

OCCASIONAL PAPER No. 6  
SEPTEMBER 2024

# **Technologische Aspekte der Energiewende**

**Synthesepapier zu einer  
Veranstaltungsreihe der OeNB**

Andreas Breitenfellner

## I.6 Funktionieren „Verbrennerverbote“? Folgen für Wettbewerbsfähigkeit und Weltklima

Am [14.12.2023](#) diskutierte Hans-Werner **Sinn**, emeritierter Präsident des ifo Instituts, mit Angela **Köppl**, Senior Economist am WIFO.

**Sinn** meinte, die Politik setze **utopische Klimaziele**. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der EU seien von 1990 bis 2020 um 31 % gesunken, deutlich stärker als es das Kyoto-Ziel von 20 % vorsah. Auch das ambitioniertere deutsche Vergleichsziel von 40 % sei 2020 und 2021 gerade erfüllt worden. Allerdings läge dies daran, dass niedrig hängende Früchte zuerst gepflückt worden seien, die Wirtschaft in der Corona-Krise erstarrt gewesen und vor allem die „schmutzige“ DDR-Industrie untergegangen wäre. Die restlichen 60% des Rückgangs in nur gut 20 Jahren, nämlich bis 2045 zu erreichen, sei unmöglich und gefährliche Träumerei. Österreich habe sein wesentlich bescheideneres Ziel für 2020 mit 6,5 % gerade erreicht, strebe aber nun einen viel steileren Pfad an. Das Land wolle das **Netto-Null-Ziel** sogar 2040 erreichen, fünf Jahre vor Deutschland bzw. zehn Jahre vor der EU. Die deutsche und europäische Politik setze dabei immer wieder auf **Verbote**: Ölheizungsverbot ab 2024 (unter strengen Bedingungen), „Verbrenner“-Aus bis 2035, Kohleausstieg 2030 bis 2038, Erdgasausstieg bis 2045. Dieser Neo-Dirigismus erinnere ihn an Zentralverwaltungswirtschaften.

Im Jahr 2020 betrage der Anteil der erneuerbare Energieträger am deutschen Energieverbrauch nur 16,5 %.<sup>7</sup> Nicht einmal die Hälfte davon sei Wind- und Sonnenstrom, aber nur dieser Strom könne hochskaliert werden. Es sei jedoch undenkbar, diesen Anteil in nur zwanzig Jahren von 8 % auf 83,5 % zu erhöhen, wie dies Regierungsbeschlüsse implizieren würden. Sinn kritisierte auch den deutschen Ausstieg aus der **Kernenergie**. Weltweit seien 434 Kernkraftwerke in Betrieb, die meisten gebe es in den USA, Frankreich und China; 62 würden neu gebaut, weitere 111 seien in Planung und 326 in Vorplanung.

Das „**Verbrenner-Verbot**“ der EU sei laut Sinn der Höhepunkt einer immer strenger gewordenen EU-Verordnung für den durchschnittlichen Flottenverbrauch. 2015 hätten die erlaubte CO<sub>2</sub>-Emission eines Verbrennungsmotors einem Dieseläquivalent von 5 Litern je 100 km entsprochen; 2021 wären nur mehr 3,5 Liter erlaubt gewesen; Der Grenzwert für 2030 sei 2018 erst auf 2,2 Liter und mit dem Green Deal auf nur mehr 1,8 Liter Dieseläquivalent festgelegt worden. Ungeachtet technischer Sicherheitsbedenken würden sich die Vorgaben nur mit hinreichend vielen Elektroautos in der Flotte erfüllen lassen.

---

<sup>7</sup> Anmerkung Autor: Strom macht nur etwa ein Fünftel des deutschen Energieverbrauchs aus, im restlichen Energieverbrauch spielen Erneuerbare eine untergeordnete Rolle (<https://energiestatistik.enerdata.net/strom/anteil-elektrizitaet-endverbrauch.html>).

Laut EU-Formel würden diese nämlich als Null-Emissionsfahrzeuge gelten, trotz der vielen europäischen Kohlekraftwerke. Im Jahr 2023 habe die EU gar ein „Totalverbot der Verbrenner“ ab 2035 beschlossen, worauf bereits die CO<sub>2</sub>-Verordnungen hinausliefen. Wie absurd das sei, zeige eine Studie von Joanneum Research im Auftrag von ADAC und ÖAMTC aus dem Jahr 2019, die den CO<sub>2</sub>-Ausstoß eines Pkw der Golf-Klasse alternativ mit Elektro- oder Verbrennungsmotor verglichen hat. Demnach könne das reine Elektro-Auto seinen leichten Klimavorteil erst spät ausspielen: nach 127.500 km im Vergleich zum Benziner und erst nach 219.000 km im Vergleich zum Diesel, also nach der durchschnittlichen Lebensdauer eines Pkws von 180.000 km. Ein Grund für das schlechte Abschneiden der Elektro-Fahrzeuge sei der hohe Kohleanteil im deutschen **Strommix** sowie die treibhausgas-intensive **Batterieproduktion**, die sich als „Klima-Rucksack“ in der Bilanz niederschlägt. Eine neuer ADAC-Studie 2022 mit optimistischeren Annahmen über grüne Energie und Umstellung fossiler Stromproduktion auf Gas ließe frühere Vorteile von Elektromotoren erwarten. Doch nach Sinns Ansicht seien diese Annahmen angesichts der Reaktivierung der Kohlekraftwerke und der Abkehr von russischen Gasimporten schon wieder überholt. Für die **Autoindustrie** folge eine doppelte Dezimierung. So sei der Fahrzeugbau in Deutschland (Stand Oktober 2023) seit 2018 um 21 % gesunken, weil die wohl verbotsaffine ausländische Konkurrenz bei E-Autos besser positioniert gewesen sei. Bei den Neuzulassungen von Elektroautos in Deutschland hätten 2022 zwei Modelle von Tesla vor dem Fiat 500e geführt, erst dann gefolgt von zwei VW-Elektromodellen. Durch die Schwäche der Automobilindustrie sei die Produktion im verarbeitenden Gewerbe seit 2018 in Deutschland um 9 % gesunken (zugleich in Österreich hingegen um 7 % gestiegen). Europa wolle bei der Reduktion des Kohlendioxid-Ausstoßes **Vorreiter** sein, jedoch hätte nur eine Minderheit von 61 der 191 Unterzeichner des Pariser Abkommens, die für ein Drittel der globalen Emissionen verantwortlich sind, eine quantitative Emissionsbeschränkung akzeptiert. **China und Indien** würden derzeit hunderte Kohlekraftwerke bauen. China emittiere mehr CO<sub>2</sub> als alle OECD-Länder zusammen. 2020 habe es eine dem Gesamtstand Deutschlands vergleichbare Kohlekraftwerkskapazität geschaffen. Bundeskanzler Scholz habe in Dubai 2023 die Gründung eines **Klimaklubs** verkündet, der 31 % vom CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Welt abdecke. Der Schritt sei richtig, aber viel mehr Länder müssten folgen.

Ein **unilaterales Verbot** der Ölverbrennung führe nur zur Verlagerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der EU. Das nicht mehr nachgefragte Öl werde nämlich zu sinkenden Preisen einfach nur in anderen Ländern der Welt verbrannt. Als Beleg führt Sinn den linearen Trend der weltweiten Ölförderung an, der sich trotz riesiger nachfragebedingter Schwankungen der Ölpreise als absolut stabil erweise (Siehe Abbildung 12). Zwar sei der Ölpreis während regionaler Rezessionen gefallen, jedoch fand der Marktausgleich nicht durch eine schrumpfende Ölförderung statt. Stattdessen würden andere Länder bei fallenden Preisen jene freigegeben Mengen aufbrauchen.

Erst die **Corona-Krise** ab 2020, als alle Länder wegen der Industrieflaute weniger Öl kauften, hätte zu einer Verringerung der Extraktion fossiler Brennstoffe geführt. Die Krise hätte als natürliches Experiment gezeigt, dass eine weltweit koordinierte Nachfrageeinschränkung die Erdölländer zwingen könne, ihre Förderung zu verringern und damit den Klimawandel zu verlangsamen. Eine solche Begrenzung könne nur durch flächendeckend globalen **Emissionshandel** bewirkt werden, ohne nennenswerte Outsider-Länder, die opportunistisch aufgrund fallender Ölpreise mehr Öl verbrauchen.

Außerdem, so Sinn, werde für die Erzeugung des zusätzlichen Stroms, den politisch forcierte Elektroautos und Wärmepumpen benötigen, perspektivisch wieder relativ mehr **Braunkohle** verbrannt.

Der dadurch entstehende Kohlenstoff gelange zusätzlich in die Luft, denn Braunkohle werde nicht international gehandelt und deshalb auch nicht anderen Ländern entzogen. Paradoxerweise erhöhe so ein Verbrenner-Verbot im Endeffekt sogar den weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Daran ändere auch der europäische Emissionshandel nichts. Zwar verdränge zusätzlich verbrauchte deutsche Braunkohle anderswo in der EU Kohle. Darunter sei aber auch international gehandelte Steinkohle, die nun in anderen Weltgegenden vermehrt verbrannt werde. Per saldo steige also trotz des Emissionshandels der weltweite CO<sub>2</sub>-Ausstoß durch mehr Elektromotoren.

Sinn wandte sich auch gegen die Aussage, dass mit Kohlestrom betriebene **Wärmepumpen** klimafreundlicher als Gasheizungen seien.<sup>8</sup> Abgesehen vom obigen Braunkohle-Argument werde übersehen, dass der Energiegehalt von Gas zur Hälfte aus dem Wasserstoff kommt, der im Gas mit den Kohlenstoffatomen verbunden sei. Bei einem Wirkungsgrad der Wärmepumpe von 3 und des Kohlekraftwerks von 0,4 ergebe sich ein Gesamtwirkungsgrad von 1,2. Eine Gasheizung indes habe aufgrund des Wasserstoffanteils mit einem thermischen Wirkungsgrad von mindestens 1 (oder über 1 bei Brennwertkesseln) einen Wirkungsgrad des Kohlenstoffs von mindestens 2. So gesehen sei es wesentlich klimafreundlicher als eine mit Kohlestrom betriebene Wärmepumpe. Noch eklatanter sei der Vergleich mit einer gasbetriebenen Wärmepumpe. Bei einem thermischen Wirkungsgrad von 3 (wie bei strombetriebenen Wärmepumpen) errechnet sich ein Gesamtwirkungsgrad des Kohlenstoffs von etwa 6, unerreichbar für Wärmepumpen, die mit Kohlestrom arbeiten.

Auch sei laut Sinn die Aussage irreführend, dass **Elektromotoren** dreimal so effizient wie Verbrenner seien, weil der Strom wegen des Carnotschen Gesetzes mit einem sehr niedrigen Wirkungsgrad produziert werde. Im Fall von Kohleverstromung sei der Gesamtwirkungsgrad eines Elektromotors das Produkt der beiden Wirkungsgrade des Kohlekraftwerks (0,4) und des Elektromotors (0,8), also etwa 0,32. Ein moderner Dieselmotor schaffe einen deutlich höheren Wirkungsgrad von bis zu 0,45.

Zwar stimme es, dass **China** in einem halben Jahr mehr Solarpaneele errichte, als Deutschland insgesamt habe. Aufgrund seines enormen Energiebedarfs errichte China jedoch auch jährlich mehr Kohlekraftwerke als Deutschland habe.<sup>9</sup> Solange die zusätzlichen Solarpaneele nicht fossile Brennstoffe ersetzen, gebe es auch keine CO<sub>2</sub>-Einsparung.

Sinn versicherte kein Klimaskeptiker zu sein. Er halte den CO<sub>2</sub>-Effekt für die größte Externalität der Menschheit. Er halte aber wenig von der Idee des Kohlenstoffbudgets, also einer fixen Gesamtmenge an Kohlenstoff, die die Atmosphäre noch verkraften könne. Ein festes Budget sei genauso willkürlich, wie das damit zusammenhängende 1,5-Ziel, das ohnehin schon überschritten sei, ohne dass die Welt verpuffe.<sup>10</sup>

---

<sup>8</sup> Anmerkung Autor: Kohle deckte 2022 etwa ein Drittel des deutschen Strombedarfs, Erneuerbare weniger als die Hälfte ([https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/03/PD23\\_090\\_43312.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/03/PD23_090_43312.html)). Jedoch kann der fossile Stromanteil bei jeder Grenzeinheit zusätzlich benötigtem Strom deutlich höher sein, insbesondere bei Verbrauchsspitzen oder Dunkelflauten.

<sup>9</sup> Anmerkung Autor: Laut einer Studie des Centre for Research on Energy and Clean Air hat China in der ersten Jahreshälfte 2024 die Entwicklung neuer Kohlekraftwerke stark gebremst (<https://energyandcleanair.org/publication/china-puts-coal-on-back-burner-as-renewables-soar/>).

<sup>10</sup> Anmerkung Autor: 1,5-Grad-Ziel soll den menschengemachten globalen Temperaturanstieg durch den Treibhauseffekt im 20-Jahresmittel auf 1,5 Grad Celsius zu begrenzen, gerechnet vom Beginn der Industrialisierung. Vorerst hat die Welt erst etwa ein Jahr lang diesen Wert überschritten. Für eine Zielüberschreitung bräuchte es also noch 19 weitere Messjahre über 1,5°C (<https://climate.copernicus.eu/copernicus-june-2024-marks-12th-month-global-temperature-reaching-15degc-above-pre-industrial>).

Es sei richtig, den Kohlenstoff langsamer zu extrahieren, nicht aber, große Teile davon für immer ungenutzt im Boden zu belassen. Jedenfalls sei der Beweis dafür, dass das sinnvoll sei, noch nicht erbracht worden.

Statt der Verbotspolitik der EU und der deutschen Bunderegierung plädierte Sinn für eine Verlangsamung der Extraktion fossiler Brennstoffe, durch eine **pretiale Lenkung**, also Preise für Kohlenstoff, die sich aufgrund eines Emissionshandels mit schrumpfenden Zertifikatmengen von alleine bilden. Die Lasten für die Wirtschaft seien bei gleicher CO<sub>2</sub>-Reduktion sehr viel geringer, weil die Emittenten nach kostenminimierenden Tauschmöglichkeiten suchen könnten. Da seien sich alle Wirtschaftsforschenden einig.

Das Hauptproblem bei der Klimapolitik bleibe für Sinn der Unilateralismus, also der Umstand, dass die meisten Emissionsländer gar nicht mitmachten. Die echte Lösung läge deshalb im „**Klimaklub**“ (Nordhaus, 2015).<sup>11</sup> Dessen Mitgliedstaaten müssten ambitionierte Klimaziele mit Hilfe eines weltweiten Emissionshandels ansteuern und dabei Nichtmitglieder durch Handelszölle diskriminieren, damit auch sie dem Klub beitreten. Statt symbolischen Ersatzhandlungen solle die EU mit den anderen Großmächten einen solchen Klimaklub gründen. Gelänge dies nicht, sei es sinnlos, die eigene Industrie zu zerstören, indem man auf handelbare Brennstoffe verzichte und sie den Mitbewerbern zukommen lasse. Einseitige Verbrauchsbeschränkungen bei handelbaren Brennstoffen erhöhten nur den Wohlfühlfaktor derer, die die Marktzusammenhänge nicht verstünden.

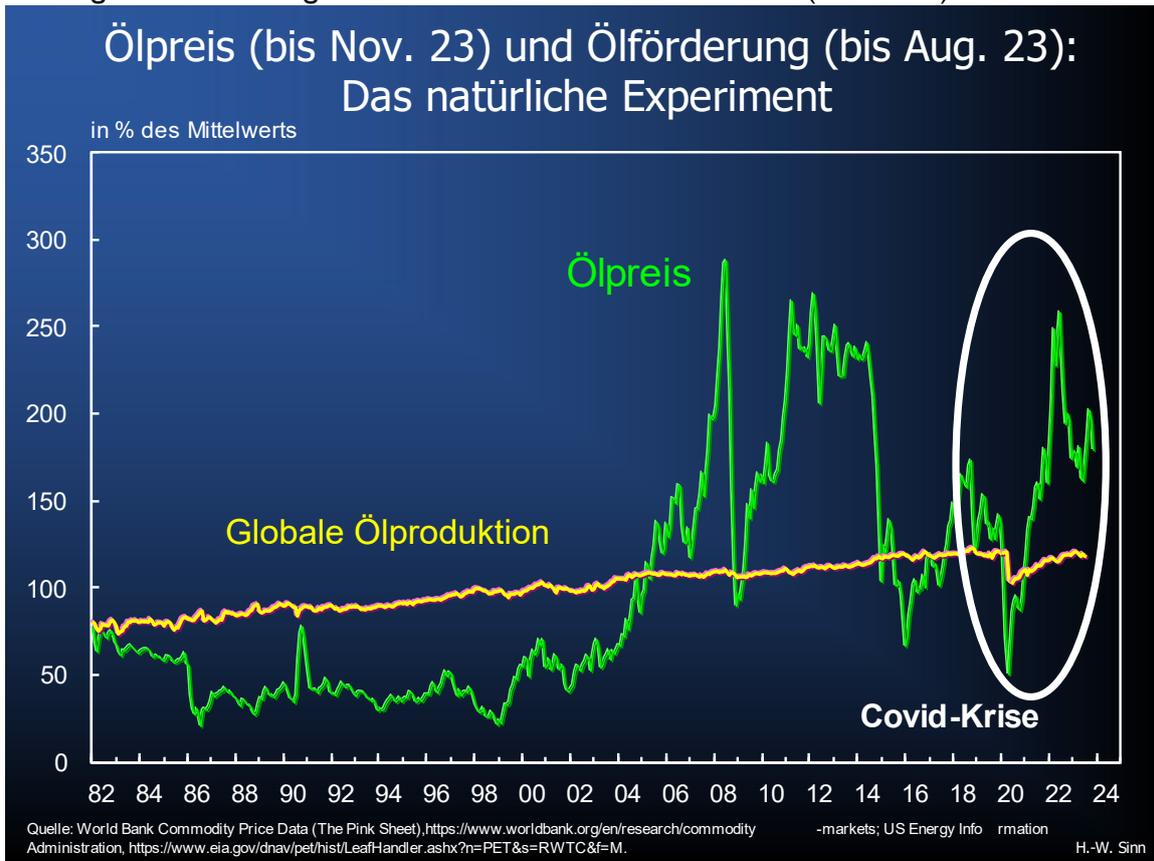
Wirksame **unilaterale Maßnahmen** beschränkten sich laut Sinn (1) auf den Verzicht eigene, nichtgehandelte Braunkohle abzubauen, (2) die CO<sub>2</sub>-Sequestrierung und den Kauf und Schutz von Wäldern bzw. Aufforstung und (3) den Holzbau, der den durch Photosynthese der Atmosphäre entzogenen Kohlenstoff dauerhaft binde und in den Wäldern Platz für neue Bäume schaffe. Zur billigen Energieversorgung biete sich zudem (4) der Wiedereinstieg in die Kernenergie an. Vielversprechend seien Schmelzsatz-Reaktoren mit Thorium, das auf Uran 233 hochgebrütet wird, ebenso wie neue Ansätze der Kernfusion mit Hilfe von Lasern. Schließlich sei auch eine Wasserstoffwirtschaft mit Solarenergie aus Wüsten sinnvoll.

Fast noch wichtiger als diese technischen Möglichkeiten seien laut Sinn ökonomische **Anreizmechanismen**, um die Ressourcenländer zu veranlassen, ihre Fördermengen in die Zukunft zu verschieben. Nur diese Länder seien die Herren des Klimas, nicht die Verbraucherländer. Denn alles, was gefördert werde, gehe irgendwo in die Luft. Zu den Anreizmechanismen gehöre erstens die Umstellung der weltweiten Besteuerungsregeln vom Wohnsitzlandprinzip auf das Quellenlandprinzip, um Ressourcenbesitzer anzuspornen, ihr Vermögen auf der Erde zu investieren und ihre Ressourcen lange in der Erde zu belassen. Zweitens bräuchten Ressourcenländer sichere politische Verhältnisse, um den Anreiz zu beseitigen, fossile Energieressourcen noch schnell vor einem Regimewechsel zu verkaufen.

---

<sup>11</sup> 2008 nannte Sinn seinen ähnlichen Vorschlag „Super-Kioto“.

Abbildung 12: Entwicklung des Rohölmarkts von 1982 bis 2023 (Folie Sinn)



Carbon Pricing allein reiche laut Köppl nicht aus. **Politökonomisch** sei der optimale Preis oft nicht mehrheitsfähig und habe Verteilungseffekte, was ein durchdachtes Design erfordere. **Ökonomisch** stelle sich die Frage nach dem richtigen CO<sub>2</sub>-Preis angesichts der hohen Komplexität des Klimasystems, der Unsicherheiten und Risiken bezüglich der Schadenskurven sowie des zeitlichen Abstands zwischen Vermeidungskosten und Klimafolgen. Zudem könnten CO<sub>2</sub>-Preise Forschung und **Innovation** nicht ausreichend fördern, was zu Carbon-Lock-in-Effekten durch heutige Investitionen in langlebige Infrastruktur führe. Marktbarrieren wie das Eigentümer-Mieter-Dilemma seien weitere Herausforderungen. Angesichts der Dringlichkeit der Herausforderung wachse das Verständnis, dass ein **Instrumentenmix** notwendig sei, um die Ziele zu erreichen. Dabei werde Carbon Pricing in einen umfassenden Policy-Mix eingebettet, wie im „Fit for 55“-Paket der EU, das die Bepreisung von Treibhausgasen, die Förderung der Transformation (Innovation Fund), die Festsetzung von Zielvorgaben sowie Standards und unterstützende Maßnahmen umfasst. Rezente Forschung (Emil Dimanchev, Christopher R. Knittel; Energy Economics, 2023) zeige, dass ein Policy-Mix aus Carbon Pricing und anderen Regulativen nahezu **kostenoptimal** sein kann, da er es politischen Entscheidungsträgern ermögliche, die unterschiedlichen Vorteile der einzelnen Maßnahmen zu nutzen. Die länderspezifischen Zugänge bei klimapolitischen Maßnahmen seien unterschiedlich: In den USA fördere der Inflation Reduction Fund die Transformation, während sich in China und der EU27 der Energiemix der Elektrizitätserzeugung verändere. Weltweit überträfen **Investitionen** in grüne Energie (1,8 Billionen USD) jene in braune Energie (1,1 Billionen USD). Die erneuerbaren Energien würden aufgrund der Energiekrise und der Klimapolitik boomen, effiziente Technologien exponentiell wachsen. Elektroautos würden bereits 15 % des globalen Marktes abdecken, und der Absatz von Wärmepumpen wachse jährlich zweistellig, in Europa sogar um 40 %. Zusammenfassend sei der Klimawandel ein **globales** Problem und nicht lokal lösbar. Das **Pariser Abkommen** stelle einen Rahmen dar, in dem jeder Staat nationale Beiträge (NDCs) bekanntgeben müsse: Regelmäßige Bestandsaufnahmen würden für Transparenz sorgen und Peer Pressure sollte zu immer ambitionierteren NDCs führen. Die aktuellen Pläne seien jedoch unzureichend, um Klimarisiken zu begrenzen. Es bedürfe der Nutzung verschiedener Instrumente und eines **Perspektivenwechsels** in der Mobilität.

## 5 Literaturverzeichnis

**Ash, N., A. Davies und C. Newton. 2020.** Renewable Electricity Requirements to Decarbonise Transport in Europe with Electric Vehicles, Hydrogen and Electrofuels. Ricardo Report, West Sussex.

[https://www.transportenvironment.org/uploads/files/2020\\_Report\\_RES\\_to\\_decarbonise\\_transport\\_in\\_EU.pdf](https://www.transportenvironment.org/uploads/files/2020_Report_RES_to_decarbonise_transport_in_EU.pdf)

**BMK. 2022.** Berichte zum Projekt „Grüne Industriepolitik“.  
[https://www.bmk.gv.at/themen/klima\\_umwelt/gruene-industriepolitik/ziele.html](https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/gruene-industriepolitik/ziele.html)

**Holzmann, R., A. Breitenfellner, W. Pointner, A. Raggl, R. Sellner, M. Silgoner, A. Stelzer und A. Stiglbauer. 2024.** How could a decline in  $r^*$  be reversed? Productivity, green transition, and the retirement age. OeNB, Occasional Paper No. 7, forthcoming.

**IEA. 2023.** The State of Clean Technology Manufacturing. An Energy Technology Perspectives Special Briefing. <https://www.iea.org/reports/the-state-of-clean-technology-manufacturing>

**OeNB. 2023f.** Themenschwerpunkt Energiewende. YouTube-Kanal der OeNB. Mitschnitte von bislang neun Veranstaltungen.

<https://youtube.com/playlist?list=PLGTa3ALATffWtEexDrLlxz7uE0zlXutdG&si=tq-v1JesR25FOLKe>

**OeNB. 2024.** Financing the green transition: cooperation between China and Europe. Session 3 at CEEI 2023 - Day 2 - Conference on European Economic Integration. Minute 01:52:12.

<https://www.youtube.com/watch?v=OWeWzxBgr70&t=5s>

**Nordhaus, W. 2015.** Climate Clubs: Overcoming Free-riding in International Climate Policy. American Economic Review 105/4: 1339–1370. DOI: 10.1257/aer.15000001.

**Stechemesser A., N. Koch, E. Mark, E. Dilger, P. Klösel, L. Menicacci, D. Nachtigall, F. Pretis, N. Ritter, M. Schwarz, H. Vossen und A. Wenzel. 2024.** Climate policies that achieved major emission reductions: Global evidence from two decades. Science 385/6711: 884-892 DOI: 10.1126/science.adl6547

**World Bank. 2023.** Country Climate and Development Reports (CCDRs)  
<https://www.worldbank.org/en/publication/country-climate-development-reports>