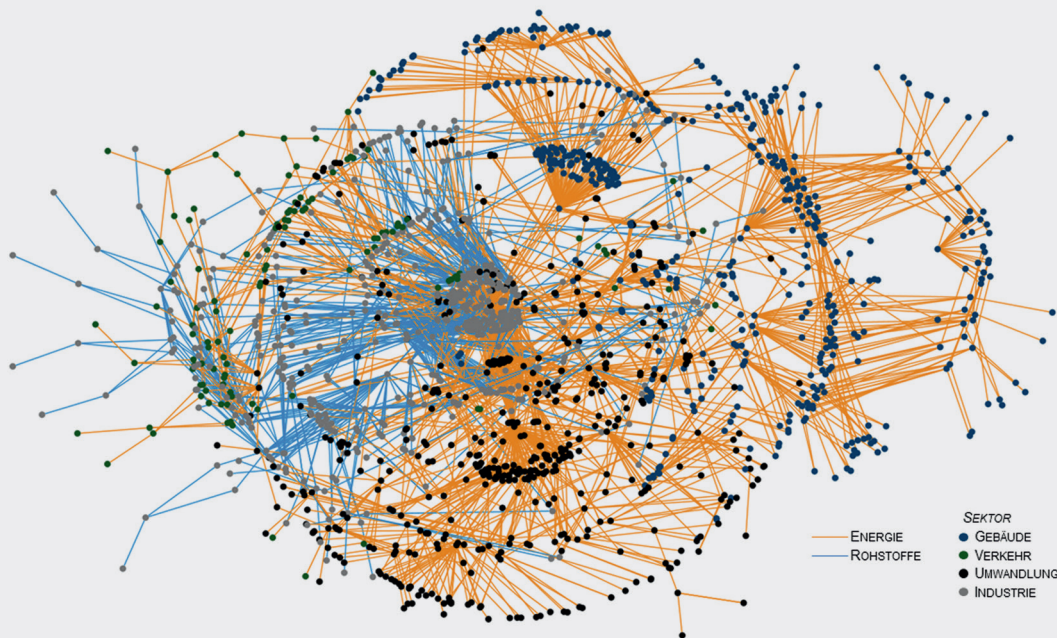


OPTIMALER ROHSTOFFEINSATZ IM DEUTSCHEN ENERGIESYSTEM



Recycling- und Defossilisierungsmaßnahmen der Energieintensiven Industrie Deutschlands im Kontext von CO₂-Reduktionsstrategien

Felix Kullmann

Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 598

ISBN 978-3-95806-672-4

Forschungszentrum Jülich GmbH
Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK)
Techno-ökonomische Systemanalyse (IEK-3)

Recycling- und Defossilisierungsmaßnahmen der Energieintensiven Industrie Deutschlands im Kontext von CO₂-Reduktionsstrategien

Felix Kullmann

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 598

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-672-4

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	I
Abstract	III
Inhaltsverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	IX
Symbolverzeichnis.....	XI
1 Einleitung	1
1.1 Motivation.....	2
1.2 Zielsetzung und Gliederung der Arbeit	3
2 Definitionen und Datengrundlage	5
2.1 Begriffsbestimmungen und Systemgrenzen	5
2.1.1 Recycling	5
2.1.2 Nicht-energetischer Verbrauch.....	6
2.2 Der deutsche Industriesektor.....	9
2.2.1 Metallerzeugung.....	16
2.2.2 Nichteisenmetalle.....	18
2.2.3 Verarbeitung von Steinen und Erden.....	21
2.2.4 Glas und Glasfaser	23
2.2.5 Zellstoff und Papier	25
2.2.6 Grundstoffchemie und Raffinerien	27
2.3 Zusammenfassung.....	30
3 Stand der Energiesystem- und Stoffstrommodellierung.....	33
3.1 Energiesystem- und Stoffstrommodelle.....	33
3.1.1 Charakterisierung von Stoffstrommodellen.....	33
3.1.2 Charakterisierung ausgewählter Energiesystemmodelle	39
3.1.3 Stoffstrommodellierung in Energiesystemmodellen	43
3.2 Nicht-energetischer Verbrauch und Kreislaufwirtschaft der Industrie in aktuellen Energieszenarien	48
3.3 Zusammenfassung und Fazit	60
4 Methodische Modellierung.....	63
4.1 Energiesystemmodell NESTOR	63
4.2 Verfahrensmodellierung ausgewählter Industrien.....	67
4.2.1 Roheisen und Stahl.....	68
4.2.2 Nichteisenmetalle.....	69

4.2.3 Zementklinker	72
4.2.4 Glas und Glasfaser	72
4.2.5 Zellstoff und Papier	73
4.2.6 Grundstoffchemie und Raffinerien	75
4.2.7 Sonstige Industrieprozesse.....	78
4.3 Recycling.....	79
4.3.1 Abschätzung zukünftig verfügbarer Stoffströme.....	79
4.3.2 Endogene Recyclingquoten als Teil der Modelloptimierung	85
4.4 Zusammenfassung	87
5 Analyse der Szenarien zur deutschen Industrietransformation.....	89
5.1 Beschreibung der Szenarien und grundlegenden Rahmendaten	89
5.1.1 Grundannahmen der Szenarienentwicklung	89
5.1.2 Szenarienbaum	93
5.2 Referenzszenario <i>REF95</i>	95
5.2.1 Gesamtenergiesystem	95
5.2.2 Industriesektor	105
5.2.3 Systemkosten der Transformation	115
5.2.4 Modellvalidierung und Einordnung in die Literatur.....	118
5.2.5 Zusammenfassung und Diskussion	123
5.3 Untersuchungen zu Recycling im Kontext des Gesamtenergiesystems	125
5.3.1 Energiesystem ohne Recycling (<i>w/oRec</i>).....	125
5.3.2 Auswirkungen einer erhöhten Recyclingquote (<i>RecX</i>)	138
5.3.3 Sensitivität 1: Variation der Kosten für Sekundärrohstoffe	151
5.3.4 Sensitivität 2: Geringere Industriegüterproduktion.....	154
5.3.5 Zusammenfassung und Diskussion	159
5.4 Untersuchungen zu einer grünen Chemieindustrie	160
5.4.1 Umstellung auf eine erneuerbare Rohstoffversorgung (<i>GreenChem</i>)	160
5.4.2 Defossilisierung ohne Wasserstoffimporte (<i>GreenChemX</i>)	172
5.4.3 Zusammenfassung und Diskussion	182
5.5 Vergleich der Szenarien.....	183
5.5.1 Gesamtenergiesystem	183
5.5.2 Industriesektor	188
5.5.3 Zusammenfassung und Diskussion	191
6 Zusammenfassung	193
7 Anhang	199
7.1 Detailergebnisse Szenario <i>Rec+</i>	199

Inhaltsverzeichnis

7.2 Veränderte Industriegüternachfrage für die Sensitivität 5.3.4	206
Abbildungsverzeichnis	207
Tabellenverzeichnis	217
Literaturverzeichnis.....	219

Energie & Umwelt / Energy & Environment
Band / Volume 598
ISBN 978-3-95806-672-4