

ITOM-Steel | Kurzbeschreibung

Version: Januar 2026

Modellzweck

Der Stahlsektor ist ein Eckpfeiler der europäischen Industrie. Er ist jedoch auch für etwa fünf Prozent der CO₂-Emissionen der EU verantwortlich, was vor allem auf die Nutzung von Kohle in der Primärstahlproduktion zurückzuführen ist. Die Dekarbonisierung der Stahlherstellung ist für die Erreichung des Klimaneutralitätsziels der EU von entscheidender Bedeutung, erfordert jedoch die Bewältigung erheblicher technologischer und wirtschaftlicher Herausforderungen. ITOM-Steel bildet die Stahlindustrie in der EU ab – einschließlich aller Primär- und Sekundärproduktionsstätten – und berechnet detaillierte Transformationspfade hin zu einer klimaneutralen, kreislaufforientierten und wettbewerbsfähigen Zukunft. Durch die Bewertung verschiedener Szenarien identifiziert das Modell wesentliche technologische Veränderungen, Infrastrukturbedarfe und politische Auswirkungen und ermöglicht es den Interessengruppen, Wege zu einer tiefgreifenden Dekarbonisierung, Ressourceneffizienz und strategischen Resilienz zu bewerten.

Modellbeschreibung

ITOM-Steel ist eine Umsetzung des ITOM¹-Frameworks für den europäischen Eisen- und Stahlsektor. Die in ITOM-Steel dargestellte Produktionskette umfasst die Eisenerzeugung (aus Erz und Pellets), die Stahlherstellung (aus Eisen und Schrott) sowie Nachbearbeitungsprozesse wie Walzen und Gießen. Das Modell deckt alle Produktionsstätten in der EU27+3 ab, wobei die EU27+3 hinsichtlich der Stahlnachfrage sowie anderer Parameter in fünf Regionen unterteilt sind (siehe Tabellen unten). Das Modell arbeitet mit einer flexiblen zeitlichen Auflösung, wobei in der Regel 5-Jahres-Schritte verwendet werden. Der Haupttreiber des Modells ist eine extern vorgegebene Nachfrage nach Walzstahl, Gusseisen und gegossenem Stahl, differenziert nach 13 Produkttypen und vier Qualitätsstufen auf der Grundlage der Kupfertoleranz – ein Schlüsselfaktor für das Schrottreycling. ITOM-Steel optimiert Investitionen und Produktion über Standorte, Technologien und Zeiträume hinweg und minimiert so die Gesamtsystemkosten bei gleichzeitiger Erfüllung der Produktnachfrage sowie Berücksichtigung von Ressourcenbeschränkungen und Emissionsgrenzwerten.

Zentrale Merkmale

- Räumlich explizite Darstellung aller bestehenden EU-Produktionsstätten mit einer Produktionskapazität von mehr als 1 Mio. Tonnen Rohstahl pro Jahr

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

- Standortspezifische Energie- und Wasserstoffkosten, daher Modellierung des „Renewables Pull“-Effekts, der sich aus regionalen Unterschieden bei den Wasserstoffproduktionskosten ergibt
- Detaillierte Abbildung von Technologien der Eisen- und Stahlproduktion, einschließlich Hochöfen (mit CCS), wasserstoffbasierter Direktreduktion (DRI), elektrolysebasierter Eisenherstellung, Elektrolightbogenöfen (EAFs) und flexibler Schrott-/DRI-Mischung
- Schrottverwendung unter Berücksichtigung der Kupfertoleranz der hergestellten Stahlprodukte
- Optimierung des endogenen Produktionsnetzwerks über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg
- Integration von Hebeln der Kreislaufwirtschaft wie Schrottverwendung und Import von wasserstoffbasiertem Eisen (HBI/DRI)
- Detaillierte Energie- und Emissionsbilanzierung über alle Prozesse hinweg

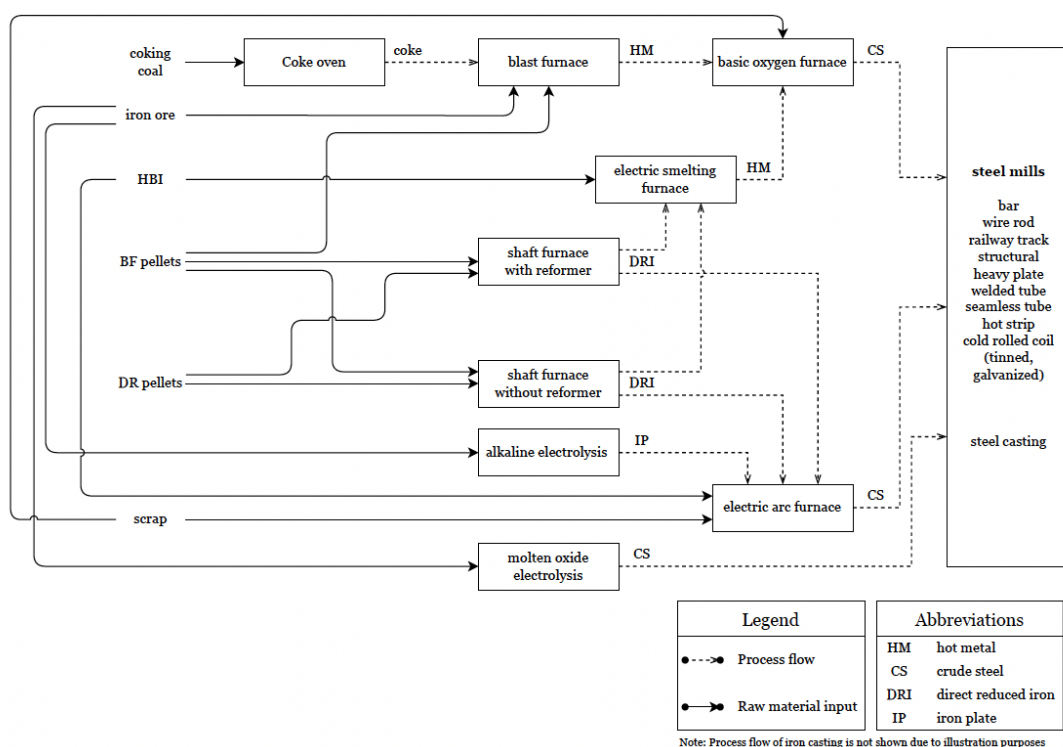
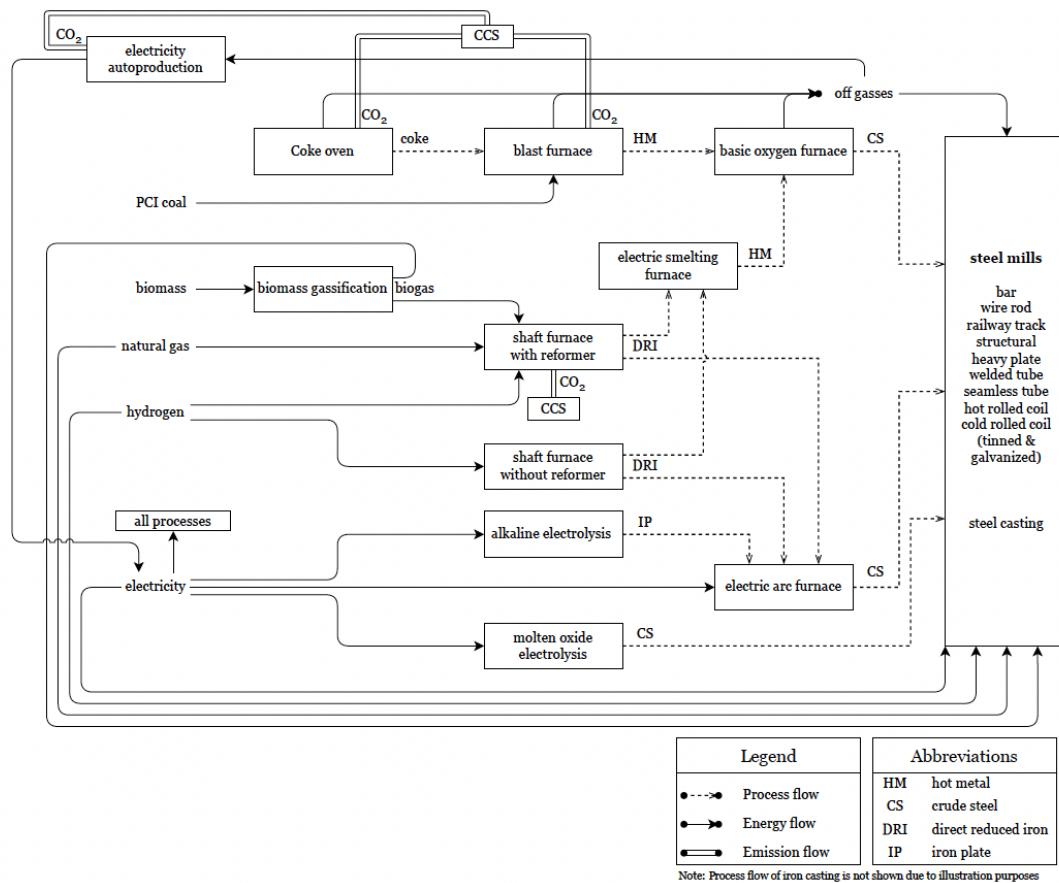


Abbildung 1: Materialflüsse in ITOM-Steel

Abbildung 2: Energie und CO₂-Flüsse in ITOM-Steel

Zentrale Modell Inputs/Outputs

Inputs

Parameter	Beschreibung
Finished Steel Demand	Jährlicher Bedarf an Stahlprodukten pro Region
Energy Costs	Jährliche und standortspezifische Kostendaten für relevante Energieträger (z. B. Strom, Wasserstoff, Erdgas)
ETS Price	Jährliche Entwicklung des CO ₂ -Preises
Material Costs	Kosten für Eisenerz, Pellets, DRI/HBI-Importe und andere Rohstoffe
Scrap Availability	Jährliche Verfügbarkeit von Schrott nach Qualität (Kupfergehalt)
CO ₂ transport and storage costs	Kosten für CO ₂ -Transport und -Speicherung, differenziert nach Jahr, Land und räumlichen Speicherzonen (z. B. Onshore, Offshore)
Existing and planned production capacities	Kapazität, Alter und Standort bestehender Anlagen und angekündigter Projekte
Green iron (HBI) import options	Kosten und Verfügbarkeit von importiertem wasserstoffbasiertem Eisen

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 scrap)	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/dem Renewable Pull-Effekt 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 und Jahr
Trade flows (HBI, crude steel, finished steel)	Transport von (Zwischen-)Produkten Zwischen Regionen und mit Nicht-EU-Quellen

Ausgewählte Projektreferenzen

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

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/>

hyBit - Hydrogen for Bremen's Industrial Transformation

Laufzeit: 09/2022 – 02/2026

Fördermittelgeber: Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt

Im Rahmen des hyBit-Projekts entwickeln Forscher des Wuppertal Instituts und seiner Partnerinstitutionen Transformationspfade für den Aufbau eines Wasserstoff-Hubs in Bremen und einer norddeutschen Wasserstoffwirtschaft mit Schwerpunkt auf industriellen Anwendungen wie Stahlproduktion, Mobilität, Logistik und Wärmeversorgung. Das Projekt untersucht, wie regionale Wasserstoffdrehkreuze in eine überregionale Wasserstoffwirtschaft integriert werden können, bewertet die optimale Nutzung von Wasserstoff im Transformationsprozess und untersucht die soziotechnischen und systemischen Wechselwirkungen zwischen der Entwicklung von Drehkreuzen und dem gesamten Energiesystem.

Siehe: <https://wupperinst.org/p/wi/p/s/pd/2093/>

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/>

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

Laufzeit: 01/2024 - 10/2024

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

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>

Zusätzliche Informationen

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

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

ITOM-Steel Modell und Dokumentation: <https://zenodo.org/records/15772720>

Kontakt

Süheyb Bilici – sueheyb.bilici@wupperinst.org

Georg Holtz – georg.holtz@wupperinst.org