

ITOM-Cement | *Kurzbeschreibung*

Version: Januar 2026

Modellzweck

Die Zementindustrie ist eine der energie- und CO₂-intensivsten Industriebranchen und verantwortlich für ca. 7 % aller weltweiten und ca. 4 % der EU-weiten energie- und industriebezogenen CO₂-Emissionen. Die europäische Zementindustrie steht aufgrund ihrer hohen Energieintensität und der mit ihren Prozessen verbundenen CO₂-Emissionen vor erheblichen Herausforderungen bei der Dekarbonisierung. ITOM-Cement bildet die aktuelle Zementindustrie in der EU ab – einschließlich bestehender Produktionsstätten und installierter technologischer Kapazitäten – und berechnet auf dieser Grundlage Transformationspfade hin zu einer klimaneutralen 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-Cement ist eine Umsetzung des ITOM¹-Frameworks für den europäischen Zementsektor. Die in ITOM-Cement dargestellte Produktionskette (siehe Abbildung unten) umfasst die Herstellung von Zementklinker aus Kalkstein und die Herstellung von Zement aus Klinker und zementartigen Zusatzstoffen (supplementary cementitious materials, SCMs) wie gemahlener Hochofenschlacke und kalzinierten Tonen. Das Modell umfasst den Zementbedarf und die Zementklinkeröfen in der EU27+UK sowie die Zementmahlwerke, wobei letztere auf der Ebene von 14 Regionen aggregiert abgebildet sind. ITOM-Cement bietet eine umfassende Darstellung der Klinkerproduktionstechnologien, einschließlich CO₂-Abscheidungstechnologien sowie verschiedener Zementarten. Der Bedarf wird nach Zementanwendungsbereichen (in der Abbildung als „ConcreteX“ bezeichnet) differenziert, die aufgrund von Anforderungen hinsichtlich Druckfestigkeit, Haltbarkeit und anderer Zementeigenschaften in diesem Anwendungsbereich auf die Anwendung bestimmter Zementarten beschränkt sein können. Die treibende Anforderung des Modells besteht darin, einen extern definierten Zementbedarf aus Betonanwendungen pro Region zu decken, während sich extern definierte Parameter wie Energiekosten, Verfügbarkeit von SCMs und CO₂-Preise im Laufe der Zeit ändern. Die zeitliche Auflösung ist flexibel, aber in der Regel wird ITOM-Cement für Szenarien mit 5-Jahres-Schritten verwendet.

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

Zentrale Merkmale

- Differenzierung der Zementnachfrage nach Ländern und Anwendungsarten mit spezifischen Anforderungen
- Differenzierte Darstellung von Zementen (8 verschiedene Zementarten)
- Räumlich differenzierte Verfügbarkeit von SCMs und alternativen Brennstoffen
- Darstellung von vier CO₂-Abscheidungstechnologien (aminbasiert, Oxyfuel, LEILAC, kryogen)
- Flexibler, modellendogener Wechsel zwischen und Mischung von Brennstoffen (wie Kohle, abfallbasierte Brennstoffe, Petrolkoks und Biomasse) für die Klinkerproduktion
- Räumlich differenzierte Darstellung der Transport- und Speicherkosten für abgeschiedenes CO₂ und Berücksichtigung der Speicherkapazitäten in drei aggregierten Speicherregionen (EU Nord, EU Süd, Onshore)

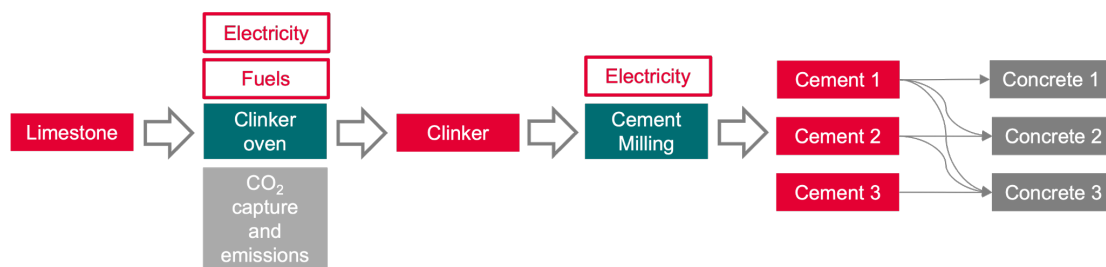


Abbildung: In ITOM-Cement modellierte Produktionskette Zement

Zentrale Modell-Inputs/Outputs

Inputs

Parameter	Beschreibung
Cement Demand	Jährlicher Zementbedarf pro Betonanwendung und pro Region
Energy Cost	Jährliche und länderspezifische Kostendaten für relevante Energieträger (z. B. Strom)
ETS Price	Jährliche Entwicklung des CO ₂ -Preises
CO ₂ Transport and Storage costs	Kosten für CO ₂ -Transport und -Speicherung, differenziert nach Jahr, Standort und räumlichen Speicherzonen (z. B. Onshore, Offshore)
Alternative fuels cost and availability	Jährliche und länderspezifische Daten zur Verfügbarkeit und zu den Kosten von Biomasse (für industrielle Zwecke) und abfallbasierten Brennstoffen
SCM availability	Jährliche und länderspezifische Daten zur Verfügbarkeit von Hochofenschlacke und Ton
Installed plants	Kapazität und Alter bestehender Anlagen und angekündigter (oder erwarteter) Projekte

Outputs

Parameter	Beschreibung
Production volume by technology / mode of operation	Produktionsmenge pro Produkt (Endprodukt oder Zwischenprodukt) und pro Region/Standort und Jahr
Material use, including use of SCMs	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

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/>

Zusätzliche Informationen

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

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

ITOM-Cement Modell und Dokumentation: <https://zenodo.org/records/15773258>

Kontakt

Alexander Kling – alexander.kling@wupperinst.org

Georg Holtz – georg.holtz@wupperinst.org