

Vision 2045

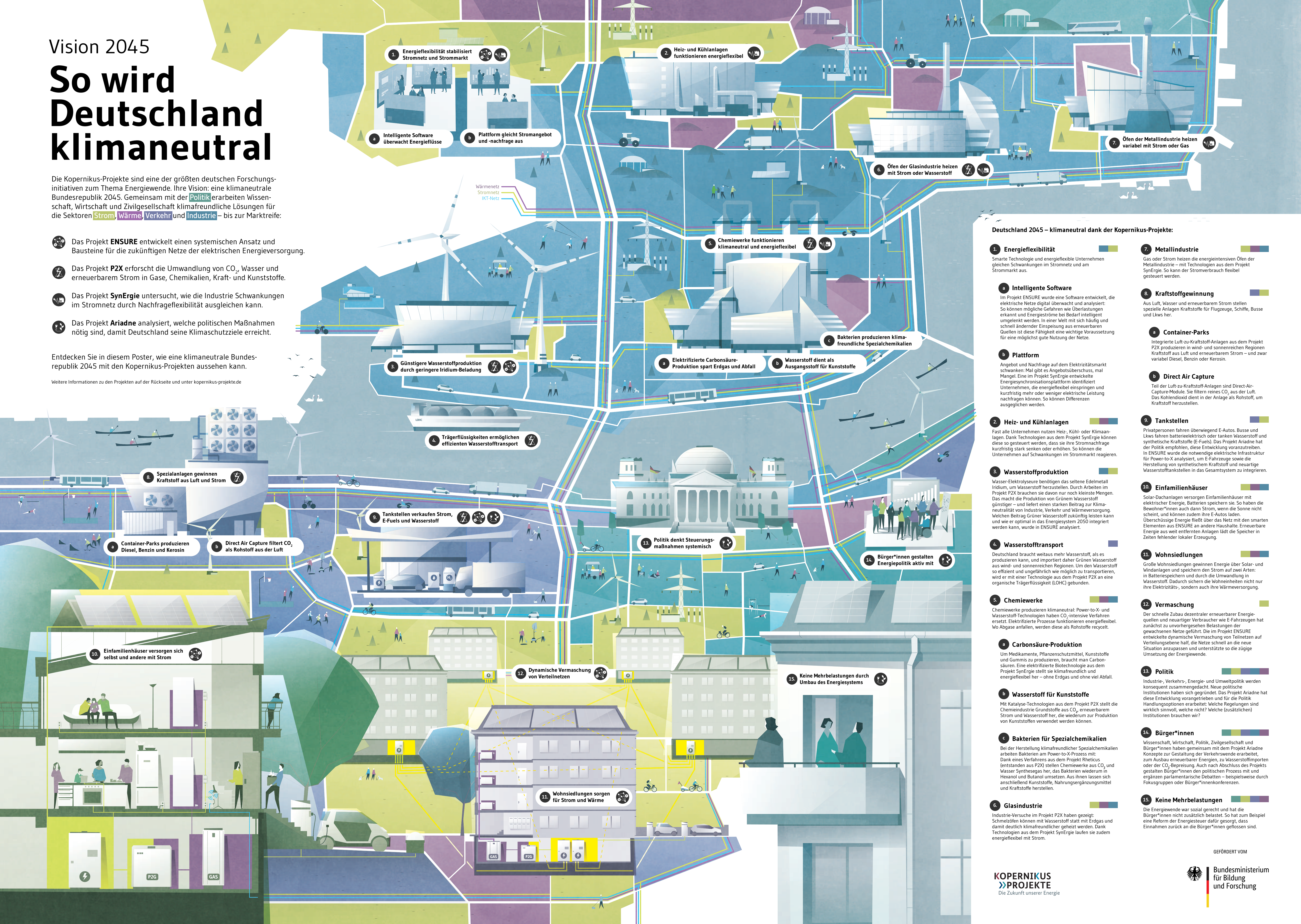
So wird Deutschland klimaneutral

Die Kopernikus-Projekte sind eine der größten deutschen Forschungs-initiativen zum Thema Energiewende. Ihre Vision: eine klimaneutrale Bundesrepublik 2045. Gemeinsam mit der Politik erarbeiten Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft klimafreundliche Lösungen für die Sektoren **Strom**, **Wärme**, **Verkehr** und **Industrie** – bis zur Marktreife:

- Das Projekt **ENSURE** entwickelt einen systemischen Ansatz und Bausteine für die zukünftigen Netze der elektrischen Energieversorgung.
- Das Projekt **P2X** erforscht die Umwandlung von CO₂, Wasser und erneuerbarem Strom in Gase, Chemikalien, Kraft- und Kunststoffe.
- Das Projekt **SynErgie** untersucht, wie die Industrie Schwankungen im Stromnetz durch Nachfrageflexibilität ausgleichen kann.
- Das Projekt **Ariadne** analysiert, welche politischen Maßnahmen nötig sind, damit Deutschland seine Klimaschutzziele erreicht.

Entdecken Sie in diesem Poster, wie eine klimaneutrale Bundesrepublik 2045 mit den Kopernikus-Projekten aussehen kann.

Weitere Informationen zu den Projekten auf der Rückseite und unter kopernikus-projekte.de



Deutschland 2045 – klimaneutral dank der Kopernikus-Projekte:

- 1. Energieflexibilität**
Smarte Technologie und energieflexible Unternehmen gleichen Schwankungen im Stromnetz und am Strommarkt aus.
- 2. Heiz- und Kühlanlagen**
Fast alle Unternehmen nutzen Heiz-, Kühl- oder Klimaanlage. Dank Technologien aus dem Projekt SynErgie können diese so gesteuert werden, dass sie ihre Stromnachfrage kurzfristig stark senken oder erhöhen. So können die Unternehmen auf Schwankungen im Strommarkt reagieren.
- 3. Wasserstoffproduktion**
Wasser-Elektrolyseure benötigen das seltene Edelmetall Iridium, um Wasserstoff herzustellen. Durch Arbeiten im Projekt P2X brauchen sie davon nur noch kleinste Mengen. Das macht die Produktion von Grünem Wasserstoff günstiger – und liefert einen starken Beitrag zur Klimaneutralität von Industrie, Verkehr und Wärmeversorgung. Welchen Beitrag Grün Wasserstoff zukünftig leisten kann und wie er optimal in das Energiesystem 2050 integriert werden kann, wurde in ENSURE analysiert.
- 4. Wasserstofftransport**
Deutschland braucht weitaus mehr Wasserstoff, als es produzieren kann, und importiert daher Grünen Wasserstoff aus wind- und sonnenreichen Regionen. Um den Wasserstoff so effizient und ungefährlich wie möglich zu transportieren, wird er mit einer Technologie aus dem Projekt P2X an eine organische Trägerflüssigkeit (LOHC) gebunden.
- 5. Chemiewerke**
Chemiewerke produzieren klimaneutral: Power-to-X- und Wasserstoff-Technologien haben CO₂-intensive Verfahren ersetzt. Elektrifizierte Prozesse funktionieren energieflexibel. Wo Abgase anfallen, werden diese als Rohstoffe recycelt.
 - a. Carbonsäure-Produktion**
Um Medikamente, Pflanzenschutzmittel, Kunststoffe und Gummi zu produzieren, braucht man Carbonsäuren. Eine elektrifizierte Biotechnologie aus dem Projekt SynErgie stellt sie klimafreundlich und energieflexibel her – ohne Erdgas und ohne viel Abfall.
 - b. Wasserstoff für Kunststoffe**
Mit Katalyse-Technologien aus dem Projekt P2X stellt die Chemieindustrie Grundstoffe aus CO₂, erneuerbarem Strom und Wasserstoff her, die wiederum zur Produktion von Kunststoffen verwendet werden können.
 - c. Bakterien für Spezialchemikalien**
Bei der Herstellung klimafreundlicher Spezialchemikalien arbeiten Bakterien am Power-to-X-Prozess mit: Dank eines Verfahrens aus dem Projekt Rheticus (entstanden aus P2X) stellen Chemiewerke aus CO₂ und Wasser Synthesegas her, das Bakterien wiederum in Hexanol und Butanol umsetzen. Aus ihnen lassen sich anschließend Kunststoffe, Nahrungsergänzungsmittel und Kraftstoffe herstellen.
- 6. Glasindustrie**
Industrie-Versuche im Projekt P2X haben gezeigt: Schmelzöfen können mit Wasserstoff statt mit Erdgas und damit deutlich klimafreundlicher geheizt werden. Dank Technologien aus dem Projekt SynErgie laufen sie zudem energieflexibel mit Strom.
- 7. Metallindustrie**
Gas oder Strom heizen die energieintensiven Öfen der Metallindustrie – mit Technologien aus dem Projekt SynErgie. So kann der Stromverbrauch flexibel gesteuert werden.
- 8. Kraftstoffgewinnung**
Aus Luft, Wasser und erneuerbarem Strom stellen spezielle Anlagen Kraftstoffe für Flugzeuge, Schiffe, Busse und Lkws her.
 - a. Container-Parks**
Integrierte Luft-zu-Kraftstoff-Anlagen aus dem Projekt P2X produzieren in wind- und sonnenreichen Regionen Kraftstoff aus Luft und erneuerbarem Strom – und zwar variabel Diesel, Benzin oder Kerosin.
 - b. Direct Air Capture**
Teil der Luft-zu-Kraftstoff-Anlagen sind Direct-Air-Capture-Module. Sie filtern reines CO₂ aus der Luft. Das Kohlendioxid dient in der Anlage als Rohstoff, um Kraftstoff herzustellen.
- 9. Tankstellen**
Privatpersonen fahren überwiegend E-Autos. Busse und Lkws fahren batterieelektrisch oder tanken Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe (E-Fuels). Das Projekt Ariadne hat der Politik empfohlen, diese Entwicklung voranzutreiben. In ENSURE wurde die notwendige elektrische Infrastruktur für Power-to-X analysiert, um E-Fahrzeuge sowie die Herstellung von synthetischem Kraftstoff und neuartige Wasserstofftankstellen in das Gesamtsystem zu integrieren.
- 10. Einfamilienhäuser**
Solar-Dachanlagen versorgen Einfamilienhäuser mit elektrischer Energie, Batterien speichern sie. So haben die Bewohner*innen auch dann Strom, wenn die Sonne nicht scheint, und können zudem ihre E-Autos laden. Überschüssige Energie fließt über das Netz mit den smarten Elementen aus ENSURE an andere Haushalte. Erneuerbare Energie aus weit entfernten Anlagen lädt die Speicher in Zeiten fehlender lokaler Erzeugung.
- 11. Wohnsiedlungen**
Große Wohnsiedlungen gewinnen Energie über Solar- und Windanlagen und speichern den Strom auf zwei Arten: in Batteriespeichern und durch die Umwandlung in Wasserstoff. Dadurch sichern die Wohnheiten nicht nur ihre Elektrizität, sondern auch ihre Wärmeversorgung.
- 12. Vermischung**
Der schnelle Zubau dezentraler erneuerbarer Energiequellen und neuartiger Verbraucher wie E-Fahrzeuge hat zunächst zu unvorhergesehenen Belastungen der gewachsenen Netze geführt. Die im Projekt ENSURE entwickelte dynamische Vermischung von Teilnetzen auf Verteilungsebene half, die Netze schnell an die neue Situation anzupassen und unterstützte so die zügige Umsetzung der Energiewende.
- 13. Politik**
Industrie-, Verkehrs-, Energie- und Umweltpolitik werden konsequent zusammengedacht. Neue politische Institutionen haben sich gegründet. Das Projekt Ariadne hat diese Entwicklung vorangetrieben und für die Politik Handlungsoptionen erarbeitet: Welche Regelungen sind wirklich sinnvoll, welche nicht? Welche (zusätzlichen) Institutionen brauchen wir?
- 14. Bürger*innen**
Wissenschaft, Wirtschaft, Politik, Zivilgesellschaft und Bürger*innen haben gemeinsam mit dem Projekt Ariadne Konzepte zur Gestaltung der Verkehrswende erarbeitet, zum Ausbau erneuerbarer Energien, zu Wasserstoffpumpen oder der CO₂-Bepreisung. Auch nach Abschluss des Projekts gestalten Bürger*innen den politischen Prozess mit und ergänzen parlamentarische Debatten – beispielsweise durch Fokusgruppen oder Bürger*innenkonferenzen.
- 15. Keine Mehrbelastungen**
Die Energiewende war sozial gerecht und hat die Bürger*innen nicht zusätzlich belastet. So hat zum Beispiel eine Reform der Energiesteuer dafür gesorgt, dass Einnahmen zurück an die Bürger*innen geflossen sind.

GEFÖRDET VOM

KOPERNIKUS
>> PROJEKTE
Die Zukunft unserer Energie

 **Bundesministerium für Bildung und Forschung**

