

Publizierbarer Endbericht

Gilt für Studien aus der Programmlinie Forschung

A) Projektdaten

Allgemeines zum Projekt	
Kurztitel:	INTEGRATE
Langtitel:	Austria's path to climate neutrality: identifying a cross-sector integrated framework and incentive design, distributional and budgetary implications
Zitiervorschlag:	Steininger K., Alaux N., Glas N., Hoff H., Kueschnig M., Kulmer V., Mestel R., Nabernegg S., Ochs F., Passer A., Salomon M., Sanvito F., Streicher W., Tisovsky M., Tosatto A., Truger B., Vogel J., Wallenko L. (2024), Austria's Climate Neutrality: A Consistent Cross-Sector Analysis and Policy Package, Distributional and Financial Implications (Final Report)
Programm inkl. Jahr:	ACRP 14/2022
Dauer:	1.10.2022 – 30.09.2024
KoordinatorIn/ ProjekteinreicherIn:	Wegener Center für Klima und Globalen Wandel, Universität Graz
Kontaktperson Name:	Univ.-Prof. Dr. Karl Steininger
Kontaktperson Adresse:	Brandhofgasse 5 8010 Graz
Kontaktperson Telefon:	+43 316 380 8441
Kontaktperson E-Mail:	karl.steiner@uni-graz.at
Projekt- und KooperationspartnerIn (inkl. Bundesland):	Institut für Banken und Finanzierung, Universität Graz (Steiermark) Universität Innsbruck, Arbeitsbereich für Energieeffizientes Bauen (Tirol) Technische Universität Graz (Steiermark)

Allgemeines zum Projekt	
Schlagwörter:	Net zero emissions, policy package, integrated sectoral analysis, climate finance, distributional impacts
Projektgesamtkosten:	322.854,12 €
Fördersumme:	299.804,00 €
Klimafonds-Nr:	C264873
Erstellt am:	06.06.2025

B) Projektübersicht

1 Kurzfassung

Österreichs aktualisiertes Ziel für die Lastenteilung bis 2030 erfordert eine rasche und weitreichende Umstellung der Klimapolitik, die auf eine Reduzierung der nationalen Treibhausgasemissionen relativ zu 2005 um 48 % bis 2030 abzielt. Umfassende sektorübergreifende Veränderungen, einschließlich in den Bereichen Energie, Landnutzung, Städte, Infrastruktur und Industrie, sind für eine tiefgreifende Emissionsreduzierung unerlässlich, wie der IPCC (Shukla et al., 2022) betont. Während es in Österreich umfangreiche Forschung zur Defossilisierung innerhalb einzelner Sektoren gibt, besteht eine Wissenslücke hinsichtlich der Wechselwirkungen zwischen diesen Sektoren. Zu den kritischen Forschungsbereichen gehören die gemeinsame Nutzung erneuerbarer Energiequellen, potenzielle Synergien (Abfälle aus einem Sektor dienen als Input für einen anderen) und die Fähigkeit der Industrie, klimaneutrale Materialien entsprechend der Nachfrage zu produzieren. Darüber hinaus waren die finanziellen Mechanismen, die diesen Transformationsprozess unterstützen, noch weitgehend unerforscht. Die Forschung im Projekt INTEGRATE befasste sich mit diesen miteinander verbundenen Herausforderungen und entwickelte ganzheitliche politische Rahmenbedingungen um die Transformation zu gewährleisten. Das Projekt konzentrierte sich auf die Erforschung und Bewertung potenzieller Wege für Österreich, um bis 2050 Netto-Null-Emissionen zu erreichen. Für Sektoren, deren Dekarbonisierung schwierig ist, wie z. B. Sektoren mit inhärenten Prozessemissionen, werden Strategien wie die Kohlenstoffabscheidung und -nutzung vorgeschlagen, die auf den Grundsätzen der Kreislaufwirtschaft basieren. Im Rahmen des Projekts wurden verschiedene Netto-Null-Emissionsszenarien gegenübergestellt, die Auswirkungen auf Energienachfrage und –bereitstellung (insbesondere erneuerbare Energien) bewertet und die Auswirkungen auf makroökonomische Indikatoren wie BIP, Preise und sektorale Ergebnisse analysiert. Außerdem wurden potenzielle Verteilungseffekte auf Haushalte und verschiedene Wirtschaftssektoren sowie die (Wettbewerbs-) Stärken und Schwächen Österreichs in Bezug auf relevante Technologien berücksichtigt. Ein weiterer entscheidender Aspekt von INTEGRATE war die Untersuchung des Finanzmarktes, insbesondere um geeignete Finanzinstrumente und Investitionsstrategien zu ermitteln, die Österreich bei der Erreichung seiner Klimaziele unterstützen können. Wissenschaftler:innen und Interessenvertreter:innen entwickelten gemeinsam eine konsistente Vision einer klimaneutralen österreichischen Wirtschaft in allen Sektoren als Grundlage für einen Backcasting-Prozess zur Ermittlung der entsprechenden konsistenten Pfade. Auf der Grundlage der in diesem Prozess gewonnenen Bottom-up-Sektordetails wurde ein Integratives Ökonomisches Bewertungsinstrument eingesetzt, um die Auswirkungen auf die Energiestruktur und -erzeugung, die Wirtschaftsleistung und makroökonomische Variablen zu analysieren. Es wurde ein kohärenter politischer Rahmen entwickelt, zusammen mit einer Reihe von Instrumenten, die nicht nur den Übergang zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft vorantreiben, sondern auch die Unterstützung und Zusammenarbeit der Interessengruppen gewinnen und so eine breitere Akzeptanz sicherstellen.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen des Projekts

Es wurden vier verschiedene Netto-Null-Emissionsszenarien für Österreich im Jahr 2050 entwickelt. Sie unterscheiden sich in Bezug auf (i) die Höhe der Energienachfrage der jeweiligen Sektoren (hoch im REF(ERENCE)-Szenario, niedrig im INT(EGRATE)-Szenario) und (ii) den Grad der Integration des internationalen Energiemarktes (vollständige Integration versus begrenztes Importpotenzial). Diese Szenarien erstrecken sich über alle Arbeitspakete bzw. Analysebereiche. Bottom-up-Sektormodelle und -prognosen lieferten die Energienachfrage für beide Szenarien (hohe und niedrige Nachfrage) für die Zielsektoren Industrie, Gebäude und Verkehr. Für Gebäude zeigen die Ergebnisse, dass Effizienzsteigerungen und der Ersatz von Heizsystemen auf Basis fossiler Brennstoffe eine Voraussetzung für die Erreichung von Netto-Null-Emissionen im Jahr 2050 sind. Während eine ehrgeizige Elektrifizierung für den Verkehrssektor unerlässlich ist, wird die Defossilisierung der Industrie größere technologische Anpassungen erfordern, die in einigen Fällen den Energiebedarf erhöhen. Die Modellierungsergebnisse zeigen, dass die österreichische Produktion erneuerbarer Energien die Ziele des aktuellen Ausbauplans deutlich übertreffen muss oder Österreich stark auf Importe angewiesen

sein wird, um die Anforderungen ohne starke Senkung der Energienachfrage zu erfüllen. Die Datenanalyse in den Teilsektoren der Kreislaufwirtschaft zeigt, dass Österreich in mehreren Technologiefeldern, die für den Übergang zu Netto-Null von entscheidender Bedeutung sind – sowohl im Bereich der erneuerbaren Energien als auch im Bereich der Energieeffizienz und der Recyclingtechnologien – über innovative Stärken verfügt, aber auch über einige entscheidende Schwächen. Auf der Finanzmarktseite wird deutlich, dass es eine große Lücke zwischen den Informationen gibt, die Banken benötigen, um Entscheidungen über die Finanzierung nachhaltiger Projekte zu treffen, und den Informationen, die KMUs tatsächlich sammeln und melden. Gemeinsam mit Interessenvertreter:innen und Expert:innen wurden politische Empfehlungen für die wichtigsten Sektoren und Handlungsfelder entwickelt, darunter Industrie, Energieerzeugung, Gebäude, Finanzsektor, Innovation und Arbeitsmarkt.

2 Executive Summary

Austria's updated effort sharing target for 2030 requires a rapid and far-reaching shift in climate policy, aiming at a 48% reduction of national GHG emissions by 2030 (relative to 2005). Comprehensive transitions across sectors, including energy, land, urban areas, infrastructure and industry, are essential for deep emissions reductions, as highlighted by the IPCC (Shukla et al., 2022). While there is extensive research on defossilization within individual sectors in Austria, there is a gap in understanding the interactions between these sectors. Critical areas of research include shared reliance on renewable energy resources, potential synergies (waste from one sector serving as input for another), and the ability of industries to produce climate-neutral materials in line with demand. In addition, the financial mechanisms supporting this transformative process remained largely unexplored. The research in INTEGRATE addressed these interrelated challenges and proposed a holistic policy framework. The project focused on the exploration and assessment of potential pathways for Austria to achieve net-zero emissions by 2050. For sectors that are challenging to decarbonize, such as those with inherent process emissions, strategies like carbon capture and utilization rooted in circular economy principles are suggested.

The project's scope involved contrasting various net-zero emission scenarios, evaluating the implications for energy (particularly renewable), and analyzing the impacts on macroeconomic indicators such as GDP, prices, and sectoral outputs. It also considered potential distributional effects across households and different economic sectors as well as Austria's strengths and weaknesses in relevant technologies in the international market. A further crucial aspect of INTEGRATE was the examination of the financial market, specifically to identify suitable financial tools and investment strategies that can propel Austria towards its climate objectives. Scientists and stakeholders jointly developed a consistent vision of a climate-neutral Austrian economy across all sectors as a basis for a back-casting process to identify the corresponding consistent pathways. Based on the bottom-up sectoral details provided from this process, an Integrative Economic Evaluation Tool (IEET) was employed to analyse the impact on energy structure and production, economic sector output and macroeconomic variables. A coherent policy framework was devised, along with sets of instruments, that not only drive the low-carbon transformation but also garner support and collaboration from stakeholders, thus ensuring wider acceptability.

Results and conclusions of the project

Four different net-zero emission scenarios for Austria in 2050 have been developed. They differ in terms of (i) the level of energy demand of respective sectors (high in the REF(erence) scenario, low in the INT(egrate) scenario) and (ii) the degree of integration of the international energy market (full integration versus limited import potential). These scenarios cut across all work packages and areas of analysis. Bottom-up sector models and projections provided energy demand for both scenarios (high and low demand) for the target sectors industry, buildings and transport. For buildings, the results show that

efficiency improvements and the replacement of fossil fuel-based heating systems are a prerequisite for achieving net-zero emissions in 2050. While ambitious electrification is essential for the transport sector, defossilizing industry will require major technology adjustments which in some cases increase energy demand. The IEET modeling results show that Austria's renewable energy production will have to significantly exceed its expansion plan targets or rely heavily on imports in order to meet the requirements without strong energy demand reductions.

Data analysis in the circular economy subsectors reveals that Austria has innovative strengths in several technology fields that are key for the transition to net-zero – both in renewable energy as well as in energy efficiency and recycling technologies – but also some crucial weaknesses. On the financial market side, it becomes clear that there is a large gap between the information that banks need to make decisions about financing sustainable projects and the information that SMEs actually collect and report. Together with stakeholders and experts, policy recommendations were developed for the main sectors and fields of action considered, including industry, energy generation, buildings, the financial sector, innovation and the labour market.

3 Hintergrund und Zielsetzung

Die Vereinten Nationen berichten regelmäßig über die verbleibende und erhebliche klimapolitische Lücke zur Erreichung der Ziele des Pariser Abkommens (UNEP, 2024). Während die derzeitige Politik eine Erwärmung um über 3 Grad impliziert, könnten die zugesagten national festgelegten Beiträge – wenn sie alle, auch die bedingten, vollständig verwirklicht und in die Politik umgesetzt werden – die globale Erwärmung auf 2,6 Grad begrenzen (UNEP, 2024), also immer noch weit entfernt von den angestrebten 1,5 Grad. Daher muss die Umsetzung der politischen Maßnahmen weltweit erheblich ausgeweitet werden.

Eine wirksame Verringerung der Treibhausgasemissionen erfordert einen sektor- und handlungsfeldübergreifenden Ansatz. Die sektoralen Fahrpläne („Road Maps“) sind zwar ein wichtiger Bestandteil der (supra-)nationalen Politikentwicklung, stützen sich aber oft auf dieselben erneuerbaren Energieressourcen oder Stromnetze und müssen daher in einem integrierten Gesamtkonzept aufeinander abgestimmt werden. Wir entwickeln hier ein Schema für die Identifizierung und Gestaltung von Politiken, die Klimaneutralität erreichen können. In Anbetracht der Komplexität des Themas und der weitreichenden Auswirkungen auf verschiedene gesellschaftliche Akteure verfolgen wir einen transdisziplinären Ansatz, der auf umsetzbare Ergebnisse abzielt (Caniglia et al. 2020).

Die EU strebt an, bis 2050 der erste klimaneutrale Kontinent zu werden (European Commission, 2021; European Parliament and Council, 2024). Österreichs im Fit-for 55 Paket nunmehr erhöhtes Emissionsreduktionsziel von 48% und die mittelfristige Klimaneutralität sind die Zielvorgaben. Unser Ansatz in der Vorgehensweise orientiert sich an den von Lang et al. (2012) vorgeschlagenen Phasen für transdisziplinäre Forschung in der Nachhaltigkeitswissenschaft und ihren Gestaltungsprinzipien.

In der Literatur (z. B. Europäische Umweltagentur (2024)) wird auf die zentrale Bedeutung der Kreislaufwirtschaft für die Erreichung der Klimaneutralität durch effizientere Materialflüsse hingewiesen. „Allerdings ist die Einbeziehung von Maßnahmen der Kreislaufwirtschaft in nationalen Klimapolitiken und -maßnahmen aufgrund ihres sektorübergreifenden Charakters und der Herausforderung, die Auswirkungen zu quantifizieren, unterrepräsentiert“ (Europäische Umweltagentur, 2024). In ähnlicher Weise ist die Reduzierung der Endenergienachfrage in der Forschung zur Klimaneutralität häufig unterrepräsentiert. Sowohl die Kreislaufwirtschaft als auch die Reduzierung der Endenergienachfrage sind daher ein Schwerpunkt unserer Analyse.

4 Project content and results

Ko-Produktion mit Stakeholder-Einbindung

Die Aufgabe war, das Integrate Projekt mit seinem **systemischen sektorübergreifenden Ansatz** im realweltlichen Kontext der österreichischen Wirtschaft und Politik zu verankern, um gemeinsam mit den wichtigsten gesellschaftlichen Akteuren relevante Fragestellungen zu entwickeln und anwendbare und gleichzeitig wissenschaftlich robuste Ergebnisse zu erarbeiten. Dazu wurde ein sektorübergreifender Dialog mit Unternehmen(sverbänden), Politik, Verwaltung, Zivilgesellschaft und Wissenschaft angestoßen.

Die Grundlage für diesen Prozess war ein schon vor Projektbeginn begonnenes **Stakeholder Mapping**, d.h. ein systematisches Erfassen der wichtigsten Akteure aus den verschiedenen Sektoren aus Industrie, Gewerbe, (Landes- und Bundes-)Politik, Verwaltung und Zivilgesellschaft und ihre jeweiligen Verantwortlichkeiten. Dabei konnte auf bestehenden Netzwerken und Kontakten aufgebaut werden.

Der erste Schritt des gemeinsamen Ko-produktionsprozesses war ein **Kick-off Workshop** von Projektwissenschaftler:innen und Stakeholdern zu Beginn des Projekts, bei dem eine **sektorübergreifende Vision** für die wirtschaftliche und gesellschaftliche Transformation mit dem Ziel Klimaneutralität bis 2040 erarbeitet wurde (siehe Erntedokument Kick-off Workshop). Diese Vision diente als Grundlage für den weiteren Projektverlauf, in welchem aufeinander abgestimmte **Transformationspfade für die Sektoren Energie, Industrie und Gewerbe** (insbesondere Stahl und Zement sowie Recycling) **und Gebäude**, unter Beteiligung der Finanzwirtschaft entwickelt wurden. Auf der Basis dieser Pfade wiederum wurden gemeinsam von Wissenschaft und Praxis **Maßnahmen** zum Erreichen des Klimaneutralitätsziels erarbeitet und bewertet sowie integrierte **Policy Packages** entwickelt (siehe Integrate Newsletter 3 & 4).

Aufbauend auf den Ergebnissen des Kick-off Workshops fanden **sektor-spezifische Dialoge** statt, zum einen mit Akteuren aus der Finanzwirtschaft (unter Beteiligung der Realwirtschaft), zum anderen mit dem Gebäudesektor.

Den Auftakt für den Dialog mit dem Gebäudesektor bildete die Präsentation des Integrate Projekts am 20.3.2023 bei dem Paris Building Workshop in Graz. Daraus entstand die Empfehlung, integrierte Transformationspfade mit gleichzeitiger Reduktion von Energie- und Materialbedarf mittels Sektorkopplung zum USP des Integrate Projekts zu machen. Der Dialog mit dem Gebäudesektor wurde bei den Renowave Impact Days vom 16. – 18.10.2023 in Graz fortgesetzt, wo der Fokus auf Weiternutzung, Umnutzung und Recycling von Gebäuden und Materialien lag (als Alternative zum Neubau). Die Renowave Dialogplattform und das Renowave Innovationslabor zur klimaneutralen Gebäude- und Quartierssanierung arbeiteten mit dem Integrate Projekt mit seiner systemischen interdisziplinären Arbeitsweise zusammen (koordiniert durch den Projektpartner Universität Innsbruck).

Bei dem Integrate **Abschlussworkshop** wurden die Ergebnisse der Bereichsanalysen (aus der Modellierung und den sektor-spezifischen Dialogen und zahlreichen Interviews und persönlichen Interaktionen im Rahmen verschiedener Veranstaltungen) gesamthaft präsentiert und finale Feedbacks eingeholt: es

wurden die gemeinsam erarbeiteten Szenarien (höherer und geringerer Energieverbrauch sowie stärkere und schwächere Importabhängigkeit), Maßnahmen und Policy-Pakete diskutiert und weiterführende sektorale und sektorübergreifende Implikationen und erforderlichen Schritte zur Umsetzung erarbeitet. Ein besonderer Fokus lag dabei auf inter-sektoralen Zielkonflikten, Synergien und Abhängigkeiten beim Recycling bzw. Inwertsetzen von Abfallprodukten eines Sektors in einem anderen Sektor und damit der Substitution von Primär- durch Sekundärrohstoffe sowie die erforderlichen Rahmenbedingungen und Anreize (siehe Erntedokument Abschlussworkshop auf der Projektwebsite <https://wegcwp.uni-graz.at/integrate/> >> Stakeholder).

Es wurde im Verlaufe des Integrate Projekts immer wieder deutlich, dass zirkuläre Produktion, basierend auf Sekundärrohstoffen, zumeist noch teurer ist als der Einsatz von Primärrohstoffen und sich daher ohne entsprechende Regulierung oder staatliche Anreize nur schwer entsprechende Geschäftsmodelle entwickeln lassen. Für das Setzen entsprechender Schritte ist die **Fortsetzung eines kontinuierlichen sektorübergreifenden Dialogs** zwischen Unternehmen, Politik und Wissenschaft wichtig.

Zudem machte das Integrate Projekt die entscheidende Bedeutung der CO₂ Bepreisung für eine Beschleunigung der Dekarbonisierung deutlich. Weiters wurde im Projektverlauf deutlich, dass auch Kohlenstoff (mittels CCU) zirkulär geführt werden muss, wenn Klima- und weitere Nachhaltigkeitsziele, wie die nachhaltige Nutzung von Land und anderen natürlichen Ressourcen gewährleistet werden soll – ein Punkt der in der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie zu kurz kommt.

Industrie und Energie

Im Hinblick auf die Industrie wurde der notwendige technologische Wandel erforscht, um die Industrie in Österreich bis 2050 auf Netto-Null-Emissionen zu transformieren. Dies geschah unter Berücksichtigung verschiedener Rahmenbedingungen, die in den Szenarien REF (Referenz) und INT (Integrate, mit reduziertem Energiebedarf) beschrieben werden. Als Hauptquelle für die Annahmen rund um Energie- und Emissionsbilanzen wurden Daten aus dem NEFI-Projekt (New Energy for Industry) herangezogen (Alton et al., 2022). Dabei stellte das "Zero Emission Szenario" (ZEM) eine wichtige Grundlage für die Formulierung des REF-Szenarios dar. ZEM skizziert die Umsetzung von technologischen Schritten hin zur Klimaneutralität des österreichischen Industriesystems bis zum Jahr 2050. Während ZEM (und somit REF) vor allem auf technologische Änderungen setzt, berücksichtigt INT zusätzliche Schritte zur Senkung des Energiebedarfs, wie beispielsweise durch Recycling und Kreislaufwirtschaft.

Das Potential derartiger Maßnahmen zur Energieeinsparung wurde auf Basis von Literaturrecherchen und Stakeholder-Befragungen abgeschätzt und mittels Lebenszyklusanalyse bewertet.

Industriesektoren, bei denen zusätzliche Möglichkeiten zur Energiebedarfsreduktion abgeschätzt wurden, sind Eisen und Stahl, nichtmetallische Mineralstoffe, Holz und Holzprodukte sowie die chemische Industrie. Laut der Literaturanalyse umfassen die aussichtsreichsten Maßnahmen im Szenario INT:

- Nichtmetallische Mineralstoffe/Zement: Senkung des Klinkeranteils von heute 70 % auf 50 % bis zum Jahr 2040, unter anderem durch Nutzung von Stahlwerksabfällen
- Nichtmetallische Mineralstoffe/Keramik, Gips, Glas: Ersatz von Rohmaterialien durch recycelte Materialien
- Holzbranche: Wiederaufbereitung von Holzresten zu Holzwerkstoffplatten
- Eisen- und Stahlindustrie: Umstellung auf die Sekundärproduktion unter Einsatz von Stahlschrott in Elektrohochöfen
- Chemische Industrie: Fortschritte beim Recycling von Kunststoffen und in der ökologischen Produktgestaltung.

Gebäude

Die Analyse des Bausektors begann mit der Definition der Ausgangslage des Gebäudebestands in Bezug auf die gesamte Bruttogeschossfläche und die Anzahl der Gebäude sowie den entsprechenden Energieverbrauch. Die verfügbaren statistischen Daten ermöglichten es, zwischen Gebäudekategorien (z. B. Wohngebäude, Nichtwohngebäude und Gebäudegröße) und Bauzeit zu unterscheiden.

Es wurden **zwei Szenarien** mit dem „Building stock scenario tool“ an der Universität Innsbruck umgesetzt, um die Entwicklung des Bausektors (REF und INT) mit unterschiedlichen Ambitionsniveaus für Sanierungsrate und Sanierungstiefe (Energienstandard nach der Sanierung) bei den Maßnahmen zur Erreichung der Dekarbonisierung zu bewerten.

Ergebnisse des Szenariomodells sind die **Entwicklung des Energiebedarfs** (pro Energieträger) für Raumheizung, Warmwasserbereitung und Haushaltsstrom für die verschiedenen untersuchten Gebäudekategorien und die Anzahl der Gebäude, die eine thermische Sanierung oder eine Änderung der Heizungs-, Lüftungs- und Klima(HLK)-Anlage erfordern. Die Ergebnisse zeigen, dass die HLK-**Umstellung** zwar ein grundlegender Schritt ist, um den Ausstieg aus fossilen Systemen zu erreichen, diese Maßnahme jedoch **durch eine deutliche Reduzierung des Endenergiebedarfs unterstützt** werden muss. Die massive Elektrifizierung des Energiesystems, die durch die Installation von Wärmepumpen (sowohl in einzelnen Gebäuden als auch in Fernwärmenetzen) als Ersatz der fossilen Energieträger vorangetrieben wird, führt zu einem Anstieg des Gesamtstrombedarfs, der zum Teil durch Eigenstromerzeugung am Gebäude (Photovoltaik) aber auch durch Netzausbau und Defossilisierung der Stromerzeugung gedeckt werden muss.

Die **Menge der** in den beiden Pfaden **benötigten Materialien** wird mit einem „Renovierungspaket-Tool“ definiert. Mit diesem Tool können für ein repräsentatives Gebäude jeder Gebäudekategorie die erforderlichen Maßnahmen definiert werden, um die im jeweiligen Szenario festgelegten Ziele zu erreichen. Jedes Renovierungspaket wird durch die zusätzliche äquivalente Dämmstärke von Wänden und Dach, durch die Notwendigkeit des Austauschs der Fenster und eventuell der Installation der mechanischen Lüftung mit Wärmerückgewinnung beschrieben. Für jede Sanierungstiefe (REF und INT) werden drei verschiedene Sanierungspakete definiert, eines für jede Randbedingung vor der Sanierung (V1, V2 und V3). Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der beiden Energieszenarien

in Bezug auf die Anzahl der sanierten Gebäude oder der Gebäude mit HLK-Änderung ermöglicht dieses Tool die Quantifizierung der erforderlichen Maßnahmen. Diese Daten wurden mit dem Projektpartner TU Graz ausgetauscht.

Die **Kosten der Energiewende im Gebäudesektor** wurden in Bezug auf die Kosten der thermischen Sanierung der Gebäudehülle und die Kosten der Sanierung/Änderung der technischen Anlagen (HLK, KWL, Systemanpassungen) gemäß den Ergebnissen des „Renovation Package Tool“ bewertet. Die Kosten wurden auf der Grundlage der verfügbaren Literatur ermittelt. Diese Daten wurden an das Team am Wegener Center für die Integrierte Modellierung übermittelt.

Integrierte Modellierung

Hauptaugenmerk in der Modellierung lag auf der Entwicklung eines sektorübergreifenden Bewertungsinstruments (Integrative Economic Evaluation Tool, IEET), das zur **Quantifizierung von Energieflüssen** und zur **Abschätzung der sozioökonomischen Auswirkungen** in den verschiedenen Szenarien geeignet ist. In einem schrittweisen Vorgehen wurde dafür das Energiesystemmodell Euro-Calliope (Pickering et al., 2022) mit dem makroökonomischen Modell WEGDYN-AT (Bachner, 2024) gekoppelt, wie in Abbildung 1 ersichtlich ist.

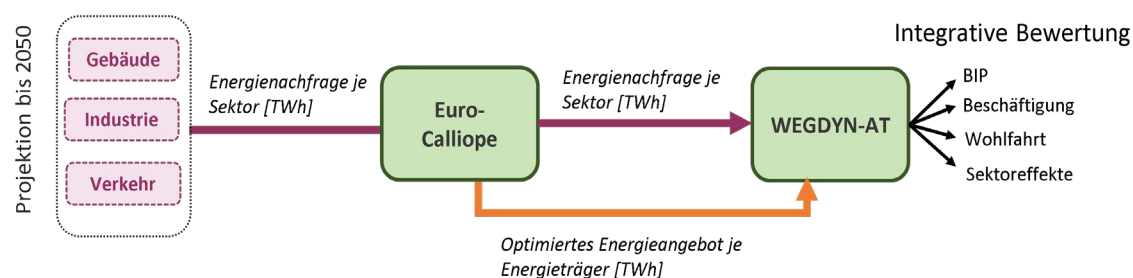


Abbildung 1: Quantitative Modellierung: Kopplung von Energiesystemmodell und makroökonomischem Modell

Ein zentrales Element in der Koppelung der beiden Modelle stellten detaillierte Projektionen zur Energienachfrage in den Fokussektoren Industrie (WP2), Gebäude (WP3) und Verkehr (basierend auf früheren Forschungsprojekten) dar. Diese Projektionen flossen zunächst in das Energiesystemmodell ein, das unter Einbeziehung europawweiter Energieflüsse (hinsichtlich Erzeugung, Umwandlung und Speicherung) und systemweiter Kosten für die Energieerzeugung (Wärme, Elektrizität) einen entsprechenden kostenoptimalen angebotsseitigen Energiemix bestimmte. Euro-Calliope konnte auch verschiedene Restriktionen hinsichtlich der Handelsmöglichkeiten am internationalen Energiemarkt abbilden, um die **Auswirkungen beschränkter Energieimporte (limitiert vs. unlimitiert)** zu identifizieren, die als zusätzliche Dimension zu REF und INT analysiert wurden. Im nächsten Schritt wurden die jeweiligen Ergebnisse zu Energienachfrage und -angebot in das makroökonomische Modell integriert, um die wirtschaftlichen und verteilungspolitischen Auswirkungen zu untersuchen.

Abbildung 2 zeigt den abgeschätzten Energiebedarf (Endenergiebedarf und nicht-energetische Nutzung von Energieträgern) je Sektor in den beiden Szenarien REF und INT im Jahr 2050, sowie einen Vergleich zum Status Quo im Jahr 2022.

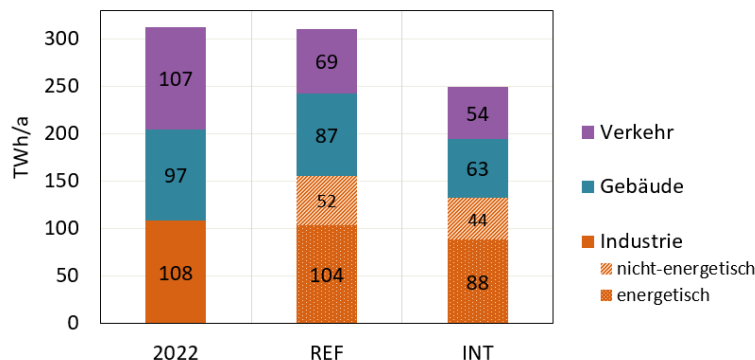


Abbildung 2: Energienachfrage in 2022 sowie in den Szenarien REF und INT 2050. Die Balken beinhalten sowohl den energetischen Endverbrauch (inkl. Umgebungswärme und Solarthermie) als auch den nicht-energetischen Verbrauch von Energieträgern.

Aus Abbildung 2 geht hervor, dass ein Zustand von Netto-Null-Emissionen mit einem **Anstieg in der Energienachfrage in der Industrie** einhergeht, was unter anderem auf den hohen Bedarf an klimaneutral erzeugten Energieträgern wie Wasserstoff und Strom zurückzuführen ist. Dementsprechend ist eine Senkung der Energienachfrage erstrebenswert (Szenario INT), um den Druck auf die heimische Energieerzeugung zu minimieren.

Dies wird noch einmal stärker in Abbildung 3 deutlich, die einen Überblick über die heimische Stromproduktion je Energieträger in den verschiedenen Szenarien gibt. Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass die **beschränkte Importmöglichkeit von erneuerbarer Energie** (rechter Abschnitt in Abbildung 3) eine **deutlich höhere heimische Stromerzeugung vor allem im REF-Szenario erfordert**. Während die erforderliche heimische Stromproduktion in REF_unlimitiert bei 79 TWh/a liegt, steigt sie auf 151 TWh/a in REF_limitiert. Dies liegt einerseits an der eingeschränkten Verfügbarkeit von Stromimporten aus dem Ausland und andererseits an den relativ hohen Elektrolyseverlusten, die bei der heimischen Erzeugung von grünem Wasserstoff entstehen.

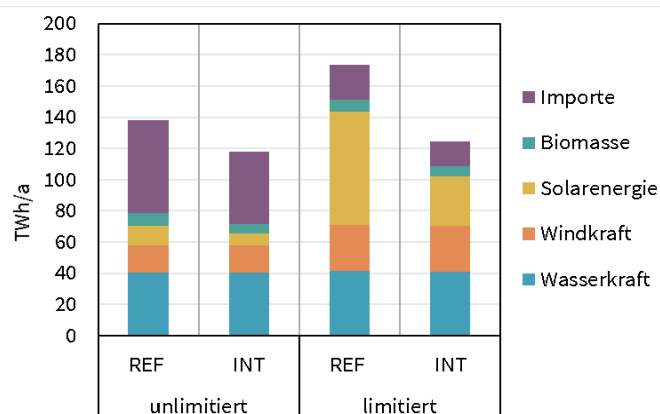


Abbildung 3: Heimische Stromerzeugung in 2050 in REF und INT, je nach Annahme bezüglich des Zugangs zum internationalen Energiemarkt (unlimitiert, limitiert)

Abbildung 4 zeigt schließlich, wie sich diverse makroökonomische Indikatoren im Vergleich zu ihren Niveaus von 2022 in den vier Netto-Null-Zuständen entwickeln.

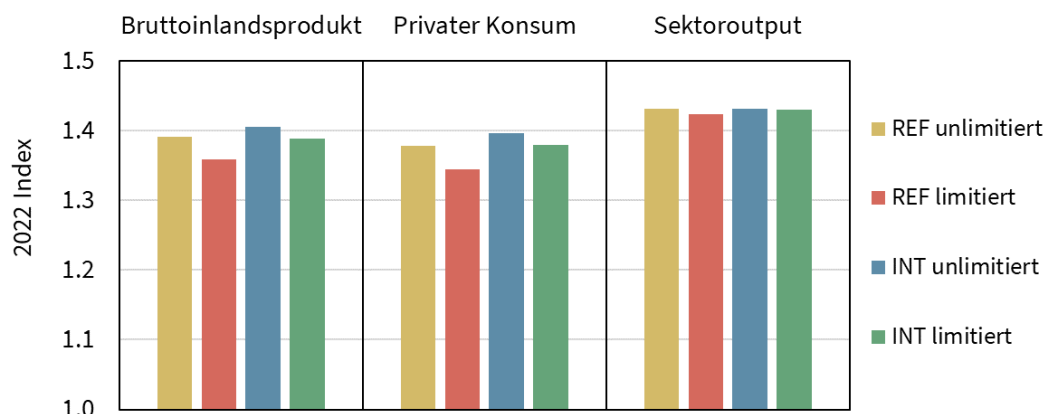


Abbildung 4: Veränderung ausgewählter makroökonomischer Indikatoren (Bruttoinlandsprodukt-BIP, privater Konsum, sektorale Produktion) in den Netto-Null-Szenarien im Vergleich zu 2022. Die abgebildeten Indikatoren beziehen sich auf reale Werte und sind relativ zu ihren Niveaus im Jahr 2022 indexiert.

Aus der makroökonomischen Analyse lässt sich ableiten, dass **zusätzliche Maßnahmen zur Verringerung der Energienachfrage**, wie in INT angenommen, **wirtschaftlich vorteilhaft sind**. Alle abgebildeten Indikatoren liegen in den beiden INT-Szenarien höher als oder gleich hoch wie in den REF-Szenarien, unabhängig von Importbeschränkungen. Darüber hinaus übt die Kombination aus hoher Energienachfrage und begrenzten Importmöglichkeiten (rote Balken) den größten Druck auf das Energiesystem aus und führt somit zu einer vergleichsweise ungünstigen gesamtwirtschaftlichen Lage.

Im Szenario INT (also bei reduzierter Energienachfrage) mit begrenzten Importen hingegen zeigt sich, dass die negativen makroökonomischen Auswirkungen aufgrund der auferlegten Importbeschränkungen durch die Verringerung der Energienachfrage teils ausgeglichen werden können. In INT wird sowohl von höheren individuellen Anstrengungen zur Energiereduktion ausgegangen (geringere Nachfrage nach motorisiertem Individualverkehr, geringerer Heizbedarf) als auch von ambitionierten Maßnahmen zur Stärkung der Kreislaufwirtschaft in der Industrie (vermehrter Einsatz von Stahlschrott, Kunststoffrecycling etc.). Dies führt zu einer Verlagerung in der Vorleistungsnachfrage der Industriesektoren von Energie hin zu einer intensiveren Nutzung von Materialien und Recyclingdienstleistungen. Der **geringere Energiebedarf und der geringere Materialeinsatz pro Produktionseinheit führen zu niedrigeren Produktionskosten**, was sich positiv auf das Bruttoinlandsprodukt (BIP) auswirkt.

Verteilungswirkungen

Für die Analyse von Verteilungseffekten wurden zwei Ansätze verfolgt: Zum einen wurden mit Hilfe des makroökonomischen Modells WEGDYN-AT Unterschiede in den privaten realen Konsummöglichkeiten der Haushalte nach Einkommens-

gruppen (Quartilen) in den vier Netto-Null-Emissionsszenarien errechnet. Dies ist in Abbildung 5 dargestellt. Auf diese Weise können sowohl Veränderungen der relativen Verbraucherpreise als auch der Haushaltseinkommen (Arbeit, Kapital, Transfers) berücksichtigt werden. Dadurch lässt sich evaluieren, ob je nach Szenario bestimmte Einkommensgruppen stärker begünstigt werden als andere. In Abbildung 5 sieht man, dass die **obersten und untersten Einkommensgruppen tendenziell leicht bessergestellt** sind als die mittleren. Aggregiert über alle Einkommensgruppen ergibt sich für den realen privaten Konsum der Haushalte ein ähnliches Bild wie für das BIP (siehe Abbildung 4).

Allgemein zeigt sich, dass im Fall begrenzter Importe die höchste Einkommensgruppe (Q4) am meisten profitiert. Der Grund dafür liegt in der Verteilung von Kapitaleinkommen und staatlichen Transferleistungen. Während in kapitalintensiveren Netto-Null-Szenarien gesteigerte Kapitalerträge v.a. an hohe Einkommensgruppen gehen (Q4), beziehen niedrige Einkommensgruppen (Q1) einen großen Teil ihrer Einkommen aus Transferleistungen. Da sich die staatlichen Transfers parallel zu den Staatseinnahmen entwickeln, fallen erstere im Allgemeinen niedriger (höher) aus, wenn die Importe begrenzt (unbegrenzt) und die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ungünstiger (günstiger) sind.

Eine differenzierte Annahme zum Volumen staatlicher Transfers im Sinne eines nicht direkt proportionalen Verhältnisses zwischen öffentlichen Transfers und dem Steueraufkommen zeigt jedoch ein anderes Bild. In einem solchen Fall würde Q4, gefolgt von Q3 und Q2, in allen Szenarien am meisten profitieren, was auf regressive Verteilungseffekte hinweist. Im Gesamtbild zeigt die Analyse, dass **öffentliche Transfers eine wichtige Rolle spielen**, wenn es darum geht, mögliche negative Verteilungseffekte abzumildern, die sich aus dem Übergang zu einem vollständig erneuerbaren (und daher kapitalintensiveren) Energiesystem ergeben.

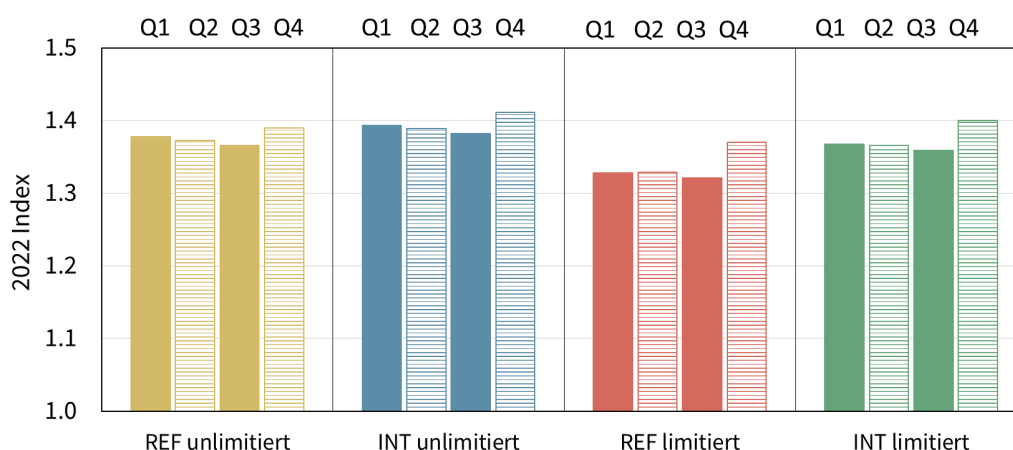


Abbildung 5: Veränderung der privaten realen Konsummöglichkeiten von Haushalten nach Einkommensgruppe in den Netto-Null-Szenarien im Vergleich zu 2022; Q1/Q2/Q3/Q4...Erstes/Zweites/Drittes/Viertes Quartil

Die Ergebnisse der ökonomischen Modellierung wurde in einer **vertiefenden Analyse der Arbeitsmarkteffekte**, basierend auf der österreichischen Mikrozensus-Arbeitskräfteerhebung (Statistik Austria, 2024) für den Zeitraum 2011-2022 weiterverwendet. Zunächst wurde die NACE-Kategorisierung

(Klassifikation der wirtschaftlichen Tätigkeiten) von WEGDYN-AT mit jener des Mikrozensus angeglichen. Basierend auf den jährlichen Mikrozensus-Datensätzen erfolgte eine Verschränkung der Anzahl an Beschäftigten eingeteilt in ISCO-Gruppen (Internationale Standardklassifikation der Berufe) mit jenen in NACE-Sektoren. Darüber hinaus wurden das Einkommen der Beschäftigten herangezogen und Einkommensgruppen gebildet (Dezile des äquivalisierten Nettoarbeitseinkommens). Das gesamte Verfahren basiert auf den konsolidierten Jahresdatensätzen im Zeitraum 2011-2022. Die **detaillierte Aufgliederung der sektoralen Arbeitsnachfrage in Berufstypen und Einkommensgruppen** ermöglicht es, Einblicke in die Verteilungseffekte zu gewinnen, die mit veränderten Arbeitsmarktbedingungen verbunden sind.

Ausgehend von den Effekten am Arbeitsmarkt je Szenario, die sich aus der makroökonomischen Modellanalyse ergeben, konnte somit die Veränderung der Arbeitsnachfrage nach Berufsgruppen und Arbeitseinkommen erhoben werden. Dabei wurden die Szenarien im Jahr 2050 relativ zu einem hypothetischen Baseline-Zustand verglichen, der hinsichtlich des Wachstums von Produktivität und Arbeitskräfteangebot den Netto-Null-Szenarien gleicht, aber keinen weiteren exogenen Eingriffen (z.B. Änderungen im Energiemix) unterliegt. Dieser Effekt ist beispielhaft in Abbildung 6 für das Szenario INT_limitiert abgebildet.

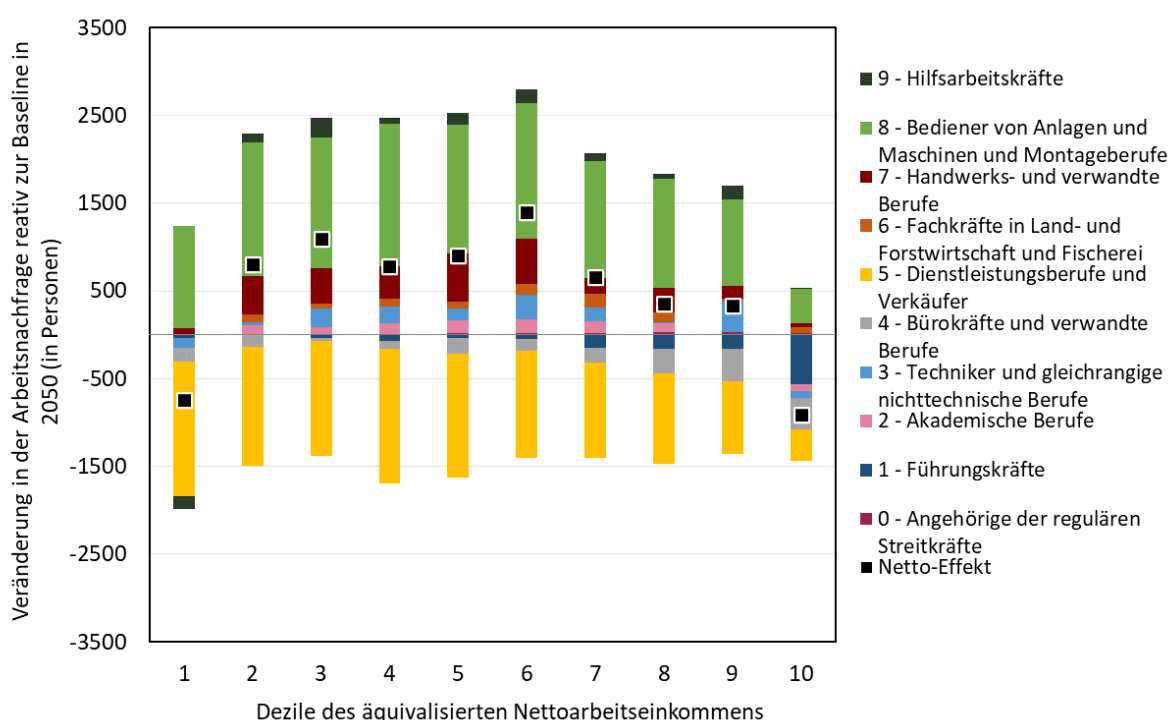


Abbildung 6: Veränderung der Arbeitsnachfrage gestaffelt nach ISCO- und Einkommensgruppen (äquivalisierte Nettoarbeitseinkommen) im Szenario INT_limitiert relativ zu hypothetischer Baseline im Jahr 2050

Während die Nachfrage nach Arbeitskräften vor allem in den ISCO-Gruppen 7 und 8 (Handwerk und verwandte Berufe, Anlagen- und Maschinenbediener:innen) zunimmt, ist die Nachfrage in der Gruppe 5 (Dienstleistungsberufe und Verkauf)

stark rückläufig. Die Hauptursachen für den Anstieg in den beiden erstgenannten Berufsgruppen sind der **Holz- und der Verkehrssektor**, die aufgrund des hohen Biomassebedarfs und der besseren Versorgung mit öffentlichen Verkehrsmitteln zusätzliche Arbeitskräfte benötigen. Im Gegensatz ist Gruppe 5 vor allem mit einer geringeren Nachfrage nach Arbeitskräften im **Einzelhandel** konfrontiert.

Folglich werden im **untersten Dezil**, in dem die Gruppe der weniger gefragten Dienstleistungs- und Verkaufskräfte am stärksten vertreten ist, weniger Arbeitskräfte benötigt. Ebenso ist ein Rückgang der Beschäftigung im **höchsten Dezil** zu beobachten, der hauptsächlich auf den geringeren Bedarf an Führungskräften zurückzuführen ist. In den übrigen Einkommensgruppen steigt die Nachfrage nach Arbeitskräften, wobei der Effekt in den Dezilen 3 und 6 am stärksten ist.

Finanzierung

Es wurden die **Erfahrungen und Herausforderungen des Finanzsektors** mit nachhaltigen Finanzierungen erörtert, mit einem besonderen Fokus auf KMUs. Im Rahmen interaktiver Dialogformate wurden gemeinsam mit Akteur:innen aus Finanz- und Realwirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung Lösungsansätze diskutiert und Handlungsempfehlungen entwickelt, um langfristige Finanzierungen bzw. Investitionen in nachhaltige Wirtschaftstätigkeiten zu ermöglichen. Im Herbst 2022 wurde im Kick-off-Workshop mit Stakeholder:innen der Realwirtschaft und des Finanzsektors diskutiert, welche Instrumente sich grundsätzlich für die Finanzierung nachhaltiger Projekte und Infrastrukturen eignen. Dabei wurde evident, dass aus der breiten Palette der grundsätzlich möglichen Finanzinstrumente insbesondere aus Sicht der KMUs nur ein Bruchteil bekannt war. Das Ergebnis der Expert:innen-Einschätzung ist in *Tabelle 1* dargestellt.

Finanzinstrument	Sektorrelevanz	Anwendbarkeit der Taxonomie	Good Practice vorhanden	Gute Skalierbarkeit	Komplexität	SME fähig	Attraktivität für institutionelle Investoren
Grüne Anleihe (Green Bond)	diverse	++	+++	++	++	+	+
Green Private Placement	diverse	++	++	++	+++		+
Grüne Pfandbriefe (bzw. fundierte Bankschuldverschreibungen, Green Covered Bonds)	Gebäude	++	++	++	+		++
Grüne Verbriefungen (Green Securitization)	Verkehr, Gebäude	++	++	++			+
Grüne Kredite	diverse	++	+++	++	+	+++	
OeKB Exportinvest Green Kredit	diverse	++	++	++	+	+++	
Green Leasing	Verkehr, Anlagen, Energie	++	+++	++	+	+++	
Sustainability Linked Loan / ESG-Rating linked Loan	diverse		+++	++	+	+	+
Grüne Projektfinanzierung	Gebäude, Energie (Infrastruktur)	++	+++	+	+	+	
Einspar-Contracting	Gebäude, Energie	++	++	++	+	+	
Crowdfunding	Diverse (Energie, Gebäude, grüne KMUs)	++	++		++	+	

Tabelle 1: Einschätzung unterschiedlicher Finanzinstrumente in Bezug auf ihre Relevanz für Sektoren, Taxonomie, Good Practice, Skalierbarkeit, Komplexität, Eignung für SMEs sowie deren Attraktivität für institutionelle Investoren. Bedeutung der Symbole: + geringe Ausprägung, ++ mittlere Ausprägung, +++ hohe Ausprägung.

Zur vertiefenden Diskussion von Erfahrungen aus der Praxis, Hindernissen und Lösungsansätzen wurde im Frühjahr 2023 in Kooperation mit dem Verband österreichischer Banken und Bankiers (bankenverband.at), der Österreichischen Bankwissenschaftlichen Gesellschaft (bwg.at) und dem Wegener Center der Universität Graz (wegcenter.uni-graz.at) ein **Fokusgruppenworkshop** zum Thema „Rolle und Bedeutung der Kreditwirtschaft in der Nachhaltigkeitstransformation der österreichischen Wirtschaft“ veranstaltet.¹ Nach inspirierenden Impulsvorträgen diskutierten Vertreter:innen aus Finanz- und Realwirtschaft, insbesondere KMUs, in einem interaktiven Setting ihre Erfahrungen und aktuelle Herausforderungen im Zusammenhang mit nachhaltigen Finanzierungen. Vertreter:innen der Finanzwirtschaft betonten, dass die **Folgen der Klimakrise aktuell noch einen eher kleinen Teil des Ausfallrisikos** von Kreditnehmenden darstellen, wodurch eine Unterscheidung in der Konditionierung solcher Kredite schwierig ist. Gleichzeitig verhindern die **geringe Verfügbarkeit zentraler Datenbanken** und eine nur langsam fortschreitende Sensibilisierung von KMUs das Sammeln bewertungsrelevanter Daten. Verbesserungspotenzial wurde auch betreffend die Harmonisierung der schwer nachvollziehbaren und stark

¹ Besonderer Dank im Zusammenhang mit dem Fokusgruppen-Workshop gebührt dem Verband österreichischer Banken & Bankiers, der Österreichischen Bankwissenschaftlichen Gesellschaft, dem Wegener Center der Universität Graz sowie allen Teilnehmenden aus Finanz- und Realwirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung.

heterogenen Förderlandschaft für grüne Investitionen in Österreich gesehen. Gleichzeitig wurde aber auch eine große Bandbreite in Bezug auf den spezifischen Wissensstand von Bankberater:innen festgestellt, womit der Erfolg einer nachhaltigen Finanzierung, gegebenenfalls aufbauend auf verfügbaren Förderungen oder staatlichen Garantien, auch stark von der individuellen Beratung abhängt. In diesem Sinne wurden von den Teilnehmenden aber auch positive Erfahrungen mit ihren Hausbanken berichtet, wodurch es ermöglicht wurde, finanzielle Entscheidungen in Einklang mit ökologischen Aspekten zu bringen.

In einer Diskussion über die Herausforderungen und Chancen, die mit dem Ziel der Klimaneutralität verbunden sind, wurden vielfältige Perspektiven eingebracht und **gemeinsam Empfehlungen entwickelt**, wie eine verbesserte Unterstützung durch Finanzinstitutionen und staatliche Maßnahmen dazu beitragen kann, den Übergang zu einer klimaneutralen Wirtschaft zu beschleunigen. Großen Anklang fand das **Konzept der Kostenwahrheit**, insbesondere in Zusammenhang mit einer CO₂-Bepreisung zur Internalisierung der dadurch verursachten Kosten für Umwelt und Gesellschaft. Gleichzeitig würden eine **verstärkte Förderung grüner Projekte**, ein ‚Green Supporting Factor‘, eine **proaktive Nachfrage grüner Produkte** durch die öffentliche Hand sowie ein **fokussierter Aufbau zentraler Datenbanken** mit klimarelevanten Informationen, wie etwa der OeKB > ESG Data Hub und eine Datenbank für Energieausweise von Gebäuden, die Transition der österreichischen Wirtschaft unterstützen.

Die Policy Recommendations an der Schnittstelle Finanz- und Realwirtschaft umfassen die drei Bereiche Regulierung, Information und Ermöglicher („Enabler“) sowie sieben konkrete Handlungsfelder (siehe Abbildung 7).

Die mangelnde zentrale Verfügbarkeit von Nachhaltigkeitsdaten, insbesondere von KMUs, gilt dabei als Herausforderung für Finanzunternehmen. Während für große und börsennotierte Unternehmen, die zur Offenlegung von Daten in den Bereichen CSR und Nachhaltigkeit verpflichtet sind bzw. werden, auf EU-Ebene bereits entsprechende Anstrengungen unternommen werden (European Single Access Point (ESAP)), stehen **Nachhaltigkeitsinformationen von KMUs bislang nur rudimentär** zur Verfügung. In einem ersten Schritt wird daher der Auf- bzw. Ausbau einer solchen zentralen Datenbank für Nachhaltigkeitsinformationen von Unternehmen gerade auch für KMUs empfohlen. Hier sollte mittel- bis langfristig jedenfalls eine Anbindung an des ESAP angestrebt werden.

Good Practice: Der **OeKB > ESG Data Hub** der Oesterreichischen Kontrollbank (www.oekb-esgdatahub.com/) gilt in dieser Hinsicht als eine wegweisende Initiative im Rahmen der österreichischen Green Finance Agenda. Damit wird Unternehmen, insbesondere auch KMUs, ein benutzerfreundliches Tool angeboten, ihre Nachhaltigkeitsdaten strukturiert zu erfassen und diese ihrer Bank zugänglich zu machen.

Ausgewählte Politikmaßnahmen: Finanzwirtschaft

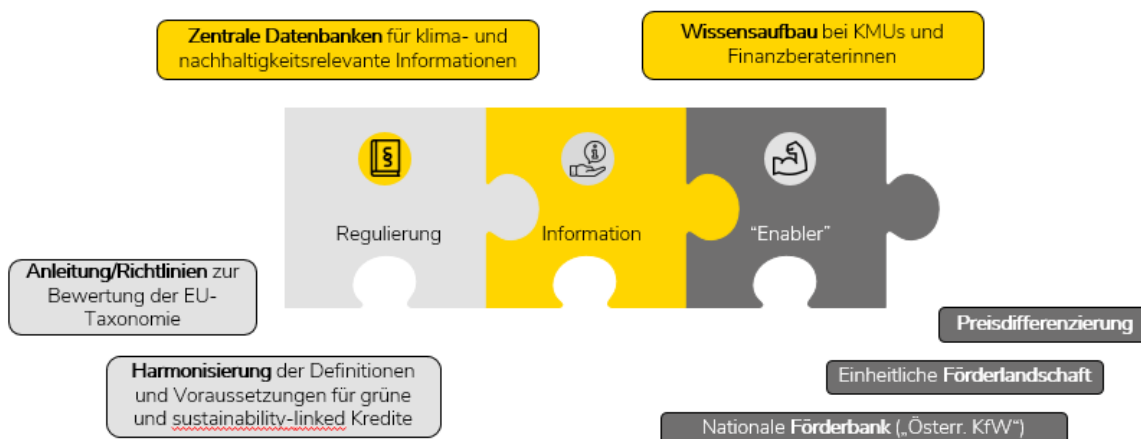


Abbildung 7: Policy Recommendations an der Schnittstelle Finanz- und Realwirtschaft, gegliedert in die drei Bereiche Regulierung, Information und Ermöglicher, mit sieben konkreten Handlungsfeldern.

Darüber hinaus wird empfohlen, eine derartige **Datenbank um allgemeine Klimadaten und -szenarien zu erweitern**, beispielsweise durch eine Verknüpfung mit der Plattform HORA (hora.gv.at). Daraus ließen sich sowohl für Banken als auch die jeweiligen Unternehmen selbst generelle Klimarisikoprüfungen vornehmen, indem etwa physische Klimarisiken, Lieferkettenrisiken sowie allgemeine regionale und/oder sektorbezogene Transitionsrisiken zentral abgerufen werden könnten. Ebenso ist es erforderlich, dass Energieausweise in einer solchen zentralen Datenbank online verfügbar gemacht werden. Im Endausbau würde auf diese Weise eine zentrale, aus unterschiedlichen Komponenten zusammen-gesetzte und damit unterschiedlich granular darstell- und abrufbare Datenquelle entstehen, die allen Beteiligten (private Haushalte, Unternehmen, Banken und Versicherungen, öffentliche Hand) Vorteile bei der Einschätzung von Klimarisiken einzelner Unternehmen, Regionen oder auch Sektoren ermöglicht.

Als weitere Handlungsempfehlung wurde die **Preisdifferenzierung bei der Kreditvergabe** diskutiert. Gegenwärtig gibt es bei der Kreditvergabe weder einen Bonus für grüne Kredite noch eine Verschlechterung der Konditionen für klima- und umweltschädliche Finanzierungen. Diskutierte Maßnahmen wie etwa ungünstigere Konditionen für klima-/umweltschädliche Projekte, unterschiedliche Risikogewichtung, grüner Anteil der Aktiva oder andere Maßnahmen, die den Banken einen Anreiz bieten würden, klima- und umweltschädliche Projekte zu reduzieren, könnten auch Unternehmen der Realwirtschaft in ihrer Transition unterstützen. Festzuhalten ist hier jedoch, dass Vorgaben zu einem möglichen künftigen ‚Green Supporting Factor‘ bzw. ‚Brown Penalising Factor‘ **grundsätzlich nur auf Europäischer Ebene** durch Überarbeitung des für Banken geltenden gesetzlichen Rahmens (CRR/CRD) etabliert werden können. Aktuell stellt sich die Situation wie folgt dar:

- Die Europäische Bankenaufsicht hat in diesem Zusammenhang einen Zwischenbericht veröffentlicht, aus dem hervorgeht, dass es derzeit aus Risikosicht zu wenig Anhaltspunkte für die Einführung solcher Faktoren – als unmittelbare Vorgabe bei den Eigenkapitalanforderungen – gibt.
- Grundsätzlich ist es jedoch bereits jetzt erforderlich, dass Banken bei der Kreditvergabe ESG-Risiken berücksichtigen (s. dazu auch FMA-Leitfaden zum Umgang mit Nachhaltigkeitsrisiken). Es ist davon auszugehen, dass sich diese Anforderung mit zunehmender Evidenz und Verbesserung der Datenlage mittelfristig auch in den Finanzierungs-Konditionen widerspiegeln wird.
- Durch die Überarbeitung der CRR/CRD werden ESG-Faktoren und damit auch Klima- und Umwelt-Risiken künftig noch mehr in den aufsichtlichen Überprüfungs- und Bewertungsprozess (SREP) und das interne Kapitaladäquanzverfahren (ICAAP) einfließen.

Um sowohl für Finanzunternehmen als auch für Unternehmen der Realwirtschaft Anreize zu setzen, ihre Geschäftsmodelle nachhaltig auszurichten, ist es erforderlich, regulatorische Maßnahmen und Initiativen der Finanz- und Realwirtschaft mit **unterstützenden Maßnahmen** vonseiten der öffentlichen Hand zu begleiten. Es gilt daher, Förderinstrumente, Zuschüsse, Haftungsübernehmen etc. ebenfalls darauf auszurichten, ökologisch nachhaltige Projekte und Infrastrukturen zu unterstützen und umgekehrt **klima- und umweltschädliche Subventionen** im Sinne der Nachhaltigkeitsziele **umzulenken**.

In diesem Sinne ist die Entwicklung klarer, sektorspezifischer Transformationspfade dringend erforderlich. Nur dann ist es möglich, dass neben den jetzt bereits nachhaltig agierenden Unternehmen auch für jene Akteure robuste Anreize gesetzt werden können, die derzeit noch am Anfang der Transformation stehen. Denn auch diese sind gefordert, ihre Geschäftsmodelle, Gebäude und Infrastrukturen Schritt für Schritt nachhaltig auszurichten.

Als weitere Handlungsempfehlung wurde der **Kompetenzaufbau in der Realwirtschaft**, insbesondere bei KMUs, **zu grünen Finanzierungen** identifiziert. Dieser kann von der Finanzwirtschaft zwar unterstützt, jedoch nicht federführend umgesetzt werden. Insbesondere im Zusammenhang mit der Empfehlung zur Verbesserung des Informationsstandes bei KMUs über grüne Finanzierungsinstrumente wurde darauf hingewiesen, dass bei diesen vielfach auch ein Informationsmangel betreffend Fördermöglichkeiten besteht. Insofern ist neben den Interessensvertretungen auch die öffentliche Hand als zentraler Akteur zur Umsetzung dieser Handlungsempfehlung zu sehen.

Politische Rahmensetzung und Innovation

Schliesslich wurden die erforderlichen Rahmenbedingungen für die Umsetzung des INT-Szenarios in allen betrachteten Sektoren zu einem kohärenten Maßnahmenpaket zusammengefasst. In die Erstellung dieses Maßnahmenpakets flossen Literaturrecherchen, Datenanalysen, Expert:innen-Interviews und Feedbackrunden mit Stakeholder:innen ein.

Grundsätzlich sind aus ökonomischer Perspektive auf Österreichs Weg zur Klimaneutralität mehrere **Marktversagen** zu überwinden, die aufgrund

sogenannter externer Effekte entstehen und Barrieren für die Transformation darstellen. Um diese Marktversagen aufzulösen, steht Entscheidungsträgern eine **Palette von Politikinstrumenten** zur Verfügung, die unter Berücksichtigung von Synergiewirkungen und der Vermeidung von Überschneidungen kombiniert werden sollten. Dazu gehören (siehe auch Stern et al., 2022):

- *Preisreize*, die die wahren Kosten klimaschädlicher Güter und Dienstleistungen im Vergleich zu klimafreundlichen abbilden
- *Innovationspolitische Instrumente* wie Förderungen für Grundlagenforschung und Entwicklung (F&E), Start-Ups sowie die Einführung neuer Technologien, um statische und dynamische Wissensexternalitäten zu adressieren
- *Regulatorische Maßnahmen* wie Verbote und Gebote (Ziele, Standards), um Pfadabhängigkeiten zu durchbrechen und Netzwerkexternalitäten zu beheben
- *Nachfrageseitige Instrumente* wie Infrastrukturausbau und öffentliche Beschaffung, um Markteintrittsbarrieren wie hohe Fixkosten zu mindern,
- *Informationsbasierte Instrumente* wie Kampagnen zur Bewusstseinsbildung, um unvollständiger und unvollkommener Information entgegenzuwirken.

Darüber hinaus sind für die Umsetzung einer systemischen Transformation auch sogenannte **„transformative“ Politikinstrumente** wesentlich. Dazu zählen eine strategische Agenda, die klare Ziele vorgibt, die breite Beteiligung aller Stakeholder am politischen Prozess, neue Ansätze in der Innovationsförderung sowie die schrittweise Abschaffung schädlicher Technologien und Praktiken, die das aktuelle System aufrechterhalten („Exnovation“; Rogge and Reichardt, 2016; Haddad et al., 2022).

Ein zentraler Baustein für Österreichs Transformation zur Klimaneutralität ist die Erfindung und Verbreitung neuer, klimafreundlicher technologischer Lösungen. Ein Mix der oben genannten Politikinstrumente ist auch wesentlich, um Innovationen anzureizen und bestehenden zur Marktdurchdringung zu verhelfen. Im Detail wurde ein solcher Mix an Politikinstrumenten für die **Stärkung kreislaufwirtschaftsrelevanter Innovationen** in jenen Sektoren des INT-Szenarios ausgearbeitet, wo der vermehrte Einsatz von Sekundärrohstoffen zur Senkung des Energiebedarfs beiträgt. Sie betreffen also die Steigerung des Anteils recycelter Materialien in der Herstellung von Eisen und Stahl, Kunststoffen, Zement und Holzbauprodukten (vgl. Abschnitt *Industrie und Energie*).

Im ersten Schritt wurde dafür eine **SWOT-Analyse** von Österreichs Stärke- und Schwachfeldern in Wiederverwendungs-, Recycling- und Rückgewinnungstechnologien im internationalen Vergleich vorgenommen. Die Analyse kombiniert einen Indikator der österreichischen Spezialisierung bei Patentanmeldungen in diesen Technologiefeldern (Index of Revealed Technological Advantage, RTA; vgl. Unterlass et al., 2013; OECD, 2013) mit einem Indikator der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der mit diesen Technologien verbundenen Branchen der österreichischen Sachgütererzeugung (Index of Revealed Comparative Advantage, RCA; vgl. Balassa, 1965). Damit liefert die Analyse einerseits eine Bestandsaufnahme der kreislaufwirtschaftsbezogenen Erfindungsleistung Österreichs in den für das INT-Szenario relevanten Technologien und gibt Hinweise darauf, in welchen

Bereichen weitere Maßnahmen erforderlich sind, um die Entwicklung und Verbreitung von Kreislaufwirtschaftstechnologien zu fördern. Andererseits gibt sie Aufschluss über die zu erwartende Effektivität solcher Maßnahmen. Da sich Innovationen oft auf Basis bestehender Stärken entwickeln, haben international wettbewerbsfähige Branchen einen Vorteil bei der Entwicklung und Umsetzung neuer Technologien (Fankhauser et al., 2013). Daher sollten Politikinstrumente zur Stärkung von Erfindung und Diffusion neuer Technologien dort auch eher ihre Wirkung entfalten können.

Abbildung 8 zeigt zunächst Österreichs Spezialisierung bei Patentanmeldungen in Wiederverwendungs-, Recycling- und Rückgewinnungstechnologien insgesamt (rot markiert) sowie deren Unterkategorien (blau bzw. grün markiert).

RTA in Wiederverwendungs-, Recycling- und Rückgewinnungstechnologien: Österreich, Ø 2015-2019

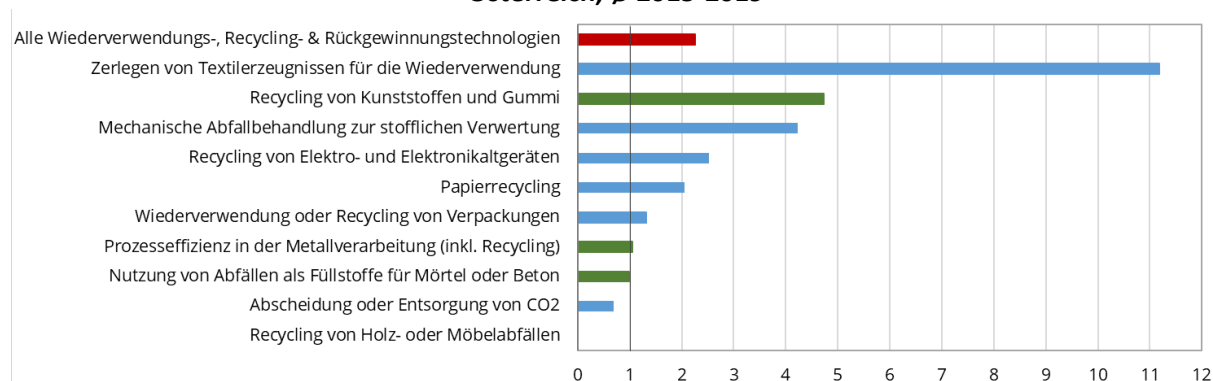


Abbildung 8: RTA-Index der Spezialisierung in kreislaufwirtschaftsbezogenen Technologien in Österreich, Ø 2015-2019

Anmerkung: Kreislaufwirtschaftsbezogene Technologien in der Herstellung von Eisen und Stahl, Kunststoffen, Zement und Holzbauprodukten sind grün hervorgehoben. RTA-Werte größer eins zeigen eine Spezialisierung an. Der RTA-Wert für das Recycling von Holz- oder Möbelabfällen ist gleich Null.

Daten: OECD (2024), Darstellung: Umweltbundesamt

In allen Wiederverwendungs-, Recycling- und Rückgewinnungstechnologien insgesamt weist Österreich mit einem RTA-Wert von 2,3 eine klare Spezialisierung auf. Dies ist nicht nur für den Betrachtungszeitraum 2015 bis 2019 der Fall, sondern gilt seit Beginn der Datenreihe im Jahr 1990. Generell sind Klimaschutztechnologien im Abfallsektor, zu denen die dargestellte Technologiegruppe zählt, Österreichs Stärkefeld. Das Land erzielt darin seit 1990 konsistent die höchsten RTA-Indexwerte aller Klimaschutztechnologien nach Emissionssektor.

Von jenen Unterkategorien der Wiederverwendungs-, Recycling- und Rückgewinnungstechnologien, die für die Herstellung von Eisen und Stahl, Kunststoffen, Zement und Holzbauprodukten im INT-Szenario relevant sind (grün markiert), ist Österreichs technologische Spezialisierung im Recycling von Kunststoffen und Gummi am größten (RTA 4,7). In der Kategorie der Prozesseffizientechnologien in der Metallverarbeitung, die das Recycling von Stahlschrott inkludiert, zeigt der RTA-Wert von 1,04 eine marginale Spezialisierung

an. Betrachtet man die gesamte Zeitreihe seit 1990, so wird deutlich, dass diese Spezialisierung zu Beginn größer war und bis 2019 zurückging. Dasselbe gilt für die Nutzung von Abfällen als Füllstoffe für Mörtel oder Beton, für die der RTA-Wert von 0,99 einen marginalen technologischen Nachteil anzeigt. Im Recycling von Holz- oder Möbelabfällen schließlich ist der RTA-Wert über die gesamte Zeitreihe gleich null.

Abbildung 9 kombiniert für jede der vier Technologien des INT-Szenarios den RTA-Index mit dem Index of Revealed Comparative Advantage (RCA), welcher Österreichs Exportspezialisierung im weltweiten Vergleich misst. Daraus ergibt sich eine Unterteilung der Technologien in Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken (engl. SWOT), je nachdem ob RTA und RCA Werte größer oder kleiner eins annehmen. Für jede der vier Kategorien sind unterschiedliche innovationspolitische Maßnahmen ratsam.

SWOT-Analyse: RTA vs. RCA in Wiederverwendungs-, Recycling- & Rückgewinnungstechnologien, Österreich, Ø 2015-2019

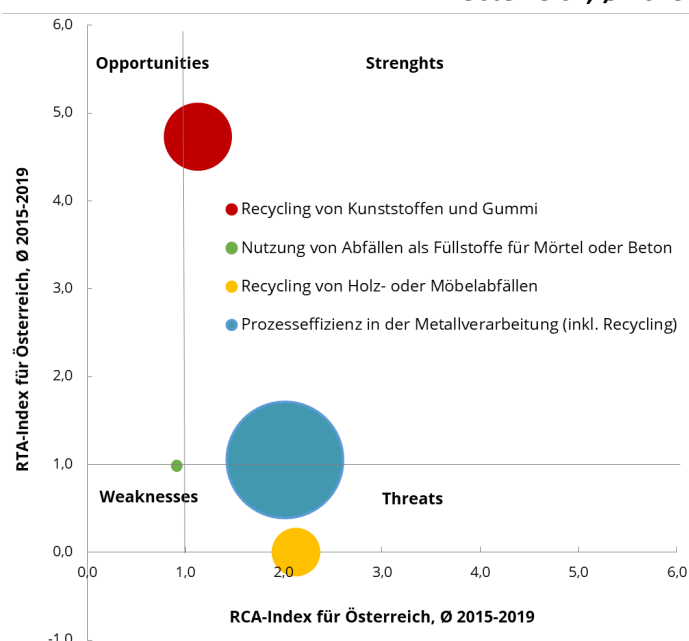


Abbildung 9: RTA-Index (technologische Spezialisierung) vs. RCA-Index (Exportspezialisierung), Österreich, Ø 2015-2019

Anmerkung: Blasengröße entspricht dem Wert österreichischer Exporte in den Rest der Welt in jenen Produktgruppen, die der jeweiligen Technologie zugeordnet wurden (€, Ø 2015-2019), im Verhältnis zu den anderen Datenpunkten in der Grafik.

Daten: OECD (2024), UN (2024); Darstellung: Umweltbundesamt

Dass die RCA-Werte aller vier betrachteten Kreislaufwirtschaftstechnologien größer als oder nahe eins liegen, weist auf eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Exportspezialisierung und damit auf eine wettbewerbsfähige industrielle Basis in diesen Bereichen hin. Maßnahmen zur Steigerung der Erfindungsleistung, wie F&E-Förderungen, sollten daher auf fruchtbaren Boden fallen. Solche Maßnahmen erscheinen in allen betrachteten Technologiefeldern bis

auf Kunststoff- und Gummirecycling notwendig. Dort hat Österreich sowohl eine technologische Spezialisierung als auch eine Exportspezialisierung vorzuweisen, sodass dieses Technologiefeld klar zu Österreichs Stärken zählt. Diese Branche ist daher besonders gut positioniert, um vom Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft zu profitieren. Die gute technologische Performance könnte dazu beitragen, Österreichs Exportvorteil in diesem Bereich in Zukunft noch weiter auszubauen. Zur Verwirklichung einer vollständigen Kunststoff-Kreislaufwirtschaft sind jedoch weitere (u.a. regulatorische) Maßnahmen erforderlich, um die Einführung und Verbreitung der relevanten Technologien zu steigern.

Im zweiten Schritt wurde zur Ausarbeitung des Maßnahmenpakets im Bereich Innovation ein **Inventar bestehender Maßnahmen** erstellt, die auf die Stärkung kreislaufwirtschaftsrelevanter Innovationen in der Herstellung von Eisen und Stahl, Kunststoffen, Zement sowie Holzbauprodukten abzielen. Im Jahr 2022 hat Österreich unter Einbindung von Stakeholdern eine umfassende Kreislaufwirtschaftsstrategie verabschiedet. Während sektorspezifische Handlungsempfehlungen mit Input von **Expert:innen und Stakeholder:innen** konkretisiert wurden (s. nächster Abschnitt), lassen sich aus dem Inventar sektorübergreifend einige offene Themen identifizieren. Die Bestandsaufnahme österreichischer und EU-weiter Gesetze und Strategien im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft zeigt, dass innovationspolitische Instrumente wie Förderungen für Forschung, Entwicklung und Einführung neuer Technologien bereits umgesetzt wurden, während die Umsetzung regulatorischer Maßnahmen wie Ge- und Verbote sowie die Entwicklung neuer technischer Standards und Normen zum Teil noch am Anfang stehen. Auch sollten Steuern und Subventionen stärker dazu genutzt werden, zirkuläre Produktion anzureizen, um den Preisnachteil auszugleichen, den die Nutzung von Primärrohstoffen im Vergleich zu recycelten Materialien in einigen Branchen noch hat.

5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Ko-Produktion mit Stakeholdern

Im Laufe des Projekts haben sich die existierenden **sektoralen Klimaneutralitäts-Roadmaps** als wichtiger Anknüpfungspunkt an die Praxis erwiesen, mit deren Hilfe die Annahmen und Parameterisierung der verwendeten Modelle näher an die Prioritäten der Praxisakteure gebracht werden können. Der systemische Ansatz des Projekts und Fokus auf **Kreislaufwirtschaft und Sektorkopplungen** hat Zielkonflikte und Synergien zwischen den jeweiligen sektoralen Roadmaps (sowie zwischen Klimaschutz und Energiebedarf) aufgegriffen und darauf aufbauend integrierte Klimaneutralitätsszenarien und Transformationspfade entwickelt. Es wurde im Projekt klar herausgearbeitet, dass Kreislaufwirtschaft und entsprechende Sektorkopplung geeignet sind, die o.g. Ziele bestmöglich zu erreichen. Die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie bildet dafür den Rahmen.

Perspektivisch wäre die Weiterführung der Zusammenarbeit zum einen mit der Task Force Kreislaufwirtschaft und zum anderen mit dem Climate Lab in Wien

sinnvoll. Mit Hilfe einer solchen **Plattform** liessen sich die entstandenen Kooperationen weiterführen.

Insbesondere entsprechend transdisziplinär ausgerichtete Calls können in Hinkunft solche Prozesse ermöglichen, wenn wir stärker vom Wissen zum Handeln kommen wollen.

Industrie und Energie

Die **Anwendung von Kreislaufwirtschaftskonzepten** und ein integrativer Ansatz in der Zusammenarbeit verschiedener Industriezweige sind von entscheidender Bedeutung für die Senkung des Energiebedarfs der Industrie. Im analysierten REF-Szenario basiert die Emissionsreduktion hauptsächlich auf technologischen Maßnahmen, wie etwa der Umstellung auf erneuerbare Energien zur Erzeugung von Wasserstoff und anderen synthetischen Gasen, oder auf Kohlenstoffabscheidung und -nutzung (CCU). Folglich führt dieses Szenario zu einem erheblichen Anstieg der Nachfrage nach erneuerbarem Strom, insbesondere wenn die künftigen Importmöglichkeiten für synthetische Gase begrenzt sind (und diese somit im Inland produziert werden müssen). Das ambitioniertere Szenario INT geht mit zusätzlicher Anwendung von Konzepten der Kreislaufwirtschaft einher – wie etwa dem verstärkten Einsatz von recycelten Materialien bei der Herstellung von Stahl, Kunststoffen, Zement und Holz. Dies führt zu energieeffizienteren Produktionsprozessen im Vergleich zur Nutzung von Primärmaterialien.

Das Streben nach einem Zustand von Netto-Null-Emissionen ohne Verringerung von Energie- und Materialverbrauch wird höchstwahrscheinlich zu einer **Energienachfrage** führen, **die die inländische Produktionskapazität übersteigt**. Um eine reibungslose Transformation zu gewährleisten, müssen daher Wege zur Senkung des Energiebedarfs gefunden werden. Der Übergang zu einer klimaneutralen Wirtschaft erfordert systemische Änderungen etablierter Methoden in Erzeugung und Verbrauch von Energie sowie Gütern und Dienstleistungen. Neue, zirkuläre Lieferketten und Geschäftsmodelle, die auf der gemeinsamen Nutzung von Waren und Dienstleistungen beruhen, erfordern neue Formen der sektorübergreifenden Zusammenarbeit, wobei der Abfall eines Sektors zum wertvollen Input eines anderen wird.

Unsere Gespräche mit Interessensvertreter:innen der Industrie ergaben, dass der Einsatz recycelter Sekundärrohstoffe anstelle von Primärrohstoffen in vielen Fällen immer noch die teurere Option ist. So ist beispielsweise die Abfallentsorgung im Vergleich zum Recycling zu billig, was dazu führt, dass rezyklierbare Materialien fälschlicherweise in den Restmüll und auf Deponien oder Verbrennungsanlagen gelangen. Eine **Reform des bestehenden Steuer- und Abgabensystems**, um Anreize für zirkuläre Produktionsprozesse zu schaffen, sowie die **Abschaffung von kontraproduktiven Subventionen**, die diese behindern, sollten daher Teil eines umfassenden Politikmix zur Förderung der Kreislaufwirtschaft sein. Einige Branchenvertreter:innen betonten außerdem, dass ein großer Bedarf an neuen, **branchenübergreifenden Industrienetzwerken zum Austausch von recyclingrelevanten Informationen entlang der Wertschöpfungskette** besteht.

Gebäude

Im Ideenaustausch unter allen Projektpartnern wurden die am besten geeigneten Richtlinien zur Defossilierung des Gebäudebestands festgelegt. Für den Bausektor werden die folgenden Maßnahmen vorgeschlagen:

Qualität der Sanierung. Es sollten strängere Anforderungen an den Heizwärmebedarf in neuen und zu renovierenden Gebäuden seitens der OIB 6 und damit den Bauordnungen entsprechend der seitens der OIB ermittelten Kostenoptimalität vorgeschrieben werden. Die Anforderungen an den Kühlbedarf sollten beibehalten werden. Ziel ist es, Lock-in-Effekte durch minderwertige Lösungen zu vermeiden.

Sanierungsraten. Die Sanierungsraten von derzeit ca. 1,5 %/a sollen zumindest beibehalten werden.

Ausstieg aus fossilen Systemen. Die Installation von Technologien auf Basis erneuerbarer Energien (Biomassekessel, Wärmepumpen und defossilisierte Fernwärme) sollte unterstützt werden. Die Ausbildung in Berufsschulen, Wifi und HTL muss daran angepasst werden (Öl- und Gas nur mehr als Zusatzfach, Wärmepumpen, Biomassekessel und Fernwärme als Hauptfach und prüfungsrelevant).

Dekarbonisierung von Strom und Fernwärme. Obwohl hauptsächlich mit dem Energiesektor verbunden, sollten Nachfrage (des Bausektors) und Angebot als wechselseitig miteinander verbunden betrachtet werden, da die hohe Durchdringung erneuerbarer Energien wichtige Herausforderungen mit sich bringt, wenn sie nicht durch eine Senkung des Energiebedarfs unterstützt wird.

Integrierte Modellierung

Wohlstand und eine gute Wirtschaftsleistung stehen nicht im Widerspruch zu einem niedrigen Emissionsniveau und geringer Energienachfrage. Zusätzliche Maßnahmen zur **Reduktion der Energienachfrage**, wie sie im INT-Szenario angenommen werden, erweisen sich als **ökonomisch vorteilhaft**. Die makroökonomische Bewertung der verschiedenen Netto-Null-Szenarien zeigt, dass unabhängig von der Einbettung Österreichs in den internationalen Energiehandel relevante Wirtschaftsindikatoren wie BIP, privater Konsum oder sektorale Produktion in beiden INT-Szenarien höher als oder zumindest gleich hoch sind wie in den REF-Visionen. Darüber hinaus zeigt sich, dass vor allem die **Kombination aus hoher Energienachfrage und begrenzten Importmöglichkeiten** einen großen Druck auf das Energiesystem und somit die gesamtwirtschaftliche Leistung mit sich bringt. Im Szenario INT mit geringer Energienachfrage können negative Auswirkungen im Fall von beschränkten Energieimporten in hohem Maß durch den Rückgang der Energienachfrage **kompensiert** werden.

Auf der Grundlage dieser Ergebnisse wird es auch eine wichtige Aufgabe zukünftiger Forschung sein, die zeitliche Dynamik und die damit verbundenen Infrastrukturanforderungen, die zu einem Netto-Null-Zustand bis Mitte des Jahrhunderts führen, genauer zu untersuchen. Darüber hinaus bleiben weitere Details der Frage nach der Höhe der notwendigen Investitionen und inwieweit diese von der öffentlichen Hand bereitgestellt werden sollen, zu klären. Aus den in

diesem Projekt gewonnenen Erkenntnissen lässt sich ableiten, dass Österreich eine **fundiertere Strategie bezüglich des Ausbaus erneuerbarer Energien über das Jahr 2030 hinaus** benötigt. Zudem braucht es mehr **Planungssicherheit**, was die Geschwindigkeit der Implementierung neuer Energieträger wie grünen Wasserstoff oder synthetische Kraftstoffe betrifft, damit alle beteiligten Akteur:innen gut in die Transformation eingebunden werden können.

Verteilungswirkungen

Die Analyse der Verteilungseffekte zeigt, dass die privaten Konsummöglichkeiten in allen untersuchten Netto-Null-Szenarien über die Einkommensgruppen hinweg tendenziell stabil sind. Je nach **Ausgestaltung der Transferleistungen** im Sozialsystem profitieren Haushalte am unteren und oberen Ende der Einkommensverteilung in den Szenarien etwas mehr. Aus diesen Ergebnissen lässt sich schließen, dass Klimaneutralität prinzipiell auf **sozial gerechte Weise erreicht werden** kann.

Neben der konsumorientierten Perspektive sind auch strukturelle Veränderungen am Arbeitsmarkt ein wichtiger Faktor für Verteilungseffekte. Dabei wurde festgestellt, dass eine klimaneutrale Wirtschaft in Österreich mit einer **höheren Nachfrage nach Handwerker:innen** und verwandten Berufen, sowie nach **Bediener:innen von Anlagen und Maschinen** einhergeht, was vor allem auf die intensivisierte Biomasseproduktion und die Verbesserung des öffentlichen Transportsystems zurückzuführen ist. Diese Qualifikationen werden derzeit hauptsächlich von **Bezieher:innen niedriger bis mittlerer Arbeitseinkommen** angeboten. Die Effekte sind vor allem für die letztgenannte Gruppe im ambitionierten INT-Szenario noch ausgeprägter, da die zusätzliche Senkung der Energienachfrage und Maßnahmen zur Verbesserung der Kreislaufwirtschaft eine verstärkte Bereitstellung öffentlicher Dienstleistungen anstelle des individuellen Eigentums von Gebrauchsgütern, insbesondere im Verkehrssystem, implizieren. Auf der anderen Seite ist die Nachfrage nach Dienstleistungs- und Vertriebsmitarbeiter:innen, bei denen es sich in erster Linie um Personen mit geringem Arbeitseinkommen handelt, deutlich niedriger, was die **Notwendigkeit von gezielten Schulungsmaßnahmen** unterstreicht.

Insgesamt zeigt sich, dass das Erreichen von Netto-Null Emissionen die Konsummöglichkeiten einkommensschwacher Haushalte begünstigen kann, insbesondere wenn staatliche Transferleistungen treffsicher gestaltet werden. Ebenso besteht das Potenzial für eine gleichmäßigere Verteilung des Arbeitseinkommens, wenn die Maßnahmen zur Umschulung speziell auf jene einkommensschwachen Gruppen zugeschnitten sind, die sich am Arbeitsmarkt am stärksten umorientieren müssen.

Finanzierung

Die Umsetzung der folgenden Handlungsempfehlungen wird als wesentlich erachtet, damit der Finanzsektor die Transformation hin zu einer nachhaltigen Wirtschaft bestmöglich unterstützen kann:

Zentrale Datenbank für nachhaltigkeits- & klimabezogene Informationen

Um Kreditanträge angemessen beurteilen zu können, müssen Banken eine Reihe

von qualitativen und quantitativen Informationen erheben, die oft schwer zugänglich sind (z.B. Energieausweise). Um Informationsasymmetrien zu verringern und die Vergabe nachhaltiger Kredite effizienter und kostengünstiger zu ermöglichen, ist es erforderlich, Daten möglichst zentral verfügbar zu machen.

Preisdifferenzierung bei der Kreditvergabe

Gegenwärtig gibt es bei der Kreditvergabe weder einen Aufschlag für klima-/umweltschädliche noch einen Bonus ökologisch nachhaltige Kredite. Die Einführung entsprechende Maßnahmen auf EU-Ebene, wie etwa ein "Green supporting factor" bzw. "Brown penalising factor" sowie weiterer Maßnahmen, die es Banken ermöglichen würden, für ökologisch nachhaltige Projekte günstigere Konditionen zu gewähren, könnten Unternehmen zur ökologisch nachhaltigen Gestaltung von Projekten bewegen.

Aufbau von Wissen (Capacity Building)

Unternehmen, insbesondere KMUs, haben oft nicht die Möglichkeit, sich darüber zu informieren, welche klimarelevanten Rechtsvorschriften sie selbst (in naher Zukunft) betreffen und welche klima-/nachhaltigkeitsrelevanten Daten von Banken benötigt werden. Informationskampagnen werden als zentrales Instrument erachtet, um das Verständnis dafür erheblich zu verbessern.

Einheitliche Förderlandschaft

Förderungen sollten zwischen den Bundesländern so homogen wie möglich sein. Derzeit gibt es zahlreiche unterschiedliche Kriterien und Regeln, die für KMU oftmals kaum überschaubar sind. Die Transparenz und Vergleichbarkeit der Kriterien würde für KMUs die Beantragung grüner Fördermittel erleichtern.

Nationale Förderungseinrichtung ("Österreichische KfW")

Derzeit gibt es in Österreich keine Förderungseinrichtung für österreichische Unternehmen, die keine exportorientierten Geschäftsmodelle haben. Da alle anderen europäischen Länder entsprechende nationale Förderinstitute eingerichtet haben, sind österreichische Unternehmen benachteiligt. Die Einrichtung einer "Österreichischen KfW" würde Unternehmen unterstützen, zinsgünstige Kredite für ökologisch nachhaltige Investitionen zu beantragen.

Fact Sheets zu grünen Finanzinstrumenten

Bei vielen KMUs besteht ein geringer Informationsstand über grüne Finanzierungsinstrumente. Eine diesbezügliche Verbesserung erhöht das Verständnis in der Realwirtschaft für den Zusammenhang zwischen Finanzierung und Investitionen in nachhaltige Wirtschaftstätigkeiten und die Kommunikation zwischen Banken und KMUs. Verbunden mit dem mangelnden Wissen über grüne Finanzierungsmöglichkeiten ist auch ein Mangel an diesbezüglichen Fördermöglichkeiten.

Darüber hinaus wurden weitere Handlungsempfehlungen identifiziert, wie etwa die **Harmonisierung der Definitionen und Anforderungen für grüne Kredite und nachhaltigkeitsbezogene Kredite** und eine **Anleitung bzw. Leitlinien für die Bewertung bestimmter Aspekte der EU-Taxonomie**.

Politische Rahmensetzung und Innovation

Folgende weitere Empfehlungen zur Stärkung von zirkulären Innovationen in den untersuchten Industriebranchen lassen sich – neben den unter Industrie und Energie genannten – aus den durchgeführten Analysen und Interviews ableiten:

Fortführung, Ausbau und Anpassung bestehender Förderungen

- a. für Forschung und Entwicklung, insbesondere in den Bereichen
 - Kreislauffähiges Design und Upcycling
 - Sortierung und Recycling von Stahlschrott und Verbundwerkstoffen
 - Recycling von derzeit nicht rezyklierbaren Kunststoffen
 - Neue Klinkersubstitute, Recycling von Bauabfällen
 - Bauteilerhaltendes Recycling von Holzbauteilen
 - Carbon Capture and Use / Storage / intermediate Storage.
- b. für Investitionen in den Einsatz neuer kreislaufwirtschaftsrelevanter Technologien in der Praxis, insbesondere für
 - Die Nachrüstung von Sortier- und Recyclinganlagen für Stahlschrott, Kunststoff-, Bau- und Holzabfälle, u.a. mit modernen sensor- oder KI-gestützten Technologien
 - Verbesserten Zugang zu privatem Risikokapital für Start-Ups in der Wachstumsphase, am Beispiel des "Zukunftsfonds" der deutschen Förderbank KfW

Die Förderungen sollten regelmäßig an die Entwicklung der Kreislaufwirtschaft in Österreich angepasst und mittels Auslaufklauseln zeitlich befristet werden.

Stringente Umsetzung von EU-Vorgaben zu

- a. Ökodesign-Anforderungen für verschiedene Produktgruppen
- b. Mindestgehaltsquoten an recyceltem Material
 - Nachschärfung für Getränkeflaschen und Verpackungen aus Kunststoff
 - Einführung für weitere Produktgruppen, z.B. Stahl und Baustoffe
- c. Überarbeitung von Standards und Normen für die Kreislaufwirtschaft
 - Überprüfung bestehender Normen hinsichtlich maximal möglicher Anteile rezyklierten Materials in der Erzeugung von Stahl und Baustoffen
 - Entwicklung von Qualitätskriterien für zirkuläres Design
- d. Einführung des digitalen Produktpasses

Abfallende-Verordnungen für Kunststoffe, Beton und Mineralwolle

Durchsetzung des **Verbots der Deponierung** und Verbrennung von Abfällen, die für die Vorbereitung zur Wiederverwendung oder für das Recycling getrennt gesammelt werden

Sortenreine Sammlung und Sortierung aller wiederverwertbaren Materialien, nicht nur von Verpackungsabfällen

Abfallkatalog zur Erfassung aller Rückstände aus industriellen Prozessen

Informationsmaßnahmen

- a. Bewusstseinsbildung zur Qualität und Sicherheit von rezykliertem Material
- b. Qualifizierungsprogramme zu Kreislaufwirtschaftstechnologien

C) Projektdetails

6 Methodik

Projekt-Struktur und Methodenüberblick

Im Arbeitspaket 1 entwickeln Wissenschaftler:innen und Interessenvertreter:innen gemeinsam eine konsistente Vision einer klimaneutralen österreichischen Wirtschaft in allen Sektoren als Grundlage für einen Backcasting-Prozess zur Ermittlung der entsprechenden konsistenten Pfade. Während für den Verkehrssektor gerade eine detaillierte Analyse der erforderlichen politischen Maßnahmen und Maßnahmenpakete abgeschlossen wurde (ACRP-Projekt QUALITY (Steininger et al., 2024), BMK-Projekt Net-zero Transport 2040), fehlt eine solche umfassende politische Diskussion für die Sektoren Industrie, Fertigung und Energie sowie für den Gebäudesektor. WP2 ist dem ersteren (Industrie, Fertigung und Energie) und WP3 dem letzteren (Gebäude) gewidmet. Auf der Grundlage der von WP2, WP3 und früheren Projekten bereitgestellten Bottom-up-Sektordetails entwickelt WP4 ein Integratives Economic Evaluation Tool (IEET) zur Analyse der Auswirkungen auf die Energiestruktur und -erzeugung, die Wirtschaftsleistung und makroökonomische Variablen. Um die Gestaltung transformativer Maßnahmenpakete zu unterstützen, werden zwei entscheidende Dimensionen untersucht: WP5 bewertet die Verteilungseffekte (nach Wirtschaftssektor, Haushaltseinkommensgruppe und Beschäftigung auf dem Arbeitsmarkt) und WP6 diskutiert die Auswirkungen auf einen Finanzmarkt, der ausreichende Finanzmittel für Investitionen (öffentlich, privat oder in Partnerschaft) bereitstellt, wobei der Schwerpunkt auf kleinen und mittleren Unternehmen liegt. Schließlich entwickelt WP7 konsistente, integrierte Politikpakete über Sektoren hinweg, wobei die Ergebnisse und Schlussfolgerungen der vorherigen Arbeitspakete berücksichtigt werden. Ein besonderer Schwerpunkt wird auf die Innovationspolitik und die Rahmenbedingungen gelegt, die für die Entwicklung und Verbreitung neuer Technologien und Verfahren zur Erreichung von Netto-Null erforderlich sind.

WP1 (Ko-Produktion mit Stakeholdern)

Der Anspruch des Integrate Projekts, wissenschaftliche Evidenz und Erfahrungswissen der Stakeholder zusammenzuführen, um neues Transformationswissen und evidenzbasierte anwendbare Lösungen zu erarbeiten, erforderte ein transdisziplinäres Vorgehen, bei dem Wissenschaftler:innen und Praxispartner:innen auf Augenhöhe zusammenarbeiten.

Aus den zahlreichen möglichen transdisziplinären Methoden (z.B. Workshops, Living Labs, Serious Games, Exkursionen und Besuche vor Ort, Interviews, Delphis usw.) konnten nur einige wenige umgesetzt werden.

Letztlich wurde der gemeinsame Dialog aller Partner v.a. in Form von Workshops umgesetzt. Neben je einem gemeinsamen Kickoff Workshop zu Beginn des Projekts und ein Abschlussworkshop zum Ende des Projekts, fanden zahlreiche kleinere Dialogformate, Interviews, Gespräche und Austausche im Rahmen anderer Veranstaltungen statt. Im Workshop zu Beginn des Projekts wurden eine

gemeinsame Vision für 2040 und die Schritte dorthin (in 5 Jahresschritten) entwickelt.

Aufbauend auf den Ergebnissen des Kickoff Workshops fand ein vertiefter Workshop zum Austausch zwischen Finanz- und Realwirtschaft am 27.3.2023 statt (siehe WP6) und Dialoge mit der Bauwirtschaft im Rahmen des Paris Building Abschlussworkshops am 20.3.2023 sowie im Rahmen der Renowave Impact Days vom 16. – 18.10.2023.

Darüber hinaus fanden zahlreiche Interviews mit Praxispartner:innen statt, bei denen die wichtigsten Maßnahmen zur Dekarbonisierung und Energieeinsparung herausgearbeitet wurden und in der Folge in die Parameterisierung der verwendeten Modelle eingingen.

Vorläufige Ergebnisse, Maßnahmen und Politikpakete wurden mittels Newslettern zur Diskussion gestellt und die Rückmeldungen aus der Praxis eingearbeitet. Die finalen Ergebnisse einschliesslich dieser Rückmeldungen wurden schließlich beim Abschlussworkshop präsentiert und diskutiert.

WP2 (Industrie und Energie)

Um den angestrebten Zustand von Netto-Null Emissionen in der Industrie bis 2050 fundiert abzubilden, wurde ein interdisziplinärer Forschungsansatz gewählt. Auf technischer Ebene wurden die machbaren technologischen Entwicklungen und Innovationen in Bezug auf Energieerzeugung und Produktionstechnologien aufbauend auf bestehenden wissenschaftlichen Studien identifiziert. Besonderes Augenmerk lag dabei auf der Integration von Kreislaufwirtschaftskonzepten, die den Schlüssel zur Verringerung der industriellen Energienachfrage darstellen. Für ausgewählte Sektoren wurden auch Expert:innen zu ihrer Einschätzung des Energieeinsparpotentials von Recyclingmaßnahmen befragt. Die daraus gewonnen Informationen wurden im nächsten Schritt in der ökonomischen Analyse verwendet, um ihre Auswirkungen unter verschiedenen wirtschafts-politischen Rahmenbedingungen zu testen. Zusätzlich wurden Interessensvertreter:innen aus unterschiedlichen Bereichen der Industrie befragt, um einen Einblick zu erhalten, welche politischen Rahmenbedingungen es in der Praxis braucht, um die Transformation zu ermöglichen. Die Kombination der beschriebenen Methoden ermöglichte eine ganzheitliche Betrachtung der industriellen Transformation. Somit konnte sichergestellt werden, dass technologische Machbarkeit, wirtschaftliche Effizienz sowie soziale Verträglichkeit gleichermaßen in die erarbeitete Zukunftsvision einfließen.

WP3 (Gebäude)

Das in dieser Studie verwendete „Building stock scenario tool“ wird seit 2016 an der Universität Innsbruck entwickelt. Basierend auf Startwerten bezüglich Gebäudebestand (Gebäudetyp von Wohn- und Nichtwohngebäuden, Gebäudealter, Energieverbrauch für Heizung, Warmwasser und Strombedarf) werden unter Annahme von thermischen Sanierungsraten und -tiefen, Neubau- und Abrissraten, Austauschraten von Wärmeerzeugern, und Austauschszenarien weg von fossilen Energieträgern hin zu erneuerbaren Energieträgern der Energiebedarf und die

Emissionen für Heizung, Warmwasser und Strombedarf ermittelt. Für die vorliegende Studie wurden die Startwerte für Österreich seitens der Nutzenergiebilanz der Statistik Austria für 2018 auf Werte von 2020 extrapoliert. Es wurden 2 Szenarien für die zukünftige Entwicklung (REF und INT) mit unterschiedlichen Ambitionsniveaus für Sanierungsrate, Sanierungstiefe (Energiestandard nach der Sanierung) und Austauschraten und Wirkungsgrade der Heizungssysteme entwickelt und mit den anderen Projektpartnern abgestimmt.

WP4 (Integrierte Modellierung)

Die Entwicklung des integrativen ökonomischen Bewertungsinstruments (IEET) stand im Mittelpunkt von Arbeitspaket 4 (siehe Abbildung 1 in Abschnitt 4). Dieses Tool wurde speziell konzipiert, um sowohl Energieflüsse umfassend zu quantifizieren als auch die sozioökonomischen Auswirkungen der Netto-Null-Szenarien bewerten zu können. Die Verlinkung des Energiesystemmodells Euro-Calliope mit dem makroökonomischen Modell WEGDYN-AT war maßgeblich, um die komplexen Wechselwirkungen zwischen Energie- und Wirtschaftssektoren abzubilden. Auf diese Weise konnte ein kostenoptimaler Energiemix den detaillierten Projektionen zur Energienachfrage in den Schlüsselsektoren Industrie, Gebäude und Verkehr gegenübergestellt werden. Diese Methode erlaubte es auch, Restriktionen in der Verfügbarkeit von Biomasse sowie im internationalen Energiehandel in die Analyse einzubeziehen und deren Einfluss auf nationale Energiestrategien zu ermitteln. Die quantitativen Daten zu Energieversorgung und -nachfrage flossen dann in das makroökonomische Modell ein, wodurch tiefergehende Einblicke in wirtschaftliche und verteilungspolitische Effekte ermöglicht wurden. Unser Forschungsansatz gewährleistet somit eine umfassende und integrierte Betrachtung der Herausforderungen, die auf dem Weg zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft bis 2050 in Österreich zu bewältigen sind.

Dennoch ergeben sich aus der quantitativen Modellierung aufgrund der Komplexität der sektorübergreifenden Betrachtung noch einige Verbesserungspotentiale für zukünftige Forschungsprojekte. Zum einen erwies sich die Verknüpfung des Energiesystemmodells mit dem makroökonomischen Modell aufgrund von Unterschieden in der Auflösung der Energietechnologien sowie Unterschieden in den Einheiten der Variablen (physische/energetische vs. monetäre Flüsse) als Herausforderung, weswegen einige vereinfachende Annahmen getroffen werden mussten. Des Weiteren gibt es eine Lücke in der Verfügbarkeit von robusten Daten über die notwendigen Investitionszyklen und Infrastrukturbedarfe in Österreichs Energie- und Industriesektoren insbesondere für den Zeitraum nach 2030.

Dementsprechend stellen die analysierten Netto-Null-Szenarien nicht den zeitlichen Pfad der Transformation bis 2050 dar, sondern sind als Momentaufnahme eines zukünftigen Netto-Null-Zustandes zu sehen. Investitionen in neue Infrastrukturen, die für die Dekarbonisierung des Energiesystems erforderlich sind, wurden in der Modellierung nicht berücksichtigt. Viel mehr wurden jene Rückwirkungen untersucht, die sich in einer Situation ergeben, in der der strukturelle Wandel bereits stattgefunden hat und sich Österreichs Wirtschafts-,

Energie- und Sozialsystem bereits im langfristigen Gleichgewichtszustand befindet.

WP5 (Verteilungswirkungen)

Um einen umfassenden Überblick über die Bandbreite möglicher verteilungspolitischer Effekte zu bekommen, wurde in Arbeitspaket 5 die Auswirkung der Transformation auf Haushalte je nach Einkommensgruppe, als auch auf die berufliche Tätigkeit von Individuen analysiert. Dafür griffen wir im ersten Schritt auf das makroökonomische Modell WEGDYN-AT zurück, und führten im zweiten Schritt eine Weiterverarbeitung der Modellergebnisse mithilfe der Mikrodaten aus dem österreichischen Mikrozensus durch. Die Zusammenführung dieser beiden Schritte ist schematisch in Abbildung 10 dargestellt.

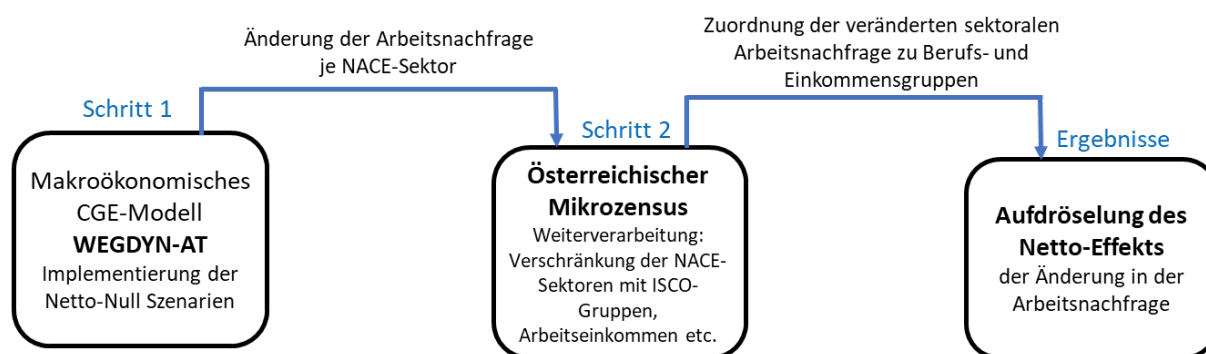


Abbildung 10: Methodische Vorgehensweise in der Analyse von Arbeitsmarkteffekten durch Kombination von makroökonomischem Modelloutput mit Mikrodaten aus dem österreichischen Mikrozensus

Das Makromodell bietet uns Einblicke in gesamtwirtschaftliche Prozesse und daraus entstehende Veränderungen in den realen Konsummöglichkeiten der Haushalte, wobei sowohl der Wirkungskanal auf der Ausgaben- (veränderte relative Preise) als auch auf der Einkommensseite (veränderte Höhe von Arbeit-, Kapital- und Transfereinkommen) abgebildet wird. Dadurch konnte abgeleitet werden, warum gewisse Einkommensgruppen stärker profitieren als andere. Die Verschränkung der Modellergebnisse mit den Mikrodaten erlaubte darüber hinaus, Veränderungen in der aggregierten Arbeitsnachfrage je Sektor detailliert auf verschiedene Berufsgruppen herunterzubrechen. Auf diese Weise konnten wir notwendige Schwerpunktbereiche in Bezug auf Umschulung und Ausbildung aufzeigen und ermitteln, wie sich die Anforderungsprofile und Nachfrage nach Qualifikationen und Einkommensgruppe ändern.

Da der zeitliche Pfad der Transformation bis 2050 inklusive der notwendigen Investitionen in neue Infrastruktur nicht explizit in der Modellierung berücksichtigt wurde, dürfen auch die resultierenden Verteilungseffekte nur unter Berücksichtigung des gegebenen Kontexts analysiert werden (Österreich befindet sich bereits in einem klimaneutralen Zustand im Jahr 2050, siehe WP4). Für die Zeit während der Transformation müssen verteilungspolitische Auswirkungen separat analysiert werden, was Gegenstand zukünftiger Forschungsprojekte sein könnte.

WP6 (Finanzierung)

Sämtliche Ergebnisse dieses Arbeitspakets wurden in einem interdisziplinären “Co-creation of knowledge” Ansatz entwickelt. Es wurden sowohl Interviews mit einzelnen Akteur:innen aus der Finanz- wie Realwirtschaft geführt als auch Workshops und Fokusgruppen veranstaltet. Als Diskussionsgrundlage für die Evaluierung von Finanzinstrumenten hinsichtlich ihrer Eignung für die Transitions-Finanzierung wurde auf Basis einer Literaturrecherche und Expert:innen-Analyse eine Übersicht von Finanzinstrumenten erstellt, die bereits eingesetzt werden und das Potenzial haben, zum nachhaltigen Wandel der Wirtschaft beizutragen. Des Weiteren wurden Impulsreferate zu regulatorischen Rahmenbedingungen, Anreizen, Initiativen und Praxisbeispielen erstellt, welche im Rahmen von interaktiven Formaten präsentiert wurden. Anschließend wurden die Herausforderungen und Chancen bei der Finanzierung ökologisch nachhaltiger Investitionen gemeinsam mit Expert:innen aus Finanz- und Realwirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung diskutiert. Darauf aufbauend wurden Handlungsempfehlungen entwickelt, zu denen Feedback von Schlüssel-Expert:innen eingeholt wurde. Gleichzeitig konnten diese Formate zum Aufbau von Wissen und zum gegenseitigen Verständnis für die Herausforderungen der unterschiedlichen Akteur:innen beitragen.

WP7 (Politische Rahmensetzung und Innovation)

Das Maßnahmenpaket zur Umsetzung des INT-Szenarios wurde in Zusammenarbeit mit den involvierten Stakeholder:innen und Expert:innen in mehreren Runden ausgearbeitet. Zuerst wurde auf Basis einschlägiger Literatur sowie Expert:innen-Interviews ein erster Maßnahmenvorschlag formuliert und von den Stakeholder:innen kommentiert. Dann wurde das überarbeitete Maßnahmenpaket auf einem eintägigen Stakeholder-Workshop im April 2024 in sektorspezifischen sowie sektorübergreifenden Gruppen diskutiert. Abschließend lieferten Expert:innen des Umweltbundesamtes Input zur Feinabstimmung des Maßnahmenpakets.

Für die vorgelagerte SWOT-Analyse zu Österreichs Stärke- und Schwachfeldern in Wiederverwendungs-, Recycling- und Rückgewinnungstechnologien im internationalen Vergleich wurde auf Patentdaten der OECD (2024) und auf Außenhandelsdaten der Vereinten Nationen (UN Comtrade, 2024) zurückgegriffen. Der Index of Revealed Technological Advantage (RTA; vgl. Unterlass et al., 2013; OECD, 2013) berechnet sich auf Basis der OECD-Patentdaten wie folgt:

$$RTA_{d,i} = P_{d,i} / \sum_d P_{d,i} / \sum_i P_{d,i} / \sum_{d,i} P_{d,i},$$

wobei $P_{d,i}$ für die Anzahl der Patentanmeldungen von Land i im Technologiefeld d beim Europäischen Patentamt steht. Die OECD (2024) stellt Daten zu weltweiten Patentanmeldungen in allen Technologiefeldern seit 1990 zur Verfügung, u.a. in Klimaschutztechnologien in den Emissionssektoren Gebäude, Verkehr, Sachgütererzeugung, Landwirtschaft, Energieaufbringung sowie Abfall (OECD, 2022). Hier wurden Patentanmeldungen in der Technologieklasse “reuse, recycling

and recovery“ ausgewertet, die eine Untergruppe der Klimaschutztechnologien im Abfallsektor darstellt. Aus Qualitätsgründen wurden nur Patente berücksichtigt, die bei mindestens drei der wichtigsten Patentämter der Welt angemeldet wurden.

Weist Österreich einen RTA-Wert größer eins in einer Wiederverwendungs-, Recycling- und Rückgewinnungstechnologie auf, so hat dieses Technologiefeld einen größeren Anteil an den österreichischen Patentanmeldungen als an jenen aller Länder insgesamt. Das heißt, Österreich ist im internationalen Vergleich auf diese Technologie spezialisiert und hat einen sogenannten offenbaren technologischen Vorteil gegenüber dem Rest der Welt. Bei einem RTA-Wert kleiner eins besteht ein technologischer Nachteil gegenüber dem Rest der Welt.

Der Index of Revealed Comparative Advantage (RCA; vgl. Balassa, 1965) berechnet sich auf Basis der UN-Außenhandelsdaten wie folgt:

$$RCA_{g,i} = E_{g,i} / \sum_g E_{g,i} / \sum_i E_{g,i} / \sum_{g,i} E_{g,i},$$

wobei $E_{g,i}$ für den Wert des weltweiten Warenexports (ohne Wieder-Exporte) von Land i in Gütergruppe g steht. Die Comtrade-Datenbank liefert Exportwerte für detaillierte Gütergruppen. Daraus wurden jene Güterkategorien, die mit den vier Wiederverwendungs-, Recycling- und Rückgewinnungstechnologien des INT-Szenarios verbunden sind, anhand der jeweiligen Branchen der herstellenden Industrien identifiziert. Dabei wurde sowohl die Herstellung der Güter selbst (Kunststoffe, Metalle, Zement, jeweils Produkte daraus sowie Holzprodukte) als auch die Herstellung der dafür nötigen Werkzeugmaschinen berücksichtigt.

Weist Österreich einen RCA-Wert größer eins in einer Gütergruppe auf, die mit einer der Wiederverwendungs-, Recycling- und Rückgewinnungstechnologien verbunden ist, so hat diese Gütergruppe einen größeren Anteil an den österreichischen Exporten als an jenen aller Länder insgesamt. Damit ist Österreich auf den Export dieser Gütergruppe spezialisiert und hat einen sogenannten offenbaren komparativen Vorteil gegenüber dem Rest der Welt. Der RCA-Index wird häufig als Indikator der internationalen Wettbewerbsfähigkeit eines Landes oder einer Branche herangezogen.

Aus der Kombination von RTA und RCA lassen sich Rückschlüsse auf geeignete Politikinstrumente zur Stärkung von Innovation und Diffusion neuer Technologien ziehen, je nach relativer Position im internationalen Vergleich.

7 Arbeits- und Zeitplan

Milestone	Finalization (MM/YY)
M 1.1. Common vision as outcome of the initial workshop (condensed in workshop harvest document)	15.12.2022
M 1.2. Transdisciplinary formats/events held with WPs 2, 3, 5 and 6	20.3.2023 27.03.2023 16.- 18.10.2023
M 1.3. Report on consistent transformation pathways as outcome of the final workshop	26.4.2024
M 2.1. Pathways defined	03/2023
M 2.2. Techno-economic data as interface to IEET prepared	11/2023
M 2.3. Workshop on framework conditions and political instruments	03/2023, 04/2024
M 3.1. Pathways defined	4/2023
M 3.2. Required material flows identified	10/2023
M 3.3. Iteration of pathway evaluation and interaction with WP4 finished	1/2024
M 4.1. Preparation of material and energy flow statistics completed	06/2023
M 4.2. Preparation of relevant private and public household statistics completed	06/2023
M 4.3. Benchmark IEET ready for application	02/2024
M 5.1. Intermediate report on distributional implications	05/2024
M 5.2. Translation of financial market design and instruments to model implementation (WP4) completed	09/2024
M 5.3. Report on results and sensitivity analysis	09/2024
M 6.1. Recommendations on basic elements for climate-related reporting by SMEs	01/2024
M 6.2. Factsheet on financial instruments, having the potential to contribute to the transition, and a mapping table allocating appropriate financial instruments to the various requirements of financial institutions	08/2024
M 7.1. Report on Austria's current net-zero innovation performance and policy	07/2024
M 7.2. Report on development of policy instruments fostering climate-neutral innovations	07/2024
M 7.3. Pathways and according evaluations are made publicly available (web-access)	02/2024
M 7.4. Paper on cross-sector consistent policy packages to implement net-zero pathways	09/2024
M 7.5. Policy Recommendations Report and Policy Brief	04/2024
M 8.1. Project team meetings (internal workshops, twice per project-year), Scientific Advisory Board Meeting (m 1/12/23)	08/2024
M 8.2. Final results compiled and ready for dissemination	09/2024
M 8.3. Papers submitted (continuously)	continuously
M 8.4. Interim and final (activity) reports (month 13, month 25/27)	10/23; 12/24

8 Publikationen und Disseminierungsaktivitäten

(A) Publikationen

- [1] Alaux, N., Obrecht, T., Saade, M., & Passer, A. (2024). A Need for Sufficiency in the Built Environment: Prospective Life Cycle Assessment of the Austrian Building Stock. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1363(1), 012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1363/1/012002>
- [2] Tosatto, A., & Ochs, F. (2024). Performance comparison of large-scale thermal energy storage and hydrogen as seasonal storage for achieving energy autarky in residential districts with different renovation levels. *Journal of Energy Storage*, 98, 113009. <https://doi.org/10.1016/j.est.2024.113009>
- [3] Alaux, N., Kulmer, V., Vogel, J., & Passer, A. (2024). Renovate, Reuse, Recycle: Reducing Greenhouse Gas Emissions through Circular Economy in the Austrian Building Stock. *Resources, Conservation and Recycling* (in review).
- [4] Ochs, F., Tosatto, A., Magni, M., Venturi, E., Monteleone, W., & Dermentzis, G. (2023). Strategies to overcome the dilemma in renovating and integrating HPs and RE into the building stock. *Heat Pump Conference 2023 Chicago (USA)*.
- [5] Tosatto, A., Ochs, F., Streicher, W., Magni, M., & Venturi, E. (2023). Methodology for the calculation of energy scenarios to achieve carbon neutrality in the building stock. *Proceedings of Building Simulation 2023: 18th Conference of IBPSA*, 2734–2741. <https://doi.org/10.26868/25222708.2023.1489>
- [6] Steininger, K.W., Maier, R., Mestel, R., Kueschnig, M., Vogel, J., Nabernegg, S., Wallenko, L., Alaux, N., Streicher, W., Passer, A. How to achieve climate goals and circularity: an integrated approach [in review]
- [7] Salomon, Kulmer, Nabernegg, Steininger, Wallenko. Exploring macroeconomic effects of net-zero emissions in Austria: A cross-sectoral modelling framework [under review]
- [8] Wallenko, L., Nabernegg, S., Exploring labour market implications and transitional requirements of a net-zero economy [in review]
- [9] Vogel, J., Alaux, N., Hoff, H. & Wallenko, L. (2024). Policies for the transition to a climate-neutral circular economy: A spotlight on innovation in Austrian industry. Umweltbundesamt Report, Vienna. Forthcoming.
- [10] Glas, N., Kueschnig, M., Mestel, R., Preinsberger, D., Steininger, K.W. (2024). Instrumente für nachhaltige Finanzierungen in KMUs und Handlungsempfehlungen zur erfolgreichen Umsetzung im Markt. *Österreichisches Bankarchiv* (in review).
- [11] Tosatto A., Venturi E., Magni M., Beck S., Ochs F., Building stock decarbonisation scenarios in the context of the energy system transformation. (to be submitted to Sustainable Cities and Society).
- [12] Lininger, C., Steininger, K.W., Kulmer, V., Salomon, M. (2024). Wasserstoff für die Energiewende: Große Unsicherheiten über Bedarf, voraussichtlich Engpässe bei Bereitstellung. INTEGRATE Diskussionspapier, Juni 2024 (available at project website)

(B) Präsentationen

[13] 14th IEA Heat Pump Conference, May 15-18 2023, Chicago (Illinois, USA).

Strategies to overcome the dilemma in renovating and integrating HPs and RE into the building stock., Ochs Fabian, Tosatto Alice, Magni Mara, Venturi Elisa, Monteleone William, Dermentzis Georgios

[14] BS2023 - 18th International IBPSA Conference, September 4-6, 2023, Shanghai (China).

Hybrid

Methodology for the calculation of energy scenarios to achieve carbon neutrality in the building stock., Tosatto Alice, Ochs Fabian, Streicher Wolfgang, Magni Mara, Venturi Elisa

[15] Klimatag, Wien, 2.-4. April 2024: INTEGRATE - Austria's path to climate neutrality: Identifying a cross-sector integrated framework and incentive design, distributional and budgetary implications, presented by Karl Steininger

Annual Meeting of the Austrian Economic Association (NOeG), September 2-3, 2024, Vienna (Austria): Session "Carbon-Neutrality Transformation for Austria":

[16] Steininger, K.W., Vogel, J., Kulmer, V., Nabernegg, S., Wallenko, L., Mestel, R., Glas, N., Streicher, W., Tosatto, A., Passer, A., Alaux, N., Salomon, M., Climate neutral transition of the small open economy Austria: designing a policy package to address the challenges

[17] Wallenko, L., Nabernegg, S., Exploring labour market implications and transitional requirements of a net-zero economy

Session "Climate Neutrality in Austria 2040":

[18] Salomon, Kulmer, Nabernegg, Steininger, Wallenko. Exploring macroeconomic effects of net-zero emissions in Austria: A cross-sectoral modelling framework

[19] Presentation of overall project results as keynote for "Innovation im Dialog", Dec 3, 2024,

National Library, Vienna (["INNOVATION IM DIALOG: Climate Action als Wirtschaftsmotor?" – Klima- und Energiefonds](#))

(C) Stakeholder workshops, focus groups, scientific talks

[20] The first Integrate stakeholder workshop (29 November 2022 in Vienna) brought together scientists and representatives from the different sectors (energy, industry, buildings, transport, finance) with their respective expertise and existing climate neutrality roadmaps. The workshop developed a common climate neutrality vision and the key elements of a cross-sectoral roadmap and steps to reach that vision.

[21] On March 27, 2023, work package 6 organized a specific stakeholder workshop on the role and importance of the banking sector in the sustainability transformation of the Austrian economy, bringing together representatives from banks, industrial companies, public institutions and academia. Participants discussed about experiences, challenges, opportunities and best practices in the context of green finance which laid the basis for the jointly developed policy recommendations from this work package (task 6.1). The INTEGRATE research team provided two presentations at this workshop:

- *Sustainable Finance: Entwicklungen auf EU-Ebene*. Natalie Glas, Stefan Sengelin
- *Grüne Finanzierungsinstrumente in Österreich*. Martina Tisovsky

[22] In April 2024 in the second overall project stakeholder workshop (Vienna) the core results were presented and discussed. In particular within sector discussions prepared after project work, as did across-sector work, where groups of stakeholders formed and planned their theme and collaboration beyond the project lifetime. E.g. a waste management company and a leading European car engine company created their plans for collaboration on battery recycling, that has since materialized.

(D) Project website

The website (<https://wegcwp.uni-graz.at/integrate>) provides up-to-date information on the project, research activities and results as well as dissemination activities including the Integrate newsletter.

(E) Project newsletter (available at project website)

- [23] The first Integrate newsletter was sent out in June 2023, with focus on i) the Integrate finance stakeholder workshop (linkages between finance sector and real economy) and ii) sector coupling between building and energy sector.
- [24] The second Integrate newsletter was sent out in November 2023, with focus on i) opportunities for cooperation with stakeholders in the building sector (based on Integrate presentation at the Renowave Impact days) and ii) circularity, assessing the Austria's Revealed Technological Advantage Index.
- [25] The third Integrate newsletter was sent out in February 2024, with focus on i) measures and policy instruments developed in Integrate and ii) a report on COP28.
- [26] The fourth Integrate newsletter was sent out in March 2024, with focus on the revisions of the measures and policy instruments by Integrate stakeholders.

(F) Other dissemination and network activities

The INTEGRATE project coordinates across sectors, so INTEGRATE members participated and contributed to various workshops and other events of related projects:

- ParisBuilding workshop (climate neutral buildings) on 20 March 2023 in Graz
- Cactus (CCU/CCS/carbon circularity) stakeholder workshop on 30 March 2023 in Vienna
- TransFAIR Modelling Workshop, Vienna, WIFO, May 23rd (Kulmer V., Wallenko L., Nabernegg S.)
- Renowave Impact Days (climate neutral buildings) on 16 - 18 October 2023 in Graz
- 1. Carbon Circularity Summit on 15 November 2023 in Vienna
- NetZero 2040 Stakeholder Workshop (climate neutrality scenarios) on 30 November 2023 in Vienna

9 Literatur

- Alton, V., Binderbauer, P., Cvetkovska, R., Drexler-Schmid, G., Gahleitner, B., Geyer, R., Hainoun, A., Nagovnak, P., Kienberger, T., Rahnama-Mobarakeh, M., Schützenhofer, C., & Stortecky, S. (2022). Pathway to industrial decarbonization. Scenarios for the development of the industrial sector in Austria. NEFI - New Energy for Industry.
- Bachner, G. (2024). WEGDYN-AT model documentation. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.12582057>
- Balassa, B. (1965). Trade Liberalisation and “Revealed” Comparative Advantage. The Manchester School of Economics and Social Studies, 33 (2), 99-123. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.1965.tb00050.x>
- Caniglia, G., Luederitz, C., Von Wirth, T., Fazey, I., Martín-López, B., Hondrila, K., König, A., Von Wehrden, H., Schöpke, N. A., Laubichler, M. D., & Lang, D. J. (2020). A pluralistic and integrated approach to action-oriented knowledge for sustainability. Nature Sustainability, 4(2), 93–100. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00616-z>
- European Commission. (2021). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, “Fit for 55”: Delivering the EU’s 2030 Climate Target on the way to climate neutrality [COM/2021/550 final]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021DC0550>
- European Environment Agency. (2024). Capturing the climate change mitigation benefits of circular economy and waste sector policies and measures. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2800/59694>
- European Parliament and Council. (2024). Regulation (EU) 2024/1735 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on establishing a framework of measures for strengthening Europe’s net-zero technology manufacturing ecosystem and amending Regulation (EU) 2018/1724 [Regulation (EU) 2024/1735]. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401735
- Fankhauser, S., Bowen, A., Calel, R., Dechezleprêtre, A., Grover, D., Rydge, J., & Sato, M. (2013). Who will win the green race? In search of environmental competitiveness and innovation. Global Environmental Change, 23(5), 902-913. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.05.007>
- Haddad, C.R., Nakic, V., Bergek, A. & Hellsmark, H. (2022). Transformative innovation policy: A systematic review. Environmental Innovation and Societal Transitions 43: 14-40. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2022.03.002>
- Lang, D. J., Wiek, A., Bergmann, M., Stauffacher, M., Martens, P., Moll, P., Swilling, M., & Thomas, C. J. (2012). Transdisciplinary research in sustainability science: Practice, principles, and challenges. Sustainability Science, 7(S1), 25–43. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0149-x>
- OECD (2013). OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2013. OECD Publishing, Paris.

- OECD (2022). Patent search strategies for the identification of selected environment-related technologies (ENV-TECH). <https://stats.oecd.org/wbos/fileview2.aspx?IDFile=c5c477c0-d300-42fe-af1f-d4a450c79a39>, Zugriff am 13. Dezember 2024.
- OECD (2024). Patents - technology development (indicator). [OECD data explorer](#), Zugriff am 8. November 2024.
- Pickering, B., Lombardi, F., & Pfenninger, S. (2022). Diversity of options to eliminate fossil fuels and reach carbon neutrality across the entire European energy system. *Joule*, 6(6), 1253–1276. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2022.05.009>
- Rogge, K. & Reichardt, K. (2016). Policy mixes for sustainability transitions: An extended concept and framework for analysis. *Research Policy* 45: 1620-1635. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.04.004>
- Shukla, P. R., Skea, J., Slade, R., Al Khourdajie, A., van Diemen, R., McCollum, D., Pathak, M., Some, S., Vyas, P., Fradera, R., Belkacemi, M., Hasija, A., Lisboa, G., Luz, S., & Malley, J. (Eds.). (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Statistik Austria (2024). Microcensus Labour Force Survey [Annual imputed datasets 2011-2022]. AUSSDA - The Austrian Social Science Data Archive.
- Steininger, K.W., Posch, A., Thaller, A., Romirer, C., Maier, R., Fleiß, E., Jäger, G., Nabernegg, S., Plakolb, S., Heinfellner, H., Thaller, O., Schulev-Steindl, E., (2024). Knowledge integration in policy development and assessment for sustainable passenger transport transformation, *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 128, 104081. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104081>
- Stern, N., Stiglitz, J., & Taylor C. (2022): The economics of immense risk, urgent action and radical change: towards new approaches to the economics of climate change. *Journal of Economic Methodology* 29 (3): 181-216. <https://doi.org/10.1080/1350178X.2022.2040740>
- UN (2024). Comtrade-Datenbank. <https://comtradeplus.un.org/>, Zugriff am 12. November 2024.
- UNEP (2024). Emissions Gap Report 2024: No more hot air ... please! With a massive gap between rhetoric and reality, countries draft new climate commitments. United Nations Environment Programme. Olhoff, A., Bataille, C., Christensen, J., Den Elzen, M., Fransen, T., Grant, N., Blok, K., Kejun, J., Soubeyran, E., Lamb, W., Levin, K., Portugal-Pereira, J., Pathak, M., Kuramochi, T., Strinati, C., Roe, S., & Rogelj, J. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/46404>
- Unterlass, F., Hranayai, K., Reinstaller, A. (2013). Patentindikatoren zur Bewertung der erfinderischen Leistung in Österreich. Vorläufiger technischer Bericht. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, WIFO, Wien. https://forwit.at/archive/files/rat-fte-pdf/publikationen/2013/130318_Patentindikatoren%20zur%20Bewertung%20der%20erfind%20erischen%20Leistung%20in%20Oesterreich_WIFO.pdf

Diese Projektbeschreibung wurde von der Fördernehmerin/dem Fördernehmer erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte sowie die barrierefreie Gestaltung der Projektbeschreibung, übernimmt der Klima- und Energiefonds keine Haftung.

Die Fördernehmerin/der Fördernehmer erklärt mit Übermittlung der Projektbeschreibung ausdrücklich über die Rechte am bereitgestellten Bildmaterial frei zu verfügen und dem Klima- und Energiefonds das unentgeltliche, nicht exklusive, zeitlich und örtlich unbeschränkte sowie unwiderrufliche Recht einräumen zu können, das Bildmaterial auf jede bekannte und zukünftig bekanntwerdende Verwertungsart zu nutzen. Für den Fall einer Inanspruchnahme des Klima- und Energiefonds durch Dritte, die die Rechteinhaberschaft am Bildmaterial behaupten, verpflichtet sich die Fördernehmerin/der Fördernehmer den Klima- und Energiefonds vollumfänglich schad- und klaglos zu halten.