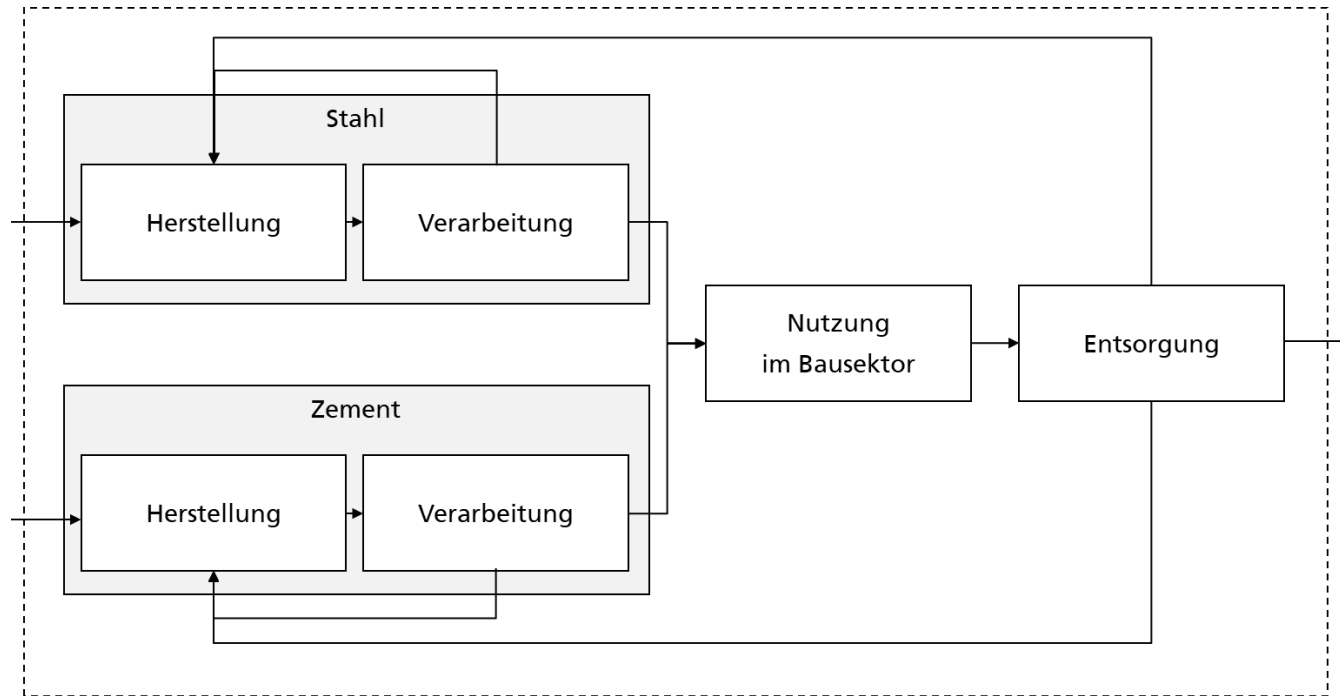


KREISLAUFWIRTSCHAFT FÜR DIE DEKARBONISIERUNG DES BAUSEKTORS

12. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien



Meta Thurid Lotz
Andrea Herbst
Matthias Rehfeldt

newTRENDS - New Trends in Energy Demand Modelling (EU H2020-Projekt)



Prosumaging
im Haushaltssektor



Kreislaufwirtschaft
im Industriesektor



Digitalisierung
im Dienstleistungssektor



Sharing Economy
im Verkehrssektor

INHALT

- Relevanz
- Zielsetzung
- Methode
- Ergebnisse
- Fazit und Ausblick

Relevanz

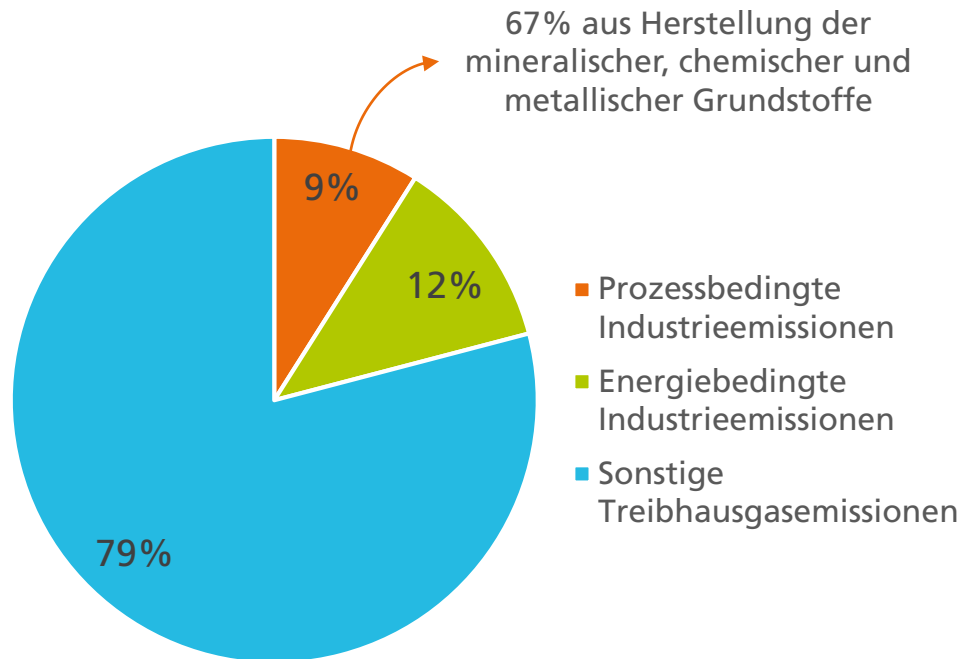


Abb. 1 Anteil der Industrieemissionen in der EU 2019 [6]

- Herausfordernde aber notwendige Vermeidung [5]
- Dachkonzept Kreislaufwirtschaft [3] zur Reduktion von Material, Energie und THG-Emissionen [7]
 - Kreislaufführung von Material/Recycling [10]
 - Materialeffizienz [16]
 - Materialsubstitution [17]
- Circular Economy Action Plan der EU [18]
 - Bausektor als ein Fokus [18]
 - Grundstoffe Stahl und Zement [18, 20-21]

Zielsetzung

Übergeordnetes Ziel

Beitrag der Kreislaufwirtschaft zur prospektiven Dekarbonisierung des EU-Bausektors und der zugehörigen Grundstoffindustrien bestimmen

Teilziel im Rahmen des Konferenzbeitrags

Methodische Herausforderungen für prospektive Dekarbonisierungsszenarien identifizieren

1. Quantifizieren des Stahl- und Zementflusses in der EU für ein aktuelles Basisjahr
2. Bestimmen der Treibhausgasreduzierungsunterschiede ausgewählter Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen

Methode

- Drei methodische Ansätze [29]

- Materialflussanalyse
- Lebenszyklusanalyse
- Input-Output-Analyse

- Materialflussanalyse [30]

- Statisch/dynamisch
- Fluss-/bestandsgetrieben

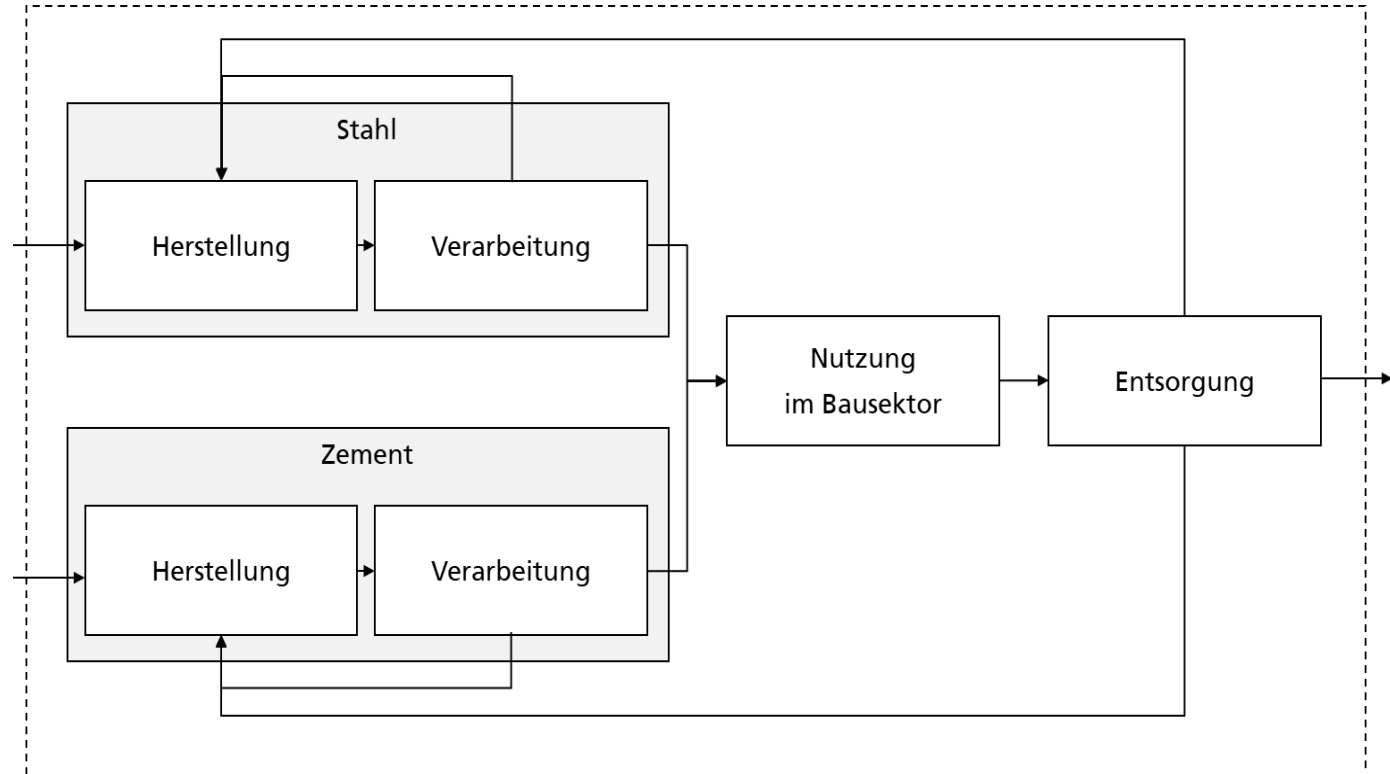


Abb. 2 Struktur der Materialflussanalyse basierend auf [32]

Methode

- Stahlflussmodellierung, erweitert basierend auf [21]
 - dynamisch, flussgetrieben
 - Produktionsmengen der World Steel Association [36-53]
 - Produktverteilungen und Verluste nach [22]
 - Energiebedarfe und THG-Emissionen nach [60-65]

- Zementflussmodellierung, basierend auf [20, 21]
 - statisch, flussgetrieben
 - Produktionsmengen der Global Cement and Concrete Association [66]
 - Produktverteilung und Verluste nach [20, 21]
 - Energiebedarfe und THG-Emissionen nach [20, 21]

Ergebnisse: Stahl - Materialfluss

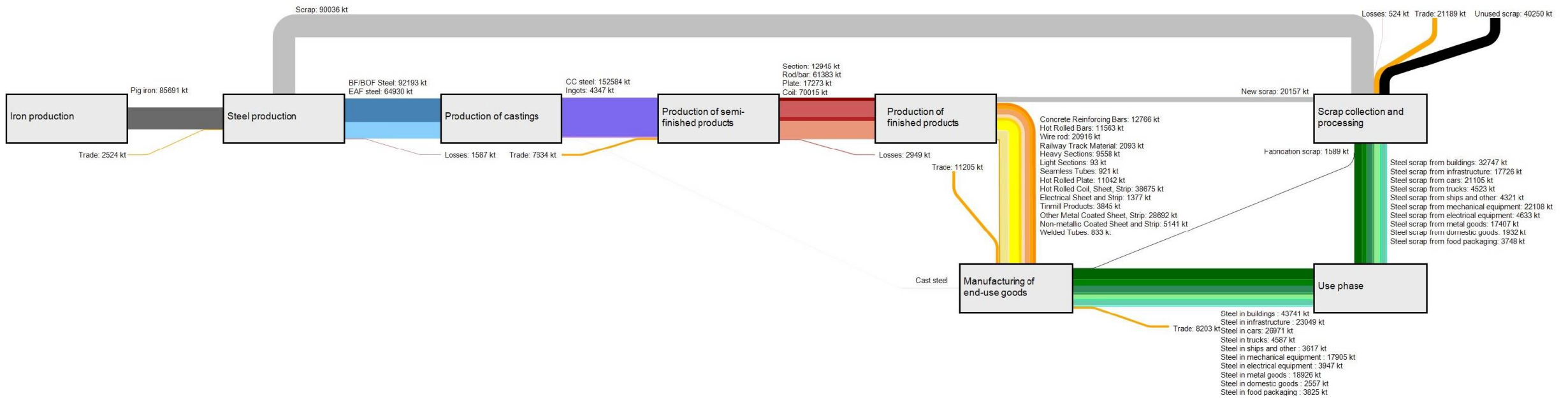


Abb. 3 Stahlfluss in der EU 2019

Ergebnisse: Stahl - Materialfluss

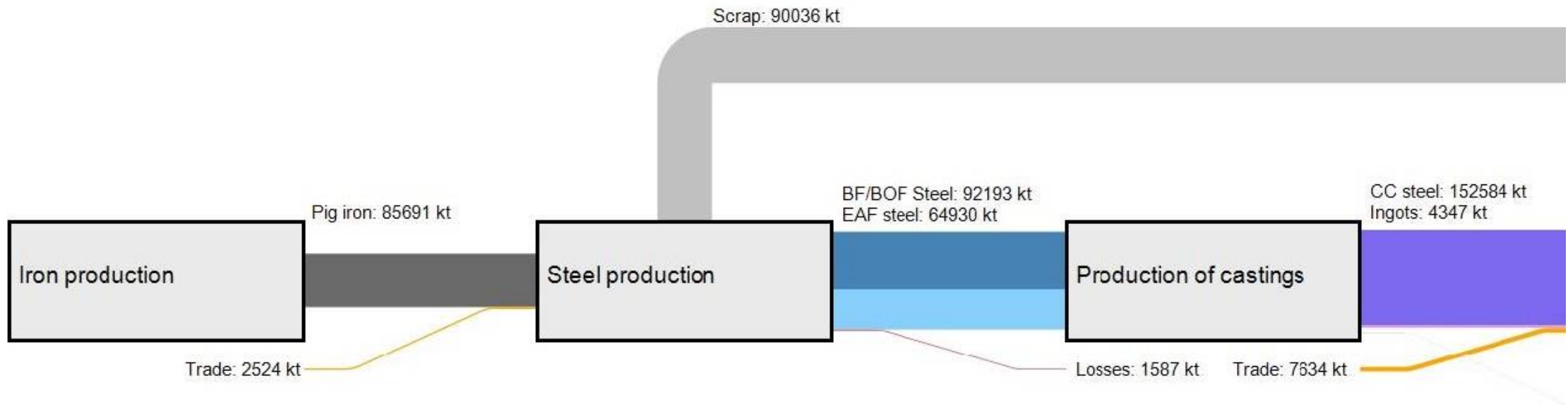


Abb. 4 Stahlfluss in der EU 2019 (von Roheisenerzeugung bis Rohstahl)

Ergebnisse: Stahl - Materialfluss

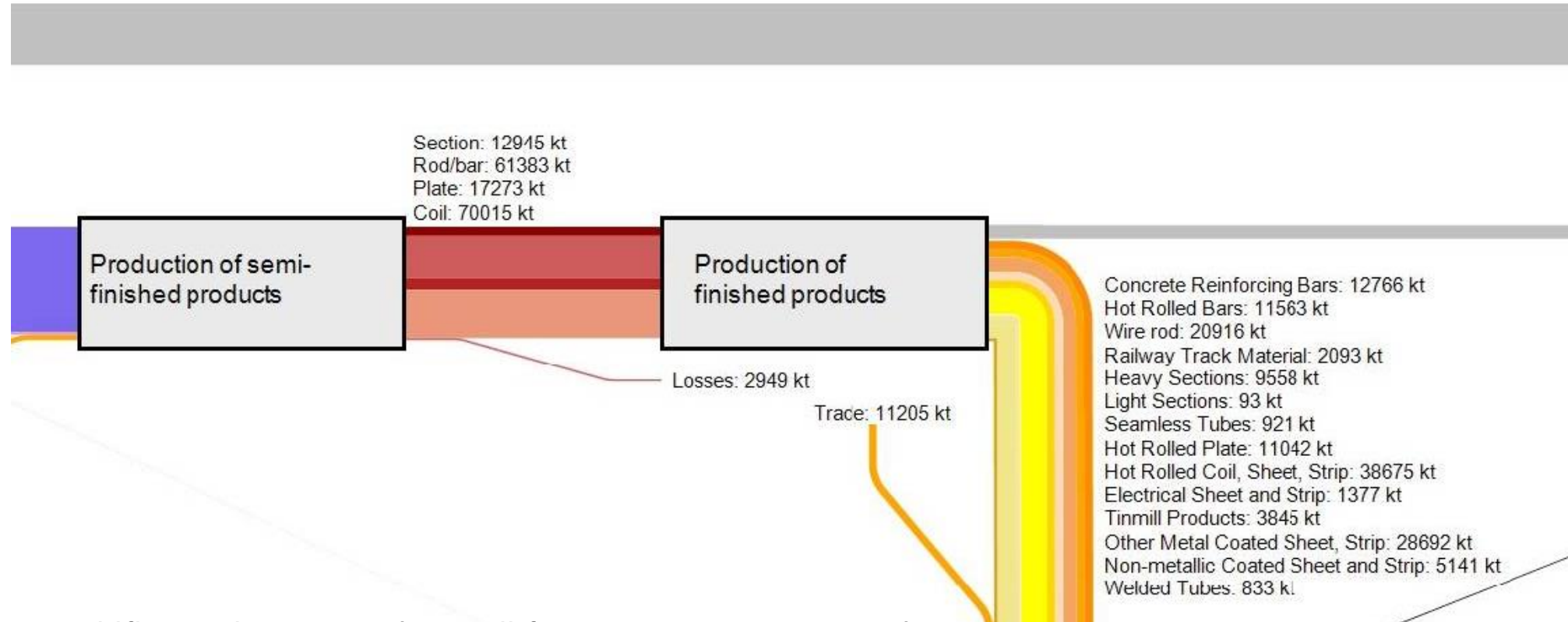


Abb. 5 Stahlfluss in der EU 2019 (von Halbfertig zu Fertigerzeugnissen)

Ergebnisse: Stahl - Materialfluss

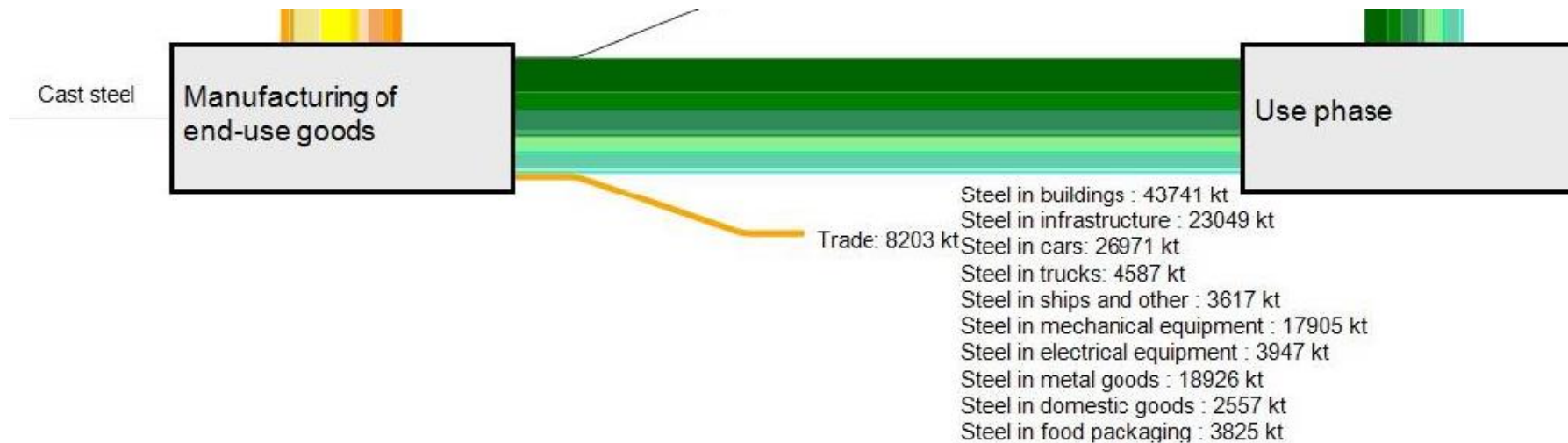


Abb. 6 Stahlfluss in der EU 2019 (Endverwendungsgüter)

Ergebnisse: Stahl - Materialfluss

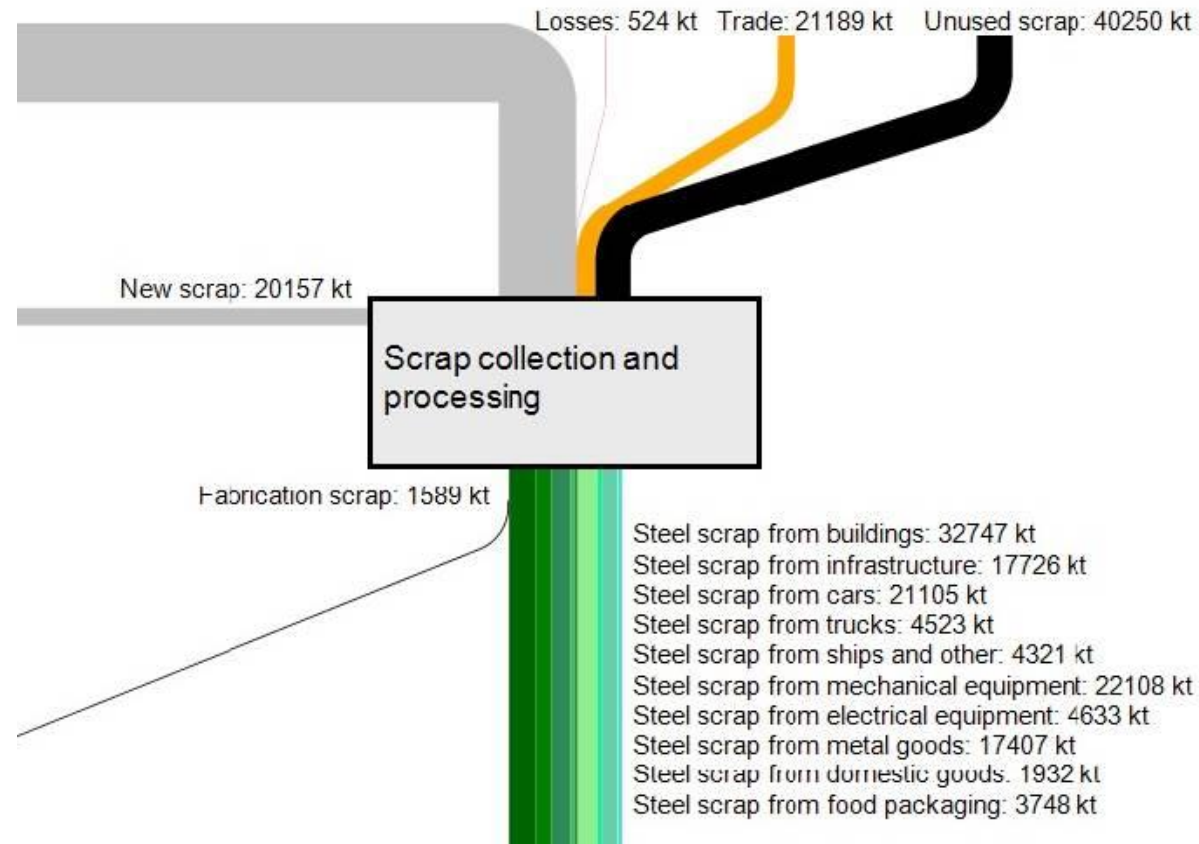


Abb. 7 Stahlfluss in der EU 2019 (Schrott)

Ergebnisse: Stahl – Energie und THG-Emissionen

Stahlherstellung

Tab. 1 Energie und THG-Emissionen der Stahlherstellung in der EU 2019

| | Energiebedarf in PJ | | THG-Emissionen in Mt CO ₂ äq. | |
|---------------|------------------------|------------------|---|------------------|
| | Gesamt | Bausektor | Gesamt | Bausektor |
| Primärroute | 1.695 | 519 | 177 | 54 |
| Sekundärroute | 223 | 142 | 22 | 14 |

Verarbeitung zu Fertigerzeugnissen

- Flachprodukte
 - Warmband
 - Rohre
- Langprodukte
 - Betonstahl
 - Walzdraht
 - Profile
 - Rohre

Ergebnisse: Stahl – Energie und THG-Emissionen

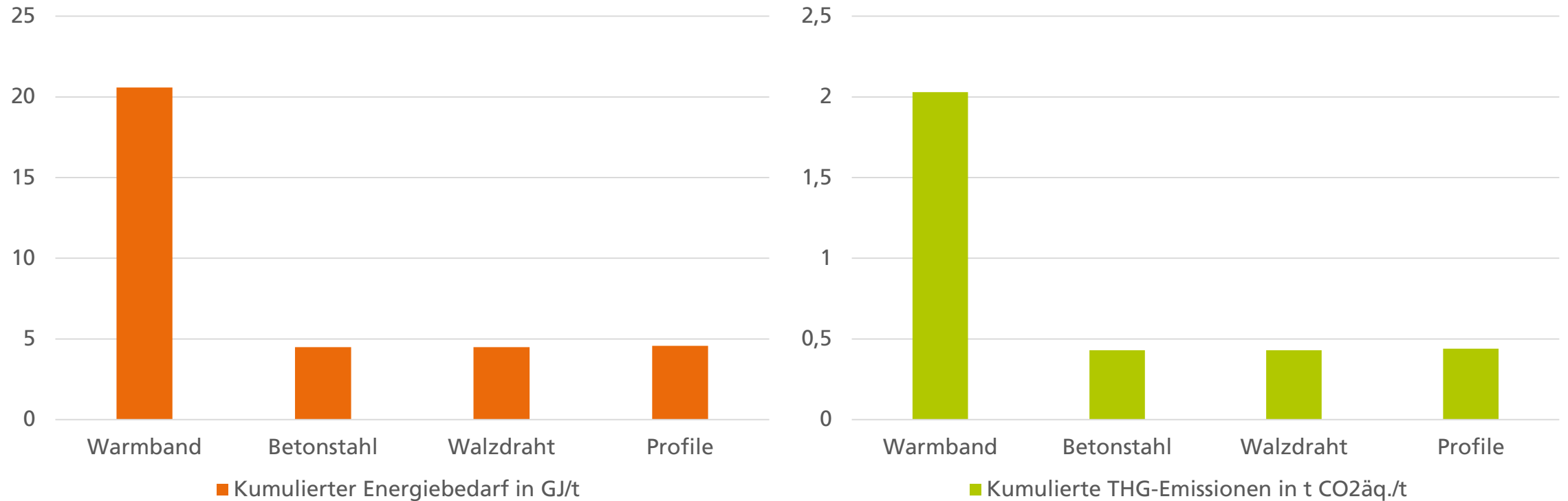


Abb. 8 Kumulierter spezifischer Energiebedarf und THG-Emissionen der Stahlfertigerzeugnisse in der EU 2019

Ergebnisse: Zement - Materialfluss

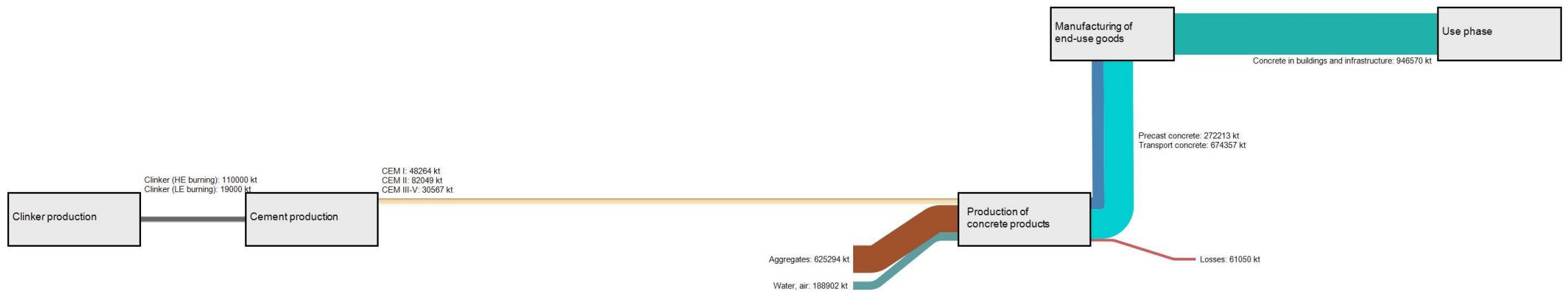


Abb. 9 Zementfluss in der EU 2019

Ergebnisse: Zement - Materialfluss

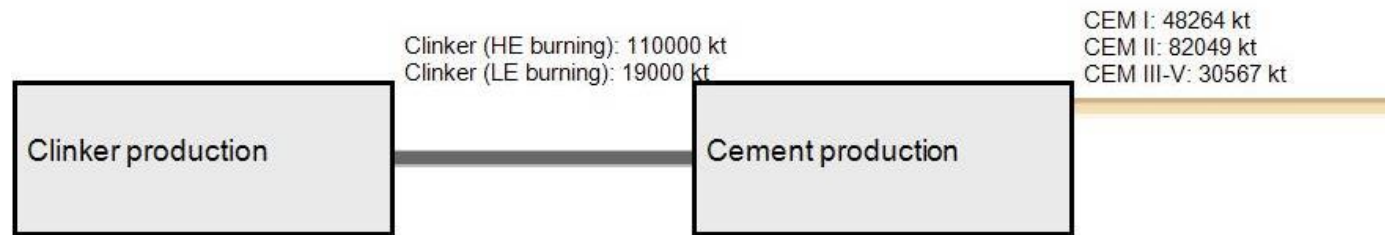


Abb. 10 Zementfluss in der EU 2019 (von Klinker bis Zement)

Ergebnisse: Zement - Materialfluss

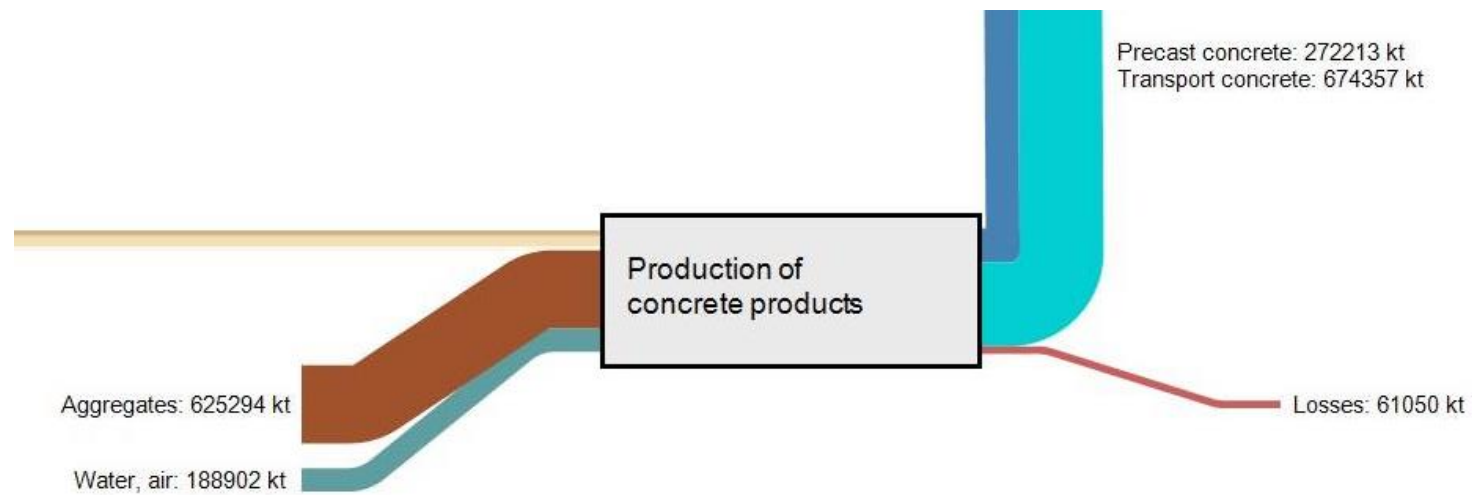


Abb. 11 Zementfluss in der EU 2019 (Betonzeugnisse)

Ergebnisse: Zement - Materialfluss

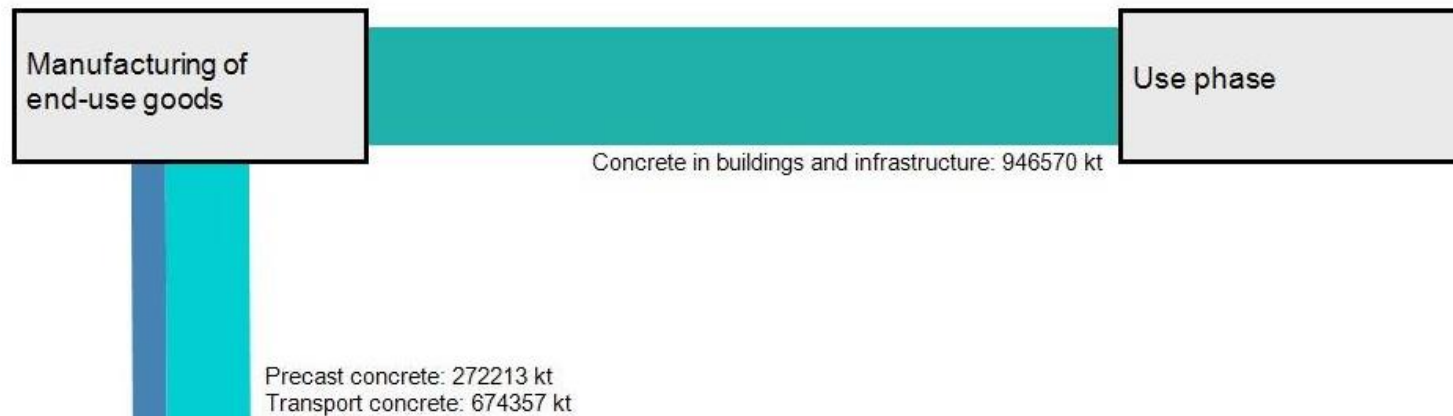


Abb. 12 Zementfluss in der EU 2019 (Endverwendungsgüter)

Ergebnisse: Zement – Energie und THG-Emissionen

Klinker- und Zementherstellung

Tab. 2 Energie und THG-Emissionen der Klinker- und Zementherstellung in der EU 2019

| | Energiebedarf in PJ | | THG-Emissionen in Mt CO ₂ äq. | |
|---------|------------------------|------------------|---|------------------|
| | Gesamt | Bausektor | Gesamt | Bausektor |
| Klinker | 494 | 494 | 117 | 117 |
| Zement | 509 | 509 | 1 | 1 |

Verarbeitung zu Endprodukten

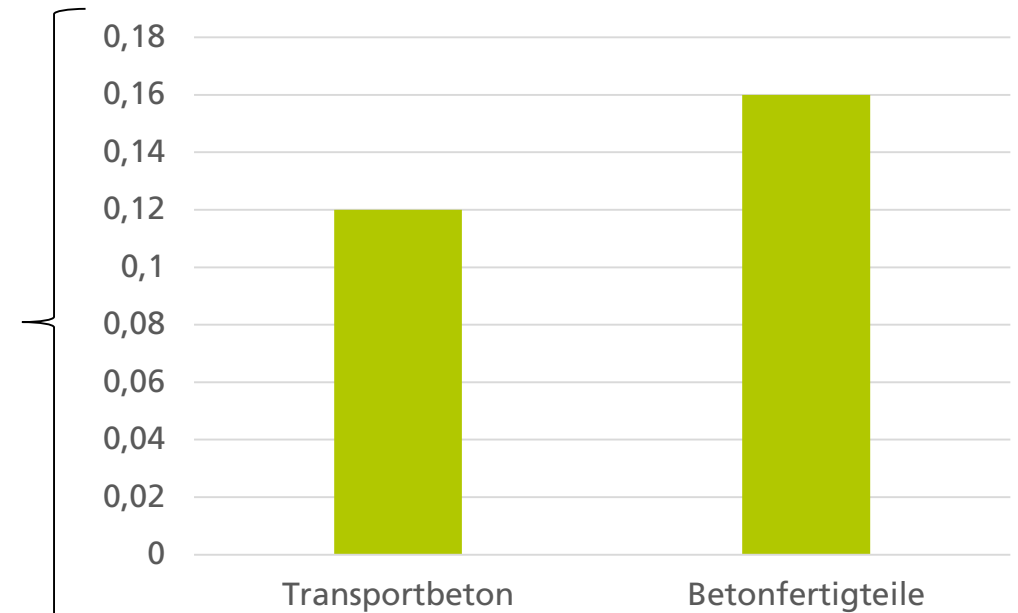


Abb. 13 Kumulierte spezifische THG-Emissionen in t/t der Betonendprodukte in der EU 2019

Ergebnisse: Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen

Recycling → abgebildet im Stahlfluss

Materialeffizienz → Wiederverwendung von Baustahl und somit Nachfragereduktion um 65% [21]

Materialsubstitution → Substitution durch innovativen Beton mit 70% geringeren Prozessemissionen bei Betonfertigteilen [20-21]

Ergebnisse: Stahl - Kreislaufwirtschaftsmaßnahme

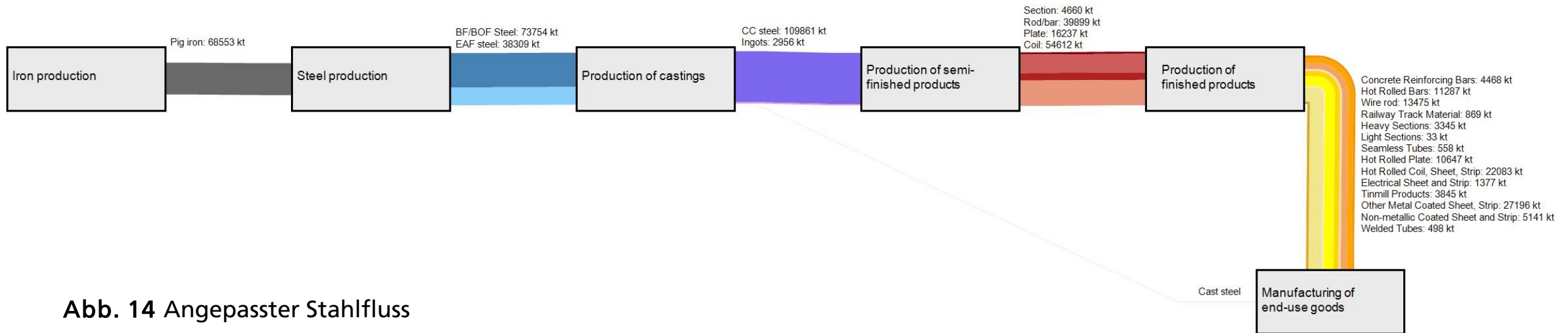


Abb. 14 Angepasster Stahlfluss

Primärroute: -20% Energie, -22% THG-Emissionen
Sekundärroute: -41% Energie, -41% THG-Emissionen
Fertigerzeugnisse: keine Änderung spezifischer Werte

Ergebnisse: Zement - Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen

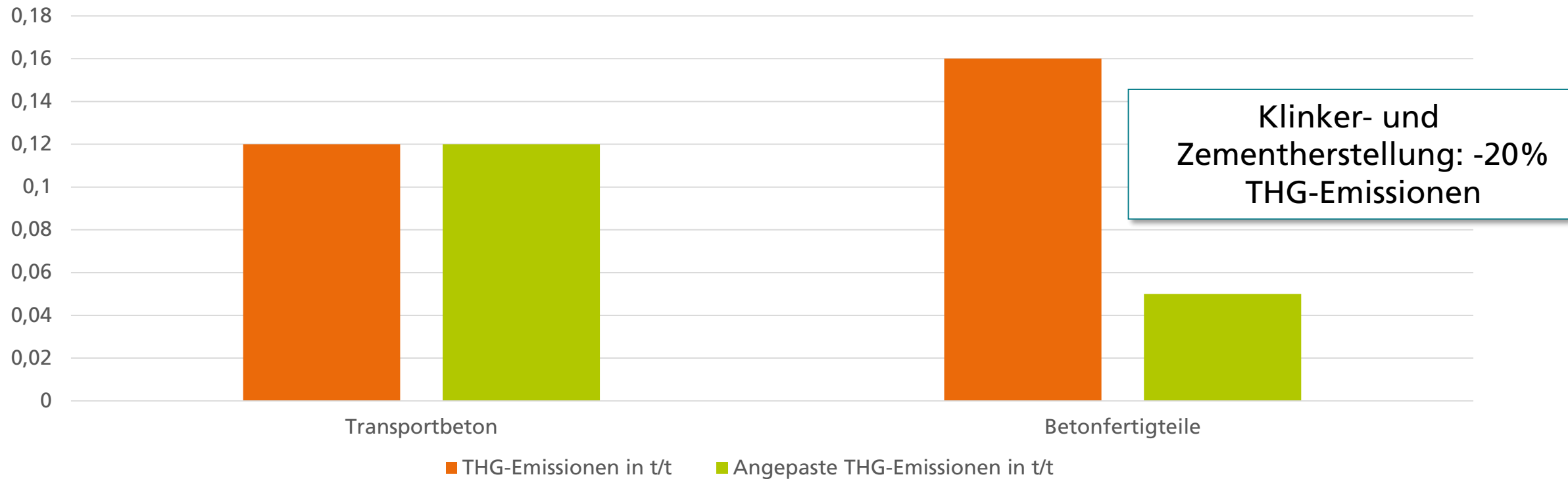


Abb. 15 Gegenüberstellung kumulierter spezifischer Energiebedarf und THG-Emissionen der Betonendprodukte

Fazit und Ausblick

Fazit

- Energiebedarfs- und THG-Emissionsreduktion bestimmbar
- Eignung der Materialflussanalyse bestätigt
- Wesentliche Herausforderung durch Datenbedarf

Ausblick

- Grundlage für weitere Betrachtungen
 - Prospektive Szenarien mit bestandsgetriebenem Ansatz
 - Weitere Materialien und Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen
 - Kopplung mit anderen Modellen

Literatur

- [3] Blomsma, F. u. Brennan, G.: The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity. *Journal of Industrial Ecology* 21 (2017) 3, S. 603–614
- [5] A Clean Planet for all. A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy, In-depth analysis in support of the commission communication COM(2018) 773, European Commission, Brussels 2018
- [6] European Environment Agency: Approximated estimates for greenhouse gas emissions, 2020. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/approximated-estimates-for-greenhouse-gas-emissions-2>, abgerufen am: 01.09.2021
- [7] Busch, J., Dawson, D. u. Roelich, K.: Closing the low-carbon material loop using a dynamic whole system approach. *Journal of Cleaner Production* 149 (2017), S. 751–761
- [10] Boulding, K. E.: The Economics of the Coming Spaceship Earth. *Industrial Ecology open online course* (1966)
- [16] Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future, Hertwich, E. G., Lifset, R., Pauliuk, S., Heeren, N., Ali, S., Tu, Q., Ardente, F., Berrill, P., Fishman, T., Kanaoka, K., Kulczycka, J., Makov, T., Masanet, E. u. Wolfram, P., 2020
- [17] Fleiter, T., Rehfeltdt, M., Herbst, A., Elsland, R., Klingler, A.-L., Manz, P. u. Eidelloth, S.: A methodology for bottom-up modelling of energy transitions in the industry sector: The FORECAST model. *Energy Strategy Reviews* 22 (2018), S. 237–254
- [18] A new Circular Economy Action Plan. For a cleaner and more competitive Europe, Communication from the commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, European Commission, 2020
- [20] Rehfeltdt, M., Herbst, A. u. Porteron, S.: Modelling circular economy action impacts in the building sector on the EU cement industry. *ECEEE Industrial Summer Study Proceedings* (2020), S. 133–143
- [21] Quantification methodology for, and analysis of, the decarbonisation benefits of sectoral circular economy actions, Final report, Le Den, X., Porteron, S., Collin, C., Hvid Horup Sorensen, L., Herbst, A., Rehfeltdt, M., Pfaff, M., Hirschnitz-Garbers, M. u. Velten, E., 2020

Literatur

- [22] Cullen, J. M., Allwood, J. M. u. Bambach, M. D.: Mapping the global flow of steel: from steelmaking to end-use goods. *Environmental science & technology* 46 (2012) 24, S. 13048–13055
- [32] Pauliuk, S., Majeau-Bettez, G. u. Müller, D. B.: A General System Structure and Accounting Framework for Socioeconomic Metabolism. *Journal of Industrial Ecology* 19 (2015) 5, S. 728–741
- [36] Steel statistical yearbook 2018, World Steel Association, 2018
- [37] Steel statistical yearbook 2017, World Steel Association, 2017
- [38] Steel statistical yearbook 2016, World Steel Association, 2016
- [39] Steel statistical yearbook 2015, World Steel Association, 2015
- [40] Steel statistical yearbook 2014, World Steel Association, 2014
- [41] Steel statistical yearbook 2013, World Steel Association, 2013
- [42] Steel statistical yearbook 2012, World Steel Association, 2012
- [43] Steel statistical yearbook 2011, World Steel Association, 2011
- [44] Steel statistical yearbook 2010, World Steel Association, 2010
- [45] Steel statistical yearbook 2009, World Steel Association, 2009
- [46] Steel statistical yearbook 2008, World Steel Association, 2008
- [47] Steel statistical yearbook 2007, International Iron and Steel Institute, 2007

Literatur

- [48] Steel statistical yearbook 2006, International Iron and Steel Institute, 2006
- [49] Steel statistical yearbook 2005, International Iron and Steel Institute, 2005
- [50] Steel statistical yearbook 2004, International Iron and Steel Institute, 2004
- [51] Steel statistical yearbook 2003, International Iron and Steel Institute, 2003
- [52] Steel statistical yearbook 2002, International Iron and Steel Institute, 2002
- [53] Steel statistical yearbook 2001, International Iron and Steel Institute, 2001
- [60] Rehfeldt, M., Fleiter, T. u. Toro, F.: A bottom-up estimation of the heating and cooling demand in European industry. *Energy Efficiency* 11 (2018) 5, S. 1057–1082
- [61] Prospective Scenarios on Energy Efficiency and CO2 Emissions in the EU Iron & Steel Industry. Re-edition, Pardo N, Moya JA u. Vatopoulos K, 2012
- [62] Sato, F. E. K. u. Nakata, T.: Energy Consumption Analysis for Vehicle Production through a Material Flow Approach. *Energies* 13 (2020) 9, S. 2396
- [63] Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Ferrous Metals Processing Industry. Working Draft in Progress, JRC, 2019
- [64] CO2 Emission Factors for Fossil Fuels. CLIMATE CHANGE 28/2016, Jurich, K., 2016
- [65] Sustainability Report, ArcelorMittal, Mexico 2016
- [66] Global Cement and Concrete Association: GNR Project Reporting CO2, 2021. <https://gccassociation.org/gnr/>



Meta Thurid Lotz

Competence Center Energietechnologien und Energiesysteme

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe, Deutschland

☎ +49 721 6809-579

@ meta.thurid.lotz@isi.fraunhofer.de