

ITOM-PetChem | Kurzbeschreibung

Version: Januar 2026

Modellzweck

Der europäische Petrochemiesektor ist eine strategisch Grundlage für wichtige Wertschöpfungsketten und zeichnet sich derzeit durch hohe Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus seiner Produkte hinweg aus, insbesondere während der Primärproduktion und der Verbrennung von Kunststoffprodukten am Ende ihrer Lebensdauer. Um sich an die EU-Klimagesetzgebung und -Ziele anzupassen und innerhalb der planetarischen Grenzen zu operieren, muss die petrochemische Industrie einen grundlegenden Wandel von einer linearen zu einer zirkulären Kohlenstoffwirtschaft vollziehen. Dieser Übergang erfordert den Ersatz fossiler Ausgangsstoffe durch nachhaltige Alternativen – Biomasse, recycelte Abfälle und abgeschiedenes CO₂ – bei gleichzeitiger Ausweitung der Nutzung erneuerbarer Energien und Aufbau der benötigten Infrastruktur.

ITOM-PetChem bildet die petrochemische Industrie in der EU ab – einschließlich bestehender Produktionsstätten, -anlagen und Technologieportfolios – und berechnet auf dieser Grundlage Transformationspfade hin zu einer klimaneutralen und resilienten Zukunft. Durch die Simulation verschiedener Szenarien lassen sich technologische Veränderungen und Rahmenbedingungen, die für eine erfolgreiche Transformation entscheidend sind, identifizieren und die Auswirkungen politischer Maßnahmen auf die Entwicklung des Sektors bewerten.

Modellbeschreibung

ITOM-PetChem ist eine Implementierung des ITOM¹-Frameworks für den europäischen Petrochemiesektor. Die in ITOM-PetChem dargestellte Produktionskette umfasst die Herstellung von Polymeren aus einer Reihe von Ausgangsstoffen und Energieeinsätzen. Die treibende Anforderung des Modells ist die Herstellung einer extern definierten Menge an Endprodukten (Polymeren). Polymere werden aus Zwischenprodukten (High Value Chemicals (HVC), Chlor, Ammoniak) hergestellt. HVC wiederum können aus verschiedenen Arten von verarbeiteten Rohstoffen und Sekundärmaterialien hergestellt werden. Die technische Grundlage des Modells umfasst verschiedene Technologien für jeden dieser Schritte in der Wertschöpfungskette.

Geografisch deckt ITOM-PetChem die Industriestandorte in der EU27+3 ab, wobei die EU27+3 hinsichtlich des Polymerbedarfs sowie anderer Parameter in fünf Regionen unterteilt sind (siehe Tabellen unten). Die zeitliche Auflösung ist flexibel, aber in der Regel wird ITOM-Petchem für Szenarien mit 5-Jahres-Schritten verwendet.

¹ ITOM steht für Industry Transformation Optimization Model – siehe zusätzliche Informationen unten

Es ist zu beachten, dass ITOM-PetChem-Modell nicht die gesamte chemische Industrie abdeckt. Bereiche wie die Ammoniakproduktion für Düngemittel, die Chlorproduktion für die Abwasserentsorgung und Spezialchemikalien sind nicht enthalten. Die Erzeugung von Prozesswärme in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) und Dampfkesseln ist ebenfalls nicht Teil des Modells. Die Energiekosten, die sich aus dem Wärmebedarf der abgebildeten Produktionsanlagen ergeben, werden jedoch im Rahmen der Kostenoptimierung berücksichtigt.

Zentrale Merkmale

- Räumlich explizite Darstellung bestehender Standorte und Kapazitäten für Grundchemikalien in der EU 27+3 sowie der Transportwege zwischen ihnen (Produktpipelines, Schifffahrtsrouten)
- Modellbasierte endogene Optimierung von Produktionsnetzwerken über Standorte und Schritte in der Wertschöpfungskette hinweg (Rohstoffe, HVC, Polymere)
- Beinhaltet Technologien für das chemische Recycling und die Produktion auf Basis von Biomasse sowie die Möglichkeit zur Verwendung importierter synthetischer Rohstoffe
- Beinhaltet modellierte regionalisierte Polymernachfrage und Verfügbarkeit von Kunststoffabfällen für das chemische Recycling im Zeitverlauf
- Explizite Berücksichtigung und endogen optimierte Nutzung von Nebenprodukten verschiedener Produktionsprozesse

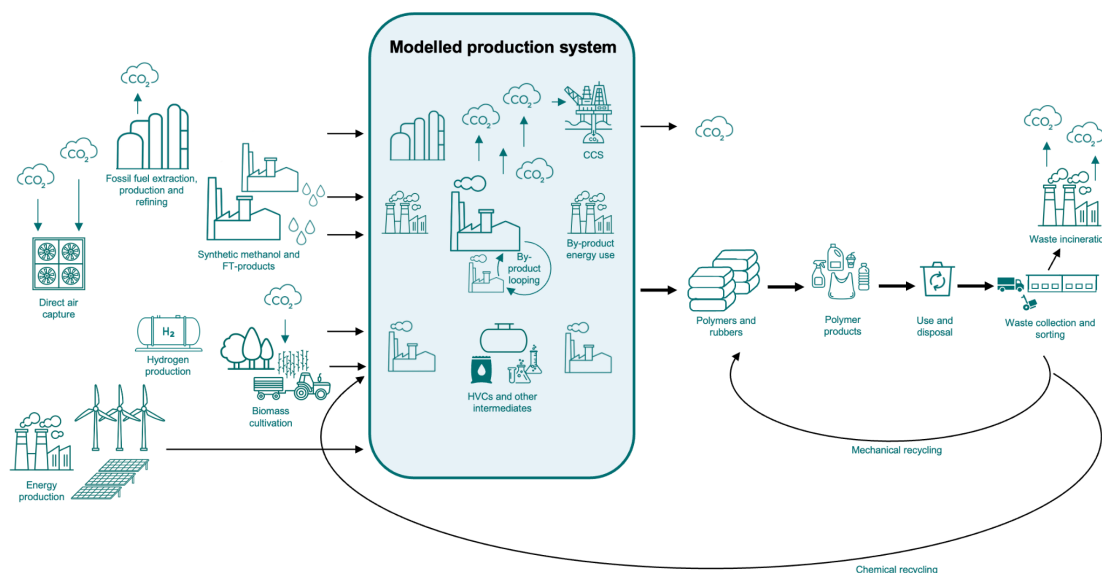


Abbildung: Modelliertes Produktionssystem in ITOM-PetChem

Zentrale Modell Inputs/Outputs

Inputs

Parameter	Beschreibung
Polymer Demand	Jährlicher Bedarf an Polymeren pro Region
Energy Cost	Jährliche und regionale Kostendaten für relevante Energieträger (z. B. Strom)

ETS Price	Jährliche Entwicklung des CO ₂ -Preises
Material Cost	Jährliche und regionale Kostendaten für relevante Materialeinsätze (z. B. fossiles Naphtha, grünes Methanol)
CO ₂ Transport and Storage costs	Kosten für CO ₂ -Transport und -Speicherung, differenziert nach Jahr, Standort und räumlichen Speicherzonen (z. B. Onshore, Offshore)
Installed plants	Kapazität und Alter bestehender Anlagen und angekündigter (oder erwarteter) Projekte
Biomass availability	Jährliche und regionale Daten zu Kosten und Verfügbarkeit von Biomasse für die Verwendung als Rohstoff für die chemische Industrie
Plastic waste availability	Jährliche und regionale Daten zur Verfügbarkeit von Kunststoffabfällen für das chemische Recycling

Outputs

Parameter	Beschreibung
Production volume by technology / mode of operation	Produktionsmenge pro Produkt (Endprodukt oder Zwischenprodukt) und pro Region/Standort und Jahr
Material use	Materialverwendung pro Region und Jahr
Installed capacity by technology	Installierte Kapazität, differenziert nach Region/Land/Standort und Jahr. Kann z. B. zur Untersuchung von Produktionsverlagerung innerhalb der EU verwendet werden.
Energy use	Energiebedarf pro Technologie und pro Region/Land/Standort und Jahr
CO ₂ emissions	CO ₂ Emissionen pro Technologie und pro Region/Land/Standort und Jahr
CO ₂ captured and stored	Abgeschiedenes und eingespeichertes CO ₂ pro Land/Standort/Speicherregion und Jahr

Ausgewählte Projektreferenzen

Transitioning towards an Efficient, carbon-neutral Circular European Industry (TRANSIENCE)

Laufzeit: 01/2024 – 12/2027

Fördermittelgeber: Europäische Kommission, Horizon Europe

Das Projekt entwickelt ein konsistentes, vollständig quelloffenes Modellökosystem für die Transformation der europäischen Industrie (MIC3 – Model for European Industry Circularity and Climate Change mitigation), das zur Abbildung und Analyse der Transformation zu einer klimaneutralen, nachhaltigen und kreislaforientierten Industrie genutzt werden kann.

Siehe: <https://www.transience.eu/>

EU Industry Pathways

Laufzeit: 08/2025 – 03/2026

Kunde: Agora Industrie

In diesem Projekt entwickeln und vergleichen Forscher von Agora Industrie, dem Wuppertal Institut und der Universität Kassel drei Transformationsszenarien für die europäische Stahl-, Petrochemie- und Zementindustrie im Hinblick auf die strategische Souveränität Europas – sowie die potenziellen Vorteile einer moderaten Verlagerung energieintensiver Produktionsschritte innerhalb Europas.

Siehe: <https://wupperinst.org/p/wi/p/s/pd/2521/>

EU-CHINA BRIDGE

Laufzeit: 01/2024 - 12/2026

Fördermittelgeber: Europäische Union, UK Research and Innovation

Das Projekt EU-CHINA BRIDGE zielt darauf ab, den Übergang zur Klimaneutralität zu beschleunigen, indem es die gemeinsame Forschung zur Dekarbonisierung der Industrie fördert, gemeinsam fortschrittliche Modellierungsrahmen für nachhaltige Transformationspfade entwickelt und durch einen intensiven Dialog zwischen den Interessengruppen in Europa und China umfassende Emissionsdaten erstellt. Im Rahmen des Projekts entwickelt das Wuppertal Institut Technologieinventare, Skalierungspfade und Technologie-Roadmaps für den europäischen Petrochemie- und Stahlsektor. Siehe: <https://www.eu-china-bridge.eu/>

Green Feedstock for a Sustainable Chemistry – Energy Transition and Resource Efficiency in the Context of the Third Feedstock Transformation in the Chemical Industry (GreenFeed)

Laufzeit: 02/2022 - 02/2025

Fördermittelgeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Das Projekt untersuchte Wege für die deutsche petrochemische Industrie, um von der Nutzung fossiler Rohstoffe zu einem kreislauffähigen, klimaneutralen System mit erneuerbaren Rohstoffen und Kohlenstoffrecycling überzugehen. In Zusammenarbeit mit Industriepartnern entwickelten Forscher des Wuppertal Instituts, der Universität Kassel, des DBFZ und des Karlsruher Instituts für Technologie mithilfe von Szenarioanalysen robuste, treibhausgasneutrale Wertschöpfungsketten.

Siehe: <https://wupperinst.org/en/p/wi/p/s/pd/1993>

KNDE-Update 2024 – Climate-Neutral Germany – From Target Setting to Implementation

Kunden: Agora Agrar, Agora Energiewende, Agora Industrie, Agora Verkehrswende, Prognos

Laufzeit: 01/2024 - 10/2024

Aufbauend auf der Studie „KNDE – Klimaneutrales Deutschland 2021“ lieferte dieses Projekt einen aktualisierten Fahrplan für Deutschland zur Erreichung seiner Netto-Null-Ziele für 2045 unter Berücksichtigung der jüngsten wirtschaftlichen Veränderungen und Verzögerungen im Verkehrs- und Bausektor. Das Wuppertal Institut verwendete detaillierte Bottom-up-Modelle, um Industrieszenarien zu verfeinern und robuste Dekarbonisierungsstrategien zu entwickeln. Siehe:

<https://wupperinst.org/en/p/wi/p/s/pd/2384>

KNDE – Climate Neutral Germany 2050/2045

Laufzeit: 04/2020 - 06/2021

Kunden: Agora Energiewende, Agora Verkehrswende, Stiftung Klimaneutralität

Im Rahmen Konsortiums aus Prognos, dem Öko-Institut und dem Wuppertal Institut wurden im Rahmen dieses Projekts umfassende Strategien entwickelt, um bis 2050 bzw. 2045 Klimaneutralität in Deutschland zu erreichen. Das Wuppertal Institut nutzte fortschrittliche Systemmodellierung, um die industrielle Transformation zu untersuchen, wobei technologische Entwicklungen und Reinvestitionszyklen berücksichtigt wurden, um einen gangbaren Weg zu einer emissionsfreien Wirtschaft sicherzustellen.

Siehe: <https://wupperinst.org/en/p/wi/p/s/pd/928>

Ausgewählte Publikationen

Clemens Schneider, Max Åhman, Stefan Lechtenböhmer, Mathieu Saurat: A defossilised EU petrochemical production system: Consequences for the meta-cluster in the Antwerp-Rotterdam-Rhine-Ruhr Area. *Energy and Climate Change*, Volume 6, 2025, 100173, ISSN 2666-2787, <https://doi.org/10.1016/j.egycc.2024.100173>.

Zusätzliche Informationen

ITOM GitHub Code Repository: <https://github.com/wupperinst/itom>

ITOM Code Dokumentation: <https://itom.readthedocs.io/en/latest/index.html>

ITOM-PetChem Modell und komplette Dokumentation:

<https://zenodo.org/records/15773104>

Kontakt

Svenja Theisen – svenja.theisen@wupperinst.org

Georg Holtz – georg.holtz@wupperinst.org