

Name: Sabine Gores, Jakob Graichen
Bereich/Projekt: Energie & Klima
Datum: 22/10/2024

Thema: Diskussion der Ergebnisse der Folgenabschätzung für 2040

Das Europäische Klimagesetz schreibt vor, dass die EU-Kommission sechs Monate nach der globalen Bestandsaufnahme unter der Vereinbarung von Paris einen Vorschlag für ein Ziel im Jahr 2040 vorzulegen hat. In der Aktualisierung des Nationally Determined Contribution (NDC) der EU, die allerspätestens zur COP 2025 fällig ist, muss ein Ziel für 2035 übermittelt werden.

Am 6. Februar 2024 hat die EU-Kommission drei Dokumente veröffentlicht: Die Empfehlung für einen Vorschlag zum Treibhausgas-Ziel im Jahr 2040 (EC 2024a), eine umfangreiche begleitende Folgenabschätzung (EC 2024c) und eine „Industrial Carbon Management Communication (ICMC)“ im Dokument „Towards an ambitious Industrial Carbon Management for the EU“ (EC 2024b). Sowohl die Empfehlung als auch die ICMC basieren auf den Ergebnissen der Folgenabschätzung.

Der Zielvorschlag für 2040 ist kein konkreter Gesetzesvorschlag, sondern dient als Empfehlung an die neue EU-Kommission nach der Wahl im Juni 2024. Sowohl mit dem Vorschlag als auch in der Folgenabschätzung wird der Instrumentenrahmen zur Zielerreichung nicht diskutiert.

Das vorliegende Kurzpapier leistet einen Beitrag zur Einordnung der Empfehlung in die Szenarienergebnisse, vergleicht die Szenarienergebnisse mit den Empfehlungen des European Scientific Advisory Boards on Climate Change (ESABCC) und fordert eine weitergehende Transparenz bei der Ausweisung von Szenarienergebnissen in Bezug auf das Kohlenstoffmanagement:

- Die Empfehlung entspricht dem Mittelwert der Szenarien S2 und S3 der Folgenabschätzung, es wird deshalb mit einem S2,5 Szenario gearbeitet.
- Bis auf die Anwendung von Direct Air Carbon Capture and Storage (DACCS) und der Zuordnung von fossilem CCS zu Industrieprozessen liegen die Ergebnisse in einem solchen Szenario für das Jahr 2040 etwa in den Spannen, die das ESABCC aufbereitet hat.
- Zukünftige Szenarienergebnisse sollten auch die Erzeugung von Treibhausgasen neben den Brutto- und Netto-Emissionen ausweisen, um die Anwendung von Kohlenstoffmanagement zu verdeutlichen. Dabei sollte auch verstärkt auf nachvollziehbare und eindeutige sektorale Zuordnungen geachtet werden, so dass Emissionsentwicklungen in Sektoren diskutiert werden können.

1 Quantitative Einordnungen

Die Empfehlung für das Klimaziel 2040 ist eine **Reduktion der Netto-Emissionen um 90 % ggü. dem Jahr 1990**. Um dieses Ziel zu erreichen, sollen die EU-weiten Emissionen weniger als **850 Mt CO₂äq** betragen. Außerdem sollte die Menge der Kohlenstoff-Einbindungen aus der Atmosphäre dabei begrenzt sein auf bis zu **400 Mt CO₂äq**. Diese Menge wird in der Empfehlung nicht aufgeteilt nach landbasierten und industriellen Einbindungen.

In der ICMC wird das Modellergebnis einer gesamten Kohlenstoffabscheidung von etwa **280 Mt CO₂** im Jahr 2040, ansteigend auf 450 Mt CO₂ im Jahr 2050, als Basis für die kommenden Diskussionen angesehen.

In der Folgenabschätzung werden **drei Szenarien (S1-S3)** vorgestellt, die alle am gleichen Punkt im Jahr 2030 starten und im Jahr 2050 die Klimaneutralität erreichen. Sie unterscheiden sich damit

deshalb nur in der Umsetzungsgeschwindigkeit. Zusätzlich wird ein Alternativszenario an verschiedenen Stellen erwähnt (**LIFE**), das additiv zu den drei Szenarien zu verstehen ist und Auswirkungen durch Änderungen im Lebensstil reflektieren soll. In allen Szenarien kommen deutliche, aber unterschiedliche Mengen an Kohlenstoffabscheidung und Speicherung vor. Die vorgestellten Szenarien sollen damit eine klare Richtung vorgeben und Investitionssicherheit vermitteln. Der Fokus liegt dabei besonders auf möglichen technischen Entwicklungen der neuen Technologien zum Kohlenstoffmanagement und der neuen Energieträger. Änderungen im Lebensstil, damit veränderte Aktivitätsraten und Möglichkeiten der Suffizienz sind nur ansatzweise im LIFE-Szenario berücksichtigt. Die Szenarien S1-S3 gehen von einer weitgehend unveränderten Fortsetzung der Konsumgewohnheiten und Produktionsstile aus.

Der Zielvorschlag der EU-Kommission für 2040 von 90 % liegt durchgehend zwischen den Ergebnissen der Szenarien S2 (85-90 %) und S3 (90-95 %). Er entspricht dem unteren Wert der Empfehlung des European Scientific Board on Climate Change (EASBCC) in ESABCC (2023) von 90-95 %. Für die quantitativen Betrachtungen wird im Folgenden ein S 2,5-Szenario analysiert, dass die Mittelwerte der beiden Szenarien widerspiegelt.

Eine Reduktion um 90 % wird in der Folgenabschätzung als nur geringe Erhöhung der Anstrengung gegenüber einer theoretischen „Baseline“ dargestellt: Mit dieser wird bis 2040 unter Fortsetzung der bestehenden Maßnahmen eine Reduktion um 88 % erreicht. Somit ist nach dieser Darstellung die geplante Zielerreichung instrumentenseitig schon fast umgesetzt. Dabei wird von einer Fortschreibung der Linearen Reduktionsfaktoren im Emissionshandelssystem (ETS) der EU ausgegangen, so dass das Cap des ETS-1 im Jahr 2039, das des ETS-2 vor dem Jahr 2045 bei null landen würden. Im Gegensatz zu der Baseline-Modellierung wird in den Szenarioberechnungen allerdings nicht von einer unrevidierten Fortschreibung der linearen Reduktionsfaktoren ausgegangen. Entsprechend ergeben sich nennenswerte Mengen an Restmissionen aus fossilen Energieträgern. In ETS-1-Sektoren summieren sich diese auf ca. 200 Mt Brutto, also nach der Abscheidung von CO₂ (s. Abschnitt 3).

Die Emissionen des **Basisjahrs 1990** werden in den Dokumenten nicht direkt ausgewiesen. Besonders wegen der nicht eindeutigen Bestimmung der Emissionen des internationalen Verkehrs, die im Zielsystem enthalten sind, muss deshalb eine Abschätzung für das Jahr 1990 erfolgen. Mit dieser ergibt sich, dass sich die vorgeschlagene Netto-Reduktion von 90 % in eine **Brutto-Reduktion von ca. 83 %** übersetzen lässt.

Die drei Szenarien S1-S3 starten an einem gemeinsamen Punkt im Jahr 2030. Die Brutto-Emissionen betragen in diesem Jahr nach den Informationen der Folgenabschätzung 2 301 Mt CO₂eq, was einer Reduktion um 53 % ggü. 1990¹ entspricht. Werden die natürlichen und industriellen Senken nach den Informationen der Folgenabschätzung berücksichtigt (-310 und -4 Mt CO₂eq), ergibt sich eine Netto-Reduktion um **58 % ggü. 1990 als Startwert**. Diese Reduktion ist stärker als die offizielle Zielsetzung einer Netto-Reduktion um 55 % für das Jahr 2030. Allerdings wird dabei die gesamte LULUCF-Senke von 310 Mt CO₂eq berücksichtigt und nicht der entsprechend dem Klimagesetz auf 225 Mt CO₂eq begrenzte Wert. Mit dieser Begrenzung ergäbe sich eine Reduktion um 56 % ggü. 1990 als Startwert.

Die vorgeschlagene Menge an Kohlenstoffmanagement bis 2040 von **280 Mt CO₂** entspricht etwa dem Mittelwert der Szenarienergebnisse S2 und S3. Nach dieser Systematik der Mittelwerte der beiden Szenarien ergibt sich eine Unterteilung in etwa 195 Mt CO₂, die in die Untergrundspeicherung

¹ Darin enthalten ist bereits die CO₂-Abscheidung fossiler Energieträger (s. Diskussion weiter unten), die mengenmäßig bis dahin aber nur sehr begrenzt sein wird.

gehen (CCS) und **85 Mt CO₂**, die aufgenommen und in anderen Sektoren wiederverwendet werden (CCU). Die 195 Mt CO₂ in der Speicherung teilen sich danach auf in **134 Mt CO₂** aus fossilen Brennstoffen und **62 Mt CO₂**, die als Einbindungen (removals) in die Gesamtbilanz eingehen. Diese setzen sich zusammen aus Einbindungen durch BioCCS und DACCS und stellen damit die industriellen Einbindungen dar (s. auch Tabelle 2-1).

2 Vergleich mit den Empfehlungen des ESABCC

In ESABCC (2023) werden aus den untersuchten Szenarien für das Jahr 2040 Spannbreiten für

- Fossiles CCS: 50 bis 200 Mt CO₂
- CCS für Industrieprozesse: 5 bis 70 Mt CO₂
- Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -speicherung (BECCS) & DACCS: 50 bis 200 Mt CO₂
- CCU: 0 bis 166 Mt CO₂²

in den ikonischen Szenarien angegeben (s. auch Tabelle 2-1). Dabei betragen die Spannbreiten in ausgewählten Szenarien 46-207 Mt CO₂ für BECCS und 0-7 Mt CO₂ für DACCS. Das ESABCC nimmt als maximales Limit des Kohlenstoff-Managements 425 Mt CO₂ im Jahr 2050 an. Die Ergebnisse der Szenarien in der Folgenabschätzung liegen mit 452 Mt CO₂ über diesem Limit.

Die in der Folgenabschätzung angesetzte Menge von 134 Mt CO₂ fossilem CCS in einem S2,5-Szenario liegt damit zwar in der Spanne der ikonischen Szenarien, fällt allerdings etwa doppelt so hoch aus wie in zwei der drei Szenarien: Der Einsatz von fossilem CCS liegt im „mixed option pathway“ mit rund 200 Mt CO₂ im Jahr 2040 etwa viermal so hoch wie in den beiden anderen Szenarien. Die 62 Mt CO₂, die in der Folgenabschätzung durch BECCS und DACCS in einem S2,5-Szenario eingebunden werden, setzen sich nach dieser Systematik aus 34 Mt CO₂ BECCS und 29 Mt DACCS zusammen. Letzteres ist deutlich außerhalb der von ESABCC ausgewiesenen Spannweite, wohingegen der Einsatz von BECCS niedriger liegt.

Die Annahme zu CCU für das S2,5 Szenario liegt genau in der Mitte der von ESABCC angegebenen Spannweite. Allerdings wird diese Menge bis 2040 in den Szenarien ausschließlich zur Erzeugung von E-Fuels verwendet, erst danach auch zur Herstellung von synthetischen Materialien. Diese ausschließliche Verwendung für ein Produkt, was in den meisten Szenarien eher importiert wird, erscheint fragwürdig.

Für die quantitative Zielsetzung könnten diese Ergebnisse so interpretiert werden, dass die Gesamtmenge an Einbindungen von 400 Mt CO₂ etwa **60 Mt CO₂ aus industriellen** Einbindungen beinhalten würde³, die **natürlichen Senken** müssten damit **340 Mt CO₂** betragen. Die natürlichen Senken betragen im S2 und S3 Szenario 316/317 Mt CO₂, im LIFE-Szenario 360 Mt CO₂. Die 340 Mt CO₂ aus natürlichen Senken würden sich damit im Szenarienrahmen bewegen (und eine Erhöhung um 30 Mt CO₂ ggü. dem Zielwert 2030 der LULUCF Verordnung bedeuten). Alle genannten Werte für die LULUCF-Senke liegen innerhalb des Rahmens von 100-400 Mt, CO₂, der in ESABCC (2023) genannt wird.

² ESABCC (2023), Abbildungen 18, 24, 25 und 36.

³ Dies entspricht dem Wert für DACCS und BECCS, wobei eine Rundung für die Zielsetzung vorgenommen wird, ausgehend von den 62 Mt CO₂, die sich rechnerisch ergeben.

In Tabelle 2-1 werden die Zielwerte für 2040 und die detaillierten Werte für Kohlenstoffmanagement im Szenario S2,5 wo möglich vergleichend mit den Empfehlungen des ESABCC 2023 tabellarisch dargestellt.

Tabelle 2-1: Vorschlag für 2040 und dessen Interpretation ggü. den Empfehlungen des ESABCC

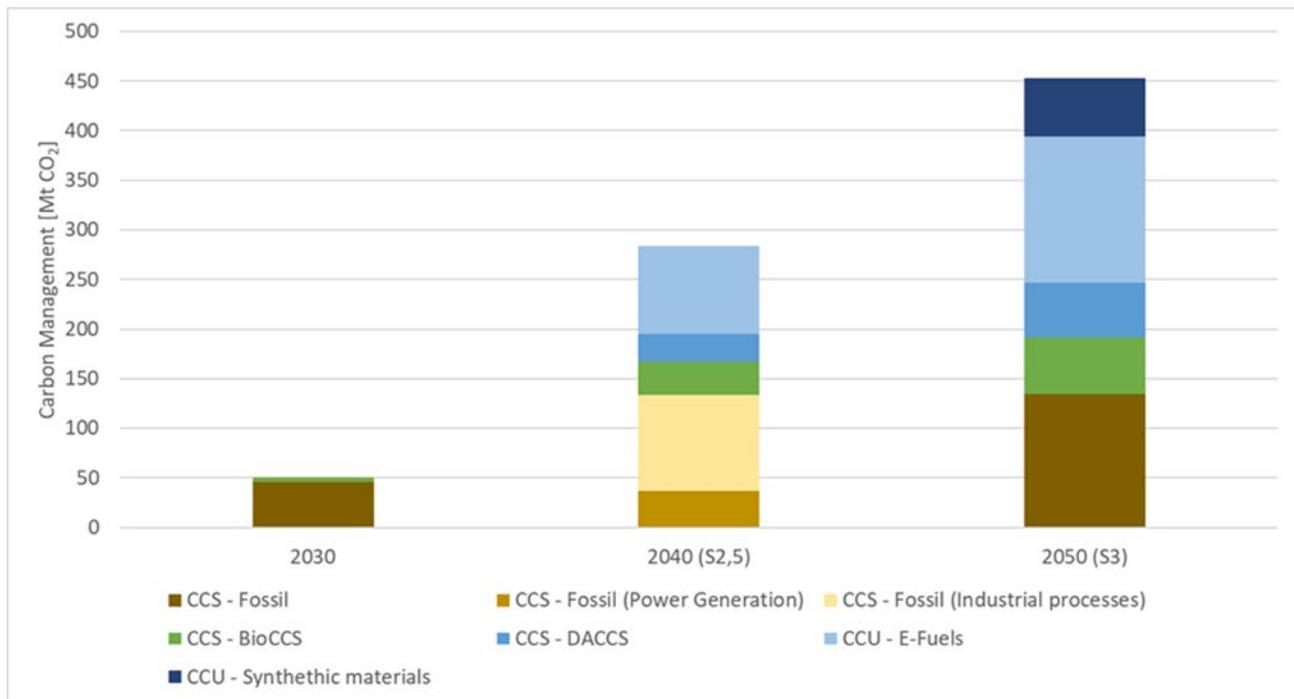
	Vorschlag, genannt und interpretiert		S 2,5	ESABCC-Empfehlung
	[Mt CO ₂ eq]	[% vs 1990]	[Mt CO ₂ eq]	[Mt CO ₂ eq]
Netto-Emissionen	450	-90%	467	-90% bis -95%
Brutto (nach fossilem CCS)	850	-83%	846	
Einbindungen	-400		-379	
LULUCF	-340		-317	100-400
Industriell	-60		-62	50-200
Kohlenstoff-Management	280		284	425 (für 2050)
CCS- Untergrundspeicherung	195		196	
Fossiles CCS	134		134	50-200
Stromerzeugung	37		37	
Industrieprozesse	97		97	5-70
BioCCS & DACCS	62		62	50-200
BioCCS	34		34	46-207
DACCS	29		29	0-7
CCU	85		88	0-166

Memo: Im Bereich des Kohlenstoffmanagements wirken nur die Effekte von BioCCS & DACCS als CO₂-Einbindungen und entsprechen den industriellen Senken im oberen Teil. Die detaillierten Zahlen im unteren Bereich ergeben sich rechnerisch aus den Szenarienergebnissen, während die oberen Werte als Zielsetzungen gerundet wurden.

Quelle: ESABCC 2023; Folgenabschätzung und eigene Berechnung.

Die drei Szenarien S1-S3 unterscheiden sich vor allem in der Höhe des Einsatzes des Kohlenstoffmanagements im Jahr 2040, also in der Geschwindigkeit des Ausbaus der Kohlenstoffaufnahme, der Speicherung und der Verwendung. Der Einsatz von Wasserstoff steigt von S1 nach S3 ebenfalls deutlich an, wobei dies vor allem auf den verstärkten Einsatz von Wasserstoff zur Erzeugung von E-Fuels zurückzuführen ist. In Bezug auf viele andere zentrale Punkte des Energiesystems ähneln sich die Ergebnisse der Szenarien S1-S3 stark.

Abbildung 2-1 zeigt die Entwicklung des projizierten Kohlenstoffmanagements für 2030 bis 2050. Dabei wird für 2040 das Szenario S2,5 dargestellt, also das empfohlene Szenario als Mittelwert der Szenarien S2 und S3. Zwischen 2030 und 2040 steigt die Gesamtmenge des Kohlenstoffmanagements von 50 Mt CO₂ auf über 275 Mt CO₂. Auffallend ist, dass die geplanten Mengen für fossiles CCS zwischen 2040 und 2050 kaum steigen, während in dieser Zeitspanne v.a. BioCCS, DACCS und CCU für E-Fuel Produktion stark ansteigen und die Produktion synthetischer Materialien hinzukommt. Es muss beachtet werden, dass im S2,5 Szenario in 2040 ein Großteil des für E-Fuel genutzten Kohlenstoff durch Direct Air Capture entnommen wird, weshalb DACC-Technologien insg. 70 Mt CO₂ betragen. Diese Zahl scheint im Anbetracht der hohen Kosten, die 2040 noch für diese Technologie erwartet werden besonders hoch.

Abbildung 2-1: Entwicklung des Kohlenstoffmanagements im Szenario S2,5

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von (EC 2024c)

3 Neue Transparenz in Hinblick auf Kohlenstoffmanagement

Die Folgenabschätzung weist eine neue Transparenz in Bezug auf die neuen Kohlenstoff-Technologien auf, die Fragen zu den Ergebnissen in früheren Publikationen aufkommen lässt.

Es wird zwischen „Carbon Management“, „Carbon Capture (CC)“ und „Carbon Storage (CS)“ sauber unterschieden. Dies sind Elemente, deren Wirkung auf die Emissionsbilanz völlig offen ist. Hinzu kommen „Fossil CCS“ als Nullemissionstechnologie, „BioCCS + DACCS“ als Negativemissionstechnologien⁴ und „Carbon Capture and Use (CCU)“. Letzteres erfordert auf der Ebene der Gesamtbilanz die Berücksichtigung unterschiedlicher Speicherdauern (kurz-/langfristig). Die ICMC weist dabei Werte für den erforderlichen Infrastrukturausbau aus.

In allen Szenarien wird bis 2040 **CCU nur für die Erzeugung von E-fuels** eingesetzt. Erst danach wird CCU auch für den stofflichen Einsatz verwendet. Welchen Sektoren genau der Einsatz von CCU zugeordnet wird, insbesondere bezüglich der Kohlenstoffentnahme, geht aus den (tabellarisch) berichteten Ergebnissen nicht hervor. Da bis 2040 CCU nur für die Produktion von E-Fuels genutzt wird, müssen bis dahin auch keine CO₂-Speicherdauern in Produkten berücksichtigt werden. Für die stoffliche Nutzung bis 2050 ist wahrscheinlich ebenfalls keine Speicherung in Produkten einbezogen worden, was als **konservativer Ansatz** gewertet werden kann.

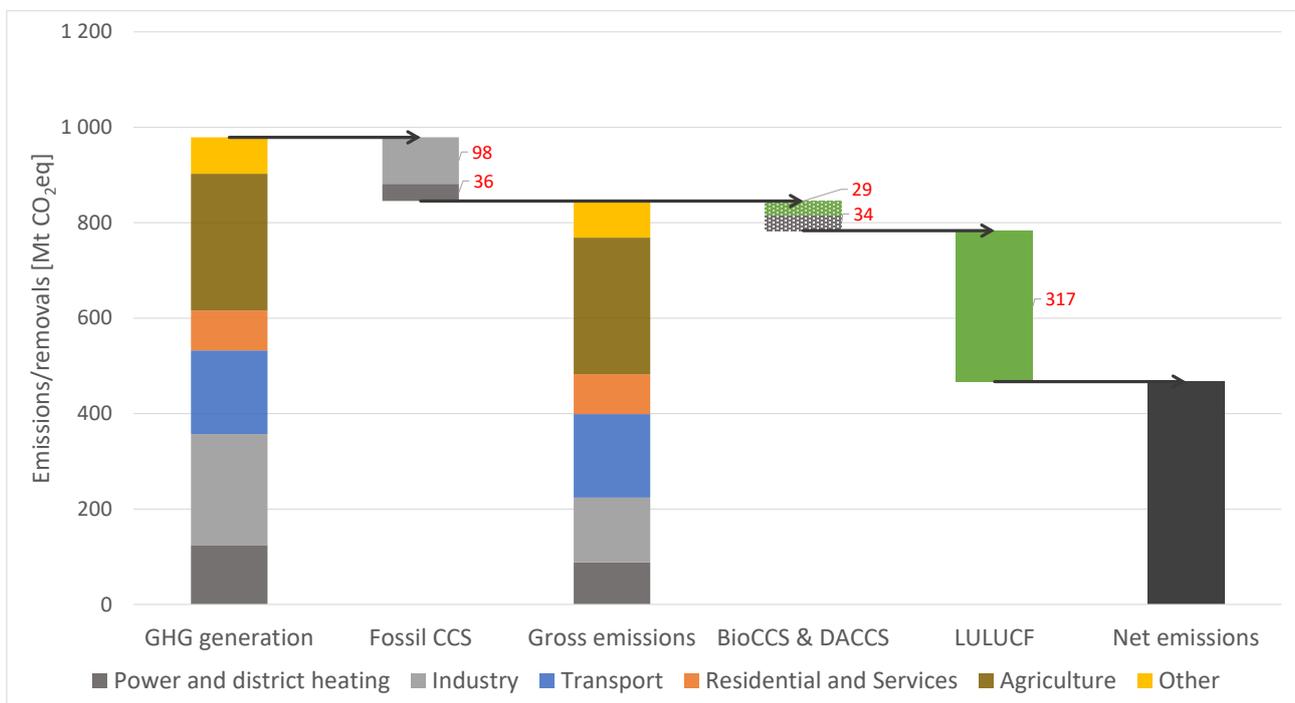
Bei der Analyse der Ergebnistabellen fällt auf, dass die dargestellten **Brutto-Emissionen** die Situation nach dem Einsatz des fossilen CCS darstellen. Das tatsächliche Aufkommen an

⁴ Für holzbasiertes BECCS gilt das allerdings eigentlich nur im langjährigen Integral. Biochar wird nicht separat dargestellt, weil angenommen wird, dass alle Produkte der Pyrolyse von Biomasse während der Produktion von Biofuels gasförmig sind und aufgefangen werden. Andere industrielle Einbindungstechnologien werden nicht berücksichtigt (pdf Seite 150 EC 2024e).

Treibhausgasen ist damit nicht transparent dargestellt. Auch ist die sektorale Zuordnung des fossilen CCS nur indirekt möglich, also durch den Vergleich verschiedener Tabellen und Diagramme, die manchmal inkonsistente oder unklare Kategorien vorweisen. Aus Grafik 11 (Annex 8) der Folgenabschätzung lassen sich für das S3 Szenario Werte von 136 Mt CO₂ fossiles CCS in Industrieprozessen und 33 Mt CO₂ fossiles CCS aus der Energieerzeugung ablesen.

In Abbildung 2-2 wird die Gesamtbilanz der Emissionen in Form einer Wasserfallgrafik dargestellt. Dabei werden die Mengen an fossilem CCS und den industriellen und natürlichen Senken transparent ausgewiesen. Außerdem wird der Unterschied zwischen dem Aufkommen an Treibhausgasen und den Netto-Emissionen damit verdeutlicht. Dargestellt wird dabei wieder das Szenario S2,5.

Abbildung 2-1: Wasserfallgraphik von der THG-Erzeugung zu Netto-Emissionen (Szenario S2,5)



Quelle: Eigene Darstellung

Wenn die Tabellen der Brutto- und Netto-Emissionen miteinander verglichen werden, zeigt sich, dass die Wirkung von BioCCS und DACCS den Sektoren „Energy and district heating“ sowie „Other Energy“ zugewiesen wird. Die **Netto-Emissionen dieser Sektoren beinhalten also die industriellen Einbindungen** und verzerren damit erheblich die sektoralen Ergebnisse.

Diese beiden Elemente verhindern eine sinnvolle Diskussion der direkt dargestellten Ergebnisse. Zusätzliche Analysen, bzw. der Blick auf die Energieeinsätze für Kohlenstoff-Technologien, sind deshalb erforderlich, um einen Überblick zu gewinnen über das tatsächliche Aufkommen von Treibhausgasen in den Sektoren.

In Tabelle 2-2 werden die sektoralen Informationen für das Szenario S2,5 zusammengestellt. Die Brutto-Emissionen des Jahres 2030 stellen eine Reduktion um 53 % ggü. 1990 dar. Unter Berücksichtigung der LULUCF-Senke entsprechend der LULUCF-VO von 310 Mt CO₂ und der industriellen Senke durch BioCCS von 4 Mt CO₂ entsprechend Tabelle 5 des IA, ergibt sich eine Reduktion der Netto-Emissionen um 58 % ggü. 1990. Dies entspricht einer Reduktion um 41 % ggü.

2015. Im S2,5-Szenario sinken die Brutto-Emissionen in der Dekade zwischen 2030 und 2040 um 57 %.

Tabelle 2-1: Sektorale Entwicklungen im Szenario S2,5

Mt CO ₂ eq	2015	2030	Gross 2030 vs 2015	S 2,5 - 2040			
	Gross	Gross		GHG generation (before fossil CCS)	"Gross"- GHG emissions (after fossil CCS)	Net GHG emissions	GHG generation % vs. 2030
Total GHG Emissions (target scope)	3914	2301	-41%	979	846	467	-57%
<i>Power and district heating (net includes BECCS)</i>	1031	339	-67%	70	33	-1	-79%
<i>Other Energy sectors* (energy branch and DACCS)</i>	237	133	-44%	56	56	28	-58%
<i>Industry (Energy)</i>	605	232	-62%	85	85	135	-64%
<i>Industry (Non-Energy)</i>		157	-36%	148	51		-6%
<i>Domestic Transport</i>	780	583	-25%	132	132	132	-77%
<i>Residential and Services</i>	519	221	-57%	84	84	84	-62%
<i>Other Non-Energy sectors</i>	130	56	-57%	26	26	26	-54%
<i>International transport (target scope)</i>	<i>Intra-EU aviation</i>	43		29	29	29	-34%
	<i>Intra-EU navigation</i>	107	25	5%	5	5	-80%
	<i>50% extra-EU maritime MRV</i>		44		10	10	-77%
<i>Agriculture</i>	385	361	-6%	287	287	287	-21%
<i>Waste</i>	120	87	-28%	55	55	52	-37%
LULUCF net removals	-322	-310	-4%			-317	

Quelle: Eigene Darstellung

Mit dieser Darstellung wird deutlich, dass selbst in den anspruchsvollen Szenarien S2 und S3 noch eine nennenswerte Menge an Emissionen unter den ETS 1 fallen würde. Für den Vorschlagswert der KOM als Mittelwert zwischen S2 und S3 (S2,5) wären dies rund 200 Mt CO₂eq, wenn man übliche ETS-Anteile auf die Emissionen der einzelnen Sektoren anlegt. Etwa 330 Mt CO₂eq würden allerdings innerhalb des ETS erzeugt werden, 130 Mt CO₂ werden nach diesem System durch CCS dem ETS entnommen.

4 Referenzen

EC - European Commission (Hg.) (2024a): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Securing our future Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050 building a sustainable, just and prosperous society (COM/2024/63 final), 2024. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2024%3A63%3AFIN>, zuletzt geprüft am 14.10.2024.

EC - European Commission (Hg.) (2024b): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Towards an ambitious Industrial Carbon Management for the EU. Strasbourg, 06.02.2024. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2024:62:FIN>, zuletzt geprüft am 14.10.2024.

EC - European Commission (Hg.) (2024c): Impact Assessment Report, Accompanying the document "Communication from the Commission to the EU. Securing our future Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050 building a sustainable, just and prosperous society" (SWD(2024) 63 final). Strasbourg, 2024. Online verfügbar unter https://climate.ec.europa.eu/document/download/768bc81f-5f48-48e3-b4d4-e02ba09faca1_en?filename=2040%20Climate%20Target%20Impact%20Assessment_en_0.pdf, zuletzt geprüft am 14.10.2024.

ESABCC - European Scientific Advisory Board on Climate Change (2023): Scientific advice for the determination of an EU-wide 2040 climate target and a greenhouse gas budget for 2030–2050, 2023. Online verfügbar unter <https://climate-advisory-board.europa.eu/reports-and-publications/scientific-advice-for-the-determination-of-an-eu-wide-2040>, zuletzt geprüft am 11.08.2023.