

Rohstoffverbrauch und Rohstoffproduktivität - ein Zielkorridor 2030 für NRW

Bericht zum AP 4.2

im Rahmen des Zuwendungsprojektes

„Konzeptionelle Analysen und Überlegungen zur Ausgestaltung
einer Nachhaltigkeitsstrategie NRW aus wissenschaftlicher Sicht.“



Wuppertal, 02. Mai 2016

Impressum

Herausgeber:
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH
Döppersberg 19
42103 Wuppertal
Germany

Fon (+49) 202 / 24 92-0
Fax (+49) 202 / 2492-108
Mail info@wupperinst.org
Web www.wupperinst.org

AutorInnen:
Dipl.-Wirt.-Ing. José Acosta Fernández, lic.rer.reg.
Dipl. Ök. Dorothea Schostok
unter Mitarbeit von Clemens Schneider, M.A. und Alina Ulrich, B.Sc.

Projektleitung:
Prof. Dr.-Ing. Manfred Fishedick
Prof. Dr.-Ing. Oscar Reutter

Wuppertal, 02. Mai 2016

Gefördert durch: **Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen**



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis.....	II
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	VI
1 Kurzfassung.....	1
2 Ziel und Aufbau	3
3 Ausgangslage: Die NRW Spezifika	7
4 Business-as-usual Szenarien und einfache Szenarienrechnung	10
4.1 Die Rohstoffproduktivität in Deutschland und NRW	10
4.2 Trendanalyse und lineare Extrapolation der Rohstoffproduktivität in Deutschland und NRW	12
4.3 Mathematische Ableitung des Zielkorridors für die Verdopplung der Ressourcenproduktivität in Deutschland und NRW	17
4.4 Diskussion und Interpretation der Ergebnisse	29
5 Illustrationsbeispiel: „Ausbau der erneuerbaren Energien für die Zieljahre 2030 und 2050“	33
5.1 Ziel	33
5.2 Szenarioannahmen.....	34
5.3 Rechengang.....	38
5.4 Ergebnisse	46
5.5 Diskussion und Interpretation der Ergebnisse	59
5.6 Grenzen der Analyse	63
5.7 Weiterer Forschungsbedarf	66
6 Ausblick	69
Quellenverzeichnis	70
Anhang	74

Abkürzungsverzeichnis

A	Matrix der technologischen Produktionskoeffizienten
Abs.	Absatz
AK UGRdl	Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder
B	Beschäftigung (geleistete Stunden)
BAU	Business-As-Usual Szenario
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
Bund EK	Bundesregierung Energiekonzept
Bund FB	Bundesregierung Fortschrittsbericht
Bzw.	Beziehungsweise
CCS	Carbon Capture and Storage
CHARM	Cross-Hauling Adjusted Regionalization Method
CPA	Classification of Products by Activity
d.h.	Das heißt
DESTATIS	Statistisches Bundesamt
DEU	Inländische verwertete Rohstoffextraktion
dmi	direkter abiotischer Material Input pro produzierter Produkt-Einheit in NRW
DMI _a	Direkter Materialeinsatz abiotischer Rohstoffe
DMC _a	Direkter Konsum abiotischer Rohstoffe
E	Primärenergieverbrauch
E-IOT	Erweiterte Input-Output Tabelle
Ebd.	ebenda
Etc.	Et cetera
EU	Europäische Union
EU ETS	European Union Emissions Trading System
f.	folgende
FB	Fortschrittsbericht
ff.	fortfolgend
GDMI _a	Globaler direkter Materialeinsatz abiotischer Rohstoffe
Hrsg.	Herausgeber
i.V.m.	In Verbindung mit
IMP	Importe
IO-Tabelle	Input-Output Tabelle
IT.NRW	Information und Technik Nordrhein - Westfalen
IWR	Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien
LIKI	Länderinitiative Kernindikatoren
LC	Low Carbon
LCI	Life-Cycle-Inventories
MFA	Materialflussanalyse
Mio.	Mio.
MKULNV NRW	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
NHS	Nachhaltigkeitsstrategie für Nordrhein-Westfalen
NRW	Nordrhein-Westfalen
NRW.INVEST	Economic Development Agency of the German State of North Rhine-

	Westphalia (NRW)
PJ	Petajoule
ProgRess II	Fortschreibung des deutschen Ressourceneffizienzprogramms
PW	Produktionswert (Umsatz +- Wert der Bestandänderung)
R	Rohstoffverbrauch
RP	Rohstoffproduktivität
S.	Seite
SPD	SPD Landesverband Nordrhein-Westfalen
T	Treibhausgasse
Tab.	Tabelle
THG	Treibhausgasemissionen
TJ	Terajoule
UB NRW	Umweltbericht Nordrhein-Westfalen
UGR	Umweltökonomische Gesamtrechnung
UGRDL	Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder
Vgl.	Vergleiche
VGR	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung
V_i	Verfügungsmenge
W	Bruttowertschöpfung
WZ	Wirtschaftszweige
Y	Gesamte Produktion für den inländischen Konsum und den Export
z.B.	Zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Definitionsvergleich DMI und DMC.....	5
Abbildung 2: Darstellung der Veränderungsmöglichkeiten des Zählers (BIP) und Nenners (DMI_a) für die Berechnung des Quotienten der Rohstoffproduktivität	11
Abbildung 3: Veränderung des BIP, DMI_a und RP von 1994 bis 2030 für Deutschland und NRW – linearer Trend – Index	16
Abbildung 4: Veränderung BIP, DMI_a und RP für Deutschland und NRW 1994 (Index).....	19
Abbildung 5: Veränderung des BIP für Deutschland und NRW ab 1994 (in absoluten Werten).....	20
Abbildung 6: Veränderung des DMI_a für Deutschland und NRW ab 1994 (in absoluten Werten).....	20
Abbildung 7: Veränderung der RP für Deutschland und NRW ab 1994 (in absoluten Werten).....	21
Abbildung 8: Veränderung des DMI_a für Deutschland und NRW ab 1994 und Zielkorridor für den Rohstoffverbrauch ab 2030.....	22
Abbildung 9: Veränderung des DMI_a für NRW ab 1994 und Zielkorridor für den Rohstoffverbrauch ab 2030.....	23
Abbildung 10: Veränderung der Rohstoffproduktivität für NRW und Deutschland ab 1994 und Zielkorridor für die Rohstoffproduktivität ab 2030	24
Abbildung 11: Veränderung des DMI_a für Nordrhein-Westfalen ab 1994 und Zielkorridor für den Rohstoffverbrauch ab 2030.....	30
Abbildung 12: Veränderung der Rohstoffproduktivität für Nordrhein-Westfalen ab 1994 und Zielkorridor für die Rohstoffproduktivität ab 2030	30
Abbildung 13: Vergleich zwischen DMI_a für die inländische Produktion in NRW und dem globalen DMI_a verursacht durch die Nachfrage nach Produkten in NRW	33
Abbildung 14: Übersicht der verwendeten Szenarien-Annahmen aus dem Klimaschutzplan NRW	35
Abbildung 15: Allgemeine Struktur einer Erweiterten Input-Output-Tabelle (E-IOT)	39
Abbildung 16: Schematische Darstellung der Materialströme, die der DMI_a eines Produktions- und Konsumbereichs umfassen.....	47
Abbildung 17: Schematische Darstellung der Materialströme, die global durch die Verwendung von Gütern in den der Privaten Haushalte in NRW verursacht werden.....	52
Abbildung 18: Detaillierte beispielhafte schematische Darstellung der Materialströme, die global durch die Verwendung von chemischen Produkten in NRW verursacht werden	54
Abbildung 19: Zielkorridor für den Rohstoffverbrauch in NRW - Direkter abiotischer Materialinput (gemäß Szenario B, Klimaschutzplan NRW).....	62

Abbildung 20: Zielkorridor für den Rohstoffverbrauch in NRW - Direkter abiotischer Materialinput (gemäß Szenario C, Klimaschutzplan NRW)	62
Abbildung 21: Fokusvergleich Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess I und ProgRess II)	69
Abbildung 22: Übersicht Szenarien Klimaschutzplan NRW	78

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verfahren und Varianten zur Ermittlung der Entwicklung des BIP	13
Tabelle 2: Veränderung des realen Bruttoinlandsprodukts (BIP), der direkten Input von abiotischen Materialien (DMI _a) und der Rohstoffproduktivität (RP) zwischen den Jahren 1994 bis 2050 für Deutschland – linearer Trend	14
Tabelle 3: Veränderung des realen Bruttoinlandsprodukts (BIP), der direkten Input von abiotischen Materialien (DMI _a) und der Rohstoffproduktivität (RP) zwischen den Jahren 1994 bis 2050 für Nordrhein Westfalen – linearer Trend	14
Tabelle 4: Veränderung der verwerteten inländischen Extraktion (DEU) und Importe (IMP) von NRW zwischen 1994 und 2030 nach Materialkategorien – linearer Trend	15
Tabelle 5: Abschätzung der Veränderung des BIP und des DMI _a für Deutschland ab 2020 unter der Prämisse der Verdoppelung der Rohstoffproduktivität von 1994.....	18
Tabelle 6: Abschätzung der Veränderung des BIP und des DMI _a für NRW ab 2020 unter der Prämisse der Verdoppelung der Rohstoffproduktivität von 1994	18
Tabelle 7: Veränderung der Ressourcenproduktivität in Deutschland und NRW unter der Annahme eines konstanten Ressourcenverbrauchs ab 2020	22
Tabelle 8: Veränderung der Rohstoffproduktivität in Deutschland und NRW ab 1994 auf Basis des BAU Szenarios und der einfachen Szenarienrechnung.....	23
Tabelle 9: Zusammensetzung des abiotischen direkten Materialinput von NRW in 2020 (abgeschätzt)	24
Tabelle 10: DMI _a nach Materialkategorien – Vergleich zwischen UGRdL und Klimaschutzplan NRW	27
Tabelle 11: Veränderung des abiotischen direkten Materialinput (DMI _a) der THG-intensiven Industrien in NRW in 2030 gegenüber 2010 gemäß der Szenarien B, B2, C und C2 des Klimaschutzplans NRW.....	28
Tabelle 12: Zielkorridor Rohstoffverbrauch NRW 2030 pro Kopf	31
Tabelle 13: Nettoerzeugung von Strom und (Fern)Wärme in NRW im Jahr 2010, 2030 und 2050; Szenario B Klimaschutzplan NRW	36
Tabelle 14: Nettoerzeugung von Strom und (Fern)Wärme in NRW im Jahr 2010, 2030 und 2050; Szenario C Klimaschutzplan NRW.....	37
Tabelle 15: Derivativ ermittelte erweiterte Input-Output Tabelle 2010 für NRW.....	43
Tabelle 16: Direkter abiotischer Materialinput in NRW im Jahr 2010 und 2030 und 2050 nach Produktions- und Konsumbereiche gemäß Szenario B im Klimaschutzplan NRW (unverändertes BIP und Nachfrage).....	48
Tabelle 17: Direkter abiotischer Materialinput in NRW im Jahr 2010 und 2030 und 2050 nach Produktions- und Konsumbereiche gemäß Szenario B im Klimaschutzplan NRW (1,2% p/a BIP-Veränderung und -5% Energienachfrage in 2050).....	49

Tabelle 18: Direkter abiotischer Materialinput in NRW im Jahr 2010 und 2030 und 2050 nach Produktions- und Konsumbereiche gemäß Szenario C im Klimaschutzplan NRW (unverändertes BIP und -11,3% Energienachfrage in 2050).....	50
Tabelle 19: Direkter abiotischer Materialinput in NRW im Jahr 2010 und 2030 und 2050 nach Produktions- und Konsumbereiche gemäß Szenario C im Klimaschutzplan NRW (0,6% p/a BIP-Veränderung und -11,3% Energienachfrage in 2050).....	51
Tabelle 20: Globaler direkter abiotischer Materialaufwand verursacht durch den inländischen Konsum und Export von NRW im Jahr 2010 und 2030 und 2050 nach Gütergruppen gemäß Szenario B im Klimaschutzplan NRW (unverändertes BIP und Nachfrage).....	55
Tabelle 21: Globaler direkter abiotischer Materialaufwand verursacht durch den inländischen Konsum und Export von NRW im Jahr 2010 und 2030 und 2050 nach Gütergruppen gemäß Szenario B im Klimaschutzplan NRW (+1,2% p/a BIP-Veränderung und -5% Energienachfrage in 2050).....	56
Tabelle 22: Globaler direkter abiotischer Materialaufwand verursacht durch den inländischen Konsum und Export von NRW im Jahr 2010 und 2030 und 2050 nach Gütergruppen gemäß Szenario C im Klimaschutzplan NRW (unverändertes BIP und -11,3% Energienachfrage in 2050).....	57
Tabelle 23: Globaler direkter abiotischer Materialaufwand verursacht durch den inländischen Konsum und Export von NRW im Jahr 2010 und 2030 und 2050 nach Gütergruppen gemäß Szenario C im Klimaschutzplan NRW (+0,6% p/a BIP-Veränderung und -11,3% Energienachfrage in 2050).....	58
Tabelle 24: Übersicht der Szenario-Annahmen und Ergebnisse der durchgeführten Modellierungen zur Ermittlung von Rohstoffverbrauchsauswirkungen der Produktion und Konsum auf Basis der Szenario-Annahmen des Klimaschutzplans NRW.....	59
Tabelle 25: Rohstoffrelevante Ziele – Deutschland und NRW	74
Tabelle 26: Bruttoinlandsprodukt (preisbereinigt), Teilausschnitt für ausgewählte Jahre – Linearer Trend (Excel Schätzer)	76
Tabelle 27: Bruttoinlandsprodukt (preisbereinigt), Teilausschnitt für ausgewählte Jahre – konstante jährliche Wachstumsrate	76
Tabelle 28: Vergleich der Ziele und Indikatoren von ProgRess I und Progress II	77
Tabelle 29: Annahmen Szenarien Klimaschutzplan NRW	79

1 Kurzfassung

Die Bundesregierung hat sich in der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie das Ziel gesetzt die Rohstoffproduktivität in Deutschland bis zum Jahr 2020 gegenüber dem Jahr 1994 zu verdoppeln. Der hier vorliegende Bericht untersucht die Möglichkeiten zur Übertragung dieses nationalen Ressourcenziels auf das Land Nordrhein-Westfalen (NRW) für das Zieljahr 2030, unter Verwendung verschiedener Berechnungsverfahren und entsprechend der speziellen Stellung des Landes im nationalen Vergleich. Zudem gibt der Bericht einen Einblick in ein vom Wuppertal Institut für das Land NRW eigens entwickeltes Rohstoffmodell. Dieses zeigt auf Basis einer erweiterten Input-Output Tabelle die Auswirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien für den regionalen und globalen direkten abiotischen Materialinput des Landes NRW anhand eines Illustrationsbeispiels.

Im Fall einer einfachen Trendexploration (Business-As-Usual Szenario) kann das Land NRW das bundesdeutsche Ressourcenziel im Jahr 2050 nicht erreichen. Selbst unter der Annahme eines kräftigen, kontinuierlichen Wachstums des Bruttoinlandsproduktes (BIP) von jährlich 1,25% ist die beabsichtigte Verdoppelung der Rohstoffproduktivität für NRW bei einer Fortführung der gegenwärtigen Produktions- und Konsummustern unwahrscheinlich. Das liegt insbesondere an der jährlichen Zunahme des direkten Materialeinsatzes abiotischer Rohstoffe (DMI_a) durch Rohstoffimporte.

Im Fall der einfachen Szenarienrechnung kann das Land NRW eine Verdopplung der Ressourcenproduktivität gegenüber dem Basisjahr 1994, unter der Annahme einer jährlichen Zunahme des BIP von 0,89%¹, frühestens im Jahr 2030 erreichen - jedoch nur unter bestimmten Bedingungen. Als unterer Rand² des Zielkorridors für den Rohstoffverbrauch von 1994 bis 2030 ergibt sich eine notwendige Reduktion um rund 170 Mio. Tonnen (von 481 auf 312 Mio. Tonnen). Dies entspricht einer absoluten Verringerung von rund 35% gegenüber dem Basisjahr 1994 bzw. einer jährlichen Minderungsrate von rund 2,3% ab 2015. Der obere Rand des Zielkorridors für den Rohstoffverbrauch von 1994 bis 2030 bedeutet eine notwendige Reduktion von 481 auf 337 Mio. Tonnen (d.h. um rund 144 Mio. Tonnen). Dieses entspricht einer absoluten Verringerung des Rohstoffverbrauchs um rund 30% gegenüber 1994, bzw. einer jährlichen Minderungsrate von rund 2% ab 2015.

Mit der Verringerung des Rohstoffverbrauchs um 35% kann die Verdoppelung der Rohstoffproduktivität, unter Berücksichtigung der angenommenen Entwicklung des BIP, im Jahr 2030 erreicht werden. Zur zukünftigen Senkung des Rohstoffverbrauchsniveaus in dieser Größenordnung kann der Ausbau erneuerbarer Energien und damit die substantielle Reduktion der inländischen Extraktion fossiler Rohstoffe in NRW einen wesentlichen Beitrag leisten.

¹ Das jährliche Wachstum des realen BIP von 0,89% wurde auf Basis einer konstanten jährlichen Wachstumsrate bis 2030 berechnet, dem der Mittelwert des realen BIP von 1991 bis 2013 zu Grunde liegt. Das ausführliche Berechnungsverfahren, sowie ein Abgleich der Ergebnisse mit Annahmen zum Wirtschaftswachstum im Klimaschutzplan und weiteren Studien ist in Kapitel 4.3 dargestellt.

² Der untere Rand des Zielkorridors für den Indikator Rohstoffverbrauch beschreibt die *best case* Variante (niedriger Rohstoffverbrauch) im Vergleich zum BAU Szenario. Der obere Rand des Zielkorridors liegt zwischen den Varianten der BAU und des *best case* Wertes. Im Fall des Indikators Rohstoffproduktivität ist dieses spiegelverkehrt. Die obere Variante (höhere Produktivitätsrate) ist der *best case* Wert und die untere Variante liegt zwischen dem *best case* und dem BAU Wert.

Die einfache Szenarienberechnung basiert für die Ableitung des Zielkorridors auf der Grundannahme, dass das Land NRW die oben genannte nationale Zielsetzung analog übernimmt. Werden dagegen die Spezifika des Landes NRW berücksichtigt, wie z.B. der Anteil der in NRW lebenden Bevölkerung, der Anteil von NRW am nationalen Bruttoinlandsprodukt und die traditionelle Industriestärke des Landes, erscheint die einfache Übertragbarkeit der nationalen Vorgaben bei der Ermittlung der Zielkorridore diskussionswürdig. Entsprechend der besonderen Verantwortung und Bedeutung des Landes NRW gegenüber dem Bund stellen die in diesem Bericht ermittelten Zielkorridore daher eher einen Mindestbeitrag des Landes NRW zur Verwirklichung der Reduktion des Rohstoffverbrauchs und zur Steigerung der Rohstoffproduktivität auf nationaler Ebene dar.

Für die Festlegung von Zielwerten im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie NRW wird auf Basis der vorliegenden Untersuchungsergebnisse und der derzeit geltenden Berechnungsvorschriften der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie vorgeschlagen, dass für den Indikator Rohstoffverbrauch der untere Rand des Zielkorridors und für den Indikator Rohstoffproduktivität der obere Rand des Zielkorridors als quantifizierte und terminierte Zielsetzung in die Nachhaltigkeitsstrategie des Landes NRW aufgenommen wird. Zudem wird angeregt, auf Grund der Bevölkerungsstärke und -dichte des Landes, diese Indikatoren pro Einwohner auszuweisen. Das ermöglicht einen besseren Vergleich der Ziele und jeweils erreichten Erfolge mit den anderen Bundesländern und dem Bundesdurchschnitt.

Methodisch wird der Zielkorridor für die beiden Indikatoren Rohstoffverbrauch und Rohstoffproduktivität mit einer einfachen Szenarienberechnung und einem Rohstoffmodell auf Basis einer erweiterten Input-Output Tabelle ermittelt. In einem Illustrationsbeispiel ist die Anwendung und Funktionsweise dieses Rohstoffmodells samt Ergebnisextraktion sowie Potenzialen, Grenzen und Weiterentwicklungsmöglichkeiten des Modells dargestellt. Zudem zeigt das Illustrationsbeispiel für einen ausgewählten wesentlichen Bereich - dem Ausbau der Produktionssysteme erneuerbarer Energien für Strom und Wärme gemäß den Klimaschutzplan NRW-Szenarien B und C - die Auswirkungen auf den inländischen und globalen abiotischen direkten Materialinput für die Zieljahre 2030 und 2050.

Abschließend wird in diesem Bericht auf die aktuelle Weiterentwicklung der Indikatoren Rohstoffverbrauch und Rohstoffproduktivität hingewiesen, die im Rahmen der Fortschreibung des deutschen Ressourceneffizienzprogramms zur Zeit auf nationaler Ebene diskutiert wird.

2 Ziel und Aufbau

Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen entwickelt derzeit eine Nachhaltigkeitsstrategie für Nordrhein-Westfalen (NRW). Das Wuppertal Institut führt unter Förderung des nordrhein-westfälischen Umweltministeriums (MKULNV NRW) „Konzeptionelle Analysen und Überlegungen zur Ausgestaltung einer Nachhaltigkeitsstrategie NRW aus wissenschaftlicher Sicht“ durch. Mit dem Projekt, das neun Arbeitspakete umfasst, sollen aus wissenschaftlicher Sicht Beiträge und Impulse für die Erstellung der Nachhaltigkeitsstrategie des Landes geleistet werden. Die Ergebnisse der durchgeführten Analysen werden mit Arbeitspapieren und Berichten dokumentiert, so dass sie bei der Entwicklung der Nachhaltigkeitsstrategie für NRW genutzt werden können.

In dem aktuell vorliegenden „Entwurf einer Nachhaltigkeitstrategie für Nordrhein-Westfalen“ (Stand September 2015) ist dargestellt, dass „der steigenden weltweiten Nachfrage nach Rohstoffen gegenüberstehenden begrenzten Verfügbarkeit und den mit dem Rohstoffverbrauch verbundenen Umweltbelastungen entgegenzuwirken“ ist. Dabei sind „unter anderem die Steigerung des Ressourcenschutzes und die Erhöhung der Ressourcen- und Energieeffizienz von besonderer Bedeutung.“³ Darum weist die Landesregierung darauf hin, dass eine substanzielle Steigerung der Rohstoffproduktivität zielleitend ist.⁴

Der hier vorgelegte Bericht ist im Arbeitspaket 4 „Systematische Analyse ausgewählter Handlungsfelder und Identifikation von konkreten Handlungsansätze“ verortet und stellt die Ergebnisse des Arbeitspaketes 4.2 zu den Vertiefungen der Handlungsansätze und im Besonderen der Wechselwirkungen dar. Die Ableitung des Zielkorridors 2030 für die Rohstoffindikatoren ist eine vertiefende Analyse von Wechselwirkungen zwischen zwei zentralen Handlungsfeldern⁵ Klimaschutz (u.a. Senkung der Treibhausgasemissionen gemäß Klimaschutzgesetz NRW und Klimaschutzplan NRW) und nachhaltiges Wirtschaften (Senkung des Rohstoffverbrauchs und Erhöhung der Rohstoffproduktivität). Zudem werden Wechselwirkungen zu wesentlichen rohstoffrelevanten politischen Zielsetzungen der Bundes- und Landesebene untersucht.⁶

Das Ziel der Untersuchung ist die Ableitung eines geeigneten (quantitativen) Zielkorridors 2030 für die beiden Indikatoren „Rohstoffproduktivität“ und „Rohstoffverbrauch“ (Direkter Materialeinsatz abiotischer Rohstoffe ohne indirekte, in Produkte eingebettete, Rohstoffimporte) für das Land NRW, der auf der Erstellung (einfacher) Szenarien beruht und konsistent mit den im Klimaschutzplan NRW entwickelten Szenarien ist.

Die für diesen Bericht zu Grunde gelegte Definition für den Rohstoffverbrauch und im Weiteren für die Rohstoffproduktivität für das Land NRW ist an die Definition der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie angelehnt.⁷ Dieses ermöglicht einen Vergleich der beiden Indikatoren „Rohstoffverbrauch“ und „Rohstoffproduktivität“ zwischen der Bundesebene und dem Land NRW zu ziehen. In der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie wird für

³ MKLUNV NRW 2015, S. 5.

⁴ MKLUNV NRW 2015, S. 28.

⁵ Die Handlungsfelder beziehen sich auf die von der Landesregierung NRW im Kabinett beschlossenen Handlungsfelder der Nachhaltigkeitsstrategie NRW (vgl. MKULNV NRW 2013).

⁶ Vgl. Kapitel 5 i.V.m. Tabelle 25 (Anhang).

⁷ Vgl. Statistisches Bundesamt 2014, S. 72.

die Messung der Rohstoffproduktivität der Rohstoffverbrauch als direkter abiotischer Materialinput (DMI_a) ausgewiesen: Rohstoffproduktivität = Bruttoinlandsprodukt / Einsatz von abiotischem Primärmaterial im Inland. Die Rohstoffproduktivität drückt aus wie viel Bruttoinlandsprodukt (in Euro, preisbereinigt) je eingesetzter Tonne abiotischen Primärmaterials erwirtschaftet wird. Zum abiotischen Primärmaterial zählen die im Inland entnommenen Rohstoffe, ohne land- und forstwirtschaftliche Erzeugnisse, sowie alle importierten abiotischen Materialien (Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren).⁸ Dementsprechend lautet die hier aus der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie für das Land NRW übersetzte Berechnungsvorschrift für den Rohstoffverbrauch: Inländisch verwertete Entnahme abiotischer Rohstoffe + Importe abiotischer Rohstoffe aus dem Ausland + Importe abiotischer Rohstoffe aus anderen Bundesländern.

Diese Definition entspricht dem DMI_a - direkter abiotischer Materialinput. Gemäß dieser Definition wird dabei die Einfuhr mit der Ausfuhr von Produkten und Rohstoffen nicht saldiert. Also sind die Exporte kein Teil der Berechnung. Davon abweichend erfolgt die Berechnung des Rohstoffverbrauchs im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder (UGRdL). Die in der UGRdL verwendete Definition des Rohstoffverbrauchs lautet wie folgt: Inländische verwertete Entnahme abiotischer Rohstoffe + Einfuhr abiotischer Güter +/- Saldo aus Empfang und Versand abiotischer Güter zwischen den Bundesländern⁹. Die beiden Definitionen unterscheiden sich also darin, ob die "Exporte", wenn auch nur teilweise, d.h. in Form des "Versandes" abiotischer Güter in der Gleichung mit berücksichtigt werden (UGRdL) oder nicht (Nationale Nachhaltigkeitsstrategie).

Die Definition der Bundesregierung wird in diesem Bericht insbesondere aus Gründen der Vergleichbarkeit des Landes NRW zum Bund angewandt. In einer Systembetrachtung entspricht dieses dem äquivalenten Verhältnis bei der Indikatorenberechnung zwischen der EU und der Bundesrepublik Deutschland, bei der entsprechend auch keine Importe und Exporte mit den restlichen europäischen Ländern saldiert werden, um den direkten abiotischen Materialinput Deutschlands zu ermitteln. Ferner zählen zu den Importen bzw. Exporten Deutschlands dabei nicht nur die Güter, die die EU-Außengrenze überschreiten. Im Falle der Bundesländer führt die Saldierung des Empfang und des Versandes abiotischer Güter zu einer Reduktion des Rohstoffverbrauchs, insbesondere der Export orientierten Bundesländer. Die Größenordnung der Abweichung zwischen der Verwendung der Definitionen für das Land NRW liegt z.B. im Jahr 1994 bei rund 27%:

- auf Basis der Definition der UGRdL liegt der DMI_a bei 380.909 tsd. Tonnen¹⁰,
- auf Basis der Definition der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie liegt der $DI M_a$ bei 481.998 Mio. Tonnen¹¹.

⁸ Statistisches Bundesamt 2014, S. 72.

⁹ Vgl. Statistische Ämter der Länder 2012, S. 1.

¹⁰ Vgl. AK UGRdL 2014, Tabelle 3.24.

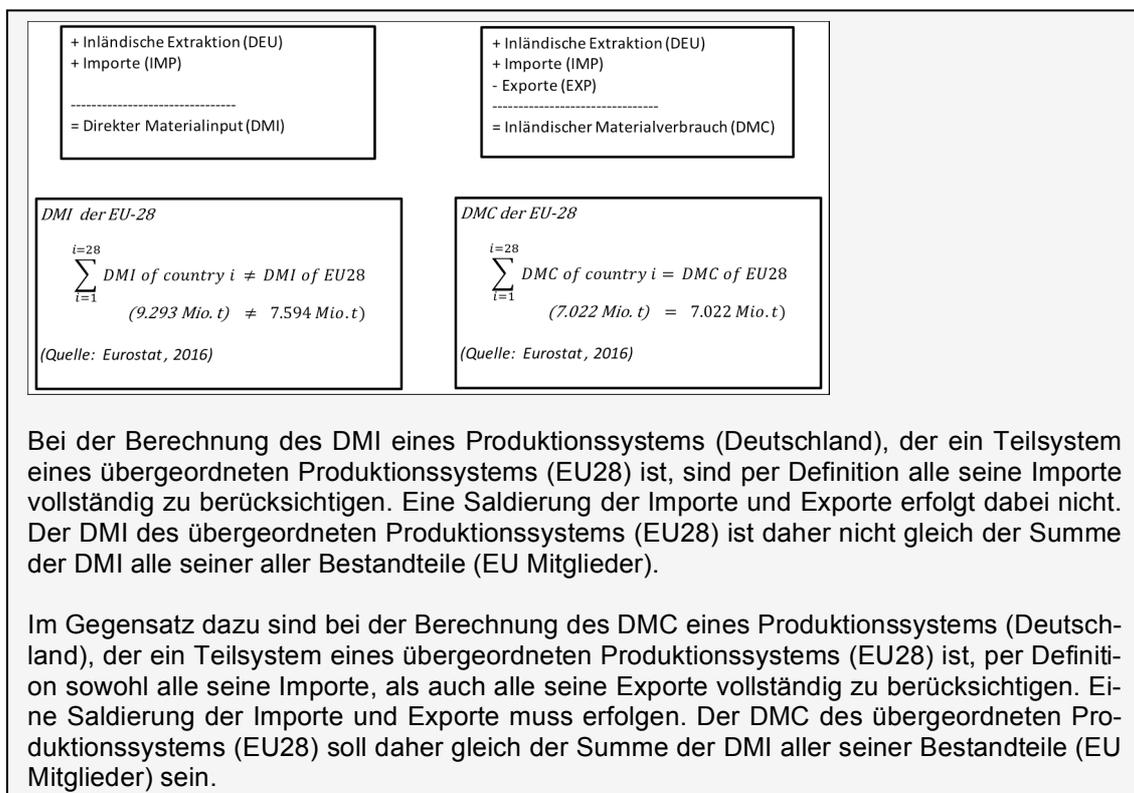
¹¹ Vgl. Tabelle 6; eigene Berechnung, ausgehend von AK UGRdL 2014, Tabelle 2.1.10.

Ferner wird die Definition der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie verwendet, da der Rohstoffverbrauch und das Bruttoinlandsprodukt des Landes NRW zum beachtlichen Teil durch die Produktion von Gütern für den "Export" in die anderen Bundesländer verursacht werden. Folglich ist alles, was in NRW eingeführt wird - sei es aus dem deutschen Ausland oder aus den anderen Bundesländer – die "Importe" des Landes NRW. Sie verkörpern also eine bestimmte Ressourcenverbrauchsmenge. Gleiches gilt für die Exporte.

Bezüglich der abiotischen Materialien stellte im Jahr 1994 der Versand in die anderen Bundesländer (Exporte von NRW in die anderen Bundesländer) rund 145% der Exporte von NRW ins Ausland dar (Materialflussrechnung NRW).¹² Damit handelt es sich um eine wesentliche Größe, die nicht zu saldieren ist.

Bestünde hingegen das Untersuchungsziel in der Ausklammerung der Exporte aus der Indikatorenberechnung, so würde die Berechnung konsequenterweise auf Basis der Definition des DMC (hier abiotische Direkter Materialkonsum DMC_a) erfolgen. Dieses würde bedeuten, dass der gesamte Export des Produktionssystems (egal wohin) abgezogen werden würde. Der DMC_a ist allerdings nicht die von der Bundesregierung in der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie verwendete Größe und damit auch nicht die Grundlage der Berechnungsvorschriften dieser Untersuchung.

Abbildung 1: Definitionsvergleich DMI und DMC



Quelle: eigene Darstellung.

¹² Vgl. AK UGRdL 2014.

Dieser Bericht behandelt folgende Leitfragen:

1. Wie sieht die bisherige Entwicklung der Indikatoren Rohstoffproduktivität und Rohstoffverbrauch, bezogen auf das Basisjahr 1994, auf Bundesebene und für das Land NRW aus?
2. Wie würden sich die Rohstoffindikatoren im Fall einer einfachen Trendexploration bis 2030 als „Business-As-Usual (BAU) Szenario“ weiterentwickeln?
3. Was sind die relevanten Größen und Treiberfaktoren für den Rohstoffverbrauch in NRW?
4. Wie sieht der Zielkorridor für die beiden Rohstoffindikatoren „Rohstoffproduktivität“ und „Rohstoffverbrauch für NRW für den Zeithorizont 1994 – 2030 (mit Ausblick auf 2050) aus? Welche Rahmung ergibt sich dabei durch eine obere (theoretische) Grenze: Übernahme des Bundesziels der Verdopplung der Rohstoffproduktivität von 1994 bis 2020 und entsprechende Fortschreibung; sowie durch eine untere Grenzen: Fortschreibung des aktuellen Trends der Entwicklung der Rohstoffproduktivität in NRW?

Die Leitfragen für das Illustrationsbeispiel lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Für 2030: Wie verändert sich der durch die Produktion und den Konsum in NRW verursachte, direkte abiotische Materialinput, wenn im Jahr 2030 der Anteil der Energieproduktion (Strom und Wärme) auf der Basis erneuerbarer Energien in NRW über 34% liegt?
2. Für 2050: Wie verändert sich in dem Modell der durch die Produktion und den Konsum in NRW verursachte, direkte abiotische Materialinput, wenn im Jahr 2050 der Anteil der Energieproduktion (Strom und Wärme) auf der Basis erneuerbarer Energien in NRW über 50% liegt?

Der vorliegende Bericht gliedert sich in insgesamt sechs Kapitel. Nach einer kurzen Zusammenfassung und der in diesem Kapitel 2 dargestellten Zielsetzung dieses Berichts, folgt im Kapitel 3 die Beschreibung der Ausgangslage anhand wesentlicher NRW Spezifika. In Kapitel 4 wird der aktuelle Stand der Rohstoffproduktivität in Deutschland und NRW, sowie die mathematischen Möglichkeiten zur Senkung der Rohstoffproduktivität dargestellt. Das Kapitel 4 enthält zudem die Berechnungsverfahren und Ergebnisse des „Business-As-Usual (BAU) Szenario“ (Kapitel 4.2) und der mathematischen Ableitung eines Zielkorridors für die Indikatoren „Rohstoffverbrauch“ und „Rohstoffproduktivität“ für das Land NRW 2030 (Kapitel 4.3). Die Ableitung erfolgt auf Basis einer einfachen Szenariorechnung, die im Anschluss an die Berechnung einer jährlichen Steigerung des Bruttoinlandsproduktes (BIP) die notwendige Reduktion des Rohstoffverbrauchs ermittelt. In Kapitel 5 wird anhand eines Illustrationsbeispiels verdeutlicht, wie die Berechnung der Auswirkungen auf den inländischen und globalen abiotischen direkten Materialinput für die Zieljahre 2030 und 2050 durch ein vom Wuppertal Institut entwickelte Rohstoffmodell, auf der Grundlage einer erweiterten Input-Output Tabelle für NRW, durchgeführt werden kann. Der Bericht schließt im Kapitel 6 mit einem kurzen Ausblick auf die Fortschreibung des deutschen Ressourceneffizienzprogramms (ProgRess II)¹³.

¹³ Vgl. BMUB 2015.

3 Ausgangslage: Die NRW Spezifika

Das Land NRW ist das am dichtesten besiedelte Flächen-Bundesland (515 Einwohner je km²) in Deutschland und mit rund 17,6 Mio. Einwohnern (22% der deutschen Bevölkerung) einer der bedeutendsten urbanen Ballungsräume in Europa.¹⁴ Das Land NRW ist eine national und international bedeutsame Wirtschaftsregion: 21,9% (625 Mrd. Euro) des deutschen BIP sind im Jahr 2013 in NRW erwirtschaftet worden, das sind 4,6% des europäischen BIP (EU-28).¹⁵

NRW ist eine national und international bedeutsame Industrieregion. In NRW haben 19 der 50 größten Unternehmen Deutschlands ihren Hauptsitz.¹⁶ Insgesamt 19,2% des deutschen Industrieumsatzes¹⁷ entstehen in NRW.¹⁸ Mit einem Anteil des verarbeitenden Gewerbes von 19,8% des in NRW erwirtschafteten BIP, zählen folgende Wirtschaftszweige zu den Umsatzstärksten im Jahr 2013:

- Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln,
- Herstellung von chemischen Erzeugnissen,
- Metallerzeugung und, -bearbeitung,
- Herstellung von Metallerzeugnissen,
- Maschinenbau,
- Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen.¹⁹

„Die Exportquote (Anteil des Auslandsumsatzes am Gesamtumsatz) [des Landes NRW] stieg in dem Zeitraum von 2008 bis 2013 von 42 auf 43 Prozent.“²⁰ Insgesamt werden 15,9% der Exportgüter Deutschlands in NRW produziert – dies ergibt im Jahr 2014 einen Exportwert von 180,6 Mrd. Euro.²¹

Das Land NRW ist mit 27,67% der deutschen Stromproduktion (2013)²² und einem Anteil von 100% der Stein- und 53,8% der Braunkohleförderung (2013) in Deutschland die bedeutendste Energie- und Kohleförderregion der Bundesrepublik²³. Aber auch auf der Konsumseite gehört NRW zum Energieland Nummer 1: 31,3% des deutschen Energie-²⁴ und 23,7% des deutschen Nettostroms werden im Jahr 2013 in NRW verbraucht²⁵. Davon hat die nordrhein-westfälische Industrie einen Anteil von 28% am deutschen Nettostromverbrauch²⁶ und emittiert 18,6% der industriell verursachten Treibhausgasemissionen (THG) in Deutschland²⁷. Die THG-Emissionen der Energiewirtschaft in NRW belaufen sich auf einen Anteil von 36% in Bezug auf die verursachten THG Emissionen der Energiewirtschaft in ganz Deutschland²⁸.

¹⁴ Vgl. Statistisches Bundesamt 2014a, S. 26.

¹⁵ Vgl. NRW.INVEST o.J.

¹⁶ Vgl. Landesregierung NRW 2014, S. 7.

¹⁷ Anteil differenziert nach Hauptgruppen: Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden (17,31%) sowie Verarbeitendes Gewerbe (19,2%).

¹⁸ Vgl. Statistisches Bundesamt 2015a, S. 7, 17.

¹⁹ Vgl. IT.NRW 2014, S. 12.

²⁰ IT.NRW 2014, S. 12.

²¹ Vgl. NRW.INVEST o.J.

²² IWR o.J. a.

²³ Vgl. BMWi 2014, S. 41.

²⁴ Vgl. IWR o.J. b.

²⁵ Vgl. IWR o.J. c.

²⁶ Ebd.

²⁷ Vgl. MKULNV NRW 2014, S. 11.

²⁸ Vgl. MKULNV NRW 2014, S. 11.

Die dargestellten Kennzahlen verdeutlichen die energie- und rohstoffintensive Wirtschaftsstruktur des Landes NRW, welcher bei der Zielsetzung eines Minderungskorridors für die Indikatoren Rohstoffverbrauch und Rohstoffproduktivität besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden sollte. Zum einen muss dem Land NRW damit eine besondere Bedeutung beim Erreichen des bundesweiten Ziels zur Verdopplung der Rohstoffproduktivität bis 2020 im Vergleich zum Jahr 1994²⁹ zugemessen werden, die sich in einer ambitionierten Politik zur Steigerung der Energie- und insbesondere Rohstoffeffizienz, sowie zur Entkopplung von Rohstoffverbrauch und Wirtschaftswachstum widerspiegeln sollte. Zum anderen werden die damit einhergehenden großen Herausforderungen angesprochen.

Das Land NRW hat als erstes Bundesland in Deutschland strategische Ziele zur Treibhausgasminderung bis zum Jahr 2030/ 2050 in einem Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes in Nordrhein-Westfalen - Klimaschutzgesetz NRW³⁰ - verankert. Die notwendigen und möglichen Strategien und Maßnahmen für das Erreichen der im Klimaschutzgesetz NRW verankerten Ziele, sind im Klimaschutzplan - Klimaschutz made in NRW³¹ - dargestellt, die als Roadmap verschiedene Handlungsansätze zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung beinhaltet. Darüber hinaus sind im Rahmen des Klimaschutzplans „Szenarien für die zukünftige Entwicklung des Energiesystems in Deutschland und NRW“ modelliert worden. „Hierfür wurde (...) ein Energiesystemmodell eingesetzt, in das die mit den [sechs sektoralen] Arbeitsgruppen abgestimmten Annahmen zu Strategien, zentralen Parametern sowie zu Rahmendaten“ eingegangen sind.³²

Bei dem Energiesystemmodell handelt es sich um ein technologisch hoch aufgelöstes Bottom-up Modell, das mit einem Optimierungsmodell zur Simulation des Kraftwerkseinsatzes gekoppelt ist. Das verwendete Modell fokussiert diejenigen Prozesse, die THG-relevant sind, sodass der Klimaschutzplan zwar fast vollständig den energetischen Teil des direkten Materialeinsatzes abiotischer Rohstoffe (DMI_a), nicht aber den nichtenergetischen Verbrauch wie z.B. Schmieröle und -mittel, und Wachse, sowie den stofflichen Verbrauch der Spezialchemieindustrie umfasst. Der Bilanzraum der Szenarien aus dem Klimaschutzplan ist damit kleiner als der Bilanzraum, der in der vorliegenden Untersuchung zur Ermittlung der Zielkorridore für die Rohstoffindikatoren verwendet wird. Die Daten im Referenzjahr 2010 basieren in den Szenarien des Klimaschutzplans NRW auf der Energiebilanz NRW 2010³³, sowie auf Auswertungen der im Rahmen des EU ETS gewonnenen Daten und Verbandsdaten. Die statistische Grundlage für die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung errechneten Zeitreihen 1994-2012 besteht in der Umweltökonomischen Gesamtrechnung (der Länder)³⁴. Diese Unterschiede sind insofern für die hier vorgestellte Untersuchung wichtig, als dass sie die unterschiedlichen Zielsetzungen und Ansatzpunkte aufzeigen und damit mögliche Abweichungen begründen.

²⁹ Vgl. Statistisches Bundesamt 2014b, S. 8.

³⁰ Vgl. Klimaschutzgesetz NRW 2013.

³¹ Vgl. Landesregierung NRW 2015.

³² Wuppertal Institut 2014, S. 11

³³ Vgl. IT.NRW 2010.

³⁴ Vgl. Statistisches Bundesamt 2014c und AK UGRdL 2014.

Die für diese Untersuchung relevanten Szenarien des Klimaschutzplans NRW sind die Szenarien B und C für das Zieljahr 2030, sowie die Szenariovarianten B2 und C2 für das Zieljahr 2050.³⁵ Eine Zusammenfassung der Annahmen zu den einzelnen Szenarien im Klimaschutzplan sind in der Abbildung 21 und der Tabelle 29 (Anhang) dargestellt. Die Szenariovariante B1 wird auf Grund der Annahme einer geringeren energetischen Sanierungsrate nicht betrachtet. Das Szenario BCCS wird in dieser Untersuchung nicht betrachtet, da es einen niedrigen Ausbaupfad für erneuerbare Energien annimmt, Carbon Capture and Storage (CCS) als Technologieoption zulässt und die „ab 2025 vom Netz gehende Braunkohlekapazitäten durch den Neubau von CCS Braunkohlekraftwerken ersetzt“³⁶, welches zu Erhöhung des DMI_a führen würde. Zudem ist der Einsatz der CCS Technologie in NRW politisch nicht erwünscht.³⁷ Das Szenario A und seine Varianten werden an dieser Stelle ebenfalls nicht berücksichtigt, da ein niedriger Ausbaupfad der erneuerbaren Energien in NRW angenommen wird und diese Szenarien außerhalb des Entwurfs zum Klimaschutzplan formulierten Zielkorridors für die THG-Minderung in NRW bis 2050 liegen.

³⁵ Vgl. Wuppertal Institut 2014a, S. 17-20.

³⁶ Wuppertal Institut 2014a, S. 50.

³⁷ Vgl. NRWSPD – Bündnis 90/Die Grünen NRW 2012, S. 44.

4 Business-as-usual Szenarien und einfache Szenarienrechnung

4.1 Die Rohstoffproduktivität in Deutschland und NRW

Der auf Bundesebene derzeit noch geltende Nachhaltigkeitsindikator Rohstoffproduktivität drückt aus wie effizient abiotische Materialien eingesetzt wurden, um das Bruttoinlandsprodukt (BIP) zu erwirtschaften.³⁸ Um die Rohstoffproduktivität zu ermitteln, wird ein Quotient gebildet, der das Bruttoinlandsprodukt (BIP) im Zähler und die direkt in Deutschland bzw. NRW eingesetzten, abiotischen Materialien (DMI_a) im Nenner zueinander in Beziehung setzt. Dabei werden inländische Rohstoffentnahmen und importierte Materialien unterschiedlichen Verarbeitungsgrades erfasst.³⁹

Bereits im Jahr 2002 hat die Bundesregierung in der Nachhaltigkeitsstrategie das Ziel verankert, Deutschlands Rohstoffproduktivität bis 2020 gegenüber 1994 zu verdoppeln.⁴⁰ Da die Ökonomie Deutschlands durch das Aktivitätsniveau der Ökonomien der Bundesländer bestimmt wird, kommt es beim Erreichen dieses Ziels auf den notwendigen Beitrag jedes Bundeslandes an.

Gegenwärtig fällt die Umsetzung dieses Ziels auf der Bundesländerebene jedoch sehr unterschiedlich aus. Während manche Bundesländer eine rasante Erhöhung der so definierten Rohstoffproduktivität im Laufe der letzten zehn Jahre erreicht haben, können andere Bundesländer nur eine geringe Erhöhung nachweisen.⁴¹ Im Land NRW zeichnet sich die Veränderung der Rohstoffproduktivität im Jahr 2012 durch eine Zunahme um ca. 27% gegenüber 1994 aus. Für Deutschland lässt sich die Erhöhung der Ressourcenproduktivität für das gleiche Jahr dagegen auf 48% des erreichten Niveaus gegenüber 1994 beziffern.⁴²

Die bis heute erreichte Erhöhung der Rohstoffproduktivität in den Bundesländern stellt einen deutlichen Hinweis dar, dass die nationale Zielsetzung unter der gegenwärtigen wirtschaftlichen Entwicklung verfehlt werden wird. Hierfür spricht unter anderem die bestehende Disparität in der Zielumsetzung und im tatsächlichen Beitrag der Bundesländer zur Zielerreichung. Eine Beschleunigung der Erhöhung der Rohstoffproduktivität wird nur dann eintreten, wenn eine substantielle Veränderung in der gewünschten Richtung einer oder beider der dafür bestimmenden Größen (d.h. BIP und DMI_a) im Zeitverlauf erfolgt. Aus der arithmetischen Perspektive bestehen hierfür grundsätzlich mehrere Möglichkeiten, die in der Abbildung 1 dargestellt sind.

³⁸ Es wird auf die aktuellen nationalen Entwicklungen bezüglich einer Weiterentwicklung der Nachhaltigkeitsindikatoren Rohstoffverbrauch und Rohstoffproduktivität hingewiesen, die im Rahmen von ProgRes II zur Zeit auf nationaler Ebene diskutiert werden.

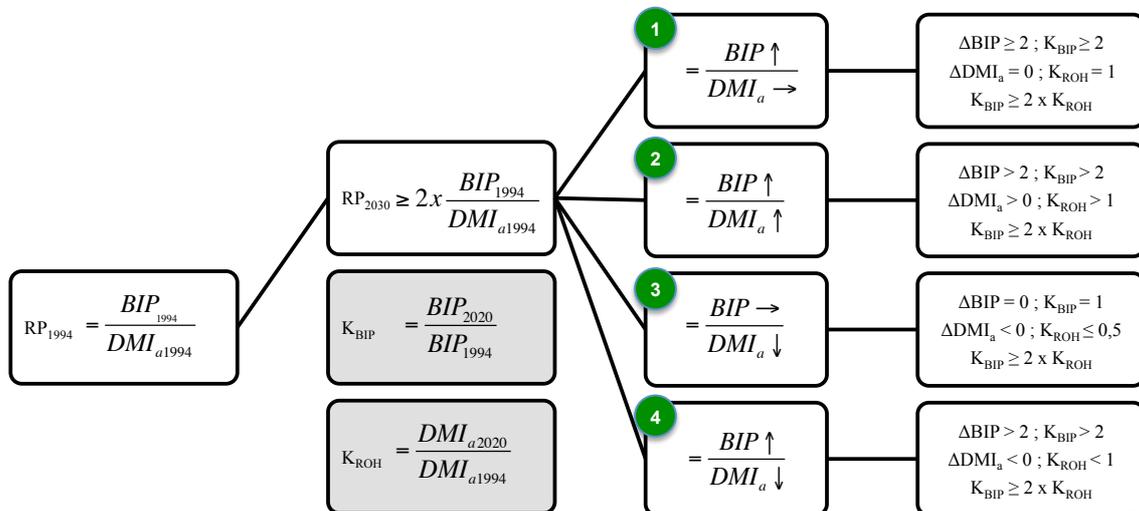
³⁹ Vgl. Statistisches Bundesamt 2014b, S. 8, 72.

⁴⁰ Vgl. Statistisches Bundesamt 2014b, S. 67.

⁴¹ Vgl. LIKI 2014 und AK UGRdL 2015.

⁴² eigene Berechnungen auf der Grundlage von AK UGRdL 2014 und Statistisches Bundesamt 2014c.

Abbildung 1: Darstellung der Veränderungsmöglichkeiten des Zählers (BIP) und Nenners (DMI_a) für die Berechnung des Quotienten der Rohstoffproduktivität



Quelle: eigene Darstellung.

Die oben abgebildeten vier Veränderungsmöglichkeiten⁴³ zeigen, dass die Verdoppelung der Rohstoffproduktivität durch ein bestimmtes Verhältnis bedingt ist. Nämlich, dass der Faktor K_{BIP} mindestens zweimal größer sein muss als der Faktor K_{ROH} . Beide Faktoren sind analog. Während der Faktor K_{BIP} die Veränderung des BIP in einer bestimmten Periode ausdrückt, zeigt der Faktor K_{ROH} , wie sich der Rohstoffindikator (hier der DMI_a) in der gleichen Periode verändert hat. Werden beide Faktoren für eine bestimmte Periode ermittelt und es zeigt sich, dass der Faktor K_{BIP} mindestens zweimal so groß ist wie der Faktor K_{ROH} , dann ist in der betrachteten Periode eine Verdoppelung der Ressourcenproduktivität gegenüber dem Basisjahr eingetreten. Diese Aussage gilt unabhängig von der Richtung (d.h. Zunahme oder Abnahme), in welcher sich das BIP oder der DMI_a im Zeitverlauf verändert.

⁴³ Die Veränderungsmöglichkeit, bei der eine Abnahme sowohl des BIP, als auch des DMI_a angenommen wird ist an dieser Stelle nicht abgebildet, da in diesem Bericht grundlegend von einem zukünftigen Wirtschaftswachstum ausgegangen wird. Auch in diesem Fall ist ein Verhältnis von K_{BIP} zu K_{ROH} von mindestens zwei zu eins für eine Verdoppelung der Ressourcenproduktivität erforderlich.

4.2 Trendanalyse und lineare Extrapolation der Rohstoffproduktivität in Deutschland und NRW

In Tabelle 2 und Tabelle 3 wird die zeitliche Veränderung des Bruttoinlandsprodukts (BIP), des direkten abiotischen Materialinputs (DMI_a) und der Rohstoffproduktivität⁴⁴ (RP) zwischen den Jahren 1994 bis 2050 jeweils für Deutschland und NRW abgebildet. Bei den in blau gekennzeichneten Werten handelt es sich um eine graphische Hervorhebung des nationalen Rohstoffproduktionsziels, der den Wendepunkt kennzeichnet. Die Werte für die Zeitperiode zwischen 1994 und 2012 beruhen auf Angaben der amtlichen Statistik. Die Quelle für die nationalen Zahlen ist die Umweltökonomische Gesamtrechnung (UGR)⁴⁵ und für NRW die Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder (UGRdL).⁴⁶

Bei den Werten für den Zeitraum zwischen 2013 und 2050 handelt es sich um die Ergebnisse eigener Berechnungen. Hierfür wurde eine lineare Extrapolation für die Größen Bruttoinlandsprodukt (BIP), inländische verwertete Rohstoffextraktion (DEU) und Importe (IMP) durchgeführt. Der direkte abiotische Materialinput (DMI_a) wurde anschließend als Summe der inländischen verwertete Rohstoffextraktion (DEU) und der Importe (IMP) von abiotischen Materialien berechnet. Für das BIP wurde zunächst der Mittelwert und der Median der Entwicklung des preisbereinigten BIP für Deutschland und NRW für die Jahre 1991-2013 berechnet.⁴⁷ Das Wirtschaftswachstum von Deutschland lag im Zeitraum 1991-2013 bei 1,25% (Mittelwert) und bei 1,51% (Median). Für NRW ergibt sich ein Mittelwert von 0,86% und ein Median von 1,24%. Die zukünftige Entwicklung des BIP wurde anschließend in zwei Verfahren abgeschätzt: durch die Berechnung eines linearen Trends (Excel Schätzer)⁴⁸ und basierend auf der Annahme einer konstanten jährlichen Wachstumsrate. Dabei ist für das zweite Verfahren eine obere (Median) und eine untere (Mittelwert) Variante abgebildet, die die Entwicklung des BIP bis zum Jahr 2050 darstellt. Die folgende Tabelle 1 zeigt welche der Varianten als Grundannahmen der Wirtschaftsleistung für das BAU Szenario und welche für die Modellrechnungen im Kapitel jeweils für Deutschland und NRW gewählt wurden. Die einzelnen Datenreihen der Berechnungsvarianten für die Entwicklung des preisbereinigten BIP in Deutschland und NRW sind für ausgewählte Jahre als Teilauszug in Tabelle 26 und Tabelle 27 (Anhang) abgebildet.

⁴⁴ Berechnung gemäß der Definition zum Nachhaltigkeitsindikator Rohstoffproduktivität der Bundesregierung (vgl. Statistisches Bundesamt 2014b, S. 72).

⁴⁵ Vgl. Statistisches Bundesamt 2014c.

⁴⁶ Vgl. AK UGRdL 2014.

⁴⁷ Basierend auf den Daten von AK UGRdL 2014 Tabelle 1.2.

⁴⁸ „Gibt den Schätzwert für einen linearen Trend zurück. Der Vorhersagewert ist ein Y-Wert bei einem gegebenen X-Wert. Bei den bekannten Werten handelt es sich um vorhandene X- und Y-Werte, und der neue Wert wird, ausgehend von einer linearen Regression, vorhergesagt.“ (Microsoft 2015)

Tabelle 1: Verfahren und Varianten zur Ermittlung der Entwicklung des BIP

Verfahren	Variante	Deutschland	Nordrhein Westfalen
Lineare Trend (Excel-Schätzer)	Obere - Median	Modell	
	Untere - Mittelwert		
Konstante jährliche Wachstumsrate	Obere - Median	BAU (1,25%)	BAU (1,24%)
	Untere - Mittelwert		Modell (0,86%)

Quelle: eigene Darstellung.

Um in einem konsistenten Rahmen mit den im Klimaschutzplan entwickelten Szenarien und Berechnungen ausgewählter, repräsentativer Studien zu bleiben, basiert die Auswahl der Varianten für Deutschland und NRW zudem auf einem Abgleich mit den Referenzgrößen zur Wirtschaftsleistung aus dem Klimaschutzplan und ausgewählter Studien. In den Szenarien des Klimaschutzplans wird für das Land NRW bis 2050 „von einem realen Wirtschaftswachstum von 0,8% (niedrige Variante) bzw. 0,9% (mittlere Variante) pro Jahr ausgegangen“.⁴⁹ Für das Wachstum der Industrie wird eine Steigerung der Bruttowertschöpfung von 1,2% in den Szenarien B und B2 und 0,6% in den Szenarien C und C2 angenommen.⁵⁰ Prognos geht in der Studie „Wirtschaftsstandort NRW 2030“ von einem jährlichen Anstieg des BIP von durchschnittlich 1,3% für die Jahre von 2014 bis 2030 aus.⁵¹ Bei den Annahmen zum zukünftigen, jährlichen Wirtschaftswachstum in Deutschland unterstellt z.B. das BMAS für die Arbeitsmarktprognose 2030 ein durchschnittliches „reales Wachstum von 1,5% pro Jahr bis zum Jahr 2030“⁵². In einer gemeinsamen Studie zur Energierferenzprognose von EWI, GWI und Prognos wird in den Szenarien von einer jährlichen Veränderung des BIP um 1% im Zeitraum 2011-2050 ausgegangen.⁵³

Im Abgleich mit diesen heterogenen Prognosen des Wirtschaftswachstums wird im Folgenden die für das BAU Szenario angenommene Variante tabellarisch dargestellt. Dabei wird eine Zunahme des BIP entsprechend des Mittelwertes der jährlichen konstanten Wachstumsrate von 1,25% für Deutschland und des Median der jährlichen konstanten Wachstumsrate von 1,24% für NRW angenommen.⁵⁴

⁴⁹ Wuppertal Institut 2014a, S. 130, vgl. zudem S. 14.

⁵⁰ Wuppertal Institut 2014a, S. 20.

⁵¹ Vgl. Prognos 2014, S. 9.

⁵² BMAS 2013, S. 20.

⁵³ Prognos / EWI / GWS 2014, S. 5f.

⁵⁴ Für den Fall, dass in NRW eine nicht ganz so moderate, sondern eine höhere jährliche Steigerung des BIP zutreffen sollte ist anzumerken, dass dieses bei gleichbleibendem Rohstoffverbrauch gleichzeitig eine Steigerung der Ressourcenproduktivität bedeuten würde bzw. der Rohstoffverbrauch im Zeitverlauf langsamer sinken könnte, um eine gleichbleibende Rohstoffproduktivität zu erzielen.

Tabelle 2: Veränderung des realen Bruttoinlandsprodukts (BIP), der direkten Input von abiotischen Materialien (DMI_a) und der Rohstoffproduktivität (RP) zwischen den Jahren 1994 bis 2050 für Deutschland – linearer Trend

Jahr	BIP Mio. Euro	DMI _a 1.000 Tonnen	RP = BIP/DMI _a 1.000 Euro/t	Veränderung gegenüber 1994		
				BIP	DMI _a	RP
1994	2.000.482	1.500.406	1,33	0%	0%	1,00
2000	2.230.494	1.399.598	1,59	11%	-7%	1,20
2005	2.297.820	1.296.541	1,77	15%	-14%	1,33
2010	2.454.072	1.244.614	1,97	23%	-17%	1,48
2015	2.628.466	1.221.792	2,15	31%	-19%	1,61
2020	2.788.712	1.181.311	2,36	39%	-21%	1,77
2025	2.948.958	1.141.050	2,58	47%	-24%	1,94
2030	3.109.204	1.114.434	2,79	55%	-26%	2,09
2035	3.269.451	1.109.408	2,95	63%	-26%	2,21
2040	3.429.697	1.105.027	3,10	71%	-26%	2,33
2045	3.589.943	1.102.870	3,26	79%	-26%	2,44
2050	3.750.190	1.102.388	3,40	87%	-27%	2,55

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung; Grundlage für die Berechnung des BIP ist die Zeitreihe Bruttoinlandsprodukt (preisbereinigt, verkettet) 1994-2012 gemäß Statistisches Bundesamt 2014c; Basisjahr 2005.

Tabelle 3: Veränderung des realen Bruttoinlandsprodukts (BIP), der direkten Input von abiotischen Materialien (DMI_a) und der Rohstoffproduktivität (RP) zwischen den Jahren 1994 bis 2050 für Nordrhein Westfalen – linearer Trend

Jahr	BIP Mio. Euro	DMI _a 1.000 Tonnen	RP = BIP/DMI _a 1.000 Euro/t	Veränderung gegenüber 1994		
				BIP	DMI _a	RP
1994	453.747	481.998	0,94	0,00%	0%	1,00
2000	496.288	460.498	1,08	2,13%	-1%	1,14
2005	507.123	483.795	1,05	2,67%	0%	1,11
2010	539.060	455.462	1,18	4,26%	-2%	1,26
2015	568.574	475.341	1,20	5,74%	0%	1,27
2020	603.074	486.495	1,24	7,46%	0%	1,32
2025	637.575	498.315	1,28	9,19%	1%	1,36
2030	672.076	510.135	1,32	10,91%	2%	1,40
2035	706.577	521.955	1,35	12,64%	3%	1,44
2040	741.077	534.005	1,39	14,36%	3%	1,47
2045	775.578	546.404	1,42	16,09%	4%	1,51
2050	810.079	558.803	1,45	17,81%	5%	1,54

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung; Grundlage für die Berechnung des BIP ist die Zeitreihe Bruttoinlandsprodukt (preisbereinigt, verkettet) 1994-2012 gemäß AK UGRdL 2014 Tabelle 2.1.10 und 1.2.; Basisjahr 2005.

Tabelle 2 ist zu entnehmen, dass bei einem konstanten aktuellen Produktions- und Konsummuster über die Zeit eine Verdoppelung der Rohstoffproduktivität in Deutschland erst um das Jahr 2030 zu erreichen wäre.

Aus Tabelle 3 lässt sich dagegen ableiten, dass im Falle von NRW die anvisierte Verdoppelung der Rohstoffproduktivität unter den gegenwärtigen Produktions- und Konsummustern sogar um 2050 noch nicht erreicht werden könnte. Selbst unter der An-

nahme eines kontinuierlichen, jährlichen Wachstums des BIP von 1,25% kann die Verwirklichung der beabsichtigten Verdoppelung der Rohstoffproduktivität für NRW unter den gegenwärtigen Produktions- und Konsummustern als unwahrscheinlich eingestuft werden. Der Grund hierfür ist der Trend einer starken Zunahme der Importe.

Tabelle 4: Veränderung der verwerteten inländischen Extraktion (DEU) und Importe (IMP) von NRW zwischen 1994 und 2030 nach Materialkategorien – linearer Trend

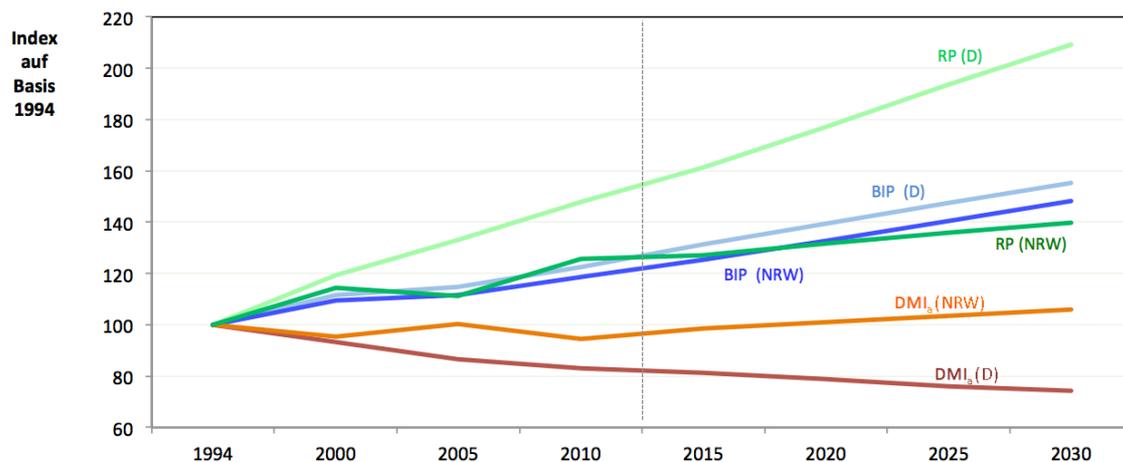
	DEU (1.000 Tonnen)				IMP (1.000 Tonnen)			
	1994	2012	2030	Veränderung zwischen 1994 und 2030	1994	2012	2030	Veränderung zwischen 1994 und 2030
Abiotische Materialien	295.682	236.136	209.119	-86.563	186.316	230.173	301.016	114.700
Rohstoffe								
Energieträger	145.091	112.290	92.001	-53.090	47.137	57.683	74.682	27.544
Mineralische Rohstoffe								
Erze	146	444	723	578	30.960	21.095	13.974	-16.986
Sonstige mineralische Rohstoffe	150.445	123.401	116.394	-34.051	4.606	5.786	7.289	2.683
Halbwaren								
von Energieträgern					19.100	19.873	21.119	2.019
von mineralischen Rohstoffen								
von Erzen					4.063	7.468	13.126	9.063
von sonstigen mineralischen Rohstoffen					5.041	3.324	928	-4.113
Fertigwaren								
vorwiegend von Energieträgern					5.004	8.221	12.860	7.855
vorwiegend von mineralischen Rohstoffen								
vorwiegend von Erzen					10.620	17.970	28.593	17.973
vorwiegend von mineralischen Rohstoffen					1.578	3.113	4.990	3.412
Empfang aus anderen Bundesländern								
Abiotische Rohstoffe					58.206	85.641	123.455	65.249
Biotische Materialien	24.404	28.320	29.877	5.473	36.280	49.229	70.642	34.362
Biotische Rohstoffe								
Biomasse	24.404	28.320	29.877	5.473	5.287	8.731	11.608	6.321
Halbwaren								
von Biomasse					5.384	7.351	10.939	5.555
Fertigwaren								
vorwiegend von Biomasse					8.289	10.055	13.883	5.594
Empfang aus anderen Bundesländern								
Biotische Rohstoffe (Biomasse)					17.320	23.091	34.212	16.892
Summe:	320.086	264.456	238.996	-81.090	222.595	279.402	371.658	149.062

Quelle: eigene Darstellung auf der Grundlage von AK UGRdL 2014.

Wird der lineare Trend des DMI von NRW nach Materialkategorien betrachtet, zeigt sich, dass die Senkung der verwerteten inländischen Extraktion mit einer Erhöhung der Importe zusammen erfolgt (Tabelle 4). Dadurch ist der DMI in 2012 praktisch auf dem gleichen Niveau wie 1994 geblieben. Hierbei hebt sich insbesondere die Veränderung des Empfangs von Materialien aus anderen Bundesländer hervor, welche von 58,2 Mio. Tonnen im Jahr 1994 auf 85,6 Mio. Tonnen im Jahr 2012 (+47%) zugenommen hat. Allein in der Periode von 2000 bis 2012 betrug die Veränderung der Gesamtheit abiotischer Importe rund +12%. Dadurch erhöhte sich der Anteil des Empfangs abiotischer Güter aus anderen Bundesländern an den gesamten Importen (biotisch + abiotisch) des Landes NRW von 26,7% im Jahr 2000 auf 30,4% im Jahr 2012. Eine genauere Spezifizierung der Materialkategorien, die zu dieser Zunahme führen, ist aufgrund der unzureichenden Datenlage nicht möglich.

Bei gleichem Trend bis 2030 ist daher kein großer Sprung bei der Rohstoffproduktivität im Sinne einer Verdoppelung gegenüber 1994 zu erwarten. Dafür reicht die Zunahme des BIP nicht aus, wie die Abbildung 2 grafisch zeigt.

Abbildung 2: Veränderung des BIP, DMI_a und RP von 1994 bis 2030 für Deutschland und NRW – linearer Trend – Index



Quelle: eigene Darstellung und Berechnung; Zeitreihen 1994-2012 gemäß Statistischem Bundesamt 2014c und ausgehend von AK UGRdL 2014 Tabelle 2.1.10 und 1.2.
 BIP: Bruttoinlandsprodukt; DMI_a: direkter Materialeinsatz abiotischer Rohstoff; RP: Rohstoffproduktivität

4.3 Mathematische Ableitung des Zielkorridors für die Verdopplung der Ressourcenproduktivität in Deutschland und NRW

Mittels einer einfachen Rechnung wird im Folgenden der theoretische Wert für die Höhe des Rohstoffverbrauchs in Deutschland und NRW ermittelt, der in 2030 eine Verdoppelung der Rohstoffproduktivität gegenüber 1994 ermöglicht. Hierfür wird erneut von der Definition der Rohstoffproduktivität der Bundesregierung und dem festgelegten Ziel für 2020 ausgegangen.⁵⁵ Die Basis für diese Berechnung ist folgende Gleichung:

$$RP_{2020} = \frac{BIP_{2020}}{DMI_a 2020} = 2 \times \frac{BIP_{1994}}{DMI_a 1994}$$

bzw.

$$DMI_a 2020 = \frac{1}{2} \times \frac{BIP_{2020}}{BIP_{1994}} \times DMI_a 1994$$

mit

RP: Rohstoffproduktivität

BIP: Bruttoinlandsprodukt

DMI_a : direkter Materialeinsatz abiotischer Rohstoffe

Die Jahreszahlen im Index geben den Wert im jeweiligen Jahr an.

Diese Gleichung entspricht der arithmetischen Formulierung des angepeilten Ziels. Für seine Lösung werden Angaben über das BIP und DMI_a für 1994 und eine Abschätzung des BIP für 2020 benötigt. Mit Hilfe dieser Gleichung können die Werte für den direkten abiotischen Materialinput (DMI_a) für Deutschland und NRW berechnet werden. Dabei handelt es sich um theoretische Werte, die zu einer Verdoppelung der jeweiligen Ressourcenproduktivität von 1994 führen können.

Die Annahmen für die Abschätzung zum BIP basieren, wie in Kapitel 4.2 bereits erläutert, auf zwei Berechnungsverfahren mit je zwei Varianten. Für die folgenden Modellrechnungen wird für Deutschland ein jährlicher Zuwachs des realen Wirtschaftswachstums von 1,25% (Mittelwert, linearer Trend) und für NRW von 0,86% (Mittelwert, konstante jährliche Wachstumsrate) angenommen.

⁵⁵ Vgl. Statistisches Bundesamt 2014b, S. 8, 67, 72.

Tabelle 5: Abschätzung der Veränderung des BIP und des DMI_a für Deutschland ab 2020 unter der Prämisse der Verdoppelung der Rohstoffproduktivität von 1994

Jahr	BIP Mio. Euro	DMI _a 1.000 Tonnen	RP = BIP/DMI _a 1.000 Euro/t	Veränderung gegenüber 1994		
				BIP	DMI _a	RP
1994	2.000.482	1.500.406	1.333	0%	0%	1,0
2000	2.230.494	1.399.598	1.594	11%	-7%	1,2
2005	2.297.820	1.296.541	1.772	15%	-14%	1,3
2010	2.454.072	1.244.614	1.972	23%	-17%	1,5
2015	2.616.540	1.221.792	2.142	31%	-19%	1,6
2020	2.752.601	1.032.256	2.667	38%	-31%	2,0
2025	2.888.662	1.083.280	2.667	44%	-28%	2,0
2030	3.024.723	1.134.305	2.667	51%	-24%	2,0
2035	3.160.785	1.185.329	2.667	58%	-21%	2,0
2040	3.296.846	1.236.354	2.667	65%	-18%	2,0
2045	3.432.907	1.287.378	2.667	72%	-14%	2,0
2050	3.568.968	1.338.402	2.667	78%	-11%	2,0

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung; Zeitreihen 1994-2012 gemäß Statistisches Bundesamt 2014c.

Tabelle 6: Abschätzung der Veränderung des BIP und des DMI_a für NRW ab 2020 unter der Prämisse der Verdoppelung der Rohstoffproduktivität von 1994

Jahr	BIP Mio. Euro	DMI _a 1.000 Tonnen	RP = BIP/DMI _a 1.000 Euro/t	Veränderung gegenüber 1994		
				BIP	DMI _a	RP
1994	453.747	481.998	941	0%	0%	1,0
2000	496.288	460.498	1.078	9%	-4%	1,1
2005	507.123	483.795	1.048	12%	0%	1,1
2010	539.060	455.462	1.184	19%	-6%	1,3
2015	564.295	475.341	1.187	24%	-1%	1,3
2020	588.100	312.357	1.883	30%	-35%	2,0
2025	611.904	325.001	1.883	35%	-33%	2,0
2030	635.708	337.644	1.883	40%	-30%	2,0
2035	659.513	350.287	1.883	45%	-27%	2,0
2040	683.317	362.930	1.883	51%	-25%	2,0
2045	707.121	375.574	1.883	56%	-22%	2,0
2050	730.926	388.217	1.883	61%	-19%	2,0

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung; Zeitreihen 1994-2012 ausgehend von AK UGRdL 2014 Tabelle 2.1.10 und 1.2.

Die in Tabelle 6 dargestellten Werte zeigen, dass im Fall des Landes NRW, unter der Annahme einer konstanten jährlichen Wachstumsrate, eine substantielle Abnahme des DMI_a notwendig ist, um eine Verdoppelung der Rohstoffproduktivität gegenüber 1994 zu erreichen. Konkret bedeutet dieses eine theoretische, absolute Senkung des DMI_a Niveaus von 1994 um rund 170 Mio. Tonnen (-35%). Ausgehend vom angenommenen, voraussichtlichen Niveau des DMI_a im Jahr 2015 stellt diese Reduktion eine durchschnittliche Senkung des DMI_a von rund 2,3% jährlich bis zum Jahr 2030 dar.

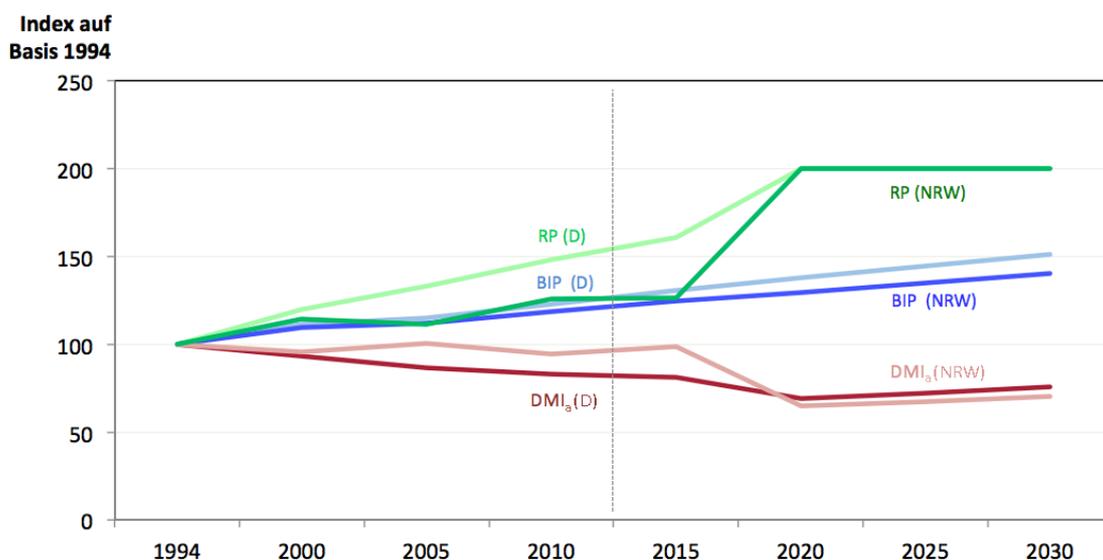
Die auf diese Weise ermittelte Reduktion des DMI_a von rund 481 Mio. auf 312 Mio. Tonnen kann als erste Referenzgröße für den unteren Rand des Zielkorridors für den Rohstoffverbrauch im Jahr 2030 angesehen werden. Hierfür sprechen insbesondere zwei Gründe. Zum einen repräsentiert dieses absolute DMI_a Niveau (312 Mio. Tonnen) die rechnerische Rohstoffverbrauchsmenge, die die Verdoppelung der Rohstoffproduktivität von 1994 ermöglicht. Zum anderen stellt dieses DMI_a Niveau den Inflektionspunkt (Wendepunkt) der Abnahme des Rohstoffverbrauchs dar.

Dies bedeutet, dass als Folge einer (konstanten) Erhöhung des BIP eine sinkende Veränderung des DMI_a ab diesem Niveau (312 Mio. Tonnen) nicht mehr notwendig ist, um die Verdoppelung der Rohstoffproduktivität gegenüber 1994 zu gewährleisten. Gerade weil das BIP bis 2030 konstant zugenommen und der DMI_a stark abgenommen hat, ist der Faktor KBIP mindestens zwei Mal größer als der Faktor $KDMI_a$ (vgl. Kapitel 4.2). Nachdem der DMI_a bis zu 312 Mio. Tonnen gesunken ist, würde die weitere Zunahme des BIP ab 2030 sogar eine kleine Erhöhung des DMI_a wieder verkraften, ohne dabei die erreichte Verdoppelung der Rohstoffproduktivität gegenüber 1994 zu gefährden. Für die Einhaltung der Rohstoffproduktivität ab diesem Niveau wäre eine sinkende Veränderung des DMI_a nicht mehr notwendig.

Der obere Rand des Zielkorridors für den Rohstoffverbrauch von 1994 bis 2030 würde eine notwendige Reduktion von 481 auf 337 Mio. Tonnen (d.h. um rund 144 Mio. Tonnen) vorsehen. Dieses entspricht einer absoluten Verringerung der Rohstoffverbrauchs um rund 30% gegenüber 1994, bzw. einer jährlichen Minderungsrate von rund 2% ab 2015.

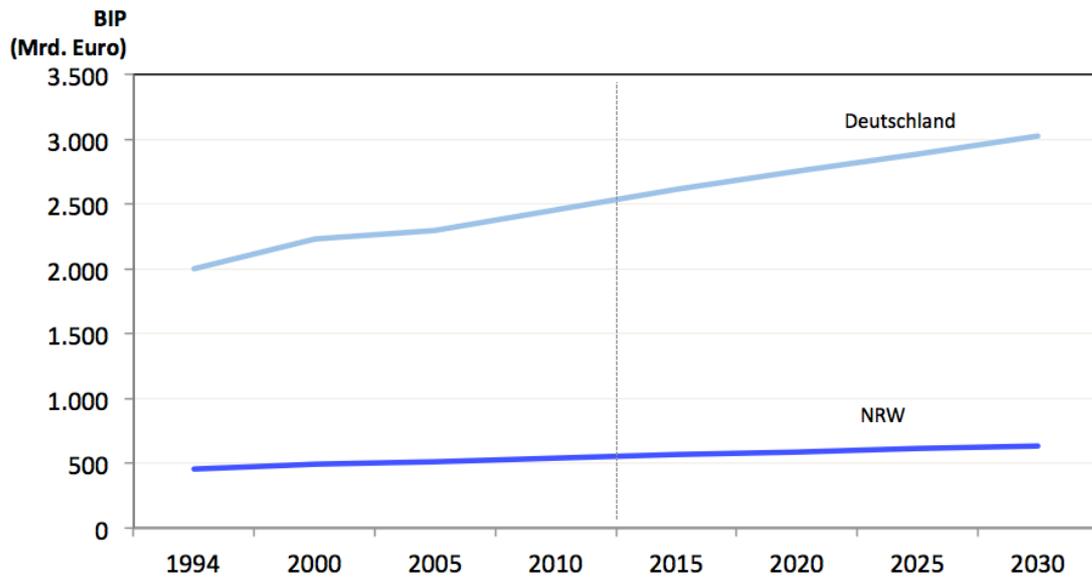
Unter der Annahme, dass diese Reduktion des DMI_a in 2030 erfolgen würde, lässt sich der Veränderungsverlauf für die Größen BIP, DMI_a und Rohstoffproduktivität für NRW ab 1994 als Index und in absoluten Werten gegenüber des Veränderungsverlaufs für Deutschland wie folgt abbilden:

Abbildung 3: Veränderung BIP, DMI_a und RP für Deutschland und NRW 1994 (Index)

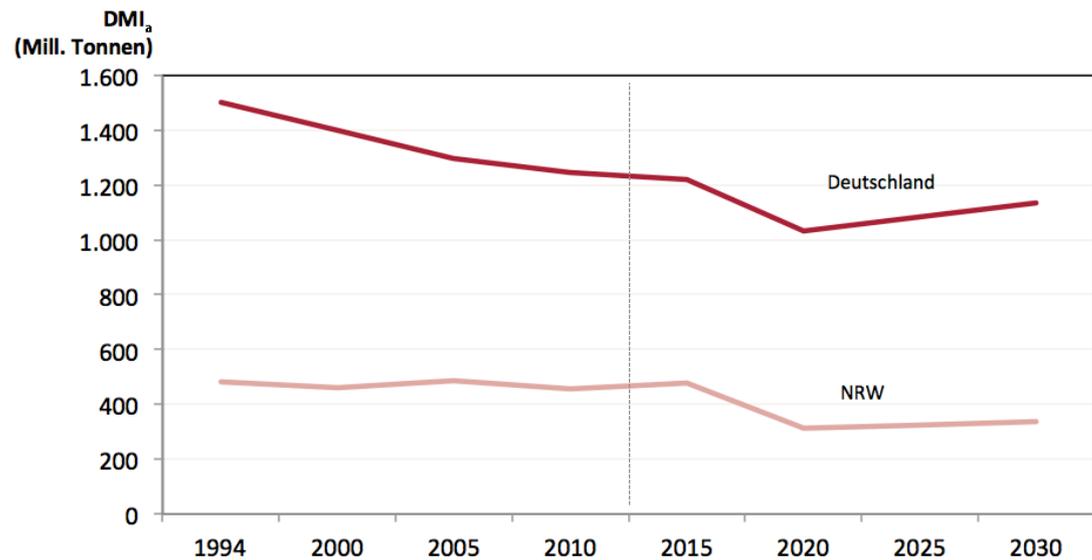


Quelle: eigene Darstellung und Berechnung; Zeitreihen 1994-2012 gemäß Statistisches Bundesamt 2014c und ausgehend von AK UGRdL 2014 Tabelle 2.1.10 und 1.2.

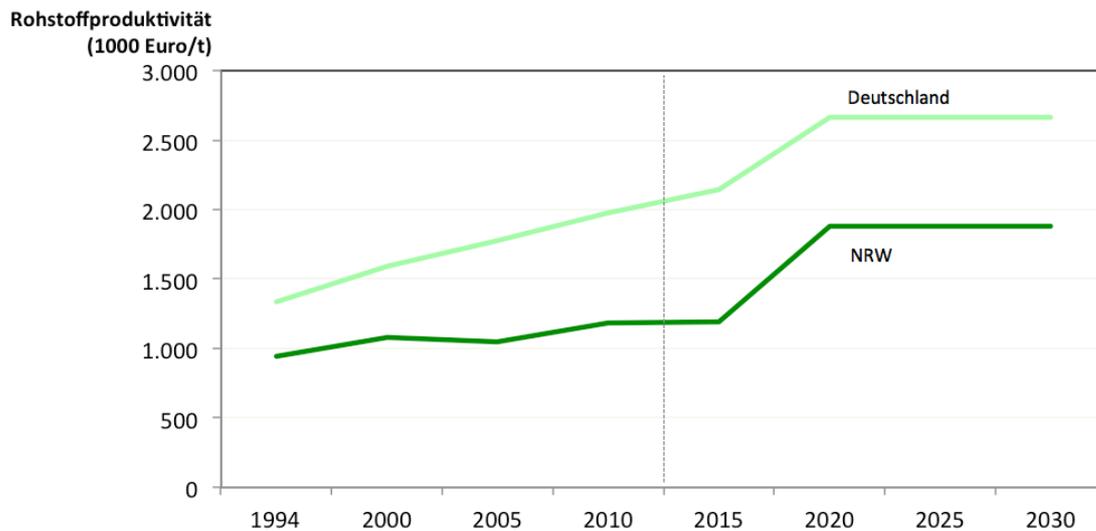
BIP: Bruttoinlandsprodukt, DMI_a : direkter Materialeinsatz abiotischer Rohstoffe, RP: Rohstoffproduktivität

Abbildung 4: Veränderung des BIP für Deutschland und NRW ab 1994 (in absoluten Werten)

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung; Zeitreihen 1994-2012 gemäß Statistisches Bundesamt 2014c und ausgehend von AK UGRdL 2014 Tabelle 1.2.
BIP: Bruttoinlandsprodukt

Abbildung 5: Veränderung des DMI_a für Deutschland und NRW ab 1994 (in absoluten Werten)

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung; Zeitreihen 1994-2012 gemäß Statistisches Bundesamt 2014c und ausgehend von AK UGRdL 2014 Tabelle 2.1.10.
 DMI_a : direkter Materialeinsatz abiotischer Rohstoffe

Abbildung 6: Veränderung der RP für Deutschland und NRW ab 1994 (in absoluten Werten)

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung; Zeitreihen 1994-2012 gemäß Statistisches Bundesamt 2014c und ausgehend von AK UGRdL 2014 Tabelle 2.1.10 und 1.2.

RP: Rohstoffproduktivität

Weiter zeigt Tabelle 6 für NRW, dass bei Erreichen des erforderlichen DMI_a Niveaus (Verdoppelung der Rohstoffproduktivität gegenüber dem Jahr 1994), unter Annahme einer stetigen Zunahme des BIP, keine wesentliche Reduktion des DMI_a nach 2030 notwendig wäre. Der ermittelte Ressourcenverbrauch für NRW für die Jahre 2030 und folgend, könnte in diesem Fall daher als erste Referenzgröße für den oberen Rand angenommen werden. Begründet wird dies insbesondere dadurch, dass die Verdoppelung der Rohstoffproduktivität von 1994 selbst bei einer leichten Zunahme des Rohstoffverbrauchs ab 2030 wegen der Zunahme des BIP gewährleistet wird. Dadurch würden sich der vorläufige untere und obere Rand des Zielkorridors nach unten verschieben. Dies bedeutet, dass jede weitere Senkung des DMI_a unter die Marke von 312 Mio. Tonnen den neuen unteren Rand darstellen würde und der neue obere Rand durch die 312 Mio. Tonnen markiert wäre.

Das Eintreten dieser Situation hieße allerdings nicht, dass kein Handlungsbedarf seitens der Landespolitik und der Wirtschaft in NRW mehr besteht. Einen deutlichen Hinweis dafür gibt der Vergleich des Niveaus der Rohstoffproduktivität in NRW gegenüber dem durchschnittlichen Niveau der Rohstoffproduktivität in Deutschland.

Den dargestellten Werten in Tabelle 7 ist beispielsweise für das Jahr 2012 zu entnehmen, dass die Ressourcenproduktivität in NRW gemessen in 1.000 Euro pro Tonne Materialinput bedeutsam niedriger ist als die durchschnittliche Rohstoffproduktivität in Deutschland. Sogar bei einer Senkung des Rohstoffverbrauchs in NRW auf das Niveau von 312 Mio. Tonnen und dessen Stagnation ab dem Jahre 2030 läge die Rohstoffproduktivität von NRW weiterhin hinter der Ressourcenproduktivität für Deutschland (Tabelle 7). Damit eine Entkopplung von Wirtschaftsleistung und Rohstoffverbrauch im Zeitverlauf stetig sichergestellt ist, sind also konkrete Maßnahmen zur Senkung des Rohstoffverbrauchs notwendig.

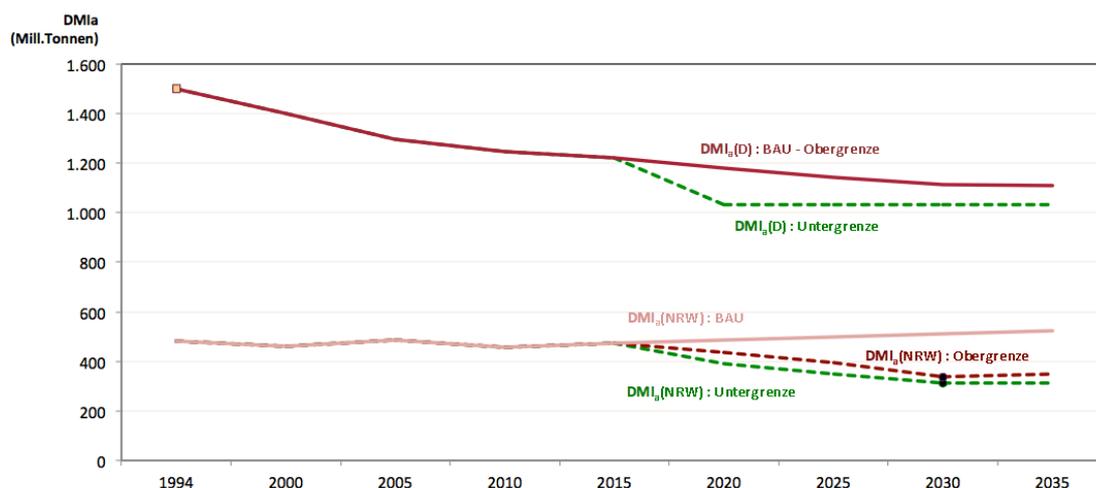
Unter Berücksichtigung beider Aspekte lässt sich ein vorläufiger Zielkorridor für den Rohstoffverbrauch des Landes NRW 2030 (Abbildung 7 und Abbildung 8) und ein Zielkorridor für die Rohstoffproduktivität des Landes NRW 2030 darstellen (Abbildung 9).

Tabelle 7: Veränderung der Ressourcenproduktivität in Deutschland und NRW unter der Annahme eines konstanten Ressourcenverbrauchs ab 2020

Jahr	Deutschland			Nordrhein-Westfalen (NRW)		
	BIP Mrd. Euro	DMI _a Mio. Tonnen	RP = BIP/DMI _a 1.000 Euro/t	BIP Mrd. Euro	DMI _a Mio. Tonnen	RP = BIP/DMI _a 1.000 Euro/t
1994	1994	2.000	1.500	1.333	454	482
2000	2000	2.230	1.400	1.594	496	460
2005	2005	2.298	1.297	1.772	507	484
2010	2010	2.454	1.245	1.972	539	455
2015	2015	2.617	1.222	2.142	564	475
2020	2020	2.753	1.032	2.667	588	312
2025	2025	2.889	1.032	2.798	612	312
2030	2030	3.025	1.032	2.930	636	312
2035	2035	3.161	1.032	3.062	660	312
2040	2040	3.297	1.032	3.194	683	312
2045	2045	3.433	1.032	3.326	707	312
2050	2050	3.569	1.032	3.457	731	312

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung; Zeitreihen 1994-2012 gemäß Statistisches Bundesamt 2014c und ausgehend von AK UGRdL 2014 Tabelle 2.1.10 und 1.2.

Abbildung 7: Veränderung des DMI_a für Deutschland und NRW ab 1994 und Zielkorridor für den Rohstoffverbrauch ab 2030

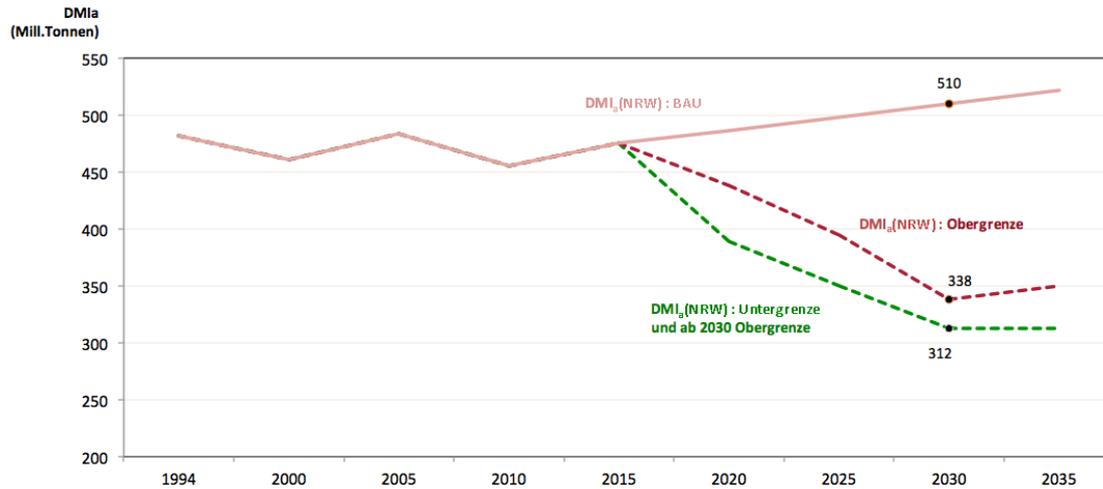


Quelle: eigene Darstellung und Berechnung; Zeitreihen 1994-2012 gemäß Statistisches Bundesamt 2014c und ausgehend von AK UGRdL 2014 Tabelle 2.1.10.

DMI_a: direkter Materialeinsatz abiotischer Rohstoffe

Dieser Zielkorridor ist in der nachfolgenden Abbildung 8 noch einmal in einer höheren Auflösung gesondert für NRW dargestellt.

Abbildung 8: Veränderung des DMI_a für NRW ab 1994 und Zielkorridor für den Rohstoffverbrauch ab 2030



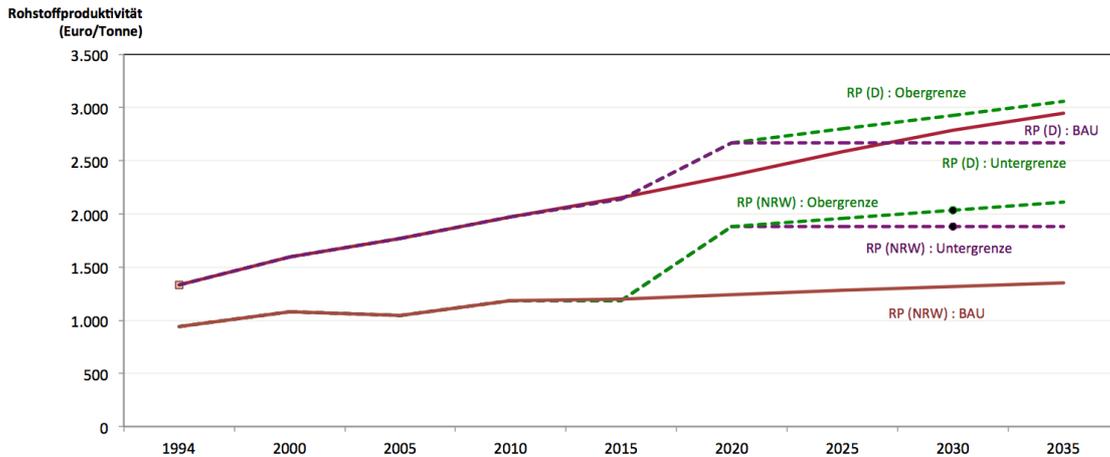
Quelle: eigene Darstellung und Berechnung; Zeitreihe 1994-2012 ausgehend von AK UGRdL 2014 Tabelle 2.1.10.

DMI_a: direkter Materialeinsatz abiotischer Rohstoffe

Tabelle 8: Veränderung der Rohstoffproduktivität in Deutschland und NRW ab 1994 auf Basis des BAU Szenarios und der einfachen Szenarienrechnung.

Jahr	Deutschland			Nordrhein-Westfalen (NRW)		
	in Euro/Tonne	in Euro/Tonne	in Euro/Tonne	in Euro/Tonne	in Euro/Tonne	in Euro/Tonne
	RP (D): BAU	RP (D): Untergrenze	RP (D): Obergrenze	RP (NRW): BAU	RP (NRW): Untergrenze	RP (NRW): Obergrenze
1994	1.333	1.333	1.333	941	941	941
2000	1.594	1.594	1.594	1.078	1.078	1.078
2005	1.772	1.772	1.772	1.048	1.048	1.048
2010	1.972	1.972	1.972	1.184	1.184	1.184
2015	2.151	2.142	2.142	1.196	1.187	1.187
2020	2.361	2.667	2.667	1.240	1.883	1.883
2025	2.584	2.667	2.798	1.279	1.883	1.959
2030	2.790	2.667	2.930	1.317	1.883	2.035
2035	2.947	2.667	3.062	1.354	1.883	2.111
2040	3.104	2.667	3.194	1.388	1.883	2.188
2045	3.255	2.667	3.326	1.419	1.883	2.264
2050	3.402	2.667	3.457	1.450	1.883	2.340

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung.

Abbildung 9: Veränderung der Rohstoffproduktivität für NRW und Deutschland ab 1994 und Zielkorridor für die Rohstoffproduktivität ab 2030

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung; Zeitreihen 1994-2012 gemäß Statistisches Bundesamt 2014c und ausgehend von AK UGRdL 2014 Tabelle 2.1.10 und 1.2.
RP: Rohstoffproduktivität

Da für das Erreichen einer Verdoppelung der Ressourcenproduktivität von 1994 zunächst von einer Reduktion des abiotischen Materialinputs ausgegangen wird, stellt sich unmittelbar die Frage nach den Materialkategorien, die eine derartige Senkung ermöglichen würden. Entsprechend der Struktur des DMI_a von NRW und seiner Veränderung zwischen 1994 und 2012 ergibt sich aus der linearen Extrapolation folgende, in Tabelle 9 dargestellte, Zusammensetzung der Materialkategorien für 2020.

Tabelle 9: Zusammensetzung des abiotischen direkten Materialinput von NRW in 2020 (abgeschätzt)

Materialkategorie	DMI _a NRW in 2020 auf Basis linearer Trend	
	in 1.000 Tonnen	Anteil an Summe
Energieträger	193.206	40%
<i>Darunter aus der inländischen Extraktion:</i>		
Braunkohle	93.625	19%
Mineralische Rohstoffe:		
Erze	53.085	11%
Sonstige mineralische Rohstoffe	132.247	27%
<i>Darunter aus der inländischen Extraktion:</i>		
Bausande und andere natürliche Sande	39.401	8%
Feldsteine, Kiese, gebrochene Natursteine	54.551	11%
Kalk-, Gipsstein, Anhydrit, Kreide, Dolomit, Schiefer	21.482	4%
Empfang von abiotischen Gütern aus anderen Bundesländern	105.205	22%
Summe DMI_a	483.742	100%

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung.

Die Zusammensetzung der Materialkategorien des DMI_a in 2020 deutet darauf hin, dass die Verwirklichung anderer bereits bestehender regionalpolitisch relevanter Ziele (z.B. die Gewinnung des Stroms aus erneuerbaren Energien von mehr als 30% bis 2025 und der Senkung der Treibhausgasemissionen um 44% bis 2030)⁵⁶ eine aussichtsreiche Ausgangslage für die Umsetzung des reduzierten Rohstoffverbrauchsniiveaus darstellt.

Nach den Modellierungsergebnissen im Rahmen des Klimaschutzplans NRW wird die künftige Umsetzung des technologischen Fortschritts in den energieintensiven Industrien zu einer deutlichen Rohstoffeinsparung, insbesondere von fossilen Energieträgern, bereits um das Jahr 2030 führen (Tabelle 11). Hierzu zählt eine substantielle Reduktion des Einsatzes von Braunkohle, Steinkohle und Mineralöl.

Bei Berücksichtigung der Herkunft dieser Rohstoffe lässt sich daraus eine Minderung der inländischen Rohstoffextraktion von Braunkohlen sowie der Einfuhr vom Mineralöl und Steinkohlen ableiten. Auch wenn die Modellergebnisse des Klimaschutzplans NRW nur einen Teil der gesamtwirtschaftlichen rohstofflichen Auswirkungen der Produktion und des Konsums in NRW im Jahre 2030 umfassen, bedeutet die zu erwartende Minderung des Einsatzes von fossilen Energieträgern eine absolute Senkung von bis zu rund 55 Mio. t (Szenario C2, Tabelle 11) gegenüber der eingesetzten Menge im Jahr 2010 gemäß der Materialflussrechnung für NRW (UGRdL).

Die Betrachtung nach spezifischen Materialkategorien zeigt darüber hinaus, dass insbesondere im Fall der Braunkohle erhebliche Potentiale für die Senkung des Rohstoffverbrauchs in NRW bestehen. Gemäß der Materialflussrechnung für NRW (UGRdL) stellte die inländische Entnahme von Braunkohlen im Jahr 2010 rund 91 Mio. Tonnen dar (Tabelle 10). Bedingt durch die Umsetzung des technologischen Fortschrittes in den energieintensiven Industrien im Rahmen des Klimaschutzplans NRW wäre eine direkte Senkung des Einsatzes allein von Braukohlen je nach Szenario in der Größenordnung zwischen 33% (in Szenarien B und B2) und 38% (in Szenarien C und C2) im Jahr 2030 gegenüber 2010 zu erwarten (Tabelle 11).

Werden dazu weitere Rohstoffverbrauchsauswirkungen betrachtet, ist aus den Modellergebnissen des Klimaschutzplans NRW zu entnehmen, dass bei einer Umstellung auf die Produktion erneuerbarer Energien neben einem Rückgang des Einsatzes von fossilen Energieträgern (-29%) eine leichte Zunahme des Einsatzes von mineralischen Rohstoffen (5%) erfolgt. Ein wichtiger Einflussfaktor für diese Veränderungen sind die im Rahmen des Klimaschutzplans NRW für diesen Zeitraum angenommen jährlichen Wachstumsraten der industriellen Bruttowertschöpfung von 1,2% in den Szenarien B und 0,6% in den Szenarien C.⁵⁷

Diese Veränderungen zeigen, dass eine deutliche Senkung des Rohstoffverbrauchs nicht nur von der energetischen Effizienz, sondern ebenfalls von dem technologischen Wandel in der metallischen und nicht-metallischen Mineralien verarbeitenden Industrie, aber auch in der sonstigen Industrie und dem Baugewerbe abhängt. Darüber hinaus sind die Importe für die letzte Verwendung weiterhin rohstoffintensiv, so dass der Fo-

⁵⁶ Vgl. MKLUNV NRW 2015, S. 27.

⁵⁷ Vgl. Wuppertal Institut 2014a, S. 17, vgl. zudem S. 14.

In den Szenarien C des Klimaschutzplans wird ein jährliches Wirtschaftswachstum (Bruttowertschöpfung) im Sektor Industrie von konstant 0,6 % angenommen (vgl. Wuppertal Institut 2014a, S. 17).

kus auf Produkte zu legen ist, die sich durch eine höhere Ressourceneffizienz auszeichnen und deshalb den gesamten Ressourcenverbrauch senken können.

Werden der Empfang aus anderen Bundesländern und die Materialien die aus Reststoffen wieder gewonnen werden nicht berücksichtigt, dann würde sich bis zum Jahr 2030 der DMI_a gemäß den Szenarien B2 und C2 des Klimaschutzplans um jeweils 11% und 14% gegenüber des DMI_a im Jahre 2010 verringern (Tabelle 11).

Diese Veränderungen gemäß den Modellergebnissen des Klimaschutzplans NRW reichen alleine nicht aus, um die Ressourcenproduktivität in NRW bis zum Jahr 2030 zu verdoppeln. Sie zeigen jedoch deutlich die Potenziale dafür: Eine schnelle Umsetzung des Ausbaus der erneuerbaren Energien im Energieproduktionssystem und die Implementierung von "low-carbon" Technologien in den entsprechenden Industrien kann zur Erreichung einer ganz erheblichen Reduktion des abiotischen Rohstoffverbrauchs in NRW allein durch die Reduktion des Einsatzes von Braunkohle führen.

Das heißt: je schneller der Wandel in den energieintensiven Industrien erfolgt, desto wahrscheinlicher ist die Erreichung der Rohstoffverbrauchsreduktion schon im Jahr 2030.

Tabelle 10: DMI_a nach Materialkategorien – Vergleich zwischen UGRdL und Klimaschutzplan NRW

Jahr	Abiotischer Direkter Materialinput (DMI _a) von NRW (in 1.000 Tonnen)						
	2010			2030			
	Gesamt	Sonstige Industrien und letzte Ver- wendung	THG- intensiven Industrien gemäß Klima- schutzplan	THG- intensiven Industrien gemäß Klima- schutzplan	THG- intensiven Industrien gemäß Klima- schutzplan	THG- intensiven Industrien gemäß Klima- schutzplan	THG- intensiven Industrien gemäß Klima- schutzplan
Materialkategorie			Szenario B	Szenario B2	Szenario C	Szenario C2	
Energieträger	187.042	18.806	168.237	125.520	122.241	117.119	113.622
<i>Darunter aus der inländischen Extraktion:</i>							
<i>Braunkohle</i>	90.742	6.032	84.709	55.193	55.193	50.121	50.121
Mineralische Rohstoffe* :							
Erze und Produkte davon	49.841	24.455	25.386	29.195	30.195	26.668	27.668
Sonstige mineralische Rohstoffe und Produkte davon	133.430	129.646	3.784	4.598	4.598	4.214	4.214
<i>Darunter aus der inländischen Extraktion:</i>							
<i>Kalk-, Gipsstein, Anhydrit, Kreide, Dolomit, Schiefer</i>	21.085	17.664	3.421	4.218	4.218	3.875	3.875
DMI_a (ohne Empfang der Bundesländern) (ermittelt gemäß der angewanten Definition bei der UGR)	370.313	172.906	197.407	159.313	157.035	148.001	145.504
Empfang von abiotischen Gütern aus anderen Bundesländern	85.148	85.148					
Gesamter DMI_a (ermittelt gemäß der angewanten Definition bei der UGR)	455.462	258.055					
<i>Nachrichtlich:</i>							
<i>Metallischer Schrott</i>			4.120	4.619	4.619	4.401	4.401
<i>Wiederverwerte Materialien (Altglas, Hütensand) und verarbeitete Mineralien (Kalk, Gips) aus mineralischen Produkte</i>			2.965	3.951	3.951	3.650	3.650
Gesamter DMI_a (ermittelt im Rahmen des Klimaschutzplans - NRW)			204.492	167.884	165.605	156.052	153.555

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung, ausgehend von AK UGRdL 2014 Tabelle 2.1.10. (Spalte 2) und unveröffentlichten Daten aus den Klimaschutzplansenarien (Spalte 4-6).

*Ohne Materialien, die aus Reststoffen wiedergewonnen werden. Dementsprechend umfasst der dargestellte DMI_a gemäß des Klimaschutzplans NRW kein Altglas, Metallschrott und Hütensand. Darüberhinaus ist der Input von Kalk und Gipsstein im dargestellten DMI_a gemäß des Klimaschutzplans NRW nicht enthalten.

Tabelle 11: Veränderung des abiotischen direkten Materialinput (DMI_a) der THG-intensiven Industrien in NRW in 2030 gegenüber 2010 gemäß der Szenarien B, B2, C und C2 des Klimaschutzplans NRW

Materialkategorie	Abiotischer Direkter Materialinput (DMI _a) der THG-intensiven Industrien in NRW							
	Veränderung in 2030 gegenüber 2010 gemäß Klimaschutzplan Szenario B		Veränderung in 2030 gegenüber 2010 gemäß Klimaschutzplan Szenario B2		Veränderung in 2030 gegenüber 2010 gemäß Klimaschutzplan Szenario C		Veränderung in 2030 gegenüber 2010 gemäß Klimaschutzplan Szenario C2	
	1.000 Tonnen	% am gesamten DMI _a - NRW	1.000 Tonnen	% am gesamten DMI _a - NRW	1.000 Tonnen	% am gesamten DMI _a - NRW	1.000 Tonnen	% am gesamten DMI _a - NRW
Energieträger	-42.717	-23%	-45.995	-25%	-51.118	-27%	-54.615	-29%
<i>Darunter aus der inländischen Extraktion:</i>								
<i>Braunkohle</i>	-29.516	-33%	-29.516	-33%	-34.588	-38%	-34.588	-38%
Mineralische Rohstoffe:								
Erze und Produkte davon	3.809	8%	4.809	10%	1.282	3%	2.282	5%
Sonstige mineralische Rohstoffe und Produkte davon	814	1%	814	1%	430	0%	430	0%
<i>Darunter aus der inländischen Extraktion:</i>								
<i>Kalk-, Gipsstein, Anhydrit, Kreide, Dolomit, Schiefer</i>	797	4%	797	4%	454	2%	454	2%
Netto Veränderung gesamt (gegenüber der ermittelten DMI _a gemäß der angewandten Definition bei der UGRdL, ohne Empfang aus anderen Bundesländern)	-38.094	-10%	-40.372	-11%	-49.406	-13%	-51.903	-14%

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung.

4.4 Diskussion und Interpretation der Ergebnisse

Ein Vergleich des BAU Szenarios und des Zielkorridors auf Basis der einfachen Szenarienrechnung zeigt, dass eine Reduktion des Rohstoffverbrauchs und eine Erhöhung der Rohstoffproduktivität für NRW analog der nationalen Zielsetzung im Jahr 2030 möglich ist, wenn bereits heute ein Umdenken stattfindet und die Weichen für eine nachhaltige Wirtschaftsentwicklung gestellt werden. Das BAU Szenario zeigt, dass, wenn NRW wie bislang wirtschaftet, eine Verdopplung der Rohstoffproduktivität im Jahr 2050 nicht erreicht werden kann. Selbst unter der Annahme eines kräftigen, jährlichen, realen Wirtschaftswachstums von 1,25% wird das Ziel verfehlt werden.

Durch die Entkopplung von Rohstoffverbrauch und Wirtschaftswachstum, könnte bei einem zukünftigen Energie-Mix, basierend auf erneuerbaren Energien, das Land NRW bis zum Jahr 2030 bereits 70% (119 Mio. Tonnen DMI_a) seines Rohstoffverbrauchs einsparen. Dadurch könnte die Verdopplung der Rohstoffproduktivität gegenüber 1994 auch mit einem eher moderaten realen jährlichen Wirtschaftswachstum von 0,89% im Jahr 2030 erreicht werden.

Mögliche Maßnahmen zur Zielerreichung des noch fehlenden Reduktionsanteils von 51 Mio. Tonnen (30%) des direkten abiotischen Materialeinsatzes bis zum Jahr 2030, waren nicht Gegenstand dieser Untersuchung. Darum wird der Landesregierung NRW empfohlen, zusammen mit den maßgeblichen Akteuren der (rohstoffintensiven) Wirtschaft, der Zivilgesellschaft und der Politik in NRW hierzu eine Roadmap mit konkreten Strategien und Maßnahmen zu erarbeiten.

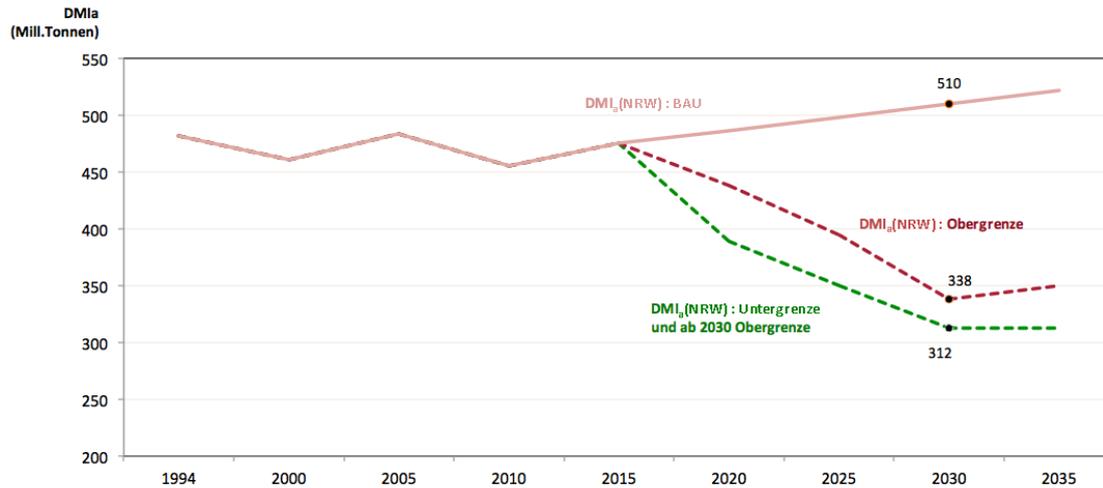
Auf der Grundlage der bisherigen Untersuchungsergebnisse und der derzeit geltenden Berechnungsvorschriften der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie wird vorgeschlagen, dass für den Indikator Rohstoffverbrauch der untere Rand des Zielkorridors und für den Indikator Rohstoffproduktivität der obere Rand des Zielkorridors als quantifizierte und terminierte Zielsetzung in die Nachhaltigkeitsstrategie des Landes NRW aufgenommen wird. Das heißt konkret:

- Reduktion des Rohstoffverbrauchs um rund 2,3% jährlich von 2015 bis zum Jahr 2030. Das entspricht einer absoluten Reduktion des DMI_a NRW um 170 Mio. Tonnen (35%), d.h. des abiotischen Materialeinsatzes von rund 481 Mio. auf 312 Mio. in 2030 (siehe Abbildung 10).⁵⁸
- Erhöhung der Rohstoffproduktivität von 941 Euro/Tonne im Jahr 1994 auf 2.035 Euro/Tonne im Jahr 2030. Dieses entspricht einer Verdoppelung der Rohstoffproduktivität von 1994 bis 2030, bei einer jährlichen Wachstumsrate des realen BIP von 0,89% (siehe Abbildung 11).⁵⁹

⁵⁸ Vgl. Tabelle 6.

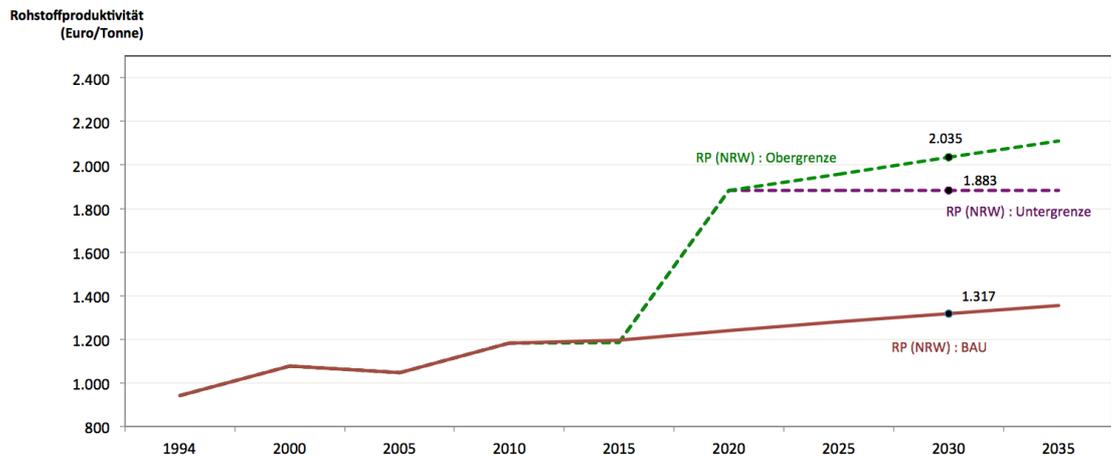
⁵⁹ Vgl. Tabelle 8.

Abbildung 10: Veränderung des DMI_a für Nordrhein-Westfalen ab 1994 und Zielkorridor für den Rohstoffverbrauch ab 2030



Quelle: eigene Darstellung und Berechnung; Zeitreihe 1994-2012 gemäß AK UGRdL 2014.⁶⁰
 DMI_a : direkter Materialeinsatz abiotischer Rohstoffe

Abbildung 11: Veränderung der Rohstoffproduktivität für Nordrhein-Westfalen ab 1994 und Zielkorridor für die Rohstoffproduktivität ab 2030



Quelle: eigene Darstellung und Berechnung; Zeitreihen 1994-2012 gemäß Statistisches Bundesamt 2014c und AK UGRdL 2014.⁶¹
 RP: Rohstoffproduktivität

⁶⁰ Die ausführliche Berechnung zum Zielkorridor Rohstoffverbrauch ist in Kapitel 4.3 dargestellt.

⁶¹ Die ausführliche Berechnung zum Zielkorridor Rohstoffproduktivität ist in Kapitel 4.3 dargestellt.

Wegen der Bevölkerungsstärke und -dichte des Landes ist zusätzlich die pro-Kopf Ausweisung der beiden Indikatoren Rohstoffverbrauch und Rohstoffproduktivität auf Basis der Einwohnerzahlen empfehlenswert. Solche pro-Kopf-Angaben sind anschaulicher als absolute Gesamtmengen und ermöglichen einen besseren Vergleich der Ziele und der erreichten Erfolge mit den anderen Bundesländern und dem Bund.

Zwar haben bislang lediglich die Bundesländer Bayer und Thüringen quantifizierte und terminierte Zielaussagen zur Rohstoffproduktivität festgelegt, jedoch vergleicht Bayern in seiner Nachhaltigkeitsstrategie bereits seinen Rohstoffverbrauch pro Einwohner mit dem des Landes NRW. Bayern strebt die Verdoppelung der Rohstoffproduktivität gegenüber 1994 bis zum Jahr 2020 an und möchte den Rohstoffverbrauch von derzeit rund 13 Tonnen pro Kopf und Jahr weiter senken.⁶² Da Bayern allerdings keine exakte Angabe macht, um wie viel Tonnen der Rohstoffverbrauch pro Kopf und Jahr genau gesenkt werden soll, bleibt dieser Teil der Zielsetzung unklar. Thüringen hat sich bis zum Jahr 2020 eine Steigerung der Rohstoffproduktivität um 60% im Vergleich zu 2010 zum Ziel gesetzt.⁶³

Nachfolgend ist der Zielkorridor der einfachen Szenarienrechnung pro Einwohner des Landes NRW im Vergleich zum DMI_a pro Einwohner in Deutschland dargestellt. Die Einwohnerzahlen basieren auf dem Stand von Ende 2014, eine Entwicklung künftiger Einwohnerzahlen bleibt an dieser Stelle unberücksichtigt.

Tabelle 12: Zielkorridor Rohstoffverbrauch NRW 2030 pro Kopf

	Zielkorridor DMI _a 2030	absolut in 1.000 Tonnen	Einwohner in 1.000	Zielkorridor pro Kopf
Deutschland	BAU	1.114.434	81.197	13,7
	oberer Rand	1.134.305		14,0
	unterer Rand	1.032.256		12,7
Nordrhein Westfalen	BAU	510.135	17.638	28,9
	oberer Rand	337.644		19,1
	unterer Rand	312.357		17,7

Quelle: eigene Darstellung und Berechnung. Einwohnerzahlen (Stand 2014) gemäß IT.NRW 2015 und Statistisches Bundesamt 2015b.

Ferner ist anzumerken, dass der ermittelte Zielkorridor von der analogen Übernahme der nationalen Zielsetzung für das Land NRW ausgeht. Die in Kapitel 3 dargestellten Spezifika des Landes NRW, die wesentliche Aspekte der besonderen Struktur und Historie des Landes NRW abbilden, zeigen jedoch, dass NRW eine besondere Rolle im nationalen Vergleich zukommt, wie z.B. folgende Kennzahlen verdeutlichen:

- 37% des deutschen DMI_a werden in NRW eingesetzt⁶⁴
- 22% der deutschen Bevölkerung leben in NRW
- 21,9% des deutschen Bruttoinlandsprodukt werden in NRW erwirtschaftet
- 19,2% des deutschen Industrieumsatzes entsteht in NRW⁶⁵

⁶² Vgl. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit 2013, S. 18f.

⁶³ Vgl. Freistaat Thüringen 2012, S. 5, 34

⁶⁴ Im Jahr 2010, vgl. Tabelle 2 und Tabelle 3.

⁶⁵ Jeweils im Jahr 2013, vgl. Kapitel 3.

Dies zeigt die besondere Bedeutung und Verantwortung des Landes NRW, sowohl für politische Zielsetzungen im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie NRW selbst, als auch für die Rolle und den Beitrag des Landes zur nationalen Zielerreichung. Der oben abgeleitete mögliche Zielwert zur Verringerung des absoluten Ressourcenverbrauches von NRW um 35% bis zum Jahr 2030, kann angesichts dieser besonderen Bedeutung von Nordrhein-Westfalen als ein Mindestbeitrag des Landes NRW zur Verwirklichung der nationalen Reduktionsziele angesehen werden.

Einschränkend ist an dieser Stelle auf die (mathematischen) Grenzen der einfachen Szenarienrechnung hinzuweisen. Die Berechnung eines Zielkorridors für den Rohstoffverbrauch und die Rohstoffproduktivität, kann unter Verwendung einfacher mathematischer Verfahren, nicht die Gesamtheit der Komplexität in seiner Vollständigkeit berücksichtigen. Eine kritische Diskussion zu den Grenzen der in diesem Bericht verwendeten der Analyse, fokussiert auf die Verwendung der Input-Output Analyse, ist im Kapitel 5.6 dargestellt.

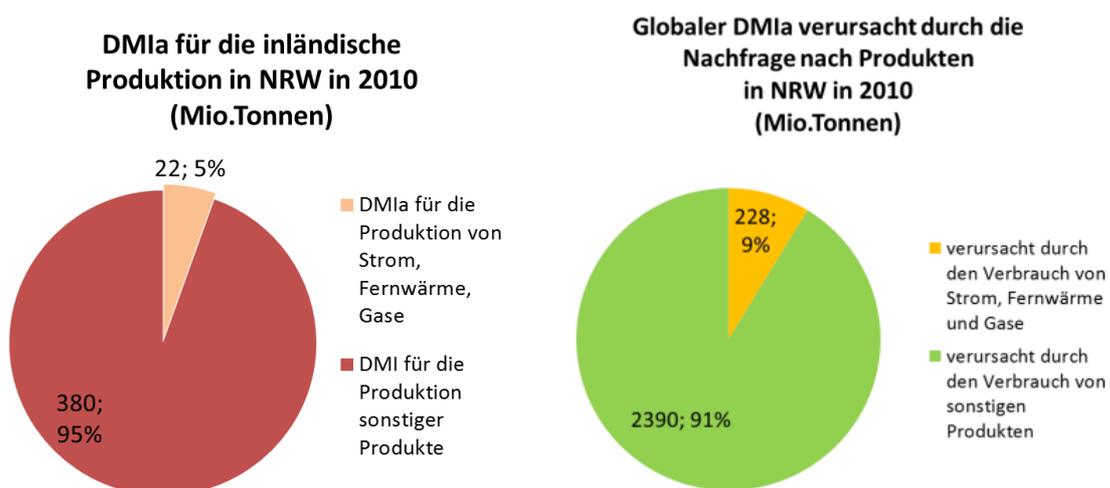
5 Illustrationsbeispiel: „Ausbau der erneuerbaren Energien für die Zieljahre 2030 und 2050“

5.1 Ziel

Das generelle Ziel dieser Untersuchung (AP 4.2) ist es, die Wechselwirkungen zwischen dem Klimaschutzplan NRW und einer möglichen Politik für den Verbrauch von energetischen und nicht-energetischen Rohstoffen für NRW, mit dem Zeithorizont 2030 bzw. 2050, aufzuzeigen.

Spezielles Ziel des hier dargestellten Illustrationsbeispiels ist es, in einer vereinfachten Ersteinschätzung, die Auswirkungen der Strategie zum Ausbau der Produktionssysteme für erneuerbaren Energien in NRW bis zum Jahr 2030 und 2050 auf den inländischen und globalen abiotischen direkten Materialinput überschlägig einzuschätzen. Die in diesem Illustrationsbeispiel fokussierte Betrachtung der Energieproduktion wird durch die zentrale Bedeutung des Energiesektors begründet, der sich durch den hohen Anteil am Rohstoffverbrauch darstellen lässt: Gemäß Szenario B betrug der abiotische direkte Material Input für die inländische Produktion in NRW in Jahre 2010 rund 402 Mio. t (Tabelle 16). Davon wurden vom Produktionsbereich Energie (d.h. „Elektrische Strom, Fernwärme, Gase“) rund 22 Mio. t. Materialien direkt eingesetzt (ca. 5%). Die Nachfrage nach Strom, Fernwärme und Gas in NRW verursachte direkt und indirekt einen globalen abiotischen Materialinput von rund 228 Mio. t., d.h. rund 9% der globalen abiotischen Material verursacht durch die gesamte Wirtschaft in NRW.

Abbildung 12: Vergleich zwischen DMI_a für die inländische Produktion in NRW und dem globalen DMI_a verursacht durch die Nachfrage nach Produkten in NRW



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung.

Damit sollen zum einen die Analysemöglichkeiten des im Rahmen dieser Untersuchung aufgebauten „Rohstoffverbrauchsmodells“⁶⁶ für NRW für die Gestaltung einer möglichen Ressourcenlandespoltik veranschaulicht werden. Zum anderen soll die generelle Funktionsweise des hierfür angewandten rohstoffbezogenen Input-Output Modells beschrieben werden. Zudem tragen die Ausführungen dieses Kapitels zur Weiterentwicklung der Arbeiten zum Klimaschutzplan NRW im Hinblick auf den Rohstoffverbrauch bei.

5.2 Szenarioannahmen

Die Leitfrage des Illustrationsbeispiels in Form einer ganz vereinfachten ceteris-paribus-Modellrechnung lautet:

Für 2030: Wie verändert sich in dem Modell der durch die Produktion und den Konsum in NRW verursachte direkte abiotische Materialinput, wenn im Jahr 2030 der Anteil der Energieproduktion (Strom und Wärme) auf der Basis erneuerbarer Energien in NRW über 34% liegt?

Für 2050: Wie verändert sich in dem Modell der durch die Produktion und den Konsum in NRW verursachte, direkte abiotische Materialinput, wenn im Jahr 2050 der Anteil der Energieproduktion (Strom und Wärme) auf der Basis erneuerbarer Energien in NRW über 50% liegt.

Ausgangspunkt für den Aufbau der Beispiel-Szenarien ist die Input- und Outputstruktur des Produktionsbereichs „Energie“ im aufgebauten „Rohstoffmodell“ für NRW. Demnach wird durch den Produktionsbereich „Energie“ sowohl Strom als auch Wärme erzeugt. Der Input des Produktionsbereichs „Energie“ an Energieträgern dient dementsprechend zur Strom- und Wärmeerzeugung.

Der Aufbau der Beispiel-Szenarien basiert, auf der Inputseite, auf verschiedenen Annahmen. Hierzu wurden die Annahmen der Szenarien B und C des Klimaschutzplans NRW mit einander kombiniert, sowie um ausgewählte Angaben aus der NRW-Energiebilanz 2010 ergänzt. Die nachfolgende Abbildung 13 visualisiert die Kombination der verwendeten (farblich markiert) Annahmen aus dem Klimaschutzplan NRW.

⁶⁶ Das für diese Untersuchung verwendete "Rohstoffverbrauchsmodell", wurde am Wuppertal Institut auf der Basis der vorhandenen Informationen zur VGR, UGR, und Außenhandelsstatistiken zur NRW und Deutschland für das Jahr 2010 aufgebaut. Die Größe, die in dieser Untersuchung modelliert wird, ist der gesamte abiotische direkte Materialinput. Mit dem aufgebauten "Rohstoffverbrauchsmodell" für NRW kann jedoch prinzipiell der Verbrauch anderer Materialkategorien auch untersucht werden, wie: Metalle, Mineralien, Energieträger oder der gesamte biotische Materialinput.

Abbildung 13: Übersicht der verwendeten Szenarien-Annahmen aus dem Klimaschutzplan NRW

Szenarien	A	A 1	A 2	B	B 1	B 2	B _{CCS}	C	C 1	C 2
	Szenario	Varianten		Szenario	Varianten			Szenario	Varianten	
Stromerzeugung (AG1)										
Ausbau EE N= niedrig; H= hoch; 100% = 100% an der Stromerzeugung 2050	N	H		H		100%	N	H	N	100%
Stromnachfrage* K= ungefähr konstant, S= sinkend	K				K				S	
Industrie (AG2)										
Wachstum	1,2%				1,2%				0,6%	
Technologie	BAT				LC				LC	
Gebäude (AG3)										
Sanierungsrate	1,4%	0,7%	1,4%	2,0%	1,4%	2,0%		2,0%		

*Hierbei handelt es sich um eine abhängige Größe, für die keine konkreten Vorgaben für die Szenarienerstellung gemacht werden konnten, sondern die sich aus der Kombination der anderen Vorgaben als Modellergebnis (endogen) ergibt

Quelle: modifizierte Darstellung gemäß Wuppertal Institut 2014a, S. 20.

Die verwendeten Annahmen aus den Szenarien B und C des Klimaschutzplans NRW betreffen u.a. die angenommene zeitliche Veränderung (2010, 2030 und 2050) der Nettoproduktion von Strom auf der Basis verschiedener Energieträger (Kohle, Erdgas, erneuerbare Energien etc.).

Die Nettoproduktion von Wärme nach Energieträgern in 2010, 2030 und 2050 wurde dagegen gesondert abgeschätzt. Ausgangspunkt für die Abschätzung sind die Angaben zur Fernwärmeproduktion in der Energiebilanz 2010 für NRW⁶⁷. Die Abschätzung der Fernwärmeproduktion für die Jahre 2030 und 2050 basiert auf den Angaben zur Fernwärmeproduktion, die in den Szenarien B und C im Klimaschutzplan angegeben sind. Die zeitliche Veränderung der Unterteilung der Wärmeproduktion nach Energieträgern beruht auf der Veränderung der Struktur des Einsatzes von Energieträgern für die Stromproduktion gemäß der Szenarien B und C im Klimaschutzplan NRW.

Neben den Annahmen zur Entwicklung der Nettostromproduktion sind die Annahmen zur Senkung der Strom- und Wärmenachfrage (Veränderung 2050 gegenüber 2010 5% im Szenario B und im Szenario C 11,3%), sowie die Annahmen zur Veränderung des Bruttoinlandsproduktes (konstante jährliche Veränderung von 1,2% im Szenario B und 0,6% im Szenario C) als zusätzliche Größen aus dem Klimaschutzplan in die Modellrechnung zu diesem Illustrationsbeispiel eingegangen.

Eine Zusammenfassung der zugrunde gelegten Annahmen wird in den nachfolgenden Tabellen abgebildet. Dabei werden die Angaben zur Nettoproduktionsmenge von Strom und Fernwärme im Jahr 2010 und deren Veränderung in den Jahren 2030 und 2050 gemäß des Szenario B im Klimaschutzplan in der Tabelle 13 und gemäß des

⁶⁷ Zwischen den Angaben zur gesamten Fernwärmeproduktion im Klimaschutzplan und in der Energiebilanz 2010 für NRW besteht eine beachtliche Differenz. Die abgeschätzte Produktion von Fernwärme auf der Basis der Energiebilanz für NRW beträgt 114 PJ im Jahr 2010. Im Klimaschutzplan wird die Produktion von Fernwärme im gleichen Jahr auf 201 PJ beziffert. Aufgrund dieser Differenz wurde von den Angaben in der Energiebilanz 2010 ausgegangen.

Szenario C in der Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 13: Nettoerzeugung von Strom und (Fern)Wärme in NRW im Jahr 2010, 2030 und 2050; Szenario B Klimaschutzplan NRW

Energieträger	Nettoproduktion			Veränderung gegenüber 2010	
	2010 in TJ	2030 in TJ	2050 in TJ	2030 in TJ	2050 in TJ
Strom	581.040	541.665	536.985	-39.375 -(7%)	-44.055 -(8%)
Darunter:					
Steinkohle	177.480 (31%)	83.160 (15%)	16.200 (3%)	-94.320 -(53%)	-161.280 -(91%)
Braunkohle	237.600 (41%)	176.040 (32%)	45.360 (8%)	-61.560 -(26%)	-192.240 -(81%)
Erdöl & Sonstiges	32.760 (6%)	14.624 (3%)	14.624 (3%)	-18.136 -(55%)	-18.136 -(55%)
Erdgas	92.520 (16%)	84.600 (16%)	176.760 (33%)	-7.920 -(9%)	84.240 (91%)
Erneuerbare	40.680 (7%)	183.240 (34%)	284.040 (53%)	142.560 (350%)	243.360 (598%)
Fernwärme	115.120	123.455	112.270	8.335 (7%)	-2.850 -(2%)
Darunter:					
Steinkohle	34.542 (30%)	17.419 (14%)	2.039 (2%)	-17.123 -(50%)	-32.503 -(94%)
Braunkohle	5.443 (5%)	4.340 (4%)	672 (1%)	-1.103 -(20%)	-4.771 -(88%)
Erdöl & Sonstiges	12.969 (11%)	4.601 (4%)	2.765 (2%)	-8.367 -(65%)	-10.204 -(79%)
Erdgas	53.103 (46%)	50.505 (41%)	63.404 (56%)	-2.598 -(5%)	10.302 (19%)
Erneuerbare	9.063 (8%)	46.589 (38%)	43.389 (39%)	37.527 (414%)	34.326 (379%)
Strom und Fernwärme insgesamt	696.160	665.120	649.254	-31.040 -(4%)	-46.906 -(7%)
Darunter:					
Steinkohle	212.022 (30%)	100.579 (15%)	18.239 (3%)	-111.443 -(53%)	-193.783 -(91%)
Braunkohle	243.043 (35%)	180.380 (27%)	46.032 (7%)	-62.663 -(26%)	-197.011 -(81%)
Erdöl & Sonstiges	45.729 (7%)	19.226 (3%)	17.389 (3%)	-26.503 -(58%)	-28.340 -(62%)
Erdgas	145.623 (21%)	135.105 (20%)	240.164 (37%)	-10.518 -(7%)	94.542 (65%)
Erneuerbare	49.743 (7%)	229.829 (35%)	327.429 (50%)	180.087 (362%)	277.686 (558%)
Senkung der Nachfrage von Strom und Fernwärme gegenüber 2010					5,0
Jährliche Veränderung des Bruttoinlandsprodukts				1,2	1,2

Quelle: eigene Darstellung, nach Wuppertal Institut 2014a, S. 54; Energiebilanzen NRW 2010 und eigenen Berechnungen.

Tabelle 14: Nettoerzeugung von Strom und (Fern)Wärme in NRW im Jahr 2010, 2030 und 2050; Szenario C Klimaschutzplan NRW

Energieträger	Nettoproduktion			Veränderung gegenüber 2010	
	2010 in TJ	2030 in TJ	2050 in TJ	2030 in TJ	2050 in TJ
Nettoproduktion von Strom	581.041	505.537	533.257	-75.504 -(13%)	-47.784 -(8%)
Darunter:					
Steinkohle	177.480 (31%)	69.840 (14%)	12.600 (2%)	-107.640 -(61%)	-164.880 -(93%)
Braunkohle	237.600 (41%)	159.480 (32%)	43.560 (8%)	-78.120 -(33%)	-194.040 -(82%)
Erdöl & Sonstiges	32.760 (6%)	14.137 (3%)	14.137 (3%)	-18.623 -(57%)	-18.623 -(57%)
Erdgas	92.520 (16%)	78.840 (16%)	178.920 (34%)	-13.680 -(15%)	86.400 (93%)
Erneuerbare	40.680 (7%)	183.240 (36%)	284.040 (53%)	142.560 (350%)	243.360 (598%)
Fernwärme	115.120	96.230	82.886	-18.890 -(16%)	-32.234 -(28%)
Darunter:					
Steinkohle	34.542 (30%)	12.068 (13%)	1.169 (1%)	-22.474 -(65%)	-33.374 -(97%)
Braunkohle	5.443 (5%)	3.243 (3%)	476 (1%)	-2.199 -(40%)	-4.967 -(91%)
Erdöl & Sonstiges	12.969 (11%)	3.669 (4%)	1.970 (2%)	-9.299 -(72%)	-10.999 -(85%)
Erdgas	53.103 (46%)	38.825 (40%)	47.296 (57%)	-14.277 -(27%)	-5.806 -(11%)
Erneuerbare	9.063 (8%)	38.424 (40%)	31.975 (39%)	29.361 (324%)	22.913 (253%)
Strom und Fernwärme insgesamt	696.161	601.767	616.143	-94.394 -(14%)	-80.017 -(11%)
Darunter:					
Steinkohle	212.022 (2339%)	81.908 (213%)	13.769 (43%)	-130.114 -(61%)	-198.254 -(94%)
Braunkohle	243.043 (35%)	162.723 (27%)	44.036 (7%)	-80.319 -(33%)	-199.007 -(82%)
Erdöl & Sonstiges	45.729 (7%)	17.806 (3%)	16.106 (3%)	-27.923 -(61%)	-29.622 -(65%)
Erdgas	145.623 (21%)	117.665 (20%)	226.216 (37%)	-27.957 -(19%)	80.594 (55%)
Erneuerbare	49.743 (7%)	221.664 (37%)	316.015 (51%)	171.921 (346%)	266.273 (535%)
Senkung der Nachfrage von Strom und Fernwärme gegenüber 2010					11,3
Jährliche Veränderung des Bruttoinlandsprodukts				0,6	0,6

Quelle: eigene Darstellung, nach Wuppertal Institut 2014a, S. 55; Energiebilanzen NRW 2010 und eigenen Berechnungen.

Im Fall des angenommenen Anteils der gesamten Nettoproduktion von Strom und Wärme auf Basis erneuerbarer Energien (36,8%) an der gesamten Energieerzeugung des Produktionsbereichs „Energie“ gemäß Szenario C handelt es sich um eine akkumulierte Größe. Getrennt betrachtet bedeutet dies eine Veränderung der Nettoproduktion von Strom von 36,2% und der Nettoproduktion von Wärme von 39,9% zwischen 2010 und 2030.

Für das im Folgenden dargestellte Illustrationsbeispiel wird daher im Szenario C von einer Erhöhung der Nettoenergieproduktion auf Basis erneuerbarer Energien von 36,8% von 2010 bis zum Jahr 2030 ausgegangen. Der Produktionsbereich „Energie“ umfasst dabei sowohl Strom als auch Wärme auf der Basis erneuerbarer Energieprodukte. Dies gilt entsprechend für das Jahr 2010 und 2050 sowie für das Szenario B (siehe oben Tabelle 13 und Tabelle 14).

5.3 Rechengang

Die methodische Herangehensweise basiert auf der umweltbezogenen Input-Output Analyse, für die ein NRW spezifisches „Rohstoffverbrauchsmodell“ aufgebaut wurde. Dabei handelt es sich um ein Modell mit dem die Auswirkungen und Charakteristika der Produktions- und Konsumaktivitäten der NRW-Ökonomie auf den Rohstoffverbrauch untersucht werden können.

Gemäß der Input-Output Analyse wird die gesamte Produktion der Ökonomie unter bestimmten Annahmen mittels der Leontief-Produktionsfunktion dargestellt:

$$x = (I - A)^{-1} * y$$

Demnach ist die gesamte Produktion (x), gegliedert nach Produktgruppen, das Resultat der angewandten Produktionstechnologie (A) innerhalb der Wirtschaft, sowie der gesamten produzierten Menge aller Gütergruppen für den inländischen Konsum und den Export (y).

Auf der anderen Seite ergibt sich der direkte abiotische Materialinput (DMI_a) der inländischen Produktion einer Ökonomie aus der Summe des direkten abiotischen Materialinput, der von jedem Produktionsbereich unmittelbar verursacht wird. Da der direkte abiotische Materialinput eines Produktionsbereichs als Resultat der Multiplikation der DMI_a pro produzierter Output-Einheit (dmi_a) mit der gesamten inländischen Produktion der entsprechenden Gütergruppe (x_i) ausgedrückt werden kann, bedeutet dies:

$$DMI_{a(IP)} = dmi_a * x$$

Die Verknüpfung der Produktion und des Konsums einer Ökonomie mit ihrem DMI_a erfolgt dann über den Produktionswert (x), der Bestandteil beider Gleichungen ist. Im Fall NRW lässt sich die für die Analyse angewandte Modellformel wie folgt ausdrücken:

$$\begin{aligned} {}^{RW}DMI_{a(IP)} &= <dmi_a> * (I - A)^{-1} * Y \\ \text{(Tonnen)} &= \text{Tonnen/Euro} * \text{Euro} \end{aligned}$$

Mit

- ${}^{NRW}DMI_{a(IP)}$: Direkter abiotischer Material Input der inländischen Produktion in NRW
- $<dmi_a>$: Direkter abiotischer Material Input pro produzierte Produkt-Einheit in NRW
- $(I - A)^{-1}$: Matrix der direkten und indirekten Produktion pro produzierte Produkt-Einheit
- A : Matrix der technologischen Produktionskoeffizienten
- Y : Gesamte Produktion für den inländischen Konsum und den Export

Die Datengrundlage für den Aufbau des Modells und die Analyse sind Abschätzungen bezüglich der Verwendung von Gütergruppen für die Produktion und den Konsum in NRW und bezüglich des direkten Materialinput der Produktionsbereiche in NRW. Diese Abschätzungen erfolgten im Rahmen dieser Untersuchung. Sie sind in einer erweiterten Input-Output Tabelle abgebildet, die NRW spezifisch ist.

Im Allgemeinen besteht eine erweiterte Input-Output Tabelle (E-IOT) aus zwei Teilen: die Input-Output Tabelle als solche (Abbildung 14 – grauer Bereich) und deren umweltbezogener Erweiterung (Abbildung 14 – gelber Bereich).

Abbildung 14: Allgemeine Struktur einer Erweiterten Input-Output-Tabelle (E-IOT)

	Produktionsbereiche	Endnachfrage
Gütergruppen	Verflechtungsmatrix (inländische Produktion + Importe)	Inländischer Konsum + Exporte - Importe (inländische Produktion + Importe)
	Primäraufwandmatrix (Bruttowertshöpfung)	
Umweltbezogene Erweiterung		

Quelle: eigene Darstellung nach Holub/Schnabl 1994, S. 140.

In einer Input-Output Tabelle wird die Volkswirtschaft in Form einer Matrix dargestellt, in der die gesamte Verwendung bzw. das gesamte Aufkommen von Gütern zusammengefasst wird. Dabei stehen im Mittelpunkt der Betrachtung die produktions- und gütermäßigen Verflechtungen innerhalb einer Volkswirtschaft, einschließlich der Güterströme zwischen der betrachteten Volkswirtschaft und der übrigen Welt. Daher wird insbesondere die Güterverwendung im Produktionsprozess detailliert abgebildet⁶⁸.

In Input-Output Tabellen vom Typ „Güter-x-Güter“ ist der Güterinput für die Produktion, für den Konsum oder für den Export, in den Spalten abgebildet. Jede Spalte der Verflechtungsmatrix repräsentiert dabei einen homogenen Produktionsbereich. Der Güteroutput wird dagegen in den Zeilen dargestellt. Jede Zeile der Verflechtungsmatrix stellt dabei eine homogene Gütergruppe⁶⁹ dar (Abbildung 14– grauer Bereich).

⁶⁸ Unter Input sind zum einen Vorleistungen zu verstehen, also Güter, die im Zuge der Produktion verbraucht, verarbeitet oder umgewandelt werden. Zum anderen wird darunter der Einsatz der Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital verstanden (primäre Inputs). Als Output wird der Wert der produzierten Güter bezeichnet, der Produktionswert. Güter umfassen hierbei jeweils Waren und Dienstleistungen (Statistisches Bundesamt 2010, S. 7ff.). Darum ist eine Input-Output Tabelle die umfassendste Darstellung des Aufkommens und Verwendung von Gütern und (Produkte und Dienstleistungen) einer Ökonomie.

⁶⁹ Alle Input-Output Tabellen für Deutschland, die vom Statistischen Bundesamtes herausgegeben sind, sind vom Typ „Güter x Güter“ und entsprechen den Anforderungen des Europäischen Systems Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen. Input-Output Tabellen vom Typ „Güter x Güter“ weisen eine technologisch orientierte Verflechtung auf, da in der Vorleistungsmatrix weitgehend homogene Güter zusammengefasst sind (Statistisches Bundesamt, Input-Output-Rechnung im Überblick, 2010, S.14). Die vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Input- Output Tabellen für Deutschland sind nach der europäischen Güterklassifikation („CPA-2008: Classification of Products by Activity“) von Eurostat gegliedert (Statistisches Bundesamt 2015c., S. 3).

Bei der umweltbezogenen Erweiterung einer Input-Output Tabelle vom Typ „Güter-x-Güter“ handelt es sich zunächst um einen Zeilenvektor (Abbildung 14– gelber Bereich). In diesem Zeilenvektor, um den die Input-Output Tabelle erweitert wird, werden die direkten Umweltauswirkungen der Produktion und des Konsums, gegliedert nach Produktions- bzw. Konsumbereichen, dargestellt. Daher hat dieser Vektor die gleiche Spaltenstruktur der Input-Output Tabelle. Eine Zelle dieses Vektors gibt die Umweltauswirkung bzw. -belastung an, die von der Produktion einer Gütergruppe durch den entsprechenden Produktionsbereich direkt ausgelöst wird.

Eine E-IOT mit solchen Charakteristika bietet verschiedene Möglichkeiten für die Analyse der Umweltauswirkungen für die Verwendung von Gütern, sowohl für die Produktion (intermediäre Verwendung) als auch für den Konsum (letzte Verwendung) in einer Ökonomie. Darauf abzielend wurde im Rahmen dieser Untersuchung eine erweiterte Input-Output Tabelle (E-IOT) für NRW für das Jahr 2010 erstellt.

Die Input-Output Tabelle 2010 für NRW wurde unter Verwendung eines Nonsurvey-Ansatzes⁷⁰ derivativ aus den vorliegenden Input-Output Tabellen 2010 für Deutschland (Aufkommenstabelle, Verwendungstabelle, Input-Output Tabelle, Importmatrix) und mittels der Verwendung weiterer NRW spezifischer Angaben (Umsatz, Importe und Exporte aus dem Ausland, Bruttowertschöpfung und Strukturverwendung des Bruttoinlandsprodukts) ermittelt⁷¹.

Durch die Verwendung von NRW spezifischen Daten wurde die Konsistenz der Randgrößen der derivativ ermittelten Input-Output Tabelle mit den Angaben aus den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) für NRW gewährleistet. Dies bedeutet, dass die Summe des Produktionswerts, des Bruttowertschöpfung und der Im- und Exporte ins deutschen Ausland aller in der Input-Output Tabelle 2010 für NRW dargestellten Gütergruppen die offiziellen Angaben seitens IT-NRW zur VGR für NRW wiedergibt.

Bei der derivativ ermittelten Input-Output Tabelle für NRW handelt es sich ausschließlich um eine Input-Output Tabelle der „inländischen Produktion und Importe“. Dies bedeutet, dass die in ihr abgebildeten Güterströme sowohl die im Inland produzierten, als auch die importierten Güter umfassen. Alle Güterströme werden dabei in monetären Einheiten (Mio. Euro) ausgedrückt.

⁷⁰ „Cross-Hauling Adjusted Regionalization Method (CHARM)“, in Ablehnung an Kronenberg/Többen 2011.

⁷¹ Hierfür wurde zum einen auf der in 2014 revidierten Version der Input-Output Tabellen 2010 für Deutschland zurückgegriffen, die vom Statistischen Bundesamt im Rahmen der VGR veröffentlicht wurde (Statistisches Bundesamt 2015c). Hinsichtlich der NRW spezifischen Daten wurden die entsprechenden Statistiken von IT-NRW und die Angaben von Destatis zu den VGR der Länder verwendet. Alle diese Datensätze sind entweder online Verfügbar oder wurden nach Anfrage von Destatis und IT-NRW zur Verfügung gestellt. Das Jahr 2010 wurde ausgewählt damit bestimmte NRW spezifischen Größen aus den Berechnungen der Klimaschutzplan-Szenarien, wie z.B. die Treibhausgasemissionen, in der Modellrechnung einbezogen werden können. Die Szenarien des Klimaschutzplans und die hier dargestellte Untersuchung haben damit das gleiche Basisjahr zu Grunde gelegt.

In der derivativ ermittelten Input-Output Tabelle 2010 für NRW wird annäherungsweise zum einen die Charakteristika der Produktion und des Konsums in NRW und zum anderen das Volumen und die Güterzusammensetzung der Außenhandelsbeziehungen von NRW wiedergegeben. Dabei wird die Produktionssphäre von NRW in 38 Produktionsbereiche bzw. 38 Gütergruppen (Waren und Dienstleistungen) gegliedert. Beim inländischen Konsum werden vier Bereiche differenziert: „Konsum der Privaten Haushalte im Inland (einschließlich des Konsums der privater Organisationen ohne Erwerbszweck)“, „Konsum des Staates“, „Vorratsveränderungen“, und „Investitionen (Ausrüstungen, Anlagen und Bauten)“. Die Ex- und Importe von NRW werden in Außenhandelsbeziehungen mit den anderen Bundesländern und mit dem Ausland unterteilt.

Die umweltbezogene Erweiterung der derivativ ermittelten Input-Output Tabelle 2010 für NRW (Zeilenvektor) bezieht sich auf den Verbrauch von energetischen und nicht-energetischen abiotischen Materialien, der durch die gesamten Produktions- und Konsumaktivitäten in NRW verursacht wird. Er umfasst also den direkten abiotischen Materialinput (DMI_a) gemessen in physischen Einheiten (1.000 Tonnen)⁷². Dabei wird der DMI_a ebenfalls in 38 Produktionsbereiche und 4 Konsumbereiche differenziert.

Im Fall eines Produktionsbereichs (z.B. Erzeugnisse der Kohleindustrie) umfasst der im Zeilenvektor eingetragene jeweilige direkte abiotische Materialinput (DMI_a) die verwertete Rohstoffmenge, die dieser Produktionsbereich aus der Umwelt entnommen hat (z.B. Braunkohle), zuzüglich der physischen Mengen an abiotischen Rohstoffen sowie Halb- und Fertigprodukten (z.B. Metalle), die dieser Produktionsbereich zum Zweck der Produktion direkt importiert hat. Der DMI_a eines Konsumbereichs (z.B. „Konsum der privaten Haushalte und der privaten Organisationen ohne Erwerbszweck“) umfasst dagegen nur die importierten Produkte, die für diesen Zweck nach NRW aus anderen Bundesländern und dem Ausland eingeführt wurden.

Ausgangspunkt für die Abschätzung des direkten abiotischen Materialinput (DMI_a) nach Produktion- und Konsumbereichen sind u.a. Angaben aus der Materialflussanalyse (MFA) für NRW⁷³ sowie die detaillierte Außenhandelsstatistiken von NRW. Die Kombination von beiden Datensätzen (veröffentlicht durch IT-NRW) ermöglicht eine Untergliederung der hochaggregierten MFA Angaben nach Materialkategorien, die kompatibel mit den in der Input-Output Tabelle dargestellten Produktgruppen sind.

⁷² Der direkte abiotische Materialinput (DMI_a) von NRW kann um den „direkten biotischen Materialinput (DMI_b)“ ergänzt werden, so dass der gesamten direkten Materialinput von NRW wiedergegeben wird. Der direkte abiotische Materialinput (DMI_a) kann ebenfalls in weitere Materialkategorien: Metalle, Mineralische Mineralien, Energieträger untergliedert werden. Die Analyse der Auswirkung der Produktion und des Konsums in NRW auf alle diese „weitere Materialkategorien“ ist prinzipiell möglich.

⁷³ Die MFA für NRW erfolgt im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnung für das Land (IT-NRW, UGR der Länder). Die MFA-Angaben sind gesamtwirtschaftlich. Die Ökonomie in sich wird dabei als eine „Black-Box“ behandelt. Aufgrund dieser Beschaffenheit und der Systematik (Materialkategorien), nach diesen sie erhoben werden, haben die MFA Angaben (in ihrem ursprünglichen Format) zunächst keinen unmittelbaren Bezug zu den Gütergruppen, Produktionsbereichen, Konsumaktivitäten oder zu Produktionstechnologien, die den gesamtwirtschaftlichen Rohstoffverbrauch verursachen.

Die auf diese Weise „differenzierten“ MFA Angaben zum gesamtwirtschaftlichen physischen Einfuhrvolumen von NRW wurden anschließend den Produktions- und Konsumbereichen NRW zugeordnet. Diese Zuordnung erfolgte auf der Basis der Verwendungsstruktur der Importe von Deutschland. Die notwendigen Angaben hierfür wurden aus der Input-Output Tabelle Deutschlands entnommen (veröffentlicht durch DESTATIS)⁷⁴.

Die Erstellung der um den direkten abiotischen Materialinput erweiterten Input-Output Tabelle 2010 für NRW erfordert die Verwendung von mehreren Annahmen sowie umfangreichen und zeitaufwendigen eigenen Abschätzungen und Berechnungen. Die Umsetzung dieses Ansatzes schafft jedoch zum ersten Mal eine Datengrundlage für NRW, die die Analyse von gesamtwirtschaftlichen Rohstoffverbrauchsauswirkungen möglicher Veränderungen bei der Produktion oder beim Konsum in NRW zulässt.

Dadurch kann nun in einer ersten Annäherung die gesamtwirtschaftliche Rohstoffanspruchnahme der NRW-Ökonomie untersucht werden, die beispielsweise aufgrund des technologischen Fortschritts bzw. eines veränderten Produktionsprozessmix in einem konkreten Produktionsbereich oder einer neuen Produktzusammensetzung des Konsums in NRW erfolgen.

Die derivativ ermittelte Input-Output Tabelle 2010 für NRW, erweitert um den direkten abiotischen Materialinput, lässt sich beliebig zusammenfassen. Im Folgenden wird sie als zusammengefasste E-IOT für NRW mit 20 Produktionsbereichen bzw. Gütergruppen (20x20) abgebildet.

⁷⁴ Die Annahme einer ähnlichen Verwendungsstruktur der Importe in NRW wie in Deutschland ist relativ plausibel für die Importe aus dem Ausland. Diese Annahme trifft jedoch weniger auf die Verwendung der Importe aus den anderen Bundesländern zu. Dennoch wurde sie hier indirekt verwendet, um eine vorläufige Unterteilung des Empfangs aus den anderen Ländern zu ermöglichen. Dafür wurde zunächst angenommen, dass der Empfang aus den anderen Ländern einen ähnlichen Produkt-Mix hat, wie die Importe aus dem Ausland. Anschließend wurden diese physischen Empfangsmengen mit Hilfe der davor berechneten Verwendungsanteile der Produktions- und Konsumsphäre zugeordnet. Die Ergebnisse dieser Zuordnung wurden später als Gesamtsumme auf die originalen Werte der MFA Materialkategorien der UGR kalibriert. Dadurch ist eine Zuordnung entstanden, die in der Gesamtmenge konsistent mit den UGR Zahlen ist. Bei der Abschätzung und Zuordnung der Importe aus den anderen Bundesländern handelt es sich um eine erste Schätzungen der Größenordnung.

Tabelle 15: Derivativ ermittelte erweiterte Input-Output Tabelle 2010 für NRW

Input-Output-Tabelle 2010 für NRW zu Herstellungspreisen Inländische Produktion und Importe in Mill. EUR	Intermediäre Verwendung durch die Produktionsbereiche													
	1 Erzeugnisse der Landwirtschaft und Jagd	2 Kohle	3 Erdöl und Erdgas	4 Erze, Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse	5 Nahrungsmittel und Futtermittel, Getränke, Tabakerzeugnisse	6 Papier, Pappe und Waren daraus	7 Kokereierzeugnisse und Mineralölherzeugnisse	8 Chemische und pharmazeutische Erzeugnisse	9 Glas und -waren, Keramik, Steine und Erden	10 Metalle	11 Metallerzeugnisse	12 Elektrische Ausrüstungen	13 Maschinen	14 Kraftwagen und Kraftwagenteile, Fahrzeuge
1 Erzeugnisse der Landwirtschaft und Jagd	1072	0	4	3	7581	22	1	8	0	0	0	0	0	0
2 Kohle	0	4	0	0	21	27	62	27	35	173	0	0	0	0
3 Erdöl und Erdgas	4	0	0	14	234	40	5502	301	15	206	120	146	250	200
4 Erze, Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse	5	3	137	185	73	16	1	1149	539	1603	0	0	0	0
5 Nahrungsmittel und Futtermittel, Getränke, Tabakerzeugnisse	288	0	0	0	7144	0	0	598	0	0	0	0	0	0
6 Papier, Pappe und Waren daraus	3	0	2	15	634	3162	0	431	50	7	85	87	49	20
7 Kokereierzeugnisse und Mineralölherzeugnisse	118	1	9	25	66	21	1518	2068	98	569	27	30	25	34
8 Chemische und pharmazeutische Erzeugnisse	198	1	1	9	258	339	290	21620	250	514	305	131	260	329
9 Glas und -waren, Keramik, Steine und Erden	27	0	0	1	125	0	0	162	1080	109	146	75	77	163
10 Metalle	3	2	22	8	35	31	2	398	18	18894	4459	795	2340	1794
11 Metallerzeugnisse	27	7	19	15	211	7	39	226	45	148	6484	456	2476	1633
12 Elektrische Ausrüstungen	4	0	1	1	8	2	2	34	19	66	99	3705	1051	551
13 Maschinen	93	5	20	10	117	8	12	71	21	52	416	161	7434	952
14 Kraftwagen und Kraftwagenteile, Fahrzeuge	17	0	0	1	3	0	0	6	4	1	0	37	949	12578
15 Sonstige Produkte des verarbeitenden Gewerbes	42	46	66	65	786	380	17	835	205	670	1025	1684	2405	1872
16 Elektr. Strom, Wärme etc.; Industrielle Gase	100	8	44	52	600	377	124	1039	347	1171	530	130	265	189
17 Wasserversorgung; Abwasser- und Abfallentsorgung	98	2	0	31	493	352	3	351	152	785	704	22	43	40
18 Baugewerbe	66	10	0	15	205	38	17	209	64	197	140	56	111	82
19 Verkehr und Lagerei	35	2	21	38	1606	180	215	832	438	753	372	250	925	743
20 Dienstleistungen	1092	21	184	194	8090	958	620	5343	1653	2316	4387	2796	5776	4835
20 Vorleistungen der Produktionsbereiche (Sp. 1 bis Sp. 20) bzw. letzte Verwendung von Gütern (Sp. 22 bis Sp. 29)	3.290	114	531	680	28.291	5.960	8.425	35.707	5.035	28.234	19.301	10.560	24.434	26.014
21 Gütersteuern abzüglich Gütersubventionen	127	1	7	30	283	41	58	283	18	60	33	86	153	128
22 Vorleistungen der Produktionsbereiche bzw. letzte Verwendung zu Anschaffungspreisen	3.418	114	537	710	28.575	6.000	8.483	35.990	5.054	28.293	19.334	10.646	24.587	26.142
27 Bruttowertschöpfung	2.355	610	5	763	6.294	2.490	1.232	12.605	2.593	11.928	8.492	6.822	15.321	5.574
28 Produktionswert	5.773	724	542	1.473	34.868	8.490	9.715	48.595	7.647	40.221	27.825	17.469	39.908	31.716
Abiotischer direkter Materialinput in NRW (1000 t)	976	102.375	197	122.281	2.344	1.495	36.096	10.004	5.773	42.848	6.585	2.889	5.402	10.980

Fortsetzung Tabelle 15: Derivativ ermittelte erweiterte Input-Output Tabelle 2010 für NRW

Input-Output-Tabelle 2010 für NRW zu Herstellungspreisen Inländische Produktion und Importe in Mill. EUR	Intermediäre Verwendung durch die Produktionsbereiche							Letzte Verwendung von Gütern							Gesamte Verwendung von Gütern
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	28	30	
	Sonstige Produkte des verarbeitenden Gewerbes	Elektr. Strom, Wärme etc.; Industrielle Gase	Wasserversorgung; Abwasser- und Abfallentsorgung	Baugewerbe	Verkehr und Lagerei	Dienstleistungen	zusammen	Konsumausgaben privater Haushalte im Inland und privater Organi- sationen ohne Erwerbszweck	Konsum- ausgaben des Staates	Ausrüstungen und sonstige Anlagen und Bauten	Vorratsver- änderungen und Nettozugang an Wertsachen	Exporte in die anderen Bundesländer und ins Ausland	Importe gleichartiger Güter (negativ)		
1 Erzeugnisse der Landwirtschaft und Jagd	349	1	0	0	4	490	9.534	4.021	0	54	511	1.608	-9.956	5.773	
2 Kohle	4	1752	0	1	0	13	2.119	93	0	0	-7	173	-1.654	724	
3 Erdöl und Erdgas	243	2822	1	3	9	428	10.538	771	22	0	619	3.113	-14.520	542	
4 Erze, Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse	7	6	24	284	0	83	4.116	19	0	37	43	733	-3.475	1.473	
5 Nahrungsmittel und Futtermittel, Getränke, Tabakerzeugnisse	14	2	0	0	24	3752	11.823	21.887	78	0	1.586	12.188	-12.694	34.869	
6 Papier, Pappe und Waren daraus	1141	5	3	75	11	1041	6.820	992	0	0	-175	7.253	-6.401	8.490	
7 Kokererzeugnisse und Mineralölerzeugnisse	63	681	62	465	2161	2176	10.218	5.433	22	0	1.023	2.648	-9.630	9.715	
8 Chemische und pharmazeutische Erzeugnisse	4334	19	53	505	13	2409	31.836	3.989	3.946	0	-2.292	34.509	-23.394	48.595	
9 Glas und -waren, Keramik, Steine und Erden	376	10	4	2871	17	326	5.569	683	0	547	-66	4.168	-3.255	7.647	
10 Metalle	746	142	27	445	46	332	30.539	0	0	364	379	41.992	-33.052	40.221	
11 Metallenerzeugnisse	1178	131	226	1856	90	871	16.146	890	0	2.594	471	18.736	-11.012	27.825	
12 Elektrische Ausrüstungen	424	709	16	1954	62	438	9.146	1.800	0	2.131	275	11.868	-7.751	17.469	
13 Maschinen	450	64	121	496	14	388	10.905	262	0	7.815	2.013	31.459	-12.547	39.908	
14 Kraftwagen und Kraftwagentelle, Fahrzeuge	528	14	6	2	328	1781	16.255	11.552	78	9.204	-2.608	24.928	-27.693	31.716	
15 Sonstige Produkte des verarbeitenden Gewerbes	9344	592	148	2909	633	9600	33.324	17.570	201	9.050	350	50.079	-61.206	49.369	
16 Elektr. Strom, Wärme etc.; Industrielle Gase	707	7561	209	155	551	5260	19.421	8.446	45	0	-37	8.079	-581	35.373	
17 Wasserversorgung; Abwasser- und Abfallentsorgung	652	19	1615	53	56	2153	7.623	4.294	118	0	-907	4.770	-1.913	13.985	
18 Baugewerbe	243	632	666	2885	532	12841	19.008	1.103	0	27.095	-6	35	-2.311	44.925	
19 Verkehr und Lagerei	1079	1427	95	235	14646	20422	44.315	9.451	656	0	-219	6.073	-12.902	47.374	
20 Dienstleistungen	8926	5269	3681	10250	7741	158508	232.641	190.213	101.611	23.857	148	63.805	-23.948	588.326	
20 Vorleistungen der Produktionsbereiche (Sp. 1 bis Sp. 20) bzw. letzte Verwendung von Gütern (Sp. 22 bis Sp. 29)	30.811	21.857	6.957	25.445	26.941	223.309	531.896	283.471	106.778	82.748	1.103	328.219	-279.895	1.054.318	
21 Gütersteuern abzüglich Gütersubventionen	256	194	394	268	945	10.056	13.420	34.543	1.378	6.701	0	0	0	56.042	
22 Vorleistungen der Produktionsbereiche bzw. letzte Verwendung zu Anschaffungspreisen	31.067	22.051	7.350	25.713	27.885	233.366	545.316	318.014	108.156	89.448	1.103	328.219	-279.895	1.110.361	
27 Bruttowertschöpfung	18.302	13.322	6.634	19.212	19.489	354.960	509.002								
28 Produktionswert	49.368	35.373	13.985	44.925	47.374	588.326	1.054.318								
Abiotischer direkter Materialinput in NRW (1000 t)	10.204	21.901	207	7.695	4.544	6.742	401.538	16.913	255	5.789	8.500	22.467		455.462	

Quelle: eigene Berechnung auf der Grundlage der Input-Output Tabelle 2010 für Deutschland (DESTATIS 2015), spezifische Angaben der VGR zu NRW und mittels der Anwendung eines Nonsurvey Ansatzes („Cross-Hauling Adjusted Regionalization Method (CHARM)“, in Ablehnung an Kronenberg/Többen 2011.

Der Ausgangspunkt für die Beantwortung der oben formulierten Leitfragen in Kapitel 5.3 ist die derivativ ermittelte erweiterte Input-Output Tabelle 2010 für NRW. Für die Berechnung der Auswirkungen einer erhöhten Stromerzeugung auf der Basis erneuerbarer Energien musste sie jedoch an bestimmten Stellen geändert werden.

Die Änderungen in der E-IOT für 2010 erfolgten entsprechend der verwendeten Annahmen für 2030 und 2050 (Tabelle 13 und Tabelle 14). Die direkten und indirekten Auswirkungen auf den Rohstoffverbrauch, die von diesen Veränderungen induziert sind, wurden dann mit Hilfe des Rohstoffverbrauchsmodells ermittelt.

Dies bedeutete beispielsweise die Durchführung folgender methodischen Schritte für 2050:

- a) eine Veränderung der Inputstruktur des Produktionsbereichs „Energie“ gemäß des Produktmix (Strom-Mix) in 2050,
- b) eine Veränderung der Outputstruktur des gleichen Produktionsbereichs aufgrund der Annahme einer Reduktion des Stromverbrauchs über alle Produktionsbereiche (-11,3% gemäß Szenario C),
- c) eine Veränderung der letzten Verwendung aufgrund der angenommenen Wachstumsrate (+0,6% p/a), und
- d) die Ermittlung der gesamtwirtschaftlichen Rohstoffverbrauchseffekte mit Hilfe des „Rohstoffverbrauchsmodell“ für NRW.

Die Berechnungen für alle Szenarien wurden nach dem selben Muster durchgeführt. Dabei wurde die Version des Modells, in welcher die Produktionssphäre in 38 Produktionsbereiche bzw. Gütergruppen unterteilt ist. Die Ergebnisse werden hier zu Gunsten einer lesbaren Darstellung für 20 Produktionsbereiche präsentiert, die sich aus der Aggregation der Ergebnisse für die 38 Produktionsbereiche ergeben.

5.4 Ergebnisse

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Berechnung sowohl für das Szenario B als auch für das Szenario C dargestellt. Jedes Szenario ist charakterisiert durch bestimmte Annahmen. Für die Berechnung im Szenario C wird beispielsweise ein Ausbaupfad erneuerbarer Energien bei der Nettoproduktion von Strom und Wärme von 36,8% bis zum Jahr 2030 in NRW angenommen (Szenario C, Klimaschutzplan NRW). Alle anderen Parameter bleiben konstant; dies betrifft insbesondere die Güterverwendung bei der Produktion in den verschiedenen Produktionsbereichen. Ausgenommen davon ist der Produktionsbereich „Energie“, da bei ihm eine veränderte Input- und Output-Struktur angenommen wird. Dadurch erfolgt eine unmittelbare Veränderung der Produktionsmenge aller Produktionsbereiche jedoch nur entsprechend der angenommenen Veränderungen beim Produktionsbereich „Energie“.

Die indirekten Auswirkungen auf die gesamtwirtschaftliche Produktion sowie auf den damit verbundenen Materialinput werden durch das Modell errechnet. Die verwendeten Annahmen bei Szenarien B und C sind in der Tabelle 13 und der Tabelle 14 zusammengefasst.

Die Tabellen 16 und 19 zeigen den direkten abiotischen Materialinput (DMI_a) in NRW für die Jahre 2010, 2030 und 2050. Hierbei handelt es sich um den Materialverbrauch im Inland (NRW), gegliedert nach Produktions- und Konsumbereichen gemäß den verschiedenen Szenarien:

- Szenario B im Klimaschutzplan NRW (unverändertes BIP und Nachfrage) - Tabelle 16,
- Szenario B im Klimaschutzplan NRW (1,2% p/a BIP-Veränderung und -5% Energienachfrage in 2050) - Tabelle 17,
- Szenario C im Klimaschutzplan NRW (unverändertes BIP und -11,3% Energienachfrage in 2050) – Tabelle 18,
- Szenario C im Klimaschutzplan NRW (0,6% p/a BIP-Veränderung und -11,3% Energienachfrage in 2050) – Tabelle 19

Der DMI_a eines Produktionsbereiches umfasst dabei zum einen die Rohstoffmengen (verwertete inländische Extraktion), die er aus der Umwelt direkt extrahiert; und zum anderen die Materialien (Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren), die er aus dem Ausland selbst importiert. Es handelt sich dabei also um den gesamten direkten abiotischen Materialinput, den der betreffende Produktionsbereich für die Durchführung seiner Produktionsaktivitäten selbst einsetzt, jedoch nicht über seine Vorleistungen (Zulieferung anderer Produktionsbereiche).

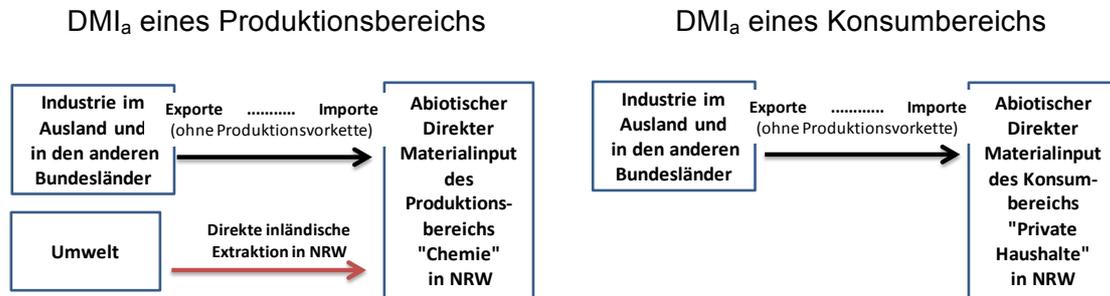
Der DMI_a eines Konsumbereiches umfasst dagegen die Materialien (hauptsächlich Fertigwaren), die ausschließlich für den Konsum im Inland (NRW) oder aus dem Ausland (andere Bundesländer und Rest der Welt) eingeführt wurden (direkte Importe für den Konsum)⁷⁵.

Diese DMI_a -Werte sind für 2010 im Materialinput-Zeilenvektor enthalten, die um die derivativ ermittelte Input-Output Tabelle für NRW erweitert wurde. Für 2030 und 2050 ergeben sich diese DMI_a -Werte aus der Anpassung des Materialinput-Zeilenvektors an

⁷⁵ Hierbei wird davon ausgegangen, dass die Konsumbereiche keine Rohstoffe aus der Umwelt selbst entnehmen.

den Annahmen der Szenarien B und C⁷⁶. Diese Interpretation gilt für die Werte die in den Tabelle 15 bis Tabelle 18 enthalten sind.

Abbildung 15: Schematische Darstellung der Materialströme, die der DMI_a eines Produktions- und Konsumbereichs umfassen



Quelle: eigene Darstellung.

⁷⁶ Im DMI_a eines Produktions-bzw. Konsumbereichs sind keine indirekten Materialverbrauchs- auswirkungen enthalten, die entlang der Produktionsvorkette weder im Inland noch im Ausland entstehen.

Tabelle 16: Direkter abiotischer Materialinput in NRW im Jahr 2010 und 2030 und 2050 nach Produktions- und Konsumbereiche gemäß Szenario B im Klimaschutzplan NRW (unverändertes BIP und Nachfrage)

Bereiche		Szenario B							
		DMI _a		DMI _s		Ver- änderung 2030 zu 2010	DMI _s		Ver- änderung 2050 zu 2010
		2010		2030			2050		
		Mio. t	Prozent	Mio. t	Prozent	Prozent	Mio. t	Prozent	Prozent
1	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	1,0	0,2	1,0	0,2	0,0	1,0	0,3	0,1
2	Kohle	102,4	22,5	78,9	18,6	-23,0	37,9	9,9	-63,0
3	Erdöl und Erdgas	0,2	0,0	0,2	0,0	-0,9	0,2	0,1	14,6
4	Erze, Steine und Erden	122,3	26,8	122,3	28,8	0,0	122,9	32,0	0,5
5	Nahrungsmittel, Getränke, Tabak	2,3	0,5	2,3	0,6	0,0	2,3	0,6	0,0
6	Papier, Pappe und Waren daraus	1,5	0,3	1,5	0,4	0,0	1,5	0,4	0,1
7	Kokerei-, und Mineralölzeugnisse	36,1	7,9	35,2	8,3	-2,4	35,2	9,2	-2,5
8	Chemische Erzeugnisse	10,0	2,2	10,0	2,4	0,2	10,0	2,6	0,3
9	Glas und -waren, Keramik, Steine und Erden	5,8	1,3	5,8	1,4	0,0	5,8	1,5	0,0
10	Metalle	42,8	9,4	42,9	10,1	0,0	42,8	11,2	0,0
11	Metallerzeugnisse	6,6	1,4	6,6	1,5	0,0	6,6	1,7	0,0
12	Elektrische Ausrüstungen	2,9	0,6	2,9	0,7	0,1	2,9	0,8	-0,3
13	Maschinen	5,4	1,2	5,4	1,3	0,0	5,4	1,4	0,0
14	Kraftwagen und Kraftwagenteile, Fahrzeuge	11,0	2,4	11,0	2,6	0,0	11,0	2,9	0,0
15	Sonstige Produkte des verarb. Gewerbes	10,2	2,2	10,2	2,4	0,1	10,2	2,7	0,0
16	Elektr. Strom, Wärme etc.; Industrielle Gase	21,9	4,8	15,9	3,7	-27,6	15,0	3,9	-31,4
17	Wasser; Abwasser- und Abfallentsorgung	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1
18	Baugewerbe	7,7	1,7	7,7	1,8	0,1	7,7	2,0	-0,1
19	Verkehr und Lagerei	4,5	1,0	4,6	1,1	0,1	4,5	1,2	-0,2
20	Dienstleistungen	6,7	1,5	6,7	1,6	0,1	6,7	1,8	-0,1
21	Direkter abiotischer Materialinput für die inländische Produktion (Zeilen 1 bis 20)	401,5	88,2	371,2	87,3	-7,6	329,9	86,0	-17,8
22	Inländischer Konsum	17,2	3,8	17,2	4,0	0,0	17,2	4,5	0,0
23	Investitionen	5,8	1,3	5,8	1,4	0,0	5,8	1,5	0,0
24	Vorratsveränderungen	8,5	1,9	8,5	2,0	0,0	8,5	2,2	0,0
25	Exporte	22,5	4,9	22,5	5,3	0,0	22,5	5,9	0,0
26	Abiotische Importe für den inländischen Konsum und (Re-)Export (Zeilen 22 bis 24)	53,9	11,8	53,9	12,7	0,0	53,9	14,0	0,0
27	Direkter abiotischer Materialinput von NRW	455,5	100,0	425,1	100,0	-6,7	383,8	100,0	-15,7

Quelle: eigene Berechnungen auf der Basis der um den abiotischen Materialinput erweiterte derivativ ermittelte Input-Output Tabelle für NRW.

Die Tabelle 16 zeigt, dass unter der Annahme der Erhöhung des Anteils der Energieerzeugung (Strom und Wärme), auf Basis erneuerbarer Energien von 2010 bis 2030 auf 34,6% und von 2010 bis 2050 auf 50,4% bei unveränderten sonstigen Parameter, der direkte abiotische Materialinput um 6,7% in 2030 und um 15,7% sinkt.

Tabelle 17: Direkter abiotischer Materialinput in NRW im Jahr 2010 und 2030 und 2050 nach Produktions- und Konsumbereiche gemäß Szenario B im Klimaschutzplan NRW (1,2% p/a BIP-Veränderung und -5% Energienachfrage in 2050)

Bereiche	Szenario Bw								
	DMI _a		DMI _s		Ver- änderung 2030 zu 2010	DMI _s		Ver- änderung 2050 zu 2010	
	2010		2030			2050			
	Mio. t	Prozent	Mio. t	Prozent	Prozent	Mio. t	Prozent	Prozent	
1 Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	1,0	0,2	1,2	0,2	27,0	1,6	0,3	61,2	
2 Kohle	102,4	22,5	88,4	17,0	-13,6	49,3	8,4	-51,8	
3 Erdöl und Erdgas	0,2	0,0	0,2	0,0	9,5	0,3	0,0	42,1	
4 Erze, Steine und Erden	122,3	26,8	154,5	29,7	26,4	196,2	33,4	60,4	
5 Nahrungsmittel, Getränke, Tabak	2,3	0,5	3,0	0,6	26,9	3,8	0,6	61,1	
6 Papier, Pappe und Waren daraus	1,5	0,3	1,9	0,4	26,9	2,4	0,4	61,1	
7 Kokerei-, und Mineralölzeugnisse	36,1	7,9	39,6	7,6	9,8	45,1	7,7	24,9	
8 Chemische Erzeugnisse	10,0	2,2	12,7	2,4	27,0	16,1	2,7	61,3	
9 Glas und -waren, Keramik, Steine und Erden	5,8	1,3	7,3	1,4	26,9	9,3	1,6	60,8	
10 Metalle	42,8	9,4	54,4	10,5	26,9	69,0	11,7	61,0	
11 Metallerzeugnisse	6,6	1,4	8,4	1,6	26,8	10,6	1,8	60,7	
12 Elektrische Ausrüstungen	2,9	0,6	3,7	0,7	26,5	4,6	0,8	59,5	
13 Maschinen	5,4	1,2	6,9	1,3	26,9	8,7	1,5	61,0	
14 Kraftwagen und Kraftwagenteile, Fahrzeuge	11,0	2,4	13,9	2,7	26,9	17,7	3,0	61,1	
15 Sonstige Produkte des verarb. Gewerbes	10,2	2,2	12,9	2,5	26,8	16,4	2,8	60,5	
16 Elektr. Strom, Wärme etc.; Industrielle Gase	21,9	4,8	17,6	3,4	-19,6	18,8	3,2	-14,1	
17 Wasser; Abwasser- und Abfallentsorgung	0,2	0,0	0,3	0,1	26,9	0,3	0,1	61,0	
18 Baugewerbe	7,7	1,7	9,7	1,9	26,7	12,3	2,1	60,3	
19 Verkehr und Lagerei	4,5	1,0	5,7	1,1	26,4	7,2	1,2	59,3	
20 Dienstleistungen	6,7	1,5	8,5	1,6	26,7	10,8	1,8	60,4	
21 Direkter abiotischer Materialinput für die inländische Produktion (Zeilen 1 bis 20)	401,5	88,2	450,9	86,8	12,3	500,5	85,2	24,6	
22 Inländischer Konsum	17,2	3,8	20,4	3,9	18,9	24,5	4,2	42,9	
23 Investitionen	5,8	1,3	7,3	1,4	26,9	9,3	1,6	61,1	
24 Vorratsveränderungen	8,5	1,9	12,5	2,4	47,3	17,6	3,0	107,2	
25 Exporte	22,5	4,9	28,3	5,4	26,0	35,7	6,1	59,0	
26 Abiotische Importe für den inländischen Konsum und (Re-)Export (Zeilen 22 bis 24)	53,9	11,8	68,6	13,2	27,2	87,2	14,8	61,7	
27 Direkter abiotischer Materialinput von NRW	455,5	100,0	519,5	100,0	14,1	587,7	100,0	29,0	

Quelle: eigene Berechnungen auf der Basis der um den abiotischen Materialinput erweiterte derivativ ermittelte Input-Output Tabelle für NRW.

Die Tabelle 17 zeigt, dass unter der Annahme der Erhöhung des Anteils der Energieerzeugung (Strom und Wärme), auf Basis erneuerbarer Energien von 2010 bis 2030 um 34,6% und einer konstanten Zunahme des Bruttoinlandsprodukts um 1,2% p/a, sich der direkte abiotische Materialinput um 14,1% erhöht.

Bei einer Zunahme des Anteils der Energieerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien von 2010 bis 2050 um 50,4%, einer Senkung der Endnachfrage um 5% und einer Erhöhung des Bruttoinlandsprodukts um 1,2% p/a steigt der direkte abiotische Materialinput um 29% in 2050.

Tabelle 18: Direkter abiotischer Materialinput in NRW im Jahr 2010 und 2030 und 2050 nach Produktions- und Konsumbereiche gemäß Szenario C im Klimaschutzplan NRW (unverändertes BIP und -11,3% Energienachfrage in 2050)

Bereiche	Szenario C								
	DMI _a		DMI _s		Ver- änderung 2030 zu 2010	DMI _s		Ver- änderung 2050 zu 2010	
	2010		2030			2050			
	Mio. t	Prozent	Mio. t	Prozent	Prozent	Mio. t	Prozent	Prozent	
1 Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	1,0	0,2	1,0	0,2	0,0	1,0	0,3	0,2	
2 Kohle	102,4	22,5	77,5	18,4	-24,3	36,7	9,7	-64,1	
3 Erdöl und Erdgas	0,2	0,0	0,2	0,0	-1,6	0,2	0,1	12,0	
4 Erze, Steine und Erden	122,3	26,8	122,3	29,0	0,0	122,9	32,3	0,5	
5 Nahrungsmittel, Getränke, Tabak	2,3	0,5	2,3	0,6	0,0	2,3	0,6	0,0	
6 Papier, Pappe und Waren daraus	1,5	0,3	1,5	0,4	0,0	1,5	0,4	0,1	
7 Kokerei-, und Mineralölzeugnisse	36,1	7,9	35,3	8,4	-2,3	35,2	9,2	-2,6	
8 Chemische Erzeugnisse	10,0	2,2	10,0	2,4	0,2	10,0	2,6	0,4	
9 Glas und -waren, Keramik, Steine und Erden	5,8	1,3	5,8	1,4	0,0	5,8	1,5	0,0	
10 Metalle	42,8	9,4	42,9	10,2	0,0	42,9	11,3	0,0	
11 Metallerzeugnisse	6,6	1,4	6,6	1,6	0,0	6,6	1,7	-0,1	
12 Elektrische Ausrüstungen	2,9	0,6	2,9	0,7	0,1	2,9	0,8	-0,5	
13 Maschinen	5,4	1,2	5,4	1,3	0,0	5,4	1,4	0,0	
14 Kraftwagen und Kraftwagenteile, Fahrzeuge	11,0	2,4	11,0	2,6	0,0	11,0	2,9	0,0	
15 Sonstige Produkte des verarb. Gewerbes	10,2	2,2	10,2	2,4	0,1	10,2	2,7	-0,1	
16 Elektr. Strom, Wärme etc.; Industrielle Gase	21,9	4,8	13,9	3,3	-36,6	12,9	3,4	-40,9	
17 Wasser; Abwasser- und Abfallentsorgung	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	
18 Baugewerbe	7,7	1,7	7,7	1,8	0,1	7,7	2,0	-0,2	
19 Verkehr und Lagerei	4,5	1,0	4,6	1,1	0,1	4,5	1,2	-0,4	
20 Dienstleistungen	6,7	1,5	6,7	1,6	0,1	6,7	1,8	-0,2	
21 Direkter abiotischer Materialinput für die inländische Produktion (Zeilen 1 bis 20)	401,5	88,2	367,9	87,2	-8,4	326,6	85,8	-18,7	
22 Inländischer Konsum	17,2	3,8	17,2	4,1	0,0	17,2	4,5	0,0	
23 Investitionen	5,8	1,3	5,8	1,4	0,0	5,8	1,5	0,0	
24 Vorratsveränderungen	8,5	1,9	8,5	2,0	0,0	8,5	2,2	0,0	
25 Exporte	22,5	4,9	22,5	5,3	0,0	22,5	5,9	0,0	
26 Abiotische Importe für den inländischen Konsum und (Re-)Export (Zeilen 22 bis 24)	53,9	11,8	53,9	12,8	0,0	53,9	14,2	0,0	
27 Direkter abiotischer Materialinput von NRW	455,5	100,0	421,8	100,0	-7,4	380,6	100,0	-16,4	

Quelle: eigene Berechnungen auf der Basis der um den abiotischen Materialinput erweiterte derivativ ermittelte Input-Output Tabelle für NRW.

Entsprechend der Tabelle 18 (Szenario C, unverändertes BIP) führt eine Erhöhung des Anteils der Energieproduktion (Strom und Wärme) auf Basis erneuerbarer Energien auf 36,8% im Jahr 2030 zu einer direkten Reduktion des DMI_a in NRW von 33,7 Mio. Tonnen. Diese Abnahme entspricht einer Senkung des DMI_a von NRW um 7,4% im Jahr 2030 gegenüber 2010⁷⁷.

⁷⁷ Diese Schätzungen umfassen ausschließlich die Auswirkungen, die aus der Energieproduktion (Strom und Wärme) entstehen würden. Die Auswirkungen, die mit den dafür durchzuführenden Investitionen in Erneuerbare Energie-Anlagen verbunden sind, sind in dieser Schätzung nicht enthalten. Hierfür fehlen die entsprechenden Angaben.

Tabelle 19: Direkter abiotischer Materialinput in NRW im Jahr 2010 und 2030 und 2050 nach Produktions- und Konsumbereiche gemäß Szenario C im Klimaschutzplan NRW (0,6% p/a BIP-Veränderung und -11,3% Energienachfrage in 2050)

Bereiche		Szenario Cw							
		DMI _a		DMI _s		Ver- änderung 2030 zu 2010	DMI _s		Ver- änderung 2050 zu 2010
		2010		2030			2050		
		Mio. t	Prozent	Mio. t	Prozent	Prozent	Mio. t	Prozent	Prozent
1	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	1,0	0,2	1,1	0,2	12,7	1,2	0,3	27,2
2	Kohle	102,4	22,5	81,9	17,6	-20,0	41,7	8,9	-59,3
3	Erdöl und Erdgas	0,2	0,0	0,2	0,0	3,3	0,2	0,1	23,9
4	Erze, Steine und Erden	122,3	26,8	137,5	29,5	12,4	155,3	33,0	27,0
5	Nahrungsmittel, Getränke, Tabak	2,3	0,5	2,6	0,6	12,7	3,0	0,6	27,1
6	Papier, Pappe und Waren daraus	1,5	0,3	1,7	0,4	12,7	1,9	0,4	27,1
7	Kokerei-, und Mineralölzerzeugnisse	36,1	7,9	37,3	8,0	3,4	39,5	8,4	9,5
8	Chemische Erzeugnisse	10,0	2,2	11,3	2,4	12,9	12,7	2,7	27,3
9	Glas und -waren, Keramik, Steine und Erden	5,8	1,3	6,5	1,4	12,7	7,3	1,6	26,9
10	Metalle	42,8	9,4	48,3	10,4	12,7	54,4	11,6	27,0
11	Metallerzeugnisse	6,6	1,4	7,4	1,6	12,7	8,4	1,8	26,8
12	Elektrische Ausrüstungen	2,9	0,6	3,3	0,7	12,6	3,6	0,8	25,9
13	Maschinen	5,4	1,2	6,1	1,3	12,7	6,9	1,5	27,0
14	Kraftwagen und Kraftwagenteile, Fahrzeuge	11,0	2,4	12,4	2,7	12,7	13,9	3,0	27,0
15	Sonstige Produkte des verarb. Gewerbes	10,2	2,2	11,5	2,5	12,7	12,9	2,7	26,7
16	Elektr. Strom, Wärme etc.; Industrielle Gase	21,9	4,8	14,6	3,1	-33,3	14,4	3,1	-34,3
17	Wasser; Abwasser- und Abfallentsorgung	0,2	0,0	0,2	0,0	12,7	0,3	0,1	27,0
18	Baugewerbe	7,7	1,7	8,7	1,9	12,6	9,7	2,1	26,5
19	Verkehr und Lagerei	4,5	1,0	5,1	1,1	12,5	5,7	1,2	25,9
20	Dienstleistungen	6,7	1,5	7,6	1,6	12,6	8,5	1,8	26,6
21	Direkter abiotischer Materialinput für die inländische Produktion (Zeilen 1 bis 20)	401,5	88,2	405,3	86,9	0,9	401,7	85,4	0,0
22	Inländischer Konsum	17,2	3,8	18,7	4,0	8,9	20,4	4,3	19,0
23	Investitionen	5,8	1,3	6,5	1,4	12,7	7,4	1,6	27,0
24	Vorratsveränderungen	8,5	1,9	10,4	2,2	22,3	12,5	2,7	47,4
25	Exporte	22,5	4,9	25,2	5,4	12,3	28,3	6,0	26,1
26	Abiotische Importe für den inländischen Konsum und (Re-)Export (Zeilen 22 bis 24)	53,9	11,8	60,8	13,1	12,8	68,6	14,6	27,3
27	Direkter abiotischer Materialinput von NRW	455,5	100,0	466,2	100,0	2,4	470,4	100,0	3,3

Quelle: eigene Berechnungen auf der Basis der um den abiotischen Materialinput erweiterte derivativ ermittelte Input-Output Tabelle für NRW.

Die Tabelle 19 zeigt, dass unter der Annahme der Erhöhung des Anteils der Energieerzeugung (Strom und Wärme) auf Basis erneuerbarer Energien von 2010 bis 2030 auf 36,8 % und einer konstanten Zunahme des Bruttoinlandsprodukts um 0,6% p/a sich der direkte abiotische Materialinput um 2,4% erhöht.

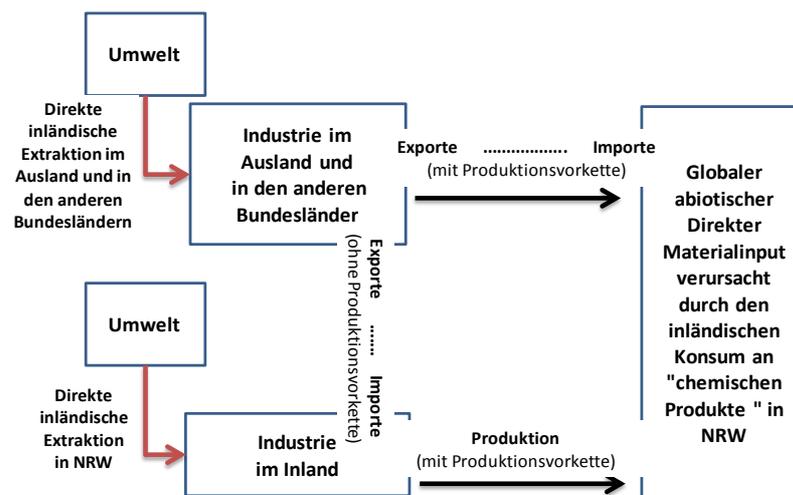
Bei einer Zunahme des Anteils der Energieerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien von 2010 bis 2050 auf 51,3%, einer Senkung der Endnachfrage um 11,3% und einer Erhöhung Bruttoinlandsprodukts um 0,6% p/a der direkte abiotische Materialinput um 3,3% in 2050 steigt.

Im Unterschied zu den vorherigen Tabellen zeigen die Tabelle 20 bis Tabelle 23 die globalen abiotischen Materialverbrauchsauswirkungen ($GDMI_a$) des inländischen Konsums und der inländischen Produktion für den Export in NRW. Hierfür wird davon ausgegangen, dass die gesamte inländische Produktion zwei Zwecken dient: der teilweisen Befriedigung des inländischen Konsums und des Exports. Der übrige inländische Konsum wird durch Importe befriedigt.

Der von der NRW-Ökonomie ausgelöste globale Materialverbrauch umfasst den Materialaufwand im Inland (NRW) zuzüglich des Materialaufwands im Ausland (andere Bundesländer und deutsches Ausland). Die Berechnung der globalen Materialverbrauchsauswirkungen der Produktions- und Konsumaktivitäten einer Volkswirtschaft erfolgt in der Regel nach Gütergruppen und nicht nach Produktionsbereichen⁷⁸. Das ist zweckmäßig, weil der insgesamt verursachte Rohstoffverbrauch die direkte Konsequenz der Verwendung von Gütern (in- und ausländischer Herkunft) ist.⁷⁹

Bei der Berechnung des globalen Materialaufwandes, der die Produktion und den Konsum einer Gütergruppe verursacht, werden alle Materialströme entlang ihrer gesamten Produktionskette zu einer einzelnen Größe aufaddiert.

Abbildung 16: Schematische Darstellung der Materialströme, die global durch die Verwendung von Gütern in den der Privaten Haushalte in NRW verursacht werden



Quelle: eigene Darstellung.

⁷⁸ Mittels der Verwendung kompatibler Klassifikationen der Gütergruppen und der Produktionsbereiche können die Effekte der Produktion bzw. des Konsums einer Gütergruppe eines entsprechenden Produktionsbereiches zugeordnet werden.

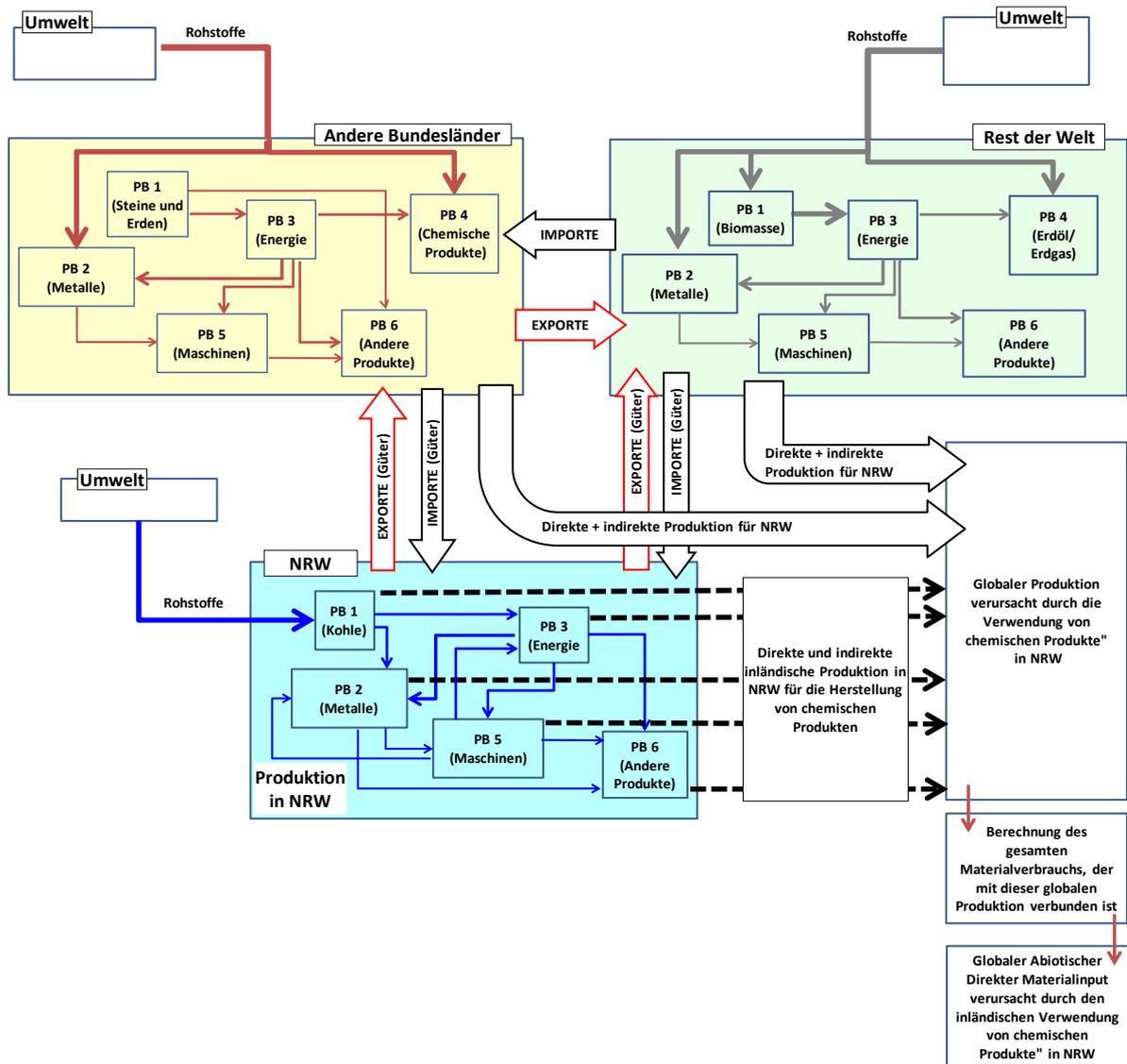
⁷⁹ Für die Gestaltung einer möglichen Rohstoffpolitik ist ebenfalls vorteilhaft die Umweltauswirkungen der Produktions- und Konsumaktivitäten nach Gütergruppen (Waren und Dienstleistungen) statt Wirtschaftsaktivitäten bzw. Produktionsbereichen zu unterscheiden. Dies ermöglicht auf eine größere Auswahl von Indikativen Maßnahmen (Steuern, Subventionen, etc.) zurückgreifen zu können als auf in der Produktionssphäre um die Transformation der Gesellschaft zu einer weniger ressourcenintensiven Pfad zu bringen. Dabei geht es insbesondere weniger die Unternehmertätigkeit als vielmehr die Auswirkungen der konsumierten Güter zu regulieren.

Dabei werden also nicht nur die Materialströme erfasst, die für die inländische Produktion einer Gütergruppe unmittelbar im Inland eingesetzt werden (entnommene Rohstoffe aus der Umwelt und Materialmenge, die mit den direkten Importen für die Produktion dieser Gütergruppe verbunden sind). Es werden dazu auch die Materialströme im Inland berücksichtigt, die über die weiteren Vorleistungen und deren Vorleistungen direkt und indirekt für die Produktion der betreffenden Gütergruppe notwendig sind. Dieser gesamte Materialverbrauch im Inland, wird um die Materialmengen im Ausland ergänzt, die direkt und indirekt für die Produktion der importierten Gütergruppe verbraucht wurden.

Durch die Akkumulation aller dieser direkt und indirekt verursachten Materialströme im In- und Ausland wird der globale Materialverbrauch ermittelt, der die inländische letzte Verwendung und den Export einer Gütergruppe (bei der Produktion bzw. für den Konsum) induziert.

Für die Berechnung des Materialverbrauchs im Ausland von NRW wird im aufgebauten Rohstoffverbrauchsmodell eine ähnliche Produktionstechnologie wie in NRW angenommen. Dabei handelt es sich um eine grobe Annahme. Dies ermöglicht jedoch, dass trotz der schlechten Datenlage hinsichtlich der Verflechtungsstruktur der inländischen Produktion in NRW, erste Abschätzungen des globalen Materialverbrauchs von NRW für jede Gütergruppe durchgeführt werden können.

Abbildung 17: Detaillierte beispielhafte schematische Darstellung der Materialströme, die global durch die Verwendung von chemischen Produkten in NRW verursacht werden



Quelle: eigene Darstellung.

Tabelle 20: Globaler direkter abiotischer Materialaufwand verursacht durch den inländischen Konsum und Export von NRW im Jahr 2010 und 2030 und 2050 nach Gütergruppen gemäß Szenario B im Klimaschutzplan NRW (unverändertes BIP und Nachfrage)

		Szenario B							
		DMI _a		DMI _a		Ver- änderung 2030 zu 2010	DMI _a		Ver- änderung 2050 zu 2010
		2010		2030			2050		
		Bereiche	Mio. t	Prozent	Mio. t	Prozent	Prozent	Mio. t	Prozent
1	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	13,8	0,5	13,1	0,5	-5,5	12,5	0,5	-9,5
2	Kohle	37,2	1,4	37,1	1,4	0,0	37,1	1,5	0,0
3	Erdöl und Erdgas	125,5	4,6	123,8	4,8	-1,4	123,1	5,0	-1,9
4	Erze, Steine und Erden	80,6	3,0	80,5	3,1	-0,2	80,5	3,2	-0,2
5	Nahrungsmittel, Getränke, Tabak	87,3	3,2	81,7	3,2	-6,3	77,7	3,1	-11,0
6	Papier, Pappe und Waren daraus	30,4	1,1	28,1	1,1	-7,8	26,3	1,1	-13,6
7	Kokerei-, und Mineralölzeugnisse	226,4	8,3	223,5	8,7	-1,3	222,2	9,0	-1,9
8	Chemische Erzeugnisse	302,5	11,1	294,9	11,4	-2,5	290,1	11,7	-4,1
9	Glas und -waren, Keramik, Steine und Erden	62,3	2,3	61,0	2,4	-2,1	60,3	2,4	-3,3
10	Metalle	546,0	20,1	535,7	20,8	-1,9	529,7	21,4	-3,0
11	Metallerzeugnisse	94,7	3,5	90,9	3,5	-4,0	88,3	3,6	-6,8
12	Elektrische Ausrüstungen	36,3	1,3	34,8	1,4	-4,0	33,8	1,4	-6,8
13	Maschinen	101,6	3,7	97,7	3,8	-3,8	95,1	3,8	-6,4
14	Kraftwagen und Kraftwagenteile, Fahrzeuge	158,4	5,8	153,0	5,9	-3,4	149,4	6,0	-5,7
15	Sonstige Produkte des verarb. Gewerbes	183,6	6,8	174,6	6,8	-4,9	168,1	6,8	-8,4
16	Elektr. Strom, Wärme etc.; Industrielle Gase	227,9	8,4	171,3	6,6	-24,8	125,9	5,1	-44,8
17	Wasser; Abwasser- und Abfallentsorgung	9,6	0,4	8,8	0,3	-7,6	8,3	0,3	-13,4
18	Baugewerbe	83,7	3,1	81,5	3,2	-2,6	80,0	3,2	-4,4
19	Verkehr und Lagerei	37,7	1,4	36,1	1,4	-4,2	35,1	1,4	-7,0
20	Dienstleistungen	273,7	10,1	251,2	9,7	-8,2	234,1	9,4	-14,5
21	Globaler abiotischer Materialaufwand verursacht durch den inländischen Konsum und Export von NRW (Zeilen 1 bis 20)	2.719,2	100,0	2.579,3	100,0	-5,1	2.477,6	100,0	-8,9

Quelle: eigene Berechnung auf Basis der um den abiotischen Materialinput erweiterte derivativ ermittelten Input-Output Tabelle für NRW.

Global = in NRW + in den anderen deutschen Bundesländern + im Ausland

Im Unterschied zu Tabelle 16, in der nur die direkten inländischen Rohstoffverbrauchs- auswirkungen abgebildet werden (401,5 Mio. Tonnen in 2010), werden in der Tabelle 20 die direkten und indirekten globalen Rohstoffauswirkungen dargestellt, die von den Produktions- und Konsumaktivitäten in NRW ausgehen (2.719,2 Mio. Tonnen).

Gemäß Tabelle 20 induzieren in 2050 der inländische Konsum (NRW) und die Produktion für den Export (in die anderen Bundesländer und in den Rest der Welt) seitens NRW einen globalen Rohstoffverbrauch von 2.477,6 Mio. Tonnen (-8,9% weniger als in 2010). Diese Abschätzung wurde unter den Annahmen durchgeführt, dass eine Erhöhung des Anteils der Energieproduktion auf Basis erneuerbarer Energien von 2010 bis 2050 auf 50,4% steigt und alle anderen kennzeichnenden Parameter der NRW-Ökonomie konstant bleiben. Eine analoge Interpretation gilt für die Tabellen 21 und 24. Dabei ist auf die Veränderung der Einflussparameter zu achten.

Tabelle 21: Globaler direkter abiotischer Materialaufwand verursacht durch den inländischen Konsum und Export von NRW im Jahr 2010 und 2030 und 2050 nach Gütergruppen gemäß Szenario B im Klimaschutzplan NRW (+1,2% p/a BIP-Veränderung und -5% Energienachfrage in 2050)

		Szenario Bw							
		DMI _a		DMI _a		Ver- änderung 2030 zu 2010	DMI _a		Ver- änderung 2050 zu 2010
		2010		2030			2050		
		Bereiche	Mio. t	Prozent	Mio. t	Prozent	Prozent	Mio. t	Prozent
1	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	13,8	0,5	16,6	0,5	19,9	20,2	0,5	45,8
2	Kohle	37,2	1,4	37,1	1,2	0,0	37,1	1,0	0,0
3	Erdöl und Erdgas	125,5	4,6	123,8	4,0	-1,4	123,1	3,3	-1,9
4	Erze, Steine und Erden	80,6	3,0	102,1	3,3	26,7	129,7	3,5	60,9
5	Nahrungsmittel, Getränke, Tabak	87,3	3,2	103,8	3,3	18,9	125,2	3,4	43,5
6	Papier, Pappe und Waren daraus	30,4	1,1	35,6	1,1	17,0	42,4	1,2	39,3
7	Kokerei-, und Mineralölzeugnisse	226,4	8,3	223,5	7,2	-1,3	222,2	6,0	-1,9
8	Chemische Erzeugnisse	302,5	11,1	374,3	12,0	23,7	467,5	12,7	54,6
9	Glas und -waren, Keramik, Steine und Erden	62,3	2,3	77,5	2,5	24,3	97,1	2,6	55,8
10	Metalle	546,0	20,1	680,1	21,8	24,6	853,7	23,2	56,4
11	Metallerzeugnisse	94,7	3,5	115,4	3,7	21,8	142,3	3,9	50,2
12	Elektrische Ausrüstungen	36,3	1,3	44,2	1,4	21,9	54,5	1,5	50,2
13	Maschinen	101,6	3,7	124,1	4,0	22,1	153,2	4,2	50,8
14	Kraftwagen und Kraftwagenteile, Fahrzeuge	158,4	5,8	194,3	6,2	22,7	240,8	6,5	52,0
15	Sonstige Produkte des verarb. Gewerbes	183,6	6,8	221,6	7,1	20,7	270,9	7,4	47,6
16	Elektr. Strom, Wärme etc.; Industrielle Gase	227,9	8,4	171,3	5,5	-24,8	125,9	3,4	-44,8
17	Wasser; Abwasser- und Abfallentsorgung	9,6	0,4	11,2	0,4	17,2	13,3	0,4	39,6
18	Baugewerbe	83,7	3,1	103,4	3,3	23,6	128,9	3,5	54,1
19	Verkehr und Lagerei	37,7	1,4	45,9	1,5	21,6	56,5	1,5	49,8
20	Dienstleistungen	273,7	10,1	318,8	10,2	16,5	377,3	10,2	37,8
21	Globaler abiotischer Materialaufwand verursacht durch den inländischen Konsum und Export von NRW (Zeilen 1 bis 20)	2.719,2	100,0	3.124,6	100,0	14,9	3.681,8	100,0	35,4

Quelle: eigene Berechnung auf Basis der um den abiotischen Materialinput erweiterte derivativ ermittelten Input-Output Tabelle für NRW.

Die in der Tabelle 21 dargestellten Modellergebnisse zeigen, dass in 2050 trotz einer Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energie auf 50,4% und einer Senkung der Endnachfrage um 5%, das angenommene Wachstum von 1,2% p/a zu einer Erhöhung des Rohstoffverbrauchs um 35,4% führt. Bei den ermittelten Rohstoffauswirkungen handelt es sich um den Rohstoffverbrauch, der durch den inländischen Konsum (NRW) und die Produktion für den Export in NRW global verursacht wird.

Im Unterschied zu Tabelle 17, in der nur die direkten inländischen Rohstoffverbrauchs- auswirkungen abgebildet werden (401,5 Mio. Tonnen in 2010), werden in der Tabelle 21 die direkten und indirekten globalen Rohstoffauswirkungen dargestellt, die von den Produktions- und Konsumaktivitäten in NRW ausgehen (2.719,2 Mio. Tonnen).

Tabelle 22: Globaler direkter abiotischer Materialaufwand verursacht durch den inländischen Konsum und Export von NRW im Jahr 2010 und 2030 und 2050 nach Gütergruppen gemäß Szenario C im Klimaschutzplan NRW (unverändertes BIP und -11,3% Energienachfrage in 2050)

		Szenario C							
		DMI _a		DMI _a		Ver- änderung 2030 zu 2010	DMI _a		Ver- änderung 2050 zu 2010
		2010		2030			2050		
		Bereiche	Mio. t	Prozent	Mio. t	Prozent	Prozent	Mio. t	Prozent
1	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	13,8	36,7	13,0	36,1	-6,1	12,4	35,6	-10,0
2	Kohle	37,2	13,6	37,1	14,9	0,0	37,2	16,1	0,0
3	Erdöl und Erdgas	125,5	4,7	123,6	4,9	-1,5	123,7	5,1	-1,5
4	Erze, Steine und Erden	80,6	3,0	80,4	3,2	-0,2	80,6	3,3	0,0
5	Nahrungsmittel, Getränke, Tabak	87,3	3,3	81,2	3,2	-6,9	77,2	3,2	-11,6
6	Papier, Pappe und Waren daraus	30,4	1,1	27,8	1,1	-8,5	26,1	1,1	-14,3
7	Kokerei-, und Mineralölzerzeugnisse	226,4	8,5	223,2	8,9	-1,4	223,1	9,2	-1,5
8	Chemische Erzeugnisse	302,5	11,3	294,2	11,7	-2,8	290,5	12,0	-4,0
9	Glas und -waren, Keramik, Steine und Erden	62,3	2,3	60,9	2,4	-2,3	60,4	2,5	-3,2
10	Metalle	546,0	20,5	534,8	21,3	-2,0	530,7	22,0	-2,8
11	Metallerzeugnisse	94,7	3,6	90,5	3,6	-4,4	88,1	3,6	-7,0
12	Elektrische Ausrüstungen	36,3	1,4	34,7	1,4	-4,4	33,8	1,4	-7,0
13	Maschinen	101,6	3,8	97,4	3,9	-4,2	94,9	3,9	-6,6
14	Kraftwagen und Kraftwagenteile, Fahrzeuge	158,4	5,9	152,5	6,1	-3,7	149,2	6,2	-5,8
15	Sonstige Produkte des verarb. Gewerbes	183,6	6,9	173,7	6,9	-5,4	167,5	6,9	-8,8
16	Elektr. Strom, Wärme etc.; Industrielle Gase	227,9	8,5	166,0	6,6	-27,2	115,7	4,8	-49,2
17	Wasser; Abwasser- und Abfallentsorgung	9,6	0,4	8,8	0,3	-8,3	8,2	0,3	-14,3
18	Baugewerbe	83,7	3,1	81,3	3,2	-2,9	80,0	3,3	-4,4
19	Verkehr und Lagerei	37,7	1,4	36,0	1,4	-4,6	35,0	1,4	-7,2
20	Dienstleistungen	273,7	10,3	249,0	9,9	-9,0	231,4	9,6	-15,5
21	Globaler abiotischer Materialaufwand verursacht durch den inländischen Konsum und Export von NRW (Zeilen 1 bis 20)	2.668,2	100,0	2.516,1	100,0	-5,7	2.416,0	100,0	-9,5

Quelle: eigene Berechnung auf Basis der um den abiotischen Materialinput erweiterte derivativ ermittelten Input-Output Tabelle für NRW.

Entsprechend der Tabelle 22 (Szenario C, unverändertes BIP) führt eine Erhöhung des Anteils der Energieproduktion (Strom und Wärme) auf Basis erneuerbarer Energien auf 36,8% im Jahr 2030 zu einer gesamten Reduktion des globalen direkten abiotischen Materialaufwands (GDMI_a) verursacht durch die Produktion und den Konsum in NRW von rund 152 Mio. Tonnen. Diese Abnahme entspricht einer Senkung des global verursachten DMI_a von NRW um 5,7% im Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 2010. Bei einer Erhöhung der Energieproduktion (Strom und Wärme) auf Basis erneuerbarer Energien auf 36,8% im Jahr 2030 ist die globale Einsparung des direkten abiotischen Materialinputs (152,1 Mio. Tonnen) damit ca. um den Faktor 4,5 größer gegenüber der Rohstoffeinsparung im Inland (33,7 Mio. Tonnen, Tabelle 18). Im Unterschied zu Tabelle 18, in der nur die direkten inländischen Rohstoffverbrauchsauswirkungen abgebildet werden (401,5 Mio. Tonnen in 2010), werden in der Tabelle 22 die direkten und indirekten globalen Rohstoffauswirkungen dargestellt, die von den Produktions- und Konsumaktivitäten in NRW ausgehen (2.668,2 Mio. Tonnen).

Tabelle 23: Globaler direkter abiotischer Materialaufwand verursacht durch den inländischen Konsum und Export von NRW im Jahr 2010 und 2030 und 2050 nach Gütergruppen gemäß Szenario C im Klimaschutzplan NRW (+0,6% p/a BIP-Veränderung und -11,3% Energienachfrage in 2050)

		Szenario Cw							
		DMI _a		DMI _s		Ver- änderung 2030 zu 2010	DMI _a		Ver- änderung 2050 zu 2010
		2010		2030			2050		
		Bereiche	Mio. t	Prozent	Mio. t	Prozent	Prozent	Mio. t	Prozent
1	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	13,8	0,5	14,6	0,5	5,9	15,8	0,5	14,3
2	Kohle	37,2	1,4	37,1	1,3	0,0	37,2	1,2	0,0
3	Erdöl und Erdgas	125,5	4,6	123,6	4,4	-1,5	123,7	4,1	-1,5
4	Erze, Steine und Erden	80,6	3,0	90,7	3,2	12,5	102,4	3,4	27,0
5	Nahrungsmittel, Getränke, Tabak	87,3	3,2	91,5	3,2	4,9	98,0	3,3	12,3
6	Papier, Pappe und Waren daraus	30,4	1,1	31,4	1,1	3,1	33,1	1,1	8,8
7	Kokerei-, und Mineralölzeugnisse	226,4	8,3	223,2	7,9	-1,4	223,1	7,4	-1,5
8	Chemische Erzeugnisse	302,5	11,1	331,5	11,7	9,6	369,0	12,3	22,0
9	Glas und -waren, Keramik, Steine und Erden	62,3	2,3	68,7	2,4	10,2	76,7	2,6	23,0
10	Metalle	546,0	20,1	602,7	21,4	10,4	674,2	22,5	23,5
11	Metallerzeugnisse	94,7	3,5	102,1	3,6	7,7	112,0	3,7	18,2
12	Elektrische Ausrüstungen	36,3	1,3	39,1	1,4	7,8	42,9	1,4	18,2
13	Maschinen	101,6	3,7	109,7	3,9	8,0	120,6	4,0	18,7
14	Kraftwagen und Kraftwagenteile, Fahrzeuge	158,4	5,8	171,9	6,1	8,6	189,6	6,3	19,7
15	Sonstige Produkte des verarb. Gewerbes	183,6	6,8	195,8	6,9	6,7	212,8	7,1	15,9
16	Elektr. Strom, Wärme etc.; Industrielle Gase	227,9	8,4	166,0	5,9	-27,2	115,7	3,9	-49,2
17	Wasser; Abwasser- und Abfallentsorgung	9,6	0,4	9,9	0,4	3,3	10,4	0,3	8,8
18	Baugewerbe	83,7	3,1	91,6	3,2	9,5	101,6	3,4	21,4
19	Verkehr und Lagerei	37,7	1,4	40,6	1,4	7,6	44,5	1,5	17,9
20	Dienstleistungen	273,7	10,1	280,7	9,9	2,6	293,9	9,8	7,4
21	Globaler abiotischer Materialaufwand verursacht durch den inländischen Konsum und Export von NRW (Zeilen 1 bis 20)	2.719,2	100,0	2.822,5	100,0	3,8	2.997,1	100,0	10,2

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der um den abiotischen Materialinput erweiterte derivativ ermittelten Input-Output Tabelle für NRW.

Die in der Tabelle 23 dargestellten Modellergebnisse zeigen, dass in 2050 trotz einer Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energie auf 51,3% (gemäß Szenario C im Klimaschutzplan NRW) und einer Senkung der Endnachfrage um -11,3%, das angenommene Wachstum von 0,6% p/a zu einer Erhöhung des Rohstoffverbrauchs um 10,2% führt. Bei den ermittelten Rohstoffauswirkungen handelt es sich um den direkten und indirekten Rohstoffverbrauch, der durch den inländischen Konsum (NRW) und die Produktion für den Export in NRW global verursacht wird.

Im Unterschied zu Tabelle 19 in der nur die direkten inländischen Rohstoffverbrauchs-auswirkungen abgebildet werden (401,5 Mio. Tonnen in 2010), werden in der Tabelle 23 die direkten und indirekten globalen Rohstoffauswirkungen dargestellt, die von den Produktions- und Konsumaktivitäten in NRW ausgehen (2.719,2 Mio. Tonnen).

5.5 Diskussion und Interpretation der Ergebnisse

Das Ziel des hier dargestellten Illustrationsbeispiels ist die Abschätzung der Auswirkungen der Strategie zum Ausbau der Produktionssysteme für erneuerbare Energien in NRW bis zum Jahr 2030 und 2050 auf den inländischen und globalen direkten abiotischen Materialinput. Das in dieser Untersuchung aufgebaute Rohstoffmodell für NRW, basiert auf einer erweiterten Input-Output Tabelle und ist an die Ausbaupfade erneuerbarer Energien des Klimaschutzplans NRW angelehnt⁸⁰. Die Modellergebnisse für die betrachteten Klimaschutzplanszenarien B und C werden in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 24: Übersicht der Szenario-Annahmen und Ergebnisse der durchgeführten Modellierungen zur Ermittlung von Rohstoffverbrauchsauswirkungen der Produktion und Konsum auf Basis der Szenario-Annahmen des Klimaschutzplans NRW

	Szenario B (gemäß dem Klimaschutzplan NRW)			Szenario C (gemäß dem Klimaschutzplan NRW)		
	2010	2030	2050	2010	2030	2050
	Annahmen (Prozent)					
Anteil der gesamten Nettoproduktion von Strom und Wärme auf Basis erneuerbarer Energien an der gesamten Energieerzeugung des Produktionsbereichs „Energie“	7,1	34,6	50,4	7,1	36,8	51,3
	Auswirkung auf den Rohstoffverbrauch (Mio. Tonnen, gerundet)					
Direkter abiotischer Materialinput von NRW						
unverändertes BIP und Nachfrage	455	425	384			
	100%	93%	84%			
unverändertes BIP und -11,3% Energienachfrage in 2050				455	422	381
				100%	93%	84%
1,2% p/a BIP-Veränderung und -5% Energienachfrage in 2050	455	520	588			
	100%	114%	129%			
0,6% p/a BIP-Veränderung und -11,3% Energienachfrage in 2050				455	466	470
				100%	102%	103%
Globaler direkter abiotischer Materialaufwand verursacht durch den inländischen Konsum und Export von NRW						
unverändertes BIP und Nachfrage	2.719	2.579	2.478			
	100%	95%	91%			
unverändertes BIP und -11,3% Energienachfrage in 2050				2.668	2.516	2.416
				100%	94%	91%
1,2% p/a BIP-Veränderung und -5% Energienachfrage in 2050	2.719	3.125	3.682			
	100%	115%	135%			
0,6% p/a BIP-Veränderung und -11,3% Energienachfrage in 2050				2.719	2.823	2.997
				100%	104%	110%

Quelle: eigene Berechnung auf Basis der um den direkten abiotischen Materialinput erweiterte derivativ ermittelten Input-Output Tabelle für NRW.

⁸⁰ Die Rohstoffverbrauchseffekte, die mit dem Ausbau der Infrastruktur bzw. notwendigen Investitionen für die Gewinnung und Erzeugung von erneuerbaren Energien verbunden sind, sind dabei nicht enthalten.

Diese Tabelle zeigt gemäß der Modellergebnisse eine Senkung des Rohstoffverbrauchs (abgebildet durch den direkten abiotischen Materialinput (DMI_a) für NRW) im Fall eines steigenden Anteils der Nettostrom- und Nettowärmeproduktion auf Basis erneuerbarer Energien bei einem über den Betrachtungszeitraum konstanten Bruttoinlandsprodukt und einer Senkung der Energienachfrage von 2010 auf 2050. Bei einer Steigerung des Bruttoinlandsprodukts (BIP) und gleichzeitiger Senkung der Energienachfrage führt der angenommene Ausbaupfad erneuerbarer Energien in beiden Szenarien zu einem steigenden Rohstoffverbrauch (DMI_a für NRW) zwischen den Jahren 2010 und 2050. Die Intensität der Steigerung bzw. Senkung des Rohstoffverbrauchs unterscheidet sich in Abhängigkeit der Szenarien, insbesondere bei gleichzeitiger Einwirkung mehrere Annahmen.

Bei einem unveränderten BIP und leicht variierender Energienachfrage, unter sonst gleichbleibenden Parametern (Szenario B und C), sind diese Unterschiede relativ gering. Die Ergebnisse bezüglich des direkten abiotischen Materialverbrauchs im Inland (DMI_a) sowie bezüglich des von NRW verursachten globalen Materialaufwands ($GDMI_a$) im Jahr 2030 und im Jahr 2050 zeigen, dass der Energie-Mix (Strom und Wärme) in beiden Fällen eine relevante Rolle für eine Senkung des inländischen direkten abiotischen Materialverbrauchs gegenüber 2010 spielt. Der Unterschied der Auswirkung zwischen den Szenarien B und C übersteigt die Marke von 1%, selbst bei einer unterschiedlichen Energienachfrage in beiden Szenarien im Jahr 2050, jedoch nicht. Das zeigt, dass die Rohstoffverbrauchsauswirkungen unter diesen Bedingungen auf den Strom-Mix in 2030 und 2050 zurückzuführen sind.

Die Ergebnisse für die Szenarien B_w und C_w zeigen, dass die positive Wirkung des Strom-Mix auf den Rohstoffverbrauch durch die Effekte des angenommenen Wachstums überschattet wird. Folglich ist die Wachstumsrate des BIP maßgeblich für eine relevante bzw. weniger ausgeprägte Veränderung des inländischen und globalen direkten abiotischen Materialinput, auch bei einem erhöhten Anteil der erneuerbaren Energien und einer sinkenden Energienachfrage.

Aus der Ergebniszusammenfassung der Tabelle 24 lässt sich erkennen, dass mit der Umstellung hin zu einer umweltfreundlichen Energieproduktion in den Bereichen Strom und Wärme eine relevante Senkung des Rohstoffverbrauchs in den Jahren 2030 und 2050 erfolgt.

Bei einem konstant bleibenden BIP und einer Senkung der Energienachfrage (Strom und Wärme), kann der Rohstoffverbrauch (DMI_a) in NRW gemäß Szenario C um 7,4% in 2030 und um 16,4% in 2050 (gegenüber 2010) gesenkt werden. Gleichzeitig leistet die umweltfreundliche Energieproduktion gemäß der Annahmen im Szenario C in NRW damit einen Beitrag zur Senkung des globalen abiotischen Materialinputs von 152 Mio. Tonnen in 2030 und 252,2 Mio. Tonnen in 2050, gegenüber dem Jahr 2010.

Dies bedeutet, dass insbesondere ein Strom-Mix mit einem hohen Anteil an regenerativer Energie unter Maßgabe der oben dargestellten Bedingungen sowohl den (direkten abiotischen) Materialverbrauch in NRW, als auch den (direkten abiotischen) Materialverbrauch weltweit entlastet. Dieses trägt damit gleichzeitig zu einer nachhaltigen Energie- und Rohstoffverbrauchsentwicklung bei. Bekräftigt wird diese Aussage insbesondere durch folgende Feststellung: die Erhöhung des Materialverbrauchs, zu dem

ein moderates Wirtschaftswachstum (0,6% p/a gemäß Szenario C_w) bei sonst konstanten Parametern führt, fällt kleiner aus als erwartet.

Die Ergebnisse der Modellierung zeigen, dass eine Zunahme des jeweiligen Beitrags der Produktionsbereiche zum BIP um 0,6% p/a mit Ausnahme der Beiträge der Produktionsbereiche: „Kohle“, „Erdöl und Erdgas“, „Kokerei und Mineralölerzeugnisse“ und „Elektrische Strom, Wärme, industrielle Gase“ (gemäß der Annahmen im Szenario C) zu einer Zunahme des inländischen direkten abiotischen Materialverbrauchs führen. Diese Zunahme ist jedoch geringfügig: 11 Mio. Tonnen (2,4%) in 2030 und 15 Mio. Tonnen (3,3%) in 2050, gegenüber 2010.

Bei dieser geringen Zunahme des inländischen direkten abiotischen Materialverbrauchs spielt die jeweilige Erhöhung des Anteils der regenerativen Energien am Strom-Mix eine entscheidende Rolle. Damit sind die Ausbauraten regenerativer Energien ein maßgeblicher Einflussfaktor für den DMI_a als das BIP – auch bei einem kumulierten Zuwachs des BIP von 13% in 2030 und 27% in 2050, gegenüber des BIP in 2010 (vgl. Szenario C). Dieses wirkt sich auch positiv auf den globalen direkten abiotischen Materialverbrauch aus, der durch die Produktion und den Konsum in NRW verursacht wird. Bei gleicher Zuwachsrate des BIP erhöht sich der globale Materialverbrauch (gemäß Szenario C) um 3,8% in 2030 und 10,2% in 2050.⁸¹

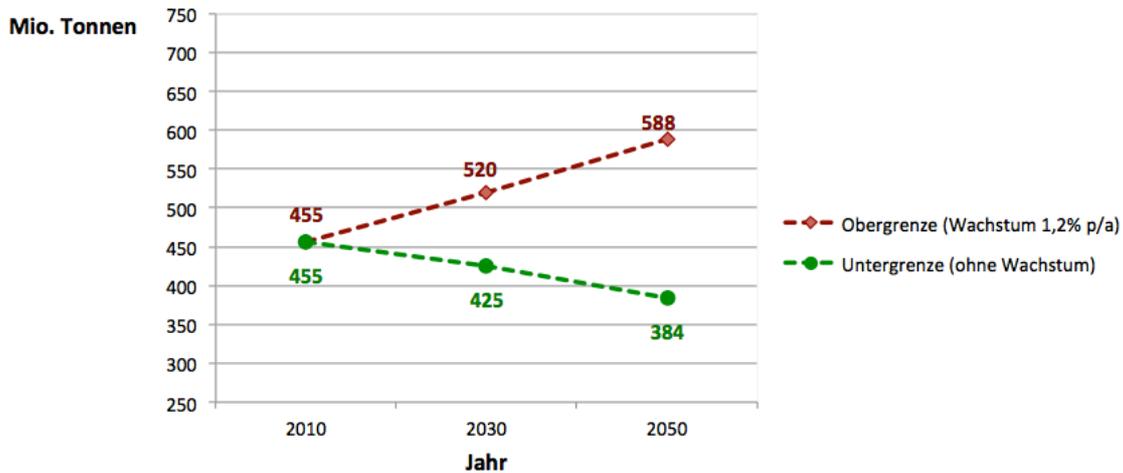
Die in dieser exemplarischen Modellrechnung dargestellten Ergebnisse bilden einen möglichen Entwicklungspfad des Rohstoffverbrauchs für NRW bis zum Jahr 2050 ab. Für die Ableitung eines Reduktionsziels für den Rohstoffverbrauch des Landes NRW sind dabei die Ergebnisse der Tabelle 16 bis Tabelle 19 (direkter abiotischer Materialinput in NRW) wesentlich. Aus diesen Tabellen ist das Szenario mit der größten Reduktion des DMI_a zu wählen, welches in diesem Fall das Szenario C (unverändertes BIP und -11,% Endenergienachfrage in 2050, vgl. Tabelle 18) ist. Hier reduziert sich der DMI_a um 33,7 Mio. Tonnen (-7,4%) in 2030 und 74,9 Mio. Tonnen (-16,4%) im Jahr 2050 gegenüber 2010.

Dieses Ergebnis stellt auf der Grundlage der ausgewählten Annahmen ein erstes Ziel dar. Zusammen mit Berechnungen zusätzlicher, auf weiteren Annahmen fundierter Szenarienvarianten, ergeben sich weitere mögliche Reduktionspfade für den Rohstoffverbrauch in NRW und den globalen Rohstoffverbrauch, der von NRW ausgelöst wird. Durch die Gesamtheit der Szenarienvarianten könnte dann ein genauer Zielkorridor für den Rohstoffverbrauch und in einem weiteren Schritt für die Rohstoffproduktivität für das Land NRW abgeleitet werden. Der vorläufige Zielkorridor, der sich unter den berücksichtigten Annahmen ergibt, kann wie folgt dargestellt werden:

⁸¹ Vgl. Tabelle 23.

Abbildung 18: Zielkorridor für den Rohstoffverbrauch in NRW - Direkter abiotischer Materialinput (gemäß Szenario B, Klimaschutzplan NRW)

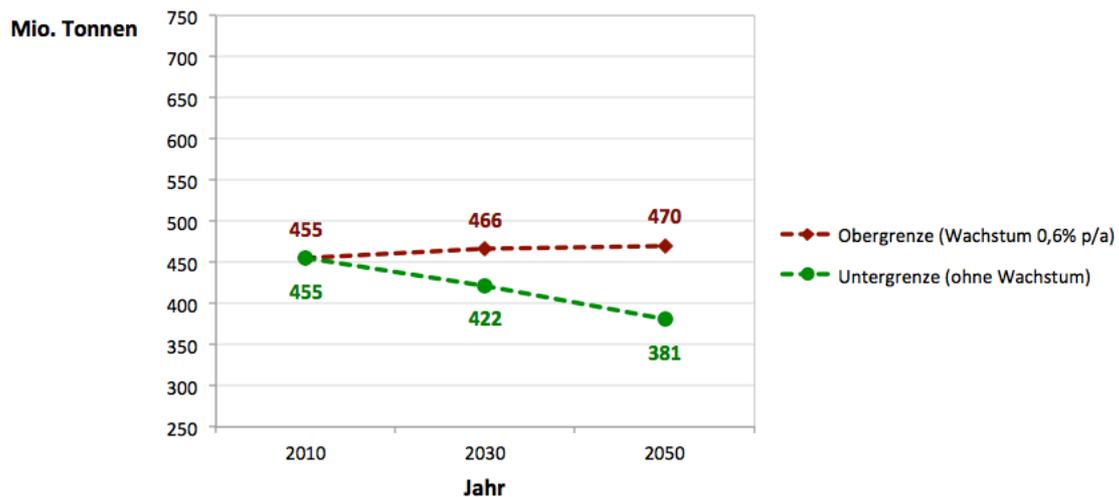
**Zielkorridor für den Rohstoffverbrauch in NRW
Direkter abiotischer Materialinput
(gemäß Szenario B, Klimaschutzplan NRW)**



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung.

Abbildung 19: Zielkorridor für den Rohstoffverbrauch in NRW - Direkter abiotischer Materialinput (gemäß Szenario C, Klimaschutzplan NRW)

**Zielkorridor für den Rohstoffverbrauch in NRW
Direkter abiotischer Materialinput
(gemäß Szenario C, Klimaschutzplan NRW)**



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung.

5.6 Grenzen der Analyse

Durch die Anwendung der erweiterten Input-Output Tabelle können die zentralen Treiber in Form spezieller Gütergruppen der Produktion und des Konsums an der gesamten Rohstoffinanspruchnahme durch NRW identifiziert werden. Dies erfolgt durch die Erfassung aller direkten und indirekten Rohstoffverbrauchseffekte (sowohl im In- als auch im Ausland), die sich entlang der gesamten Produktionskette jeder dieser Gütergruppen ergeben.

Für die Durchführung der Berechnung war dabei die Anlehnung an die bestehenden Indikatoren zur VGR und MFA-UGR wesentlich, sodass die Abschätzungsergebnisse konsistent mit beiden offiziell berichteten Indikatorsets sind. Trotz der Einhaltung der VGR und MFA-UGR Rahmendaten beim Modellaufbau stößt die Genauigkeit der Ergebnisse der Untersuchung jedoch an Grenzen. Diese Grenzen, die durch die Ausgangsdatenlage bestimmt sind, beschränkt die akkurate Abschätzung der Rohstoffverbrauchseffekte und beeinträchtigt die Durchführung weiterer Analysen.

Hierfür dient als Beispiel die Tatsache, dass im Rahmen dieser Untersuchung die gesamtwirtschaftlichen Rohstoffverbraucheffekte der Energieproduktion auf Basis erneuerbarer Energien ausschließlich auf den Auswirkungen der Veränderungen der In- und Output-Struktur des Produktionsbereichs „Energie“ erfolgen. Die Rohstoffverbraucheffekte der Herstellung und des Ausbaus der damit verbundenen notwendigen Infrastruktur (Wind- Photovoltaikparksanlagen, Wasserkraftwerke etc.), sowie dem Rückbau oder etwaiger Repowering-Maßnahmen, werden dabei nicht berücksichtigt.

Das Zurückgreifen auf alternative methodische Vereinfachungen - die derivativ ermittelte erweiterte Input-Output Tabelle für NRW - ermöglicht es zwar erste Schlussfolgerungen für eine mögliche Rohstoffpolitik zu ziehen, allerdings nicht in dem Umfang und notwendigem Detaillierungsgrad, der für diesen Zweck erforderlich ist. Für eine umfassend adäquate Berechnungsbreite- und tiefe ist eine detaillierte Datengrundlage maßgebend, um eine vollständigere Charakterisierung der Produktions- und Konsumaktivitäten des Landes NRW und deren unmittelbaren Umweltauswirkungen zu ermöglichen.

Dies trifft insbesondere folgende Daten

- die detaillierte Verflechtungsstruktur der inländischen Produktion,
- die Verwendungsstruktur der Importe aus dem Ausland (Bundesländer und deutsches Ausland),
- die inländische Konsumstruktur,
- die inländische Investitionsstruktur,
- die in NRW angewandten Technologien sowie
- die Umweltauswirkungen (Rohstoffverbrauch) nach Produktionsbereichen bzw. der im Inland verwendeten Gütergruppen oder angewandten Technologien.

Diese Informationen stehen für das Land NRW nicht zur Verfügung. Entsprechende Vorschläge um diesen Unzulänglichkeiten bei der Datenlage entgegen zu wirken, wurden im Arbeitspaket 5.2⁸² dieses Projektes gemacht.

Unter Berücksichtigung dieser Sachlage sind die präsentierten Berechnungsergebnisse daher zunächst als Abschätzungen der Größenordnung anzusehen. Sie ermöglichen trotz der Einschränkungen bei der Datenlage jedoch erstmalig eine relativ detaillierte Darstellung der inländischen und globalen Rohstoffinanspruchnahme durch die NRW-Ökonomie, entsprechend seiner gesamtwirtschaftlichen Produktions- und Konsumcharakteristika.

Wichtig hierbei ist der gesamtwirtschaftliche Charakter der Ergebnisse, was ein bedeutender Vorteil gegenüber anderen Abschätzungen dieser Art darstellt. Während bei anderen Ansätzen der Fokus insbesondere auf die direkten, aber weniger auf die indirekten, Effekte z.B. der Verwendung bestimmter Technologien oder der Durchführung bestimmter Produktions- bzw. Konsumaktivitäten gerichtet wird, werden mittels der Input-Output Analyse, sofern die Datenlage es ermöglicht, die Gesamtheit aller Effekte untersucht.

Bei der Ermittlung dieser Effekte werden alle in der gesamten Wirtschaft stattgefundenen Produktionsaktivitäten berücksichtigt, die unmittelbar oder mittelbar durchgeführt werden müssen, damit eine bestimmte Menge eines Produkts bzw. einer Gütergruppe erzeugt werden kann. Im Fall des Rohstoffverbrauchs zählen hierzu nicht nur die Produktionstätigkeiten der Produktionsbereiche die physische Produkte herstellen, sondern auch die Aktivitäten der Dienstleistungsbereiche. Die Ermittlung der Rohstoffverbrauchsauswirkungen, die mit der Erbringung von Dienstleistungen verbunden ist, ist wie die Ergebnisse zeigen, nicht vernachlässigbar. Global betrachtet verursachte die Inanspruchnahme von Dienstleistungen in NRW im Jahr 2010 (ohne Verkehrs- und Lagereidienstleistungen) rund 10% des gesamten direkten abiotischen Materialverbrauchs, die durch die NRW-Ökonomie weltweit ausgelöst wurde.

Diese umfassende Betrachtung der Effekte entlang der gesamten Produktionskette mittels der Input-Output Analyse führt dazu, dass Abschätzungen des gesamtwirtschaftlichen Rohstoffverbrauchs z.B. des technologischen Fortschritts bzw. eines veränderten Produktionsprozessmix in einem konkreten Produktionsbereich, oder einer neuen Produktzusammensetzung des Konsums auf dieser methodischen Basis von Abschätzungen mittels der Anwendung anderer Methoden abweichen.

Im Folgenden werden die zentralen datenbezogenen und methodischen Ursachen für die Abweichungen der Ergebnisse dieser Untersuchung im Vergleich zu den im Klimaschutzplan NRW durchgeführten Berechnungen dargestellt.

⁸² Vgl. Wuppertal Institut 2015.

a) Unterschiedliche Datengrundlagen:

Die Ausgangsdaten für die Erfassung des gesamtwirtschaftlichen Materialinput im Referenzjahr 2010 sind im Illustrationsbeispiel die Material- und Energieflussrechnung der Umweltökonomischen Gesamtrechnung (der Länder). Die Daten im Referenzjahr 2010 basieren in den Szenarien des Klimaschutzplans auf der Energiebilanz NRW 2010, sowie Auswertungen der im Rahmen des EU ETS gewonnenen Daten und Verbandsdaten. Der Unterschied liegt bereits bei den Ausgangsdaten in einer Größenordnung um den Faktor zwei.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird der gesamtwirtschaftliche Rohstoffverbrauch auf der Grundlage von Abschätzungen der gesamten Produktion und des gesamten Konsums aller Gütergruppen (für energetische und nichtenergetische Zwecke) ermittelt. In den Szenarien des Klimaschutzplan NRW erfolgt diese Ermittlung auf der Grundlage des Verbrauchs, insbesondere von energetischen Produkten.

b) Unterschiedliche Referenzgrößen:

Die Referenzgröße für die Abschätzung der Auswirkung der berücksichtigten Wirtschaftsaktivitäten im Klimaschutzplan ist die Bruttowertschöpfung. Hierfür wird die Systematik der Wirtschaftszweige (WZ-2008) zugrunde gelegt. Die Effekte der Endnachfrage von Produkten und der Export von Gütern werden nur auf die energetischen Produkte beschränkt.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird die Abschätzung der Auswirkung der Aktivitäten der Produktionsbereiche auf der Basis des Produktionswerts bzw. dem Wert des Gesamtaufkommens an Güter durchgeführt. Dieser Unterschied ist fundamental: Die Wirkung der Aktivitäten eines Produktionsbereichs insbesondere im Hinblick auf die Inanspruchnahme der Umwelt hängt in erster Linie von den eingesetzten (in- und ausländischen) Vorleistungen bei der Produktion und den Produktionsmengen der produzierten Gütergruppen ab. Die Produktionsbereiche werden nach der Güterklassifikation CPA 2008 (auch vergleichbar mit der Außenhandelsstatistik) entsprechend der VGR- Randbedingungen dargestellt⁸³.

Bei der Abschätzung der Auswirkungen des inländischen Konsums, der Investitionen und des Exports werden alle zu diesem Zweck verwendeten Gütergruppen berücksichtigt. Hierfür werden Angaben über die Verwendung des Bruttoinlandsproduktes in NRW genutzt.

Zudem wird an dieser Stelle auf die Ausführung des Kapitel 3 verwiesen, in dem bereits Unterschiede zur Berechnung der Zielkorridore für den Rohstoffverbrauch und die Rohstoffproduktivität im Vergleich zu den im Klimaschutzplan berechneten Szenarien aufgeführt wurden. Diese sind nachfolgend noch einmal auszugsweise dargestellt:

- Im Klimaschutzplan ist ein Energiesystemmodell eingesetzt, welches auf Annahmen zu Strategien, zentralen Parametern sowie zu ausgewählten Rahmen- daten, in Abstimmung mit sechs Arbeitsgruppen zentraler Akteure, basiert.

⁸³ In produktions- und konsumorientierten Ansätzen (IO-Analyse) ist die Verwendung einer Systematik, die auf einer Güterklassifikation basiert, von Vorteil, weil die Überbrückung von der Produktion zu dem Konsum über die verschiedenen Produktgruppen erfolgt und nicht über eine einzige Angaben über die Wirtschaftseinheiten und die Konsumbereiche.

- Bei dem Energiesystemmodell handelt es sich um ein technologisch hoch aufgelöstes Bottom-up Modell, das mit einem Optimierungsmodell zur Simulation des Kraftwerkseinsatzes gekoppelt ist. Das verwendete Modell fokussiert diejenigen Prozesse, die THG-relevant sind, sodass der Klimaschutzplan zwar fast vollständig den energetischen Teil des direkten Materialeinsatzes abiotischer Rohstoffe (DMI_a) abdeckt, nicht aber den nichtenergetischen Teil, wie z.B. den Verbrauch von Schmieröl und -mittel, Wachs sowie den stofflichen Verbrauch der energetischen Materialien bei der Spezialchemieindustrie.
- Die berücksichtigte Produktions- und Konsumsphäre in den Szenarien aus dem Klimaschutzplan ist damit kleiner, als die (gesamtwirtschaftliche) Produktions- und Konsumsphäre, die in der vorliegenden Untersuchung zur Ermittlung der Zielkorridore für die Rohstoffindikatoren verwendet wird.

5.7 Weiterer Forschungsbedarf

a) Abschätzung der Auswirkungen der Investitionen für den Ausbau der Infrastruktur für EE

Eine Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien an der Energieproduktion für Strom und Wärme ist nicht nur das Resultat der Umstrukturierung der Inputstruktur des Produktionsbereichs „Energie“. Die Erhöhung dieses Anteils hängt in erster Linie vom Ausbau der dafür notwendigen technischen Infrastruktur ab. Die damit verbundenen Investitionen (in Windkraftanlagen, Photovoltaikanlagen, Wasserkraftanlagen etc.) führen zu Veränderungen in der Input- und Outputstruktur mehrerer Produktionsbereiche (u.a. Maschinen- und Anlagebau, Bauindustrie). Dadurch entstehen gesamtwirtschaftlich gesehen direkte und indirekte Rohstoffverbrauchsauswirkungen, die in der hier vorgenommenen Untersuchung nicht berücksichtigt sind. Eine genauere Abschätzung des Rohstoffverbrauchs, der von der Produktion und dem Konsum in NRW ausgeht, erfordert, diese Effekte mit zu berücksichtigen. Die Daten, die dafür benötigt werden (u.a. Struktur und Investitionsvolumen), sind zurzeit nicht verfügbar.

Ein möglicher pragmatischer Ausgangspunkt dafür können physische Angaben aus Sachbilanzen (Life-Cycle-Inventories) für die verschiedenen Anlagen der Erzeugung von erneuerbaren Energien sein. Von Bedeutung ist hier die Zusammensetzung der gesamten direkten Vorleistungen, die für die Produktion dieser Anlagen und den Rückbau erforderlich sind. Diese Angaben können dann mit durchschnittlichen Preisen der verschiedenen Vorleistungen kombiniert werden, sodass eine monetäre Inputstruktur pro produzierter Output-Einheit und das gesamte direkte Investitionsvolumen abgeschätzt werden kann. Die indirekten Produktions- und Rohstoffverbrauchsauswirkungen, die daraus entstehen, wären dann mit Hilfe des hier aufgebauten Rohstoffmodells zu berechnen.

b) Abschätzung der Auswirkungen der Umstrukturierung der Transportsysteme auf EE

Die Erreichung der Ziele im Klimaschutzplan bauen u.a. auf einem veränderten Einsatz der Verkehrsmittel für den Transport von Personen und Gütern auf. Die Auswirkungen auf den Rohstoffverbrauch dieser Umstellung, angefangen von der Reduktion der

PKW-Anzahl oder einem höheren Anteil von elektrisch (mit)betriebenen Kraftfahrzeugen im Transportsektor, sind in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt.

Aufgrund der Rechenregel, nach welcher eine Input-Output Tabelle erstellt wird, werden für die korrekte Berücksichtigung dieser daraus sich ergebenden Rohstoffverbrauchsauswirkungen Daten benötigt, die im Rahmen eines zusätzlichen Satelliten-Verkehrsmodells ermittelt werden können. In diesem Satelliten-Verkehrsmodells sollte der Verbrauch von Energieträgern nach dem Inländerprinzip (Verursacherprinzip) der VGR bilanziert werden, damit sie kompatibel mit den kennzeichnenden Größen dieses Sektors (wie Produktionswert, Bruttowertschöpfung etc.) ist. Das ist insbesondere relevant für die methodisch korrekte Abschätzung des Energieverbrauchs durch die Schifffahrt und den Luftverkehr.

Nach dem Inländerprinzip wird der Verbrauch der Energieträger in einer Ökonomie unter Berücksichtigung der Lieferung von Kraftstoffen zu den „internationalen Bunkers“⁸⁴ und Bezügen aus den „internationalen Bunkers“ durchgeführt. Dementsprechend ist der Energieverbrauch der inländischen Transportunternehmen (ansässig in NRW), der im Ausland erfolgt (andere Bundesländer und Rest der Welt), der NRW-Ökonomie zuzuordnen. Der Energieverbrauch der ausländischen Transportunternehmen (nicht ansässig in NRW), der im Inland erfolgt (NRW), würde dementsprechend dagegen nicht als Rohstoffverbrauch seitens NRW gebucht werden. In den Energiebilanzen wird der Verbrauch der Energieträger seitens des Verkehrs nach dem Inlandskonzept ermittelt. Demnach wird der gesamte Energieverbrauch, der durch die Transportaktivität von inländischen und ausländischen Unternehmen zustande kommt, dem Land NRW zugeschrieben. Diese Lücke sollte künftig anhand weiterer Forschungen geschlossen werden, damit Überschätzungen bzw. Unterschätzungen korrigiert werden.

c) Abschätzung der Auswirkung der energetischen Sanierung im Gebäudebestand

Im Rahmen der sich weiterentwickelnden Gebäudekonzepte, hin zu – beispielsweise von der EU-Gebäuderichtlinie geforderten – klimaneutralen Gebäuden bzw. nahezu emissionsfreien Gebäuden, die nur noch einen Bruchteil des heutigen Energiebedarfs erfordern, kommt es zu einer drastischen Verlagerung des Energieaufwands von der Nutzung der Gebäude hin zu steigendem Energie- und Ressourcenbedarf für die Herstellung und Entsorgung einzelner Gebäudekomponenten (z.B. Wärmedämmung, technische Gebäudeausrüstung, Fenster). In welchen Größenordnungen diese Verlagerungen zu erwarten sind und was dies für mengenmäßige Anteile bei drastisch reduzierter Wärmeenergienachfrage auf der einen und kumulierten Energieaufwänden und Umweltwirkungen bei der Herstellung für diese teils hoch spezialisierten Stoffe und Technologien auf der anderen Seite bedeutet, ist bis heute nahezu unerforscht. Auch für die Deponierung und das Recycling von Dämmmaterialien existieren noch kaum politischen und wissenschaftlichen Konzepte.

Vor diesem Hintergrund baut die Debatte über die massenhafte Produktion von Sondermüll durch Dämmmaterialien und die schlechte Energiebilanz von Effizienzmaßnahmen bisher rein auf Vermutungen auf. Um sie zu versachlichen und die Energie- und Ressourceneffizienz optimalen Sanierungsstrategien zu ermitteln, sollten beste-

⁸⁴ Vereinfacht ausgedrückt ist ein „international Bunker“ eine Art Lager, in welchem Kraftstoffe gespeichert werden. Diese Lager dienen zur Betankung der Schiffe und Flugzeuge im internationalen Verkehr.

hende Gebäudemodelle mit der Modellierung von Stoffströmen gekoppelt werden. Auf Basis der vielfältigen Gebäudetypen und ihrer Energiebedarfe in Deutschland können im Gebäudemodell mögliche Sanierungsszenarien ermittelt werden. Die sich daraus ergebenden Energieeinsparungen, Abfälle und verwendeten Bauteile und -stoffe bilden dann wiederum Eingangparameter für das Stoffstrommodell, das den Energie- und Ressourcenbedarf über den gesamten Lebenszyklus in den verschiedenen Szenarien abbildet.

Die Rohstoffverbrauchsauswirkungen der energetischen Sanierung von Gebäuden umfassen zum einen die direkte Veränderung des Energiebedarfs und die Veränderung der Materialmengen, die für die Isolierung der Gebäude zu verwenden sind. Zum anderen umfassen diese Auswirkungen die indirekten Effekte, die über die höhere Produktion der Produktionsbereiche zustande kommen, die diese Isolierungsmaterialien produzieren und einbauen (z.B. Chemische Industrie und Bausektor). Aufgrund des Aggregationsgrades der Produktionsbereiche in der derivativ ermittelten Input-Output Tabelle und der Diversität von Produkten, die die Mineralölindustrie und die chemische Industrie produzieren, können diese Effekte im Rahmen dieser Untersuchung nicht modelliert werden.

Daher sollte im Rahmen weiterer Forschungen eine eher pragmatische Vorgehensweise entwickelt werden, die eine Ermittlung aller damit verbundenen Rohstoffauswirkungen trotz ihrer Komplexität ermöglichen. Hierfür soll u.a. der Energieverbrauch in den verschiedenen Industrien nach Verbrauch für die Produktion und Heizungszwecke mit Hilfe von Schätzungen differenziert werden. Die zusätzliche Produktion der Industrien, welche Isolierungsmaterialien produzieren und sie in den Gebäuden einbauen, sollte ebenfalls monetär abgeschätzt werden. Dies sollte im Rahmen eines separaten Modell-Moduls erfolgen.

d) Abschätzung der Auswirkung der Anwendung von LC-Technologien in der Industrie

Die Rohstoffverbrauchsauswirkungen der Veränderung der Produktionsstruktur in NRW, die sich künftig durch die Anwendung von LC-Technologien in den verschiedenen Produktionsbereichen ergeben kann, wurde im Rahmen dieser Untersuchung nicht abgeschätzt. Die Darstellung in monetären Einheiten der Produktionsstruktur in der Input-Output Tabelle sowie der hohe Aggregationsgrad der Produktionsbereiche und Gütergruppen bietet keine Möglichkeit diese sehr spezifischen technologischen Optionen abzubilden. Darum bleibt dies als weitere Forschungsfrage offen.

Die Quantifizierung der direkten Rohstoffverbrauchsauswirkungen dieser technologischen Innovationen sowie der veränderten Inputstruktur der Produktionsbereiche, die sich daraus ergeben (sowie der Investitionsaufwand sofern möglich), sollten wie bei den anderen offenen Forschungsfragen mit Hilfe eines Modellmoduls auf der Basis von LCI Daten gesondert quantifiziert werden. Die Ergebnisse dieser Modellierungsarbeiten sollten anschließend in monetären Einheiten umgerechnet werden, damit sie in das Rohstoffverbrauchsmodell eingeführt werden können.

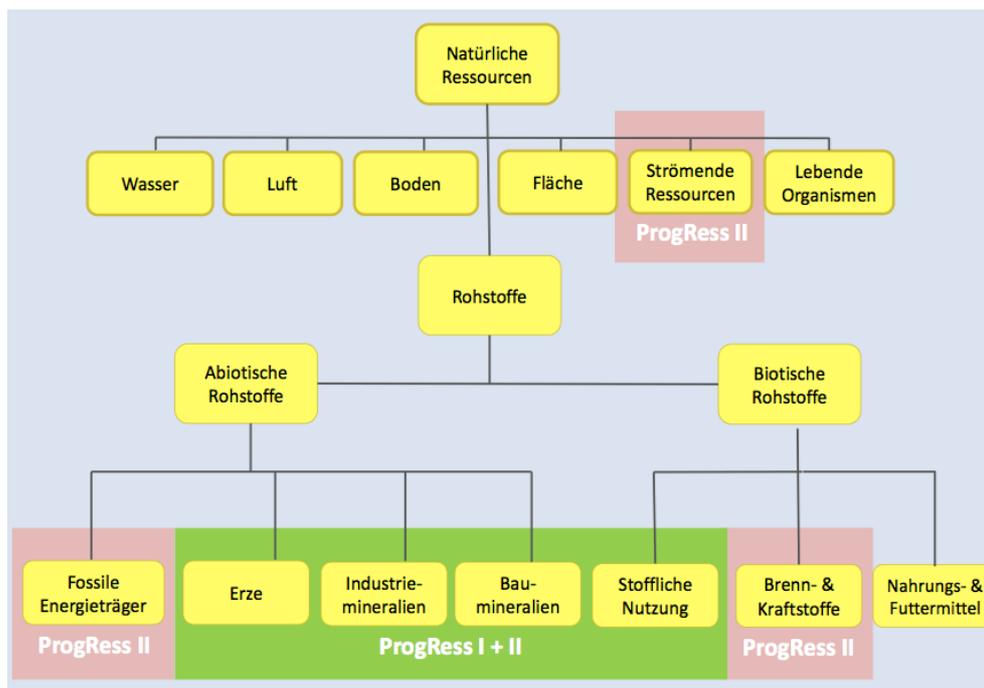
6 Ausblick

Perspektivisch ist an dieser Stelle auf die aktuellen nationalen Entwicklungen im Hinblick auf die Weiterentwicklung der Nachhaltigkeitsindikatoren Rohstoffverbrauch und Rohstoffproduktivität hinzuweisen, die im Rahmen der Fortschreibung des deutschen Ressourceneffizienzprogramms (ProgRes II)⁸⁵ zur Zeit auf nationaler Ebene diskutiert werden.

Diese Entwicklungen sollten bei der Berechnung der Nachhaltigkeitsindikatoren zu gegebener Zeit für NRW aufgenommen werden. Im Sinne der Good Governance Kriterien⁸⁶ zur Entwicklung einer Nachhaltigkeitsstrategie trägt eine gleiche Indikatordefinition auf Bundes- und Länderebene zur Vergleichbarkeit der Indikatoren und damit zur vertikalen Integration bei.

Dabei ist ein Eckpunkt dieser aktuellen Überlegungen, die Erweiterung des Bilanzraums in ProgRes II, um die Bereiche der fossilen Energieträger, der Brenn- und Kraftstoffe sowie der strömenden Ressourcen. Einen grafischen Überblick zu den einzelnen Schwerpunkten von ProgRes I⁸⁷ und ProgRes II gibt die Abbildung 21.

Abbildung 20: Fokusvergleich Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes I und ProgRes II)



Quelle: BMUB 2015, S. 40.

Die wesentlichen Änderungen hinsichtlich der Ziele und Indikatoren aus dem aktuell vorliegenden Entwurf zu ProgRes II und der derzeit noch geltenden Fassung (ProgRes I) sind in der Tabelle 28 (Anhang) zusammengefasst.

⁸⁵ Deutsches Ressourceneffizienzprogramm - Fortschrittsbericht 2012 – 2015 und Fortschreibung 2016 – 2019, vom 10.08.2015. Vgl. BMUB 2015.

⁸⁶ Für eine Zusammenstellung verschiedener Good Governance Kriterien wird auf Wuppertal Institut 2014b, S. 16-18 verwiesen.

⁸⁷ Deutsches Ressourceneffizienzprogramm, Laufzeit 2012-2015. Vgl. BMUB 2012.

Quellenverzeichnis

- AK UGRdL - Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (Hrsg., 2014): Band 1. Indikatoren und Kennzahlen. Tabellen. Ausgabe 2014.
www.ugrdl.de/pdf/ugrdl_tab_2014.xls (Zugriff 01.10.15)
- AK UGRdL - Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (Hrsg., 2015): Rohstoffe. Berechnungsstand: Frühjahr 2015.
<http://www.ugrdl.de/tab116.htm> (Zugriff 01.10.15)
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (Hrsg., 2013): Bayerische Nachhaltigkeitsstrategie - Langfassung.
[http://www.bestellen.bayern.de/application/stmug_app000031?SID=1730810620&ACTIONxSESSx-SHOWPIC\(BILDxKEY:stmug_nachhaltigkeit_002,BILDxCLASS:Artikel,BILDxTYPE:PDF\)](http://www.bestellen.bayern.de/application/stmug_app000031?SID=1730810620&ACTIONxSESSx-SHOWPIC(BILDxKEY:stmug_nachhaltigkeit_002,BILDxCLASS:Artikel,BILDxTYPE:PDF)) (Zugriff 16.03.15)
- BMAS - Bundesministerium für Arbeit und Soziales (Hrsg., 2013): Arbeitsmarktprognose 2030. Eine strategische Vorausschau auf die Entwicklung von Angebot und Nachfrage in Deutschland.
http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/a756-arbeitsmarktprognose-2030.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff 08.10.15)
- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg., 2012): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess). Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Kabinettsbeschluss: 29. Februar 2012, Veröffentlichung 2. Auflage: Februar 2015.
http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/progress_broschuere_de_bf.pdf (Zugriff 10.10.15)
- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg., 2015): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) II: Fortschrittsbericht 2012 – 2015 und Fortschreibung 2016 – 2019. Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Entwurf ProgRess II, Version RA 10.08.2015.
http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Ressourceneffizienz/progress_II_broschuere_de_bf.pdf (Zugriff 01.10.15)
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg., 2014): Der Bergbau in der Bundesrepublik Deutschland 2013. Bergwirtschaft und Statistik – 65. Jahrgang 2014. Dokumentation.
<http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Dokumentationen/dokumentation-der-bergbau-in-der-brd-2013,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (Zugriff 01.10.15)
- Freistaat Thüringen (Hrsg., 2012): Die Thüringer Nachhaltigkeitsstrategie - Indikatorenbericht 2012.
http://www.nachhaltigkeitsbeiratthueringen.de/images/pdf/Indikatoren_Nachhaltigkeitsstrategie_web.pdf (Zugriff 16.03.15)
- Holub, Hans-Werner / Schnabl, Hermann (1994): Input-Output-Rechnung: Input-Output Analyse. Oldenbourg Verlag, München.
- IT.NRW – Information und Technik Nordrhein - Westfalen (Hrsg., 2010): Statistische Berichte. Energiebilanz und CO₂-Bilanz in Nordrhein-Westfalen. 2010.
http://www.energiestatistik-nrw.de/medien/downloads/Energiebilanz_2010.pdf (Zugriff 30.09.15)

- IT.NRW – Information und Technik Nordrhein - Westfalen (Hrsg., 2014): Statistische Analysen und Studien NRW. Band 81. Autoren: Forster, Michael / Salomon-Kirsch, André.
http://www.it.nrw.de/statistik/analysen/stat_studien/2014/band_81/wl_z089201454.html (Zugriff 01.10.15)
- IT.NRW – Information und Technik Nordrhein - Westfalen (Hrsg., 2015): NRW-Einwohnerzahl: Stärkster Anstieg seit 20 Jahren. Pressemitteilung (241/15) vom 21.09.2015.
https://www.it.nrw.de/presse/pressemitteilungen/2015/pres_241_15.html (Zugriff 30.09.15)
- IWR- Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (Hrsg., o.J. a): Stromerzeugung, Bruttostromerzeugung. <http://www.energiestatistik-nrw.de/energie/strom/stromerzeugung> (Zugriff 01.10.15)
- IWR - Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (Hrsg., o.J. b): Verbrauch, Energieverbrauch. <http://www.energiestatistik-nrw.de/energie/verbrauch>. (Zugriff 01.10.15)
- IWR - Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (Hrsg., o.J. c): Stromverbrauch. <http://www.energiestatistik-nrw.de/energie/strom/stromverbrauch> (Zugriff 01.10.15)
- Landesregierung NRW (Hrsg., 2015): Klimaschutzplan Nordrhein-Westfalen - Klimaschutz und Klimafolgenanpassung, Entwurf. Stand 12.06.2015, Düsseldorf.
https://www.klimaschutz.nrw.de/fileadmin/Dateien/Download-Dokumente/Sonstiges/Anlage_a_KSP-Text_v20.0_final.pdf (Zugriff 02.09.15)
- LIKI – Länderinitiative Kernindikatoren (Hrsg., 2014): D6 Rohstoffproduktivität.
<http://www.lanuv.nrw.de/liki-newsletter/index.php?liki=D6> (Zugriff 01.10.15)
- Klimaschutzgesetz NRW (2013):
https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_bes_text?anw_nr=2&gld_nr=7&ugl_nr=7129&bes_id=22784&aufgehoben=N&menu=1&sg=0 (Zugriff 01.09.15)
- Kronenberg, Tobias / Többen, Johannes (2011): Regional input-output modelling in Germany: The case of North Rhine-Westphalia. <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/35494/> (Zugriff 01.09.15)
- Microsoft (Hrsg., 2015): SCHÄTZER (Funktion). <https://support.office.com/de-de/article/SCHÄTZER-Funktion-50ca49c9-7b40-4892-94e4-7ad38bbeda99?ui=de-DE&rs=de-DE&ad=DE> (Zugriff 01.10.15)
- MKULNV NRW - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg., 2013): „Eckpunkte einer Nachhaltigkeitsstrategie für Nordrhein-Westfalen“, Zusammenfassung des Beschlusses der Landesregierung vom 12.11.2013 (Kabinettsbeschluss).
http://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/131112_eckpunkte_nachhaltigkeitsstrategie_nrw.pdf (Zugriff 01.10.15)
- MKULNV NRW - NRW - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg., 2014): EnergieDaten.NRW 2014.
https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/energiedaten.nrw_2014.pdf (Zugriff 01.10.15)
- MKULNV NRW - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg., 2015): Entwurf einer Nachhaltigkeitstrategie für Nordrhein-Westfalen. Stand September 2015.
http://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/naturschutz/nachhaltigkeitsstrategie_nrw_entwurf.pdf (Zugriff 01.10.15)

- NRW.INVEST (Hrsg., o.J.): NRW: führender Wirtschaftsstandort Deutschlands.
<https://www.nrwinvest.com/de/nrw-ueberblick/standortfaktoren-nrw/nrw-wirtschaftsstandort/> (Zugriff 08.10.15)
- NRWSPD – Bündnis 90/Die Grünen NRW (Hrsg., 2012): Koalitionsvertrag 2012-2017.
https://gruene-nrw.de/dateien/Koalitionsvertrag_2012-2017.pdf (Zugriff 02.09.15)
- Prognos (Hrsg., 2014): Wirtschaftsstandort NRW 2030. Aktivieren – Stärken – Ausbauen.
http://www.prognos.com/uploads/tx_atwpubdb/150126_Prognos_Studie_Wirtschaftsstandort_NRW_2030.pdf (Zugriff 01.10.15)
- Prognos / EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln / GWI - Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung (Hrsg., 2014):
<http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/entwicklung-der-energiemaerkte-energiereferenzprognose-enderbericht,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (Zugriff 08.10.15)
- Schumann, Jochen (1968): An Input-Output Model with CES Production Functions. In: Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft / Journal of Institutional and Theoretical Economics. Jahrgang 124, Ausgabe 3, S. 417-499
- Statistische Ämter der Länder (Hrsg., 2012): Methodenhandbuch, UGRdL. Feststoffe - Indikatoren zu Materialeinsatz und Rohstoffverbrauch.
http://www.ugrdl.de/pdf/m_rohstoffentnahme_8.pdf (Zugriff 10.03.2016)
- Statistisches Bundesamt (Hrsg., 2010): Input-Output-Rechnung im Überblick.
https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/VolkswirtschaftlicheGesamtrechnungen/InputOutputRechnung/InputOutputRechnungUeberblick5815116099004.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff 02.09.2015)
- Statistisches Bundesamt (Hrsg., 2014a): Statistisches Jahrbuch 2014.
<https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/StatistischesJahrbuchAktuell.html;jsessionid=450C2CBBCB96135809FA38B1603CB5D9.cae1#DownloadKapitel> (Zugriff 01.10.15)
- Statistisches Bundesamt (Hrsg., 2014b): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2014. Nachhaltigkeitsstrategie Deutschland.
https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/Umweltindikatoren/IndikatorenPDF_0230001.pdf?__blob=publicationFile. (Zugriff 01.10.15)
- Statistisches Bundesamt (Hrsg., 2014c): Umweltnutzung und Wirtschaft - Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen.
<https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/Querschnitt/UmweltnutzungundWirtschaftTabellenband.html> (Zugriff 01.10.15)
- Statistisches Bundesamt (Hrsg., 2015a): Produzierendes Gewerbe - Beschäftigung und Umsatz der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden nach Bundesländern. Fachserie 4 Reihe 4.1.4.
https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/IndustrieVerarbeitendesGewerbe/Strukturdaten/BeschaeftigungUmsatzBundeslaender2040414147004.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff 01.10.15)

- Statistisches Bundesamt (Hrsg., 2015b): Pressemitteilung Nr. 353 vom 24.09.2015: 81,2 Mio. Einwohner am Jahresende 2014 – Bevölkerungszunahme durch hohe Zuwanderung. Korrektur im 3. Absatz.
https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2015/09/PD15_353_12411.html;jsessionid=F37082D3DA7459C97AE394008EA165BD.cae3 (Zugriff 01.10.15)
- Statistisches Bundesamt (Hrsg., 2015c): Fachserie 18, Reihe 2. Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung. Input-Output-Rechnung. 2011 (Revision 2014). Erschienen am 10. August 2015, ergänzt um Tabelle 4 am 24.11.2015.
https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/VolkswirtschaftlicheGesamtrechnung/InputOutputRechnung/VGRInputOutputRechnung2180200117004.pdf;jsessionid=BA7F62B563F6B6F911AC53F211E7D75D.cae3?__blob=publicationFile (Zugriff 16.12.2015)
- Wuppertal Institut – Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (Hrsg., 2014a): Zusammenfassung der Szenarioberechnungen des Beteiligungsprozesses. Stand 01.12.2014. https://www.klimaschutz.nrw.de/fileadmin/Dateien/Download-Dokumente/Sonstiges/5.4_Zusammenfassung_der_Szenarioberechnungen_Beteiligungsprozess_1.12.2014.pdf (Zugriff 02.09.15)
- Wuppertal Institut – Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (Hrsg., 2014b): Bericht zu AP 9: Verbesserungshinweise des TEAM Nachhaltigkeit zum Prozess der Strategieentwicklung zu einer Landesnachhaltigkeitsstrategie in NRW. Teil A: Strukturelle und prozedurale Verbesserungshinweise.
http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/NHS_NRW_AP9_TEAM_Nachhaltigkeit_A.pdf (Zugriff 01.10.15)
- Wuppertal Institut – Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (Hrsg., 2015): Bericht zu AP 5.2: Einschätzung der Berichterstattungslage und konzeptionelle Überlegungen zur Ermittlung von ressourcenbezogenen Indikatoren für NRW aus wissenschaftlicher Sicht.
http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/NHS_NRW_AP5-2_Ressourcenbezogene_Indikatoren.pdf (Zugriff 01.10.15)

Anhang

Tabelle 25: Rohstoffrelevante Ziele – Deutschland und NRW

Indikator	Ebene	Ziel	Quelle	2020	2025	2030	2040	2050
Emissionen von Treibhausgasen	Bund	"Reduktion um 21 % bis 2008/2012, um 40 % bis 2020 und um 80 bis 95% bis 2050, jeweils gegenüber 1990"	Bund FB 2012:29	40%				80 - 95%
	NRW	"Bis 2020 Verringerung um mind. 25 % und bis 2050 um mind. 80 % (im Vergleich zu 1990). Für 2030 orientiert sich die Landesregierung an Szenarioberechnungen im Rahmen des Klimaschutzplans, nach denen die Emissionen bis 2030 um rund 44 % sinken, incl. des Wirkungsbeitrags des europäischen Emissionshandels."	§3 Abs. 1 Klimaschutzgesetz NRW; NHS NRW 2015:27	25%		44%		
Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoenergieverbrauch (%)	Bund	"Anstieg auf 18 % bis 2020 und 60 % bis 2050" "Bis 2020 soll der Anteil der erneuerbarer Energien am Bruttoenergieverbrauch 18% betragen. Danach strebt die Bundesregierung folgende Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoenergieverbrauch an: 30% bis 2030, 45% bis 2040, 60% bis 2050."	Bund FB 2012:29; Bund EK 2010:4f	18%		30%	45%	60%
	NRW	"Ein Kernziel des nordrhein-westfälischen Klimaschutzgesetzes ist daher der konsequente Ausbau der erneuerbaren Energien. (...) gemäß EU-Richtlinie 2009/28/EG der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Bruttoenergieverbrauch bis 2020 auf 20 % steigen. "	UB NRW 2013:36	20%				
Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch (%)	Bund	"Anteil an der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch von 17 % im Jahr 2010 auf mindestens 35 % bis spätestens im Jahr 2020 zu steigern"	Bund FB 2012:152	35%				80%
	NRW	"Bis 2025 sollen mehr als 30 % des Stroms aus erneuerbaren Energien gewonnen werden. Bis 2050 wird im Rahmen bundesweiter Ausbauziele von mehr als 80 % ein entsprechend ambitionierter Ausbaupfad verfolgt."	NHS NRW 2015:27		30%			
Primärenergieverbrauch (Index 1990=100)	Bund	"Senkung um 20 % bis 2020 und um 50 % bis 2050 jeweils gegenüber 2008"	Bund FB 2012:29	20%				50%
	NRW	"Nach Szenarioberechnungen im Rahmen des Klimaschutzplans erscheint es möglich, den Primärenergieverbrauch von 2010 bis 2020 um 12 bis 18 % und bis 2050 um 45 bis 59 % zu reduzieren"	NHS NRW 2015:27	12-18%				45-59%

Fortsetzung Tabelle 25: Rohstoffrelevante Ziele – Deutschland und NRW

Indikator	Ebene	Ziel	Quelle	2020	2025	2030	2040	2050
Energieproduktivität (Index 1991=100)	Bund	"Verdopplung von 1990 bis 2020"	Bund FB 2012:29	Ver- dopp- lung				
	NRW	"die Endenergieproduktivität langfristig bis 2050 auf 1,5 bis 1,8 % pro Jahr zu steigern"	NHS NRW 2015:11					1,5- 1,8%
Rohstoffproduktivität (Index 1994 = 100)	Bund	"Verdopplung von 1994 bis 2020"	Bund FB 2012:29	Ver- dopp- lung				
	NRW	"Substanzielle Steigerung. Ein konkretes Ziel soll festgelegt werden, wenn der aktuell in der Überarbeitung befindliche Indikator vorliegt."	NHS NRW 2015:28					

Quellen:

Bund EK 2010: Bunderegierung (Hrsg.) (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung.

http://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (Zugriff 01.10.15)

Bund FB 2012: Bunderegierung (Hrsg.) (2012): Nationale Nachhaltigkeitsstrategie – Fortschrittsbericht 2012.

http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Publikation/Bestellservice/2012-05-08-fortschrittsbericht-2012.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff 01.10.15)

Klimaschutzgesetz NRW: MIK NRW – Ministerium für Inneres und Kommunales des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg., 2013): Klimaschutzgesetz Nordrhein-Westfalen. (Klimaschutzgesetz NRW). Vom 29. Januar 2013.

https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_bes_text?anw_nr=2&gld_nr=7&ugl_nr=7129&bes_id=22784&aufgehoben=N&menu=1&sg=0 (Zugriff 01.10.15)

NHS NRW 2015: MKULNV NRW - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg., 2015): Entwurf einer Nachhaltigkeitsstrategie für Nordrhein-Westfalen. Stand September 2015.

http://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/naturschutz/nachhaltigkeitsstrategie_nrw_entwurf.pdf (Zugriff 01.10.15)

https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/naturschutz/nachhaltigkeitsstrategie_nrw_entwurf.pdf (Zugriff 01.10.15)

UB NRW 2013: MKULNV NRW - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2013): Umweltbericht Nordrhein-Westfalen 2013.

http://www.umwelt.nrw.de/extern/epaper/2013/umweltbericht_nrw_2013/pubData/source/MFU092213_Layout_UB_NRW_2013_Interaktives_PDF_120dpi.pdf (Zugriff 01.10.15)

Tabelle 26: Bruttoinlandsprodukt (preisbereinigt), Teilausschnitt für ausgewählte Jahre – Linearer Trend (Excel Schätzer)

Land	1991	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Linearer Trend (Excel-Schätzer)	Mill. EUR												
Nordrhein-Westfalen													
Obere Variante (Median)	457.565	496.288	507.123	539.061	554.774	568.765	594.712	620.660	646.607	672.555	698.502	724.450	750.397
Untere Variante (Mittelwert)	457.565	496.288	507.123	539.061	554.774	568.159	593.183	618.208	643.232	668.257	693.282	718.306	743.331
	0,000	0,026	0,001	0,028	-0,001	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007
	0,000	0,026	0,001	0,028	-0,001	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007
Deutschland													
Obere Variante (Median)	1.934.994	2.230.494	2.297.820	2.454.072	2.564.367	2.632.725	2.780.567	2.928.408	3.076.250	3.224.091	3.371.933	3.519.774	3.667.616
Untere Variante (Mittelwert)	1.934.994	2.230.494	2.297.820	2.454.072	2.564.367	2.616.540	2.752.601	2.888.662	3.024.723	3.160.785	3.296.846	3.432.907	3.568.968
	0,000	0,031	0,007	0,040	0,004	0,011	0,011	0,010	0,010	0,009	0,009	0,008	0,008
	0,000	0,031	0,007	0,040	0,004	0,011	0,010	0,010	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008

Quelle: eigene Berechnung. Datenbasis der Zeitreihe 1991-2013: AK UGRdL (2014). Berechnungsstand August 2013/Februar 2014

AK UGRdL - Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (Hrsg., 2014): Band 1. Indikatoren und Kennzahlen. Tabellen. Ausgabe 2014.

www.ugrdl.de/pdf/ugrdl_tab_2014.xls (Zugriff 01.10.15)

Tabelle 27: Bruttoinlandsprodukt (preisbereinigt), Teilausschnitt für ausgewählte Jahre – konstante jährliche Wachstumsrate

Land	1991	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Konstante jährliche Wachstumsrate	Mill. EUR												
Nordrhein-Westfalen													
Obere Variante (Median)	457.565	496.288	507.123	539.061	554.774	568.574	603.075	637.575	672.076	706.577	741.078	775.578	810.079
Untere Variante (Mittelwert)	457.565	496.288	507.123	539.061	554.774	564.295	588.100	611.904	635.709	659.513	683.317	707.122	730.926
	0,000	0,026	0,001	0,028	-0,001	0,012	0,012	0,011	0,010	0,010	0,009	0,009	0,009
	0,000	0,026	0,001	0,028	-0,001	0,009	0,008	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007	0,007
Deutschland													
Obere Variante (Median)	1.934.994	2.230.494	2.297.820	2.454.072	2.564.367	2.642.035	2.836.205	3.030.376	3.224.546	3.418.716	3.612.886	3.807.056	4.001.226
Untere Variante (Mittelwert)	1.934.994	2.230.494	2.297.820	2.454.072	2.564.367	2.628.466	2.788.712	2.948.958	3.109.204	3.269.451	3.429.697	3.589.943	3.750.190
	0,000	0,031	0,007	0,040	0,004	0,015	0,014	0,013	0,012	0,011	0,011	0,010	0,010
	0,000	0,031	0,007	0,040	0,004	0,012	0,012	0,011	0,010	0,010	0,009	0,009	0,009

Quelle: eigene Berechnung. Datenbasis der Zeitreihe 1991-2013: AK UGRdL (2014). Berechnungsstand August 2013/Februar 2014.

AK UGRdL - Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (Hrsg., 2014): Band 1. Indikatoren und Kennzahlen. Tabellen. Ausgabe 2014.

www.ugrdl.de/pdf/ugrdl_tab_2014.xls (Zugriff 01.10.15)

Tabelle 28: Vergleich der Ziele und Indikatoren von ProgRess I und Progress II

	Mermale	Progress II 2015	Quelle	ProgRess I 2012	Quelle
Volkswirtschaftliche Ziele & Indikatoren	Rohstoffproduktivität (BIP/DMIabiotisch)	"Rohstoffproduktivität 2020 gegenüber 1994 zu verdoppeln"	S. 14, 46	Bereits 2002 hat die Bundesregierung in der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie das Ziel verankert, Deutschlands Rohstoffproduktivität bis 2020 gegenüber 1994 zu verdoppeln.	S. 7, 29
	Gesamtrohstoffproduktivität (BIP+Importe)/RMI (inkl. Biotik)	"Bis 2030 Fortschreibung des Trends der Jahre 2000 - 2010"	S. 46		
	RMC/Kopf	"Bis 2030 Fortschreibung des Trends der Jahre 2000 - 2010"	S. 46		
	Primärenergieverbrauch	"Senkung gegenüber 2008 bis 2020 um 20 % und bis 2050 um 50%"	S. 15, 46		
	Energieproduktivität (BIP/Primärenergieverbrauch)	"Verdopplung gegenüber 1990"	S.15		
Kreislaufwirtschaftliche Ziele & Indikatoren	Anteil der direkten Effekte der Verwertung (DERec) am direkten Materialeinsatz (DMI)	"Analyse des DERec und langfristige Steigerung des Anteils des DERec am DMI"	S. 49	Es wird dirskutiert, welche Indikatoren berücksichtigt werden sollen, aber es werden keine Ziele der einzelnen Indikatoren genannt. Es wird der konkrete Forschungsbedarf aufgezeigt. Genannt werden: -Rohstoffäquivalente von Importen berücksichtigen -Inländischen Ressourceneinsatz pro Kopf betrachten -Ungenutzte Material-Entnahmen abbilden -Beitrag der Kreislaufwirtschaft (Beitrag der Kaskadennutzung, Bewertung von Recyclingverfahren, Anteil des rezyklierten Materials am gesamtwirtschaftlichen Materialeinsatz, Potential der in langlebigen Produkten und der Infrastruktur gebundenen Rohstoffe)	S. 28-34
	Anteil der direkten und indirekten Effekte der Verwertung DIERec am Rohstoffeinsatz (RMI)	"Analyse des DIERec und langfristige Steigerung des Anteils des DIERec am RMI"	S. 49		
	Anteil der Abfälle , die einem Recycling zugeführt werden	"Steigerung der Recyclingrate bei Siedlungsabfällen dauerhaft auf über 65 % ab 2020"	S. 49		
	Recyclingquote für Kunststoffabfälle	"50 % Recycling bis 2020 (Stand 2013: 42 %)"	S. 49		
	Einsatzquote von Recycling- Gesteinskörnungen als Betonzuschlagsstoff am Gesamtaufkommen an mineralischen Recycling-Baustoffen	"Signifikante Erhöhung bis 2030"	S. 49		
	Rezyklatanteil in der Gipsplattenherstellung (Gipskarton)	"Signifikante Erhöhung bis 2030"	S. 49		
	Masse der separierten Fahrzeugelektronik pro Altfahrzeug	"Demontage von 15 kg der Fahrzeugelektronik pro Altfahrzeug bis 2020"	S. 49		
	Verhältnis des Gesamtgewichts der gesammelten Altgeräte zum Durchschnittsgewicht der in den drei Vorjahren in Verkehr gebrachten Elektro(nik)geräte	"Dauerhafte Erhöhung der Sammelquote: Ab 2019 muss die Quote mindestens 65 % betragen"	S. 49		
	Erfasste Bioabfallmenge	"Steigerung der Mengen getrennt erfasster Bioabfälle und deren hochwertige Verwertung, insbesondere Kaskadennutzung, um 50 % bis 2020 (gegenüber 2010)"	S. 49		
	Rückgewinnungsquote von Phosphor aus Abwasser/Klärschlamm	"Signifikante Erhöhung bis 2025"	S. 49		
Produktbezogene Ziele & Indikatoren	Quote der neuen und novellierten Durchführungsverordnungen zur Ökodesignrichtlinie mit Materialeffizienzanforderungen	"100 % für 2015 bis 2020"	S. 51		
	Quote der neuen Rahmenverträge für Standardprodukte in der Bundesverwaltung mit produktbezogenen Ressourceneffizienzanforderungen	"100 % bis 2020"	S. 51		

Quellen:

BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2012): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess). Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Kabinettsbeschluss: 29. Februar 2012, Veröffentlichung 2. Auflage: Februar 2015.

http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/progress_broschuere_de_bf.pdf (Zugriff 10.10.15)

BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) II: Fortschrittsbericht 2012 – 2015 und Fortschreibung 2016 – 2019. Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Entwurf ProgRess II, Version RA 10.08.2015. http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Ressourceneffizienz/progress_II_broschuere_de_bf.pdf

Abbildung 21: Übersicht Szenarien Klimaschutzplan NRW

Szenarien	A	A 1	A 2	B	B 1	B 2	B _{CCS}	C	C 1	C 2
	Szenario	Varianten		Szenario	Varianten			Szenario	Varianten	
Stromerzeugung (AG1)										
Ausbau EE N= niedrig; H= hoch; 100% = 100% an der Stromerzeugung 2050	N		H	H		100%	N	H	N	100%
Stromnachfrage* K= ungefähr konstant, S= sinkend	K			K				S		
Industrie (AG2)										
Wachstum	1,2%			1,2%				0,6%		
Technologie	BAT			LC				LC		
Gebäude (AG3)										
Sanierungsrate	1,4%	0,7%	1,4%	2,0%	1,4%	2,0%		2,0%		

*Hierbei handelt es sich um eine abhängige Größe, für die keine konkreten Vorgaben für die Szenarienerstellung gemacht werden konnten, sondern die sich aus der Kombination der anderen Vorgaben als Modellergebnis (endogen) ergibt

Quelle: Wuppertal Institut (Hrsg., 2014a): Zusammenfassung der Szenarioberechnungen des Beteiligungsprozesses. Stand 01.12.2014.
https://www.klimaschutz.nrw.de/fileadmin/Dateien/Download-Dokumente/Sonstiges/5.4_Zusammenfassung_der_Szenarioberechnungen_Beteiligungsprozess_1.12.2014.pdf (Zugriff 02.09.15), S. 20.

Tabelle 29: Annahmen Szenarien Klimaschutzplan NRW

Szenarien	A	Das Szenario A setzt auf den niedrigen Ausbaupfad der erneuerbaren Energien in Deutschland und in NRW. Das Produktionswachstum im Sektor Industrie beträgt getrieben durch eine europäische Re-Industrialisierungsstrategie bezogen auf den Zeitraum 2010 bis 2050 durchschnittlich 1,2 %/a und liegt damit deutlich über dem Wachstum der vergangenen Jahre. Bei Ersatz und Neubau von Industrieanlagen wird grundsätzlich auf die Best Available Technology (BAT) zurückgegriffen. Die energetische Sanierungsrate im Gebäudebestand steigt gegenüber dem heutigen Niveau im Zeitverlauf auf 1,4 %/a an. Im Verkehr sinkt wie in allen anderen Szenarien die PKW-Zahl durch den Bevölkerungsrückgang, die Effizienz der Antriebssysteme steigt und die starke Steigerung der Güterverkehrsleistung wird sowohl auf der Straße als auch auf der Schiene und durch die Binnenschifffahrt bewältigt. Der Modal Split der im Personenverkehr zurückgelegten Wege verschiebt sich in NRW zu Lasten des Pkw hin zu mehr Radverkehr und öffentlichem Verkehr. Im Ergebnis führen die getroffenen Annahmen zu einer weitgehend konstanten Stromnachfrage .
	A 1	In dieser Variante ist mit 0,7 %/a eine geringere durchschnittliche energetische Sanierungsrate für den Zeitverlauf angenommen worden. Aufgrund der Annahme von Hemmnissen in der Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen über einen Zeitraum von fast vier Dekaden wird im Mittel eine Größenordnung erreicht, die leicht unterhalb des heutigen Niveaus liegt. Alle anderen Parameter entsprechen dem Szenario A.
	A 2	In dieser Variante wird gegenüber der Hauptvariante ein höherer Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland angenommen (hoher Ausbaupfad). Alle anderen Parameter entsprechen dem Szenario A.
	B	Das Szenario B setzt auf den hohen Ausbaupfad der erneuerbaren Energien in Deutschland (und NRW). Das Wirtschaftswachstum im Sektor Industrie ist wie im Szenario A mit 1,2% angenommen (s.o.). Bei Ersatz und Neubau von Industrieanlagen wird grundsätzlich auf die Best Available Technology (BAT) zurückgegriffen. Ergänzend dazu kommen Low-Carbon- Technologien im Bereich der Industrie zum Einsatz. Die energetische Sanierungsrate im Gebäudebestand steigt im Rahmen einer Sanierungsoffensive auf eine durchschnittliche Rate von 2% im Jahr bis 2050. Im Verkehr sind die gleichen Annahmen getroffen wie im Szenario A (s.o.). Im Ergebnis führen die getroffenen Annahmen zu einer weitgehend konstanten Stromnachfrage (bis 2050 ergibt sich eine gegenüber 2008 um ca. 5% niedrigere Stromnachfrage).
	B 1	In dieser Variante ist im Vergleich zu B mit 1,4 % eine geringere durchschnittliche energetische Sanierungsrate bis 2050 angenommen. Alle anderen Parameter entsprechen dem Szenario B.
	B2	In dieser Variante ist angenommen, dass die Stromerzeugung bis 2050 vollständig durch erneuerbare Energien erfolgt. Alle anderen Parameter entsprechen dem Szenario B.
	B CCS	In dieser Variante wird von dem Einsatz von CCS in der Stromerzeugung und dem niedrigen Wachstumspfad für die erneuerbaren Energien ausgegangen. Alle anderen Parameter entsprechen dem Szenario B.
	C	Das Szenario C setzt wie das Szenario B auf einen hohen Ausbaupfad der erneuerbaren Energien in Deutschland. Das Wirtschaftswachstum im Sektor Industrie beträgt, wie auch im Energiekonzept der Bundesregierung unterstellt, konstant 0,6 %/a . Bei Ersatz und Neubau von Industrieanlagen wird wie im Szenario B in verschiedenen Branchen auf Low-Carbon- Technologien zurückgegriffen (s.o.). Die energetische Sanierungsrate im Gebäudebestand steigt wie im Szenario B auf eine durchschnittliche Rate von 2 % im Jahr bis 2050 (s.o.). Im Verkehr sind die gleichen Annahmen getroffen wie im Szenario A und B (s.o.). Im Ergebnis führen die getroffenen Annahmen zu einer gegenüber heute deutlich (ca. 11,3 %) rückläufigen Stromnachfrage bis 2050.
	C 1	In dieser Variante wird ein niedriger Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland angenommen. Alle anderen Parameter entsprechen dem Szenario C.
	C 2	In dieser Variante ist angenommen, dass die Stromerzeugung bis 2050 vollständig durch erneuerbare Energien erfolgt. Alle anderen Parameter entsprechen dem Szenario C.

Quelle: Wuppertal Institut (Hrsg., 2014a): Zusammenfassung der Szenarioberechnungen des Beteiligungsprozesses. Stand 01.12.2014.

https://www.klimaschutz.nrw.de/fileadmin/Dateien/Download-Dokumen-te/Sonstiges/5.4_Zusammenfassung_der_Szenarioberechnungen_Beteiligungsprozess_1.12.2014.pdf (Zugriff 02.09.15)