

Antwort des Helmholtz-Forschungsbereichs Erde und Umwelt sowie von Helmholtz KLIMA auf die Anfrage des BMUKN (Referat NK II 1) im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung zum Klimaschutzprogramm der Bundesregierung nach § 9 Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG)

von Marie Heidenreich (Helmholtz SynCom) und Kerstin Podere (Helmholtz KLIMA) | Helmholtz | 08.01.2026 | Kontakt: marie.heidenreich@gfz.de, 030 - 206 7957 32

Die **Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e. V.** ist Deutschlands größte Forschungsorganisation und zählt mit 18 Zentren, rund 46.000 Mitarbeitenden und einem Jahresbudget von etwa 6,3 Milliarden Euro (2023) zu den größten wissenschaftlichen Forschungsorganisationen weltweit.

Im **Helmholtz-Forschungsbereich „Erde und Umwelt“** erforschen Wissenschaftler:innen die natürlichen Lebensgrundlagen unseres Planeten – von der Landoberfläche über die Ozeane bis in die Polarregionen –, um die Ursachen und Folgen globaler Umweltveränderungen wie Klima- und Biodiversitätswandel, Artensterben, Umweltverschmutzung und Naturgefahren besser zu verstehen und wissenschaftlich fundiertes Wissen, innovative Technologien sowie konkrete Handlungsempfehlungen für Politik, Wirtschaft und Gesellschaft bereitzustellen.

Helmholtz SynCom (Synthese und Kommunikation in Helmholtz Erde & Umwelt) bündelt dabei die Expertise der sieben Helmholtz-„Erde und Umwelt“-Zentren und fungiert als Schnittstelle zwischen Forschung, Politik und weiteren gesellschaftlichen Akteur:innen, indem sie aktuelle Erkenntnisse der Umwelt- und Erdsystemforschung gezielt in den politischen Diskurs einbringt und evidenzbasierte Lösungswege und Handlungsoptionen sichtbar macht, damit umweltrelevante Spitzforschung in öffentlichen Debatten und Entscheidungen wirkungsvoll berücksichtigt wird.

Helmholtz KLIMA bündelt als Dialog-Plattform der Helmholtz-Gemeinschaft die klimarelevante Expertise aller 18 Helmholtz-Zentren, um die Transformation hin zur Klimaneutralität voranzutreiben und die Anpassung an den Klimawandel zu unterstützen. Als Schnittstelle zwischen Wissenschaft, Politik, Medien und der Zivilgesellschaft trägt sie dazu bei, Spitzforschung und interdisziplinäre Lösungsansätze wirksam in gesellschaftliche Debatten und politische Entscheidungsprozesse einzubringen. Hierfür werden Dialogformate entwickelt, die den Austausch bestmöglich unterstützen.

Inhalt

Frage 1	2
Frage 2	19
Frage 3	23
Frage 4	28
Frage 5	31
Weitere Empfehlungen für das Klimaschutzprogramm der Bundesregierung	35

Das Klimaschutzprogramm muss die verbleibenden Emissionslücken mit einem konsistenten Policy-Mix schließen: schneller Ausbau von Erneuerbaren Energien, Netzen und Flexibilitäten, wirksame Umsetzung in Verkehr und Gebäuden sowie konsequente Stärkung und Absicherung natürlicher Senken (Meere, Böden, Wälder, Moore) durch wirksame Agrar- und Forstpolitik und Ordnungsrecht. Entscheidend sind klare Zuständigkeiten und Rahmenbedingungen, eine stärkere Verzahnung von Klimaschutz und Klimaanpassung (auch mit Blick auf Wasserextreme) und ein Monitoring, das Wirkung und Zielerreichung nachvollziehbar macht und Nachsteuerung ermöglicht.

Frage 1

Welche zusätzlichen, konkreten Maßnahmen in den Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Gebäude, Landwirtschaft und Landnutzung/Forst (auch sektorübergreifende Maßnahmen), bzw. Änderungen bestehender Maßnahmen können dabei helfen, diese Ziele sicher zu erreichen? Welche finanziellen oder rechtlichen Voraussetzungen, einschl. Ordnungsrecht, sind dafür erforderlich?

Um die Klimaziele sicher zu erreichen, braucht es einen konsistenten Policy-Mix, der die Emissionslücken schließt, Senken stabilisiert und ein nachsteuerungsfähiges Monitoring etabliert. Angesichts des rasch schrumpfenden Kohlendioxid-Budgets und der besonders großen Lücke im Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) sollten Maßnahmen so ausgestaltet werden, dass Zielverfehlungen früh erkannt und verbindlich korrigiert werden. Der Klima- und Transformationsfonds (KTF) sollte vorrangig in erneuerbare Energien, Stromnetze und Speicher, Energieeffizienz und Wärmewende sowie klimaneutrale Industrie und klimafreundliche Mobilität investieren – nicht in den Aufbau neuer Erdgas-Infrastrukturen, wohl aber in Maßnahmen zur verbesserten Leckagedetektion und -vermeidung.

Folgende zusätzliche/angepasste Maßnahmen sind entscheidungsrelevant (Auswahl, sektorübergreifend gebündelt):

- Energiewirtschaft: Ausbau von Wind/PV, Netzen, Speichern und Flexibilitäten deutlich beschleunigen (Genehmigungen/Flächenpfade, Netzausbau), inkl. regulatorischer Klarheit im Verteilnetz (u. a. Steuerung nach §14a EnWG) sowie erleichterter Netzanschlüsse an Übergabepunkten. Voraussetzungen: Anpassungen/Anwendungshilfen im Energierecht, priorisierte Finanzierung (z. B. für Netze und Speicher) und klare Zuständigkeiten.
- Verkehr: E-Lkw-Hochlauf durch Ladeinfrastruktur an Autobahnen/Logistikknoten plus wirksame Anreize (z. B. CO₂-Maut/Flottenvorgaben) und ÖPNV/Schiene durch Kapazitäts- und Qualitätsausbau stärken. Voraussetzungen: Investitionsmittel, planungsrechtliche Beschleunigung und verlässliche Rahmenbedingungen.
- Landwirtschaft: GAP-Spielräume stärker für wirksame, ergebnisorientierte Agrarumweltmaßnahmen nutzen; Mindeststandards (Konditionalität) nicht weiter abschwächen; N-Überschüsse konsequent reduzieren (Verursacherprinzip, wirksames Ordnungsrecht, u. a. Düngeverordnung). Zusätzlich: Humus/SOC-Erhalt über reduzierte Bodenbearbeitung, Zwischenfrüchte, Erntereste, Agroforst; Innovationen zur Bindung herbstlicher N-Überschüsse (F&E-Pilotierung) als „win-win“ für N-Schutz und C-Speicherung.
- Landnutzung/Forst (Senken): Waldumbau und Wiederaufforstung (resiliente Mischwälder), Prävention von Kalamitäten; verbindliche ökologische Mindeststandards guter forstlicher Praxis; Förderung von Agroforst rechtlich erleichtern und dauerhaft fördern; Wiedervernässung von Mooren/Wasserstände sichern. Voraussetzungen: Umschichtung/Abbau schädlicher Subventionen, langfristige Förderlogik für Ökosystemleistungen, konkretisiertes Ordnungsrecht.

- Gebäude/Bauen: Vereinfachung und Beschleunigung von Genehmigungs-, Netzan schluss- und Planungsverfahren, Flexibilisierung des öffentlichen Bau- und Vergaberechts sowie Stärkung der Eigenverantwortung öffentlicher Bauherren, gezielte finanzielle Förderung zur Sanierung und Dekarbonisierung bestehender Gebäude, Förderung innovativer Energie- und Gebäudetechnologien einschließlich Speicher-, Geothermie- und zirkulärer Baukonzepte, Einführung von lebenszyklusbezogenen CO₂-Richtwerten für Gebäude, Reduktion und Reform der Normen- und Regelvielfalt sowie Ermöglichung experimentellen und vereinfachten Bauens (z. B. Gebäudetyp E) auch außerhalb des Wohnungsbaus.
- Sektorübergreifend (Robustheit & Steuerung): Wasserextreme als Querschnittsbedingung berücksichtigen; Digitale Zwillinge/Interactive Solution Rooms und eine KI-Toolbox für parzellenscharfe Bilanzierung (CO₂/N₂O) und MRV nutzen, damit Maßnahmen planbar, vergleichbar und nachsteuerbar werden. Zudem LULUCF um Küsten ökosysteme (Seegras/Salzmarschen) ergänzen und MRV/Governance für naturbasierte CO₂-Entnahme weiterentwickeln.
- Governance/Verbindlichkeit: Da eine geschwächte Sektorsteuerung die Zielerreichung erschweren kann, sollten klare Verantwortlichkeiten, Transparenz über Ambitions- und Umsetzungslücken und ein verbindlicher Nachsteuerungsmechanismus gestärkt werden (orientiert am CO₂-Budget als Maßstab).

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ (Dr. Jessica Stubenrauch und Dr. Katharine Heyl, Department Umwelt- und Planungsrecht, UFZ):

Landwirtschaft und Landnutzung

- Potential des Finanzierungsspielraums der aktuellen und zukünftigen Gemeinsamen Agrarpolitik nutzen, um wirksame Agrarumweltmaßnahmen zu finanzieren.
- Gestaltungsspielraum der Gemeinsamen Agrarpolitik nutzen, um ambitionierte Mindestanforderungen festzulegen, um die Wettbewerbsfähigkeit des Landwirtschaftssektors dauerhaft zu gewährleisten und Wettbewerbsvorteile zu erzielen.
- Agrarumweltmaßnahmen sollten zunehmend auf Umwelt-Performance (Ergebnisorientierung) ausgerichtet sein.
- Agrarumweltmaßnahmen sollten nicht zu einseitig auf technologische Lösungen wie Präzisionsdüngung ausgerichtet werden, da dies den Klimaschutz nicht ausreichend gewährleisten kann.
- Die Bundesregierung sollte sich auf EU-Ebene verstärkt für eine Neuausrichtung der Gemeinsamen Agrarpolitik zur Bereitstellung öffentlicher Güter einsetzen und eine weitere Abschwächung verbindlicher Mindeststandards (Konditionalität bzw. „Farm Stewardship“) ablehnen.
- Das Ordnungsrecht muss so ausgestaltet werden, dass das Verursacherprinzip durchgesetzt wird und Stickstoffüberschüsse vermieden werden. Das wird dazu führen, dass weniger Tiere gehalten werden können und weniger Emissionen ausgestoßen werden (Düngeverordnung).

Forst

- Fördermittel zum klimaangepassten Waldumbau über den bisher nicht ausreichenden Topf der Förderung des klimaangepassten Waldmanagements erweitern, d.h. schädliche Subventionen abbauen und z.B. in den Waldumbau investieren.

- Langfristige Förderstruktur zur Entlohnung anderer Ökosystemleistungen im Wald, neben der Holzgewinnung, entwickeln (z.B. für den Biodiversitätserhalt, die Kohlenstoffspeicherung etc.).
- Rechtliche Hürden für das Anlegen von Agrarforstsystmen minimieren und dauerhafte Förderung unter der GAP ermöglichen.
- Hinreichend konkretisierte Anforderungen an die gute forstliche Praxis im Ordnungsrecht definieren, welche ökologische Mindeststandards rechtlich verbindlich absichert, unter der Einbindung kritischer Stakeholder.
- Professionell gestaltete Kommunikationsprozesse zwischen sich gegenüberstehenden Lagern in der Forstwirtschaft etablieren, ggf. inklusive Mediationsprozessen.
- Etablierung von Reallaboren und ‚Lighthouses‘, welche als Multiplikatoren klima- und biodiversitätsfreundliche Bewirtschaftungsmethoden verbreiten.
- Interessen zur erneuerbaren Energiegewinnung aus Holz und einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung in Einklang bringen.
- Umsetzung der Ziele der Wiederherstellungsverordnung und der Renaturierung von Waldökosystemen aktiv fördern & Synergien zwischen Biodiversitäts- und Klimaschutz aktiv stärken.

Quellen (bitte berücksichtigen):

Heyl, K., Garske, B., Stubenrauch, J., Ehlers, K.: [Turning the EU's agricultural vision into environmental action: A performance-oriented CAP after 2027](#), AMBIO (2025), DOI: 10.1007/s13280-025-02281-y.

Heyl, K., Ekardt, F., Roos, P., Garske, B.: [Achieving the nutrient reduction objective of the Farm to Fork Strategy. An assessment of CAP subsidies for precision fertilization and sustainable agricultural practices in Germany](#), Frontiers in Sustainable Food Systems (2023) 7:1088640, DOI:10.3389/fsufs.2023.1088640

Kreuer, D., Stubenrauch, J., Bortic, F., Schwarzer, D., Berghöfer, A., Wittmer, H.: [From crisis to transformation: Exploring pathways for German forest policy](#), People and Nature (2025) 7:3344-3356, DOI: 10.1002/pan3.70200

Mauder, N. D.: [Rechtliche Beschränkungen bei der Anlage von Agroforstsystmen](#), Agrarbetrieb (2025) 6:262-267.

Möckel S., Wolf A.: [Düngung bleibt weiterhin eine ökologische, rechtliche und politische Herausforderung](#), Natur und Recht (2020) 42:736-746, DOI: 10.1007/s10357-020-3758-2

Stubenrauch, J.: [Die gute fachliche Praxis in der Waldbewirtschaftung – Regulierungsbedarf im novellierten Bundeswaldgesetz unter besonderer Berücksichtigung von Klima- und Biodiversitätsschutzfordernissen](#), Natur und Recht (2023) 45:813-821, DOI: 10.1007/s10357-023-4286-7

Forschungszentrum Jülich GmbH (Prof. Dr. Nicolas Brüggemann, Leiter der Forschungseinheit „Pflanze-Boden-Atmosphäre Austauschprozesse“ am IBG-3, FZJ):

Folgende wichtigen Punkte sind hinsichtlich möglicher Beiträge der Bereiche Treibhausgasflüsse sowie Kohlenstoff-, Stickstoff- und Wasserdynamiken in terrestrischen Ökosystemen, mit einem Schwerpunkt auf Agrarökosystemen zum Klimaschutzprogramm der Bundesregierung zu beachten:

- Der Klimawandel und der damit verbundene Anstieg der Temperaturen wird aller Voraussicht nach zu einem beschleunigten Abbau organischer Bodensubstanz, die den wichtigsten Kohlenstoffspeicher (organischer Bodenkohlenstoff, soil organic carbon, SOC) im Boden darstellt, führen. Daher wird es eine große Herausforderung darstellen, allein das derzeitige Niveau des SOC insbesondere in landwirtschaftlichen Böden in Deutschland zu halten. Das Bestreben, den Kohlenstoffspeicher der landwirtschaftlichen Böden in Deutschland in Zukunft zu erhöhen, um damit einen Beitrag zu Netto-Null-Emissionen zu leisten, wird mit besonders großen Anstrengungen verbunden sein und erfordert das Einbringen großer zusätzlicher Mengen an organischem Material in die Böden

Quellen (bitte berücksichtigen):

Riggers, C., Poeplau, C., Dechow, R.: How much carbon input is required to preserve or increase projected soil organic carbon stocks in German croplands under climate change?, *Plant and Soil*, Volume 460, pages 417–433, (2021), DOI: 10.1007/s11104-020-04806-8

Bruni, E., Guenet, B., Huang, Y., Clivot, H., Virto, I., Farina, R., Kätterer, T., Ciais, P., Martin, M., and Chenu, C.: Additional carbon inputs to reach a 4 per 1000 objective in Europe: feasibility and projected impacts of climate change based on Century simulations of long-term arable experiments, *Biogeosciences*, 18, 3981–4004, DOI: 10.5194/bg-18-3981-2021, 2021.

Bruni E., Lugato, E., Chenu, C., Guenet, B.: European croplands under climate change: Carbon input changes required to increase projected soil organic carbon stocks, *Science of The Total Environment*, Volume 954, 2024, 176525, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.176525.

- Wichtige Maßnahmen zur Verringerung des SOC-Abbaus im Boden stellen die reduzierte Bodenbearbeitung sowie die Erhöhung des Inputs an organischem Material dar. Zu den geeigneten Wegen zur Erhöhung des Inputs an organischem Material in Ackerflächen gehören bevorzugtes Belassen von Ernteresten auf dem Acker, optimierter Anbau von Zwischenfrüchten (Englisch: catch crops oder cover crops), wo immer es die Fruchfolge erlaubt, sowie die Integration von Elementen des Agroforsts, also die Anpflanzung von Hecken bzw. Baumreihen innerhalb bzw. zwischen Feldern

Quellen (bitte berücksichtigen):

Biffi S., Chapman, P. J., Grayson, R.P., Ziv, G.: Planting hedgerows: Biomass carbon sequestration and contribution towards net-zero targets, *Science of The Total Environment*, Volume 892, 2023, 164482, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.164482.

Qiu, T., Shi, Y., Peñuelas, J. et al. : Optimizing cover crop practices as a sustainable solution for global agroecosystem services. *Nat Commun* 15, 10617 (2024), DOI: 10.1038/s41467-024-54536-z

- Bei der effektiven Speicherung von Kohlenstoff im Boden spielt die Verfügbarkeit von Stickstoff eine entscheidende Rolle (z.B. [Yang S. et al.: J.](#)), da organische Bodensubstanz nicht nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht, sondern erhebliche Mengen an Stickstoff enthält (in der Regel in einem C:N-Verhältnis von ca. 10:1). Da heißt, dass man zur Speicherung von 1 Tonne Kohlenstoff im Boden ca. 100 kg Stickstoff benötigt. Hier liegt ein großes Potenzial in der Nutzung der herbstlichen Stickstoffüberschüsse auf deutschen Ackerflächen, von denen nach wie vor ca. 70 kg N ha⁻¹ a⁻¹ verloren gehen, hauptsächlich als Nitrat ins Grundwasser. Werden geeignete organische Zusatzstoffe, die leicht abbaubar sind und keinen Stickstoff enthalten, wie z.B. Cellulose oder Stärke, im Frühherbst in den Ackerboden eingebracht, können sie durch Stimulation der mikrobiellen Gemeinschaften im Boden die Umwandlung von Nitrat in organisch gebundenen Stickstoff bewirken (siehe z.B. [Zhao, K. et al.](#), April 2025, [Zhao, K. et al.](#), September 2025). Damit wäre eine Win-win-Situation erreichbar, in der überschüssiger Stickstoff gebunden wird und dazu beiträgt, Kohlenstoff im Boden längerfristig zu speichern. Das gezielte Einbringen von

Cellulose oder Stärke wird bisher noch nicht praktiziert. Die FZJ-Forschenden stehen jetzt vor der Erprobung im Feld. Eine Herausforderung wird die Verfügbarkeit größerer Mengen dieser Stoffe sein, um diesen Ansatz großflächig umzusetzen, da es konkurrierende Stoffströme gibt. Möglicherweise ergibt sich in Zukunft aber das Potenzial, vergleichbare Stoffe mikrobiell herzustellen (sogenannte extrazelluläre polymere Substanzen), z.B. durch photosynthetische Bindung von CO₂, das aus industriellen Prozessen abgeschieden wurde. Also möglicherweise ein alternativer Weg des Carbon Capture and Storage, um Stickstoffüberschüsse zu binden. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf, der im Rahmen des Klimaschutzprogramms adressiert werden sollte.

Quellen (bitte berücksichtigen):

Yang, X., Ma, S., Huang, E. et al. Nitrogen addition promotes soil carbon accumulation globally. *Sci. China Life Sci.* 68, 284–293 (2025), DOI: 10.1007/s11427-024-2752-2

Zhao, K., Reichel, R., Wissel, H., Li, Z., Brüggemann, N.: High-Carbon Amendments Improve Post-Harvest Nitrogen Retention in Reclaimed Soil: Results of a Laboratory Incubation Study, *Soil Use and Management*, Volume 41, Issue 2, April 2025, e70088, DOI: 10.1111/sum.70088

Zhao, K., Reichel, R., Wissel, H., Lu, X., Brüggemann, N.: High nitrogen retention potential of cellulose and starch applied to four soils under simulated post-harvest conditions, *Geoderma*, Volume 461, Sept 2025, 117500, DOI: 10.1016/j.geoderma.2025.117500

- Im Forstbereich gibt es bisher ungenutzte Potenziale der Kohlenstoffspeicherung durch Wiederaufforstung oder Wiederherstellung von Waldgebieten (z.B. [Mo, L. et al.](#), 2023) sowie in der Prävention von Kalamitäten wie Feuer, Sturm oder Schädlingsbefall.

Quelle (bitte berücksichtigen):

Mo, L., Zohner, C.M., Reich, P.B. et al. Integrated global assessment of the natural forest carbon potential, *Nature* 624, 92–101 (2023). DOI: 10.1038/s41586-023-06723-z

Forschungszentrum Jülich GmbH (Prof. Stefan Kollet, Leiter der Forschungseinheit „Integrierte Modellierung terrestrischer Systeme“ am IBG-3, FZJ, Dr. Klaus Görgen und Dr. Alexandre Belleflamme (selbe Gruppe)):

Der Umgang mit Wasserextremen entscheidet zunehmend mit darüber, ob Klimaschutzmaßnahmen planbar, wirksam und dauerhaft umsetzbar sind; deshalb sollte Wasser als sektorenübergreifende Rahmenbedingung im Klimaschutzprogramm explizit mitgedacht werden.

Im Rahmen der Helmholtz-Wasserkampagne entwickelt das Solution Lab Rur Erft mit einem Transfer-by-Design-Ansatz gemeinsam mit Stakeholdern interaktive Methoden, um unter Unsicherheit bessere Entscheidungen zu treffen: In interaktiven Lösungsräumen werden Storylines (praxisnahe Szenarien) in Digitalen Zwillingen (daten- und modellbasierte Abbilder des Systems) umgesetzt, um Zielkonflikte transparent zu bewerten. Dabei werden numerische Modelle mit künstlicher Intelligenz kombiniert, um technische und naturbasierte Lösungen vergleichbar zu machen. Basierend auf unserer Forschung sollte das Klimaschutzprogramm Folgendes beinhalten:

- Transfer-by-Design anwenden: Klimaschutzmaßnahmen so anlegen, dass sie von Beginn an gemeinsam mit Stakeholdern (relevanten Akteuren) entwickelt werden –

statt als eindirektonaler Wissenstransfer (Einbahnstraße) wie in klassischer Beratung.

- Interactive Solution Rooms einrichten: Formate schaffen, in denen Stakeholder interaktiv den Lösungsraum erkunden und Zielkonflikte zwischen konkurrierenden Klimaschutz-Zielen bewerten können (analog zu den im Text beschriebenen Räumen).
- Storylines definieren lassen: Stakeholder entwickeln Storylines (praxisnahe Szenarien), die relevante Herausforderungen und Konflikte abbilden, als Grundlage für die Ausgestaltung von Maßnahmen unter Unsicherheit. Diese Maßnahmen können somit hinsichtlich Zielkonflikten, Robustheit und Umsetzbarkeit geprüft werden.
- Storylines in Digitalen Zwillingen umsetzen: Diese Storylines werden in Digitalen Zwillingen (digitalen Abbildern des Systems) implementiert, um die Persistenz von Anomalien, menschliche Einflussnahmen auf Wasserressourcen und extreme hydrometeorologische Ereignisse (z. B. Starkregen und Dürre) explizit zu berücksichtigen.
- Modelle und interaktive KI integrieren: Die Digitalen Zwillinge beruhen auf einem Rahmen, der numerische Modelle mit interaktiven KI-Methoden (KI = Künstliche Intelligenz) verbindet, damit Stakeholder technische und naturbasierte Lösungen auf neue, intuitive Weise erkunden können. So kann eine KI-Toolbox deutschlandweit parzellenscharf den Ist-Zustand sowie Prognosen der biogeochemischen Flüsse zwischen Landoberfläche und Atmosphäre quantifiziert – insbesondere CO₂ (Kohlenstoffdioxid) und N₂O (Distickstoffoxid/Lachgas) – und zudem die Kohlenstoffspeicher in Böden erfassen. Dadurch können Maßnahmen in Landwirtschaft sowie Landnutzung/Forst präziser geplant, bewertet und nachgesteuert werden.

Forschungszentrum Jülich GmbH (Prof. Dr. Harrie-Jan Hendricks-Franssen, Leiter der Forschungseinheit „Stochastische Analyse terrestrischer Systeme“ am IBG-3, FZJ):

Landnutzung/Forst

- Aufforstung von Wäldern, die durch Borkenkäferbefall betroffen waren, mit resistenten Sorten, vermutlich Mischwälder. Dadurch können die Wälder ihre Funktion als Kohlenstoffsenke besser behalten.
- Aufforstung im Agrarbereich (Ackerland zu Wald)
- Vermehrt Winterbegrünung durch Zwischenfrüchte auf Agrarflächen einsetzen, um die Kohlenstoffspeicherung im Boden zu erhöhen (unter Berücksichtigung möglicher steigender N₂O-Emissionen). Es ist schwierig zu sagen, wie viel zusätzlicher Kohlenstoff damit gebunden wird. Vermutlich etwas in der Größenordnung von 1 t/ha, wovon 10–20 % durch zusätzliche Respiration verschwinden. In Deutschland könnten es dann 5 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr sein.

Landwirtschaft/Landnutzung

- Management und die Düngung von Agrarflächen sollen optimiert werden, um N₂O-Emissionen zu reduzieren. Es besteht jedoch viel Unsicherheit darüber, wie dies am besten erreicht werden kann.

Helmholtz-Zentrum hereon GmbH (Prof. Dr. Thomas Klassen, Leiter des Instituts für Wasserstofftechnologie am Hereon und Prof. Dr. Volker Abetz, Leiter des Instituts für Membranforschung):

- Breiter parlamentarischer Konsens zur Klima-Meilenstein-Planung über Legislaturperioden hinaus mit Berechnung zur ökonomischen und ökologischen Bilanz bzw. Effizienz verschiedener Alternativen ([Lange, J. et al., 2024](#)) sowie zur Lebenszyklusanalyse von Materialien und Komponenten in der Anwendung (Puszkiel et al. 2025).
- Entwicklung von Materialien für den Klimaschutz: H₂-, CO- und CO₂-selektive Membranen; H₂-Speicherung in Metallhydrid/Polymer-Kompositen ([Pashayev, E. et al., 2024](#); [Abetz, C. et al., 2022](#)); technische Feststoffspeicher mit hoher Effizienz für hochreinen Wasserstoff in stationären und mobilen Anwendungen
- Optimierung der Materialien selbst sowie der Prozesse für die Fertigung von Produkten hinsichtlich CO₂- und Ressourcen-Fußabdruck durch digitale Methoden und Zwillinge (z. B. [Pashayev, E., Georgopanos, P., 2025](#)), [Kandelhard, F. et al., 2025](#))
- Verbesserung und Nutzung von Membranen für die CO₂-Abtrennung ([ACS Appl. Mater. Interfaces 2018](#))
- Potenzialanalyse stationärer, dezentraler und unvermeidbarer CO₂-Emittenten: Ist eine CO₂-Abtrennung mit anschließender Speicherung und/oder Verwertung möglich? ([Wolff, T. et al., 2023](#))
- Eine wirksame zusätzliche Maßnahme ist der breite Einsatz energieeffizienter Membranverfahren zur Aufbereitung und Wiederverwendung von Prozess- und Abwässern in Industrie, Energiewirtschaft und Landwirtschaft. Dadurch sinken Wasser- und Energiebedarf sektorübergreifend, was Emissionen reduziert und Ressourcen schont. Erforderlich sind klare rechtliche Vorgaben für Wasserwiederverwendung, verlässliche Effizienzstandards sowie finanzielle Anreize für Investitionen in moderne Membran- und Kreislaufwassersysteme.

Quellen (bitte berücksichtigen):

Lange, J., Schulthoff, M., Puszkiel, J., Sens, L., Jepsen, J., Klassen, T., Kaltschmitt, M.: Aboveground hydrogen storage – Assessment of the potential market relevance in a Carbon-Neutral European energy system, Energy Conversion and Management Volume 306 (2024), 118292. DOI: [10.1016/j.enconman.2024.118292](https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118292)

Puszkiel, J.A., Neves, A.M., Warfsmann, J., Krause, P.S., Kaufmann, T.F.J., Robelo Hoberg, A., Hegen, O., Kötter, A., T. Klassen, T. Jepsen, J.: On the hydrogen storage properties and life cycle evaluation of a room temperature hydride for scale-up applications: The case of an AB2-alloy, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 118, 10 April 2025, Pages 482-499, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.03.161>

Pashayev, E., Georgopanos, P.: CO₂-Responsive Copolymers for Membrane Applications, Synthesis, and Performance Evaluation, Macromolecular Materials and Engineering Volume 310, Issue 2, 2400290, DOI: [10.1002/mame.202400290](https://doi.org/10.1002/mame.202400290)

Abetz, C., Georgopanos, P., Pistidda, C., Klassen, T., Abetz, V.: Reactive Hydride Composite Confined in a Polymer Matrix: New Insights into the Desorption and Absorption of Hydrogen in a Storage Material with High Cycling Stability, Advanced Materials Technologies Volume 7, Issue 11, 2101584, DOI: [10.1002/admt.202101584](https://doi.org/10.1002/admt.202101584)

ACS Appl. Mater. Interfaces 2018, 10, 31, 26733–26744, DOI: [10.1021/acsami.8b09259](https://doi.org/10.1021/acsami.8b09259)

Pashayev, E., Georgopanos, P.: Optimizing the Synthesis of CO₂-Responsive Polymers: A Kinetic Model Approach for Scaling Up, Polymers, 17(8), 1115, 2025, DOI: 10.3390/polym17081115

Kandelhard, F., Neumann, S., Lützow, K., Filiz, V., Georgopanos, P.: Reaction Kinetic Modeling of the Synthesis of Polymers of Intrinsic Microporosity, Advanced Functional Materials Volume 35, Issue 13 2413358, 2025, DOI: [10.1002/adfm.202413358](https://doi.org/10.1002/adfm.202413358)

Wolff, T., Brinkmann, T., Scholles, C., Kerner, M.: Membranbasierte Bereitstellung von CO₂ für die dezentrale Algenproduktion in einer Bioenergiefassade, Chem. Ing. Tech. 95, Nr. 12, 2015–2021, 2023, DOI: 10.1002/cite.202300099

GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel (Prof. Dr. Thorsten Reusch, Leitung Forschungsbereich Marine Ökologie, Koordination: Maike Nicolai, Wissenstransfer):

Wir empfehlen, im Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) Küstengebiete einzubeziehen und zu prüfen, ob darüber hinaus auch die offenen Meere berücksichtigt werden können. Küsten-Ökosysteme wie Seegraswiesen, Salzmarschen und Algenwälder können auf natürliche Weise zur Speicherung von Kohlenstoff beitragen – verbunden mit zahlreichen Zusatznutzen, etwa für die Artenvielfalt oder den Küstenschutz. Diese Beiträge könnten perspektivisch in der Berichterstattung zu Emissionsreduktionen im LULUCF-Sektor an Relevanz gewinnen.

Zur Abschätzung der Potenziale und zur Schaffung einer Baseline sowie zur kontinuierlichen Bilanzierung sind Methoden zu erarbeiten. Um für die Entwicklung dieser Methoden Erkenntnisse aus der Forschung in politische Strukturen und Prozesse zu integrieren, bietet sich eine transdisziplinäre und partizipative Zusammenarbeit an.

Darüber hinaus sollten naturbasierte Ansätze für die Kohlendioxid-Entnahme und Speicherung weiter erforscht werden, um geeignete Maßnahmen – ausgehend von einer wissenschaftsbasierten, fundierten gesellschaftlichen Entscheidung – zukünftig im Klimaschutzplan adressieren zu können. Wichtige Rahmenbedingungen hierfür schaffen etwa das Hohe-See-Einbringungsgesetz und das Kohlendioxid-Speicherungsgesetz, das London Protocol und die Langfriststrategie Negativemissionen. Notwendig ist hier eine ergebnisoffene Abwägung von Potenzialen und Risiken.

Eine verantwortungsvolle und nachhaltige Umsetzung erfordert Forschung zu Wirksamkeit, Umweltauswirkungen und Skalierbarkeit, eine robuste Governance und eine zuverlässige Überwachung, Berichterstattung und Überprüfung (Monitoring, Reporting, Verification, MRV). Eine frühzeitige Einbindung der Öffentlichkeit, transparente Kommunikation und die Entwicklung bewährter wissenschaftlicher Verfahren, einschließlich der öffentlichen Weitergabe aller Daten und Informationen, sind entscheidend, um Vertrauen aufzubauen und eine verantwortungsvolle Nutzung sowie den notwendigen Schutz der Ozeane und ihrer Rolle im Klimasystem zu gewährleisten.

Die Berücksichtigung mariner Aspekte im Klimaschutzprogramm trägt auch zu einer Harmonisierung mit Aspekten des Aktionsprogramms Natürlicher Klimaschutz bei, einem aus unserer Sicht wichtigen Beitrag zur Umsetzung des Klimaschutzprogramms.

Quellen (bitte berücksichtigen):

Löschke, S., M. Paul, S. Reents, L. Sander, M. Wölfelschneider, N. Oppelt, K. Burkhard, E. Thomsen, U. Bernitt (2025): Die wichtigsten Ergebnisse der Forschung zum CO₂-Entnahmepotenzial der Seegraswiesen und Salzmarschen entlang der deutschen Küste, pp. 1-16, DOI 10.3289/CDRmare.56

Löschke, S., Kreuzburg, M., Rehder, G., Boettcher, M., Tank, L., Baatz, C. und das ASMASYS-Konsortium (2024): CDRmare Insights: Neuer Leitfaden: Marine CO₂-Entnahmemethoden und -projekte einheitlich und wissensbasiert bewerten, pp. 1-8, DOI 10.3289/CDRmare.40

Kreuzburg, M., Baatz, C., Bednarz, L., Böttcher, M., Merk, C., Morganti, T., Tank, L., Yao, W., Wehnert, H., Rehder, G., (2024). Bewertungsrahmen für marine CO₂-Entnahme und Synthese des aktuellen Wissenstandes, ASMASYS, Rostock, DOI 10.3289/CDRmare.38

Muri, H., Sulpis, O., Argüello, G., Baker, C. A., Böttcher, M., García-Ibáñez, M. I., Kulinski, K., Landolfi, A., Landschützer, P., McGovern, E., Ninčević Gladan, Ž., Oschlies, A., Yfantis, E. A. (2025) Monitoring, Reporting and Verification for Marine Carbon Dioxide Removal. Muñiz Piniella, A., Rodriguez Perez, A., Kellett, P., Alexander, B., Bayo Ruiz, F., Heymans, J. J. [Eds.] Future Science Brief No. 13 of the European Marine Board, Ostend, Belgium. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17435116>

Yao, W., Morganti, T. M., Wu, J., Borchers, M., Anschütz, A., Bednarz, L.-K., et al. (2025). Exploring site-specific carbon dioxide removal options with storage or sequestration in the marine environment – the 10 Mt CO₂ yr⁻¹ removal challenge for Germany. *Earth's Future*, 13, <https://doi.org/10.1029/2024EF004902>

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (Dipl.-Sozialw. **Constanze Scherz**, stellvertretende Institutsleiterin des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) und Kolleg:innen):

- Die Regelungen für die Überbauung von Netzübergabepunkten sollten dahingehend geändert werden, dass mehr Anschlüsse an einem Punkt möglich sind als bisher, vor allem wenn die Anschlüsse gegensätzlich wirken (z.B. Speicher / PV) ([Bundesverband Erneuerbare Energien, 2024](#)).
- Es besteht bei Verteilnetzbetreibern der Bedarf nach regulatorischer Klarheit im Umgang mit Kleinverbraucher:innen in Bezug auf die Anwendung des §14a EnWG „Netzorientierte Steuerung von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen und steuerbaren Netzanschlüssen; Festlegungskompetenzen“ (vgl. EnWG, §14a, unter: https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/_14a.html). Derzeit ist ungeregelt, welche Anforderungen nach einer netzorientierten Steuerung bzw. Leistungsreduktion einer digital steuerbaren Verbrauchseinrichtung (z. B. Wärmepumpen, nicht öffentlich zugängliche Ladepunkte für Elektromobile, Anlagen zur Kälteerzeugung oder zur Speicherung elektrischer Energie sowie Nachtstromspeicherheizungen) gelten. Diese regulatorische Unklarheit ist ein zentraler Faktor dafür, ob Verteilnetze als Rückgrat der Energiewende wirken können ([VDI, 2025](#)) – oder ob sie, wie in der Forschung oft diskutiert, als Flaschenhals fungieren ([Reppert, 2023](#)).

Quellen (bitte berücksichtigen):

Stark, M.: Studie zur Überbauung von Netzverknüpfungspunkten, Bundesverband Erneuerbare Energie e.V., 2024, unter: https://www.fachagentur-wind-solar.de/fileadmin/Veranstaltungen/2024/2024-10-01_Webseminar_UEBerbauung/Dr._Matthias_Stark_2024_Studie_zur_%C3%9Cberbauung_von_Netzverkn%C3%BCpfungspunkten_%E2%80%93_Vorstellung_der_Ergebnisse.pdf?utm_source=chatgpt.com

Huneke, G.: Verteilnetze, das vergessene Rückgrat der Energiewende, VDI, 2025, unter: <https://www.vdi.de/news/detail/verteilnetze-das-vergessene-rueckgrat-der-energiewende>

Reppert, T.: Local-level ownership of electricity grids: An analysis of Germany's distribution system operators (DSOs), Utilities Policy, Volume 85, 2023, 101678, DOI: 10.1016/j.jup.2023.101678.

GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung (Prof. Dr. Susanne Liebner, Leiterin der Arbeitsgruppe "Mikrobielle Kohlenstoffdynamik im Klimasystem") und **Karlsruher Institut für Technologie (PD Dr. Ralf Sussmann**, Leiter der Arbeitsgruppe "Atmosphärische Variabilität und Trends"):

- Erarbeitung einer Nationalen Methanstrategie, um die Umsetzung der EU-Methanverordnung zu konkretisieren und um die sich aus dem Global Methane Pledge ergebenen Reduktionsziele zu erreichen.
- Mit der nationalen Umsetzung der EU-Methanstrategie ist die deutsche Überwachungsbehörde (Umweltbundesamt, UBA) betraut. Es wird angeregt, dass UBA seine derzeit national isoliert durchgeführten Aktivitäten künftig im Austausch mit den Überwachungsbehörden der EU-Nachbarländer sowie dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) vernetzen sollte. Dadurch könnte z.B. eine EU-weite Harmonisierung der derzeit stark unterschiedlichen Braunkohle-Emissionsfaktoren verschiedener Länder

erzielt und somit überhaupt erst eine Vergleichbarkeit der berichteten Emissionen zwischen den Ländern ermöglicht werden. Eine verbesserte personelle Ausstattung des UBA wäre hierfür wahrscheinlich notwendig.

- Nutzung der inzwischen verfügbaren KI-basierten Satelliten-Datenanalysetechniken durch das UBA und mögliche Partner, um kostengünstig große Leckagen im Erdgassektor („Superemitter“) aufzuspüren und zu beheben – auch auf nationaler Ebene. Die damit mögliche Elimination von Superemittoren ist einer der stärksten Hebel zur Methan-Emissionsminderung überhaupt. Dies würde voraussichtlich zusätzliche personelle und finanzielle Ressourcen beim UBA erfordern.
- Reduktion der Tierbestände und Schaffung von Rahmenbedingungen, die eine stärker pflanzenbasierte Ernährung fördern.
- Senkung stark steigender und vermeidbarer Methanemissionen aus stationären Gasmotoren: Einführung verbindlicher Methan-Emissionsgrenzwerte für stationäre Verbrennungsmotoranlagen (z.B. in Blockheizkraftwerken und Industrie) als Anreiz zum Einbau der technisch verfügbaren, aber noch weitgehend ungenutzten Methan-Oxidationskatalysatoren, die international bereits Anwendung finden.
- Voranbringen der Sanierung der vielfach alten und leckagebehafteten städtischen Niederdruck-Erdgas-Endverteilerleitungen. Einführung von deutlich engmaschigeren Leckage-Kontrollvorschriften für die Endverteilernetze bzw. in Gebäuden (mindestens jährliche Prüfung statt wie derzeit 6- bzw. 12-jährlich).
- Bei nationalen Erdgasimporten gezielte Auswahl von Zulieferern mit den geringsten Vorkettenemissionen (insbes. Vermeidung von LNG). Die EU bietet hierfür eine weltweite Methan-Transparenz-Datenbank an.

Quellen (bitte berücksichtigen):

Leopoldina und SynCom, Helmholtz Erde & Umwelt: Die Klimawirkung von Methan – eine unterschätzte Gefahr. Fact Sheet. pp.1-4, 2024, unter: https://doi.org/10.48440/leopoldina_syncom.2024.001

Hohlfeld, C.: Mehr gegen Methanemissionen tun. TERENO-Newsletter. p. 3, 2025, unter: https://www.tereno.net/joomla4/images/Newsletter/Newsletter_pdf_GER/TERENO-Newsletter_2025-1_deu.pdf

GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung (Prof. Dr. Dirk Sachse, Leiter der Arbeitsgruppe "Organische Oberflächengeochemie"):

- Governance und Standards für MRV (monitoring-reporting-verification) bei natur-basierter Kohlendioxidennahme (Carbon Dioxide Removal, CDR) an Land fördern/entwickeln.
- Ansätze zu landbasierter Untergrundspeicherung (Carbon Capture and Storage, CCS) sollten nicht ausgeschlossen werden, da diese bei lokaler Einlagerung kosten-effizienter sein können. Sicherheit und Risiken von landbasiertem CCS sind aufgrund von Erfahrungen des Pilotprojektes in Ketzin abschätzbar und beherrschbar.
- Integration von CDR in das Emissions Trading System (ETS) anstreben
- Forschungsbedarf besteht z.B. bei der Langfristigkeit der CO₂-Speicherung in natürlichen Senken an Land (z.B. beschleunigte Verwitterung, Bodenkohlenstoff, Biochar) und ihrer Stabilität bei Klima- und Landnutzungsveränderungen (z.B. bei landwirtschaftlich genutzten Flächen).

GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung (Prof. Dr. Torsten Sachs, Leiter der Arbeitsgruppe "Earth-Atmosphere Interaction"):

- Wiedervernässung von Mooren/moorschonende Stauhaltung sollte vorangetrieben werden inklusive Vereinfachung relevanter Genehmigungsverfahren (Wasserrecht, Naturschutzrecht, Raumplanung) und langfristiger Planbarkeit/Unterstützung für betroffene Landnutzer und -eigentümer
- MRV Standards definieren und umsetzen
- Quantifizierung des Moorschutzes durch verbindlich festgelegte Flächenziele ähnlich WindBG

GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung (PD Dr. Heidi Kreibich, Leiterin der Sektion Hydrologie):

Wasserextreme

- Weitere Stärkung des integrierten Hochwasserrisikomanagements auch für Sturzflutgebiete das z.B. effektive Frühwarnung beinhaltet kann katastrophale Auswirkungen wie beispielsweise hohe Opferzahlen verhindern. Frühwarnungssysteme müssen durch auswirkungsbasierte Vorhersage, die Informationen über das erwartete Ausmaß von Überschwemmungen und zu erwartende Schadenhotspots liefern, komplementiert werden.
- Entscheidungen über Hochwasserrisikomanagementmaßnahmen sollen auf Basis von Risiko-abschätzungen und z.B. Kosten-Nutzen-Analysen erfolgen. Das am GFZ entwickelte Regionale Hochwassermodellierungssystem RFM liefert deutschlandweite Hochwasserrisikoabschätzungen.
- Zur Unterstützung des Managements für außergewöhnliche Hochwasserereignisse wird empfohlen, für die Kartierung extremer Hochwassergefahren hohe Hochwasser-quantile im Bereich eines 1000-jährigen Hochwassers zu verwenden und Rekonstruktionen der größten dokumentierten historischen Hochwasserereignisse und synthetische Worst-Case-Szenarien zu berücksichtigen.
- Die Grenzen der Anpassung an zukünftiges Hochwasserrisiko müssen quantifiziert und bei der Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen berücksichtigt werden.
- Wasserextreme (Dürre und Hochwasser) sollten zusammen betrachtet und durch integriertes Management gemindert werden.

Quellen (bitte berücksichtigen):

Apel, H., Vorogushyn, S., Merz, B. (2022): Brief communication: Impact forecasting could substantially improve the emergency management of deadly floods: case study July 2021 floods in Germany. *NHESS*, 22, 9, 3005-3014.
<https://doi.org/10.5194/nhess-22-3005-2022>

Merz, B., Nguyen, D., Guse, B., Han, L., Guan, X., Rakovec, O., Samaniego, L., Ahrens, B., Vorogushyn, S. (2024): Spatial counterfactuals to explore disastrous flooding. *Environmental Research Letters*, 19, 4, 044022. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad22b9>

Sairam, N., Brill, F., Sieg, T., Farrag, M., Kellermann, P., Nguyen, D., Lüdtke, S., Merz, B., Schröter, K., Vorogushyn, S., Kreibich, H. (2021): Process-based flood risk assessment for Germany. *Earth's Future*, 9, 10, e2021EF002259.
<https://doi.org/10.1029/2021EF002259>

Silva, A. F. R., Eleutério, J. C., Apel, H., Kreibich, H. (2025): Assessing the impact of early warning and evacuation on human losses during the 2021 Ahr Valley flood in Germany using agent-based modelling. *NHESS*, 25, 4, 1501-1520.
<https://doi.org/10.5194/nhess-25-1501-2025>

GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung (Prof. Dr. Ingo Sass, Leiter der Sektion Geoenergie und Daniel Acksel, Department Geosysteme):

Geothermie

Mit heimischer Wertschöpfung geopolitische Resilienz und Grundlast in der Wärmeversorgung sichern. Erdwärme ist in menschlichen Dimensionen unendlich. 99% der Erdmasse sind heißer als 1000°C. Geothermie ist die einzige regenerative Energieform, die dauerhaft verfügbar ist. Damit ist sie in der Energieversorgung grundlastfähig und zudem CO₂-arm. Geothermie erhöht als heimische Energieform die Versorgungssicherheit und stärkt die nationale Wertschöpfung. Mit dem Geothermie-Beschleunigungsgesetz und Instrumenten zur Absicherung von Fündigkeitsrisiken sind wichtige Meilensteine für die Erdwärmekampagne des Bundes erreicht. Für eine erfolgreiche Skalierung in volkswirtschaftlicher Dimension sind weiterhin notwendig:

- Heißer, tiefer und schneller Bohren
- BigData ermitteln und mit künstlicher Intelligenz industrieerfügbar machen
- Gekoppeltes Modellieren mit gekoppelten Experimenten und Demonstratoren
- Den Wasserkreislauf nachhaltig auch als Energiekreislauf verstehen
- Heizen, Kühlen, Verstromen und Speichern: Hightech-Familie Geoenergie

Helmholtz-Zentrum hereon GmbH (Dr. Elke Keup-Thiel, Dr. Paul Bowyer und Dr. Markus Groth, Climate Service Center Germany (GERICS)):

Energiewirtschaft

Wind- und PV-Ausbau auf 85–95 % Strom aus Erneuerbaren bis Anfang der 2030er Jahre durch beschleunigte Genehmigungen, Flächenbereitstellung und Netzausbau (Planungs- und Genehmigungsfristen verkürzen; verbindliche Länderziele/Flächenpfade). Systemstudien zeigen, dass schnellere Genehmigungen und Effizienz-/Suffizienzpfade die Gesamtkosten senken und die Zielerreichung robust machen können (s. [Fraunhofer ISE](#), 2024).

Recht/Förderung: Anpassung EnWG/UVPG (Energiewirtschaftsgesetz und Umweltvertragsprüfungsgesetz) für Genehmigungsbeschleunigung; Bundesnetzagentur-Beschlüsse zu Netzentgelten/Flex; KTF-Mittel priorisiert für Netze und Speicher ([Agora Energiewende, 2025](#)).

Klare Ziele und Fördergelder für weitere Offshore Power-to-X-Projekte als wichtige Beiträge zur Entwicklung solcher Technologien (Beispiel [Wasserstoff Leitprojekte: H2Mare](#), Beispiel: Projekt H2Mare. <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/leitprojekte/h2mare>).

Quellen (bitte berücksichtigen):

Thelen, C., Ganter Næss, L., Nolte, H., Kaiser, M., Jürgens, P., Müller, P., Senkpiel, C., Kost, C.: Paths to a Climate-Neutral Energy System in Germany. Federal States in the Transformation Process, Fraunhofer ISE, November 2024, unter: [Paths to a Climate-Neutral Energy System in Germany – Federal States in the Transformation Process - Fraunhofer ISE](#)

Agora Energiewende: Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2024. Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2025, 2025, unter: [A-EW 351 JAW24 WEB.pdf](#)

Wasserstoff Leitprojekte: Wie H2Mare Wasserstoff direkt auf hoher See produzieren will, 2023, unter: <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/leitprojekte/h2mare>

Verkehr

E-Lkw-Hochlauf durch flächendeckende Ladeinfrastruktur an Autobahnen/Logistikknoten, CO₂-Maut und Flottenlimits; Studien und Marktberichte zeigen beschleunigte Hersteller-/Logistikumstellung. ÖPNV/Schiene: Kapazitätsausbau, Qualitätssteigerung, Trennung Infrastruktur/Transportanreize.

Quelle (bitte berücksichtigen):

Sachverständigenrat Wirtschaft: Freight Transport: Infrastructure requirements and decarbonisation, Kapitel 2, Spring Report 2024, unter: https://www.sachverständigenrat-wirtschaft.de/fileadmin/dateiablage/gutachten/fg2024/FG2024_Chapter_2.pdf

Landnutzung/Forst

- Senken stärken: Waldumbau, Agroforst, Moore/ Moorwiedervernässung; klare Senkenziele festlegen. Waldstrategie 2050 berücksichtigen und umsetzen ([BMLEH: Waldstrategie](#)).
- Stärkere Nutzung von natur-basierten Lösungen für viele Fragen in Bezug zu Klimaschutz und Anpassung, Forschung und Umsetzung stärken ([Ellis, P.W., Page, A.M., Wood, S. et al., 2024; Griscom, B. W. et al., 2025](#))

Quellen (bitte berücksichtigen):

BMLEH: Waldstrategie 2050, Nachhaltige Waldbewirtschaftung – Herausforderungen und Chancen für Mensch, Natur und Klima, 2021, unter: https://www.bmleh.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Wald/Waldstrategie2050.pdf?__blob=publication-File&v=10

Griscom, B.W. et al: We Need the Largest Experiments on Earth to Achieve Our Climate Targets, Global Change Biology, Volume 31, Issue 10 e70555, DOI: 10.1111/gcb.70555

Ellis, P.W., Page, A.M., Wood, S. et al. The principles of natural climate solutions. Nat Commun 15, 547 (2024). Doi: 10.1038/s41467-023-44425-2

Sektorübergreifend

- Wirkungsorientiertes Forschungsmanagement berücksichtigen: eine Handreichung der GTPF (<https://www.gtpf.science/>) ([GTPF, 2025](#)).
- ISO14002-3 climate: 'Environmental management systems — Guidelines for using ISO 14001 to address environmental aspects and conditions within an environmental topic area' wird 2026 veröffentlicht und ist eine Norm zum Umweltmanagement mit dem Fokus Klimawandel. Kann Unternehmen/Organisationen bei der Planung der Emissionsreduktion und der Anpassung an den Klimawandel unterstützen.

Quelle (bitte berücksichtigen):

Gesellschaft für transdisziplinäre und partizipative Forschung (GTPF): Wirkungsorientiertes Forschungsmanagement. Ein Ebenenmodell Erklärung und Reflexionsfragen, Version V1, 2025, unter: <https://zenodo.org/records/17800528>

Max Delbrück Center, Helmholtz Kompetenznetzwerk Klimagerecht Bauen Berlin
(**Christian Langfeld**, Teamleiter Helmholtz Klimagerecht Bauen und **Dr. Michael Hinz**, stellvertretender Teamleiter Helmholtz Klimagerecht Bauen):

Bauen und Gebäude-Energie

- Vereinfachte Verfahren für die Transformation der Energieversorgungssysteme: Die klimagerechte Transformation der Energieversorgungssysteme in Forschungszentren, aber auch in Kommunen, erfordert einen komplexen, mehrstufigen Prozess mit zahlreichen technischen und organisatorischen Herausforderungen. Aktuell wird die Planung und Entwicklung entsprechender Maßnahmen häufig durch komplexe regulatorische Vorgaben behindert. Beispielsweise haben Helmholtz-Zentren in den vergangenen Jahren erhebliche Mittel in die Installation von Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen) investiert. Aufgrund der spezifischen technischen Rahmenbedingungen der Forschungscampus hat sich der Netzanschluss der PV-Anlagen allerdings als große Hürde erwiesen (Zimmermann, M. et al.: [Helmholtz Klimagerecht Bauen, 2025](#)). Im Gegensatz zu kleinen, im Wohnungsbau üblichen Anlagen bis 100 kWp, für die es Vereinfachungen beim Netzanschluss gibt, gilt für Anlagen mittlerer Größe, wie sie für Forschungszentren und KMU interessant sein können, ein aufwändiges und nicht immer eindeutiges Regelwerk, das Netzbetreibern große Spielräume in Genehmigungsverfahren eröffnet. Um die Potentiale von PV-Anlagen mittlerer Größe besser zu nutzen, ist eine Vereinfachung der bestehenden Verfahren dringend notwendig. Gleichermaßen gilt für Nutzung von Geothermie-Sonden oder die Inbetriebnahme von Batteriespeichern, die zukünftig eine zentrale Rolle in innovativen Energieversorgungskonzepten einnehmen könnten.

Für den Sektor Wärmeversorgung hat der Fernwärmegipfel des Bundeswirtschafts- und Bundesbauministeriums 2023 das Ziel formuliert, gemeinsam Hemmnisse zu identifizieren und abzubauen. Die Erkenntnisse aus diesem Prozess sollten in das Klimaschutzprogramm einfließen.

Quellen (bitte berücksichtigen):

Zimmermann, M., Geiger, C., Streckwall, R., Hinz, M.: Helmholtz Klimagerecht Bauen. Netzanschluss von Photovoltaik-Anlagen in Helmholtz-Zentren – Herausforderungen und Empfehlungen, KOMPAKT 05, 2025, unter: hkb.helmholtz.de/assets/klimagerechtes_bauen/Dokumente/Kompakt/HKB_Kompakt_05_Netzanschluss_von_PV-Anlagen_in_Helmholtz-Zentren.pdf

Erklärung Fernwärmegipfel: Mehr Tempo bei der Transformation der Wärmeversorgung. Wärmenetze klimaneutral um- und ausbauen, 2023, unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/0612-erklaerung-fernwaeme-gipfel.pdf?blob=publicationFile&v=8>

- Vereinfachung der Verfahren im Forschungsbau der öffentlichen Hand: Aktuell entspricht die Infrastruktur zahlreicher Zentren an vielen Stellen funktional und energetisch nicht mehr den aktuellen Standards. Damit die Zentren zukünftig als Wissenschaftsstandort konkurrenzfähig bleiben und gleichzeitig einen Beitrag zum Erreichen der Klimaziele der Bundesrepublik Deutschland leisten können, sind umfangreiche Sanierungsmaßnahmen in die Infrastruktur dringend notwendig. Die Allianz der Forschungsorganisationen hat bereits 2021 an die Politik in Bund und Ländern appelliert, rechtliche und finanziellen Voraussetzungen dafür zu schaffen, um den Weg zur Klimaneutralität und Nachhaltigkeit entschlossen vorantreiben zu können. Der Helmholtz Arbeitskreis Facility Management hat Ende 2024 gemeinsam mit dem HKB Vorschläge erarbeitet, die auf eine Vereinfachung der Verfahren im öffentlichen Bauwesen hinzielen:

- Wissenschaftsfreiheitsgesetz im Sinne der ursprünglichen Initiative anwenden, um die Flexibilität und Eigenverantwortung der öffentlichen Bauherren zu fördern.
- Anwendung des Vergabe- und Wettbewerbsrechts lockern, um öffentliche Bauprozesse zu beschleunigen und effizienter zu gestalten.
- Bereitstellung zusätzlicher Investitions- und Fördermittel, um den vorhandenen Sanierungsstau abzubauen und einen nachhaltigen und klimaneutralen Betrieb der Zentren zu ermöglichen.
- Regulatorischen Rahmenbedingungen lockern, um die Anwendung neuer Technologien im Bau und Betrieb von Forschungsinfrastrukturen zu beschleunigen.
- Regelanpassungen im Planungs- und Vergabeprozess ermöglichen und Fördermittel bereitstellen, um Strategien für zirkuläres Bauen zu fördern.
- Lebenszyklusbetrachtung – CO₂-Richtwerte für Gebäude: Ein wesentlicher Hebel für die Reduzierung der CO₂-Emissionen im Bausektor ist die Einführung von CO₂-Richtwerten für Gebäude. In Dänemark wurden entsprechende Regelungen eingeführt und sukzessive verschärft. Aktuell gilt ein Durchschnittslimit von ca. 7,1 kg CO₂e/m²/Jahr für Neubauten und speziellen Vorgaben für verschiedene Gebäudetypen, einschließlich der Berücksichtigung der Bauphase (A1-A5), des Betriebs (B6) und des Rückbaus (C3, C4). Die Regeln, die ursprünglich für große Gebäude galten, werden nun auf fast alle Neubauten über 150 m² ausgeweitet und zielen auf eine Reduzierung der Emissionen über den gesamten Lebenszyklus. Eine Anpassung auf nationale Verhältnisse wäre wünschenswert.

Quelle (bitte berücksichtigen):

OECD: Eine Lebenszyklusbetrachtung. Zusammenfassung, 1. Ausgabe, 2025, unter: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/support-materials/2025/02/zero-carbon-buildings-in-cities_f926bc0b/WLC-Policy-Highlights-DE.pdf

- Norm- und Regelvielfalt im Bauwesen – reduzieren, straffen und reformieren: Eine große Hürde auf dem Weg zum klimagerechten Bauen ist die komplexe Norm- und Regelvielfalt im Bauwesen. Hier besteht Handlungsbedarf: Normen sollten gestrafft und auf das Wesentliche reduziert werden.

Quelle (bitte berücksichtigen):

Post, R.: Wie die Baunormung verbessert werden könnte, in: Bayerische Architektenkammer, DAB 08-19, unter: https://www.bvak.de/data/pdfs/AuT/Normung/DAB_Artikel_ab_17-09/NN_19-08_Wie_die_Baunormung_verbessert_werden_konnte_Post.pdf

- Ein Beispiel aus dem Forschungsbau ist die Belüftung von Laboren mittels Raumlufttechnischer (RLT)-Anlagen, die dazu dient, Beschäftigte vor chemischen Gefahrstoffen zu schützen. Da der Betrieb dieser Anlagen zwischen 60 und 80 % des Gesamtenergiebedarfs eines Forschungsgebäudes verursacht, haben sich Forschungszentren und Hochschulen in den letzten Jahren verstärkt mit der Frage beschäftigt, wie die Belüftung von Laboren optimiert werden kann, ohne die Sicherheit der Beschäftigten zu gefährden. Das HKB hat in einem Leitfaden Empfehlungen für eine bedarfsgerechte und energieeffiziente Lüftung in Forschungslaboren beschrieben. Die Belüftung der Labore wird durch die Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 526 vorgegeben und vielfach sehr restriktiv ausgelegt. In Anbetracht sich verändernder Arbeitsbedingungen und innovativer Belüftungskonzepte sollte die Regelung in einer konzertierten Aktion von Experten und Anwendern reformiert werden. Weiterhin sollte grundsätzlich geprüft werden, wie innovative Konzepte wie von den Architektenkammern vorgeschlagene

Gebäudetyp E (z. B als der Hamburger Standard eingeführt) für einfaches bzw. experimentelles Bauen in einem größeren Rahmen Anwendung finden. Der aktuell vom BMJV und BMWSB diskutierte Gesetzentwurf zum Gebäudetyp E sollte möglichst so breit gefasst werden, sodass er nicht nur im Wohnungsbau Anwendung findet, sondern auch andere Bausektoren, wie den Forschungsbau, einbezieht.

Helmholtz Zentrum Berlin (Dr. Antje Vollmer, Facility Sprecherin Synchrotron Light Source BESSY II):

- Forschungsförderung im Bereich der Solarzellen und grünem Wasserstoff ist essenziell. Der Anteil an grünem Wasserstoff in der gesamt Wasserstoffwirtschaft hat sich in drei Jahren mehr als verzehnfacht.
- Internationale wissenschaftliche Kooperationen ausbauen und vorantreiben (unter Einbeziehung der Industrie, insbesondere in der Großforschung als global vernetzter und diversitätsgtriebener Forschungsinfrastruktur. Beispiele:
 - CARE-O-SENE (<https://care-o-sene.com/en/>), bei welchem sich mehrere Helmholtz-Zentren, Institute und die Industrie dafür einsetzen, die Auswirkungen der Luftfahrtindustrie auf den Klimawandel deutlich zu reduzieren.
 - CatLab, wo Dünnschichtkatalysatoren für „Nachhaltige Chemie mit erneuerbaren Energien“ erforscht werden (https://www.helmholtz-berlin.de/projects/cat-lab/index_en.html) und zusammen mit der MPG unter Nutzung der Helmholtz-Infrastrukturen sowie der MPG-Beamlines in den Helmholtz-Zentren neue Arten von Katalysatoren für die effiziente Umwandlung von chemischer Energie in elektrische Energie und umgekehrt entwickelt werden, um die dringend notwendige Dekarbonisierung des Energiesystems voranzutreiben.
- Programm zum Ausbau von dezentralen Stromspeichern (Windrad und Batteriespeicher oder Elektrolyseur) und neue Infrastrukturen als "Paket": erzeugen, speichern, puffern: Für eine schnelle Umwandlung in Richtung klimaneutrale Energieversorgung spielen Batterien eine essentielle Rolle. Die Forschung in diesem Bereich hat enorm Fahrt aufgenommen, wie auch das Helmholtz Institut HIPOL in Jena eindrücklich zeigt. Die Forderung hier wäre ein Ausbau der nachhaltigen Energieinfrastruktur mit ausreichend Speicherkapazitäten, die jeweils unmittelbar an den Stromerzeuger (Windpark, Solarfeld) gekoppelt sind.
- Bildung und Forschung konsequent stärken als zentrale Zukunftsinvestition für gesellschaftlichen Fortschritt und wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit.
- Erneuerbare Energien massiv und beschleunigt ausbauen, einschließlich Speicher-technologien, um die Klimaziele kurzfristig wirksam zu erreichen.
- Langfristige Energieforschung weiterverfolgen, ohne kurzfristig verfügbare Lösungen zugunsten noch unreifer Technologien zu verzögern.
- Gesellschaftliche Akzeptanz durch aktive Wissenschaftskommunikation stärken, insbesondere über niedrigschwellige, öffentliche Dialogformate jenseits akademischer Milieus.
- Klare, konsistente energiepolitische Leitlinien sicherstellen, um Vertrauen, Planungssicherheit und gesellschaftliche Unterstützung zu gewährleisten.

Quellen (bitte berücksichtigen):

International Energy Agency (IEA): *Global Hydrogen Review 2021*, IEA, Paris 2021, unter: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2021>

International Energy Agency (IEA): *Global Hydrogen Review 2024*, IEA, Paris 2024, unter: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024>

Hydrogen Europe: *Clean Hydrogen Monitor 2024*, Hydrogen Europe, 2024, unter: https://hydrogogeneurope.eu/wp-content/uploads/2024/11/Clean_Hydrogen_Monitor_11-2024_V2_DIGITAL_draft3-1.pdf

Helmholtz Zentrum Berlin (Dr. Björn Rau, Stellvertretender Institutsleiter und Technologieleiter, Institut Kompetenz-Zentrum Photovoltaik Berlin, PVcomB):

- Homogenisierung von Brandschutz- und Baurichtlinien für einen einfacheren Zugang von Photovoltaikprodukten zu Bauvorhaben mit gebäudeintegrierten Solarlösungen. Vereinfachung von Zulassungsverfahren (DIBt) für einen schnelleren und kosten-günstigen Zugang lokaler Hersteller zum BIPV-Markt.
- Aktive Unterstützung (Förderung, Stakeholdervernetzung und -kommunikation) für Photovoltaik-Installationen auf/an Gebäuden bzw. gebäudehüllenintegriert, an Lärmschutzwänden und bei großflächig versiegelten Flächen (als Überdachung).
- Dabei spielen neben finanziellen Anreizen vor allem Initiativen zur Stakeholder-Kommunikation eine wichtige Rolle, beispielsweise Beratungsstellen, Netzwerkveranstaltungen und Workshops. Ein weiteres Element sind verbindliche Vorgaben für die Netzbetreiber, solche Projektanfragen möglichst unterstützend zu bearbeiten.
- Stärkere Berücksichtigung von ökologischen Kriterien bei der Errichtung/Genehmigung von Freiflächen-PV-Anlagen hinsichtlich Artenvielfalt und ökologischer Wertigkeit. Projekte mit aktivem biologischem Monitoring und einem positiven Effekt auf Artenvielfalt und Klima sollten gezielt unterstützt/gefördert werden.
- Förderung von Pilotprojekten und deren Sichtbarkeit und Übertragbarkeit von sektorenübergreifenden Maßnahmen zur Entwicklung von Bildungseinrichtungen, Produktionsstätten und Forschungseinrichtungen hin zu THG-neutralen Standorten. Da wo rechtlich möglich (öffentliche Einrichtungen), sollten verbindliche Vorgaben die Anwendung erfolgreicher und übertragbarer Konzepte entsprechend vorschreiben.

Frage 2

Wie kann das Klimaschutzprogramm so ausgestaltet werden, dass es vulnerable Gruppen und insbesondere Haushalte mit niedrigem Einkommen nicht überfordert, eine faire Verteilung der Kosten und Nutzen gewährleistet und eine hohe gesamtgesellschaftliche Akzeptanz findet?

Das Klimaschutzprogramm sollte ein Sozialmonitoring etablieren, das neben einkommensbasierten Indikatoren auch Pflegebedarf und chronische Erkrankungen berücksichtigt, weil diese Gruppen geringere Ausweichmöglichkeiten bei steigenden Energiekosten und veränderten Mobilitätsangeboten haben. Es sollte verbindliche Beteiligungsformate auf kommunaler Ebene vorsehen, die lokales Erfahrungswissen systematisch einbeziehen, und Teilhabeinstrumente wie das aktive Ermöglichen von Balkonsolaranlagen in staatlichen Wohnungsbeständen sowie den erleichterten Zugang zu Energiegenossenschaften für Haushalte mit niedrigem Einkommen umsetzen. Zur fairen Lastenverteilung sollten Einnahmen aus dem Emissionshandelsystem als Klimabonus mit Pro-Kopf-Rückverteilung ausgeschüttet und durch zielgenaue Zuschüsse etwa für Heizungstausch und energetische Sanierung ergänzt werden, begleitet von einer standardisierten Definition und Indikatoren für Energiearmut.

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (Dipl.-Sozialw. **Constanze Scherz**, stellvertretende Institutsleiterin des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) und Kolleg:innen):

- Sozial-Monitoring nicht nur auf Einkommen basierte Indikatoren beschränken. z.B. Menschen mit Pflegebedarf, chronischen Erkrankungen u.a. in Monitoring berücksichtigen, da diese Gruppen eingeschränkte Ausweichmöglichkeiten bei steigenden Energiekosten oder veränderten Mobilitätsangeboten haben.
- verbindliche Partizipationsformate auf kommunaler Ebene vorsehen, die über Informationsveranstaltungen hinausgehen und lokales Erfahrungswissen systematisch einbeziehen
- Empirie und Argumente für eine Weiterentwicklung kommunaler Klimapolitik hin zu stärker partizipativen, vernetzten und interaktiven Formaten ([Evers, A. et al. 2025](#))
- Eine der wirkungsvollsten Maßnahmen, die Energiereduktion von Menschen mit geringem Einkommen zu verringern, ist das Anbringen von Balkonsolaranlagen. Staatliche Wohnungsunternehmen sollte verboten werden, das Anbringen von Balkonsolaranlagen einzuschränken und im Gegenteil dazu verpflichtet werden, die Anbringung aktiv zu unterstützen.
- Arbeitszeitverkürzungen werden als Mittel zur Emissionsreduktion diskutiert und könnten dazu beitragen, soziale Transformationskosten abzufedern. Das Klimaschutzprogramm könnte insbesondere in Industriezweigen, die sich aufgrund neuer Fertigungstechniken und Produkte mit sinkendem bzw. in volatileren Marktumgebungen mit stärker fluktuerendem Arbeitsbedarf konfrontiert sehen (z. B. Stahl- und Automobilindustrie), (temporäre) Arbeitszeitverkürzungen zur Herstellung einer besseren Vereinbarkeit von sozialer und ökologischer Nachhaltigkeit unterstützen ([Fitzgerald, J.B. et al. 2015](#); [Fitzgerald, J.B., 2018](#)); [Melo, P.C., 2018](#); [Wiedenhofer, D., 2018](#); [Smetschka, B., 2019](#)).

- Durch die Stärkung von (Bürger-)Energiegenossenschaften kann die Akzeptanz der Energiewende gesteigert, Gewinne breiter gesellschaftlich geteilt und der Ausbau Erneuerbarer Energien beschleunigt werden. Energiegenossenschaften sollten dementsprechend als Schlüsselakteure der Energiewende verstanden und die Beteiligung an Energiegenossenschaften auch für Haushalte mit niedrigem Einkommen erleichtert werden ([Roesler, T. et al, 2019](#); [Avelino, F., 2016](#); [Viardot, E., 2013](#); [Yildiz, Ö. et al, 2015](#))
- Die Akzeptanz von CO₂-Besteuerung und die mit ihnen einhergehende Lastenverteilung und Akzeptanz hängt zentral von ihrer Ausgestaltung ab ([Bachus, K., 2019](#); [Klenert, D. et al, 2016](#); [Nemet, G.F., 2017](#); [Beiser-McGrath, L.F. et al, 2019](#)). Tax-and-dividend Systeme können sich dabei gerade für Einkommen mit schwachen Haushalteinkommen positiv auswirken, da diese im Schnitt auch niedrigere Emissionen verursachen ([Cronin, J.A., et al](#)); [Pizer, W.A. et al, 2019](#)).

Quellen (bitte berücksichtigen):

Evers, A., Schmid, V. Local Climate Governance: Towards more Interactive Practices and Settings? *Voluntas* **36**, 113–124 (2025), DOI: 10.1007/s11266-024-00698-9

Fitzgerald, J. B., Jorgenson, A. K., & Clark, B. (2015). Energy consumption and working hours: a longitudinal study of developed and developing nations, 1990–2008. *Environmental Sociology*, 1(3), 213–223, DOI: 10.1080/23251042.2015.1046584

Fitzgerald, J.B., Schor, B.S., Jorgenson, A.K.: Working Hours and Carbon Dioxide Emissions in the United States, 2007–2013, *Social Forces*, Volume 96, Issue 4, June 2018, Pages 1851–1874, [DOI:10.1093/sf/soy014](#)

Melo, P.C., Ge, J., Craig, T., Brewer, M.J., Thronicker, I.: Does Work-life Balance Affect Pro-environmental Behaviour? Evidence for the UK Using Longitudinal Microdata, *Ecological Economics*, Volume 145, 2018, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2017.09.006

Wiedenhofer, D., Smetschka, B., Akenji, L., Jalas, M., Haberl, H.: Household time use, carbon footprints, and urban form: a review of the potential contributions of everyday living to the 1.5°C climate target, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Volume 30, 2018, DOI: 10.1016/j.cosust.2018.02.007

Smetschka, B., Wiedenhofer, D., Egger, E., Haselsteiner, E., Moran, D., Gaube, V.: Time Matters: The Carbon Footprint of Everyday Activities in Austria, *Ecological Economics*, Volume 164, 2019, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2019.106357.

Roesler, T., Hassler, M.: Creating niches – The role of policy for the implementation of bioenergy village cooperatives in Germany, *Energy Policy*, Volume 124, 2019, Pages 95–101, DOI: 10.1016/j.enpol.2018.07.012.

Avelino, F., Wittmayer, J. M. (2016). Shifting Power Relations in Sustainability Transitions: A Multi-actor Perspective. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 18(5), 628–649, DOI: 10.1080/1523908X.2015.1112259

Viardot, E., The role of cooperatives in overcoming the barriers to adoption of renewable energy, *Energy Policy*, Volume 63, 2013, Pages 756–764, DOI: 10.1016/j.enpol.2013.08.034.

Yildiz, Ö., Rommel, J., Debör, S., Holstenkamp, L., Mey, F., Müller, J.R., Radtke, J., Rognli, J., Renewable energy cooperatives as gatekeepers or facilitators? Recent developments in Germany and a multidisciplinary research agenda, *Energy Research & Social Science*, Volume 6, 2015, Pages 59–73, DOI: 10.1016/j.erss.2014.12.001.

Bachus, K., Van Ootegem, L., & Verhofstadt, E. (2019). 'No taxation without hypothecation': towards an improved understanding of the acceptability of an environmental tax reform*. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 21(4), 321–332., DOI: 10.1080/1523908X.2019.1623654

Klenert, D., Mattauch, L., How to make a carbon tax reform progressive: The role of subsistence consumption, *Economics Letters*, Volume 138, 2016, Pages 100–103, DOI: 10.1016/j.econlet.2015.11.019

Nemet, G.F., Jakob, M., Steckel, J.C., Edelhofer, O., Addressing policy credibility problems for low-carbon investment, *Global Environmental Change*, Volume 42, 2017, Pages 47–57, DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2016.12.004.

Beiser-McGrath, L.F., Bernauer, T.: Could revenue recycling make effective carbon taxation politically feasible? *Sci. Adv.* 5, eaax3323, 2019. DOI: 10.1126/sciadv.aax3323

Cronin, J.A., Fullerton, D., Sexton, S.: Vertical and Horizontal Redistributions from a Carbon Tax and Rebate. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* Volume 6, Number S1, DOI:10.1086/701191

Pizer, W.A., Sexton, S.: The Distributional Impacts of Energy Taxes, *Review of Environmental Economics and Policy*, Volume 13, Issue 1, Winter 2019, Pages 104–123, DOI: 10.1093/reep/rey021

Helmholtz-Zentrum hereon GmbH (Dr. Elke Keup-Thiel, Dr. Paul Bowyer und Dr. Markus Groth, Climate Service Center Germany (GERICS)):

- Klimabonus (Pro-Kopf-Rückverteilung) aus ETS-Einnahmen und zielgenaue Zu- schüsse (z. B. für Heizungstausch/energetische Sanierung bei Geringverdienenden). Das UBA empfiehlt explizit einen Klimabonus kombiniert mit spezifischen Programmen ([Umweltbundesamt, 2025](#))
- Standardisierte Definition & Indikatoren für Energiearmut einführen (in Deutschland bislang fragmentiert) und EED-Pflicht (Energieeffizienz-Richtlinie) nutzen, um einen Anteil der Einsparungen an vulnerable Haushalte zu richten ([Umweltbundesamt, Interim Report, 2015](#))

Quellen (bitte berücksichtigen):

Umweltbundesamt: Revenue from emissions trading once again at record level. More than 18.5 billion euros for climate protection, technology promotion and social equity measures in Germany, No. 01/2025, unter: [Revenue from emissions trading once again at record level | Umweltbundesamt](#)

Schumacher, K., Noka, V., Cludius, J.: Interim report. Identifying and supporting vulnerable households in light of rising fossil energy costs, Umweltbundesamt (Hrsg.), 01/2025, unter: [Identifying and supporting vulnerable households in light of rising fossil energy costs](#)

Helmholtz-Zentrum hereon GmbH (Prof. Dr. Thomas Klassen, Leiter des Instituts für Wasserstofftechnologie am Hereon und Prof. Dr. Volker Abetz, Leiter des Instituts für Membranforschung):

Die Einnahmen aus der CO₂-Bepreisung sollten transparent als Klimageld an Bürgerinnen und Bürger zurückzugeben und langfristig als sozialer Ausgleich zu verstetigen; zugleich müssen die durch Extremwetter verursachten Klimaschäden verursachergerecht im CO₂-Preis abgebildet werden, um eine dauerhafte Sozialisierung der Klimafolgekosten zu vermeiden und wirksame Anreize zur Emissionsminderung zu setzen.

Helmholtz Zentrum Berlin (Dr. Björn Rau, Stellvertretender Institutsleiter und Technologieleiter, Institut Kompetenz-Zentrum Photovoltaik Berlin, PVcomB):

Reduzierung der Subventionen von klimaschädlichen Produktionen, Produkten und Verhaltensweisen.

GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung (Prof. Dr. Ingo Sass, Leiter der Sektion Geoenergie und Daniel Acksel, Department Geosysteme):

Geothermie

Wesentlich ist für diese Form der Energiebereitstellung, dass eine Verringerung der Bohrkosten hilft, die Wärmegestehungspreise zu senken. Dazu sind Hightech-Entwicklungen in der Tiefbohrtechnik voranzubringen, die vom GFZ bereits in der Forschungsbohrung GeoLaB-2

erfolgreich demonstriert wurden. Die typische Bohrzeiterwartung konnte um über 70% verbessert werden. Geothermische Systeme müssen einen signifikanten Beitrag zur klimaneutralen Wärmeversorgung und Wärmespeicherung liefern. Die Nutzung und Verteilung von geothermischer Wärme ist jedoch i. d. R. von der Verfügbarkeit bzw. den Ausbaumöglichkeiten von Nah- und Fernwärmennetzen abhängig. Die Einbindung geothermischer Systeme in Wärmenetze mit hochentwickelter Energieinfrastruktur ermöglicht eine effiziente Dekarbonisierung. Dank der Wärmegrundlast, die durch Geothermie bereitgestellt wird, ermöglichen diese Systeme eine stabile, importunabhängige und klimaneutrale Wärmeversorgung für urbane und industrielle Netze. Der Wärmenetzausbau wird allerdings oft durch einen hohen primären Investitionsbedarf beim Leitungsbau gehemmt. CAPEX und OPEX stehen in einem Verhältnis von ca. 60/40: d.h. die Investitionskosten liegen über den Betriebskosten. Geothermische Tiefbohrungen zur Erschließung hydrothermaler oder geschlossener Systeme erfordern, aufgrund standortspezifischer Gegebenheiten, häufig den Bau neuer Leitungsinfrastrukturen, um eine Anbindung an bestehende Wärmenetze zu ermöglichen.

Frage 3

Welche Änderungen von Rahmenbedingungen und Anreizen können dabei helfen, weitere Investitionen in die Transformation zur Klimaneutralität und die Marktdurchdringung von Schlüsseltechnologien für die Klimaneutralität zu beschleunigen? Wie kann dabei die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie gestärkt werden? Wie kann die Wirksamkeit marktwirtschaftlicher Instrumente bestmöglich gewährleistet werden?

Weitere Investitionen und die Diffusion von Schlüsseltechnologien werden durch gestärkte kommunale Umsetzungskapazitäten, konsistente Genehmigungs- und Rechtsanforderungen sowie durch Risikoteilung bei öffentlichen Pilot- und Vorbildinvestitionen beschleunigt. Wettbewerbsfähigkeit und die Wirksamkeit marktbasierten Klimaschutzes steigen, wenn kommunale Finanzierung und Digitalisierung Planungssicherheit und Skalierung ermöglichen und die Bepreisung von Kohlendioxid sozial tragfähig ausgestaltet ist.

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (Dipl.-Sozialw. Constanze Scherz, stellvertretende Institutsleiterin des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) und Kolleg:innen):

- KI und im besonderen generative KI-Systeme haben eine Vielzahl von gesellschaftsrelevanten Folgen v.a. auch mit Blick auf ökologische Folgekosten (extrem hoher Ressourcenverbrauch (Energie, Wasser, Land) und ein entsprechender CO₂-Fußabdruck. Die gegenwärtige Studienlage zeichnet diesbezüglich ein dramatisches Bild ([Jegham, N., 2025](#); [Caravaca, F. et al., 2025](#); [Winsta, J., 2025](#)). Gleichzeitig ist die Datenlage und die Bewertung dieser ökologischen Kosten ausbaubedürftig, auch mit Blick auf Folgen für die Systeme Energie, Wasser, Land. Eine systematische Analyse z.B. des gesamten KI-Ökosystems sowie über die Wertschöpfungsketten hinweg, die den Fokus wiederum auf Deutschland zulassen, wäre hierfür eine wesentliche Grundlage auch mit Blick auf die Bewertung und Entwicklung dieser Schlüsseltechnologien im europäischen Kontext. Auch ist anzunehmen, dass das Nutzungsverhalten Energiebedarfe beeinflusst, so dass hier letztlich Bedarfe einer Flexibilisierung & Fluktuation mit in Betracht gezogen werden sollten. Auch die kritische Prüfung alternativer Ansätze, z.B. „Slow AI“ / „zuverlässige AI“ oder small language models (SLM) sollte nicht zuletzt auch mit Blick auf andere kritische Folgen von generativer KI (Sicherheit, Demokratischer Diskurs etc.) für die die Klimaneutralität von Relevanz sein, nicht zuletzt auch für langfristige Folgen ([ÖAW, 2025](#); [Sauer, A., 2019](#)).
- Verbesserung vorhandener Fachkompetenzen speziell im Kontext von innovativen Technologien in den kommunalen Behörden sowie auf Kreisebene.
- Angleichung / Abstimmung / Vereinheitlichung von Rechtsvorschriften bei Bauanfragen an Baubehörden (neben Baurecht müssen i.A. eine Vielzahl weiterer konkurrierender Rechtsvorschriften (u.a. Umweltschutz, Denkmalschutz, Energierecht) beachtet werden). Dies würde auch die Wirksamkeit marktwirtschaftlicher Instrumente erhöhen, da dadurch die Umsetzung von Investitionen beschleunigt werden könnte
- Absicherung von Risiken bei öffentlichen Investitionen in innovative Technologien (Öffentlichen Investitionen an öffentlichen Gebäuden werden vielfach ein

Vorbildcharakter zugeschrieben; dies gilt auch für bestimmte PPP-Investitionen; wenn diese scheitern, dann nimmt die Bereitschaft (ggf. auch die Möglichkeiten) in den Kommunen ab, weiter aktiv zu werden)

Quellen (bitte berücksichtigen):

Jegham, N.: How Hungry is AI? Benchmarking Energy, Water, and Carbon Footprint of LLM Inference, 2025, arXiv:2505.09598v6

Caravaca, F., Cuevas, A., Cuevas, R.: From Prompts to Power: Measuring the Energy Footprint of LLM Inference, 2025, DOI: [10.48550/arXiv.2511.05597](https://doi.org/10.48550/arXiv.2511.05597)

Winsto, J.: The Hidden Costs of AI: A Review of Energy, E-Waste, and Inequality in Model Development, 2025, DOI: [10.48550/arXiv.2507.09611](https://doi.org/10.48550/arXiv.2507.09611)

Österreichische Akademie der Wissenschaften: Projektbericht. Generative KI und Demokratie. Endbericht Jänner 2025, Unter: https://epub.oewa.ac.at/0xc1aa5572_0x00402d80.pdf

Sauer, A., Abele, E., Buhl, H.U.: Energieflexibilität in der deutschen Industrie, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA (Hrsg.), S. 45-125, 2019, unter: https://synergie-projekt.de/wp-content/uploads/2020/08/urn_nbn_de_0011-n-5659211.pdf.

Helmholtz-Zentrum hereon GmbH (Prof. Dr. Thomas Klassen, Leiter des Instituts für Wasserstofftechnologie am Hereon und Prof. Dr. Volker Abetz, Leiter des Instituts für Membranforschung):

- Langfristig planbare und zuverlässige Kostenentwicklung in Form einer CO₂-Steuer, die einen Return-on-Investment kalkulierbar macht.
- Langfristig muss die Wende erfolgen und wird nach Umstellung auch Kosten sparen. In der Übergangsphase ist aber die internationale Konkurrenzsituation zu berücksichtigen. Hier müssen in der COP Beschlüsse zu den CO₂-Kosten und zum Kostenausgleich gefasst werden.
- Wir haben in Deutschland exzellente Kompetenzen sowie auch StartUps zu klimafreundlichen Technologien. Es besteht große Bereitschaft, Prozesse umzustellen. Allerdings braucht es faire Regeln zum Kostenausgleich, die die Umstellung unterstützen. Das erfordert verlässliche internationale Abstimmung und die EU könnte hier vorangehen.
- Entwicklung eines modularen Softwaresystems, welches Sektorkopplungspotenziale wie z.B. CO₂-Abtrennmöglichkeiten, H₂-Erzeugung, -Aufbereitung und -Verteilung, Wasseraufbereitung, CO₂-Emissions- und H₂-Verbrauchsprozesse auf verschiedenen Ebenen (Einzelunternehmen → gekoppelter Industriepark → Energiewirtschaft und Industrie → ...) analysieren und optimieren kann. Open Source und einfache Bedienung sollten gewährleistet sein.
- Daten aus Forschung und Daten aus industriellen Anwendungen sollen FAIR gehandelt werden (nicht nur von der Forschungseinrichtung, sondern auch, wo möglich, von der Industrie und generell vom Privatsektor, immer mit Vorsicht, um die IP-Rechte nicht zu verletzen).
- Prozesswasser und Membrantechnologien sind ein zentraler Hebel für Klimaneutralität, weil sie den hohen Wasser- und Energiebedarf der Industrie deutlich senken können. Moderne Membranen ermöglichen effiziente, energiearme Trenn- und Aufbereitungsprozesse selbst bei komplexen Prozesswässern und ersetzen damit teilweise sehr energieintensive Verfahren. So tragen sie wesentlich zu Kreislaufwirtschaft, geringeren Emissionen und einer resilienten industriellen Wasserwirtschaft bei ([DBI, 2021](#))

Quelle (bitte berücksichtigen):

DBI - Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg: Projektsteckbrief. Prozessentwässerung mit anorganischen Membranen – ProMem, 2021, unter: https://www.dbi-gruppe.de/wp-content/uploads/2023/08/31_Projektsteckbrief_Pro-Mem.pdf?utm_source=copilot.com

Max Delbrück Center, Helmholtz Kompetenznetzwerk Klimagerecht Bauen Berlin
(**Christian Langfeld**, Teamleiter Helmholtz Klimagerecht Bauen und **Dr. Michael Hinz**, stellvertretender Teamleiter Helmholtz Klimagerecht Bauen):

Gebäude

Nachwuchskampagnen im Bereich Energie- und Gebäudetechnik: In der Baubranche ist seit Jahren ein eklatanter Mangel an Fachkräften im Bereich Energie- und Gebäudetechnik zu beobachten. Gleichzeitig besteht hier ein verstärkter Bedarf an Expertise, um innovative Konzepte im Bau und Betrieb realisieren zu können.

Ein Grund für diesen Fachkräftemangel besteht darin, dass z.B. die Branche der Technischen Gebäudeausrüstung im Bewusstsein der Bevölkerung kaum vorhanden ist, da sie im täglichen Leben nicht so vordergründig in Erscheinung tritt, wie beispielsweise die Kommunikations- oder Kfz-Branche. Das macht es den Betrieben und Universitäten schwer, qualifizierten Nachwuchs zu finden. Im Rahmen des Klimaschutzprogramm sollten deshalb auch Nachwuchskampagnen für Ingenieurberufe und Facharbeiter, insbesondere für Energie- und Gebäude-technik, verankert werden.

Helmholtz Zentrum Berlin (Dr. Björn Rau, Stellvertretender Institutsleiter und Technologieleiter, Institut Kompetenz-Zentrum Photovoltaik Berlin, PVcomB):

- Bauwerkintegrierte Photovoltaik (BIPV) erschließt die bebaute Umgebung für die solare Energiegewinnung ohne zusätzlichen Flächenverbrauch. Solarmodule werden zu Bauprodukten und umgekehrt, die Gebäudehülle (Fassade, Dach, ...) wird zum lokalen Stromerzeuger. Das erfordert Anpassungen im Baurecht, Brandschutz und geforderten Standards.
- Gleichzeitig besteht die Möglichkeit, lokale (nationale und europäische) Wertschöpfungsketten zu stärken, da die erfolgreiche Gebäudeintegration von Photovoltaik eine enge Zusammenarbeit/Abstimmung zwischen Planenden, Produzierenden und Installateuren erfordert.
- Marktanreize durch ergänzende Sanierungs- und Neubauvorgaben und auch Nachhaltigkeitsstandards für Gebäude aber auch für die verwendeten Bauprodukte können helfen, lokale Anbieter zu stärken und besser zu vernetzen.
- Europäische oder nationale Herkunftsachweise könnten finanziell gefördert oder bei öffentlichen Ausschreibungen gezielt bevorzugt werden.

Quellen (bitte berücksichtigen):

The European Technology and Innovation Platform for Photovoltaics (ETIP PV): *BIPV Factsheet for Policymakers and Regulators: From Facade to Function in Europe's Clean Energy Transition*, The European Technology and Innovation Platform for Photovoltaics, 2025, unter: <https://etip-pv.eu/publications/etip-pv-publications/download/bipv-factsheet-for-policymakers-and-regulators>

International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme (IEA PVPS), Task 15: Fact Sheet: Advancing BIPV Standardization: Addressing Regulatory Gaps and Performance Challenges, IEA PVPS, 2025, unter: <https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2025/07/T15-Standardization-FS-2025.pdf>

GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung (Prof. Dr. Ingo Sass, Leiter der Sektion Geoenergie und Daniel Acksel, Department Geosysteme):

Geothermie:

- Enabler 1: Beseitigung von strukturellen Hemmnissen für den deutschlandweiten Markthochlauf für hydrothermale Geothermie durch ein nationales Erkundungsprogramm: Mit verschiedenen Gesetzesvorhaben sind inzwischen zwar günstigere Rahmenbedingungen zur Förderung der Geothermie geschaffen worden, für einen Markthochlauf bestehen aber weiterhin Hemmnisse. Da der Wärmemarkt stark fragmentiert ist, werden zahlreiche kleine Energieversorgungsunternehmen bei der Integration der Geothermie in die kommunale Wärmeversorgung mit neuen Aufgaben konfrontiert. Dazu kommt, dass die Erkundung von Bodenschätzungen in föderaler Verantwortung liegt. Einhergehend mit der Erdwärmekampagne des Bundes ist ein nationales Explorationsprogramm für die 100 am besten geeigneten Kommunen notwendig. Die Auswahl erfolgt nach festen Kriterien wie z.B. netzgebundene Wärme, verfügbare Flächen, Geologie, Akzeptanz und Motivation der Kommunen. Das Explorationsprogramm setzt in Phase 1 eine geophysikalische Exploration mittels Seismik um und in Phase 2 die Aufsuchung der Lagerstätte mittels einer ersten Tiefbohrung. Das GFZ beteiligt sich aktiv in seiner neutralen Rolle und mit der Expertise als internationaler Bohrprogrammkoordinator an der nationalen Realisierung und organisiert in der geowissenschaftlichen Community ein begleitendes Forschungsprogramm. Durch die Clusterung werden die Kapazitäten des gesamten europäischen Marktes genutzt und bessere Marktpreise erzielt. Gleichzeitig wird eine Beschleunigung erreicht und die einzelnen Standorte lernen voneinander.
- Enabler 2: Wissenschaftliche Begleitung eines Demonstrationsvorhabens zur Erschließung petrothermaler Potenziale für die Wärmewende in Deutschland: Während oberflächennahe und hydrothermale Technologien marktverfügbar sind, muss der Technologiereifegrad für petrothermale Geothermie noch weiter erhöht werden. In Deutschland liegen die Potenziale für petrothermale Geothermie erheblich über dem deutschen Wärmebedarf. Die Entwicklung petrothermaler Geothermie wird seit etwa 50 Jahren weltweit geforscht, u.a. vom GFZ in Groß Schönebeck im Norddeutschen Becken, mit der Helmholtz Young Investigator Nachwuchsgruppe ARES und dem Infrastrukturvorhaben GeoLaB. Inzwischen hat sich die zur Erschließung notwendige „Enhanced Geothermal Systems“ (EGS)-Technologie so weit entwickelt, dass eine Anwendung in Deutschland ebenfalls realisierbar ist. Ein geeigneter Standort für ein von der Industrie getriebenes Demonstrationsvorhaben ist die Lausitz. Hier sollen Nutzungskonzepte pilotaft umgesetzt werden und das Hochskalieren die Energiebereitstellung im industriellen Maßstab ermöglichen. Von Bedeutung dafür ist:
 - Die Entwicklung von EGS ist mit weiteren Forschungsaufgaben verbunden. Notwendig sind ein vorgesetztes Explorationsvorhaben mit geophysikalischer Erkundung und Explorationsbohrung in ca. 3000 m Tiefe, um Gesteins- und Wassereigenschaften in dieser Tiefe bestimmen zu können.
 - Im GeoLaB-Vorhaben hat das GFZ bereits die Bohrtechnik aus erfolgreichen kommerziellen Projekten in den USA übertragen und gezeigt, dass die Bohrgeschwindigkeit um mehr als 50% gesteigert werden kann und die Wirtschaftlichkeit für EGS-Anwendungen erhöht wird.
 - Die Lausitz befindet sich am Rand des Norddeutschen Beckens und verfügt über die für das Vorhaben notwendigen geologischen Voraussetzungen.

Darüber hinaus bietet der Strukturwandel in der Kohleregion Veränderungsbereitschaft auf verschiedenen Ebenen. Weiterhin sind in der Region bzw. im Umfeld Wirtschaftsunternehmen, Forschungseinrichtungen und Fachplaner verfügbar, eine derartige Erschließung umzusetzen.

Langfristige Zielstellung ist die nachhaltige Umwandlung von Standorten mit konventioneller Energieversorgung zu regenerativen Versorgungstechnologien am Beispiel der Modellregion Lausitz, und somit die Positionierung der Region als Innovationstreiber. Vorgespräche für die Nutzung von EGS in der Lausitz sind mit der LEAG und dem LBGR geführt worden.

Frage 4

Wie kann das Klimaschutzprogramm Impulse zur Belebung der Konjunktur geben? Worauf sollte angesichts der substantiellen Konsolidierungsbedarfe im Bundeshaushalt sowie der gebotenen Kosteneffizienz besonderes Augenmerk gelegt werden?

Das Klimaschutzprogramm kann konjunkturelle Impulse über klimaneutrale Infrastrukturinvestitionen in Gebäudesanierung, erneuerbare Energien, öffentlichen Verkehr und Netze setzen. Unter Konsolidierungsdruck sollten Maßnahmen mit hoher Multiplikatorwirkung priorisiert, strikt kostenwirksam geprüft und klimaschädliche Subventionen vermieden werden. Anschubfinanzierungen in der Elektrolyseurproduktion können Exportfähigkeit stützen, während eine beschleunigte Energiewende Energiepreis- und Sicherheitsrisiken senkt und mittelfristig die Wettbewerbsfähigkeit stärkt.

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (Dipl.-Sozialw. **Constanze Scherz**, stellvertretende Institutsleiterin des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) und Kolleg:innen):

- Klimaneutrale Infrastrukturinvestitionen (Gebäudesanierung, Erneuerbare, ÖPNV, Netze) als konjunkturwirksamer „Green Stimulus“ (Beispiel: [O'Callaghan, B., 2022](#))
- Fokus auf Maßnahmen mit hoher Multiplikatorwirkung; strenge Kosten-Nutzen-Kontrolle zur Vermeidung ineffizienter Subventionen

Die Produktion von Elektrolyseuren ist ein Zukunftsmarkt; siehe [z.B. Quest One in Hamburg](#). Die Anschubfinanzierung kann dazu beitragen, Deutschlands Exportstärke zu erhalten bzw. auszubauen.

Quellen (bitte berücksichtigen):

O'Callaghan, B., Yau, N., Hepburn, C.: How Stimulating Is a Green Stimulus? The Economic Attributes of Green Fiscal Spending. Annual Review Environment and Resources. 47:697-723, 2022, [DOI: 10.1146/annurev-environ-112420-020640](#)

Kauschke, F.: H-Tex Systems startet Serienproduktion von Elektrolyseuren, in: Erneuerbare Energien, 2024, unter: <https://www.erneuerbareenergien.de/wasserstoff/h-tec-systems-startet-serienproduktion-von-elektrolyseuren>

Helmholtz-Zentrum hereon GmbH (Dr. Elke Keup-Thiel, Dr. Paul Bowyer und Dr. Markus Groth, Climate Service Center Germany (GERICS)):

Energie-/Klimaprojekte als Produktivitätstreiber stärken: IEA und UBA betonen, dass die beschleunigte Energiewende Energiesicherheits- und Kostenrisiken reduziert und mittelfristig Wettbewerbsfähigkeit stärkt ([IEA, 2025](#), [Umweltbundesamt, 2025](#))

Quellen (bitte berücksichtigen):

International Energy Agency - IEA: Germany 2025, unter: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/7fea0ad0-1cc1-45e9-810b-2d602e64642f/Germany2025.pdf>

Umweltbundesamt: Germany on track for 2030 climate targets. Further action needed in transport, buildings and natural sinks, Pressemitteilung vom 14.3.2025, unter: <https://www.umweltbundesamt.de/en/press/pressinformation/germany-on-track-for-2030-climate-targets>

Helmholtz-Zentrum hereon GmbH (Prof. Dr. Thomas Klassen, Leiter des Instituts für Wasserstofftechnologie am Hereon und Prof. Dr. Volker Abetz, Leiter des Instituts für Membranforschung):

Wir empfehlen, den Kohlendioxid-Grenzausgleichsmechanismus CBAM so weiterzuentwickeln, dass er globale Emissionen messbar senkt, Umgehung unattraktiv macht (Anti-Circumvention) und Investitionen in treibhausgasneutrale Produktion beschleunigt:

- Umgehungs- und Fehlanreize minimieren: risikobasiertes Zoll- und Marktaufsichtsdesign, regelmäßige Stichprobenprüfungen, nachvollziehbare Auditstandards und eine Sanktionsstruktur, die erwartete Gewinne aus Falschangaben deutlich übersteigt.
- Messung, Berichterstattung und Verifizierung emissionswirksam ausrichten: bei fehlenden oder nicht verifizierten Anlagendaten Anwendung konservativer Standardwerte (oberes Emissionsquantil) als Default; parallel Aufbau von Mess- und Verifizierungskapazitäten (insbesondere für kleinere Exporteure und Länder mit geringer administrativer Kapazität), um die Nutzung realer, verifizierter Emissionsdaten zu ermöglichen.
- Systemgrenzen entlang von Verlagerungsrisiken erweitern: prioritäre Einbeziehung weiterverarbeiteter Produkte mit hohem Importvolumen und hoher eingebetteter Emissionsrelevanz, um Substitution in nachgelagerte Waren zu verhindern und die Preissignale entlang der Wertschöpfungskette zu erhalten.
- Einnahmen nach Klimawirkung und Zusätzlichkeit allokalieren: Priorisierung von Maßnahmen mit hoher und nachweisbarer Emissionsminderung pro eingesetztem Euro, insbesondere (i) Dekarbonisierung der Stromerzeugung und Senkung der Treibhausgasintensität des Stromsystems (Gramm Kohlendioxid-Äquivalente pro Kilowattstunde) einschließlich Netzen, Speichern und Flexibilität, sowie (ii) Umstellung emissionsintensiver Industrieprozesse und (iii) Kooperationen zur Emissionsminderung in Lieferketten mit robusten Monitoring- und Evaluationskriterien.

GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung (Prof. Dr. Dirk Sachse, Leiter der Arbeitsgruppe "Organische Oberflächengeochemie"):

Carbon Dioxide Removal: Förderung neuer Ansätze zu land- und ozeanbasiertem CDR (technisch und naturbasiert) fördert Innovation neuer technischer und analytischer Ansätze die bei Hochskalierung konjunkturelle Chancen und Etablierung neuer Wirtschaftszweige bieten (bei Integration in ETS)

GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung (Prof. Dr. Torsten Sachs, Leiter der Arbeitsgruppe "Earth-Atmosphere Interaction"):

Förderung der Paludikultur/Landwirtschaft auf nassen Böden → fördert Innovation und regionale Wertschöpfung (z.B. Verpackungsmaterial, Faserguss, Bau- und Dämmstoffe), Verkürzung von Lieferketten, Verringerung von Abhängigkeiten

GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung (Prof. Dr. Ingo Sass, Leiter der Sektion Geoenergie und Daniel Acksel, Department Geosysteme):

Fokussierung auf die Gunsträume für tiefe Geothermie gemäß „Roadmap tiefe Geothermie für Deutschland“, im Wesentlichen Norddeutsches Becken, Alpenvorlandsmolasse und Oberrheingraben.

Frage 5

Wie kann das Klimaschutzprogramm dazu beitragen, das Zusammenwirken bei der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen zwischen Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene zu optimieren?

Das Klimaschutzprogramm sollte eine institutionalisierte Mehrebenen-Koordinierung etablieren, die Maßnahmen zwischen Bund, Ländern und Kommunen gemeinsam entwickelt, Zielkonflikte explizit bewertet und dafür eine gemeinsame Daten- und Modellgrundlage, insbesondere digitale Zwillinge, nutzt. Ergänzend sollten Abstimmungen zu Strategie- und Rechtsrahmen auf konkrete Umsetzungsfragen fokussiert, Fortschritte über Monitoring und Best-Practice-Netzwerke vergleichbar gemacht und die kommunale Ebene durch gesicherte Finanzierung, Personal- und Kompetenzaufbau sowie interoperable digitale Infrastrukturen gestärkt werden.

Forschungszentrum Jülich GmbH (Prof. Stefan Kollet, Leiter der Forschungseinheit „Integrierte Modellierung terrestrischer Systeme“ am IBG-3, FZJ):

Auf Basis der Erfahrung im Solution Lab Rur Erft im Rahmen der Helmholtz Wasserkampagne schlagen wir folgendes Vorgehen im Rahmen des Klimaschutzprogramms vor:

- Stakeholder-übergreifende Co-Entwicklung organisieren: Das Klimaschutzprogramm so ausrichten, dass Akteure über Zuständigkeitsebenen hinweg (Bund/Länder/Kommunen als Stakeholder) eng zusammenarbeiten und Lösungen gemeinsam entwickeln.
- Interaktive Zusammenarbeit an komplexen Modellen ermöglichen: Ein kollaboratives Umfeld schaffen, in dem Beteiligte direkt mit komplexen Modellen und großen, heterogenen Datensätzen arbeiten können (statt klassischer Beratung/Einbahnstraßen-Transfer).
- Gemeinsames Abwägen von Zielkonflikten im Interactive Solution Room: Zielkonflikte zwischen konkurrierenden Zielen werden in einem gemeinsamen, interaktiven Setting systematisch sichtbar gemacht und bewertet.
- Digitale Zwillinge als gemeinsame Arbeitsbasis nutzen: Digitale Zwillinge eröffnen Zugang zu Big Data (großen Datenmengen) und erlauben es, alternative Lösungspfade und deren Unsicherheiten transparent und partizipativ zu untersuchen.
- Wissen in umsetzbare, kontextspezifische Lösungen übersetzen: Spitzentechnologien, Expertise und Daten werden so in handlungsrelevante, kontextspezifische technische und naturbasierte Lösungen übertragen.

Helmholtz-Zentrum hereon GmbH (Prof. Dr. Thomas Klassen, Leiter des Instituts für Wasserstofftechnologie am Hereon und Prof. Dr. Volker Abetz, Leiter des Instituts für Membranforschung):

Grundsätzlich müssen Anreize und Unterstützung nicht nur für CAPEX sondern auch für OPEX zur Verfügung stehen.

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (Dipl.-Sozialw. **Constanze Scherz**, stellvertretende Institutsleiterin des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) und Kolleg:innen):

- Förderung von Forschung in gesellschaftsbasierten Laboren (society-based laboratories), insbesondere im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit ([Schäpke, N. et al., 2018](#))
- Rolle von Bürgerbeteiligung (bsp. Agrophotovoltaik) ([Ketzer, D., et al., 2018](#); [Gondolf et al., 2024](#))
- Aus unserer Forschung zu Wasserstoff haben wir feststellen können, dass Abstimmungen über Strategieziele sowie gesetzliche Rahmenbedingungen zwischen unterschiedlichen administrativen Ebenen hilfreich wäre; aber der Gegenstand der Verhandlungen sollte recht konkret sein, damit die Abstimmung Wirkung zeigt.
- Systematischer Austausch und Monitoring (Best-Practice-Netzwerke, gemeinsame Förderaufrufe)
- Stärkung der kommunalen Ebene durch Integration des Klimaschutzes in den Finanzausgleich und gezielte Klimafonds. bzw., weitergehend: dass Investitionen in erneuerbare Energien von Kommunen generell als rentierliche Schulden behandelt werden und deshalb die Investition und die Abschreibungen nicht auf ihre Verschuldungsbegrenzung angerechnet werden. Außerdem sollten sie davon ausgenommen werden, dass die Abschreibungen erwirtschaftet werden müssen.
- Ausbau einer digitalen Infrastruktur, die die kommunalen und staatlichen Maßnahmen verbindet und in Beziehung setzt. Informationen über staatliche Maßnahmen mit Umweltdaten (Open Data-Portale, wie [umwelt.info](#) weiter ausbauen, nicht auf Umweltdaten beschränken, um weitere Kategorien ergänzen und Portale untereinander vernetzen, sodass diese auch bspw. für Individuen und Genossenschaften attraktiv, nutzbar und verständlich sind), mit Daten über Energienutzung (wo nachhaltig und wo nicht, bspw. Rechenzentren), rechtlichen Anforderungen und Lerninhalten (wird auch zur Steigerung der Akzeptanz bei Bürgern führen) vernetzen. Im Kontext der Energiewende würden solche Portale außer Steigerung der Akzeptanz u.a. auch die dezentrale Struktur der Energienetze unterstützen, somit auch die Energielieferung sichern, wie auch zu einer breiteren Aufteilung der Gewinne in der Gesellschaft beitragen.

Quellen (bitte berücksichtigen):

Schäpke, N., Bergmann, M., Stelzer, F., Lang, D.J.: Labs in the Real World: Advancing Transdisciplinary Research and Sustainability Transformation: Mapping the Field and Emerging Lines of Inquiry, [GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society](#), Volume 27, Supplement 1, 2018, pp. 8-11(4), DOI: [10.14512/gaia.27.S1.4](https://doi.org/10.14512/gaia.27.S1.4)

Ketzer, D., Weinberger, N., Rösch, C., & Seitz, S. B. (2020). Land use conflicts between biomass and power production – citizens' participation in the technology development of Agrophotovoltaics. *Journal of Responsible Innovation*, 7(2), 193–216, DOI: [10.1080/23299460.2019.1647085](https://doi.org/10.1080/23299460.2019.1647085)

Gondolf, J.; Schrader, T.-S.; Mbah, M.; Kelly, R.; Jendritzki, I.; Lee, Y.-C.; Poganietz, W.-R.: Beteiligung für Nachhaltigkeit in der Energiewende - Partizipation und Wissenstransfer im Kopernikus-Projekt Ensure, 2024. *Netzpraxis*, 63 (7-8), 30–33, unter: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000173276>

Helmholtz-Zentrum hereon GmbH (Dr. Elke Keup-Thiel, Dr. Paul Bowyer und Dr. Markus Groth, Climate Service Center Germany (GERICS)):

- Länder als Schlüsselakteure stärken: Föderale Unterschiede produktiv nutzen (Flächenziele, Landes-Klimagesetze, kommunale Förderung). Forschung zeigt Diffusion guter Praxis und Risiken durch zu langsamem Bundeskonsens ([Eckersley, P., 2021](#)).
- Kommunale Umsetzung und Finanzierung stärken: Hoher Anteil der Rechts-/EU-Umsetzung erfolgt lokal; deshalb Finanzierung, Personal, Kompetenzaufbau und digitale Werkzeuge für Wärmeplanung, Mobilitätspläne, usw. stärken bzw. überhaupt erst bereitstellen ([Wollmann, H. 2024](#))
- Klaren Governance-Überblick (EU–Bund–Länder) erstellen und pflegen: Studie zu Klima-Governance in Deutschland empfiehlt explizite Kompetenz- und Instrumentenlandkarte ([Kurdziel, M. et al. 2023](#))

Quellen (bitte berücksichtigen):

Eckersley, P., Kern, K., Haupt, W., Müller, H.: The Multi-Level Context for Local Climate Governance in Germany: The Role of the Federal States, IRS Dialog 3 | 2021, unter: https://leibniz-irs.de/fileadmin/user_upload/IRS_Dialog_Transferpublikationen/2021/IRS_Dialog_multi-level_governance.pdf

Wollmann, H.: Local Government and Governance in Germany: Challenges, Responses and Perspectives, Springer Cham 2024, unter: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-68354-1>

Kurdziel, M., Ancygier, A., Illenseer, K.: Climate Governance in the Federal Republic of Germany: Interaction between the EU, the federal state, and regional states to implement Germany's emissions reduction targets, Internationale Klimaschutzinitiative (IKI) / Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) 2023, unter: https://www.international-climate-initiative.com/fileadmin/iki/Dokumente/Publikationen/Projekte/201423/20250526_new-climate_qiz_NCI_Climate-governance-in-the-Federal.pdf

Helmholtz Zentrum Berlin (Dr. Björn Rau, Stellvertretender Institutsleiter und Technologieleiter, Institut Kompetenz-Zentrum Photovoltaik Berlin, PVcomB):

- Homogenisierung von Brandschutz- und Baurichtlinien für einen einfacheren Zugang von Photovoltaikprodukten zu Bauvorhaben mit gebäudeintegrierten Solarlösungen.
- Vereinfachung von Zulassungsverfahren (DIBt) für einen schnelleren und kostengünstigen Zugang lokaler Hersteller zum BIPV-Markt.

GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung (Prof. Dr. Ingo Sass, Leiter der Sektion Geoenergie und Daniel Acksel, Department Geosysteme):

Geothermie: Um grenzüberschreitende Potenziale zu mobilisieren, braucht es einen gemeinsamen Rechtsrahmen.

Quellen (bitte berücksichtigen):

Muhl, L., Salalá, L., Pramudy, E., Wang, J., Sass, I., & Watanabe, N. (2026). Enhancing permeability in deep, medium-temperature granitic geothermal systems via chelating agent stimulation. *Geoenergy Science and Engineering*, 257, Part A: 214252. doi:10.1016/j.geoen.2025.214252.

Emmermann, R., Schulz, R., Stober, I., Wenzel, F., Lauterjung, J., Bracke, R., Henning, H.-M., Chur, C., Müller-Ruhe, W., Sass, I., Reinicke, K. M., Knapik, E., & Krawczyk, C. (Eds.). (2024). Geothermische Technologien in Ballungsräumen. Ein Beitrag zur Wärmewende und zum Klimaschutz. acatech. doi:10.48669/aca_2024-6.

Bremer, Judith; Kohl, Thomas; Sass, Ingo; Kolditz, Olaf; Rudolph, Bastian; Rühaak, Wolfram; Köbe, Wolfgang; Dehmer, Dagmar; Schamp, Jürgen; Grimmer, Jens C.; Scheuvens, Dirk; Schüth, Christoph; Deon, Fiorenza; Lüth, Stefan; Haaf, Nadine; Höffert, Ulrike; Milsch, Harald; Giese, Rüdiger; Zimmermann, Günter; Könitz, Dorit; Rink, Karsten; Sen, Özgür Ozan; Goldstein, Susann; Jahn, Markus; Steinhülb, Johannes; Bauer, Florian; Selzer, Michael; Schätzler, Katharina (2025): GeoLaB Annual Report 2024, 126p.

Acksel, D., Amann, F., Bremer, J., Bruhn, D., Budt, M., Bussmann, G., Görke, J.-U., Grün, G., Hahn, F., Hanßke, A., Kohl, T., Kolditz, O., Regenspurg, S., Reinsch, T., Rink, K., Sass, I., Schill, E., Schneider, C., Shao, H., Teza, D., Thien, L., Utri, M., Will, H. (2022): Roadmap Tiefe Geothermie für Deutschland I Handlungsempfehlungen für Politik, Wirtschaft und Wissenschaft für eine erfolgreiche Wärmewende, 37 p.

Scheck-Wenderoth, M., Gleeson, S. A., Krawczyk, C., Graf zu Castell-Rüdenhausen, W., Lawrence, M., & Acksel, D. (2023). Contributions of geosciences to sustainable development. In XXVIII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG). Potsdam: GFZ German Research Centre for Geosciences. doi:10.57757/IUGG23-3188.

Weitere Empfehlungen für das Klimaschutzprogramm der Bundesregierung

Helmholtz-Zentrum hereon GmbH (Dr. Elke Keup-Thiel, Dr. Paul Bowyer und Dr. Markus Groth, Climate Service Center Germany (GERICS)):

- Übergeordnet möchten wir auf den aktuellen „Monitoringbericht 2025“ der „Expertenkommission zum Energiewende-Monitoring“ verweisen, mit dem Andreas Löschel et al. auch in diesem Jahr wieder die wichtigste Bestandsaufnahme zur deutschen Energiepolitik vorlegen ([BMUKN, 2025](#)). Eine entsprechende politische Berücksichtigung der dortigen Vorschläge – mindestens zu Kapitel „11 Wirkungsvolle Energie- und Klimapolitik“ und dem dortigen Anschnitt „11.4 Empfehlungen zum Policy Mix“ – ist dringend empfohlen.
- Zudem sollte auch hier auf der regulatorischen Ebene eine deutlich weitergehende Verknüpfung von Klimaschutz und Anpassung an die Folgen des Klimawandels angestrebt werden. Es sollten also beispielsweise Bezüge zum Bundes-Klimaanpassungsgesetz (KAnG) hergestellt werden, um die Identifikation und Nutzung von Synergien auf allen föderalen Ebenen deutlich zu verbessern beziehungsweise überhaupt erst zu ermöglichen.
- Zu berücksichtigende Literatur → Joint planning of mitigation and adaptation to climate change ([Klein, R.J.T. et al, 2007](#))
- Kritische Lücken (u.a. Verkehr, Gebäude, natürliche Senken) adressieren und gleichzeitig die industriellen Transformationspfade (H₂-Stahl, Netze, Speicher) stärken. ([IEA, 2025](#); [Umweltbundesamt, 2025](#); [Agora Energiewende, 2025](#)).
- Marktwirtschaftliche Instrumente (CO₂-Preis, ETS, lokale Preissignale) stärken und mit gezielter sozialer Abfederung (Klimabonus, vulnerable Haushalte) verbinden, was Akzeptanz und Wettbewerbsfähigkeit stärken kann ([Umweltbundesamt, 2025](#); [Umweltbundesamt, Interim Report, 2015](#)).

Quellen (bitte berücksichtigen):

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK): Monitoringbericht der Expertenkommission zum Energiewende-Monitoring 2025, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2025, unter: <https://www.bundesklimaschutzministerium.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/monitoringbericht-der-expertenkommission-zum-energiewende.html>

Klein, R.J.T., Huq, S., Denton, F., Downing, T.E., Richels, R.G., Robinson, J.B., Toth, F.L.: Inter-relationships between adaptation and mitigation, Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability — Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2007, unter: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg2-chapter18-1.pdf>

International Energy Agency - IEA: Germany 2025, unter: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/7fea0ad0-1cc1-45e9-810b-2d602e64642f/Germany2025.pdf>

Umweltbundesamt: Germany on track for 2030 climate targets. Further action needed in transport, buildings and natural sinks, Pressemitteilung vom 14.3.2025, unter: <https://www.umweltbundesamt.de/en/press/pressinformation/germany-on-track-for-2030-climate-targets>

Agora Energiewende: Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2024. Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2025, 2025, unter: [A-EW 351 JAW24 WEB.pdf](#)

Umweltbundesamt: Revenue from emissions trading once again at record level. More than 18.5 billion euros for climate protection, technology promotion and social equity measures in Germany, No. 01/2025, unter: [Revenue from emissions trading once again at record level | Umweltbundesamt](#)

Schumacher, K., Noka, V., Cludius, J.: Interim report. Identifying and supporting vulnerable households in light of rising fossil energy costs, Umweltbundesamt (Hrsg.), 01/2025, unter: [Identifying and supporting vulnerable households in light of rising fossil energy costs](#)

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (Dipl.-Sozialw. **Constanze Scherz**, stellvertretende Institutsleiterin des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) und Kolleg:innen):

- Beschleunigter Ausbau erneuerbarer Energien (Wind, Sonne, Biomasse) und der Netzausbau (Strom- und Wärmenetze, Speicher/H₂-Anlagen) bei rechtlicher Absicherung (z.B. EEG-Novelle, Netzausbau Gesetze); Kohleausstieg 2030 festschreiben ([Sarajlić, M. et al., 2025](#); [Schreiner, L. et al., 2021](#)).
- Umstieg auf emissionsarme Prozesse (z.B. Wasserstoff-Stahl, alternative Zementbindemittel) und Steigerung der Energieeffizienz; Umstellung auf Kreislaufwirtschaft (Materialsubstitution, Recycling); Einführung eines wirksamen CO₂-Grenzausgleichs und schrittweises Auslaufen der kostenlosen ETS-Zuteilungen zur Stärkung des CO₂-Preissignals ([Joy, F.H. et al., 2025](#))
- Ausweitung der CO₂-Bepreisung (national und EU-ETS) auf alle Sektoren; Abbau fossiler Subventionen und Zweckbindung der Einnahmen für Klimaschutz; gezielte Forschungs- und Investitionsförderung (z.B. H₂-Infrastruktur, CCU/CCS, Energiespeicher); klare Regulierungsrahmen (Genehmigungsbeschleunigung, Wasserstoff- und CCS-Recht) ([Schreiner, L. et al., 2021](#)).
- Finanzierungshilfen (zinsgünstige Kredite, Bürgschaften, Leasing-Modelle) für klimafreundliche Investitionen auch für Haushalte mit geringen Einkommen ([Behringer, J. et al., 2024](#)).
- Klimaneutrale Infrastrukturinvestitionen (Gebäudesanierung, Erneuerbare, ÖPNV, Netze) als konjunkturwirksamer „Green Stimulus“ ([Schreiner, L. et al., 2021](#)).

Quellen (bitte berücksichtigen):

Sarajlić, M., Peters, D., Takach, M., Schuldt, F., von Maydell, K.: *The Integration of Hydrogen Energy Storage (HES) in Germany: What Are the Benefits for Power Grids?*, Energies 18(7) 1720, 2025, DOI: 10.3390/en18071720

Schreiner, L., Madlener, R.: *A pathway to green growth? Macroeconomic impacts of power grid infrastructure investments in Germany*, Energy Policy 156 112289, 2021, DOI: 10.1016/j.enpol.2021.112289

Joy, F.H., Groppi, D., Villani, L., Irfan, Astiaso Garcia, D.: *Techno-Economic Assessment of Hydrogen Integration for Decarbonizing the Steel Industry: A Case Study*, Hydrogen 6(4) 104 2025, DOI: 10.3390/hydrogen6040104

Behringer, J., Endres, L., Korsinnek, M.: *CO₂-Bepreisung: Akzeptanz und Kostenwahrnehmung nach der Preiserhöhung 2024*, IMK Policy Brief 175, Hans-Böckler-Stiftung / Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung, 2024, unter: [CO₂-Bepreisung: Akzeptanz und Kostenwahrnehmung nach der Preiserhöhung 2024 - Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung \(IMK\) in der Hans-Böckler-Stiftung](#)

Forschungszentrum Jülich GmbH (Prof. Dr. Martin Schultz, Leiter Forschungsgruppe Earth System Data Exploration):

Essentiell für ein erfolgreiches Klimaschutzprogramm ist die Überwachung der Effekte der Maßnahmen, und das bedeutet ein modernes Monitoring mit Instrumenten, die „gut genug“ sind (keine Billig-Sensoren mit unbekannter oder unzureichender Charakteristik und nicht notwendigerweise highest-end Forschungsgeräte) und, vor allem, moderner Datenübermittlung und -bereitstellung. Die Daten müssen so aufbereitet und zur Verfügung gestellt werden, dass sie sowohl in der klassischen als auch in der KI-Modellierung einfach nutzbar sind (Training und Evaluierung). Hier bietet sich eine Integration in die Helmholtz Meteocloud am JSC und den Datahub E&U an.