

[KON]KLUSIO #2

Technologieklarheit als Schlüssel zu einer wirksamen Klimapolitik

TRUGBILDER ERKENNEN – AM BEISPIEL VON
VERBRENNERMOTOR- UND HEIZDEBATTE

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
2.	Warum uns Technologieklarheit weiterbringt	4
2.1.	Fachliche Einordnung: „Technologieneutralität“ vs. Technologieklarheit	5
3.	Praxisbeispiel 1: Trugbilder in der Mobilitätswende	5
4.	Praxisbeispiel 2: Trugbilder in der Wärmewende	7
5.	Wie Technologieklarheit durch Trugbilder verschleppt wird	10
6.	Wer hat Interesse Technologieklarheit zu verhindern?	10
7.	Lösungsstrategien für Technologieklarheit	12
7.1.	Inhaltliche Lösungsstrategien	12
7.2.	Diskursive Lösungsstrategien	13
8.	Literaturverzeichnis	14

Wortlexikon:

Grünes Gas = Überbegriff für Biogas, erneuerbaren Wasserstoff oder synthetische Gase (aus Wasserstoff und Kohlenstoff)

Wasserstoff = Energieträger, der durch Elektrolyse produziert werden kann. Lediglich Wasserstoff, der durch die Nutzung erneuerbar hergestellten Stroms produziert wird, ist klimaneutral (= grüner Wasserstoff) (Erbach & Jensen, 2021).

Biogas = Gas, das aus landwirtschaftlichen Abfällen, Biomüll, Holzresten oder anderer Biomasse gewonnen wird (§5 Absatz 1 Satz 7 EAG).

E-Fuels = synthetische Kraftstoffe, die unter Einsatz von Strom aus Wasserstoff und CO₂ hergestellt werden. Sie sind nur dann klimaneutral, wenn der zur Produktion verwendete Strom aus erneuerbaren Energiequellen stammt (Agora Verkehrswende, 2023).

Technologiereifegrad = Technologien sind je nach ihrem Reifegrad einsetzbar. Die NASA führte dazu bereits 1988 eine neunstufige Kategorisierung ein (Manning, 2023), die mittlerweile weltweiter Standard ist: Stufe 1–5 sind Technologien in einem frühen Stadium, für die es vor allem noch öffentlich finanzierte Forschung und Entwicklung braucht. Erst ab Stufe 6 kommt es zu Tests in einer echten Anwendung. Stufe 8 und 9 sind marktreife Technologien, für die ein regulatorischer Rahmen, Infrastruktur und teilweise Marktnachfrage geschaffen werden müssen, um eine breite Anwendung zu unterstützen (Ranga, 2020; UNFCCC, 2020).

1. Einleitung

Technologische Entwicklungen spielen eine zentrale Rolle in der Werkzeugkiste für die notwendige Transformation hin zu einer klimafreundlichen Gesellschaft und Wirtschaft. Wenn jedoch vor allem Technologien in den Vordergrund gestellt werden, die entweder (noch) nicht marktreif oder in einer breiten Anwendung besonders ineffizient sind, wie E-Fuels oder Wasserstoff, führen solche technologischen Argumente häufig zur Verschleppung bereits umsetzbarer Lösungen (Lamb et al., 2020). Solche Trugbilder lenken Ressourcen aus jenen Bereichen ab, in denen sie für marktreife und skalierbare technische Lösungen gebraucht werden, wie beim Ausbau erneuerbarer Energien oder dem Wechsel auf Wärmepumpen in der Heizungsumstellung. Auf der anderen Seite wird auch der effiziente Einsatz von bestimmten Technologien erschwert, wenn keine Priorisierung erfolgt (z. B. Verwendung von Wasserstoff in der Raumwärme statt in der Industrie).

Die vorliegende [KON]KLUSIO erklärt zunächst die Funktionsweise von Verschleppungstaktiken, die sich technologischer Argumente bedienen, und erläutert daraufhin die Folgen fehlender Technologieklarheit anhand von zwei Beispielen aus der Praxis: der Debatte um Verbrennermotoren und jener um das Erneuerbaren-Wärme-Gesetz.

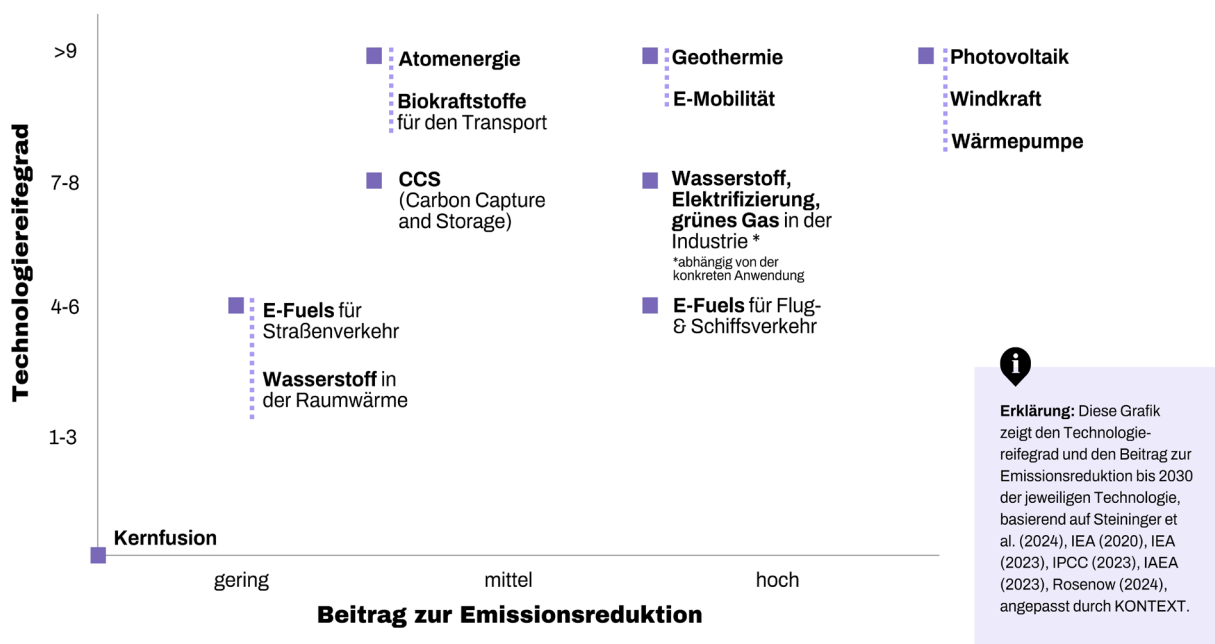
2. Warum uns Technologieklarheit weiterbringt

Tatsächlich stehen heute fast alle Technologien zur Verfügung, die für einen Großteil der Emissionsreduktionen am Weg zur Klimaneutralität benötigt werden. Die Internationale Energieagentur zeigt, dass keine fundamental neuen Erfindungen notwendig sind, um Emissionen in der Energieerzeugung und im -verbrauch bis 2050 zu eliminieren. Die erforderlichen technologischen Lösungen, wie Solar- und Windenergie, Wärmepumpen, E-Fahrzeuge oder Batterien, sind bereits vorhanden (IEA, 2020; Le Marois et al., 2023). Jene Technologien, die besonders viel zur Emissionsreduktion beitragen, weisen bereits jetzt einen hohen Technologiereifegrad auf - siehe Grafik 1 (Heid et al., 2023; IPCC, 2023). Da der Großteil der notwendigen technologischen Entwicklungen bereits marktreif ist (Le Marois et al., 2023), sollten vorrangig deren Skalierung und Ausbau im Fokus stehen, um die Transformation möglichst rasch und effizient zu gestalten.

Neben Technologien für die Strom- und Wärme-erzeugung zählen dazu auch technische Schritte, die helfen, Energie einzusparen (wie etwa Sanierungen von Gebäuden). Bei Technologien, die nicht – oder noch nicht – breit anwendbar sind, ist die Priorisierung in Einsatzbereichen notwendig, für die es keine Alternativen gibt. Nicht zuletzt braucht es Forschung, um weniger reife Technologien weiterzuentwickeln.

Werden politisch und wirtschaftlich vor allem Technologien als Lösung beworben, die noch nicht existieren oder (noch) nicht marktreif sind (z. B. E-Fuels oder Kernfusion – siehe Grafik 1), hält das fossile Prozesse aufrecht, weil der Ausbau bereits vorhandener Lösungen verschleppt wird. Technologieklarheit hingegen bringt viele Vorteile: Denn so werden marktreife Technologien skaliert, die wesentlich effizienter und günstiger sind – etwa erneuerbare Energien, Wärmepumpen oder Elektromobilität.

Technologien für die Energiewende bereit zum Einsatz



Grafik 1

2.1. **Fachliche Einordnung:** **„Technologieneutralität“ vs.** **Technologieklarheit**

In technologischen Debatten wird häufig mit dem Vorwand argumentiert, dass es nicht sinnvoll sei, bestimmte Technologien zu bevorzugen. Die Forderung nach sogenannter „Technologieneutralität“ oder auch „Technologieoffenheit“ beruht jedoch auf der Annahme eines unverzerrten Marktes, der allen Technologien gleiche Chancen einräumt (Agora Verkehrswende, 2020). Das ist in der Realität nicht der Fall. Bestimmte Technologien werden oder wurden durch staatliche Subventionen, gesetzliche Rahmenbedingungen oder den Ausbau spezifischer Infrastrukturen (z. B. Gasnetze, Tankstellen) aufgebaut und so im Vergleich zu neueren Lösungen deutlich bevorzugt.

Für neue Technologien fehlen diese Voraussetzungen häufig: Das Strommarktdesign wird beispielsweise erst seit 2019 an erneuerbare Energien angepasst – bis dahin wurde es vor allem durch fossile Kraftwerke definiert. Das Verteilernetz für Fernwärme hinkt jenem für Erdgas wegen dessen jahrelanger Priorisierung klar hinterher. Für grünen Wasserstoff gibt es erst seit 2023 eine EU-weit gültige Definition. Externalitäten wie etwa CO₂, schlugen sich lange Zeit nicht in den tatsächlichen Kosten von Produkten und Dienstleistungen nieder. Auch heute werden sie noch zu niedrig bewertet, um den vollen Schaden, den sie verursachen, passend abzubilden bzw. zu monetarisieren. Vermeintliche Neutralität gegenüber Technologien führt in solch einem verzerrten Markt zu deren ineffizienter Nutzung. Deshalb ist es sinnvoll, technologiespezifische Regulierungen einzuführen, um Pfadabhängigkeiten zu überwinden und Fehlinvestitionen zu vermeiden (Agora Verkehrswende, 2020; Thaler et al., 2022).

Trotz ungleicher Ausgangsbedingungen haben sich viele der neuen Technologien zur Energieerzeugung (wie Windkraft oder Photovoltaik)

und zur Senkung des Energieverbrauchs durch effizientere Technik (wie Wärmepumpen in der Raumwärmeversorgung oder Elektromobilität gekoppelt mit Verlagerung auf öffentlichen Verkehr) nicht nur als ökologisch sinnvolle Alternativen zu ihren fossilen Gegenspielern etabliert. Sie konnten sich auch erfolgreich am Markt durchsetzen (Bilicic & Scroggins, 2023). Jetzt braucht es also vor allem Technologieklarheit: Für den Ausbau bereits etablierter und vielversprechender Technologien sind Infrastruktur, ein rechtlicher Rahmen und finanzielle Mittel notwendig, um Planungssicherheit zu gewährleisten und die Energiewende möglichst effizient voranzubringen.

3. **Praxisbeispiel 1:** **Trugbilder in der** **Mobilitätswende**

Hintergrund: Im Frühling 2023 hat die EU beschlossen, dass ab 2035 keine neuen PKWs mit Verbrennungsmotoren mehr zugelassen werden dürfen. Auf Druck einiger Länder, unter anderem Österreich, wurde jedoch eine Ausnahme für sogenannte E-Fuels festgelegt, wenn diese CO₂-neutral hergestellt werden.

Beispielargument

Alle müssen CO₂ reduzieren, und die Mobilität mit all ihren Teilnehmer:innen trägt sehr stark zur CO₂-Belastung bei. Jedoch ist es nicht sinnvoll, eine Technologie zu verbieten, durch die ein Motor klimaneutral betrieben werden kann. Es ist der falsche Weg, nur eine bestimmte Technologie zu forcieren. Es braucht Technologieoffenheit, statt einem reinen Fokus auf Elektromobilität.

Anmerkung: Beispiel angelehnt an vergleichbare Aussagen im politischen Kontext Österreichs

Logik des Arguments und fachliche Einordnung

Bei technischen Trugbildern wird meist mit ähnlicher Logik argumentiert: Im ersten Schritt wird die Notwendigkeit, etwas gegen die Klimakrise zu unternehmen, hervorgehoben. Im nächsten Schritt wird eine Scheinlösung präsentiert, die dem Problem aus verschiedenen Gründen nicht gerecht werden kann. Im Fall von E-Fuels ist die fachliche Einordnung eindeutig: Klar ist, dass solche Treibstoffe einen Teil der Lösung beim Ausstieg aus Öl und Gas darstellen. Sie sind jedoch in der Herstellung zu teuer und ineffizient und gleichzeitig in zu geringen Mengen verfügbar, um die Versorgung in allen Sektoren abzudecken (Ueckerdt et al., 2021). Sowohl die Erzeugung als auch die nötige Infrastruktur dafür müssen mit erheblicher staatlicher Unterstützung erst über Jahrzehnte hinweg entwickelt werden. Um Planungssicherheit zu gewährleisten, ist es deshalb notwendig, den Einsatz von E-Fuels gezielt und vor allem effizient zu regeln. In der Schifffahrt, im Luftverkehr, aber auch in der chemischen Industrie gibt es derzeit kaum Alternativen zu E-Fuels (Wietschel, et al., 2023). Beim Individualverkehr, dem größten Teil des Schwerverkehrs (außer evtl. Nischenanwendungen), und dem öffentlichen Verkehr schneiden E-Fuels im Vergleich zu Elektromotoren jedoch deutlich schlechter ab, und zwar aufgrund von:

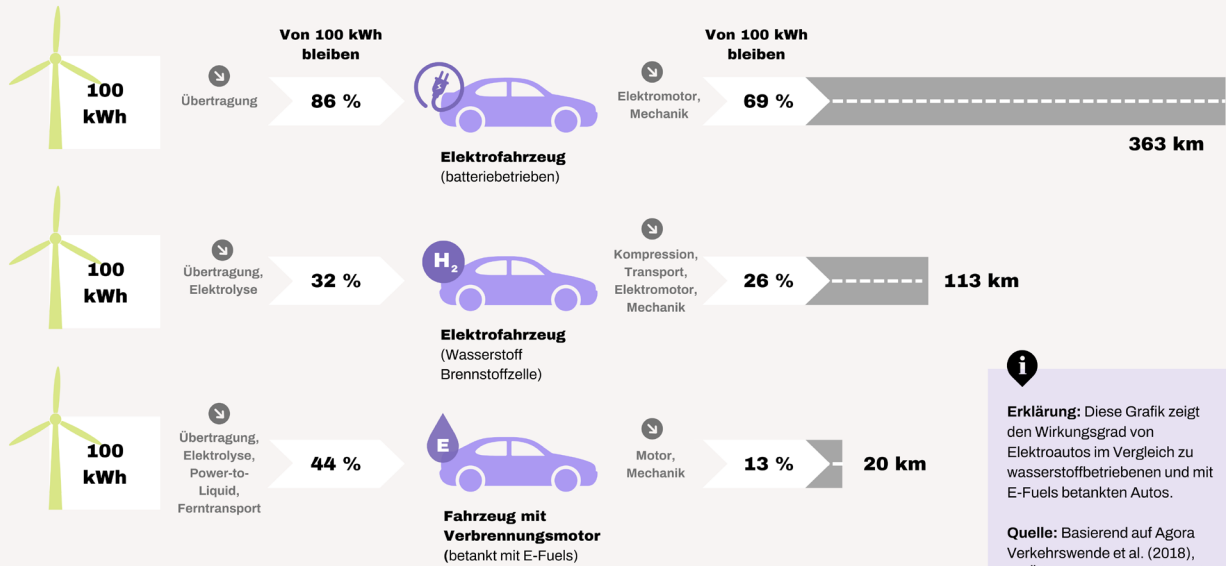
- **Effizienz:** Der Wirkungsgrad von E-Fuels ist sehr gering, da bei der Herstellung hohe Umwandlungsverluste entstehen. Nur rund 13 Prozent der zugeführten Energie können tatsächlich genutzt werden. Bei einem Elektroauto sind es hingegen mehr als zwei Drittel der zugeführten Energie. In Sachen Antriebstechnologien ist der Elektromotor deutlich effizienter

- **Verfügbarkeit:** Das Potsdam Institut für Klimafolgenforschung hat die Verfügbarkeit von E-Fuels für die nächsten Jahre analysiert und kommt zum Ergebnis, dass die weltweit angekündigten Produktionsanlagen „nur etwa 10 Prozent der unverzichtbaren E-Fuel-Bedarfe Deutschlands“ entsprechen (PIK, 2023, S.1). Gleichzeitig gibt es bisher nur für ein Prozent davon überhaupt eine gesicherte Investitionsentscheidung.

- **Kosten:** Im Vergleich zum Elektroantrieb wird die Nutzung von mit E-Fuels betankten Fahrzeugen immer teurer sein. Denn es ist effizienter, den Strom direkt zu nutzen, als ihn für die Produktion von E-Fuels zu verwenden. Im Jahr 2030 wären die Gesamtkosten für den Betrieb sowohl eines neuen als auch eines gebrauchten Autos, das mit E-Fuels betrieben wird, für Durchschnittsfahrer:innen mindestens 43 Prozent höher als für ein Elektroauto (Transport & Environment, 2021). Daher befürchtet die Agora Verkehrswende (2023), dass „Investitionen in den Aufbau einer weltweiten E-Fuel-Produktion für den Straßenverkehr“ in gestrandeten Investitionen münden werden (S. 34).

Diese Argumente gelten nicht nur für E-Fuels, sondern auch für wasserstoffbetriebene PKWs. Wasserstoff wird durch Elektrolyse gewonnen und kann anschließend zu E-Fuels weiterverarbeitet werden. Er kann aber auch direkt genutzt werden, indem er in einer Brennstoffzelle Strom erzeugt – allerdings mit deutlich höheren Verlusten als bei einem Elektrofahrzeug mit Batterie (Agora Verkehrswende et al., 2018).

Elektroantrieb effizienter als Wasserstoff und E-Fuels



Grafik 2

Es zeigt sich: Das Trugbild von E-Fuels als breit anwendbare Lösung in der Mobilität entbehrt jeglichen wissenschaftlichen Einordnungen und verschleppt die notwendige Transformation in Richtung Klimaneutralität. Technologieklarheit heißt im Gegensatz dazu: E-Fuels dort einzusetzen, wo es keine Alternativen gibt, und effizientere Technologien dort zu bevorzugen, wo es um die breite Anwendung geht.

Gerade im Bereich des Individualverkehrs braucht es für den nachhaltigen Umgang mit Energie neben Effizienzsteigerungen aber auch eine Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs. Der Ausbau des öffentlichen Verkehrs sowie der Rad- und Fußwegeninfrastruktur ist einer der größten Hebel, um den Bedarf an Energie im Verkehrssektor zu reduzieren.

4. Praxisbeispiel 2: Trugbilder in der Wärmewende

Hintergrund: Teil des Regierungsabkommens von ÖVP und Grünen war das sogenannte „Erneuerbare-Wärme-Gesetz“ (EWG), das kürzlich in Form eines „Erneuerbaren-Wärme-Pakets“ in deutlich abgeschwächter Form beschlossen wurde. Mehrere Jahre wurde das Gesetz diskutiert, insbesondere das Aus für Gasheizungen in der Raumwärme. Die Gasbranche bestand darauf, dass Gasheizungen, wenn sie mit grünem Gas betrieben werden, auch in Zukunft verwendet werden dürfen.

Beispielargument

Ja, die Klimakrise ist eine enorme Herausforderung und geht uns alle etwas an. Wir setzen auf leistbare Dekarbonisierung durch Technologieneutralität. Ein Gasverbot würde ein Verbot der kostengünstigsten Alternative bedeuten – grünes Gas. Der Betrieb von Anlagen mit grünem Wasserstoff oder anderen Alternativen muss weiterhin möglich sein. Es braucht eine faire Behandlung unterschiedlicher Technologien.

Anmerkung: Beispiel angelehnt an vergleichbare Aussagen im politischen Kontext Österreichs

Logik des Arguments und fachliche Einordnung

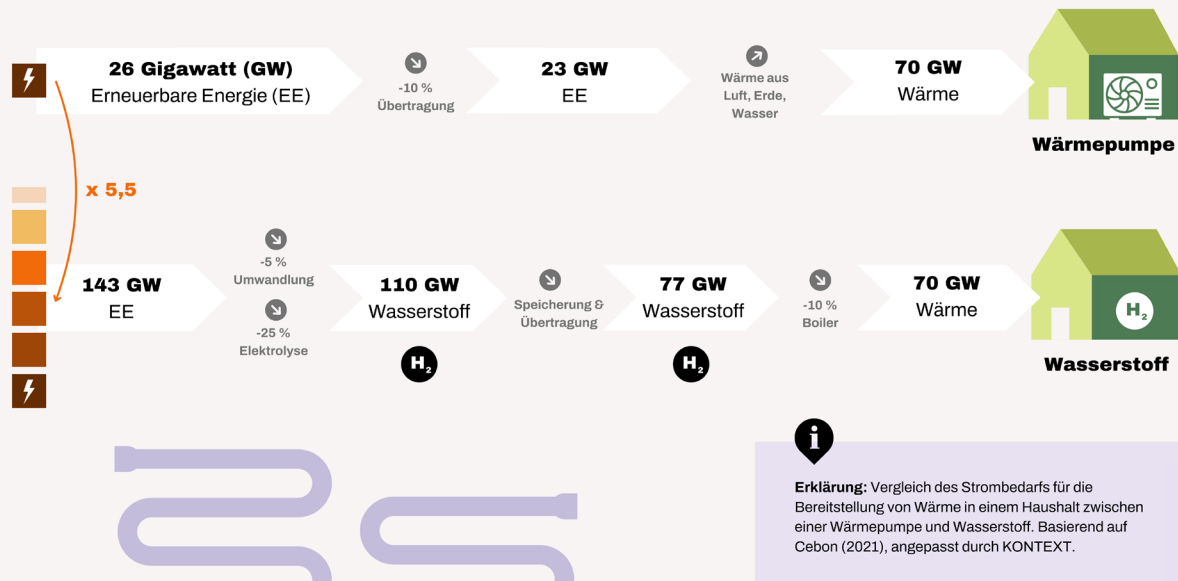
Ähnlich wie beim Beispiel des Verbrennermotors wird nicht die Existenz der Klimakrise in Frage gestellt, sondern bestimmte Maßnahmen gegen die Krise angegriffen. Wie bei E-Fuels wird durch das Versprechen des flächendeckenden Einsatzes von grünem Gas der notwendige Umbau verschleppt. Grünes Gas wird in Zukunft Teil der Energieversorgung sein. Benötigt wird es aber vor allem in der Industrie für die Eisen- und Stahlproduktion, wo es sonst keine Alternativen gibt. In der Raumwärme hat sich die Wärmepumpe bereits klar durchgesetzt (siehe Grafik 3). Für den Einsatz in der Wärmebereitstellung ist Wasserstoff ineffizient, teuer und in den benötigten Mengen nicht verfügbar:

- **Effizienz:** Bei Wasserstoff als Alternative zu fossilem Gas in Gasheizungen begegnet man einem ähnlichen Effizienzproblem wie bei E-Fuels im Individualverkehr: Der Wirkungsgrad ist sehr gering, denn die Herstellung von Wasserstoff ist mit massiven Umwandlungsverlusten verbunden (Gerhardt et al., 2020). Gegenüber anderen Energieträgern für Raumwärme ist Wasserstoff damit um ein Vielfaches ineffizienter: Das Fraunhofer Institut hält in einem Bericht fest, dass zur Bereitstellung von Niedertemperaturwärme mit Wasserstoff fünf- bis sechsmal mehr Energie gebraucht wird als mit einer Wärmepumpe (Gerhardt et al., 2020). Zum selben Ergebnis kommen Doucet et al. (2023), die Wasserstoff für Wärmebereitstellung als nicht wirtschaftlich und ineffizient ausweisen.

- **Verfügbarkeit:** Grüner Wasserstoff wird aufgrund des hohen Energiebedarfs bei der Herstellung nicht in ausreichenden Mengen verfügbar sein, um damit alle Einsatzbereiche abdecken zu können. Daher sollte er dort zum Einsatz kommen, wo keine Möglichkeit besteht, den Strom aus erneuerbaren Quellen direkt zu nutzen (Bard et al., 2022).

- **Kosten:** Entgegen der weitverbreiteten Behauptung ist es nicht einfach möglich, die bestehende Gasinfrastruktur auf Wasserstoff umzustellen. Wasserstoff kann nur zu einem sehr geringen Anteil in derzeitige Gasleitungen eingespeist werden. Um Gasleitungen tatsächlich wasserstofftauglich zu machen, wären erhebliche infrastrukturelle Umbauten notwendig, die mit enormen Investitionskosten einhergingen (Gerhardt et al., 2020). Auch in der Herstellung ist Wasserstoff deutlich kostenintensiver. Die Wärmeversorgung mit Wasserstoff für Haushalte in der EU wäre um ungefähr 50 Prozent teurer als das Heizen mit Wärmepumpen (Hydrogen Science Coalition, 2024).

Wärmepumpen fünfmal effizienter als Wasserstoff



Grafik 3

Neben Wasserstoff wird auch Biogas häufig als grüne Alternative für die Raumwärme diskutiert, da es grundsätzlich in die bestehende Gasinfrastruktur eingespeist werden kann. Eine Studie der Österreichischen Energieagentur im Jahr 2021 ergab, dass in Österreich bis 2040 etwa 10 Terawattstunden Biogas pro Jahr aus eigener Produktion hergestellt werden könnten. Das entspricht jedoch nur knapp 11 Prozent des aktuellen heimischen Gasverbrauchs (Baumann et al., 2021). Derzeit verbrauchen allein private Haushalte jährlich rund 29 Terawattstunden Gas (hauptsächlich für Heizen und Kochen) – ein Drittel des gesamten österreichischen Gasbedarfs (energie.gv.at, 2024). Demnach würde die produzierbare Biogasmenge bis 2040 nicht einmal annähernd ausreichen, um den Gasverbrauch der privaten Haushalte zu dekarbonisieren. Die Gasnachfrage der Industrie von rund 57 Terawattstunden jährlich, die den Energieträger für Hochtemperaturprozesse benötigt, könnte ebenfalls bei Weitem nicht mit Biogas gedeckt werden.

Letztlich ist die Wärmebereitstellung mit Wärmepumpen die kostengünstigste und effizienteste Alternative (Gerhardt et al., 2020). Insofern sollten Wasserstoff und Biogas statt breitflächig in Haushalten vor allem für jene Anwendungen genutzt werden, für die keine Alternativen verfügbar sind. Technologieklarheit unterstützt diese prioritären Anwendungen und verhindert die Verschleppung des raschen Umstiegs auf effiziente Lösungen.

Zusätzlich zum Einsatz der passenden Technologien bedeutet ein nachhaltiger Energieeinsatz auch, dass der Gesamtenergieverbrauch durch begleitende Maßnahmen gesenkt werden muss. Gebäudesanierungen, wie die Nachdichtung von Fenstern, Hauswänden und -dächern, können den Energiebedarf für die Raumwärme erheblich reduzieren. Würden alle Wohngebäude in der EU saniert werden, könnte man EU-weit 44 Prozent Energie im Wärmebereich einsparen (Fabbri et al., 2023).

5. Wie Technologieklarheit durch Trugbilder verschleppt wird

In Sachen E-Fuels und grünes Gas ist zu bedenken, dass Autos durchschnittlich 15–20 Jahre und Heizungsanlagen bis zu 30 Jahre lang genutzt werden (PIK, 2023b). Je später also ein gesetzlicher und regulatorischer Rahmen für den Umstieg geschaffen wird, desto länger fehlt Hersteller:innen, Zulieferbetrieben und Konsument:innen die Klarheit, wie lange bestehende Technologien noch betrieben werden können, und damit auch jede Investitions- und Planungssicherheit. Zusätzlich braucht es Zeit, die notwendigen Fachkräfte aufzubauen, sowie Produktionsprozesse und Geschäftsmodelle umzustellen. Je länger also der Umstieg auf klimafreundliche Lösungen verschleppt wird, desto schwerer und teurer wird der Weg zur Klimaneutralität. Durch die öffentliche Debatte rund um E-Fuels im Individualverkehr und grünes Gas in der Raumwärme wird suggeriert, dass Autos mit Verbrennermotoren und Gasthermen noch jahrzehntelang genutzt werden können. Das gefährdet den Einsatz effizienter, marktreifer und zukunftsorientierter Technologien. Die versprochenen Lösungen aus grünem Gas (in Form von E-Fuels, Wasserstoff, Biogas) werden jedoch nicht in der notwendigen Menge verfügbar sein. Wird dennoch daraufgesetzt, könnte man gezwungen sein, letztlich auf Erdgas zurückzugreifen und somit die Energiewende zu gefährden. Außerdem birgt die Nutzung von grünem Gas in den falschen Sektoren eine Kostenfalle. Denn für Unternehmen und Haushalte können bei der Nutzung von Energieträgern wie E-Fuels oder Wasserstoff erhebliche Kosten aufgrund der aufwendigen Herstellung entstehen. Durch die Umlenkung von grünem Gas und E-Fuels in ineffiziente Bereiche in der Raumwärme und der Mobilität wird außerdem Industriebetrieben die einzige Möglichkeit zur klimaneutralen Gestaltung ihrer Produktionsprozesse genommen.

Technik-Trugbilder führen nicht zuletzt dazu, dass Entscheidungen zum Ausbau der Infrastruktur bestehender und marktreifer Technologien sowie notwendige rechtliche Rahmenbedingungen verschleppt und nicht-marktreife Technologien in den Markt gezwungen werden. Wären grünes Gas sowie E-Fuels aus den jeweiligen Gesetzesvorhaben gestrichen worden, hätte das Planungssicherheit bei Betrieben und in der Bevölkerung geschaffen und dabei geholfen, die limitiert vorhandenen Ressourcen zu fokussieren. Doch solange keine Technologieklarheit zum Umgang mit E-Fuels und grünem Gas geschaffen wird, können diese Trugbilder weiterhin Unsicherheit verursachen und Ressourcen in eine ineffiziente Richtung lenken.

6. Wer hat Interesse Technologieklarheit zu verhindern?

Die Transformation hin zu einer klimafreundlichen Gesellschaft und Wirtschaft macht tiefgreifende Veränderungen in der Produktion, Übertragung und Nutzung von Energie notwendig. Sie kristallisiert sich in gewisser Weise als Machtkampf zwischen verschiedenen Systemen und ihren Vertreter:innen heraus, bei dem es zwangsläufig Gewinner:innen und Verlierer:innen geben wird (Komendantova, 2021).

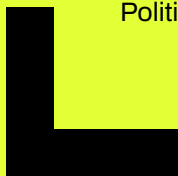
Der europäische Strommarkt wurde im 20. Jahrhundert etabliert und von einigen wenigen staatlichen Energieversorgern dominiert. Der Ausbau der erneuerbaren Energien forderte diese Konzentration heraus. Erneuerbare änderten die Struktur des Marktes: Sie führten von einem Energiesystem, das in den Händen einiger weniger Akteur:innen gebündelt ist, zu einer breiteren Streuung von Marktteilnehmer:innen (Haas, 2019).

Folglich überrascht es nicht, dass die Fossilwirtschaft vielfach den Übergang hin zu erneuerbaren Energien verschleppt, um ihre dominante Marktposition sowie ihr, in der Energieinfrastruktur gebundenes, Vermögen zu verteidigen. Dafür stellt sie erneuerbare Energien als Bedrohung für die Versorgungssicherheit und die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft dar (Haas, 2019). Kungl (2015) hat die auf diese Weise verschleppte Energiewende in Deutschland untersucht. Ursprünglich dominierten dort vier große Unternehmen den Energiemarkt – die sogenannten „Big 4“ (RWE, E.ON, EnBW, Vattenfall). Im Jahr 2000 wurde das Erneuerbare-Energien-Gesetz beschlossen, um deren Ausbau zu beschleunigen. Das führte zu einer Machtverschiebung, da die Energiegewinnung auf mehrere Akteur:innen verteilt wurde und der Erneuerbaren-Anteil die Strompreise senkte. Das bedrohte das Geschäftsmodell der „Big 4“ und die Profitabilität ihrer konventionellen Kraftwerke. Sie reagierten deshalb mit gezieltem Lobbying, um den Einfluss und Ausbau des Erneuerbaren-Sektors zu dämpfen (Kungl, 2015).

Grundsätzlich sind Unternehmen vorrangig ihren Aktionär:innen verpflichtet, da die Geschäftsführung dazu angehalten ist, deren Interessen zu vertreten. Dies schließt ein, dass die Gewinnmaximierung im Vordergrund steht, um das Geschäftsmodell zu sichern und fortlaufend Profite erwirtschaften zu können. Das erschwert häufig die Transformation von Unternehmen. Es gibt aber Gegenbeispiele, die auch im Wechselspiel mit der Politik von fossilen Technologien abkommen:

■ Der staatliche Ölkonzern Ørsted aus Dänemark konnte sich zu einem weltweit führenden Windparkunternehmen entwickeln. Seit den 1970er Jahren förderte Ørsted Öl und Gas und zählte in Dänemark zu einem der größten CO₂-Emittenten der Branche. Während im Jahr 2010 die Energieerzeugung aus Kohle deutlich gegenüber erneuerbaren Energien dominierte, will Ørsted dieses Verhältnis bis 2040 umkehren: 85 Prozent der Energieerzeugung sollen aus erneuerbaren und nur noch 15 Prozent aus fossilen Quellen kommen. Bis 2050 soll das Geschäft mit Kohle, Öl und Gas endgültig Geschichte sein (Steurer, 2020; Witsch, 2020).

■ Auch das Transportunternehmen MAN geht mit gutem Vorbild voran. MAN-Geschäftsführer Alexander Vlaskamp unterstützte den EU-weiten Ausstieg aus dem Verbrennermotor: Weil der Elektromotor bereits marktreif und die effizienteste Antriebsform ist, soll der eigene Fernverkehr mit LKW elektrifiziert werden. Wasserstoff sei zu teuer und würde sich nicht durchsetzen (Szigétvari, 2023; Werwitzke, 2022).



7. Lösungsstrategien für Technologieklarheit

Das bedeutet:

7.1. Inhaltliche Lösungsstrategien

(1) Skalieren

Der Großteil der Technologien, die für eine umfassende Dekarbonisierung notwendig sind, ist bereits vorhanden. Daher ist es essenziell, marktreife und effiziente Technologien – wie erneuerbare Energien, Wärmepumpen und Elektromobilität – auszubauen und zu skalieren (Heid et al., 2023).

(2) Fokussieren

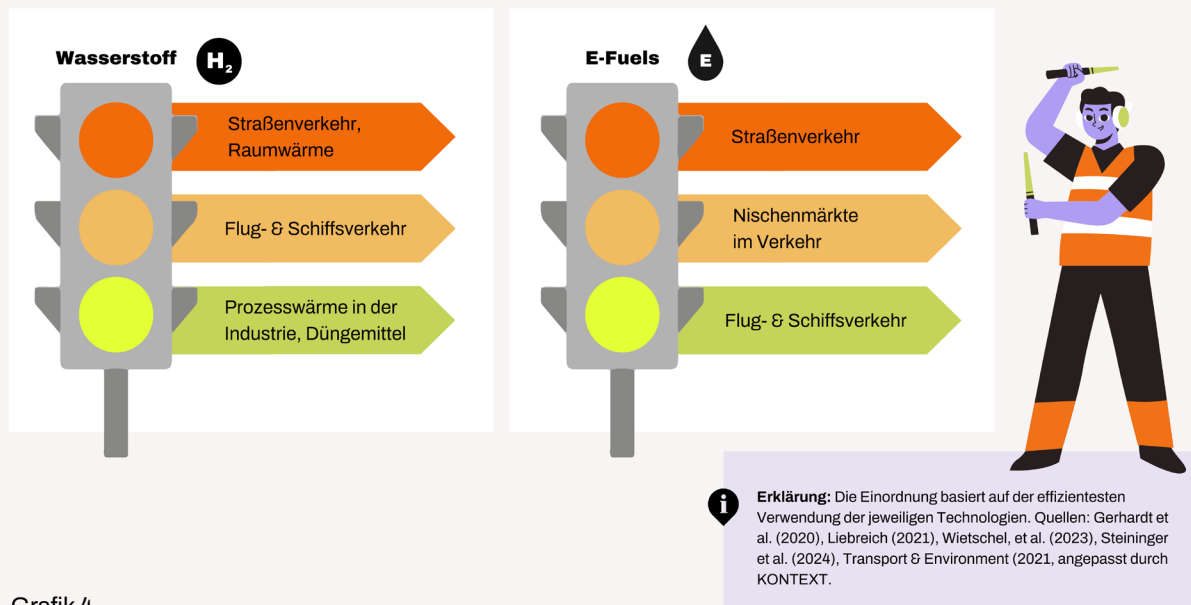
Viele weitere Technologien sind bereits einsetzbar – jedoch sind die Ressourcen für ihre Herstellung begrenzt verfügbar und die Herstellungsprozesse oft kostspielig und mit Energieverlusten verbunden. Die Bereitstellung und der Einsatz dieser Technologien erfordern erhebliche staatliche Ressourcen. Um eine effiziente Nutzung zu gewährleisten, ist es deshalb wichtig, sie dort zu priorisieren, wo es keine Alternativen gibt (siehe Grafik 4).

■ **E-Fuels** sollten in der Luft- und Seefahrt priorisiert werden, anstatt sie im Straßenverkehr einzusetzen (Agora Verkehrswende, 2023).

■ **Wasserstoff** ist in der Industrie unabdingbar für die Dekarbonisierung. In der Raumwärme oder im Straßenverkehr gibt es jedoch bessere Alternativen (Gerhardt et al., 2020).

■ Auch **Biogas** wird zukünftig nicht ausreichend vorhanden sein, um unsere gesamte Gasnachfrage damit zu decken (Baumann et al., 2021), und sollte demnach für die Industrie priorisiert werden.

Wo der Einsatz von Wasserstoff und E-Fuels sinnvoll ist



Grafik 4

(3) Energieverbrauch senken

Um möglichst effizient mit der produzierten erneuerbaren Energie umzugehen, ist es notwendig, den Gesamtenergieverbrauch zu senken und entsprechende Begleitmaßnahmen zu ergreifen: Sanierungsmaßnahmen im Wärmesektor und der Ausbau von kostengünstigem öffentlichem Verkehr in der Mobilität sind dafür essenziell.

(4) Forschen

Für langfristige Lösungen sind Forschung und Entwicklung zentral. Nur so können vielversprechende Technologien in Zukunft in Betracht gezogen werden, die derzeit noch nicht existieren, oder noch nicht marktreif bzw. in der erhofften Breite einsetzbar sind.

7.2. Diskursive Lösungsstrategien

Nur manche Akteur:innen setzen Technik-Trugbilder bewusst ein, um die Skalierung bereits marktreifer Technologien zu verschleppen. Die Argumentationslinien werden aber von vielen übernommen, auch weil die technischen Details kompliziert sind und die Hoffnung auf eine einfache Lösung groß ist. Dadurch werden Technologien in den Fokus der klimapolitischen Debatte gerückt, die noch nicht marktreif oder nicht für einen breiten Einsatz geeignet sind und notwendige politische Entscheidungen verschleppt. Um Technologieklarheit zu schaffen und zu einer konstruktiven Debatte zurück- und klimapolitisch voranzukommen, ist es wesentlich, Technik-Trugbilder zu erkennen und zu entkräften oder ihnen vorzubeugen:

■ **Technik-Trugbilder identifizieren.** Statt bereits einsetzbare Technologien voranzutreiben, wird eine Scheinlösung präsentiert, die dem Problem aus verschiedenen Gründen nicht gerecht werden kann. Wird ein Trugbild erkannt, sollte es auch als solches benannt werden.

■ **Quellen und Faktenlage prüfen.** Auch der Kontext, in dem ein Argument vorgebracht wird, ist entscheidend: Welche (Partikular-) Interessen hat diese:r Akteur:in in der Debatte? Bevor Argumente übernommen werden, ist es notwendig, die wissenschaftliche Faktenlage zu prüfen und gegebenenfalls Interessenslagen klar zu benennen.

■ **Konsens in der Wissenschaft unterstreichen.** Um wirksam gegen Technik-Trugbilder vorzugehen, ist es besonders effektiv, den wissenschaftlichen Konsens zu betonen (Cook et al., 2017; Maertens et al., 2020; Van Der Linden et al., 2017). Bei vielen Technologien ist sich die Wissenschaft einig – das sollte hervorgehoben werden (z. B. Effizienz von Elektroautos oder Wärmepumpen im Vergleich zu E-Fuels oder grünem Gas).

Die einzelnen Schritte können unabhängig voneinander gesetzt werden. Am effektivsten ist es allerdings, sie zu verbinden und bereits anzuwenden, bevor sich Technik-Trugbilder in der öffentlichen Debatte verbreiten. Desinformationen möglichst früh zu benennen und zu entkräften, hilft Menschen, sie besser als solche zu identifizieren. Werden klimapolitische Maßnahmen vorgestellt oder diskutiert, sollte jede Aussage auf den wissenschaftlichen Gehalt und Trugbilder überprüft und diese transparent dargestellt werden. Auch eine Einordnung, welche Interessensgruppen hinter den Aussagen stehen, ist hilfreich. Wer dann Trugbildern im Alltag begegnet, kann sie erkennen und mit Technologieklarheit kontern (Cook et al., 2017; Farrell et al., 2019; Maertens et al., 2020; Van Der Linden et al., 2017).



8. Literaturverzeichnis

Agora Verkehrswende. (2020). Technologieneutralität im Kontext der Verkehrswende. Kritische Beleuchtung eines Postulats – Kurzfassung. <https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/technologieneutralitaet-im-kontext-der-verkehrswende-2/>

Agora Verkehrswende. (2023). E-Fuels zwischen Wunsch und Wirklichkeit. Was strombasierte synthetische Kraftstoffe für die Energiewende im Verkehr leisten können – und was nicht. <https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/e-fuels-zwischen-wunsch-und-wirklichkeit/>

Agora Verkehrswende, Agora Energiewende, & Frontier Economics. (2018). Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe. <https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/die-zukuenftigen-kosten-strombasierter-synthetischer-brennstoffe/>

Bard, J., Gerhardt, N., Selzam, P., Beil, M., Wiemer, M., & Buddensiek, M. (2022). The limitations of hydrogen blending in the European gas grid: A study on the use, limitations and cost of hydrogen blending in the European gas grid at the transport and distribution level. Fraunhofer Institute for Energy Economics and Energy System Technology (IEE). https://www.iee.fraunhofer.de/content/dam/iee/energiesystemtechnik/en/documents/Studies-Reports/FINAL_FraunhoferIEE_ShortStudy_H2_Blending_EU_ECF_Jan22.pdf

Baumann, M., Fazeni-Fraisl, K., Kienberger, T., Nagovnak, P., Pauritsch, G., Rosenfeld, D., Sejkora, C., & Tichler, R. (2021). Erneuerbares Gas in Österreich 2040: Quantitative Abschätzung von Nachfrage und Angebot. Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency. <https://www.energyagency.at/aktuelles/studie-gruenes-gas>

Bilicic, G., & Scroggins, S. (2023). 2023 Levelized Cost Of Energy+. Lazard. <https://www.lazard.com/research-insights/2023-levelized-cost-of-energyplus/>

Cebon, D. (2021). Hydrogen for heating? A comparison with heat pumps (Part 1). Hydrogen science coalition - H2. <https://h2sciencecoalition.com/blog/hydrogen-for-heating-a-comparison-with-heat-pumps-part-1/>

Cook, J., Lewandowsky, S., & Ecker, U. K. H. (2017). Neutralizing misinformation through inoculation: Exposing misleading argumentation techniques reduces their influence. PLOS ONE, 12(5), e0175799. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175799>

energie.gv.at. (2024). Gut zu wissen über Gas. <https://energie.gv.at/gas/gas>

Erbach, G., & Jensen, L. (2021). EU hydrogen policy: Hydrogen as an energy carrier for a climate-neutral economy. European Parliament. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689332/EPRS_BRI\(2021\)689332_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689332/EPRS_BRI(2021)689332_EN.pdf)

Fabbri, M., Kockat, J., Jankovic, I., & Sibilleau, H. (2023). How to stay warm and save energy. Buildings Performance Institute Europe. https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2022/12/How-to-stay-warm-and-save-energy_final-report.pdf

Farrell, J., McConnell, K., & Brulle, R. (2019). Evidence-based strategies to combat scientific misinformation. *Nature Climate Change*, 9(3), 191–195. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0368-6>

Fritz, D., Heinfellner, H., & Lambert. (2021). Die Ökobilanz von Personenkraftwagen: Bewertung alternativer Antriebskonzepte hinsichtlich CO₂-Reduktionspotential und Energieeinsparung. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0763.pdf>

Gerhardt, N., Bard, J., Schmitz, R., Beil, M., Pfennig, M., & Kneiske, D. T. (2020). Wasserstoff im zukünftigem Energiesystem: Fokus Gebäudewärme. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. <https://s.fhg.de/GV4>

Haas, T. (2019). Struggles in European Union energy politics: A gramscian perspective on power in energy transitions. *Energy Research & Social Science*, 48, 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.09.011>

Heid, B., Linder, M., Mayer, S., Patel, M., & Orthofer, A. (2023). What would it take to scale critical climate technologies? McKinsey & Company.

Hydrogen Science Coalition. (2024). Putting facts into perspective on hydrogen's role in the energy transition. <https://h2sciencecoalition.com/data-resources/>

IAEA. (2023). IAEA World Fusion Outlook 2023. International Atomic Energy Agency - IAEA. <https://doi.org/10.61092/iaea.ehyw-jq1g>

IEA. (2020). Energy Technology Perspectives 2020. IEA. <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>

IEA. (2023). ETP Clean Energy Technology Guide. International Energy Agency - IEA. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/etp-clean-energy-technology-guide>

IPCC. (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115. doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

Komendantova, N. (2021). Transferring awareness into action: A meta-analysis of the behavioral drivers of energy transitions in Germany, Austria, Finland, Morocco, Jordan and Iran. *Energy Research & Social Science*, 71, 101826. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101826>

Kungl, G. (2015). Stewards or sticklers for change? Incumbent energy providers and the politics of the German energy transition. *Energy Research & Social Science*, 8, 13–23. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.04.009>

Lamb, W. F., Mattioli, G., Levi, S., Roberts, J. T., Capstick, S., Creutzig, F., Minx, J. C., Müller-Hansen, F., Culhane, T., & Steinberger, J. K. (2020). Discourses of climate delay. *Global Sustainability*, 3, e17. <https://doi.org/10.1017/sus.2020.13>

- Le Marois, J.-B., Pales, A. F., & Bennett, S. (2023). Reaching net zero emissions demands faster innovation, but we've already come a long way. International Energy Agency - IEA. <https://www.iea.org/commentaries/reaching-net-zero-emissions-demands-faster-innovation-but-weve-already-come-a-long-way>
- Maertens, R., Anseel, F., & Van Der Linden, S. (2020). Combatting climate change misinformation: Evidence for longevity of inoculation and consensus messaging effects. *Journal of Environmental Psychology*, 70, 101455. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101455>
- Manning, C. G. (2023). Technology Readiness Levels. NASA. <https://www.nasa.gov/directorates/somd/space-communications-navigation-program/technology-readiness-levels/>
- PIK. (2023a). E-Fuels wahrscheinlich noch lange knapp: PIK Analyse-Papier. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung - PIK. <https://www.pik-potsdam.de/de/aktuelles/nachrichten/e-fuels-wahrscheinlich-noch-lange-knapp-pik-analyse-papier>
- PIK. (2023b). Mehr neue fossile Gasheizungen, nur zaghafte Fortschritte: Energiewende-Update des Ariadne Trackers. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung.
- Ranga, M. (2020). Technology readiness levels. Technology transfer basics. European Commission. <https://s3platform.jrc.ec.europa.eu/documents/20125/259374/M.%20Ranga%20-%20Day%203%20TRLs%20and%20tech%20transfer.pdf/b4bf49b7-1437-f1fc-dcba-92c9e8624362?version=1.1&t=1619519895806>
- Rosenow, J. (2024). A meta-review of 54 studies on hydrogen heating. *Cell Reports Sustainability*, 1(1), 100010. <https://doi.org/10.1016/j.crsus.2023.100010>
- Steininger, K., Riahi, K., Stagl, S., Kromp-Kolb, H., & Kirchengast, G. (2024). Nationaler Energie- und Klimaplan (NEKP) für Österreich—Wissenschaftliche Bewertung der in der Konsultation 2023 vorgeschlagenen Maßnahmen. Climate Change Centre Austria (CCCA). <https://ccca.ac.at/wissenstransfer/stellungnahme-nekp-2023>
- Steurer, H. (2020). Wie Ørsted vom Öl- und Gaskonzern zum größten Windunternehmen der Welt wurde. *Handelsblatt*. <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/nachhaltigkeit/serie-klimapioniere-wie-oersted-vom-oel-und-gaskonzern-zum-groessten-windunternehmen-der-welt-wurde/26693194.html>
- Szigètvári, A. (2023). MAN-Chef: 'Wir sehen, dass Wasserstoff viel zu teuer ist'. *Der Standard*. <https://www.derstandard.at/story/3000000175025/man-chef-wir-sehen-dass-wasserstoff-viel-zu-teuer-ist>
- Thaler, T., Seebauer, S., Schinko, T., Hanger-Kopp, S., Starl, H., & Laudacher, M. (2022). Gestaltung von Anpassungspfaden im Klimarisikomanagement: Leitfaden für Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger. Joanneum Research. https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/18297/1/Gestaltung%20von%20Anpassungspfaden%20im%20Klimarisikomanagement_final.pdf



Transport & Environment. (2021). E-fuels: Why e-fuels in cars make no economic or environmental sense. Transport & Environment. <https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/04/Efuels-in-cars-briefing.pdf>

Ueckerdt, F., Bauer, C., Dirnaichner, A., Everall, J., Sacchi, R., & Luderer, G. (2021). Potential and risks of hydrogen-based e-fuels in climate change mitigation. *Nature Climate Change*, 11(5), 384–393.

UNFCCC. (2020). Innovative approaches to accelerating and scaling up climate technology implementation for mitigation and adaptation. United Nations Framework Convention on Climate Change. <https://unfccc.int/ttclear/tec/innovativeapproaches>

Van Der Linden, S., Leiserowitz, A., Rosenthal, S., & Maibach, E. (2017). Inoculating the Public against Misinformation about Climate Change. *Global Challenges*, 1(2), 1600008. <https://doi.org/10.1002/gch2.201600008>

VCÖ. (2023). Energie im Verkehr zielgerichtet einsetzen. <https://vcoe.at/themen/energiewende-im-verkehr-voranbringen/energie-im-verkehr-zielgerichtet-einsetzen>

Werwitzke, C. (2022). „BEV-Trucks kommen, um zu bleiben“ – MAN-Chef Alexander Vlaskamp über elektrische Lkw und Busse. *Electrive*. <https://www.electrive.net/2022/10/04/bev-trucks-kommen-um-zu-bleiben-alexander-vlaskamp-von-man/>

Wietschel, M., Plötz, P., Dütschke, E., Neuner, F., Tröger, J., & Gnann, T. (2023). Eine kritische Diskussion der beschlossenen Maßnahmen zur E-Fuel-Förderung im Modernisierungspaket für Klimaschutz und Planungsbeschleunigung der Bundesregierung vom 28.3.2023. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung.

Witsch, K. (2020). Wie der dänische Konzern Orsted den Aufstieg zum Windriesen schaffte. *Handelsblatt*. <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/energie/offshore-windparkbetreiber-wieder-daenische-konzern-orsted-den-aufstieg-zum-windriesen-schaffte/25465282.html>

Autor:innen

Johanna Frühwald
Florian Maringer
Katharina Rogenhofer
Winnie Wendelin
Anna Pixier

Zitierhinweis:

Frühwald, J., Maringer, F., Rogenhofer, K.,
Wendelin, W., Pixier, A. (2024). [Kon]klusio:
Technologiekларheit als Schlüssel zu einer
wirksamen Klimapolitik. Trugbilder erkennen –
am Beispiel von Verbrennermotor- und
Heizdebatte

In: KONTEXT – Institut für Klimafragen.

Kontaktinformationen:



Liechtensteinstraße 55/8
1090 Wien

Homepage: <https://kontext-institut.at>

Email: info@kontext-institut.at