



Zukunft der Energiewende – Entwicklungspfade zwischen Notwendigkeit und harten Realitäten

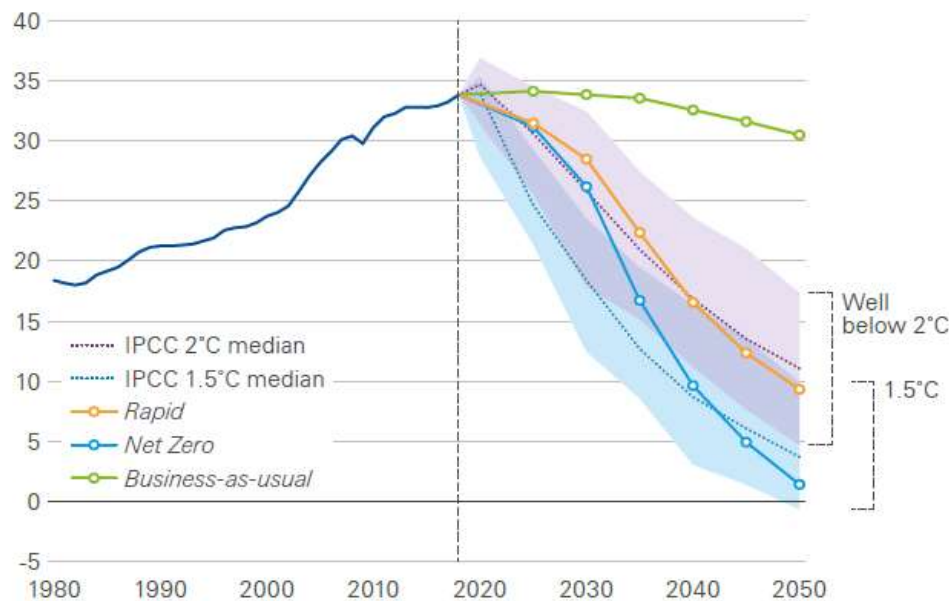
Joanneum Zukunftskonferenz – 15. November 2023

Univ.Prof. Dipl.Ing. Karl Rose

Da der globale Endenergieverbrauch trotz aller Bemühungen noch immer vorwiegend fossil ist, müssen die globalen CO₂-Emissionen in beispielloser Geschwindigkeit sinken, um „Net Zero“ zu erreichen

Global carbon emissions from energy use

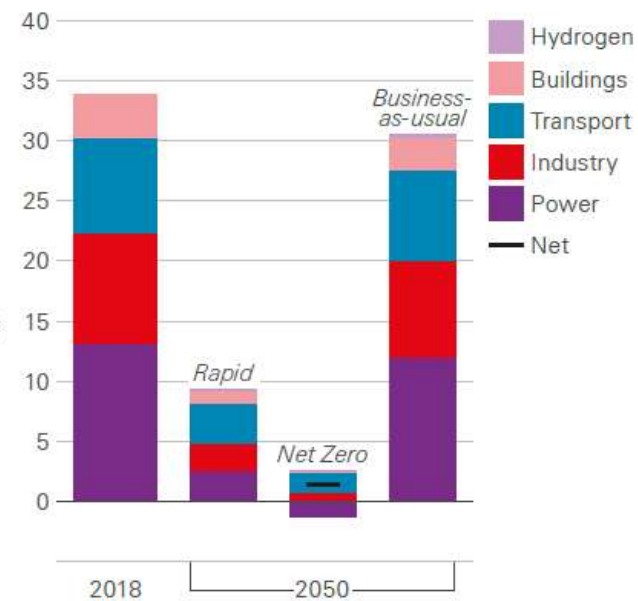
Gt of CO₂



Ranges show 10th and 90th percentiles of IPCC scenarios, see pp 150-151 for more details

Carbon emissions by sector

Gt of CO₂

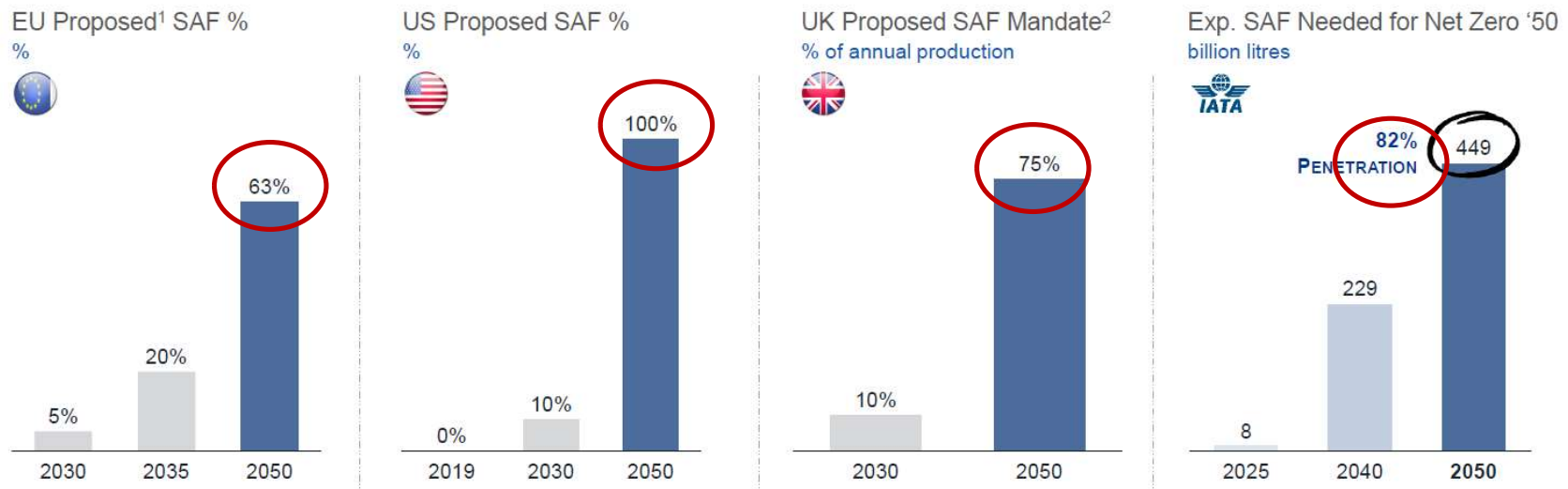


Quelle: BP Statistical Review

Politische Zielsetzungen brauchen den richtigen methodischen Ansatz der Vorhersage, um auch wirksam zu sein

- Im Energie- und Umweltbereich geht es um die Zukunft und zukünftige Zustände der Energiewirtschaft und der verbundenen Emissionen.
- **Regulierung im Umwelt- und Energiebereich** basiert beinahe ausschließlich auf „Roadmaps“, um gesetzte Klimaziele zu erreichen: **stark normativ!**
- Normative Zukunftsprognosen gehen von Interessen und Wünschen aus. Sie basieren auf der Frage „Welche Zukunft wollen wir?“,
- Ein normativer Ansatz gibt allerdings keine Aussage über die reale Erreichbarkeit der gesetzten Ziele.
- Zitat Umweltbundesamt in Deutschland: *Szenarien stellen potentielle Zukunftspfade dar, beispielsweise die Entwicklung von Treibhausgasemissionen mit existierenden oder mit zusätzlichen Klimaschutzmaßnahmen. Anders als Prognosen geben sie nicht zwingend Zukünfte wieder, die für wahrscheinlich gehalten werden. Eine spezielle Art von Szenarien sind normative Szenarien. Diese geben vor, was geschehen müsste, damit ein spezieller Zukunftszustand eintritt.*
- Ziele und politische Vorgaben sowie Annahmen der Wirtschaft zeigen immer öfter Widersprüche: Beispiel CORSIA – das „Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation“.

Im Luftfahrtsektor gibt es in fast allen Ländern Pläne für eine aggressive Regulierung der zukünftigen Emissionen



Would SAF completely replace fossil-based jet fuel? Are they feasible plans?

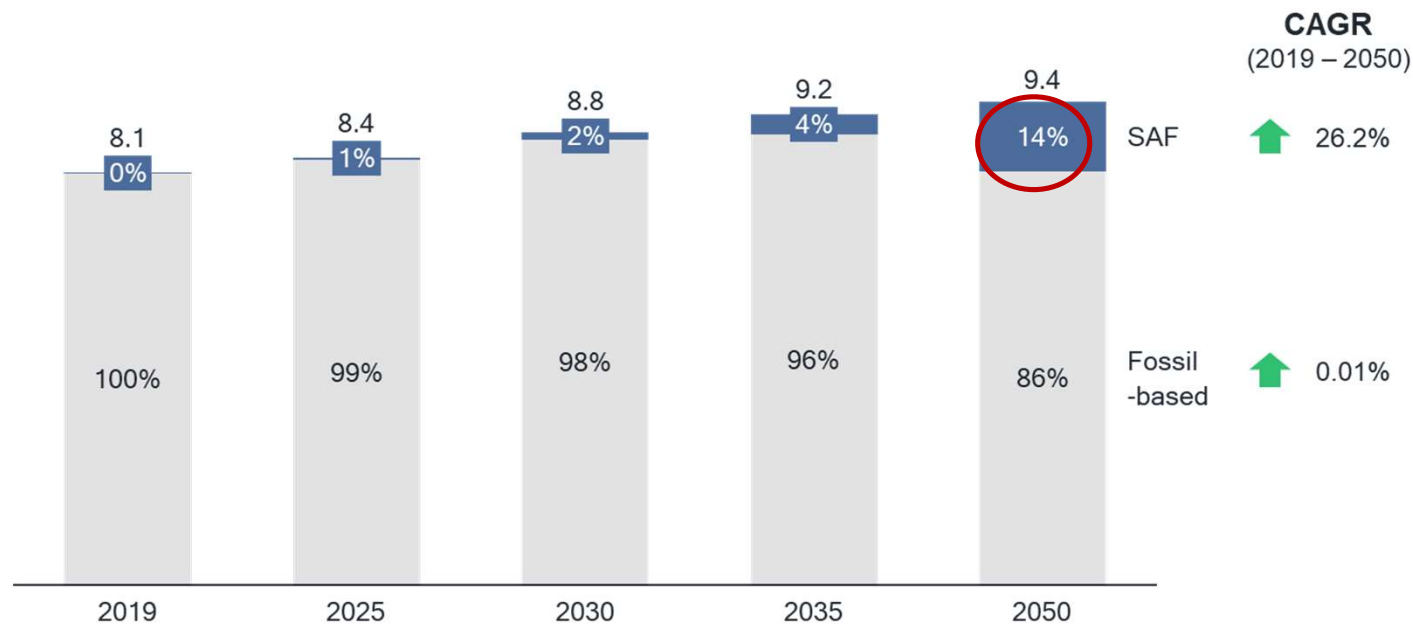
Note: 1. EU Fit for 55 proposal; 2. Proposed UK Net Zero strategy
 Source: IHS, Argus, Platts, Energy Intelligence, Press Search, US Government, DM&T Market Intelligence analysis

SAF = sustainable aviation fuels

Da die Ziele verbindlich sind, hat diese Regulierung massiven Einfluss auf Unternehmen, die Treibstoff für den Luftverkehr bereitstellen. Langfristige Pilotprojekte beschäftigen sich meist mit synthetischen Treibstoffen, kurz- und mittelfristig gibt es allerdings nur die Alternative, um Biokraftstoffe in großen Mengen bereit zu stellen.

Ein Vergleich mit der Realität aus Sicht der Industrie zeigt die Größe der Herausforderung

Jet Fuel Demand Outlook (according to IHS)
million barrels per day



Selbst eine jährliche Wachstumsrate von 26,2% stellt eine signifikante Herausforderung in der praktischen Umsetzung dar. Hier ist jetzt schon absehbar, dass es langfristig massive Technologiesprünge auch im Flugzeugbaubereicht, um den langfristigen Entwicklungspfad für SAF nicht zu verlassen.

Wir müssen uns auch der Frage stellen, ob und wenn ja welchen Einfluss gesellschaftlicher Druck auf Entwicklungspfade, Regulierung und Regierungen ausübt.



Foto: EPA/Benjamin Westhoff

Entweder ein positives Wachrütteln von erstarrten Strukturen mit unzureichenden Lösungsansätzen oder ein negativer Handlungsdruck, der zu Lösungen führt, die nicht wirklich durchdacht und effektiv sind. In Wahrheit sehen wir wahrscheinlich beides.

Das doppelte Dilemma von Öl

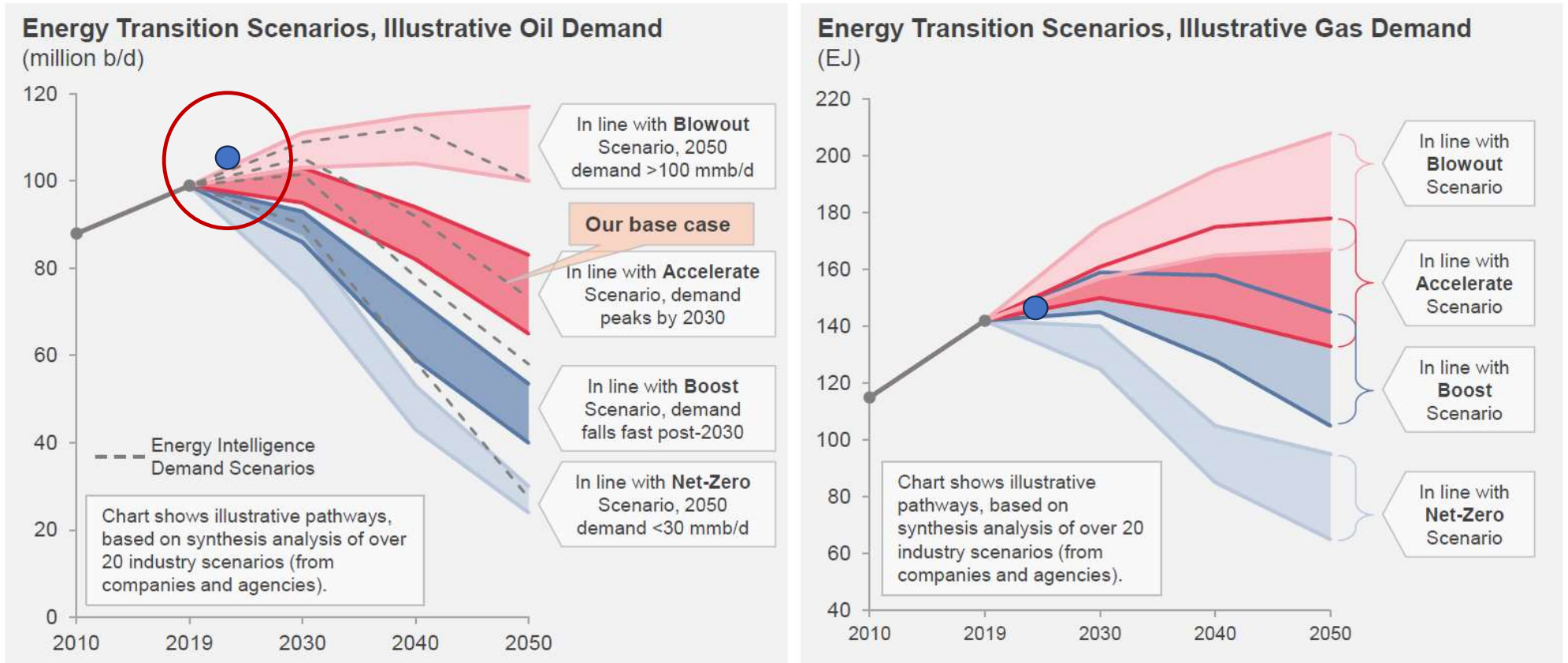
DILEMMA 1

- Der Anteil fossiler Brennstoffe am globalen Energiemix wird bis 2030 seinen Höhepunkt erreichen, auch für Öl.
- Aber der geforderte Ausstieg ist viel schwieriger als die meisten Menschen und Aktivisten glauben.
- Der Ansatz, um über steigende CO₂ Preise die Nachfrage nach Öl zu dämpfen wirkt zu langsam für nachhaltige Entwicklungspfade.
- Eine sehr schnelle Erhöhung des CO₂ Preises auf ein wirksames Niveau von 180-225 Euro/t CO₂, ist politisch und wirtschaftlich kaum umsetzbar.
- Es braucht dringend zusätzliche, innovative Maßnahmen, um die Nachfrage nach Öl sukzessive zu begrenzen!
- Der Markt alleine wird dies ohne Anreize nur zu spät regeln; Industrieverbände müssen global tätig werden, wie z.B. CORSAIR
- Gleichzeitig muss ein politischer Dialog mit Produzenten erfolgen um „failed states“, vor allem in Afrika, zu vermeiden.

DILEMMA 2

- Die derzeit produzierenden und in der Entwicklung befindlichen Ölfelder reichen für die Deckung der globalen Nachfrage bis zur vollendeten Transformation der Energiesysteme nicht aus.
- Über 7 Billionen US-Dollar an Investitionen sind auch in einem 1,5° Szenario erforderlich.
- Das erwartete Niveau der Öl- und Gasinvestitionen im Jahr 2023 liegt weit über den „NZE“ –Szenarien.
- Die Öl- und Gasindustrie erwartet in naher Zukunft keine nennenswerte Reduzierung der Nachfrage.
- Daher kam es auch zu einem erneuten Strategiewechsel einiger Konzerne (BP, Exxon, Chevron, Shell), zurück zu Öl.

Energiewende Szenarien für Öl und Gas

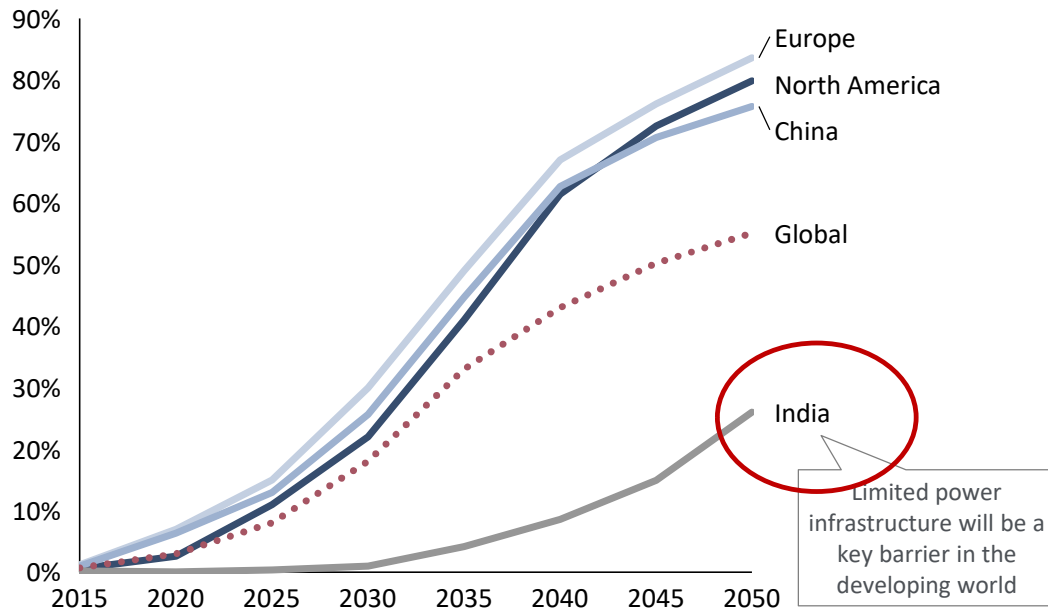


Source: Energy Intelligence, Energy Transition Research. Scenarios from IEA, EIA, IPCC, WEC, BP, Exxon, Total, DNV, Equinor.

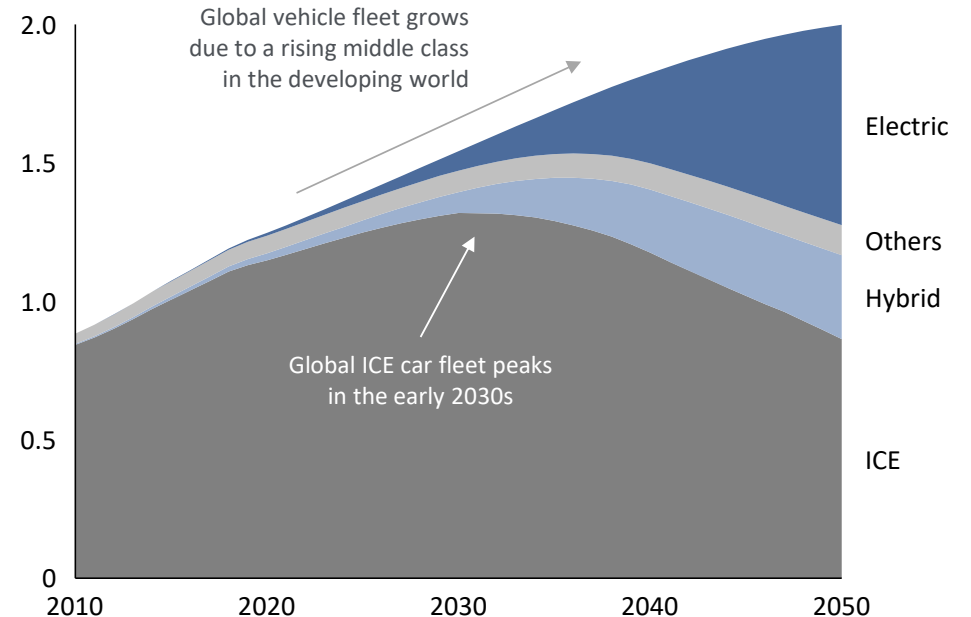
● Aktuelle Werte

Der Verkauf von Elektrofahrzeugen wird von Europa, Nordamerika und China dominiert und führt erst nach 2030 zu einer spürbaren Verringerung der Nachfrage nach Öl. Diese erreicht im Jahr 2050 circa 15 Mill bbl/d.

EVs as share of total passenger vehicles sales
%



Global passenger vehicle fleet
Billion vehicles



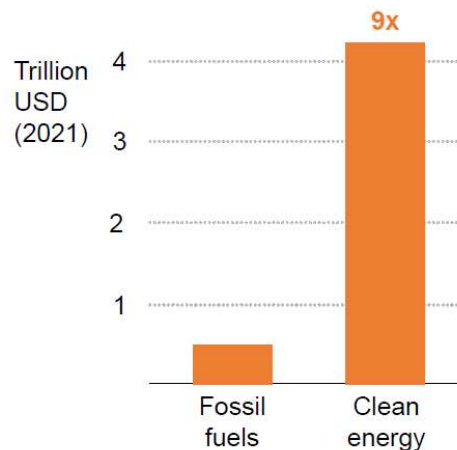
Source: Wood Mackenzie

Note: ICE = Internal Combustion Engine. 'Electric' includes PHEV (Plug-in Hybrid EV) + BEV (Battery Electric Vehicle). 'Others' include natural gas + hydrogen vehicles

Für eine Energiewende mit Versorgungssicherheit sind neue Denkmuster erforderlich

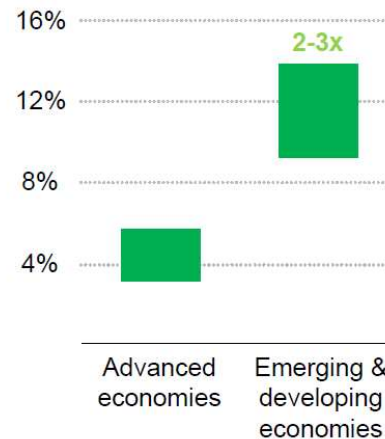
Scale up clean energy
to scale back fossil fuels

Investment in NZE Scenario, 2030



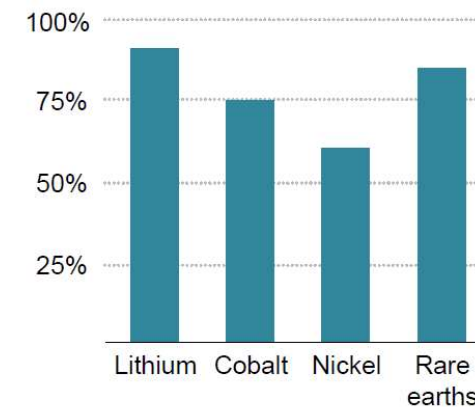
Lift emerging economies into the
new energy economy

Cost of capital for solar PV, 2021



Manage new vulnerabilities

Share of top 3 countries in mineral production



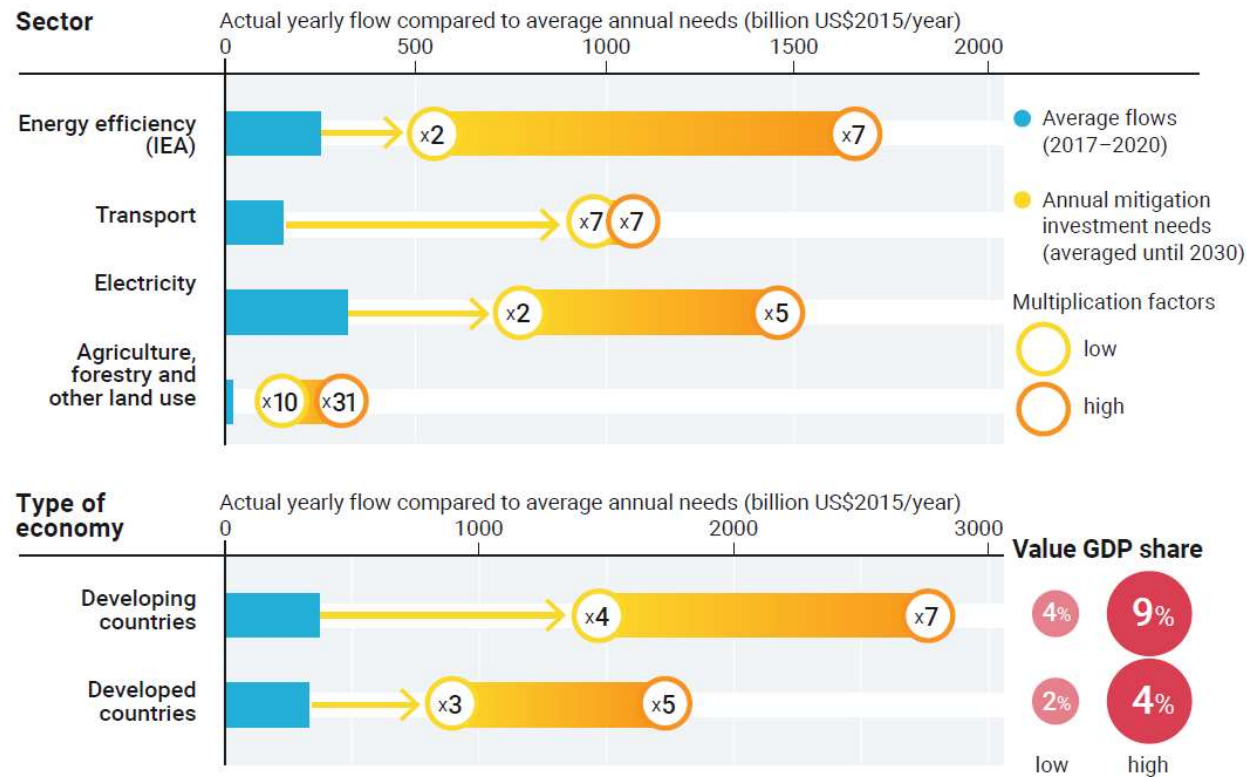
Quelle: IEA, WEO 2023

Ich muss sowohl zunehmend in Erneuerbare als auch abnehmend in fossile Energien investieren. Beide Systeme sind für unsere Versorgungssicherheit kurz- bis mittelfristig nötig. Management der Co-Existenz ist kritisch für den Erfolg der Transformation.

Neue Energien sind der Entwicklungspfad zur Dekarbonisierung globaler Energiesysteme



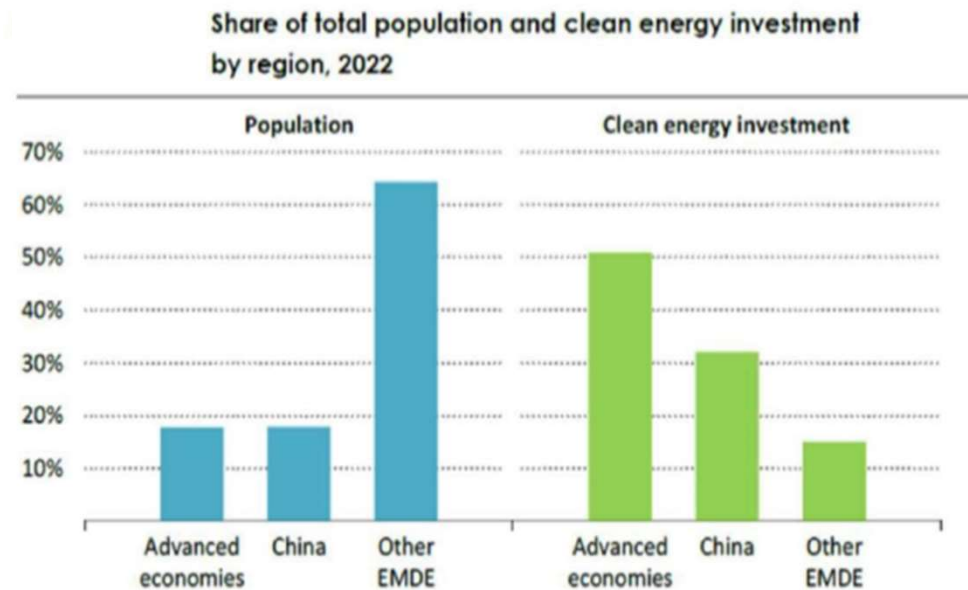
Die globale Energiewende braucht weit höhere Finanzströme und Investitionen (gemittelt bis 2030)



Source: The closing windows, UN emissions gap report, 2022

Hier besteht dringender Handlungsbedarf, um die nötigen Investitionen durch smarte Regulierung zu ermöglichen. Gutes Beispiel der amerikanische IRA, der eine wahre Flut an Investitionen ermöglicht hat. Wir können uns im Westen die nötigen Investitionen wirtschaftlich leisten, wenn Standortpolitik bei politischen Entscheidungen mitgedacht wird.

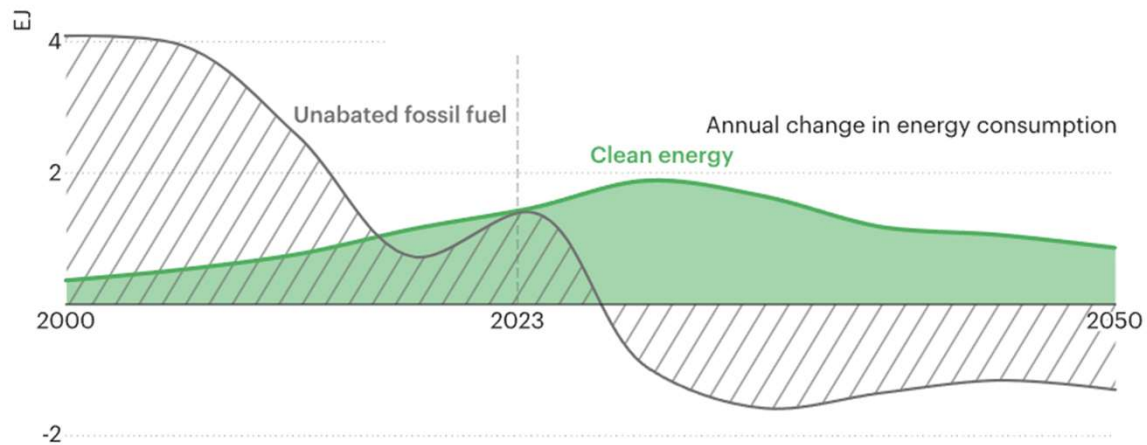
Investitionen in Erneuerbare Energien erreichen Schwellen- und Entwicklungsländer nicht – wird langfristig zum Problem für die Nachhaltigkeit unserer Entwicklungspfade werden



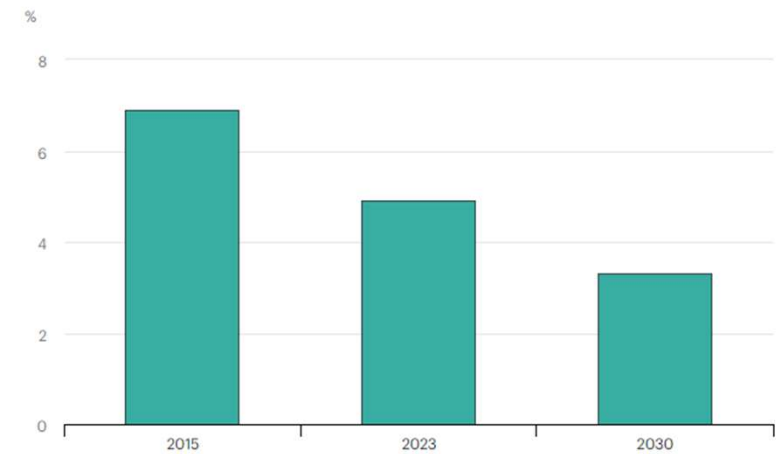
Quelle: WEO 2023, IEA CC BY 4.0

Nur ein Bruchteil der Investitionen in saubere Energien wird in Schwellen- und Entwicklungsländern getätigt, obwohl dort der Großteil der Weltbevölkerung lebt (EMDE = emerging market and developing economies except China). Hohe Kapital- und Finanzierungskosten stellen eine hohe Barriere dar. Problem muss international gelöst werden, um Entwicklungspfade der Energietransformation nicht zu gefährden.

Da sich Chinas Wirtschaftswachstum verlangsamt, überholen Investitionen in saubere Energien die für fossile Brennstoffe. Nachhaltiger Effekt oder nur vorübergehend?



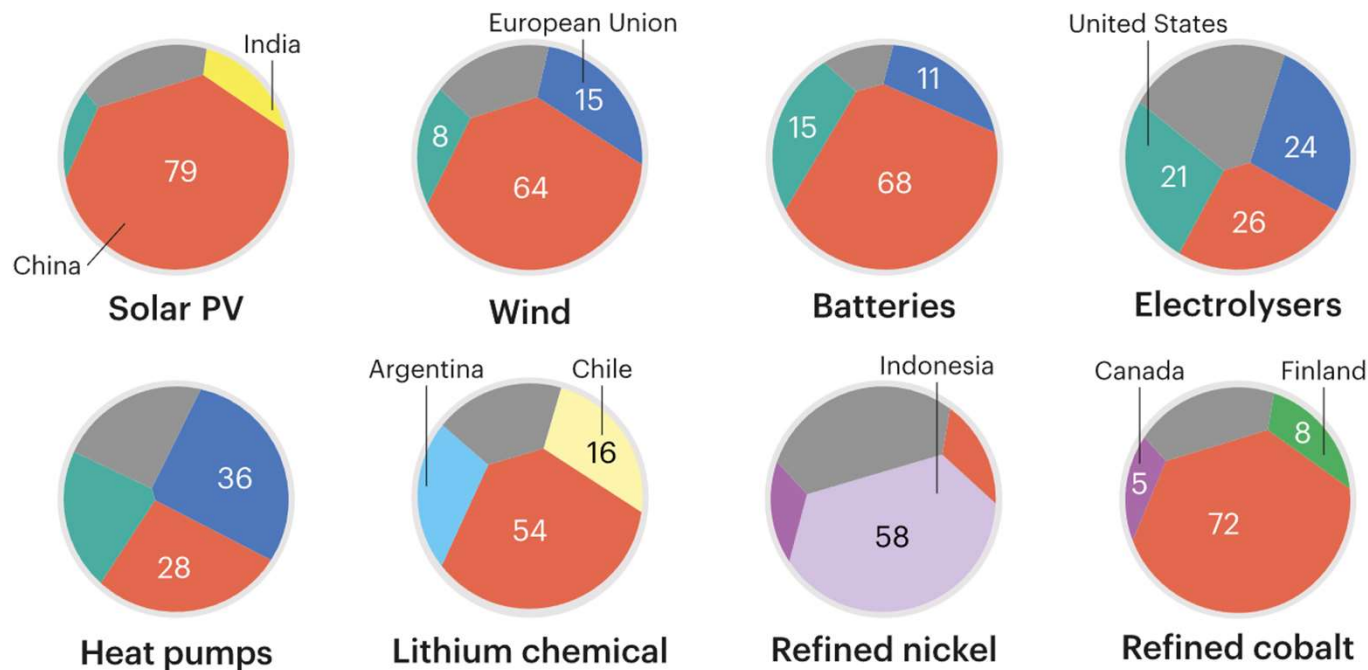
Economic growth in China, 2015-2030



Quelle: WEO 2023, IEA CC BY 4.0

China hat mit seinem Wirtschaftswachstum die Welt der Energie verändert, aber jetzt verändert sich China

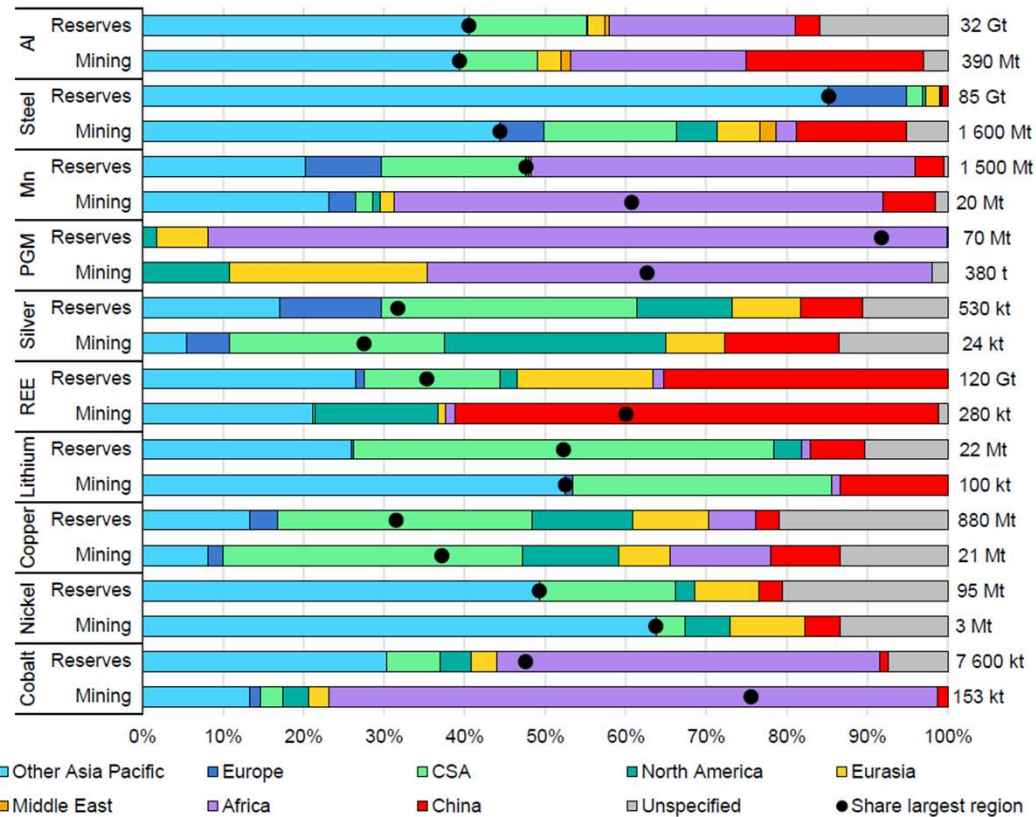
Geographie der Lieferketten für saubere Technologien im Jahr 2030 ist (zu) stark konzentriert. Resilienz bei Entwicklungspfaden erfordert mehr Diversität. Was tun?



Quelle: WEO 2023, IEA CC BY 4.0

Die Energiewende bringt auch neue Risiken für die Energiesicherheit mit sich. Eine Reihe von Risiken betrifft die Lieferketten für saubere Energietechnologien und kritische Mineralien. Die Lieferketten für beide sind geografisch stark konzentriert. Diversifizierte Investitionen zur Deckung der wachsenden Nachfrage können helfen, aber auch internationale Partnerschaften werden notwendig sein.

Globale Reserven und Gewinnung ausgewählter Ressourcen nach Regionen, 2021

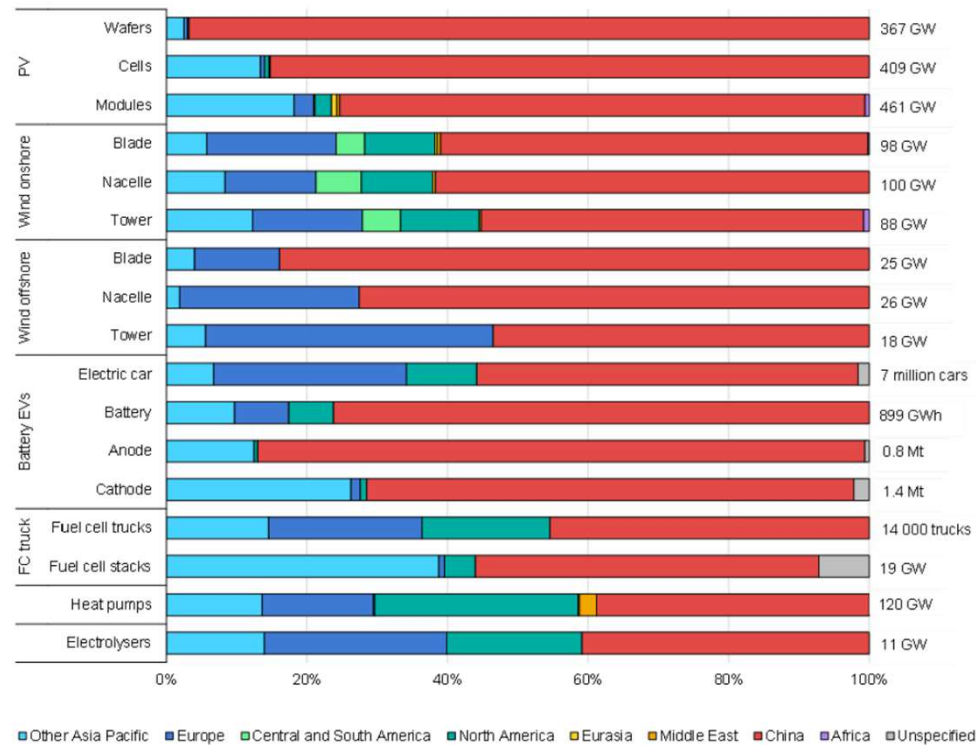


IEA. CC BY 4.0.

Notes: Al = aluminium; Mn = manganese; PGM = platinum group metals; REE = rare earth elements; CSA = Central and South America. PGM mining includes only platinum and iridium. Reserves data are uncertain as companies and countries do not always disclose their full reserves.

Sources: IEA analysis based on USGS (2022); S&P Global (2022a).

Produktionskapazitäten für ausgewählte Massenfertigung sauberer Energietechnologien, 2021



IEA. CC BY 4.0.

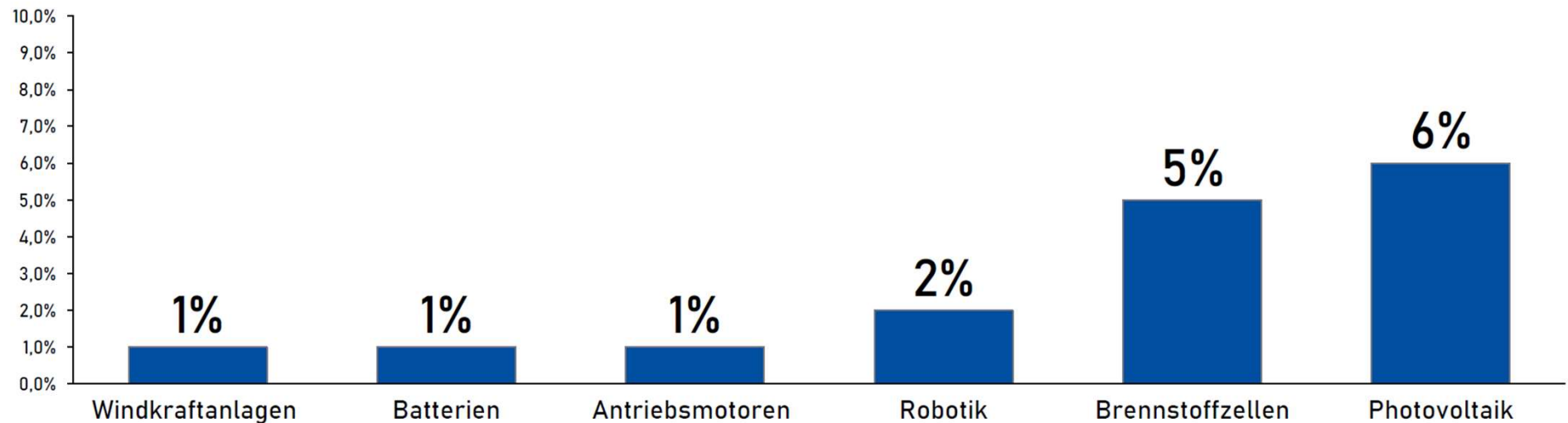
Notes: FC = fuel cell. Heat pumps capacity refers to thermal output.

Sources: IEA analysis based on InfoLink (2022); BNEF (2022); BNEF (2021b); Benchmark Mineral Intelligence (2022); GRV (2022); UN (2022a); Wood Mackenzie (2022).

Die Entwicklungspfade für die Sicherstellung der kritischen Rohstoffe der Energietransformation sind in massiver Weise NICHT NACHHALTIG, sondern geopolitisch äußerst prekär.

Bis zu 99% der notwendigen mineralischen Rohstoffe für erneuerbare Technologien werden aktuell in Europa importiert

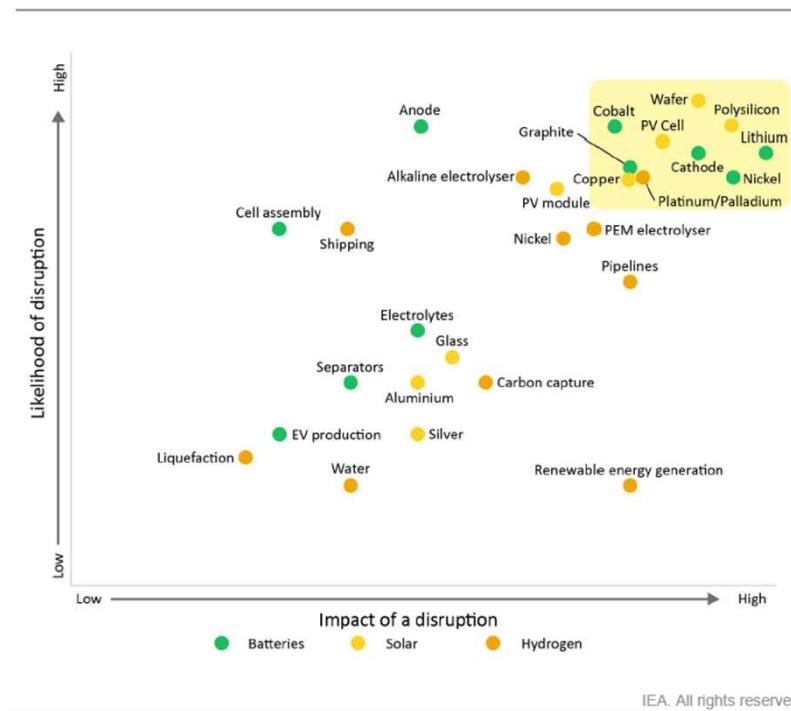
Die Europäische Rohstoffversorgung im Bereich zentraler erneuerbarer Technologien¹ in %



Im Rahmen der Critical Raw Materials Initiative hat die EU-Kommission 24 mineralische Rohstoffe und acht Technologien definiert, die für die Produktion Erneuerbarer Energien und für den Ausbau der E-Mobilität von wesentlicher Bedeutung sind. Bei mindestens 6 der 24 Rohstoffe besteht ein hohes bis sehr hohes Versorgungsrisiko.

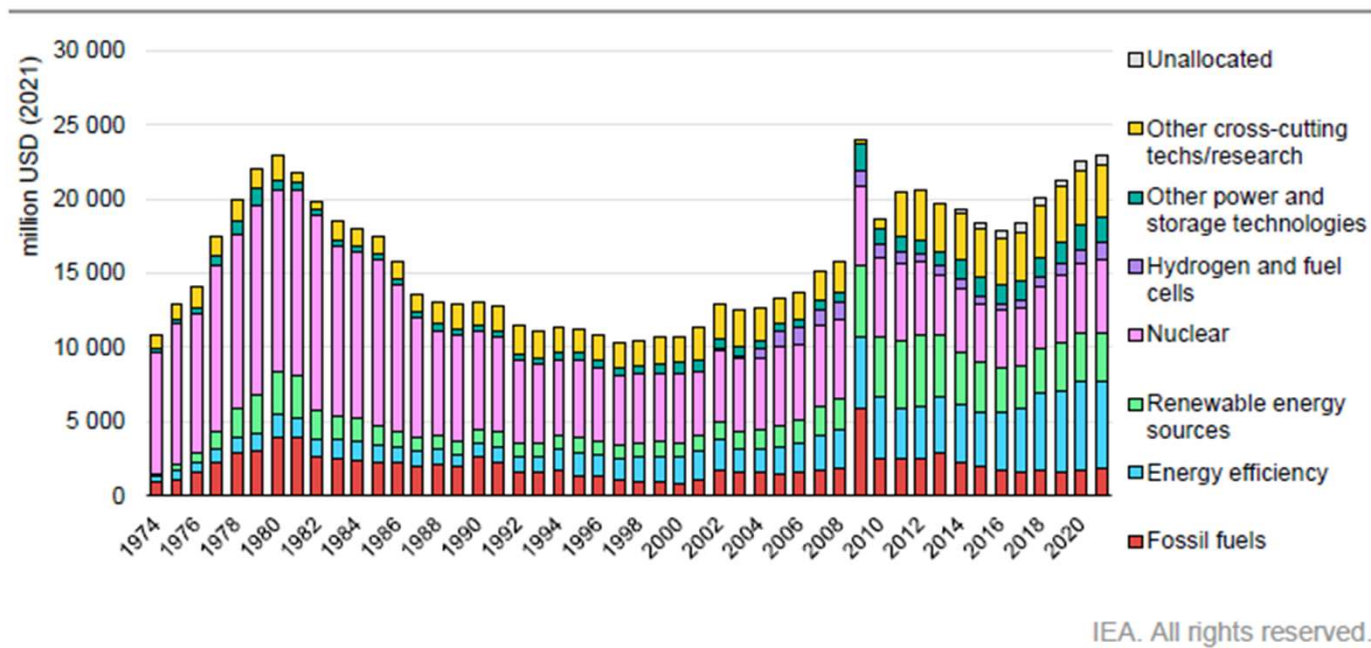
Quelle: WKO Energie Masterplan

Wahrscheinlichkeit und Auswirkungen potenzieller Unterbrechung der Lieferketten



Die potentiellen Auswirkungen einer Unterbrechung der Lieferketten sind bei Rohstoffen für saubere Technologien anders geartet, als bei fossilen Brennstoffen. Bei Öl oder Gas kommt es direkt zu Engpässen und wirtschaftlichen Krisen. Bei kritischen Materialien für die Energiewende beschränkt sich die Auswirkung auf Verzögerungen des Ausbaus und höhere Kosten, aber es kommt zu keiner Reduktion der bestehenden Wirtschaftsleistung.

Entwicklung des gesamten öffentlichen Budgets für Energie-F&E pro Jahr der IEA-Länder



IEA. All rights reserved.

Source: IEA (2022) [Energy Technology RD&D Budgets database](#).

Obwohl die weltweiten Ausgaben in absoluten Zahlen in den letzten Jahrzehnten gestiegen sind, ist ihr Anteil am Bruttoinlandsprodukt stark gesunken, von einem Höchstwert von 0,1 % im Jahr 1980 auf nur noch 0,04 % im Jahr 2021. Für eine Erhöhung der Resilienz der Entwicklungspfade der Energietransformation sollte dieser Wert massiv und nach Anwendung sehr gezielt erhöht werden.

Neue geopolitische Blöcke werden die Zukunft bestimmen, mit teilweise starkem Einfluss auf Technologien und Rohstoffe

Unternehmen werden auch von allen geopolitischen Blöcken betroffen sein, denen sich ihre Regierungen anschließen, und bilden daher auch ihre eigenen Blöcke. Zwischen SK Telecom und der Deutschen Telekom wurde bereits ein Pakt zum Aufbau einer „Metaverse Alliance“ unterzeichnet, und Unternehmen wie Tesla haben Interesse am Aufbau eigener Lieferketten für Ressourcen bekundet.

Unterdessen haben sich Israel und die Vereinigten Arabischen Emirate (VAE) im Nahen Osten mit Indien und den USA zusammengetan, um „I2U2“ zu starten, einen neuen Block zur Förderung von Innovationen. Das erste Treffen der Gruppe endete mit einer Reihe von Vereinbarungen, die von der Errichtung von „Lebensmittelparks“ durch die VAE, die in ganz Indien „klimaintelligente Technologien“ einsetzen, bis hin zur Finanzierung von Solarenergieprojekten in Indien durch die USA reichten, um nachhaltigere Energieoptionen für die Welt zu schaffen.

Im Indopazifik haben die Vereinigten Staaten „Chip 4“ vorgeschlagen, eine Halbleiterallianz mit Japan, Südkorea und Taiwan, mit dem Ziel, Lieferketten für Chips aufzubauen, die nicht auf China angewiesen sind und Pekings technologischen Aufstieg zu stoppen.



Quelle: Istock

Auch Afrika rückt ins Rampenlicht. Kürzlich veranstaltete die Afrikanische Union (AU) ihren 3. Afrika-Integrationstag unter dem Motto afrikanische Integration und De-Globalisierung.

Eine neue „Lithium-Allianz“, die von Mexiko ins Auge gefasst wird, das Anfang des Jahres seine Lithiumindustrie verstaatlicht hat, würde das Land mit Argentinien, Bolivien und Chile – den vier Nationen, die den größten Teil des weltweiten Lithiums kontrollieren – zusammenbringen, da diese versuchen, die Produktion und den Handel mit einer Ressource zu regeln, die sich schnell zu einem der wichtigsten Güter der Welt entwickelt.

Und während Kasachstan in Zentralasien den physischen und digitalen Handelsfluss in Eurasien neu gestalten will, baut China als Teil des Gürtels den sogenannten „Nördlichen Korridor“ auf – einen Korridor, der Asien und Europa über Russland und Weißrussland verbindet Road Initiative (BRI) seit mehreren Jahren.

Wir treten in eine Phase der „vertikalen Globalisierung“ ein, in der sich überall auf der Welt neue geopolitische Blöcke bilden. Die alte Ära der Globalisierung geht zu Ende, und die neuen Allianzen und Korridore werden die globale Fragmentierung nur noch verstärken und große Schocks für Regierungen und Unternehmen gleichermaßen hervorrufen. Viele dieser Bruchlinien sind ideologischer Natur – ein massiver Wandel im Vergleich zu den letzten Jahrzehnten, als Ideologie scheinbar verschwand. Ebenso wichtig ist, dass die Entscheidungen dieser neuen Blöcke nicht nur von Ländern oder Unternehmen, sondern auch von der einfachen Bevölkerung zu spüren sein werden. Was passiert, wenn das Zusammenleben zwangsläufig schwierig wird?

Quelle: Politico, Abishur Prakash

Fazit

- Wir brauchen SMARTe Regulierung.
- Wir müssen bei der Kommunikation auf die Methoden achten und diese auch erklären.
 - **NORMATIV VS. EXPLORATIV**
- Wir müssen den Ausstieg aus Öl (nicht Gas) **VERWALTEN**, da der Markt **NICHT SCHNELL GENUG** liefern wird.
- Wir müssen Systeme für einige Zeit parallel betreiben.
- Wir dürfen keine Angst haben, **ZIELE** auch zu **VERPASSEN** bzw. **ANZUPASSEN** und danach mit unverändertem Einsatz weiterzuarbeiten.
- **ALLE** müssen den Übergang entsprechend ihrer Möglichkeiten **BEZAHLEN**.
- Wir müssen viel stärker auf **NEUE ABHÄNGIGKEITEN** achten.
- Wir müssen Lieferketten, Materialien und Arbeitskräfte aktiv **VERWALTEN**.
- Wir müssen endlich zielgerichtet **FORSCHEN** und das auch **BEZAHLEN**.