio. t CO_2-Äq/Jahr)	**Vermeidungskosten** (€/t CO_2-Äq, ca.)	**Zeithorizont**	**Anmerkungen**
Landwirtschaft		**23 bis 24 Gesamt-potenzial**			
Erhaltung von Dauergrünland (5.2.2.1)	34.100 ha/Jahr (im Vgl. zu Umbruch 2005-2010)	2,5 - 3,1	15 – 60	sofort umsetzbar und wirksam	Synergien zu Gewässerschutz und Naturschutz (extensives Grünland)
Verbesserung der N-Effizienz der Düngung (5.2.4.1)	16,7 Mio. ha LF	5,8	29 – 57	z.T. sofort umsetzbar und wirksam (Düngeverordnung, AUM)	hohe Synergien zu anderen Umweltzielen
Gasdichte Abdeckung vorhandener Gärrestlager (5.2.6.1.1)	Nicht anwendbar	2,0	2 – 100	sofort über 2.-Säule-Maßnahmen förderbar, EEG 2016 sollte gasdichte Abdeckung zur Voraussetzung für Teilnahme an Ausschreibung machen	Maßnahme verliert an Bedeutung, wenn Biogasanlagen nach Ablauf der 20jährigen Fördergarantie nicht weiter betrieben werden.
Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (5.2.6.2)	425.000 ha (50 % des angenommenen Potenzials)	6,0	-25 – 7	bisheriger Anbauumfang vernachlässigbar gering, daher keine schnelle Umsetzung zu erwarten.	Durch energetische Substitution im Gegensatz zur Aufforstung nach wenigen Jahren wirksam, Kaskadennutzung würde Minderungspotenzial erhöhen
Schutz von Mooren unter landwirtschaftlicher Nutzung (5.2.1.1)	300.000 ha	7,0	2 – 380	nur sehr langfristig umsetzbar (20-30 Jahre), positiver Klimaeffekt erst ca. 20 Jahre nach Wiedervernässung	oft hohe Synergien zu Naturschutz, Existenzgefährdung für Landwirte mit hohem Moorflächenanteil

Maßnahmen-paket „Moderater Klimaschutz“

Ernährung

Maßnahme (Kapitelnummer)	**Fläche/Produkteinheit (ggf. Szenarios)**	**Minderungspotenzial** (Mio. t CO_2-Äq/Jahr)	**Vermeidungskosten** (€/t CO_2-Äq, ca.)	**Zeithorizont**	**Anmerkungen**
Konsum von Lebensmitteln		**14 Gesamtpotenzial**			
Umsetzung der DGE-Qualitätsstandards in der Gemeinschaftsverpflegung (5.3.5)	2,5 Mrd. Mittagessen in der Gemeinschaftsverpflegung jährlich	im Minderungspotenzial von 5.3.2 und 5.3.3 bereits enthalten	Keine Informationen	kurzfristig umsetzbar in Kantinen der öffentlichen Hand einschl. der Verpflegung in Schulen und Kitas	Ausgewogene Ernährung hat Synergien zu Gesundheitsförderung/-erhaltung
Konsum tierischer Produkte gemäß den Empfehlungen der DGE (5.3.2)	81 Mio. Einwohner: 50 % des max. Potenzials	11,0	Konsumenten: tendenzielle Kostenminderung; sektorale Anpassungskosten	Änderungen des Ernährungsverhaltens erfolgen mittelfristig. Ausschöpfung des Minderungspotenzials vermutlich in 20 Jahren erreichbar	Potenzieller Konflikt mit Grünlanderhalt. Entschärfung durch stärker grünlandbasierte Rinderhaltung oder alternative Grünlandnutzungen.
Reduzierung von Lebensmittelabfällen (5.3.3)	25 % der vermeidbaren Abfälle werden vermieden	3,0	keine Informationen	Potenzial insb. bei Verbrauchern. Verbraucherverhalten kann sich mittelfristig ändern	Synergien zu Umwelt- und Naturschutzzielen durch verringerten Ressourceneinsatz.

Maßnahmen-paket „Moderater Klimaschutz“

Forst-wirtschaft und Holz-verwendung

Maßnahme (Kapitelnummer)	**Fläche/Pro-dukteinheit (ggf. Szenarios)**	**Minderungs-potenzial** (Mio. t CO_2-Äq/Jahr)	**Vermeidu ngskoste n** (€/t CO_2-Äq, ca.)	**Zeithorizont**	**Anmerkungen**
Forstwirtschaft und Holzverwendung		**28 Ge-samtpotenzial**			
Veränderung der Baumartenzusamme nsetzung: 70 % Nadelholz (5.4.4)	50 % des maximalen Potenzials. Effekt kann nur teilweise angerechnet werden	27,8	-145 (über die gesamte Laufzeit), d. h. keine Kosten, sondern Nutzen	Minderungseffekt (Substitutionspotenzi al) tritt nur sehr langfristig ein, wenn Waldumbau goßflächig umgesetzt ist und die Bestände für langlebige Holzprodukte geerntet werden können.	Zielkonflikt mit Naturschutz

Maßnahmenpaket „ambitionierter Klimaschutz“

Landwirtschaft (1/2)

Maßnahme (Kapitelnummer)	**Fläche/Produkteinheit (ggf. Szenarios)**	**Minderungspotenzial** (Mio. t CO_2-Äq/Jahr)	**Vermeidungskosten** (€/t CO_2-Äq, ca.)	**Zeithorizont**	**Anmerkungen**
Landwirtschaft		**40-44 Gesamtpotenzial**			
Erhaltung von Dauergrünland (5.2.2.1)	34.100 ha/Jahr (im Vgl. zu Umbruch 2005-2010)	2,5 - 3,1	15 – 60	sofort umsetzbar und wirksam	Synergien zu Gewässerschutz und Naturschutz (extensives Grünland)
Verbesserung der N-Effizienz der Düngung (5.2.4.1)	16,7 Mio. ha LF	5,8	29 – 57	z.T. sofort umsetzbar und wirksam (Düngeverordnung, AUM)	hohe Synergien zu anderen Umweltzielen
Gasdichte Abdeckung vorhandener Gärrestlager (5.2.6.1.1)	Nicht anwendbar	2,0	2 - 100	Sofort über 2.-Säule-Maßnahmen förderbar, EEG 2016 sollte gasdichte Abdeckung zur Voraussetzung machen	Maßnahme verliert an Bedeutung, wenn Biogasanlagen nach Ablauf der 20jährigen Fördergarantie nicht weiter betrieben werden.
Verstärkter Wirtschaftsdüngereinsatz in Biogasanlagen (Bestandsanlagen) (5.2.6.1.2)	Nicht anwendbar	1,0 – 4,8	Nicht anwendbar	sofort z. B. über Investitionshilfen förderbar	Verliert an Bedeutung, wenn Anlagen nach der 20jährigen Fördergarantie nicht weiter betrieben werden.
Lignucellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (5.2.6.2)	850.000 ha (100 % des angenommenen Potenzials)	12,0	-25 – 75	bisheriger Anbauumfang vernachlässigbar gering, daher keine schnelle Umsetzung zu erwarten.	Durch energetische Substitution im Gegensatz zur Aufforstung nach wenigen Jahren wirksam, Kaskadennutzung würde Minderungspotenzial erhöhen
Reduzierung der Verwendung von Torf als Pflanzsubstrat (5.2.1.2)	Nicht anwendbar	1,1 – 1,5	k.D.	Torfersatzstoffe bisher nicht ausreichend verfügbar. Im Hobbybereich Ausstieg innerhalb weniger Jahre möglich.	Synergien zu Umweltzielen. Je nach Ausgangsmaterial für Torfersatzstoffe Nutzungskonkurrenz zu energetischer Verwendung.

Maßnahmen-paket „ambitionierter Klimaschutz“

Landwirtschaft (2/2)

Maßnahme (Kapitelnummer)	**Fläche/Produkteinheit (ggf. Szenarios)**	**Minderungspotenzial** (Mio. t CO_2-Äq/Jahr)	**Vermeidungskosten** (€/t CO_2-Äq, ca.)	**Zeithorizont**	**Anmerkungen**
Landwirtschaft		**40-44 Gesamtpotenzial**			
Schutz von Mooren unter landwirtschaftlicher Nutzung (5.2.1.1)	900.000 ha	15,2	2 – 380	nur sehr langfristig umsetzbar (20-30 Jahre), positiver Klimaeffekt erst 20 Jahre nach Wiedervernässung	oft hohe Synergien zu Naturschutz, Existenzgefährdung für Landwirte mit hohem Moorflächenanteil.

Maßnahmenpaket „ambitionierter Klimaschutz“

Ernährung

Maßnahme (Kapitelnummer)	**Fläche/Produkteinheit (ggf. Szenarios)**	**Minderungspotenzial** (Mio. t CO_2-Äq/Jahr)	**Vermeidungskosten** (€/t CO_2-Äq, ca.)	**Zeithorizont**	**Anmerkungen**
Konsum von Lebensmitteln		**34-35 Gesamtpotenzial**			
Umsetzung der DGE-Qualitätsstandards in der Gemeinschaftsverpflegung (5.3.5)	2,5 Mrd. Mittagessen in der Gemeinschaftsverpflegung jährlich	im Minderungspotenzial von 5.3.2 und 5.3.3 bereits enthalten	Keine Informationen	kurzfristig umsetzbar in Kantinen der öffentlichen Hand einschl. der Verpflegung in Schulen und Kitas; in anderen Bereichen eher mittelfristig.	Ausgewogene Ernährung hat Synergien zu Gesundheitsförderung/-erhaltung Potenzieller Konflikt mit Grünlanderhalt. Entschärfung durch stärker grünlandbasierte Rinderhaltung oder alternative Grünlandnutzungen
Reduzierung des Konsums von Wasser aus Flaschen (5.3.4)	75 % von 143,5 l pro Kopf/Jahr	1,8	Kostenminderung für Konsumenten	mittelfristig erreichbar	Kostenminderung für Konsumenten
Verzicht auf Flugware (5.3.7)	Reduzierung der Flugware-induzierten Emissionen um 80 %	0,7 – 1,7	Kostenminderung für Konsumenten	mittelfristig erreichbar	wirtschaftlicher Schaden in exportorientierten Entwicklungsländern möglich
Konsum tierischer Produkte gemäß den Empfehlungen der DGE (5.3.2)	81 Mio. Einwohner	22,0	Konsumenten: tendenzielle Kostenminderung; sektorale Anpassungskosten	mittelfristig erreichbar	Reduzierung des Konsums von Rindfleisch und Milch(produkten) und Grünlanderhalt dann nicht konfligierend, wenn Rinderhaltung stärker grünlandbasiert erfolgt.
Reduzierung von Lebensmittelabfällen (5.3.3)	75 % der vermeidbaren Abfälle werden vermieden	9,0	keine Informationen	Potenzial insb. bei Verbrauchern. Verbraucherverhalten kann sich mittelfristig ändern	Synergien zu Umwelt- und Naturschutzzielen durch verringerten Ressourceneinsatz.

Maßnahmenpaket „ambitionierter Klimaschutz“

Forstwirtschaft und Holzverwendung

Maßnahme (Kapitelnummer)	**Fläche/Produkteinheit (ggf. Szenarios)**	**Minderungspotenzial** (Mio. t CO_2-Äq/Jahr)	**Vermeidungskosten** (€/t CO_2-Äq, ca.)	**Zeithorizont**	**Anmerkungen**
Forstwirtschaft und Holzverwendung		**56 Gesamtpotenzial**			
Veränderung der Baumartenzusammensetzung (5.4.4)	Nadelholz dominiert (70 %), 100 % des maximalen Potenzials	Ca. 56,0	-145 (über die gesamte Laufzeit), d. h. keine Kosten, sondern Nutzen	Minderungseffekt (Substitutionspotenzial) tritt nur sehr langfristig ein, wenn Waldumbau auf großer Fläche umgesetzt ist und die Bestände für langlebige Holzprodukte geerntet werden können.	Zielkonflikt mit Naturschutz

Zusammenfassung: Potenziale der Emissionsminderungen bzw. zusätzlichen Kohlenstofffestlegun-gen der Maßnahmenpakete „Moderater Klimaschutz“ und „Ambitionierter Kli-maschutz“

	Moderater Klimaschutz	Ambitionierter Klimaschutz
Landwirtschaft	23 bis 24 Mio. t	40 bis 44 Mio. t
Konsum von Lebensmitteln	14 Mio. t	34-35 Mio. t
Forstwirtschaft und Holzverwendung	28 Mio. t	56 Mio. t
Summe[1)] der erfassten Maßnahmen	65 bis 66 Mio. t	130 bis 135 Mio. t

Anm.: Bei der Interpretation sind die methodischen Hinweise (s. Kap. V der Zusammenfassung) zu beachten.

[1)] Bei Konsum von Lebensmitteln und Landwirtschaft liegt teilweise eine Doppelzählung vor.

Empfehlungen im Bereich der Landwirtschaft

- Stickstoffeffizienz der Düngung verbessern
  - Düngerecht verschärfen und konsequent umsetzen (Adressat: Bund, Länder)
  - Stickstoffabgabe einführen, wenn N-Überschüsse nicht hinreichend reduziert werden (Adressat: Bund)
  - Weitere Maßnahmen zur N-Effizienzverbesserung der Düngung nutzen (Adressat: Länder, Bund, Wirtschaft)
- Landwirtschaftlich genutzte Moore differenziert schützen (Adressat: Bund, Länder)
- Torfausstiegsstrategie erarbeiten und umsetzen (Adressat: Bund, Länder)
- Dauergrünland nach Schutzwürdigkeit gestaffelt schützen (Adressat: Länder, Bund)
- Bioenergieförderung auf sinnvolle Energielinien beschränken
  - Förderung der Biokraftstoffe der ersten Generation abbauen (Adressat: Bund)
  - Klimaschutzleistung bestehender Biogasanlagen erhöhen, Neuan-lagen nur bei Vergärung hoher Anteile von Gülle oder Reststoffen (Adressat: Bund, Länder)
  - Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (z. B. Kurzumtriebsplantagen) fördern (Adressat: Bund, Länder)
- THG-Vermeidungskosten durch EU-weite Ausschreibungen verrin-gern (Adressat: Bund)
- Als Klimaschutzmaßnahmen nicht eindeutig empfehlenswert:
  - Förderung im Inland erzeugter Körnerleguminosen
  - Förderung ökologischen Landwirtschaft

Empfehlungen im Bereich des Konsums von Lebensmitteln

- Konsumsteuerung als Politikfeld etablieren
  - Learning-by-Doing-Ansätze nutzen: Multiple Maßnahmen implementieren, empirische Evidenz generieren, neue Steuerungsoptionen nutzen und weiterentwicklen
  - Konsumenten verständlich und motivational wirksam über klimafreundliches Ernährungsverhalten informieren (Adressat: Bund, Länder)
  - Machbarkeit von „Klima-Label“ prüfen (Adressat: Bund, Länder, Wirtschaft)
  - Kontexte schaffen, die klimafreundliche Ernährung begünstigen: Nudging und Priming als Mittel für eine klimafreundlichere Ernährung nutzen (Adressat: Länder, Kommunen, Wirtschaft)
- Konsum tierischer Produkte reduzieren (Adressat: Bund, Länder)
  - Informationskampagnen schärfen und überarbeiten (Adressat: Bund)
  - Mit der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung eine Vorreiterrolle einnehmen (Adressat: Länder, Kommunen)
  - Reduzierung des Mehrwertsteuersatzes für tierische Produkte abschaffen und sozialpolitisch flankieren (Adressat: Bund)
- Weniger Lebensmittel wegwerfen (Adressat: Bund, Länder, Kommunen)
- Auch andere Lebensmittel durch klimafreundlichere ersetzen:
  - Leitungs- statt Mineralwasser trinken (Adressat: Bund, Länder, Kommunen)
- Mit der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung eine Vorreiterrolle einnehmen (Adressat: Kommunen, Länder, Bund)
- Als Klimaschutzmaßnahmen nicht eindeutig empfehlenswert:
  - frisch zubereitete Lebensmittel
  - Konsum von Bio- bzw. Ökolebensmitteln

Empfehlungen im Bereich Forstwirtschaft und Holzverwendung

- Produktive Wälder sichern und nachhaltig nutzen
  - Anbau von angepassten und produktiven Baumarten fördern (Adressat: Bund, Länder, Zertifizierungssysteme)
  - Wälder zielgerecht pflegen und nutzen (Adressat: EU, Bund, Länder)
  - Waldbesitzer beraten und unterstützen (Adressat: EU, Bund, Länder)
- Waldböden und Kohlenstoffspeicherung in Waldböden schützen
  - Bodenschutz gewährleisten (Adressat: Bund, Länder)
  - Waldmoore renaturieren (Adressat: Bund, Länder)
- Klimaschutz bei Waldnaturschutzmaßnahmen beachten
  - Klimaschutzeffekte bei der Auswahl von Waldschutzgebieten berücksichtigen (Adressaten: Bund, Länder, Kommunen)
  - Klimaschutzeffekte bei Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen berücksichtigen (Adressat: Bund, Länder und Kommunen)
- Holzproduktspeicher ausbauen, Substitutionseffekte durch Holz stärken
  - „Langlebigkeit“ von Holzprodukten steigern (Adressat: Bund, Länder)
  - Kaskadennutzung in der Holznutzung fördern (Adressat: Bund, Industrie)
  - Neue Produkte entwickeln (Adressat: Bund, Länder, Industrie)
  - Beratung zur Holzverwendung ausbauen (Adressat: Bund)
  - Holzforschung und –lehre entwickeln (Adressat: EU, Bund, Länder)
- Öffentlichkeit über die positiven Klimaschutzwirkungen von Forstwirtschaft und Holzverwendung informieren (Adressat: Bund, Länder)

THG-Emissionen in den Quellgruppen 3 (Landwirtschaft) und 4 (LULUCF)

	1990	2000	2010	2014	*Änderung 2014 gegenüber 1990*
		in Mio. t CO_2-Äq			*in %*
3. Landwirtschaft	**77,7**	**67**	**62,3**	**66,1**	***-15 %***
A. Fermentation (CH_4)	34,7	27,1	24,6	24,9	*-28 %*
B. Düngerwirtschaft (CH_4)	8,1	7,2	6,3	6,2	*-23 %*
B. Düngerwirtschaft (N_2O)	5,1	4,0	3,9	3,9	*-24 %*
D. Landwirtschaftliche Böden (N_2O)	28,3	25,9	24,1	26,5	*-5 %*
G. Kalkung (CO_2)	1,4	2,1	1,7	2,2	*54 %*
H. Harnstoff (CO_2)	0,5	0,6	0,6	0,7	*45 %*
J. Andere (CH_4, N_20)	0,0	0,0	1,1	1,6	*416.430 %*
4. LULUCF	**-31,3**	**-38,0**	**-16,3**	**-15,0**	**-52 %**
A. Wälder	-75,3	-76,5	-58,0	-57,8	-23 %
B. Ackerland	12,9	13,1	14,3	14,7	14 %
C. Grünland	26,2	25,9	23,9	22,9	-13 %
D. Feuchtgebiete	4,1	4,5	4,1	3,9	-4 %
E. Siedlungen	2,0	2,2	3,4	3,5	80 %
G. Holzprodukte	-1,3	-7,2	-4,1	-2,3	73 %
H. Andere	0,1	0,1	0,1	0,1	*-8 %*

Quelle: UBA (2016a).

Maßnahmen in der Landwirtschaft (1/4)

Maßnahme (Kapitelnummer)	Minderungspot. pro Fläche oder Produkteinheit	Fläche oder Produkteinheit (ggf. Szenarios)	THG-Minderungspotenzial	Vermeidungskosten	Bemerkungen (besondere Konflikte /Synergien)
Schutz von Mooren unter landwirtschaftlicher Nutzung	6 – 15 t CO_2-Äq/ha/Jahr bei Extensivierung, 20 – 40 t CO_2-Äq/ha/Jahr bei Wiedervernässung	300.000 - 900.000 ha werden wiedervernässt	7,0 -15,2 Mio. t CO_2-Äq/Jahr	2 – 380 €/t CO_2-Äq	Moorwiedervernässung nur sehr langfristig umsetzbar (20-30 Jahre)
Reduzierung der Verwendung von Torf als Pflanzsubstrat	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	1,1-1,5 Mio. t CO_2-Äq/Jahr	Nicht anwendbar	Erfordert die Entwicklung von entsprechenden Ersatzstoffen
Erhaltung von Dauergrünland	73-91 t CO_2-Äq/ha/Jahr	34.100 ha/Jahr	2,5 bis 3,1 Mio. t CO_2-Äq/Jahr	15 – 60 €/t CO_2-Äq	Minderungspotenzial im Vgl. zum Umbruch in den letzten Jahren
Umwandlung von Acker- zu Dauergrünland	5 – 12 t CO_2-Äq/ha/Jahr	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Hohe Synergien zu Gewässer- und Biodiversitätsschutz. Allerdings ist der Erhalt existierender Grünlandflächen wichtiger als die Neuanlage
Humusschonende Bodenbewirtschaftung	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Synergien mit Boden- und Wasserschutzzielen
Einbringung von Pflanzenkohle in landwirtschaftlich bewirtschaftete Böden	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Bisher unzureichender Erkenntnisstand

Maßnahmen in der Landwirtschaft (2/4)

Maßnahme (Kapitelnummer)	Minderungspot. pro Fläche oder Produkteinheit	Fläche oder Produkteinheit (ggf. Szenarios)	THG-Minderungspotenzial	Vermeidungskosten	Bemerkungen (besondere Konflikte /Synergien)
Verbesserung der N-Effizienz der Düngung	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	5,8 Mio. t CO_2-Äq/Jahr	29 – 57 €/t CO_2-Äq	Hohe Synergien zu Gewässer- und Biodiversitätsschutz
Substitution von chemisch-synthetischen N-Düngern durch Leguminosen	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Maßnahme nur für Futterleguminosen sinnvoll
Substitution von importierten Sojafuttermitteln durch inländ. Körrnerleguminosen	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Wegen hoher Komplexität keine eindeutige Bewertung möglich
Gasdichte Abdeckung vorhandener Gärrestlager	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	2,0- 4,3 Mio. t CO_2-Äq/Jahr	2 - 100 €/t CO_2-Äq	Relativ kostengünstige Klimaschutzmaßnahme die allerdings an Bedeutung verliert, wenn Biogasanlagen nach Ablauf der Fördergarantie nicht weiter betrieben werden
Verstärkter Wirtschaftsdüngereinsatz in Bestandsanlagen	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	1,0 – 4,8 Mio. t CO_2-Äq/Jahr	Nicht anwendbar	Siehe 5.2.6.1.1

Maßnahmen in der Landwirtschaft (3/4)

Maßnahme (Kapitelnummer)	Minderungspot. pro Fläche oder Produkteinheit	Fläche oder Produkteinheit (ggf. Szenarios)	THG-Minderungspotenzial	Vermeidungskosten	Bemerkungen (besondere Konflikte /Synergien)
Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion	10 t CO_2-Äq/ha/Jahr - 18 t CO_2-Äq/ha/Jahr (Miscanthus)	850.000 ha	11,8 Mio. t CO_2-Äq/Jahr Vermeidungspotenzial abhängig von Nutzungsform. Kaskadennutzung würde Minderungspotenzial erhöhen	-25 – 75 €/t CO_2-Äq	Klimaschutz durch energetische Substitution im Gegensatz zur Aufforstung bereits nach wenigen Jahren.
Fütterungsmaßnahmen zur Reduktion der Stickstoffemission	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	0,3 Mio. t CO_2-Äq/Jahr	Nicht anwendbar	Wird in vielen Betrieben bereits umgesetzt, allerdings schwer systematisch zu erfassen
Fütterungsmaßnahmen zur Reduktion der Methanemission	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Wahrscheinlich eher geringes nachhaltiges Potenzial	Nicht anwendbar	Schwer zu erfassen, mögliche negativer Effekte u.a. auf Tierwohl
Züchterische Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Reduktionspotenziale von 15 bis 30 % bei Milchkühen bei Kombination mit 5.2.7.4.	Nicht anwendbar	Schwer systematisch zu erfassen
Sperma-Sexing zur Erzeugung männl. Mastkälber	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	k. D.	Nicht anwendbar	Derzeit noch nicht ausreichend operabel
Management und haltungstechnische Maßnahmen	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Reduktionspotenziale von 15 bis 30 % bei Milchkühen bei Kombination mit 5.2.7.2. Schwer abschätzbar und nur langfristig sichtbar.	Nicht anwendbar	Erhöhung der Lebensleistung bei längerfristig genutzten Tieren sollte unabhängig von Klimaschutz von den Betrieben angestrebt werden

Maßnahmen in der Landwirtschaft (4/4)

Maßnahme (Kapitelnummer)	Minderungspot. pro Fläche oder Produkteinheit	Fläche oder Produkteinheit (ggf. Szenarios)	THG-Minderungspotenzial	Vermeidungskosten	Bemerkungen (besondere Konflikte /Synergien)
Ausdehnung der ökologischen Landwirtschaft	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	k. D.	Nicht anwendbar	Pauschale Förderung des Ökolandbaus allein aus Gründen des Klimaschutzes nicht zielführend.
Verbesserung der Energieeffizienz	15 bis 25 % des betriebl. Energieverbrauchs	Nicht anwendbar	1,5 - 2,4 Mio. t CO_2-Äq/Jahr	Nicht anwendbar	Viele der Maßnahmen führen auch zu Kosteneinsparungen
Reduzierung der Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Flächen	Ca. 2,6 t CO_2-Äq/ha	ca. 55.000 ha	Ca. 0,02 Mio. t CO_2-Äq/Jahr	Nicht anwendbar	Klimawirkung unklar

Maßnahmen in der Ernährung (1/3)

Maßnahme (Kapitelnummer)	Minderungspot. pro Fläche oder Produkteinheit	Fläche oder Produkteinheit (ggf. Szenarios)	THG-Minderungspotenzial	Vermeidungskosten	Bemerkungen (besondere Konflikte /Synergien)
Konsum tierischer Produkte gemäß den Empfehlungen der DGE	0,3 t CO_2-Äq/Kopf/Jahr	ca. 81 Mio. Einwohner	Ca. 22 Mio. t CO_2-Äq/Jahr durch Umsetzung der DGE-Empfehlungen	Für Konsumenten tendenzielle Reduzierung der Kosten. Für Land- und Ernährungswirtschaft Anpassungskosten.	Weitere Einsparungen durch vegetarische Ernährung möglich Ernährungsempfehlungen der Fachgesellschaften (Ernährung und Medizin) müssen beachtet werden
Reduzierung von Lebensmittelabfällen	Nicht ausreichend quantifizierbar	Verbrauch in Haushalten, Gastronomie, Verarbeitung und Handel	Vermeidbare Lebensmittelabfälle werden vermieden um 100 %: 12 Mio. t CO_2-Äq/Jahr 75 %: 9 Mio. t CO_2-Äq/Jahr 25 %: 3 Mio. t CO_2-Äq/Jahr 50 %: 6 Mio. t CO_2-Äq/Jahr	Für Konsumenten Reduzierung der Kosten. Für Land- und Ernährungswirtschaft Anpassungskosten.	Für Konsumenten Reduzierung der Kosten Für Land- und Ernährungswirt-schaft Anpassungskosten
Reduzierung des Konsums von Wasser aus Flaschen	210 g CO_2-Äq pro Liter	143,5 l pro Kopf/Jahr	0,6-2,4 Mio. t CO_2-Äq/Jahr, wenn Mineralwasser zu 25 bzw. 100 % durch Leitungswasser ersetzt wird	< 0, Verbraucher sparen Geld	Neben Umsatzrückgängen beim Handel keine negativen Auswirkungen zu erwarten
Umsetzung der DGE-Qualitäts-standards in der Gemeinschafts-verpflegung	Nicht anwendbar	2,5 Mrd. Mittagessen in Gemeinschafts verpflegung jährlich	3,0-3,6 Mio. t CO_2-Äq/Jahr (im Minderungspotenzial von 5.3.2 bereits enthalten)	Keine Informationen	Minderungspotenzial ohne zusätzliche Abfallvermeidung und ohne Angebot von Leitungswasser

Maßnahmen in der Ernährung (2/3)

Maßnahme (Kapitelnummer)	Minderungspot. pro Fläche oder Produkteinheit	Fläche oder Produkteinheit (ggf. Szenarios)	THG-Minderungspotenzial	Vermeidungskosten	Bemerkungen (besondere Konflikte /Synergien)
Reduzierung von Emissionen bei der Einkaufsfahrt	Nicht ausreichend quantifizierbar	Nicht ausreichend quantifizierbar	Nicht ausreichend quantifizierbar. Sehr von Einkaufsverhalten abhängig.	Verbraucher sparen Geld, Organisations- und Zeitaufwand sowie Lebensmittelabfälle steigen ggf.	Minderungspotenzial verringert sich, je größer der Anteil der Transporte wird, die auf klimaneutralen regenerativen Energien basieren
Verzicht auf Flugware	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Reduzierung der Flugware-induzierten THG-Emissionen um 80 %: 0,7 – 1,7 Mio. t CO_2-Äq/Jahr	< 0, Kosten für Lebensmittel sinken leicht.	Kann wirtschaftlichen Schaden in exportorientierten Entwicklungsländern verursachen
Reduktion von Transportemissionen durch Konsum regionaler Produkte	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Ca. 0,5 – 2,6 Mio. t CO_2-Äq/Jahr	Keine Informationen	Nur sehr grobe Abschätzung möglich, hohe Unsicherheit
Konsum saisonaler Produkte aus dem Freiland bzw. unbeheizten Gewächshäusern	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Substitution der Gewächshausproduktion durch Anbau im Freiland /unbeheizten Gewächshaus um • 100 %: 0,7 Mio. t CO_2-Äq/Jahr • 50 %: 0,3 Mio. t CO_2-Äq/Jahr	Nicht ausreichend quantifizierbar, Kosten für Lebensmittel steigen leicht.	Nur sehr grobe Abschätzung mög-lich, hohe Unsicherheit

Maßnahmen in der Ernährung (3/3)

Maßnahme (Kapitelnummer)	Minderungspot. pro Fläche oder Produkteinheit	Fläche oder Produkteinheit (ggf. Szenarios)	THG-Minderungspotenzial	Vermeidungskosten	Bemerkungen (besondere Konflikte /Synergien)
Konsum frisch zubereiteter Lebensmittel	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Unsicher, eher gering	Lebensmittelkosten sinken leicht. Aufwand für Zubereitung steigt deutlich	Nur sehr grobe Abschätzung mög-lich, hohe Unsicherheit. Keine Klimamaßnahme
Konsum von Produkten aus dem Ökolandbau	kontext- und produktabhängig	Nicht anwendbar	Nicht ausreichend quantifizierbar	Kosten für Lebensmittel steigen. Fördermittel.	Förderung des Ökolandbaus aus Gründen des Klimaschutzes eher nicht zielführend

Durch erneuerbare Energien 2014 in Deutschland vermiedene THG-Emissionen aus fossilen Quellen und iLUC Kennzahlen

		Vermiedene Emissionen in Mio. t CO_2-Äq	**iLUC-Kennzahlen** in g CO_2-Äq/MJ über 20 Jahre	**Vermiedene Emissionen**[f] mit iLUC in Mio. t CO_2-Äq
1. Bruttostromerzeugung insgesamt erneuerbare Energien		**110,1**		
dar.	biogene Festbrennstoffe u. Klärschlamm		9,7	
	biogene flüssige Brennstoffe		0,2	
	Biogas & Biomethan		10,6	
	biogener Anteil des Abfalls		5,2	
2. Endenergieverbrauch Wärme insgesamt erneuerbare Energien		**36,1**		
dar.	biogene Festbrennstoffe (Haushalte)		17,1	
	biogene Festbrennstoffe (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen)		1,0	
	biogene Festbrennstoffe & Klärschlamm (Industrie)		6,7	
	biogene Festbrennstoffe & Klärschlamm (HW/HKW)		1,2	
	biogene flüssige Brennstoffe		0,4	
	Biogas & Biomethan		2,6	
	biogener Anteil des Abfalls		3,5	

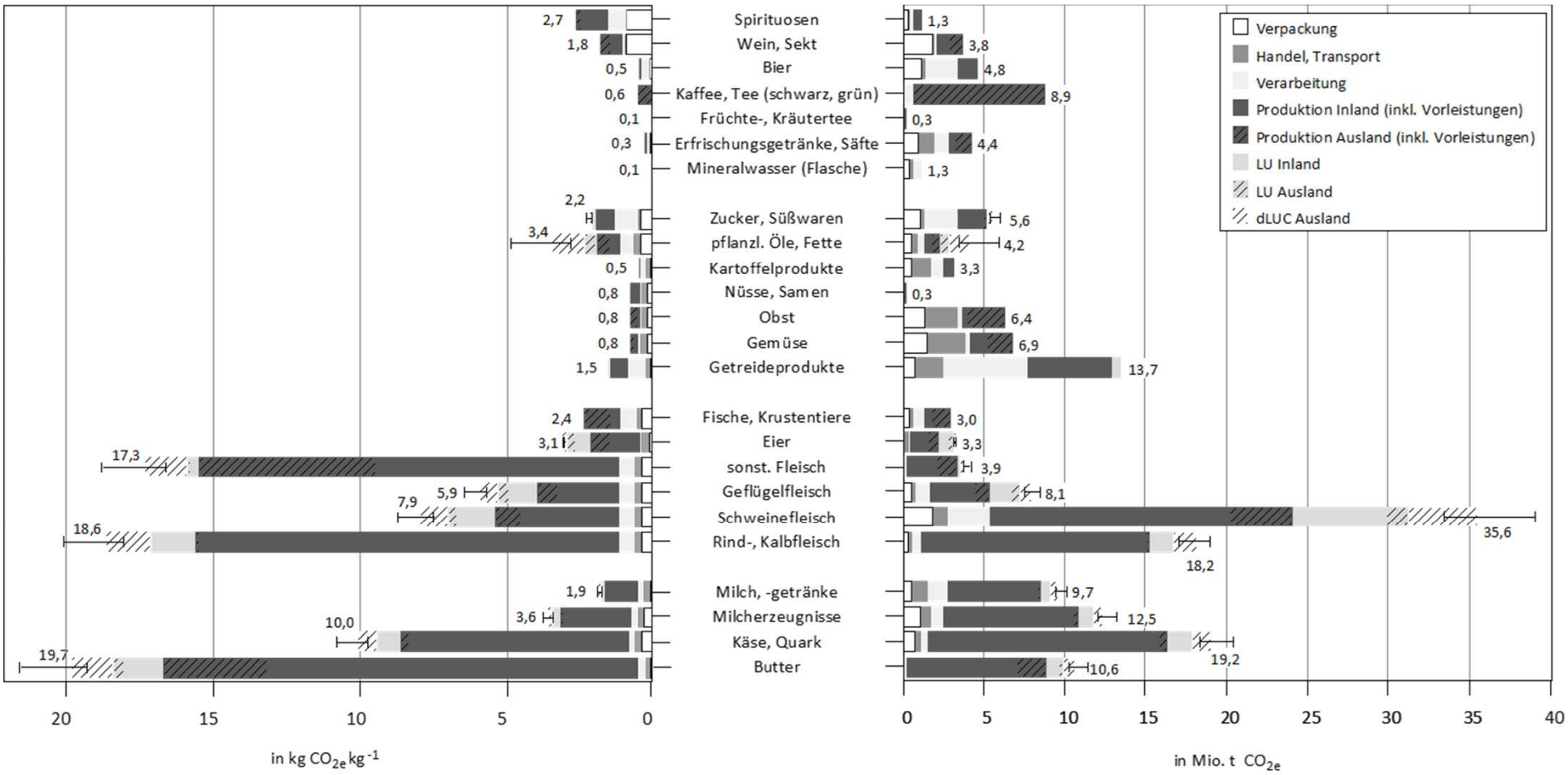
Durch erneuerbare Energien 2014 in Deutschland vermiedene THG-Emissionen aus fossilen Quellen und iLUC Kennzahlen (Fortsetzung)

	Vermiedene Emissionen in Mio. t CO_2-Äq		**iLUC-Kennzahlen** in g CO_2-Äq/MJ über 20 Jahre	**Vermiedene Emissionen**[f] mit iLUC in Mio. t CO_2-Äq
3. Endenergieverbrauch Verkehr insgesamt erneuerbare Energien	**5,2**			
dar. Biodiesel		3,8	46 – 100[a]; 57[b]; 0 – 220[c]; 55[d]	-0,3 – -3,8
Pflanzenöl		< 0,1		
Bioethanol		1,3	7 – 156[a]; 38[e]; -80 – 160[c]; 13[d]	1,2 – -2,0
Biomethan		0,1		
SUMME erneuerbare Energien	**151,4**			
dar. Biomasse-basiert		**63**		
dar. aus heimischer und ausländischer forstlicher Produktion, ca.		36		
aus heimischer u. ausländischer landwirtschaftl. Produktion, ca. (ohne biogenen Abfall)		19		

Treibhausgasemissionen aus Landwirtschaft und Ernährung in Deutschland (in Mio. t CO_2-Äq, Literaturübersicht)

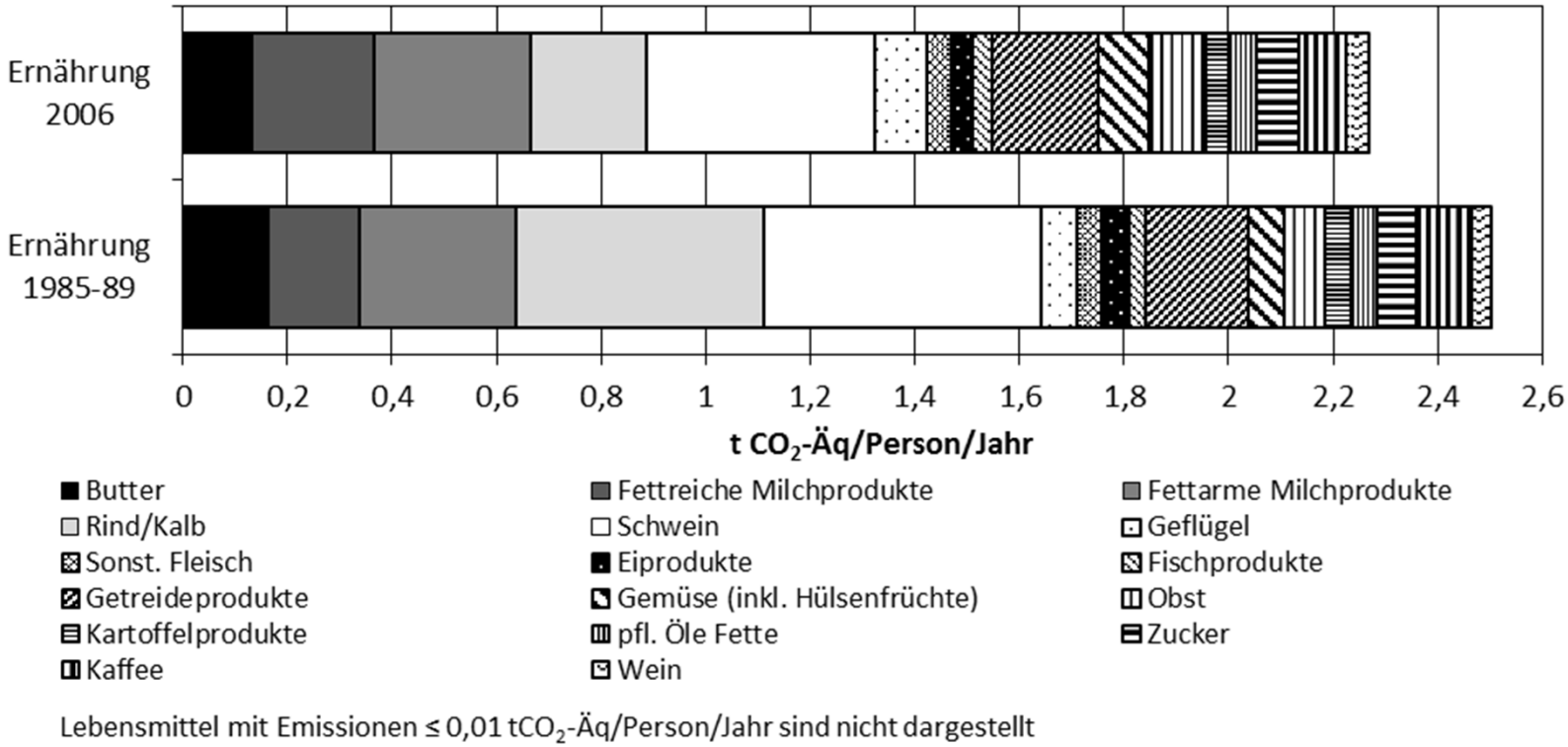
	Quell-gruppe[9]	Enquete-Kommis-sion (1995)	Taylor (2000)[1]	Quack, Rüden-auer (2004)	Quack, Rüden-auer (2007)	BMELV (2008)[2]	Osterburg et al. (2013b)[6]	Meier (2014)	*Anteil in %* (bezogen auf cradle-to-store)
Jahresbezug		1991	1996	2001	2005	1991-2005	2007	2006	
Landnutzung	4A, 4B					**42**	**35**	**29**	***15***
dar. dLUC Ausland								12	
dar. LU Ausland								3	
dar. LU Inland								14	
Landwirtschaft incl. Vorleistungen		**135**	**103** [3]	**134** [4]		**115**	**96**	**108**	***57***
dar. Vorleistungen						32	28	21	
dar. Landw. direkt	3					83	68	87	
- Inland								59	
- Ausland								28	
Verarbeitung		**15**				**11**	**9** [7]	**21**	***11***
Handel/Transport		**22**	**9**			**22**	**15** [7]	**14**	***7***
Verpackung		**13**	**6**	**9**		**13**		**18**	***10***
Zwischensumme (cradle-to-store)		**185**	**118**	**143**	**125**	**203**		**189** [8]	***100***
Haushalt/Gastronomie		75	27	36	37	75		27-75 [5]	
Summe		**260**	**145**	**179**	**162**			**216-264**	

Treibhausgasemissionen pro kg Lebensmittel und CO_2-Äq-Emissionen des Gesamtverbrauchs in Deutschland im Jahr 2006



Quelle: Meier (2014a)

Treibhausgasemissionen nach verzehrten Lebensmitteln in der Bundesrepublik (1985-99) bzw. in Deutschland (2006) in t CO_2-Äq pro Person/Jahr



Lebensmittel mit Emissionen ≤ 0,01 tCO_2-Äq/Person/Jahr sind nicht dargestellt

Quelle: Meier (2014a)

Klima- und energiepolitische Ziele in Deutschland und in der EU

THG-Ziel	EU	Quelle	Deutschland	Quelle
Reduzierung der THG-Emissionen (ggü. 1990)	-8 % (2008-2012)	a)	-21 % (2008-2012)	b)
	-40 % (2030), -80 bis -95 % (2050)	d), i)	-40 % (2020), -55 % (2030), -70 % (2040), -80 bis -95 % (2050)	c)
Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch	27 % (2030)	d)	18 % (2020), 30 % (2030), 45 % (2040), 60 % (2050)	c)
Bruttostromverbrauch			35 % (2020), 40-45 % (2025), 50 % (2030), 55-60 % (2035), 65 % (2040), 80 % (2050)	c), e)
Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte			14 % (2020)	f)
Anteil von Biokraftstoffen am Kraftstoffverbrauch	10 % aus erneuerbaren Energien, dabei höchstens 7 % aus konventionellen Biokraftstoffen	i)	3,5 % (2015) THG-Einsparung ggü. fossilen Kraftstoffen, 4,0 % (2017), 7,0 % (2020)	g)
THG-Minderungspotential, das Biokraftstoffe erreichen müssen um für die in in der vorherigen Zeile genannten Ziele angerechnet zu werden	35 %, 50 % (ab 2017), 60 % (ab 2018 bei Inbetriebnahme nach 31.12.2016)			h), i)
Reduzierung des Primär-energieverbrauchs (ggü. 2008)			-20 % (2020), -50 % (2050)	c)
Verbesserung der Energieeffizienz (ggü. Status-quo-Projektion)	+27 % (2030)	d)		
Reduzierung des Stromverbrauchs (ggü. 2008)			-10 % (2020), -25 % (2050)	c)
Reduzierung des Endenergie-verbrauchs im Verkehrsbereich (ggü. 2005)			-10 % (2020), -40 % (2050)	c)

THG-Reduzierungen in der EU gemäß des Kommissionsvorschlags „Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO_2-armen Wirtschaft bis 2050“ ggü. 1990

	2005	2030	2050
Insgesamt	-7 %	-40 bis -44 %	-79 bis -82 %
nach Sektoren			
Stromerzeugung (CO_2)	-7 %	-54 bis -68 %	-93 bis -99 %
Industrie (CO_2)	-20 %	-34 bis -40 %	-83 bis -87 %
Verkehr (einschl. CO_2 aus der Luftfahrt, ohne Seeverkehr)	+30 %	+20 bis -9 %	-54 bis -67 %
Wohnen und Dienstleistungen (CO_2)	-12 %	-37 bis -53 %	-88 bis -91 %
Landwirtschaft (Nicht-CO_2)	**-20 %**	**-36 bis -37 %**	**-42 bis -49 %**
Andere Nicht-CO_2-Emissionen	-30 %	-72 bis -73 %	-70 bis -78 %

Quelle: EK (2011a: 6)