

Einschätzung der Berichterstattungslage und konzeptionelle Überlegungen zur Ermittlung von ressourcenbezogenen Indikatoren für NRW aus wissenschaftlicher Sicht (Konzeptpapier)

Bericht zum AP 5.2

im Rahmen des Zuwendungsprojektes

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



Wuppertal, März 2015

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

Autoren:
Dipl.-Wirt.-Ing. José Acosta Fernández, lic.rer.reg.
Dr. Helmut Schütz

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

Wuppertal, März 2015

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



Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung	1
2 Einführung	6
3 Konzeptionelle Überlegungen zur Ableitung von inputbasierten ressourcenbezogenen Indikatoren	9
3.1 Inventar bestehender Indikatoren für Nachhaltigkeit auf nationaler/supranationaler Ebene.....	10
3.1.1 Ressourcen-Indikatoren	10
3.1.2 Ressourcenpolitische Aspekte	14
3.1.3 Zwischenfazit	16
3.2 Der Fall Deutschland.....	17
3.2.1 Rohstoffproduktivität	17
3.2.2 Rohstoff- bzw. Material- und Ressourcenproduktivität.....	19
3.2.3 Ressourcenverbrauch	20
3.2.4 Zwischenfazit	22
3.3 Probleme und Möglichkeiten der Umsetzung der ressourcenbezogenen inputseitigen Indikatoren für NRW	24
3.3.1 Anknüpfung an frühere und aktuelle Arbeiten.....	24
3.3.2 NRW-Spezifische Aspekte	25
3.3.3 Aktuell vorhandene und erweiterte Daten für NRW	28
3.4 Datenerfordernisse und Verfügbarkeiten für NRW – Austausch mit IT.NRW	37
3.5 Zwischenfazit	42
4 Konzeptionelle Überlegungen zur Ableitung von ressourcenbezogenen Indikatoren unter Berücksichtigung der Produktions- und Konsumcharakteristika in NRW	43
4.1 Auswirkungen von Produktion und des Konsum in anthropogenen Produktionssystemen	43
4.2 Aufgabenstellung	45
4.3 Vorgehensweise zur konzeptionellen Entwicklung eines repräsentativ umfassenden Modells für die Ableitung ressourcenbezogener Nachhaltigkeitsindikatoren für NRW	46
4.4 Datenerfordernisse.....	49
4.5 Methodische Grundlagen für die Modellentwicklung zur Ableitung ressourcenbezogener Nachhaltigkeitsindikatoren für NRW	52

4.5.1	Entwicklung eines regionalspezifischen Produktionssystemmodells: Anpassung des ersten Moduls von SEEGIO für das Land NRW.....	54
4.5.2	Erweiterung eines regionalspezifischen Produktionssystemmodells um politisch relevante Größen	58
4.5.3	Ansatz für die Abschätzung der gesamten ressourcenbezogenen Auswirkungen der Produktion und des Konsums in NRW - Ableitung von ressourcenbezogenen Indikatoren	60
5	Ausblick	63
6	Referenzen	66
7	ANHANG.....	68
7.1	Stoffstrombasierte Indikatoren des Stoffwechsels der Gesellschaft.....	68
7.2	Verfügbare Daten auf Landesebene (derzeitiger Stand).....	70
7.3	Ermittlung des produktspezifischen RME und RMI am Beispiel der Produktion eines Personenkraftwagen	74

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schema und Indikatoren des sozio-ökonomischen Metabolismus (Materialinput Perspektive) _____	7
Abbildung 2: „Der Ressourcentacho“: Kernset von Schlüsselindikatoren und Verfügbarkeit für NRW _____	11
Abbildung 3: Schema und Indikatoren des sozio-ökonomischen Metabolismus _____	12
Abbildung 4: Schema und Indikatoren der ökonomieweiten Materialflussanalyse nach Eurostat _____	13
Abbildung 5: Entwicklung von Rohstoffproduktivität, BIP, abiotischem Rohstoffinput und dessen Rohstoffäquivalente in Deutschland. _____	18
Abbildung 6: Entwicklung verschiedener Indikatoren für Material- bzw. Ressourcenproduktivität in Deutschland. _____	20
Abbildung 7: Auswirkungen verschiedener Zielsetzungen auf den Minderungsbedarf für RMC der EU27 und Deutschlands. _____	21
Abbildung 8: Relationen der Indikatoren DMI, DMC, TMR und TMR für Deutschland im Jahr 2008 pro Kopf _____	22
Abbildung 9: Verfügbarkeit von ressourcenbezogenen Indikatoren in Deutschland und NRW _____	27
Abbildung 10: Rohstoffproduktivität in NRW, BRD und EU27 _____	29
Abbildung 11: Materialproduktivität in NRW, BRD und EU27 _____	30
Abbildung 12: Total Material Input (TMI)-Produktivität in NRW, BRD und EU27 _____	31
Abbildung 13: Ressourcenproduktivität in BRD und EU27 _____	32
Abbildung 14: Direkter Materialverbrauch (DMC) pro Person in NRW, Deutschland, EU27 und Welt _____	33
Abbildung 15: Ressourcenverbrauch pro Person in Deutschland, EU27 und Welt _____	34
Abbildung 16: Produktivitäten für NRW und Deutschland im Vergleich zu EU27 (=100) _____	36
Abbildung 17: Material- und Ressourcenverbrauch in NRW, Deutschland, EU27 und Welt _____	37
Abbildung 18: Die Gemeinsamkeit der Produktion auf Mikro-, Meso- und Makroebene: Die Einheit Produkt (-Output) _____	44
Abbildung 19: Vereinfachte schematische Darstellung einer physischen Input-Output-Tabelle _____	52
Abbildung 20: Vereinfachte schematische Darstellung der Stahl-Produktionstechnik im Sauerstoffkonverter durch den Weg vom „Eisenerz zum Stahl“ _____	55
Abbildung 21: Vereinfachte Darstellung ausgewählter Inputs und Outputs, die die Herstellung von Stahl im Sauerstoffkonverter technisch bedingt - Abbildung der Input- und Output-Mengen, die die Produktion einer Tonne Produkt charakterisieren. _____	56
Abbildung 22: Datenflussdiagramm für den Modellauf für die Ermittlung von ressourcenbezogenen Nachhaltigkeitsindikatoren _____	62
Abbildung 23: Sektorale Gliederung einer Wirtschaft _____	70

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Materialinputs in EU27, BRD, NRW in 2011 – Millionen Tonnen und Prozent.35

Tabelle 2: Materialverbrauch in EU27, Deutschland, NRW in 2011 – Millionen Tonnen und Prozent. _____ 35

1 Zusammenfassung

Das vorliegende Konzeptpapier hat das Ziel, im Rahmen des Projektes „Konzeptionelle Analysen und Überlegungen zur Ausgestaltung einer Nachhaltigkeitsstrategie NRW aus wissenschaftlicher Sicht“ - zur Weiterentwicklung von ressourcenbezogenen Indikatoren für die Nachhaltigkeitsstrategie NRW beizutragen. Hierfür werden die Möglichkeiten und Erfordernisse zur Berichterstattung der Ressourcenproduktivität von NRW aufgezeigt, und damit die Weiterentwicklung des bestehenden Indikators für Rohstoffproduktivität vorbereitet.

Die Ausführungen sind in **zwei großen Kapiteln** unterteilt. Im ersten großen Kapitel (3) wird zunächst der *State-of-the-art* bei der Entwicklung von ressourcenbezogenen Indikatoren für die Bestimmung von Ressourcenverbrauch und Ressourcenproduktivität sowie diesbezügliche Zielsetzungen auf der Ebene von Nationalökonomien dargestellt. Hierzu werden Beispiele für Deutschland gegeben. Anforderungen an Methoden und Daten zur Umsetzung dieser Konzepte auf Länderebene für NRW werden im Folgenden beschrieben, sowie deren Verfügbarkeit untersucht.

Im zweiten großen Kapitel (4) wird der Fokus auf eine **neue Methode für die Ableitung von NRW-spezifischen ressourcenbezogenen Indikatoren** gerichtet. Im Mittelpunkt der Betrachtung steht die Ermittlung von Größen wie **RME¹**, **RMI²**, **RMC³**, **TMR⁴**, **TMC⁵** für Produktionssysteme unterhalb der Ebene der nationalen Ökonomie.

Grundlage sind die produktspezifischen Ressourcenverbrauchs-Intensitäten sowie Angaben über die angewandte Produktionstechnologie und Höhe und Produkt-Mix der Produktion und des Konsums. Davon ausgehend wird aufgezeigt, wie diese Indikatoren im Land NRW hergeleitet werden können.

Erstes großes Kapitel

Abschnitt 3.1 skizziert den Rahmen für die Herleitung ressourcenrelevanter Nachhaltigkeitsindikatoren auf der konzeptionellen Grundlage des sozio-ökonomischen Stoffwechsels zwischen Anthroposphäre und Umwelt. Der Fokus liegt auf den auf Materialflüssen basierenden Indikatoren, welche auch dem „headline indicator“ für Ressourcenproduktivität der Europäischen Kommission zugrunde liegen. Die methodische Basis stellt die ökonomieweite Materialflussanalyse nach Eurostat dar, von der die hier weiter betrachteten inputseitigen und konsumseitigen Indikatoren abgeleitet werden. Wesentliche ressourcenpolitische Aspekte des Ressourceneffizienzprogramms der Bundesregierung sind den

¹ RME = Raw Material Equivalents (deutsch: Rohstoffäquivalente). „Maß für direkte und indirekte Stoffströme. Bei der Berechnung wird die Masse aller über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg eingesetzten Rohstoffe einbezogen. Berücksichtigt werden dabei nur die verwerteten Rohstoffe, nicht aber die nicht verwerteten Entnahmen. (nach UBA Glossar zum Ressourcenschutz 2012, S.32).

² RMI = Raw Material Input (deutsch: Rohstoffinput) – siehe Anhang 7.1.

³ RMC = Raw Material Consumption (deutsch: Rohstoffverbrauch) – siehe Anhang 7.1.

⁴ TMR = Total Material Requirement (deutsch: globaler Gesamtmaterialbedarf) – siehe Anhang 7.1.

⁵ TMC = Total Material Consumption (deutsch: globaler Gesamtmaterialverbrauch) – siehe Anhang 7.1.

Materialflüssen bzw. Indikatoren direkt zuordenbar. Dieser auf Nationalökonomien zugeschnittene Analyserahmen dient als Vorlage für die Übertragung auf die Ebene des Bundeslandes NRW.

Abschnitt 3.2 zeigt beispielhaft für die Bundesrepublik Deutschland, welche Art von Ergebnissen aus einer vollständigen Umsetzung des in Abschnitt 3.1 beschriebenen Analyserahmens für ressourcenbasierte Nachhaltigkeitsindikatoren erzielt werden können. Mit Bezug auf Ressourcenproduktivität können durch Erweiterung des Bezugsrahmens, z.B. durch Einschluss der durch Importe verursachten indirekten Materialflüsse im Ausland, die Auswirkungen von Verlagerungseffekten der Ressourcenbeanspruchung in anderen Länder abgebildet werden. Der globale Ressourcenverbrauch pro Person einer Region kann in Relation zum globalen Verbrauch pro Person gestellt werden. Er kann zudem den Abstand bzw. Minderungsbedarf zu einem global nachhaltigen Verbrauchsniveau anzeigen. Für NRW bedeutet dies, dass eine vollständige Übertragbarkeit auf die Landesebene eigene ressourcenpolitische Zielsetzungen ermöglichen würde und damit eine effektive Unterstützung der bundespolitischen Ziele.

Indikatoren für Ressourcenproduktivität und Ressourcenverbrauch sind für NRW derzeit nur für direkte Materialflüsse darstellbar. Für Ressourcenproduktivität zeigen die Indikatoren im Vergleich zu Deutschland und zur EU27 zum einen deutlich geringere Produktivitäten und zum anderen deutlich geringere Steigerungsraten derselben an. Der auf direkten Materialflüssen basierende Materialverbrauch (DMC) liegt pro Person in NRW ähnlich hoch wie in Deutschland und etwas höher als in der EU27, er liegt wie diese auch über dem Weltdurchschnitt.

Erste und grobe Schätzungen des Anteils indirekter Materialflüsse von Importen und Exporten lassen dagegen eine deutlich weniger vorteilhafte Situation für NRW vermuten. Es erscheint darum geboten, die indirekten Ressourcenaufwendungen für Importe und Exporte von NRW mit möglichst detaillierten Daten zu bestimmen.

Zudem ist zu erwarten, dass indirekte Ressourcenaufwendungen für den Empfang oder den Versand von Gütern in/aus NRW⁶ die Situation nochmals signifikant beeinflussen werden. Die Bedeutung der Einbeziehung globaler Gesamtressourcenaufwendungen für Produktion und Konsum in NRW wird dadurch noch verstärkt.

Zur möglichen Weiterentwicklung von Indikatoren für Ressourcenproduktivität und Ressourcenverbrauch für NRW wurde der fachliche Austausch mit IT.NRW aufgenommen und weitergeführt.

Zweites großes Kapitel

Die allgemeine Prozedur für die Ableitung von NRW-spezifischen ressourcenbezogenen Indikatoren mit dem neuen, hier vorgeschlagenen Verfahren beruht auf dem Aufbau eines regionalspezifischen Produktionssystemmodells. Das Ziel des Aufbaus dieses Modell ist

⁶ Mit Empfang oder Versand von Gütern in/aus NRW werden hier jeweils die Importe und die Exporte von NRW aus anderen Bundesländern gemeint.

die Ermittlung von politisch relevanten - umweltbezogenen und sozioökonomischen - Gesamteffekten der Produktion und des Konsums⁷ in der regionalen oder nationalen Ökonomie, das analysiert wird (z.B. das Land NRW oder einer seiner Regionen). Es wird also die Vorgehensweise erläutert wie ein regionalspezifisches Modell unter Berücksichtigung der Transformationscharakteristika des untersuchten Produktionssystems aufgebaut werden kann.

Diese Vorgehensweise kann in folgenden methodischen Schritten zusammengefasst werden:

- 1) **Konzeptionelle Entwicklung der Darstellung eines repräsentativ umfassenden Produktionssystemmodells** mit dem Ziel, den quasi technologischen Stand der Produktion der produzierten oder verwendeten Produkte im untersuchten Produktionssystem abzubilden. Beabsichtigt wird also die Darstellung von quasi repräsentativen Produktionstechnologien pro Einheit Output für die Güter, die im betrachteten Produktionssystem (z.B. das Land NRW) produziert oder verwendet werden..
- 2) **Entwicklung eines Ansatzes für die Berechnung umweltbezogener und sozioökonomischer produktspezifischer Auswirkungen** mit dem Ziel politisch relevante Effekte der Produktion und des Konsums einer Einheit Produkt(-Output) im betrachteten Produktionssystem (z.B. das Land NRW) zu bestimmen.
- 3) **Entwicklung eines Ansatzes für die Abschätzung politisch relevanter Gesamteffekte der Funktionsweise des betrachteten Produktionssystems** mit dem Ziel spezifische, umweltbezogene und sozioökonomische Gesamtauswirkungen der Produktion und Konsumcharakteristika im betrachteten Produktionssystem (z.B. das Land NRW oder einer seiner Regionen) zu quantifizieren.

Diese Vorgehensweise wird hier am Beispiel der ressourcenbezogenen Effekte des Produktionssystems „Land NRW“ erläutert. Diese Erläuterungen sind in vier Abschnitte untergliedert. Zunächst werden die Merkmale der Datenbasis beschrieben, die für diesen Zweck notwendig sind. Abschnitt 4.1 liefert eine kurze Übersicht über die grundlegenden Daten, die notwendig sind, um auf der Basis des vorgeschlagenen Ansatzes u.a. ressourcenbezogene Nachhaltigkeitsindikatoren ableiten zu können.

Im darauf folgenden Abschnitt 4.2 werden die wesentlichen Züge des methodischen Fundaments der vorgeschlagenen Vorgehensweise vorgeführt. Dabei wird zunächst das **SEEGIO Modell (Socioeconomic and Environmental Effects Globally Induced per unit Output)** kurz beschrieben. Erläutert wird hierbei, wie verschiedene Datensätze der Mikroebene auf eine rechentechnisch konsistente Weise vorbereitet und kombiniert werden können, um den Aufbau eines Modells für die Ermittlung von umweltbezogenen und sozioökonomischen Auswirkungen der Produktion und des Konsums einer Einheit (Produkt-)Output zu ermöglichen.

⁷ Zu den politisch relevanten umweltbezogenen und sozioökonomischen Gesamteffekten von Produktion und Konsum zählen zum Beispiel u.a. den Ressourcenverbrauch (TMR), die Treibhausgase (THG), die Beschäftigung etc.

Der **SEEGIO** Ansatz beruht auf der Umsetzung der ersten und zweiten sich einander ergänzenden methodischen Schritte. Die Erläuterung seiner Anwendung auf das Land NRW erfolgt dementsprechend in zwei Schritten (Abschnitte 4.5.1 und 4.5.2).

Dabei wird zunächst beschrieben, wie das SEEGIO Modell an die Produktions- und Konsumcharakteristika des Landes NRW bzw. seiner Regionen angepasst und kalibriert werden kann, so dass eine NRW-spezifische konsolidierte Produktionsverflechtung entsteht (4.5.1). Die Anpassung des SEEGIO Modells besteht im Wesentlichen darin, dass repräsentativ umfassende Produktionstechnologien für die Produkte bzw. Produktgruppen zusammengestellt werden, die im Land NRW in relevanten Mengen tatsächlich produziert und konsumiert werden. Die auf diese Weise entstandene allgemeine Produktionsverflechtung ist im Grunde eine strukturierte Abbildung der Inputs, die für die Produktion einer Einheit Produkt(-Output) der verschiedenen Produkte notwendigen sind. Aufgrund der allgemeinen Gültigkeit der zusammengestellten Produktionstechnologien ist die aufgebaute Produktionsverflechtungsmatrix nicht regionalspezifisch, weshalb sie entsprechend der NRW-spezifischen Produktionscharakteristika verändert werden soll (z.B. gemäß dem Mix der elektrischen Energie in NRW). Diese Kalibrierung findet im Rahmen eines „Konsolidierungsverfahren“ statt.

Anschließend wird beschrieben wie - politisch relevante - umweltbezogene und sozioökonomische Auswirkungen der Produktion (wie z.B. Ressourcenverbrauch, Energieverbrauch, Treibhausgase, Beschäftigung, Wertschöpfung) mit der Produktionsverflechtung verknüpft werden können (4.5.2). Dabei handelt es sich um eine Erweiterung der Produktionsverflechtungsmatrix um die direkten umweltbezogenen und sozioökonomischen Effekte, welche die Produktion einer Einheit Output durch die Transformation aller notwendigen Inputs bewirkt. Nur mit Hilfe eines auf diese Weise erweiterten Modells können die direkten und indirekten Auswirkungen der Produktion einer verwendeten Einheit Produkt(-Output) ermittelt werden. Die daraus resultierenden Kennziffern sind die Basis für die Ermittlung der gesamten - direkten und indirekten - umweltbezogenen und sozioökonomischen Auswirkungen (d.h. entlang der gesamten Produktionskette), die Produktion bzw. Konsum in einem Produktionssystem auslösen. Es wird also dargestellt, wie die Umsetzung dieser Erweiterung eines aufzubauenden Produktionsverflechtungsmodells für das Land NRW erfolgen kann. So können anschließend NRW-spezifische bzw. regionalspezifische direkte und indirekte Intensitäten im Sinne von umweltbezogenen und sozioökonomischen Multiplikatoren berechnet werden.

Im Abschnitt 4.5.3. wird die Verknüpfung der Angaben über die gesamte Produktion und letzte Verwendung in NRW mit den Angaben über die sozioökonomischen und umweltbezogenen Effekte pro produzierter oder konsumierter Einheit Output kurz erläutert. Hierbei wird gezeigt, wie die gesamten ressourcenbezogenen Auswirkungen der Produktion und des Konsums in NRW (oder in dessen regionalen Gebieten) quantifiziert werden können.

Daran schließt die Ableitung der ressourcenbezogenen Indikatoren für das Land NRW an.

Fokussiert wird hierbei auf:

- a) Die direkte und indirekte Rohstoffverbrauchs-Intensität einer im Land NRW produzierten oder konsumierten Einheit (Produkt-)Output (RME).
- b) Den gesamten Rohstoffverbrauch der inländischen Produktion (RMI) sowie auf den Rohstoffverbrauch assoziiert mit dem inländischen Konsum (RMC) in NRW.
- c) Die direkte und indirekte TMR-Intensität einer im Land NRW produzierten oder konsumierten Einheit (Produkt-)Output.
- d) Den Globalen Ressourcenaufwand, der durch die regionale inländische Produktion sowie über den regionalen inländischen Konsum in NRW direkt und indirekt induziert wird (TMR bzw. TMC).

Die beabsichtigte Ableitung von rohstoffbezogenen Indikatoren in b) baut auf den in a) ermittelten RME Angaben auf. Für die Durchführung der Ableitungen in d) ist die Ausweisung der TMR-Intensitäten in c) erforderlich.

Die Ableitung von regionalspezifischen ressourcenbezogenen Indikatoren im Sinne von Kennziffern der (Nicht-)Nachhaltigkeit der Transformationsaktivitäten in NRW, basiert insofern auf der Umsetzung des dritten methodischen Schrittes. Hierbei werden die politisch relevanten Auswirkungen pro Einheit Output entsprechend den regionalen Charakteristika und der mengenmäßigen Höhe der Produktion und des Konsums hochskaliert. Das Ergebnis aus diesen linearen Verknüpfungen sind Hochrechnungen der z.B. ressourcenbezogenen inländischen und globalen Gesamteffekte der inländischen Produktion sowie der inländischen letzten Verwendung in NRW.

Der Abschnitt "Ausblick" (5) bildet den Abschluss dieser konzeptuellen Überlegungen.

2 Einführung

Das Land NRW ist ein sozioökonomisches Transformationssystem. Sozioökonomische Transformationssysteme sind anthropogene Produktionssysteme. In ihnen werden mittels der Produktion und des Konsums materielle und energetische natürliche Ressourcen sowie menschliche und maschinelle Arbeit (d.h. Inputs) in Produkte, Dienstleistungen, und Reststoffe aller Art (d.h. Outputs) umgewandelt.

Im Kontext der ressourcenbezogenen Nachhaltigkeit ist der Produktivität und den unmittelbaren und mittelbaren Auswirkungen der anthropogenen rohstofflichen Transformation von Inputs in Outputs eine besondere Bedeutung beizumessen. Sowohl die Produktivität als auch das Ausmaß der Auswirkungen der anthropogenen rohstofflichen Transformation sind Indikatoren, die Auskünfte über den Nachhaltigkeitsgrad der Verwendung von materiellen und energetischen natürlichen Ressourcen durch die Produktion und den Konsum geben. Daher kommt es insbesondere auf die quantitative Ausprägung beider Indikatoren an, um die Funktionsweise eines anthropogenen Produktionssystems als mehr oder weniger nachhaltig einzustufen zu können.

Dies liegt insbesondere daran, dass die Produktivität sowie die Auswirkungen der rohstofflichen Transformation das Resultat der Einwirkung bestimmter relevanter Eigenschaften sozioökonomischer Produktionssysteme sind. Hierzu zählen: a) die Charakteristika und Quantität der eingesetzten Inputs für die Produktion, b) die Eigenschaften der angewandten Produktionstechnologie, und c) die Art und Quantität der produzierten und konsumierten Güter und erbrachten Dienstleistungen.

Für sozioökonomische Produktionssysteme wie das Land NRW bedeutet dies, dass die Höhe der quantitativen Ausprägung der Produktivität sowie der Auswirkungen der anthropogenen Transformation von Inputs in Outputs überwiegend auf diese drei Merkmale zurückzuführen ist.

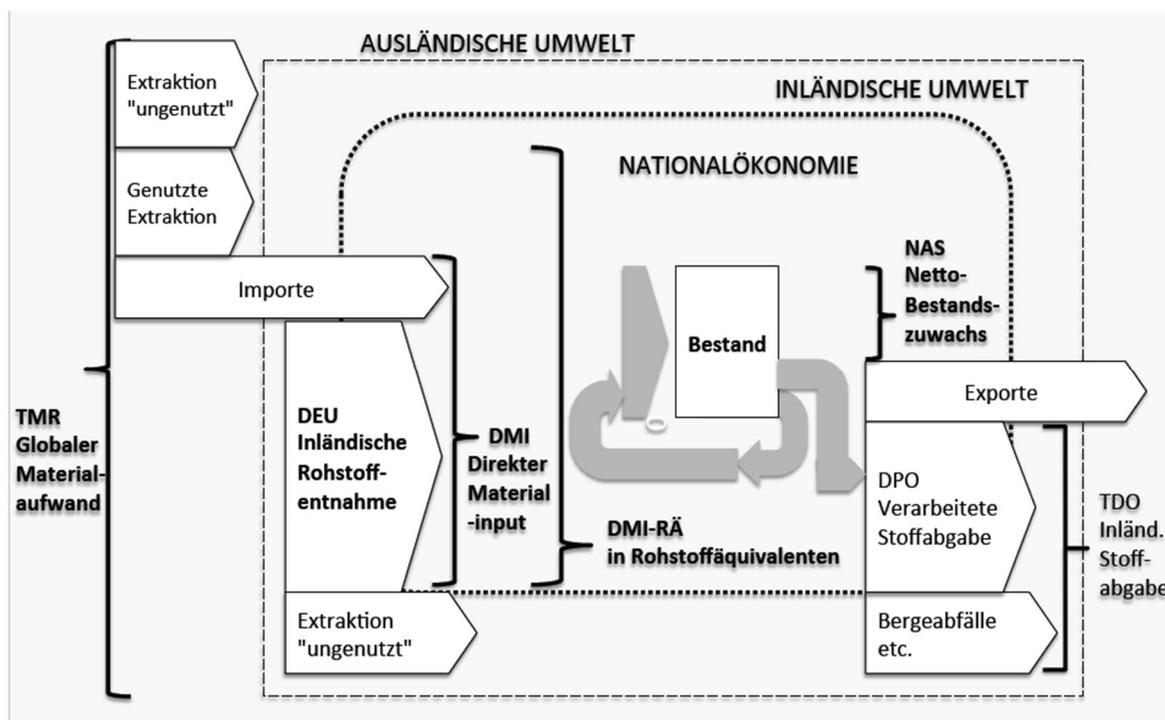
Der Wirkungsgrad dieser drei Merkmale kann im Einzelnen oder im großen Zusammenhang analysiert werden. Er kann ebenso produktspezifisch, branchenspezifisch oder gesamtwirtschaftlich betrachtet werden. Wird die ressourcenbezogene Nachhaltigkeit beispielsweise überwiegend auf der Basis der Charakteristika und Quantität der eingesetzten Inputs bewertet, dann können Indikatoren über die Produktivität und Auswirkung aus der Rechnung der energetischen und materiellen Ströme von der Natur in eine regionale, nationale oder supranationale Ökonomie, abgeleitet werden (Indikatoren der Materialinputperspektive).

Würden allein die Eigenschaften der angewandten Technologie im Fokus stehen, so können ressourcenbezogene Nachhaltigkeitsindikatoren aus den Charakteristika der industriellen Produktionsgefuge herunterdekliniert werden (Indikatoren der Produktionsperspektive).

Stünde die globale Auswirkung der verwendeten Güter im Mittelpunkt der Betrachtung, so würden die Quantität der verbrauchten Produkte und die Abschätzung der Produktivität und Auswirkungen, mit welchen sie produziert wurden, zu untersuchen sein (Indikatoren der Konsumperspektive).

Die methodische Vorgehensweise zur Ermittlung der Indikatoren der Materialinputperspektive bzw. inputbasierten Indikatoren ist bereits etabliert. Hierbei geht es um eine umfassende Darstellung der globalen Ressourcenaufwendungen für die inländische Produktion und den inländischen Konsum (Abbildung 1). Sie wird auf nationaler (DE) und supranationaler Ebene (EU) angewandt (z.B. DMI⁸, RMI, TMR). Auf regionaler Ebene, so auch im Land Nordrhein-Westfalen, stehen jedoch die dafür erforderlichen Daten nicht in vollem Umfang zur Verfügung, so dass eine vollständige Übertragung des Konzepts bislang nicht realisiert werden konnte.

Abbildung 1: Schema und Indikatoren des sozio-ökonomischen Metabolismus (Materialinput Perspektive)



Anmerkung: zur weiteren Erläuterung von Schema und Indikatoren siehe Abschnitt 3.1

Für die Ermittlung von Indikatoren (wie z.B. DMI, RMI, TMR, DMC⁹, RMC, TMC), welche die Ressourcenaufwendungen der inländischen Produktion und letzten Verwendung unter Berücksichtigung der Charakteristika des industriellen Produktionsgefüges wiedergeben (Fußabdruck-Indikatoren), existiert noch kein etablierter einheitlicher Ansatz. Hierbei wird die Abschätzung der global induzierten direkten und indirekten Ressourcenerfordernisse der Produktion und des Konsums auf der Basis von Koeffizienten (z.B. für Rohstoffäquivalente – RME) anvisiert. Bei Eurostat und Destatis wurden Ansätze in dieser Richtung unter Verwendung von Daten aus Input-Output Tabellen entwickelt und auf nationaler und

⁸ DMI = Direct Material Input (deutsch: Direkter Materialinput) – siehe Anhang 7.1.

⁹ DMC = Domestic Material Consumption (deutsch: Inländischer Materialverbrauch) – siehe Anhang 7.1.

supranationaler Ebene getestet. Auf die regionale Ebene ist dies jedoch nicht übertragbar. Die Koeffizienten von Eurostat beziehen sich auf stark aggregierte Gütergruppen, und somit sind sie der Ausdruck von "gemittelten" Produktionstechnologien von Produkten, die in der Realität weitaus differenzierter sind. Um die Eurostat Koeffizienten anwenden zu können, müssten die Daten der importierten und exportierten Güter einer Ökonomie in hoch aufgelöster Form für die Bildung von ca. 160 Produktgruppen vorliegen. Dies scheitert jedoch an der stark eingeschränkten Datenverfügbarkeit für Regionen unterhalb der Ebene von Nationalökonomien.

Aufgrund der eingeschränkten Datenlage für die Berechnung der verschiedenen ressourcenbezogenen Indikatoren werden in dieser Untersuchung die Wege aufgezeigt, wie die Ermittlung solcher Indikatoren für das Land NRW weiterentwickelt werden können. Dies trifft insbesondere auf die inputbasierten Indikatoren auf der Makroebene zu.

Darüber hinaus wird konzeptionell hergeleitet, wie die ressourcenbezogenen Indikatoren sowohl von der Produktionsperspektive und der Konsumperspektive auf der Mikro-, Meso- und Makroebene produktspezifisch ermittelt werden können. Erforderlich ist ein methodischer Ansatz, welcher die angewendeten Produktionstechnologien und letztlich die gesamte inländische Produktion miteinander verbindet. Konzeptionelle Vorarbeiten hierzu wurden am Wuppertal Institut bereits entwickelt und werden hier für das Land NRW spezifiziert.

Das vorliegende Konzeptpapier hat also zum Ziel - im Rahmen des Projektes „Konzeptionelle Analysen und Überlegungen zur Ausgestaltung einer Nachhaltigkeitsstrategie NRW aus wissenschaftlicher Sicht“ - zur Weiterentwicklung von ressourcenbezogenen Indikatoren für die Nachhaltigkeitsstrategie NRW beizutragen. Hierfür werden die Möglichkeiten und Erfordernisse zur Berichterstattung der Ressourcenproduktivität von NRW aufgezeigt, und damit die Weiterentwicklung des bestehenden Indikators für Rohstoffproduktivität vorbereitet.

Darum wird zunächst die aktuelle Sachlage bei der Entwicklung von ressourcenbezogenen Indikatoren von der Materialinputperspektive beschrieben. Mit Hilfe dieser Indikatoren werden der Ressourcenverbrauch und die Ressourcenproduktivität im Zusammenhang mit den diesbezüglichen Zielsetzungen auf der Ebene von Nationalökonomien dargestellt. Hierzu werden Beispiele für Deutschland gegeben. Anforderungen an Methoden und Daten zur Umsetzung dieser Konzepte auf Länderebene für NRW werden im Folgenden beschrieben sowie deren Verfügbarkeit untersucht (Kapitel 3).

Anschließend wird der Fokus auf eine neue Methode für die Ableitung von NRW-spezifischen ressourcenbezogenen Indikatoren von der Produktions- und Konsumperspektive gerichtet. Im Mittelpunkt der Betrachtung steht hier eine andere methodische Vorgehensweise für die Ermittlung von Größen wie RME, RMI, RMC, TMR, TMC für Produktionssysteme unterhalb der nationalen Ökonomie. Hierfür wird der Weg gezeigt, wie diese Indikatoren im Sinne von ressourcenbezogenen Fußabdrücken ausgehend von produktspezifischen Ressourcenverbrauchs-Intensitäten, sowie Angaben über die angewandte Produktionstechnologie und Höhe und Produkt-Mix der Produktion und des Konsums im Land NRW herleitet werden können (Kapitel 4).

3 Konzeptionelle Überlegungen zur Ableitung von inputbasierten ressourcenbezogenen Indikatoren

Abschnitt 3.1 stellt die Zielfragestellungen bzw. Indikatoren für das Verständnis von Nachhaltigkeit bezogen auf Ressourcenverbrauch in Ökonomien heraus. Dieser Abschnitt gibt einen allgemeinen Überblick zu einem möglichst umfassenden Set von ökonomieweiten Ressourcenindikatoren, fokussiert auf ein Kernset im Rahmen eines „Ressourcentachos“ in Anlehnung an das sogenannte „indicators dashboard“ der Europäischen Kommission, und erläutert kurz die Bedeutung von Inputindikatoren und Konsumindikatoren, auch im politischen Kontext.

Abschnitt 3.2 beschreibt ein umfassendes Set von Ressourcenbezogenen Indikatoren am Beispiel von Deutschland, darunter den derzeitigen Indikator für Rohstoffproduktivität nach der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung, und zeigt darüber hinaus auf, inwiefern Weiterentwicklungen hin zu Indikatoren für Rohstoff- bzw. Material- und Ressourcenproduktivität erforderlich sind. Weiterführend wird am Beispiel für Deutschland und der EU27 aufgezeigt, wie mithilfe eines Indikators für globalen Rohstoffverbrauch (RMC) umweltpolitische Minderungsziele auf dem Weg zu mehr Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit ermittelt werden können, und wie dies auch in den Kontext der Indikatoren für den globalen Gesamtmaterialaufwand (TMR) bzw. verbrauch (TMC) gestellt werden kann, welche zusätzlich zur genutzten Rohstoffextraktion im RMC die ungenutzte Extraktion umfassen und damit ein erweitertes Umweltbelastungspotenzial abbilden.

Abschnitt 3.3 beschreibt Anknüpfungspunkte an frühe und aktuelle Arbeiten in konzeptioneller, methodischer, und datenbezogener Hinsicht, auch mit Bezug auf die regionale Ebene. In diesem Kontext wird das NRW-Spezifische in methodischer Hinsicht und auf Datenerfordernisse bezogen herausgestellt, sowie entsprechende Anforderungen an Daten und deren Verfügbarkeiten für NRW formuliert. Bereits existierende sowie bereits im Rahmen dieser Untersuchung erweiterte Kennziffern für NRW zu Ressourcenproduktivitäten und –verbräuchen werden im Vergleich mit Werten für Deutschland und die EU27 dargestellt. Erste Schritte zum fachlichen Austausch mit IT.NRW wurden unternommen.

Während somit die verschiedenen Abschnitte im Kapitel 3 dieses Konzeptpapiers sowohl den generellen *State-of-the-art* zu Ressourcenindikatoren und diesbezügliche Zielsetzungen zum Inhalt haben, wie sie aktuell nur auf der Ebene von Nationalökonomien in ganzem Umfang umgesetzt werden können, zeigen die Abschnitte in Kapitel 4, wie mithilfe eines innovativen Ansatzes dies auch für die Ebene einer Regionalökonomie, d.h. auf der Ebene eines Bundeslandes und insbesondere für NRW gelingen kann.

3.1 **Inventar bestehender Indikatoren für Nachhaltigkeit auf nationaler/supranationaler Ebene**

Zur weiteren Ausgestaltung des deutschen Ressourceneffizienzprogramms (ProgRess; BMU 2012) gehört die Entwicklung eines Indikatorensets, mit dessen Hilfe Fortschritte regelmäßig gemessen und berichtet werden können, und die Ansprache von Zielwerten, um den Akteuren in Wirtschaft und Gesellschaft zur langfristigen Orientierung zu dienen. In Anlehnung an die bundesdeutsche Entwicklung wird dies in der vorliegenden Untersuchung auf das Bundesland NRW übertragen. Die Hauptfragestellungen, die hier mit Bezug auf den Ressourcenverbrauch von NRW beantwortet werden sollen, lauten:

- Wie ökonomisch effizient (produktiv) verwendet NRW die aufgewendeten natürlichen Ressourcen?

Hierzu wird die Relation von BIP zu Ressourcenindikator(en) herangezogen.

- Wie hoch ist der Ressourcenverbrauch pro Person in NRW?

Eine Abweichung zu Orientierungswerten eines nachhaltigen Ressourcenverbrauchs beruhend auf einer fairen globalen Verteilung („Safe-Operating-Space“: Orientierungswerte absoluten Verbrauchs pro Kopf) zeigt (nicht-) nachhaltiges Niveau des Ressourcenverbrauchs an.

3.1.1 **Ressourcen-Indikatoren**

Die wichtigsten natürlichen Ressourcen, auf die der Mensch zugreift, sind abiotische und biotische Rohstoffe (Primärmaterialien), Wasser, Luft, Fläche und die darin enthaltenen "Inventare" wie Biodiversität, Böden etc. (Abbildung 2). Darunter kommt den stofflichen Ressourcen bzw. Primär-Materialien¹⁰ eine hervorgehobene Bedeutung zu. Sie stellen in den Leitindikatoren für Ressourceneffizienz sowohl auf bundesdeutscher als auch auf EU-Ebene den Ressourcenbezug dar.

Der Fokus in der vorliegenden Untersuchung liegt ausschließlich auf Materialien.

¹⁰ In diesem Bericht wird der Begriff (stoffliche) „Ressource“ synonym mit „Primärmaterial“ verwendet und unterschieden vom Begriff (Primär-)„Rohstoff“. Der Begriff "Primärmaterial" wird in dem hier vorliegenden Bericht allein funktional auf die Überschreitung der Grenze Mensch-Umwelt-System definiert, so dass alle damit erfassten Ströme die gleiche Qualität aufweisen. Anders ist es, wenn es zur Vermischung von Systemgrenze und Bezugsraum kommt, wie dies im Glossar zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Fall ist, wo als "Primärmaterial" aus der inländischen Umwelt entnommene Rohstoffe ebenso wie importierte Güter unterschiedlichen Verarbeitungsgrades gezählt werden (Quelle: Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder: Glossar: <http://www.uqrdl.de/glossar.htm> (Zugriff 25.03.2015)).

Abbildung 2: „Der Ressourcentacho“: Kernset von Schlüsselindikatoren und Verfügbarkeit für NRW

	Perspektive Inland		Globale Perspektive	
(Primär-) Materialien	Inländische Extraktion - abiotisch - biotisch - genutzt - ungenutzt DMI, DMC (genutzt) Rohstoffindikator (DMI abiotisch) TMI (genutzt und ungenutzt)	Verfügbar* für D und alle EU Mitgliedsländer Verfügbar für NRW	Inländische und ausländische Extraktion (genutzt und ungenutzt) für inländische Produktion und Konsum RMI bzw. RMC (genutzt) TMR bzw. TMC (genutzt und ungenutzt)	Verfügbar für D und EU-27 und zunehmende Zahl von Mitgliedsländern UGRdL arbeitet an Rohstoffäquivalenten
Land	Siedlungs- und Verkehrsfläche	Verfügbar in D, Zeitreihen in der EU limitiert Verfügbar für NRW	Globale Landnutzung durch inländischen Verbrauch relevanter (Agrar-) Güter	Verfügbar für D und EU-27 sowie einige andere Mitgliedsländer
Wasser	Nutzung des Wasserdargebots (Water exploitation index)	Verfügbar in D und Regionen der EU für NRW verfügbar: Wasserentnahme, -einsatz und -abgabe	Direkte und indirekte Wassernutzung durch Importe und inländischen Verbrauch	Für Ernährungsgüter verfügbar für D; erfordert insgesamt weitere Arbeiten
Luft	THG Emissionen	Verfügbar auch für NRW	Direkte und indirekte THG Emissionen durch Produktion und Konsum	Verfügbar für D und EU

* verfügbar in hinreichender Qualität als Gesamtgrößen und nach Produktgruppen (teilweise amtlich erhoben). Vergleiche auf nationaler und internationaler Ebene hinsichtlich der Nachhaltigkeit des Ressourcenverbrauchs wären auf dieser Basis möglich.

UGRdL: Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder

Quelle: in Anlehnung an Systematik der European Commission 2011, modifiziert nach Bringezu/Schütz 2013.

Inputseitige Indikatoren

Die ökonomieweite Analyse von Stoffströmen ermöglicht, die physische Basis eines Landes oder einer Region in Form von Materialaufwendungen abzubilden. Erfasst wird der Stoffaustausch mit der natürlichen Umwelt und - über den Handel - mit anderen Wirtschaftsregionen (Abbildung 3).

Dieser sozioökonomische Stoffwechsel (oder Metabolismus) wird mit Indikatoren beschrieben, die Input, Output, Verbrauch, Bilanz und Produktivität messen.¹¹

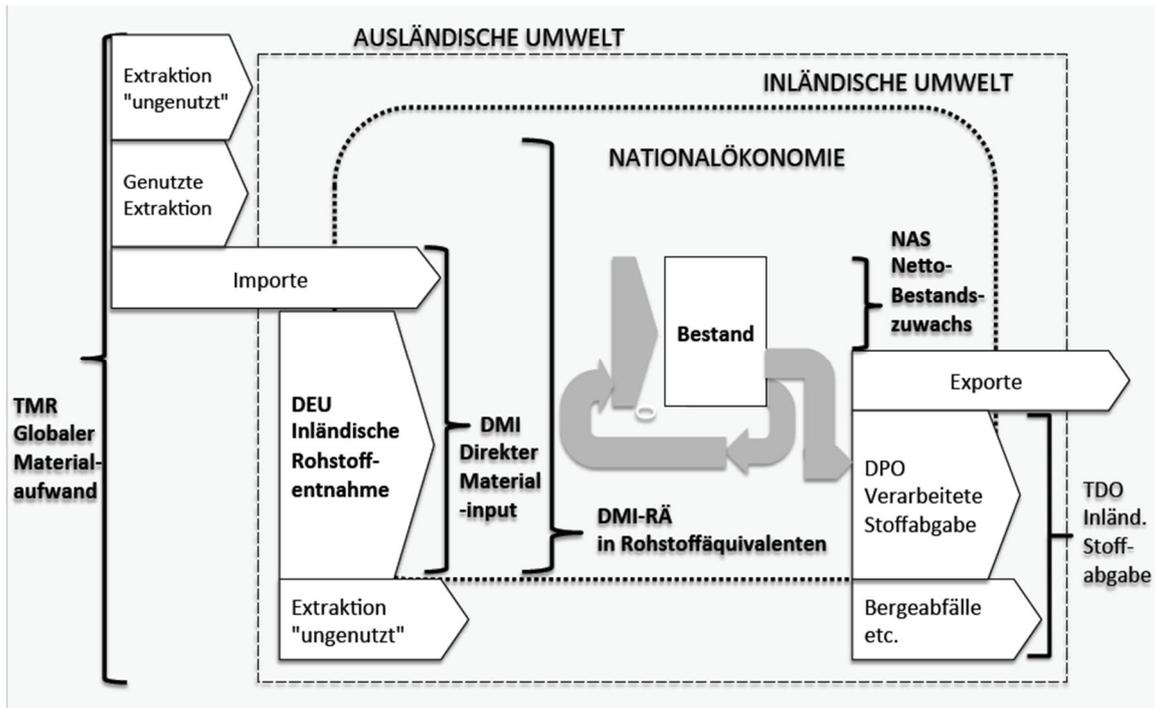
Der umfassendste Input-Indikator ist der globale Materialaufwand TMR (Total Material Requirement oder globaler Gesamtmaterialaufwand). Er enthält die inländische und ausländische Ressourcenextraktion, die mit den Produktions- und Konsumaktivitäten eines Landes verbunden ist. Gezählt wird der gesamte Primärmaterialaufwand, unabhängig davon, ob das extrahierte Material als Rohstoff weiter genutzt wird oder als solches nicht weiter verwertet wird (z. B. Bergbauabfälle oder Bauaushub). Wird dagegen nur die genutzte Extraktion gezählt, so erhält man den Indikator DMI in Rohstoffäquivalenten (DMI-RÄ oder RMI).

Der Indikator "Rohstoffproduktivität (BIP/Rohstoffverbrauch)" in der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (2002) misst bislang nur abiotische Materialien und davon inländische

¹¹ Eine Übersicht zu Indikatoren des sozio-ökonomischen Stoffwechsels wird im ersten Abschnitt des Anhangs gegeben.

genutzte Extraktionen und die Menge direkt importierter Güter. Damit wird die fortschreitende Verlagerung von Ressourcenaufwendungen ins Ausland über den Import von Halb- und Fertigwaren missverständlich als Fortschritt abgebildet. Denn die damit verbundenen Primärmaterialaufwendungen werden ausgeblendet.

Abbildung 3: Schema und Indikatoren des sozio-ökonomischen Metabolismus



Quelle: S. Bringezu, Wuppertal Institut

Die Indikatoren auf der Inputseite bilden die Verwendung von Rohstoffen, Materialien und Ressourcen ab (Abbildung 3).

DMI	: Direct Material Input	= Direkter Materialinput = Inländische genutzte Rohstoffentnahme plus direkte Importe
TMI	: Total Material Input	= Gesamtmaterialeinsatz (nicht im Schaubild) = DMI plus ungenutzte Extraktion im Inland
RMI	: Raw Material Input	= DMI in Rohstoffäquivalenten (DMI-RÄ) = DEU plus genutzte Extraktion im Ausland für direkte Importe
TMR	: Total Material Requirement	= Globaler Materialaufwand (umfasst alle Ressourcen, d.h. genutzte und ungenutzte Extraktion im In- und Ausland)

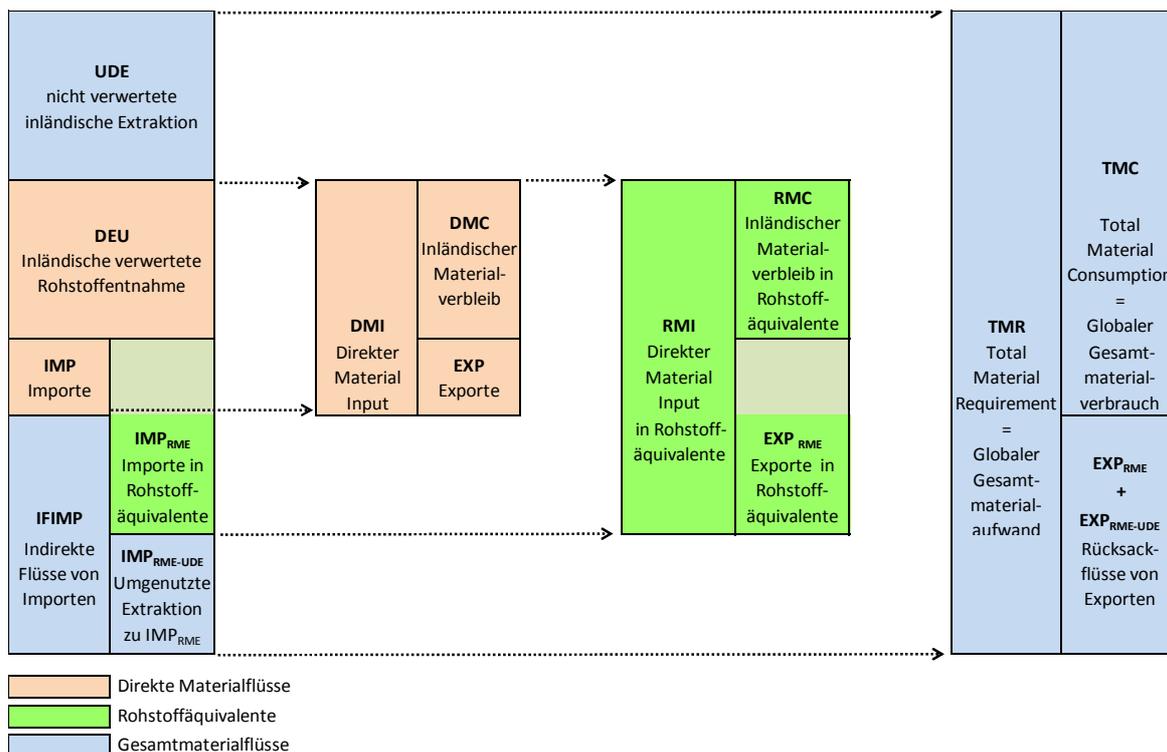
Rohstoffindikator der Nachhaltigkeitsstrategie : umfasst nur die abiotischen Materialien im DMI (nicht im Schaubild)

Konsumseitige Indikatoren

Die Indikatoren auf der Konsumseite bilden die im Inland verbrauchten Rohstoffe, Materialien, und Ressourcen ab. Die Indikatoren für Konsum umfassen (Abbildung 4):

- DMC** : Domestic Material Consumption = (Direkter) Inländischer Materialverbrauch
= DMI minus Exporte
- RMC** : Raw Material Consumption = Inländischer Rohstoffverbrauch
= DMC in Rohstoffäquivalenten (DMC-RÄ)
= RMI minus Exporte in Rohstoffäquivalenten
- TMC** : Total Material Consumption = Inländischer Gesamtmaterialverbrauch
= TMR minus Exporte und deren indirekte Materialflüsse (diese sind RÄ sowie ungenutzte Extraktion).

Abbildung 4: Schema und Indikatoren der ökonomieweiten Materialflussanalyse nach Eurostat



Quelle: Eigene Darstellung nach Eurostat 2013b

3.1.2 Ressourcenpolitische Aspekte

Die nationale Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung (2002) sieht eine Verdoppelung der Rohstoffproduktivität bis 2020 gegenüber 1994 vor, gemessen am abiotischen stofflichen Materialeinsatz (der DMI ohne Biomasse dient hier als Rohstoffindikator). Das Ressourceneffizienzprogramm der Bundesregierung „ProgRess“ (BMU 2012) fokussiert zunächst auf die abiotischen stofflichen Ressourcen, die für nicht-energetische Zwecke genutzt werden, und auf stofflich genutzte biotische Rohstoffe. Gleichwohl sollten die Indikatoren von vorneherein in konsistenter Weise angelegt werden, um Problemverlagerungen in die noch nicht betrachteten Bereiche zu vermeiden. Dabei sollte die globale Perspektive für möglichst umfassend ausgestaltete Indikatoren angestrebt werden (Bringezu/Schütz 2013).

In Kontext von ProgRess wurden Ziele und Indikatoren für dessen Umsetzung auf Bundesebene diskutiert und operationale Zielwerte vorgeschlagen. Die Schlussfolgerungen daraus waren (Bringezu/Schütz 2013):

- Für die Abbildung des Ressourcenverbrauchs von Deutschland und der Ressourcenproduktivität seiner Wirtschaft¹² stehen hinreichend Indikatoren zu Verfügung (siehe 3.1 Inputseitige und Konsumseitige Indikatoren).
- Die Ableitung von Zielen sollte sich an der Gesamtschau des gesellschaftlichen Stoffwechsels (siehe Abbildung 1) und an notwendigen Kriterien für seine nachhaltige Gestaltung orientieren (insbesondere Netto-Null-Wachstum der Bestände und erneuerbare Basis).
- Will man den Ressourcenverbrauch weltweit risikoärmer gestalten und hierfür den abiotischen Primärmaterialaufwand (siehe Abbildung 4 – dort der abiotische Anteil von TMC) auf ein Niveau wie im Jahr 2000 zurückführen, so ergibt sich unter dem Gesichtspunkt globaler Fairness ein Zielwert von ca. 10 t pro Person jährlich für den $TMC_{\text{abiotisch}}$ im Jahr 2050.
- Für Deutschland würde dies langfristig eine Verringerung des abiotischen gesamten Ressourcenverbrauchs ($TMC_{\text{abiotisch}}$) um 77% (gegenüber 2008) bedeuten (siehe Abbildung 4 – dort der abiotische Anteil von TMC).
- Dieses Ziel könnte erreicht werden über eine Verdoppelung der Ressourcenproduktivität (BIP/TMR) von 2010 bis 2030 (siehe Abschnitt 3.2.2 - Rohstoff- bzw. Material- und Ressourcenproduktivität).

Und weiter (Bringezu/Schütz 2014):

- Welcher Indikator verwendet werden soll, hängt von der Zielfrage ab, die jeweils beantwortet werden soll, und von dem Ziel, das angestrebt wird. RMC bildet das globale Rohstoffäquivalent zum inländischen Verbrauch von Produkten ab, seine Verminderung würde eine größere Unabhängigkeit von diesen Rohstoffen anzeigen. TMC umfasst die für den Endverbrauch¹³ von Produkten global aufgewende-

¹² Im Sinne von Volkswirtschaft, d.h. die Gesamtheit aller in einem Wirtschaftsraum (üblicherweise ein Staat oder Staatenverbund) zugeordneten Wirtschaftssubjekte (Haushalte, Unternehmen und der Staat).

¹³ Entspricht nach VGR der inländischen intermediären und letzten Verwendung von Produkten.

ten Primärmaterialien, seine Verminderung würde eine Entlastung der Umwelt bei der Stoffextraktion im In- und Ausland anzeigen (siehe Abbildung 4 – RMC und TMC).

- Die Ableitung von Ressourcenverbrauchszielen ist für den RMC in gleicher Weise möglich wie für den TMC (siehe Abbildung 4 – RMC und TMC). Ein global als akzeptabel erachtetes Niveau wird aus Gerechtigkeitserwägungen auf die Personen der künftigen Weltbevölkerung gleich verteilt. Als Bezugsgröße kann z.B. das Verbrauchsniveau des Jahres 2000 oder die Hälfte davon herangezogen werden, wie von den deutschen Umweltverbänden gefordert¹⁴.
- Wenn man im Hinblick auf die schrittweise weitere Verbesserung der Datenbasis für die Umsetzung von ProgRess und die weitere Nachhaltigkeitsberichterstattung bereits jetzt von Eurostat regelmäßig erhobene Indikatoren (für die EU27) anwenden möchte (siehe Abbildung 4), so können hierzu der lebenszyklusweite Rohstoffverbrauch (RMC pro Person) und die Rohstoffproduktivität (BIP/RMI) herangezogen werden¹⁵.
- Bei dem Zuschnitt der Indikatoren - der Auswahl der erfassten Kategorien - sollte darauf geachtet werden, dass die Steigerungsziele der Produktivität bzw. die Minderungsziele des Verbrauchs bei den hier betrachteten Ressourcengruppen umso anspruchsvoller werden, je enger die Indikatoren definiert sind (z.B. nur der abiotische Anteil oder nur der abiotische Anteil ohne Energieträger wie z.B. in ProgRess adressiert).
- ProgRess fordert, "ungenutzte Materialentnahmen abzubilden", um die auch damit verbundenen Umweltbeeinträchtigungen zu vermindern (siehe Abbildung 3). Favorisiert man in der weiteren Berichterstattung den RMC, so sollte die sog. "ungenutzte Extraktion" gesondert erfasst und berichtet werden, um zu beobachten, wie sich ihr Verhältnis zur Rohstoffproduktion verändert.
- Wird für die Gesamtwirtschaft ein Rohstoff- bzw. Ressourcenziel vereinbart, so ist - wie im PolRessBericht AP1.2-3 erläutert (Bringezu/Schütz 2013) - von material-spezifischen Zielen (z.B. nur bestimmte Metalle) eher abzuraten, da sie tendenziell Problemverlagerungen befördern (indem hauptsächlich Substitute eingesetzt werden, deren vermehrter Einsatz häufig nicht zu Entlastungen führt).
- Dennoch kann und sollte in den Wirtschaftsbereichen und Unternehmen sowie in der öffentlichen Verwaltung prioritätsbezogen vorgegangen werden, um die Bereiche des größten Ressourcenverbrauchs vorrangig zu verbessern. Hierzu können Analysen als Orientierung dienen, die die besonders relevanten Anteile der jeweiligen Rohstoff- und Ressourcenindikatoren ausweisen (vgl. z.B. Bringezu/Schütz 2014). Welche Maßnahmen zur Umsetzung der Ressourcenziele besonders geeignet sind, müssen weitergehende Untersuchungen zeigen.

¹⁴ Gemeinsamer Verbändebrief zur europäischen Ressourcenpolitik an Umweltminister Altmaier v. 23.07.2013 (DNR et al. 2013).

¹⁵ Da BIP als: $BIP = \text{inländische letzte Verwendung} + \text{Exporte} - \text{Importe}$ definiert wird, sind streng genommen BIP und RMI inkompatibel. Anstelle von BIP könnte nur der Wert der Letzten Verwendung genommen werden. Somit hätte man die konzeptionelle Kompatibilität von physischen und monetären Größen zur Berechnung von Ressourcenproduktivität erreicht. Dies entspricht jedoch nicht dem Stand der Definition von Ressourcenproduktivität auf politischer Ebene (Deutschland und EU) und müsste in einem Expertenkreis diskutiert werden.

3.1.3 Zwischenfazit

Abschnitt 3.1 skizziert den Rahmen für die Herleitung ressourcenrelevanter Nachhaltigkeitsindikatoren auf der konzeptionellen Grundlage des sozio-ökonomischen Stoffwechsels zwischen Anthroposphäre und Umwelt. Der Fokus liegt auf den auf Material basierenden Indikatoren, welche auch dem „headline indicator“ für Ressourcenproduktivität der Europäischen Kommission zugrunde liegen. Die methodische Basis stellt die ökonomie- weite Materialflussanalyse nach Eurostat dar, von der die hier weiter betrachteten input- seitigen und konsumseitigen Indikatoren abgeleitet werden. Wesentliche Ressourcenpoli- tische Aspekte des Ressourceneffizienzprogramms der Bundesregierung sind den Mate- rialflüssen bzw. Indikatoren direkt zuordenbar. Dieser auf Nationalökonomien zugeschnit- tene Analyserahmen dient grundsätzlich als Vorlage für die Übertragung auf die Ebene des Bundeslandes NRW.

3.2 *Der Fall Deutschland*

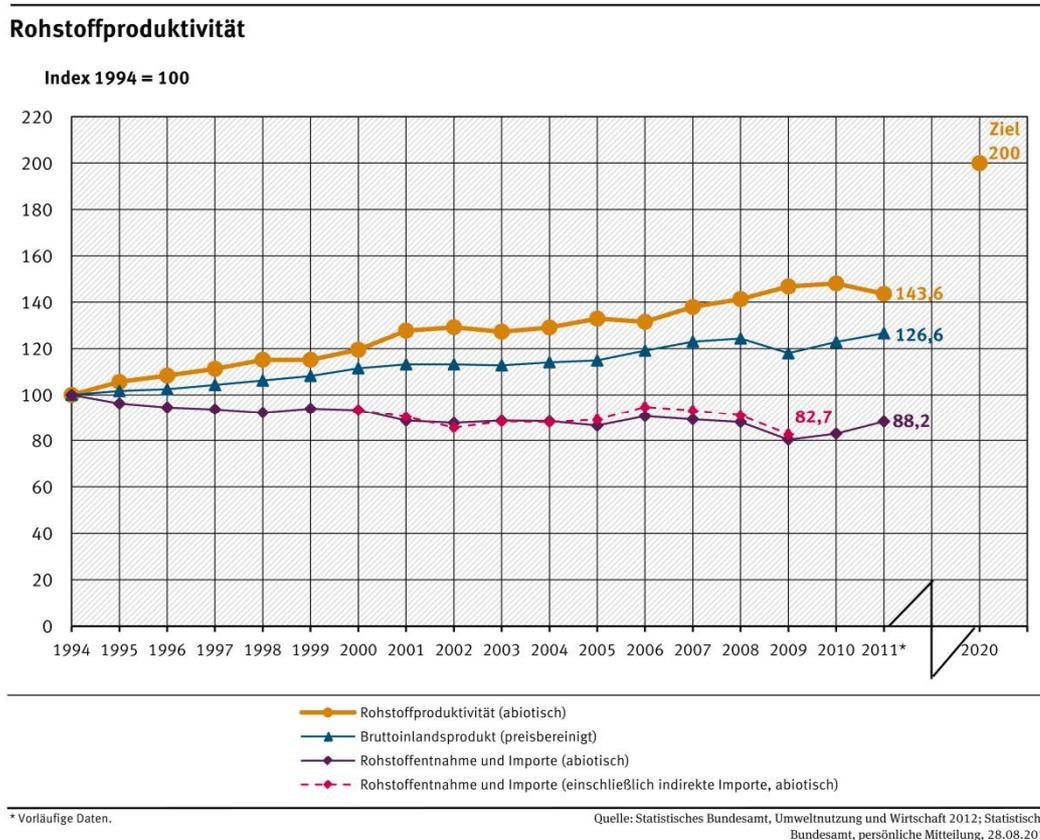
Auf bundesdeutscher Ebene steht infolge langjähriger Entwicklung im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen des Statistischen Bundesamtes, sowie bei Eurostat und Forschungsinstituten wie dem Wuppertal Institut, eine breite Palette von Ressourcenindikatoren zur Verfügung welche größtenteils auch in die kontinuierliche amtliche Berichterstattung zur Nachhaltigkeit eingeflossen sind. Der für Deutschland in dieser Hinsicht erreichte Stand kann im weltweiten Vergleich als relativ fortgeschritten und annähernd umfassend angesehen werden. Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse kurz zusammengefasst.

3.2.1 Rohstoffproduktivität

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

Insgesamt entwickelte sich die Rohstoffproduktivität (basierend auf dem Rohstoffindikator bzw. DMI für abiotische Materialien) in die angestrebte Richtung (Abbildung 5). Doch das durchschnittliche Tempo ihrer Erhöhung seit dem Jahr 1994 würde nicht ausreichen, um das gesetzte Ziel der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie zu erreichen (Verdopplung der Rohstoffproduktivität gegenüber 1994 bis 2020). Würden Materialien im gleichen Maße wie bisher immer effizienter eingesetzt, würde die Rohstoffproduktivität im Jahr 2020 rund zwei Drittel des erforderlichen Weges zum Zielwert zurückgelegt haben (UBA 2014).

Abbildung 5: Entwicklung von Rohstoffproduktivität, BIP, abiotischem Rohstoffinput und dessen Rohstoffäquivalente in Deutschland.



Quelle: Umweltbundesamt: <http://www.umweltbundesamt.de/daten/rohstoffe-als-ressource/rohstoffproduktivitaet> Zugriff am 13.2.2014

Auf EU-Ebene wird der derzeitige Indikator für Ressourcenproduktivität durch das Verhältnis von Bruttoinlandsprodukt zu inländischem Materialverbrauch (DMC) ausgedrückt (in Euro pro kg) (European Commission 2011; Eurostat 2013a). Während der bundesdeutsche Indikator Rohstoffproduktivität auf einem Materialinput-Indikator (DMI abiotisch) basiert, bezieht sich der EU-Indikator für Ressourcenproduktivität auf einen Konsumindikator und blendet somit die Effekte der Exporte von Materialien bzw. Produkten aus. Dagegen empfiehlt es sich, für die Bestimmung von Produktivitätszahlen die Indikatoren DMI, RMI und TMR zu verwenden. Sie umfassen auch den exportierten Materialinput bzw. deren entsprechenden Materialaufwand, deren Bereitstellung einen wichtigen Beitrag zum BIP leistet. Die Indikatoren DMC, RMC und TMC eignen sich eher für die Ermittlung von Pro-Person-Verbräuchen, welche auch für verschiedene Länder additiv genutzt werden können (Bringezu/Schütz 2013).

Aktuelle Überlegungen sowohl auf Bundes- als auch auf EU-Ebene sollen zu einer Neuformulierung eines (Haupt-)Indikators für Ressourcenproduktivität führen, der den Materialbedarf möglichst umfassend abbildet und das Ungleichgewicht zwischen inländischer

Entnahme und direkten Importen ausgleicht, wie dies bei den Indikatoren für Rohstoff-äquivalente bzw. Gesamtmaterial der Fall ist.

3.2.2 Rohstoff- bzw. Material- und Ressourcenproduktivität

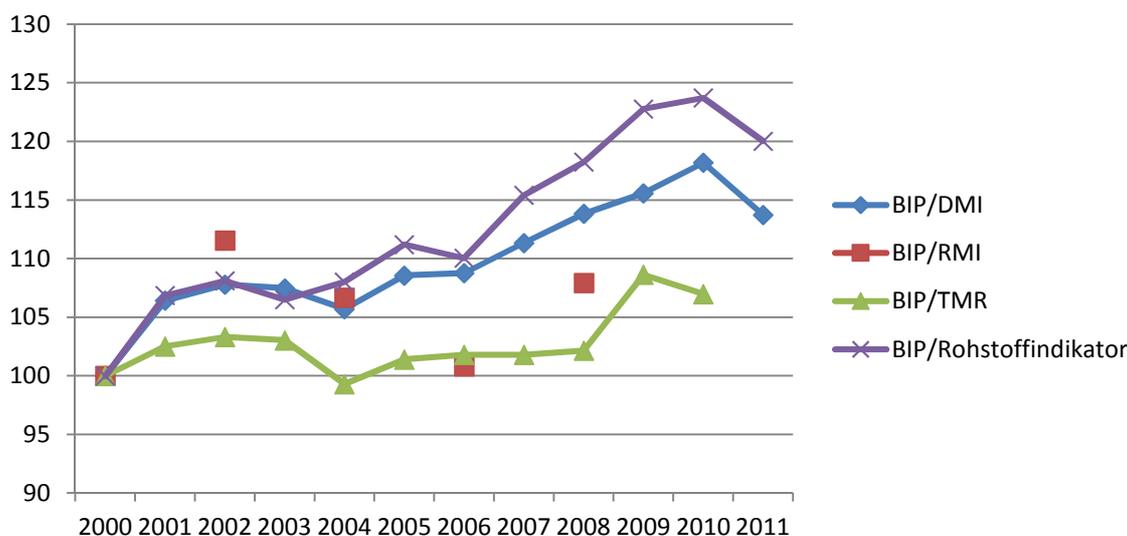
Im Vergleich zur Rohstoffproduktivität nach Rohstoffindikator entwickelten sich die Produktivitäten Deutschlands mit Bezug auf umfassendere Materialindikatoren mit zunehmender Einbeziehung indirekter, global induzierter Stoffströme weniger günstig (Abbildung 6). Legt man den gesamten globalen Ressourcenbedarf (BIP/TMR) zugrunde, so wurde gegenüber dem Jahr 2000 bis 2010 lediglich eine Steigerung um ca. 7% erreicht – gegenüber +18% für die Materialproduktivität (BIP/DMI) und +24% für die Rohstoffproduktivität nach Rohstoffindikator. Für den Rohstoffäquivalenz Indikator (BIP/RMI) liegt derzeit keine geschlossene und aktuelle Zeitreihe vor, die verfügbaren Einzelwerte deuten jedoch eher auf einen ähnlichen Verlauf wie für BIP/TMR hin¹⁶.

Dabei ist zu bedenken, dass die Einbeziehung von Indikatoren mit globaler Perspektive eine umfassendere Sicht des generischen Umweltbelastungspotentials der Ökonomie ermöglicht. Der TMR z.B. erfasst die Menge der aus der Natur entnommenen Primärmaterialien. Damit kann die Größenordnung des damit verbundenen Belastungspotenzials abgebildet werden, auch wenn dies keine lokale Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) ersetzen könnte¹⁷. In diesem Zusammenhang sei auch darauf verwiesen, dass es nicht um das Aufaddieren statischer Tonnen von Sand, Erde und anderen Materialien geht, sondern vielmehr um die Abbildung von Materialflüssen (in der Einheit von Menge pro Zeiteinheit). Es ist nicht das Material, Sand, Erde oder andere Materialien, welche als solche umweltbelastend wären, sondern die Veränderung der Umwelt infolge ihrer massenhaften Entnahme (Bringezu/Schütz 2013).

¹⁶ Daten zu RMI/RMC werden laut Destatis zurzeit überarbeitet, revidierte Daten sind kaum vor Herbst 2014 zu erwarten.

¹⁷ In einem Gedankenexperiment könnte man annehmen, dass sämtliche Abgrabungen weltweit einer UVP unterzogen würden bzw. die beteiligten Bergbau- und Steine und Erden Unternehmen freiwillig entsprechende Maßnahmen durchführen (was in Ansätzen auch geschieht). Dadurch würden die Abgrabungen theoretisch vorwiegend an jenen Stellen realisiert, wo der Schaden an der natürlichen Umwelt vergleichsweise gering ist. Da dieses Verfahren aber letztlich nur über das „Wo“ und nicht über die Frage: Ob überhaupt abgegraben wird entscheidet, würde ein weiterer Anstieg der weltweiten Nachfrage nach Mineralprodukten und der entsprechenden Bergbauproduktion letztlich doch immer mehr bzw. umfangreichere Extraktionsstellen und damit Nutzungskonflikte mit anderen Aktivitäten oder Schutzgütern zur Folge haben. Insofern kann die Frage nach dem nachhaltigen Niveau mineralischer Ressourcennutzung nicht allein auf lokaler Ebene entschieden werden, da die möglichen Summeneffekte auf regionaler bis globaler Ebene zu bedenken sind.

Abbildung 6: Entwicklung verschiedener Indikatoren für Material- bzw. Ressourcenproduktivität in Deutschland.



Quellen: DMI, Rohstoffindikator, RMI: Destatis; BIP: Eurostat; TMR: WI-FG3

* Destatis arbeitet aktuell an einer Revision der RMI/RMC Daten, BIP/RMI ist daher unter dieser Einschränkung zu sehen.

3.2.3 Ressourcenverbrauch

Welcher Indikator für den Ressourcenverbrauch verwendet werden soll, hängt von der Zielfrage ab, die jeweils beantwortet werden soll, und von dem Ziel, das angestrebt wird. RMC bildet das globale Rohstoffäquivalent zum inländischen Verbrauch von Produkten ab, seine Verminderung würde eine größere Unabhängigkeit von diesen Rohstoffen anzeigen. TMC umfasst die für den Endverbrauch von Produkten global aufgewendeten Primärmaterialien, seine Verminderung würde eine Entlastung der Umwelt bei der Stoffextraktion im In- und Ausland anzeigen.

Die Ableitung von Ressourcenverbrauchszielen ist für den RMC in gleicher Weise möglich wie für den TMC. Ein global als akzeptabel erachtetes Niveau wird aus Gerechtigkeitsabwägungen auf die Personen der künftigen Weltbevölkerung gleich verteilt. Als Bezugsgröße kann z.B. das Verbrauchsniveau des Jahres 2000 (Abbildung 7, obere Tabelle) oder die Hälfte davon (untere Tabelle) herangezogen werden, wie von den deutschen Umweltverbänden gefordert. Wollte man zum Niveau von 2000 zurückkehren, um damit den zunehmenden Ressourcenverbrauchstrend zu brechen, und den Verbrauch global fair verteilen, dann ergäbe sich ein Zielwert von 5,2 t/Person RMC. Für die EU-27 wäre eine Verminderung des Verbrauchs um 68%, für Deutschland um 80% erforderlich (ausgehend vom Niveau des Jahres 2008). Die prozentualen Zielwerte wären damit identisch bzw. nur leicht höher als bei einem Bezug auf den abiotischen TMC. Bezieht man dagegen die Zielwerte nur auf den abiotischen RMC (nicht in Abbildung 7), so erhöhen sich die Minderungserfordernisse für die EU-27 und Deutschland auf 74% bzw. 83%. Würde man auch die fossilen Energieträger als Ressourcen ausblenden (nicht in Abbildung 7), dann wäre eine Reduktion um 75% bzw. 83% nötig. Natürlich würden sich noch größere Minderungserfordernisse ergeben, wollte man die globale Ressourcenextraktion vom Jahr 2000

insgesamt halbieren, wie es deutsche Umweltverbände fordern (Abbildung 7, untere Tabelle). Ausgehend vom Niveau im Jahr 2008 müsste Deutschland bei einer Rückkehr zum Niveau von 2000 seinen RMC um 80% vermindern (Faktor 5), bei einer Verminderung auf das halbe Niveau von 2000 um 90% (Faktor 10). Wollte man diese Veränderungen bis 2050 erreichen so wären im Durchschnitt ab 2008 jährliche Reduktionsraten von 1,9% bis 2,1 % erforderlich.

Dies bedeutet, dass Deutschland bei jedem der genannten Indikatoren seinen Verbrauch in größerem Umfang vermindern müsste als die EU-27 als Ganzes. Zudem würden die Minderungsziele insbesondere für Deutschland umso anspruchsvoller werden, je schmaler die Bezugsbasis definiert wird. Dies betrifft die Wahl des RMC anstelle des TMC und auch das Ausblenden von Hauptkategorien wie Biomasse und fossile Energieträger anstelle des Bezugs auf alle Rohstoffe, d.h. den gesamten RMC (Bringezu/Schütz 2014).

Abbildung 7: Auswirkungen verschiedener Zielsetzungen auf den Minderungsbedarf für RMC der EU27 und Deutschlands.

a) Zielsetzung: Zurück auf Niveau von 2000, Gleichverteilung bis 2015

2008			
Gesamtwert			
	Wert global	Wert EU27	Wert DE
RMC (Millionen Tonnen)	66.775	8.628	1.831
RMC pro Person	9,9	17,3	22,3
Ziel: Rückkehr zum Niveau von 2000 und Gleichverteilung bis 2050			
RMC (Millionen Tonnen)	49.923	2.739	374
RMC pro Person	5,2	5,2	5,2
Minderung RMC	25%	68%	80%

b) Zielsetzung: Halbierung des globalen Niveaus

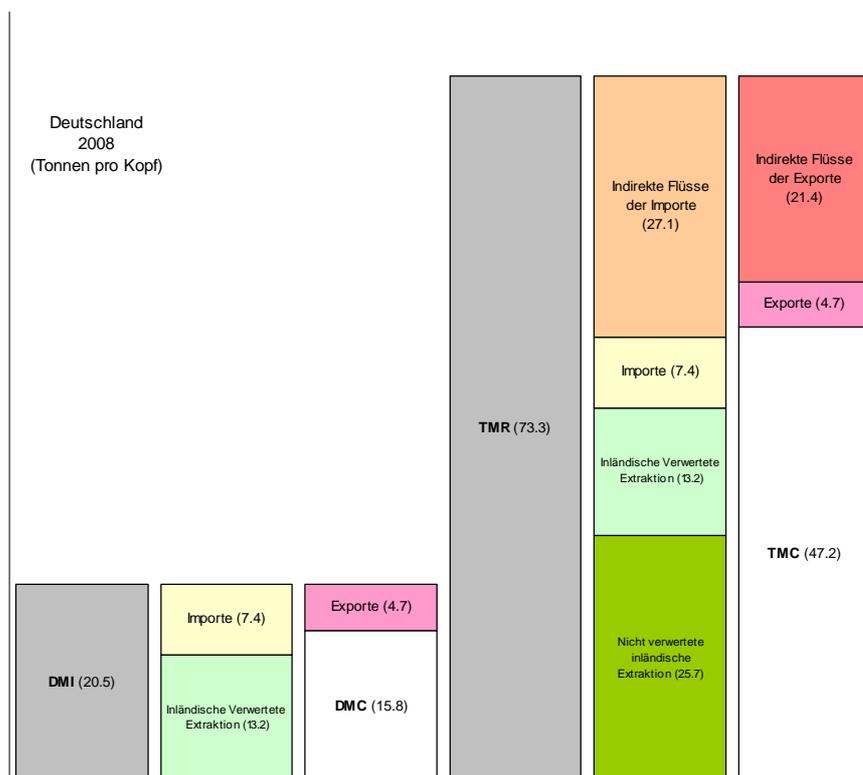
2008			
Gesamtwert			
	Wert global	Wert EU27	Wert DE
RMC (Millionen Tonnen)	66.775	8.628	1.831
RMC pro Person	9,9	17,3	22,3
Ziel: Halbierung des globalen Niveaus von 2000 bis 2050			
RMC (Millionen Tonnen)	24.961	1.370	187
RMC pro Person	2,6	2,6	2,6
Minderung RMC	63%	84%	90%

Quelle: Bringezu/Schütz 2014

Eine Übersicht über die Relationen der Indikatoren DMI, DMC, TMR und TMC zeigt Abbildung 8. Die Werte wurden entsprechend der Methodenkonventionen von Eurostat (2001) und OECD (2008) erstellt. Die Werte von DMI und DMC werden im Zuge des Vergleichs der EU-Mitgliedsländer für Deutschland identisch auch von Eurostat berichtet. Die Werte für TMR und TMC wurden vom Wuppertal Institut ermittelt. Für das Jahr 2008 betragen

sie 73 t pro Person bzw. 47 t pro Person; dies bedeutet dass der inländische Verbrauch ca. zwei Drittel (64 %) des globalen Materialaufwands TMR induziert, während der Export ein Drittel (36%) verursacht. Die vorläufigen Zahlen von Destatis (2010) zu RMI und RMC betragen 51 t/Person bzw. 22 t/Person; danach wäre der Export mit über der Hälfte des Rohstoffaufwandes verbunden. Beide Zahlenpaare sind jedoch durch künftige Arbeiten noch auf Konsistenz zu prüfen¹⁸.

Abbildung 8: Relationen der Indikatoren DMI, DMC, TMR und TMC für Deutschland im Jahr 2008 pro Kopf



Quelle: Datenbasis Wuppertal Institut, FG 3, nach Bringezu/Schütz 2013.

3.2.4 Zwischenfazit

Abschnitt 3.2 zeigt beispielhaft für die Bundesrepublik Deutschland, welche Art von Ergebnissen aus einer vollständigen Umsetzung des in Kapitel 3 beschriebenen Analyserahmens für Ressourcenbasierte Nachhaltigkeitsindikatoren erzielt werden können. Mit Bezug auf Ressourcenproduktivität können durch Erweiterung des Bezugsrahmens, z.B. durch Einschluss der durch Importe verursachten indirekten Materialflüsse im Ausland,

¹⁸ Folgende Punkte wären insbesondere zu prüfen: Berechnung vom RME auch für Sekundärrohstoffe (diese gehen beim DMI/DMC nur mit Eigengewicht ein), unterschiedliche Grundannahmen für Metallkonzentrationen in Erzen (und evtl. Kuppelproduktion), "Dummywerte" für RME bei Gütern für welche keine RME-Koeffizienten vorlagen, Berechnung von RME für alle Güter mittels abgeleiteter Koeffizienten für RME. Darüber hinaus und unabhängig von Inkonsistenzen bei der Berechnung könnte sich der Unterschied des Exportanteils auch wesentlich aus dem Aussagegehalt der Indikatoren selbst erklären. So sind TMR und TMC wesentlich durch Braunkohle bestimmt, während der RMI bzw. RMC stärker durch Metalle dominiert ist. Da Deutschland viele metallhaltige Waren exportiert (z.B. Maschinenbau) wäre so auch plausibel, warum der RMI stärker durch Exportproduktion geprägt ist.

die Auswirkungen von Verlagerungseffekten der Ressourcenbeanspruchung in andere Länder abgebildet werden. Der globale Ressourcenverbrauch einer Region kann in Relation zum globalen Verbrauch pro Person gestellt werden, er kann zudem den Abstand bzw. Minderungsbedarf zu einem global nachhaltigen Verbrauchsniveau anzeigen. Für NRW bedeutet dies, dass eine vollständige Übertragbarkeit auf die Landesebene eigene ressourcenpolitische Zielsetzungen ermöglichen würde, und damit eine effektive Unterstützung der bundespolitischen Ziele sowie ggfs. deren eine landespolitische Pronouncierung.

3.3 Probleme und Möglichkeiten der Umsetzung der ressourcenbezogenen inputseitigen Indikatoren für NRW

3.3.1 Anknüpfung an frühere und aktuelle Arbeiten

Auf verschiedenen Ebenen fanden seit den frühen 1990er Jahren Entwicklungen zur ökonomieweiten Materialflussrechnung und –analyse (öw-MFA) statt, sowohl auf nationaler bzw. supranationaler Ebene (EU) als auch auf regionaler Ebene (z.B. Baskenland¹⁹, Wallonien²⁰, Flandern²¹, Alpine Regionen²², Ruhrgebiet²³) und seit 1998 insbesondere auch auf Ebene der Bundesländer (Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder – UGRdL).

Auf nationaler bzw. supranationaler Ebene fanden parallele Entwicklungen der öw-MFA in wissenschaftlichen Institutionen und amtlicher Statistik statt²⁴. Der „Eurostat Guide“ von 2001 kann als bahnbrechende Dokumentation für die Methodologie der öw-MFA und abgeleiteter Indikatoren gesehen werden. Methodische Handbücher für die praktische Anwendung auf nationaler Ebene folgten in Form der Eurostat „compilation guides“ 2007, 2009 und 2012 bzw. fortlaufend. Die Berichterstattung zu direkten Materialflüssen (DEU, DMI, DMC) ist durch die Mitgliedsländer (ML) an Eurostat inzwischen verbindlich²⁵.

Weiterführende Arbeiten amtlicher Stellen zu Rohstoffäquivalenten (RÄ) fanden im Rahmen der UGR von Destatis statt (Buyny et al. 2009) und durch neuere Arbeiten von Eurostat (2013b) zu RÄ von Importen und Exporten.

Eurostat publiziert die Ergebnisse der RÄ Berechnungen für EU27 in Form von Absolutwerten sowie in Form von Koeffizienten, d.h. RÄ pro Einheit Output einer Produktgruppe. Die Daten und Koeffizienten für RÄ sind das Ergebnis des Eurostat Projektes „Assistance in the development and maintenance of Raw Material Equivalents conversion factors and calculation of RMC time series“ von 2011. Die Berechnung von RÄ basiert auf einem Leontief Modell mit Umwelterweiterungen („environmentally extended Leontief model“, i.e. ein „single-region input-output Modell“), einer etablierten Methode der umweltökonomischen Analyse. Dieser Ansatz nutzt die Input-Output Analyse, um die – in physischen Einheiten gemessen –direkten Umweltbelastungen, die durch die individuellen

¹⁹ IHOBE (2002): Total Material Requirement of the Basque Country. http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-6172/en/contenidos/libro/ntm/en_pub/adjuntos/ntm.pdf

²⁰ State of the Environment Directorate (2012): Key Environmental Indicators for Wallonia in 2012 (KEIW 2012). http://etat.environnement.wallonie.be/uploads/rapports/KEIW2012_UK_03-09_v2.pdf

²¹ Flemish Environment Agency (VMM) (2005): MIRA, Flanders Environment Report. <http://www.milieuraapport.be/upload/main/docs/Administrators/MIRA-T%202005/Engels%20Zakboekje/zakboekjeT2005Edef.pdf>

²² http://www.bakbasel.ch/downloads/services/reports_studies/2005/MARS_Report_2005.pdf

²³ Bringezu/Schütz (1996a): Die stoffliche Basis des Wirtschaftsraumes Ruhr : ein Vergleich mit Nordrhein-Westfalen und der Bundesrepublik Deutschland. Raumforschung und Raumordnung : RuR.- Berlin : Springer Spektrum, ISSN 0034-0111, ZDB-ID 5061416. - Vol. 54.1996, 6, p. 433-441.

Bringezu/Schütz (1996b): Der ökologische Rucksack des Ruhrgebiets. Ein Vergleich mit Nordrhein-Westfalen und der Bundesrepublik Deutschland. Wuppertal Papers Nr. 61. Wuppertal Institut, Wuppertal.

²⁴ In Österreich am Institut für Soziale Ökologie/Wien, in Deutschland am Wuppertal Institut (WI), in Japan durch die Umweltagentur, sowie in konzertierten Aktionen dieser Institutionen mit WRI/USA, NIES/Japan und CBS bzw. CML Leiden in Niederlande (Adriaanse et al. 1997; Matthews et al. 2000). In Deutschland entwickelten die UGR des Statistischen Bundesamtes (Destatis) und WI gemeinsam Materialflusskonten für das frühere Bundesgebiet.

²⁵ http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_ac_mfa&lang=en

Produktionsaktivitäten verursacht werden, den verschiedenen im Inland produzierten Produkte für die letzte Verwendung sowie den importierten Produkten zuzurechnen. Die Eurostat Methode liefert jährliche Ergebnisse für RÄ disaggregiert nach den Kategorien der letzten Verwendung und für importierte Produktgruppen und Rohstoffarten. Zudem gibt Eurostat Empfehlungen, wie diese Methode auf andere Nationalökonomien übertragen werden kann. Dazu werden die von Eurostat publizierten Koeffizienten für RÄ (z.B. in kg RÄ pro kg Eisen/Stahl) mit den entsprechenden Import- bzw. Exportmengen in kg (z.B. der Gütergruppe „Eisen und Stahl“) multipliziert (siehe z.B. Giljum et al. 2014).

Die Datenerfordernisse, um die bislang publizierten Eurostat RÄ-Koeffizienten anlegen zu können, sind jedoch sehr hoch. So müssen die physischen Importdaten in tiefer Gliederung von ca. 19.000 Gütern vorliegen und bedürfen eingehender Differenzierung um z.B. Nicht-Primärmaterialien (Abfälle, Schrotte, etc.) auszuklammern und (Edel-)Metallgehalte kritischer Güter näherungsweise zu bestimmen. Zudem müssen die Importdaten für verschiedene Gütergruppen in drei unterschiedlichen Einheiten akquiriert werden, das sind metrische Tonnen für die meisten physischen Gütergruppen (z.B. Stahl), monetäre Werte in Euro für einige physische Gütergruppen sowie für Dienstleistungen, und energetische Werte in Rohöläquivalenten für Energieträger (bei denen zudem eine Darstellung nach „resident principle“ und damit eine Konvertierung der üblichen Daten nach „territory principle“ erforderlich ist). Zudem ist eine Unterscheidung in intra-EU-Handel und extra-EU-Handel erforderlich. Diese Datenanforderungen sind selbst auf Bundesebene für Deutschland sehr anspruchsvoll und mit öffentlich verfügbaren amtlichen Daten kaum zu erfüllen. Auf Landesebene muss die Anwendung der Eurostat Koeffizienten zur Berechnung von RÄ aufgrund der praktisch kaum einlösbaren Datenerfordernisse dagegen ausgeschlossen werden.

Das Wuppertal Institut (FG 3) war führend in der Entwicklung und Realisierung der „Total Material Indikatoren“ TMR und TMC. Diese Arbeiten beruhen auf zwei Datenquellen: a) einer eigenen Datenbank zur Berechnung der Materialflüsse aus der inländischen Natur sowie im Ausland, die mit Produktion (einschl. für Exporte) und Konsum verbunden sind. Sie besteht seit Jahren und wird regelmäßig aktualisiert, b) einer Koeffizienten-Datenbank von Eurostat zu RÄ (siehe oben). Die europäische Datenbank wird derzeit ergänzt mit eigenen Daten zur ungenutzten Extraktion. Diese ergänzte Datenbank wird in Kürze verfügbar sein. Somit ist eine schrittweise Herleitung sämtlicher Indikatoren wie DMI, DMC bzw. RMI, RMC oder TMR, TMC grundsätzlich möglich.

3.3.2 NRW-Spezifische Aspekte

Auf Ebene der Bundesländer bzw. Regionen berichtet der Arbeitskreis UGR der Länder (UGRdL) Länderergebnisse u.a. für direkte Materialflüsse und Indikatoren einschl. Rohstoffproduktivität, sowie für die ungenutzte inländische Extraktion (UDE) und damit auch den Indikator TMI (Total Material Input = DMI plus inländische UDE). Neuere Überlegungen gehen in Richtung RÄ nach Destatis Methodik (Teunis 2013), führten aber bislang zu keinem positiven Ergebnis – dies wird im Folgenden ausgeführt.

Die Herleitung ressourcenbezogener Indikatoren für NRW erfordert die Betrachtung einer zusätzlichen Ebene im Vergleich zur nationalen Ebene. Diese Ebene bezieht sich auf die

Lieferbeziehungen zwischen NRW und den einzelnen Bundesländern. Im Rahmen der UGRdL werden sie bislang näherungsweise mithilfe von Statistiken nur in hoch aggregierten Kategorien (abiotisch und biotisch²⁶) ausgewiesen. Nur mit einer differenzierten Darstellung von Empfang und Versand von Gütern von/aus NRW wäre eine eigene Berechnung der RÄ- und TM-Indikatoren für NRW nach zuvor skizzierter Methode möglich (siehe vorherigen Abschnitt).

Auch der Ansatz von Destatis zur Berechnung von RÄ-Indikatoren scheitert auf Landesebene weil keine tiefgegliederten Input-Output-Tabellen für Länder vorliegen. Ein vereinfachter Ansatz mittels Faktorenberechnungen abgeleitet aus Bundesergebnissen erscheint zudem wenig erfolgversprechend. Limitierend ist vor allem die eingeschränkte Datenlage für den Empfang/Versand von Gütern mit dem größten Verkehrsträger „Straßentransport“. Erst wenn sich die Datenlage in diesem Bereich bedeutend verbessert, ist eine Berechnung überhaupt sinnvoll (Teunis 2013).

Methodisch wäre zudem eine vergleichende Meta-Analyse der möglichen UGRdL Methodik, welche auf dem Ansatz und Daten von Destatis beruht, mit der Methodik von Eurostat zur Ermittlung von RÄ wünschenswert. Dabei könnte die Anschlussfähigkeit der bestehenden und potentiellen ressourcenbezogenen Indikatoren für NRW mit den Ressourceneffizienzindikatoren der „Roadmap to a Resource Efficient Europe“ der europäischen Kommission beurteilt werden. Hierbei würden konkrete konzeptionelle Aspekte angesprochen, die die Berichterstattung auf Länderebene weiterentwickeln könnten.

So wird auf Länderebene aktuell (in der UGRdL) der Rohstoffindikator auf der Inputseite wie folgt berechnet:

- die Entnahmen abiotischer Rohstoffe aus der inländischen Umwelt,
- die Einfuhr abiotischer Güter aus dem Ausland, und
- den Saldo, der sich aus dem Handel mit abiotischen Gütern zwischen den Bundesländern ergibt (=Empfang minus Versand).

Somit werden beim Rohstoffindikator Input und Verbrauch vermischt. Statt nur den Empfang zu zählen wird der Saldo aus Empfang und Versand gezählt. Das wiederholt sich beim DMI und es schlägt sich auch im TMI nieder. Dies sollte geändert werden, um Harmonisierung mit Eurostat Indikatoren zu erzielen. Aus dem Arbeitskreis UGRdL kommt hierzu der Vorschlag, erweiternd einen DMI_{Empfang} auszuweisen, der konzeptionell dem DMI nach Eurostat entspricht. Unser Vorschlag hierzu wäre, eine vollständige Anpassung an die Terminologie von Eurostat vorzunehmen und den DMI_{Empfang} als DMI zu benennen.

Darüber hinaus sollen in diesem Arbeitspaket konzeptionelle Überlegungen zu einer neuen methodischen Herangehensweise zur Herleitung von ressourcenbezogenen Indikatoren für das Land NRW insgesamt und gegebenenfalls für Regionen oder Städte angestellt werden (Kapitel 4). Diese konzeptionellen Überlegungen haben als Ziel, den Weg zu zeigen, auf welche Weise bestehende regional-spezifische Daten über Produktion und Konsum mit dem Ressourcenverbrauch pro (produzierter/konsumierter) Einheit Produkt kom-

²⁶ Dabei ist die Datenverfügbarkeit für den größten Verkehrsträger „Straße“ limitierend (Teunis 2013).

biniert werden können. Es werden jedoch keinerlei Berechnungen in diesem Arbeitspaket durchgeführt. Diese anzustellenden Überlegungen sollen vielmehr unter dem Aspekt stehen, die bekannten Probleme auf Länder bzw.- Regionalebene zu umgehen bzw. mithilfe eines innovativen neuen Ansatzes zu lösen.

Ausgangspunkt dafür wären Angaben über Produktion und Konsum von Produkten in einem Bundesland, einer Region oder einer Stadt. Beide Datensätze stellen unseres Erachtens Daten dar, die auf diesen Ebenen eher erfasst werden. Das soll in dieser Studie näher untersucht werden.

Zusammengefasst lässt sich die derzeitige Verfügbarkeit von Input-, Konsum- und Produktivitätsindikatoren für NRW im Vergleich zu Deutschland wie folgt zusammenfassen (vgl. Abschnitt 3.1):

Abbildung 9: Verfügbarkeit von ressourcenbezogenen Indikatoren in Deutschland und NRW

	Deutschland	NRW
Inputindikatoren		
DMI	✓	✓* ²⁷
Rohstoffindikator	✓	✓*
RMI	✓	---
TMI	✓	✓*
TMR	✓	---
Konsumindikatoren		
DMC	✓	✓*
RMC	✓	---
TMC	✓	---
Produktivitätsindikatoren		
BIP/DMI	✓	✓*
BIP/Rohstoffindikator	✓	✓*
BIP/DMC	✓	✓*
BIP/RMC	✓	---
BIP/RMI	✓	---
BIP/TMI	✓	✓*
BIP/TMR	✓	---

²⁷ *: eine Harmonisierung mit der Eurostat Indikatoren wäre zu erzielen. Hierfür bedarf es einer Verbesserung der Datenerhebung, einer konsequenten Verwendung der Indikatoren-Definitionen und eine Anpassung an die Terminologie von Eurostat.

3.3.3 Aktuell vorhandene und erweiterte Daten für NRW

Im Folgenden werden die bereits vorhandenen Daten zu Materialverbrauch und Materialproduktivität für NRW zusammenfassend und im Vergleich zu Deutschland zur EU27 dargestellt. Daten von IT.NRW bzw. UGRdL stellen die Basis, erste eigene, grobe Schätzungen für indirekte Materialflüsse von Importen und Exporten²⁸ ergänzen diese Darstellung (siehe unten Tabelle 1 und Tabelle 2).

Produktivitäten

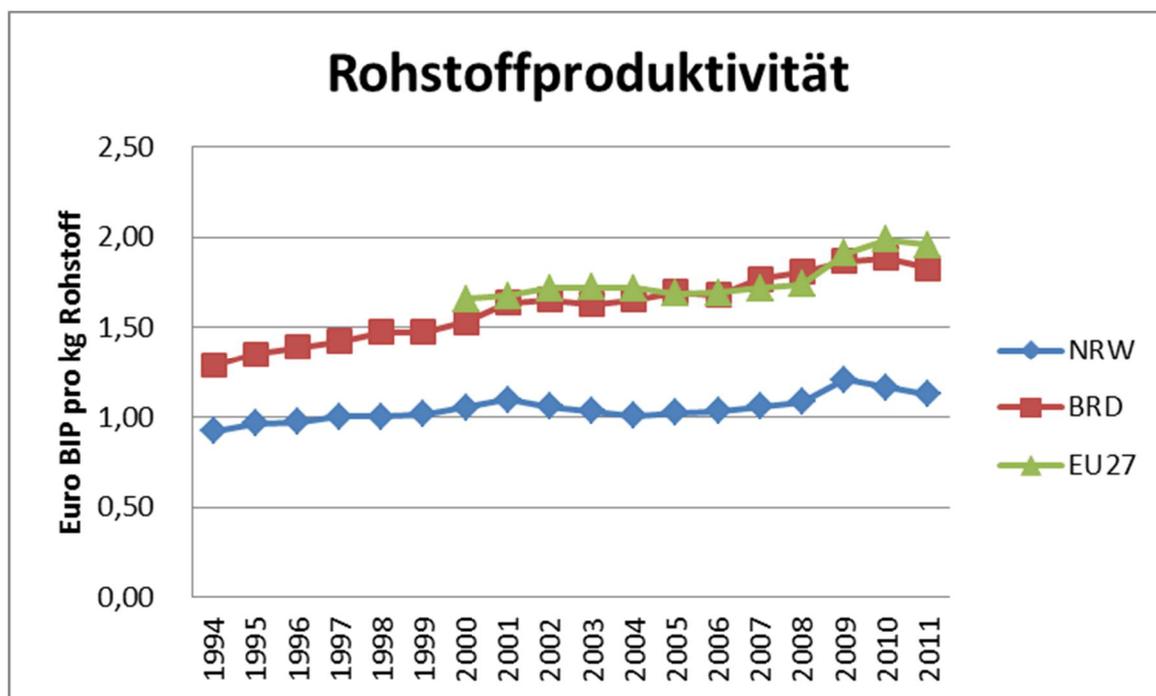
Der Indikator **Rohstoffproduktivität der bundesdeutschen Nachhaltigkeitsstrategie (BIP/Rohstoffindikator)** zeigt für NRW ein deutlich niedrigeres Niveau an als für Deutschland und die EU27 (Abbildung 10)²⁹. NRW erzielt in diesem Vergleich deutlich weniger Wirtschaftsleistung pro Einheit eingesetztes abiotisches Material. Zudem wurde im Zeitraum 2000 bis 2011 mit +7% in NRW eine deutlich geringere Steigerung der Rohstoffproduktivität erreicht als im Bundesgebiet (+19%) und in der EU27 (+18%).

Hervorgerufen wurde die ungünstigere Entwicklung für NRW einerseits durch einen etwas geringeren Anstieg des BIP (11,7% von 2000 auf 2011 gegenüber 13,7% im Bundesgebiet) und andererseits durch einen leichten Anstieg des Rohstoffindikators (+4%) im selben Zeitraum während der abiotische Rohstoffinput in Deutschland um 5% abnahm. Strukturelle Ursachen für die niedrige Rohstoffproduktivität in NRW können an dieser Stelle nicht untersucht werden, und können Thema einer weiterführenden Studie sein.

²⁸ Schätzung auf Basis von HS2 (ca. 100 Gütergruppen) mit aus Daten für Deutschland abgeleiteten Koeffizienten (Multiplikatoren) für indirekte Ressourcenaufwendungen.

²⁹ Vergleichbare Daten für EU27 liegen von Eurostat erst ab dem Jahr 2000 vor.

Abbildung 10: Rohstoffproduktivität in NRW, BRD und EU27

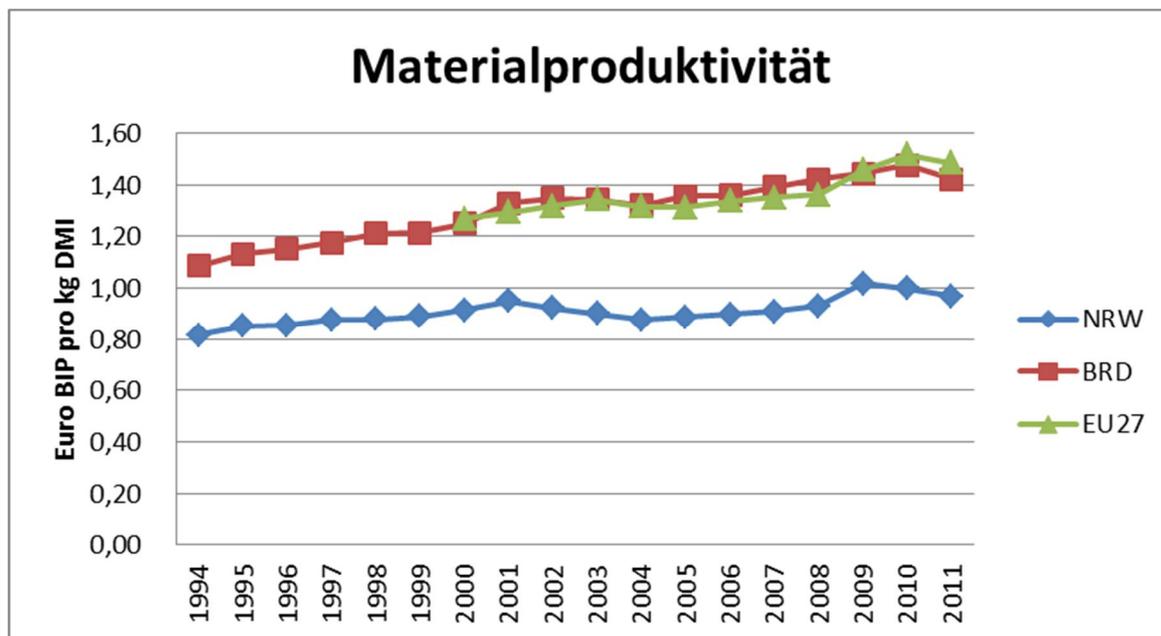


Quellen: BRD: Destatis (2013); EU27: Eurostat (2013b); NRW: UGRdL (2013)

Der **Indikator Materialproduktivität (BIP/DMI)** umfasst in Erweiterung zum Indikator Rohstoffproduktivität alle direkt aufgewendeten Materialien. Er zeigt für NRW ebenfalls ein deutlich niedrigeres Niveau an als für Deutschland und die EU27 (Abbildung 11). NRW erzielt in diesem Vergleich deutlich weniger Wirtschaftsleistung pro Einheit direkt eingesetztes Material. Zudem wurde im Zeitraum 2000 bis 2011 mit +6% in NRW eine deutlich geringere Steigerung der Materialproduktivität erreicht als im Bundesgebiet (+14%) und in der EU27 (+17%).

Hervorgerufen wurde die ungünstigere Entwicklung für NRW einerseits durch einen etwas geringeren Anstieg des BIP (11,7% von 2000 auf 2011 gegenüber 13,7% im Bundesgebiet) und andererseits durch einen leichten Anstieg des DMI (+5%) im selben Zeitraum während der DMI in Deutschland nahezu unverändert blieb. Strukturelle Ursachen für die niedrige Materialproduktivität in NRW können an dieser Stelle nicht untersucht werden, und können Thema einer weiterführenden Studie sein.

Abbildung 11: Materialproduktivität in NRW, BRD und EU27

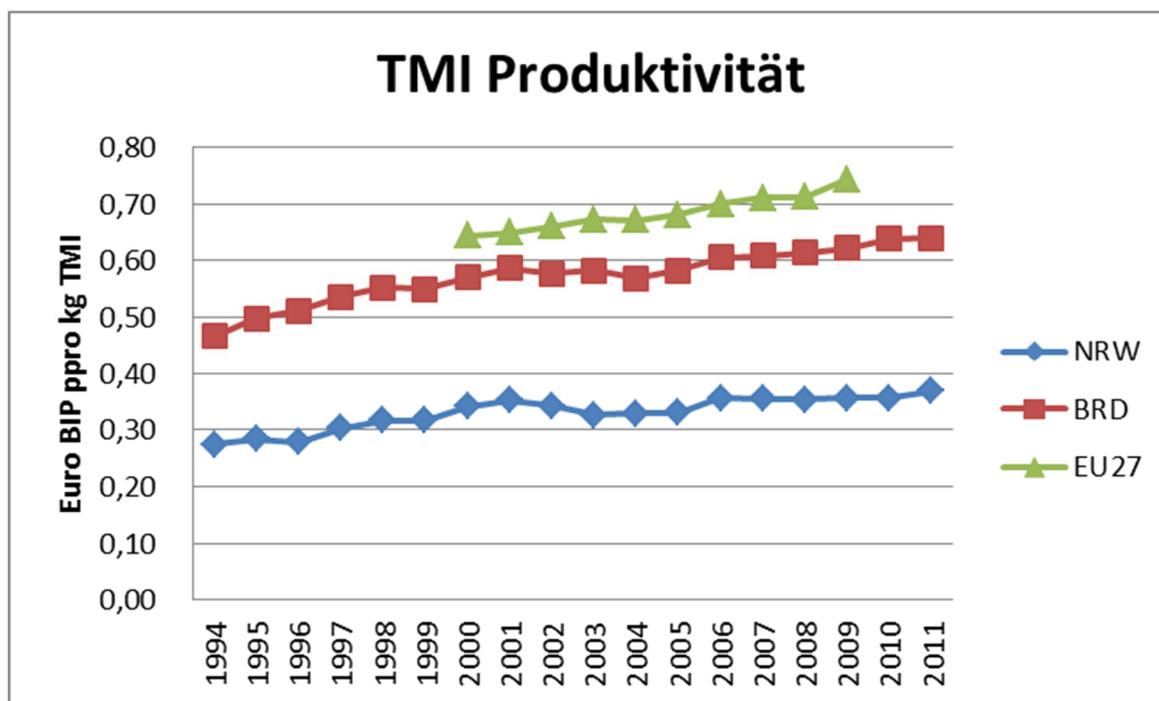


Quellen: BRD: Destatis (2013); EU27: Eurostat (2013b); NRW: UGRdL (2013)

Erweitert man die Betrachtung der Ressourcenaufwendungen um die im Inland extrahier- te, ungenutzte Rohstoffentnahme, so zeigte der damit erhaltene **Indikator TMI-Produktivität (BIP/TMI)** für NRW wiederum ein deutlich niedrigeres Niveau an als für Deutschland und die EU27 (Abbildung 12). NRW erzielt in diesem Vergleich deutlich weniger Wirtschaftsleistung pro Einheit Gesamt-Materialinput. Zudem wurde im Zeitraum 2000 bis 2011 mit +8% in NRW eine deutlich geringere Steigerung der TMI-Produktivität erreicht als im Bundesgebiet (+12%) und in der EU27 (+16%).

Hervorgerufen wurde die ungünstigere Entwicklung für NRW einerseits durch einen etwas geringeren Anstieg des BIP (11,7% von 2000 auf 2011 gegenüber 13,7% im Bundesgebiet) und andererseits durch einen leichten Anstieg des TMI (+3%) im selben Zeitraum während der TMI in Deutschland nur um ca. 1% anstieg. Strukturelle Ursachen für die niedrige TMI-Produktivität in NRW können an dieser Stelle nicht untersucht werden, und sollten Thema einer weiterführenden Studie sein.

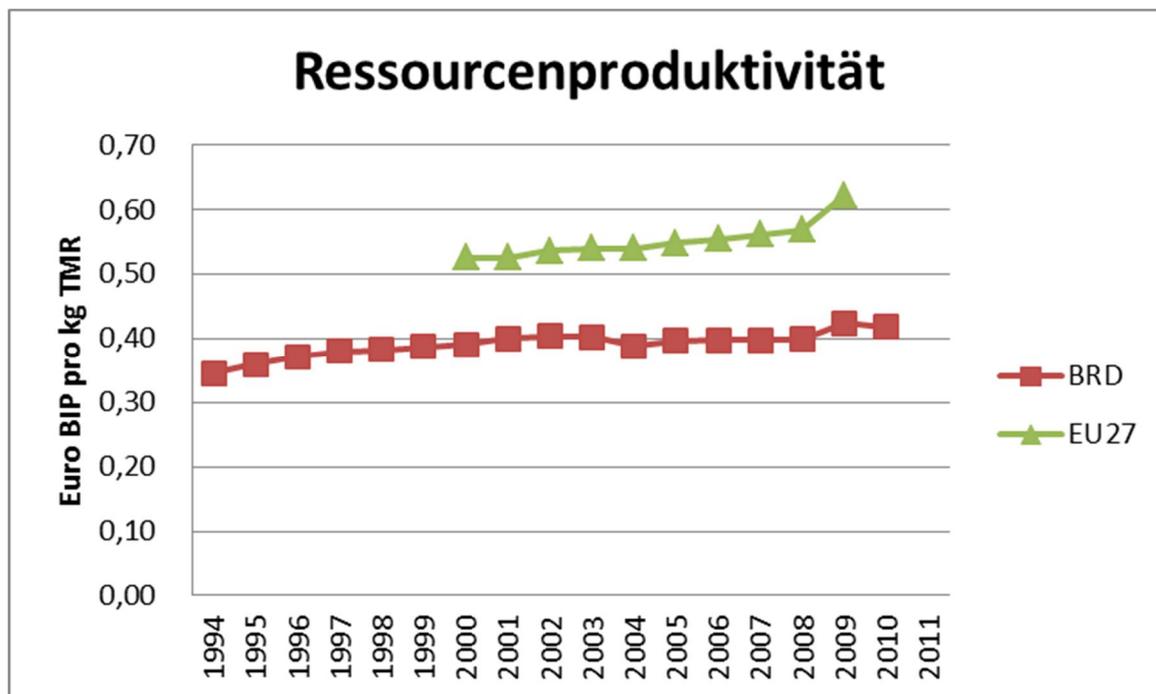
Abbildung 12: Total Material Input (TMI)-Produktivität in NRW, BRD und EU27



Quellen: BRD: Destatis (2013); EU27: Eurostat (2013b); NRW: UGRdL (2013)

Der Indikator TMR zeigt die gesamten globalen Ressourcenaufwendungen für die inländische Produktion und den Konsum an, und stellt den Quotienten für den Leitindikator Ressourcenproduktivität. Dieser ist gegenwärtig für NRW aus zuvor erläuterten Gründen nicht darstellbar. Für Deutschland und die EU27 zeigt Abbildung 13 den zeitlichen Verlauf der gesamten **Ressourcenproduktivität (BIP/TMR)**. Deutschland erzielt in diesem Vergleich weniger Wirtschaftsleistung pro Einheit globaler Gesamt-Materialaufwendungen als die EU27. Zudem wurde im Zeitraum 2000 bis 2009 mit +7% in Deutschland eine deutlich geringere Steigerung der Ressourcenproduktivität erreicht als in der EU27 (+18%).

Abbildung 13: Ressourcenproduktivität in BRD und EU27



Quellen: BRD: Destatis (2013) und Datenbasis des WI für indirekte Materialflüsse; EU27: Eurostat (2013b) und Datenbasis des WI für indirekte Materialflüsse.

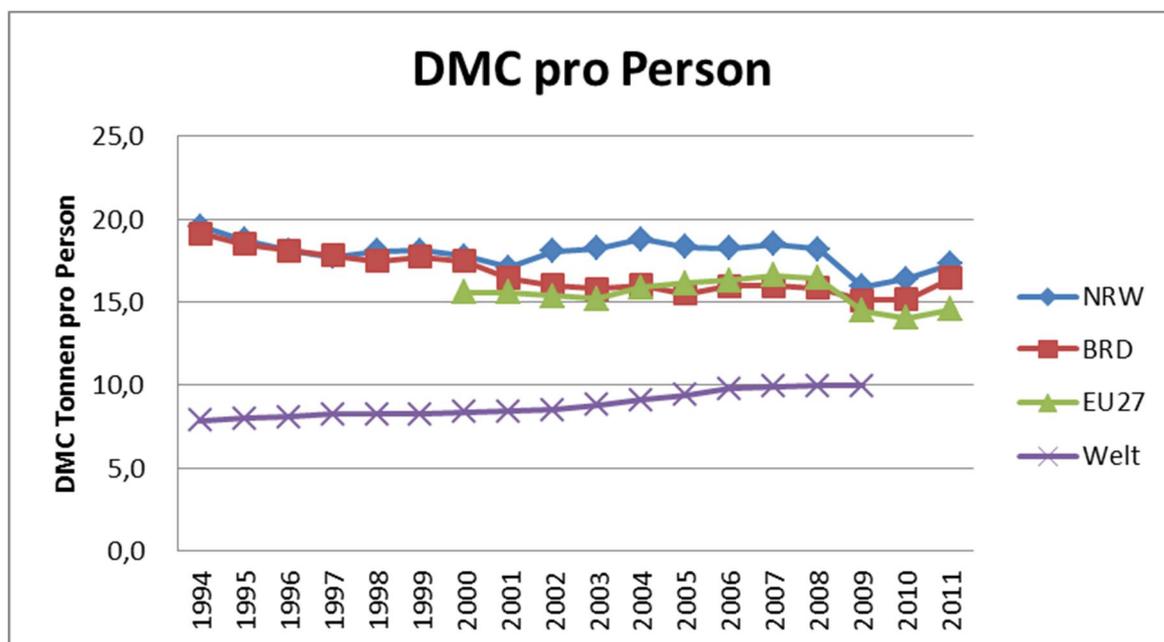
Verbrauch

Der **direkte Materialverbrauch (DMC) pro Person** liegt in NRW ähnlich hoch wie in Deutschland und etwas höher als in der EU27 (Abbildung 14), d.h. zwischen ca. 16 und 19 Tonnen in NRW (Zeitraum 2000 bis 2011) mit einem Rückgang im Krisenjahr 2009 und anschließendem Wiederanstieg. Insgesamt resultierte für den Zeitraum 2000 bis 2011 in NRW, Deutschland und EU27 ein leichter Rückgang des direkten Materialverbrauchs. Dagegen stieg der weltweite direkte Materialverbrauch pro Person deutlich an und erreichte ca. 10 Tonnen pro Kopf in 2009, etwa zwei Drittel des Niveaus in den drei Vergleichsregionen.

Während der global gemittelte direkte Materialverbrauch das gesamte Ausmaß der Nutzung extrahierter Rohstoffe wiedergibt, werden in der Darstellung für einzelne Länder und Regionen jedoch die Ressourcenflüsse unterschätzt, die als verwertete Rohstoffentnahmen den direkten Importen und Exporten vorgelagert sind. Ein vollständiges Bild in dieser Hinsicht zeigt der **Indikator RMC**, der jedoch für NRW derzeit noch nicht berechnet werden kann³⁰.

³⁰ Auf eine vergleichende Darstellung der Ergebnisse für den RMC wird an dieser Stelle verzichtet, weil dieser derzeit von Destatis überarbeitet wird und neue Ergebnisse noch nicht vorliegen.

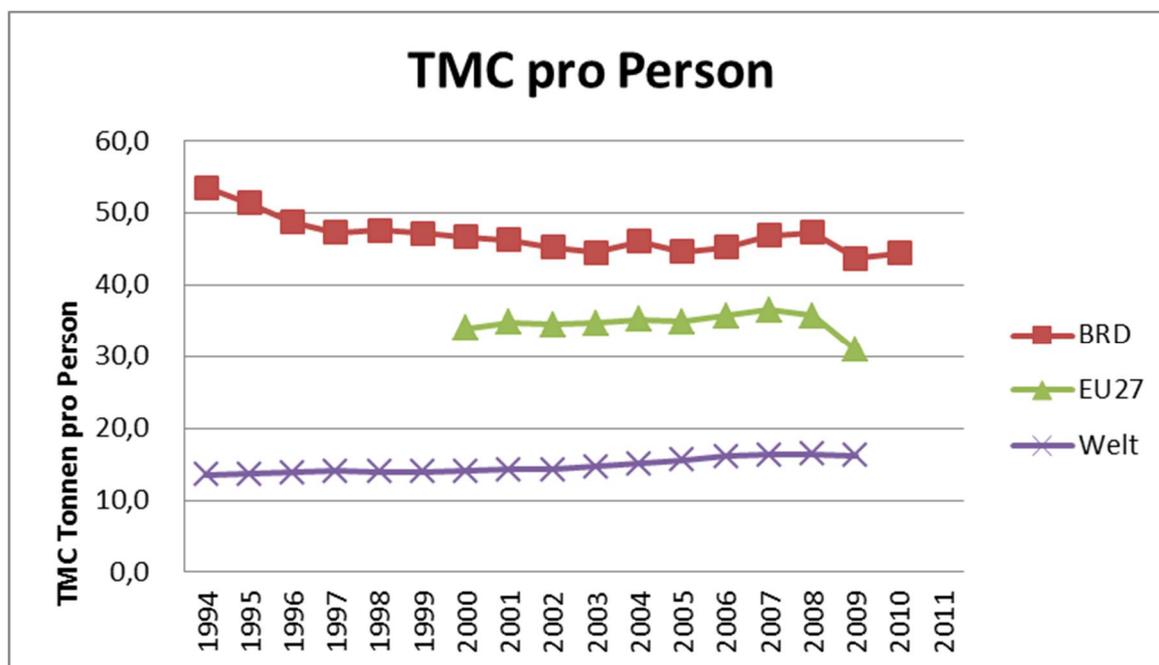
Abbildung 14: Direkter Materialverbrauch (DMC) pro Person in NRW, Deutschland, EU27 und Welt



Quellen: BRD: Destatis (2013); EU27: Eurostat (2013b); NRW: UGRdL (2013); Welt: Datenbank materialflows.net.

Analog zum TMR zeigt der **Indikator TMC** den gesamten globalen Ressourcenaufwand für den inländischen Konsum an. Dieser ist gegenwärtig für NRW aus zuvor erläuterten Gründen nicht darstellbar. Für Deutschland und die EU27 zeigt Abbildung 15 den zeitlichen Verlauf des Ressourcenverbrauchs pro Person im Vergleich zur Welt. Insgesamt resultierte für den Zeitraum 2000 bis 2009 in Deutschland und EU27 ein leichter Rückgang des globalen Gesamt-Materialverbrauchs. Dagegen stieg der weltweite Gesamt-Materialverbrauch pro Person deutlich an und erreichte ca. 16 Tonnen pro Kopf in 2009, etwa 37% bzw. 52% des Niveaus in Deutschland bzw. EU27.

Abbildung 15: Ressourcenverbrauch pro Person in Deutschland, EU27 und Welt



Quellen: Deutschland, Destatis (2013) und Datenbasis des WI für indirekte Materialflüsse; EU27, Eurostat (2013b) und Datenbasis des WI für indirekte Materialflüsse; Welt, Datenbank materialflows.net.

Materialinputs und Materialverbrauch in 2011

Wie bereits erwähnt wurde in dieser Untersuchung eine erste grobe Schätzung der mit Importen (und Exporten) NRWs verknüpften indirekten Materialflüsse durchgeführt (siehe unten Tabelle 1). Der so berechnete Inputindikator wird hier als TMR* bezeichnet, weil eine vollständige Darstellung von TMR für NRW auch die Bestimmung der indirekten Flüsse des Empfangs voraussetzen würde, dies aber aus bereits erläuterten Gründen (siehe Abschnitt 3.3.2) derzeit nicht möglich ist.

Die Berechnung einer Ressourcenproduktivität auf Basis des TMR* (entspricht dem TMR für Deutschland und EU27) ergibt bereits deutlich niedrigere Werte für NRW im Vergleich zu Deutschland und EU27. Die Einbeziehung der indirekten Flüsse des Empfangs würde diesen Abstand noch vergrößern. Der direkte Anteil des Empfangs am TMR* liegt für NRW bei ca. 5% und damit in einem durchaus relevanten Bereich im Vergleich zum direkten Import mit ca. 8% Anteil am TMR*. Die indirekten Materialflüsse der Importe nehmen, grob geschätzt, einen Anteil von ca. 30% am TMR* von NRW ein, und indizieren damit die potenzielle Wichtigkeit einer Einbeziehung von indirekten Materialflüssen von Importen und Empfang in die Betrachtung der globalen Ressourcenerfordernisse von NRW.

Tabelle 1: Materialinputs in EU27, BRD, NRW in 2011 – Millionen Tonnen und Prozent.

In Millionen Tonnen	EU27	DEUTSCHLAND	NRW
DEU	6.291	1.110	266
IMP	1.624	616	178
Empfang	<i>irrelevant</i>	<i>irrelevant</i>	114
UDE	7.866	2.105	910
IFIMP	4.074	1.978	641
IFempfang	<i>irrelevant</i>	<i>irrelevant</i>	<i>nicht bestimmt</i>
TMR*	19.855	5.809	2.110
Euro pro kg	0,59	0,42	0,26
In Prozent	EU27	DEUTSCHLAND	NRW
DEU	32%	19%	13%
IMP	8%	11%	8%
Empfang	<i>irrelevant</i>	<i>irrelevant</i>	5%
UDE	40%	36%	43%
IFIMP	21%	34%	30%
IFempfang	<i>irrelevant</i>	<i>irrelevant</i>	<i>nicht bestimmt</i>
TMR*	100%	100%	100%

Quellen: Deutschland, Destatis (2013) und Datenbasis des WI für indirekte Materialflüsse; EU27, Eurostat (2013b) und Datenbasis des WI für indirekte Materialflüsse; NRW, UGRdL (2013) und Datenbasis des WI für indirekte Materialflüsse.

Analog zum oben dargestellten Vorgehen zur Berechnung eines TMR* kann auch konsumseitig ein für NRW eingeschränkter Indikator TMC* abgeleitet werden (Tabelle 2). Hier sind die Mengenverhältnisse ähnlich deutlich. Die Berechnung eines Ressourcenverbrauchs auf Basis des TMC* (entspricht dem TMC für Deutschland und EU27) ergibt mit ca. 83 Tonnen pro Person bereits deutlich höhere Werte für NRW im Vergleich zu Deutschland und EU27.

In der Schlussfolgerung gilt das gleiche wie zuvor für die Entwicklung eines um die globalen und interregionalen Ressourcenflüsse erweiterten Indikators für NRW skizziert wurde.

Tabelle 2: Materialverbrauch in EU27, Deutschland, NRW in 2011 – Millionen Tonnen und Prozent.

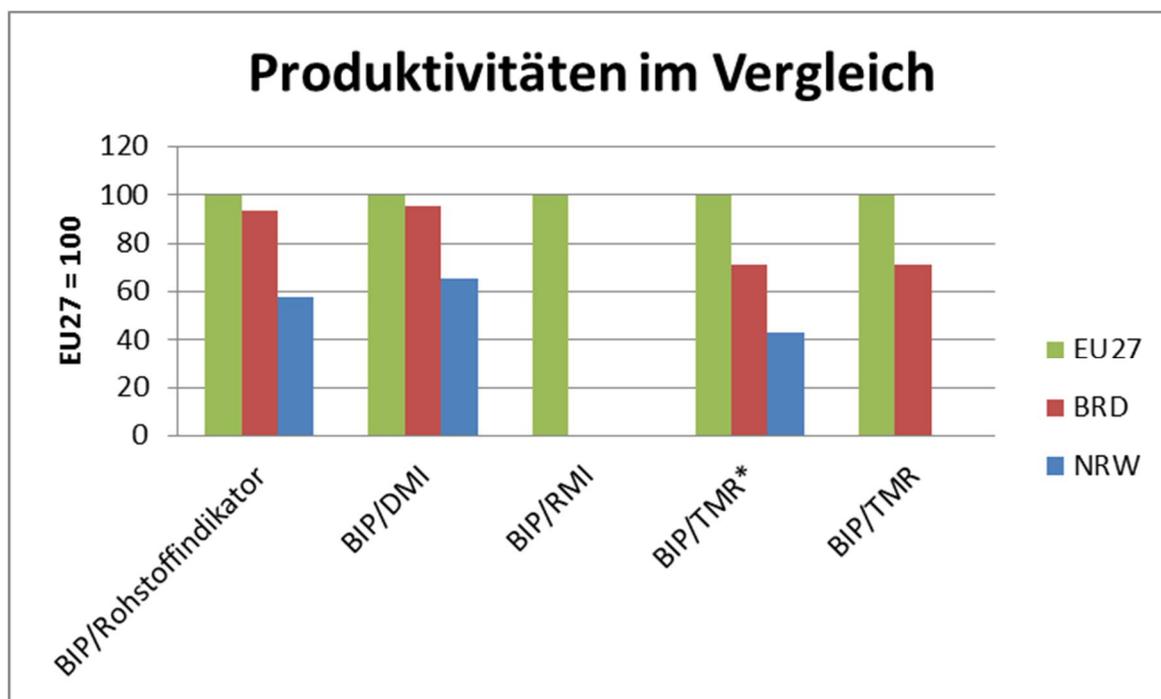
	EU27	DEUTSCHLAND	NRW
EXP	608	378	122
Versand	<i>irrelevant</i>	<i>irrelevant</i>	128
IFEXP	1.907	1.526	382
IFversand	<i>irrelevant</i>	<i>irrelevant</i>	<i>nicht bestimmt</i>
TMC*	17.340	3.905	1.478
t pro Person	35	48	83
In Prozent	EU27	DEUTSCHLAND	NRW
EXP	3%	7%	6%
Versand	<i>irrelevant</i>	<i>irrelevant</i>	6%
IFEXP	10%	26%	18%
IFversand	<i>irrelevant</i>	<i>irrelevant</i>	<i>nicht bestimmt</i>
TMC*	87%	67%	70%

Quellen: Deutschland, Destatis (2013) und Datenbasis des WI für indirekte Materialflüsse; EU27, Eurostat (2013b) und Datenbasis des WI für indirekte Materialflüsse; NRW, UGRdL (2013) und Datenbasis des WI für indirekte Materialflüsse.

Aktuelle Kennzahlen im Vergleich

Abbildung 16 illustriert den Abstand der Produktivitäten in Deutschland und NRW im Vergleich zum Europäischen Durchschnitt (EU27). Es wird deutlich dass NRW in allen vergleichbaren Kategorien deutlich unter dem EU-Schnitt liegt und auch im bundesdeutschen Vergleich deutlich niedriger rangiert. Somit weist das Land NRW also deutlich unterdurchschnittliche Rohstoff-, Material- und Ressourcenproduktivitäten auf. Insbesondere der zunehmende Abstand unter Einbeziehung indirekter Flüsse zeigt die Notwendigkeit der möglichst umfassenden Einbeziehung derselben an.

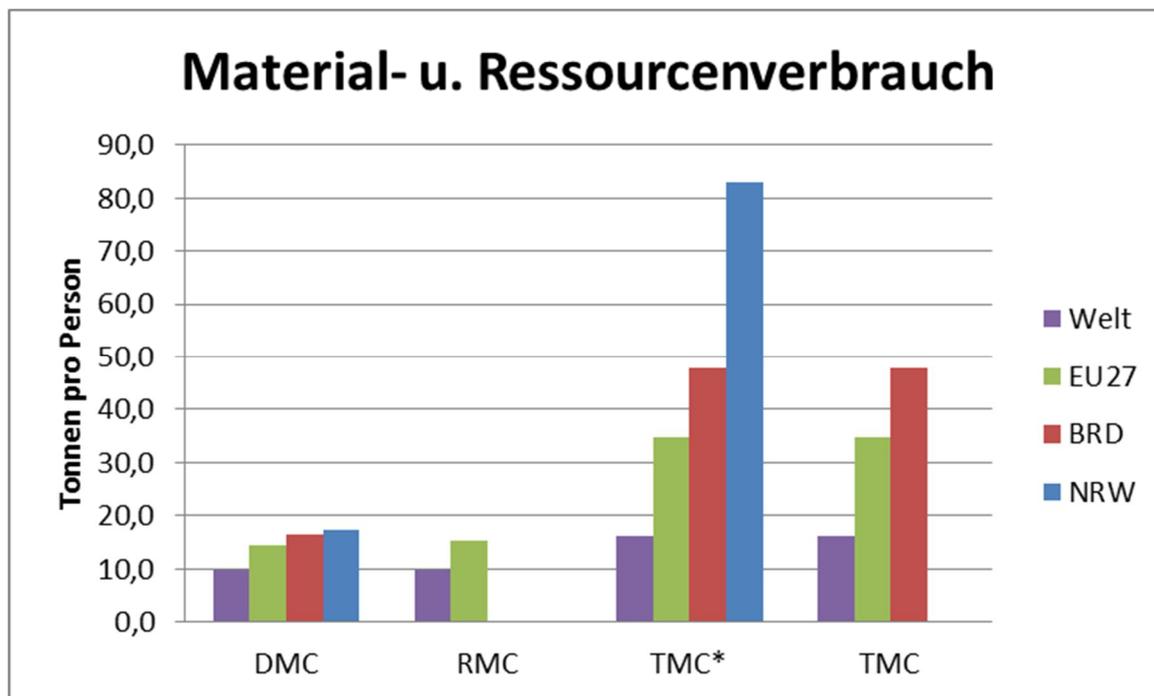
Abbildung 16: Produktivitäten für NRW und Deutschland im Vergleich zu EU27 (=100)



Quellen: Deutschland, Destatis (2013) und Datenbasis des WI für indirekte Materialflüsse; EU27, Eurostat (2013b) und Datenbasis des WI für indirekte Materialflüsse; NRW, UGRdL (2013) und Datenbasis des WI für indirekte Materialflüsse.

Eine Darstellung der Material- und Ressourcenverbrauchs niveaus von NRW im Vergleich zu Deutschland, EU27 und Welt (Abbildung 17) unterstreicht die zuvor geschilderten Sachlagen und Schlussfolgerungen.

Abbildung 17: Material- und Ressourcenverbrauch in NRW, Deutschland, EU27 und Welt



Quellen: Deutschland, Destatis (2013) und Datenbasis des WI für indirekte Materialflüsse; EU27, Eurostat (2013b) und Datenbasis des WI für indirekte Materialflüsse; NRW, UGRdL (2013) und Datenbasis des WI für indirekte Materialflüsse; Welt: Datenbank materialflows.net.

3.4 Datenerfordernisse und Verfügbarkeiten für NRW – Austausch mit IT.NRW

Die Datenbank des Arbeitskreises Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (AK UGRdL; mit NRW als Mitglied) umfasst Materialflussdaten zur Herleitung der direkten Materialflussindikatoren DMI, Rohstoffindikator, TMI und DMC (siehe Ergebnisse in Abschnitt 3.3). Überdies wurden Möglichkeiten der Übertragbarkeit der Destatis Methode auf Länderebene zur Berechnung der Indikatoren für Rohstoffäquivalente, RMI und RMC in Betracht gezogen, dies führte jedoch wie bereits dargestellt zu keinem eindeutig positiven Ergebnis (Teunis 2013).

Grundsätzlich stellen die Publikationen von IT.NRW ein breites Angebot an statistischen Daten dar, welche im Kontext der in dieser Untersuchung formulierten Anforderungen wertvolle Grundlagen liefern können. Eine Auflistung relevanter Quellen wird im Anhang gegeben. In Kapitel 4 wird konkret Bezug genommen auf Datenerfordernisse zur Umsetzung des eigenen Ansatzes zur Ableitung von Ressourcenbezogenen Indikatoren für NRW.

Im Rahmen dieser Untersuchung fand am 7. Juli 2014 beim IT.NRW in Düsseldorf ein erster direkter Austausch zu Konzept und Datenerfordernissen bzw. Verfügbarkeiten statt. Es wurde vereinbart, dass die Autoren dieser Studie ihre Datenanforderungen schriftlich an Frau Dr. Martone (Leiterin der UGR NRW) richten, die damit die jeweiligen Fachres-

sorts direkt kontaktiert. Dieser Austausch hat im Juli 2014 begonnen und wird im Folgenden dokumentiert.

Die Fragen an IT.NRW betrafen die wichtigsten Bereiche für eine erfolgversprechende Umsetzung eines Konzeptes zur Ableitung von Ressourcenbezogenen Indikatoren unter Berücksichtigung auf Basis von Produktions- und Konsumcharakteristika in NRW (siehe Kapitel 4), welche im vierstündigen Treffen am 7.7. herausgearbeitet wurden. Diese Bereiche sind:

- a) Produktion im Inland
- b) Außenhandel
- c) BIP nach Kettenindex

Die Fragen und die ihnen zugrunde liegenden Ausgangslagen sowie die Antworten von IT.NRW und deren Einschätzung für die Durchführbarkeit des angedachten Konzepts lauteten:

- a) Produktion im Inland

Ausgangslage:

Für Deutschland enthält die Datenbank „GENESIS³¹“ des Statistischen Bundesamtes Angaben zu Produktionswert, -menge, -gewicht und Unternehmen der Vierteljährlichen Produktionserhebung in Deutschland nach dem Güterverzeichnis (9-Steller). Verfügbarer Zeitraum: 1. Quartal 2009 bis 1. Quartal 2014. Diese Daten sind essentiell, um eine regional produktionspezifische und physische Grundstruktur zu erstellen.

Für NRW gibt es entsprechende Daten zur inländischen Produktion im webshop.it.nrw.de in: „Verarbeitendes Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden in NRW; Produktion - Ergebnisse der vierteljährlichen Produktionserhebung – 2012“.

Fragen an IT.NRW:

- a.1. Entsprechen die verfügbaren Daten für NRW prinzipiell den verfügbaren Daten für Deutschland (DE) oder fehlt bei NRW etwas?
- a.2. Falls NRW nicht deckungsgleich mit DE (z.B. NRW deckt nur Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe ab, DE dagegen gesamtes Produzierendes Gewerbe) – welche Produktionsbereiche müssten aus anderen Quellen ergänzt werden?
- a.3. Sind die Produktions-Daten für NRW in elektronischer Form erhältlich? Wenn ja, zu welchen Bedingungen?
- a.4. Sind fehlende Angaben zu erhalten – gegen Zusicherung der vertraulichen Behandlung?

Antworten von IT.NRW³²:

Die Antworten zu den Fragen wurden vom zuständigen Referent, Dr. Forster (michael.forster@it.nrw.de; Tel: 0211/ 94493781) formuliert.

³¹https://www.genesis.destatis.de/genesis/online.jsessionid=9FAFF055E8A5640F2A5C1CE378925E1B.tomcat_GO_1_1?sequenz=tabelleErgebnis&selectionname=42131-000

³² Per email von Frau Dr. Martone am 24.7.2014 und Nachtrag vom 4.8.2014.

- a.1. Ja. Sowohl für NRW als auch für Deutschland handelt es sich um die Daten aus der vierteljährlichen Produktionserhebung.
- a.2. Die Daten sind deckungsgleich. Allerdings enthalten auch die Daten für Deutschland nur die NACE B (Bergbau, Gewinnung v. Steinen u. Erden) und C (Verarbeitendes Gewerbe). Energieversorgung und Baugewerbe sind nicht enthalten.
- a.3. Die im Stat. Bericht enthaltene Tabelle kann kostenlos in einer Excel-Version zur Verfügung gestellt werden.
- a.4. Nein. Die statistische Geheimhaltung gilt gegenüber jeder privaten oder staatlichen Stelle.

Eigene Einschätzung:

Die Antworten von IT.NRW zur Produktion im Inland werden überwiegend positiv für die Umsetzbarkeit des Konzepts bewertet. Die wesentlichen Daten aus der Produktionsstatistik sind grundsätzlich frei verfügbar und könnten nach Vorgabe aus den Daten für Deutschland für die Erfordernisse des avisierten Konzepts aufbereitet werden. Daten zur Energieversorgung und zum Baugewerbe sind nicht enthalten, können aber nach eigener Erfahrung (siehe Abschnitt 3.3.1) aus vorhandenen Statistiken von IT.NRW (siehe Abschnitt 7.2) entnommen werden. Unsicherheit besteht bezüglich möglicher Datenlücken infolge statistischer Geheimhaltung. Diese kann naturgemäß erst bei konkreter Datenbearbeitung benannt werden. Eigene Erfahrung (siehe Abschnitt 3.3.1) in diesem Bereich zeigte, dass wesentliche Datenlücken durch Informationen aus Sekundärquellen (z.B. Verbandsberichte) oder eigene qualifizierte Schätzungen auf Basis bundesweiter Daten und entsprechender Referenzgrößen geschlossen werden konnten.

b) Außenhandel

Ausgangslage:

Für Deutschland enthält die Datenbank ComExt³³ von Eurostat Daten zum internationalen Handel: Dataset Name: DS-016893 - EU Trade Since 1988 By HS6.

Dieser Eurostat Datensatz umfasst ca. 7000 Güter nach Werten (Euro) und Mengen (100 kg). Einfuhr und Ausfuhr werden nach Ländern bzw. Regionen (z.B. intra-EU28) berichtet. Klassifikation ist die HS6 von Eurostat.

Daten zu Einfuhren und Ausfuhren sind für die Verknüpfung von inländischer Produktion mit internationalen Handelsflüssen erforderlich.

Fragen an IT.NRW:

- b.1. Sind entsprechende Daten für NRW (wie Daten für DE) verfügbar?
- b.2. Falls ja, sind die Daten für NRW in elektronischer Form erhältlich? Wenn ja, zu welchen Bedingungen?
- b.3. Falls nein, sind Daten nach anderer Klassifikation erhältlich (z.B. GP 9)?

³³ <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/newxtweb/>

Antworten von IT.NRW³⁴:

Hier die Antwort der zuständigen Referentin, Frau Jung (gisela.jung@it.nrw.de; erreichbar Montag bis Mittwoch unter der Telefonnummer 0211/94493782):

Die Außenhandelsstatistik wird zentral vom Statistischen Bundesamt (StBA) durchgeführt. Daten für die gesamte Bundesrepublik oder Daten für mehrere Bundesländer wären ggf. beim StBA anzufragen.

IT.NRW erhält monatlich Außenhandelsdaten für NRW vom StBA und veröffentlicht diese in Form von Schnellmeldungen (<http://www.it.nrw.de/statistik/l/index.html>).

Darüber hinaus werden Außenhandelsdaten jährlich in der Landesdatenbank für Auswertungen bereitgestellt.

(<https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldb NRW/online;jsessionid=8C8149145A605E84531F0C3B5120EFF1?operation=previous&levelindex=1&levelid=1406120531066&step=1>). Dort liegen Angaben sowohl nach dem Warenverzeichnis für die Außenhandelsstatistik (4-Steller-Ebene) als auch nach dem Güterverzeichnis der Produktionsstatistiken vor.

Weitere Informationen zum NRW-Außenhandel finden sich im Statistischen Jahrbuch (Kapitel XII).

Eine Aufbereitung der Außenhandelsdaten nach der 6-Steller-Ebene des Warenverzeichnisses könnte zwar für den Kunden durchgeführt werden, wäre aber mit einem gewissen Aufwand verbunden, den wir entsprechend in Rechnung stellen müssten. Es ist davon auszugehen, dass bei einer derart detaillierten Darstellung auch Fälle auftreten werden, in denen Werte aufgrund bestehender Regelungen geheim zu halten sind.

Eigene Einschätzung:

Die Antworten von IT.NRW zum Außenhandel werden ebenfalls (wie für die inländische Produktion) überwiegend positiv für die Umsetzbarkeit des Konzepts bewertet. Die wesentlichen Daten aus der Statistik zum internationalen Handel sind grundsätzlich verfügbar, wobei noch die Kostenfrage zu klären wäre (aus eigener Erfahrung dürfte es sich hierbei um überschaubare Beträge handeln). Unsicherheit besteht hier ebenfalls bezüglich möglicher Datenlücken infolge statistischer Geheimhaltung. Diese kann naturgemäß erst bei konkreter Datenbearbeitung benannt werden. Eigene Erfahrung (siehe Abschnitt 3.3.1) in diesem Bereich zeigte, dass wesentliche Datenlücken durch Informationen aus Sekundärquellen (z.B. Verbandsberichte) oder eigene qualifizierte Schätzungen auf Basis bundesweiter Daten und entsprechender Referenzgrößen geschlossen werden konnten.

³⁴ Per email von Frau Dr. Martone am 24.7.2014 und Nachtrag vom 4.8.2014.

c) BIP nach Kettenindex

Ausgangslage:

Im Eurostat Datensatz zu ökonomieweiten Materialflüssen (ew-MFA: Datensatz: env_ac_mfa³⁵) wird Ressourcenproduktivität (RP) in mehreren Varianten berichtet:

- c.1. RP_CLV00: Ressourcenproduktivität BIP/DMC (einzelnes Land und mehrere Jahre: BIP verkettete Volumina, Referenzjahr 2000)
- c.2. RP_CLV05: Ressourcenproduktivität BIP/DMC (einzelnes Land und mehrere Jahre: BIP verkettete Volumina, Referenzjahr 2005)
- c.3. RP_PPS: Ressourcenproduktivität BIP/DMC (Ländervergleich und ein Jahr: BIP in KKS, Kaufkraftstandard).

Diese Daten sind essentiell, um Ressourcenproduktivitäten im internationalen Vergleich berechnen zu können.

Frage an IT.NRW:

Sind entsprechende Daten für das BIP für NRW erhältlich?

Antworten von IT.NRW³⁶:

Der zuständige Kollege am IT.NRW, Herr Görner, war nicht verfügbar und Frau Dr. Martone hat ihn vertreten, und somit auch selbst die Angaben zum BIP gemacht (gehört in ihr Referat). Wenn die gewünschten Daten angefordert werden sollten, müsste – da sie nicht allgemein freigegeben sind – Herrn Görner offiziell angefragt werden. Er als zuständiger Referent wird dann entscheiden aufgrund der Belastbarkeit/Qualität der Daten, ob wir die Daten bekommen können. Eine Weitergabe der Daten ist nicht selbstverständlich und die Anfrage muss für jedes neue Jahr wiederholt werden.

c.1. Die Daten liegen bis 2010 vor, sind aber nicht allgemein freigegeben. Es müsste hierzu eine Anfrage beim zuständigen VGR-Referenten in NRW, Herrn Görner (soeren.goerner@it.nrw.de; Tel.: 0211/94492959) gestartet werden. Es sind jedoch Daten zu einem alten Berechnungsstand, die nicht weiter gepflegt werden und mit den ähnlichen Daten mit Referenzjahr 2005 nicht vergleichbar sind.

c.2. Die Daten liegen vor, sind aber nicht allgemein freigegeben. Es müsste hierzu eine Anfrage beim zuständigen VGR-Referenten, Herrn Görner, gestartet werden.

c.3. Für die Länder liegen solche Daten nicht vor.

³⁵ <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/environment/data/database>

³⁶ Per email von Frau Dr. Martone am 24.7.2014 und Nachtrag vom 4.8.2014.

Eigene Einschätzung:

Die Antworten von IT.NRW zum BIP werden erneut überwiegend positiv für die Umsetzbarkeit des Konzepts bewertet. Die wesentlichen Daten für das preisbereinigte BIP sind grundsätzlich verfügbar (ob dabei das Referenzjahr 2000 oder 2005 ist, ist letzten Endes unerheblich). Dass keine Daten nach Kaufkraftstandards vorliegen ist bedauerlich, aber letzten Endes nicht ausschlaggebend für die Berechnung von Ressourcenproduktivität im zeitlichen Verlauf. Lediglich im internationalen Vergleich wäre dies wichtig, oder eventuell auch im Vergleich zu anderen Bundesländern. Das wäre dann ggf. erneut von Experten zu prüfen.

3.5 Zwischenfazit

Indikatoren für Ressourcenproduktivität und Ressourcenverbrauch sind für NRW derzeit nur für direkte Materialflüsse darstellbar. Für Ressourcenproduktivität zeigen die Indikatoren im Vergleich zur Deutschland und EU27 zum einen deutlich geringere Produktivitäten und zum anderen deutlich geringere Steigerungsraten derselben an. Der auf direkten Materialflüssen basierende Materialverbrauch (DMC) liegt pro Person in NRW über dem bundesdeutschen sowie dem europäischen Schnitt, er liegt wie diese auch über dem Weltdurchschnitt.

Dies bedeutet, dass auch NRW seinen Materialbedarf in Zukunft im Kontext zu erwartender verbindlicher, absoluter Reduktionsziele (bzw. zur signifikanten Erhöhung der Rohstoff- und Ressourcenproduktivität) als zentrale Grundlage einer verlässlichen, langfristig ausgerichteten Ressourcenpolitik reduzieren müsste.

Erste und grobe Schätzungen des Anteils indirekter Materialflüsse von Importen und Exporten lassen eine deutliche Verstärkung der weniger vorteilhaften Situation für NRW vermuten. Es erscheint damit dringend geboten, die indirekten Ressourcenaufwendungen für Importe und Exporte von NRW mit möglichst detaillierten Daten zu bestimmen.

Zudem ist zu erwarten, dass indirekte Ressourcenaufwendungen für den Empfang oder den Versand von Gütern in/aus NRW die Situation nochmals signifikant beeinflussen werden. Die Bedeutung der Einbeziehung globaler Gesamtressourcenaufwendungen für Produktion und Konsum in NRW wird dadurch noch verstärkt.

Zur möglichen Weiterentwicklung von Indikatoren für Ressourcenproduktivität und Ressourcenverbrauch für NRW wurde der fachliche Austausch mit IT.NRW aufgenommen und sollte über diese Studie hinaus weitergeführt werden. Die bereits vorliegenden Erkenntnisse für die wichtigsten Bereiche sind überwiegend positiv zu bewerten.

4 Konzeptionelle Überlegungen zur Ableitung von ressourcenbezogenen Indikatoren unter Berücksichtigung der Produktions- und Konsumcharakteristika in NRW

4.1 *Auswirkungen von Produktion und des Konsum in anthropogenen Produktionssystemen*

Aus der Perspektive der Produktion und des Konsums haben anthropogene Produktionssysteme unterschiedliche Größe und Charakteristika. So unterscheiden sich Industriebetriebe und Branchen, sowie lokale, regionale, nationale oder supranationale Ökonomien als Produktionssysteme sowohl in ihrer Größe als auch in ihren Charakteristika.

Die Unterschiedlichkeit in den Charakteristika solcher Produktionssysteme ist darauf zurückzuführen, dass in jedem dieser Produktionssysteme verschiedene materielle und immaterielle Inputs auf unterschiedliche Weise in Outputs transformiert werden. Die dabei angewandte Transformationstechnik führt wiederum zu unterschiedlichen (sozioökonomischen und umweltbezogenen) Auswirkungen, die unmittelbar mit der Höhe der Produktion und des Konsums und deren Produkt-Mix in jedem dieser Produktionssysteme zusammenhängen.

Die Unterschiedlichkeit in der Größe solcher Produktionssysteme wird dagegen durch ein Einbettungsverhältnis der Produktionssysteme unter sich bestimmt. Dies ist der Fall, wenn sich solche Produktionssysteme im selben geographischen Raum befinden und die Auswirkungen der Produktion und des Konsum in allen dazu gehörenden Produktionssystemen auf der Ebene der einzelnen Produkte untersucht werden. In so einem Fall stehen die Produktionssysteme der Mikro-Ebene, der Meso-Ebene und der Makro-Ebene in einer Einbettungsbeziehung untereinander. So sind beispielsweise Industriebetriebe (d.h. Produktionssysteme der Mikro-Ebene), die zu einer Wirtschaftssparte (d.h. Produktionssysteme der Meso-Ebene) zugeordnet sind, in einer regionalen oder nationalen Ökonomie (d.h. Produktionssystem der Makro-Ebene) eingebettet.

Unter der Annahme, dass in einem konkreten geographischen Raum ein ähnlicher technologischer Fortschritt flächendeckend besteht, kann allen dazu gehörigen Produktionssystemen³⁷ trotz ihrer unterschiedlichen Größe jedoch eine gemeinsame Eigenschaft zugeschrieben werden. Nämlich, dass in ihnen eine ähnliche Produktionstechnik für die Erzeugung einer Einheit Output eines gleichen Produkts angewendet wird.

Diese Eigenschaft trifft insbesondere auf die zur Mikro-Ebene gehörenden Produktionssysteme (d.h. Industriebetriebe) zu. Sie ist von besonderer Relevanz, weil sie den Ausgangspunkt für die Abschätzung von umweltbezogenen und sozioökonomischen Gesamteffekten³⁸ der Produktion und des Konsums in den unterschiedlichen übergeordneten Produktionssystemen eines betrachteten geographischen Raumes darstellt.

³⁷ D.h. allen Zuordnungsebenen gehörenden Produktionssystemen, die sich in einem selben geographischen befinden.

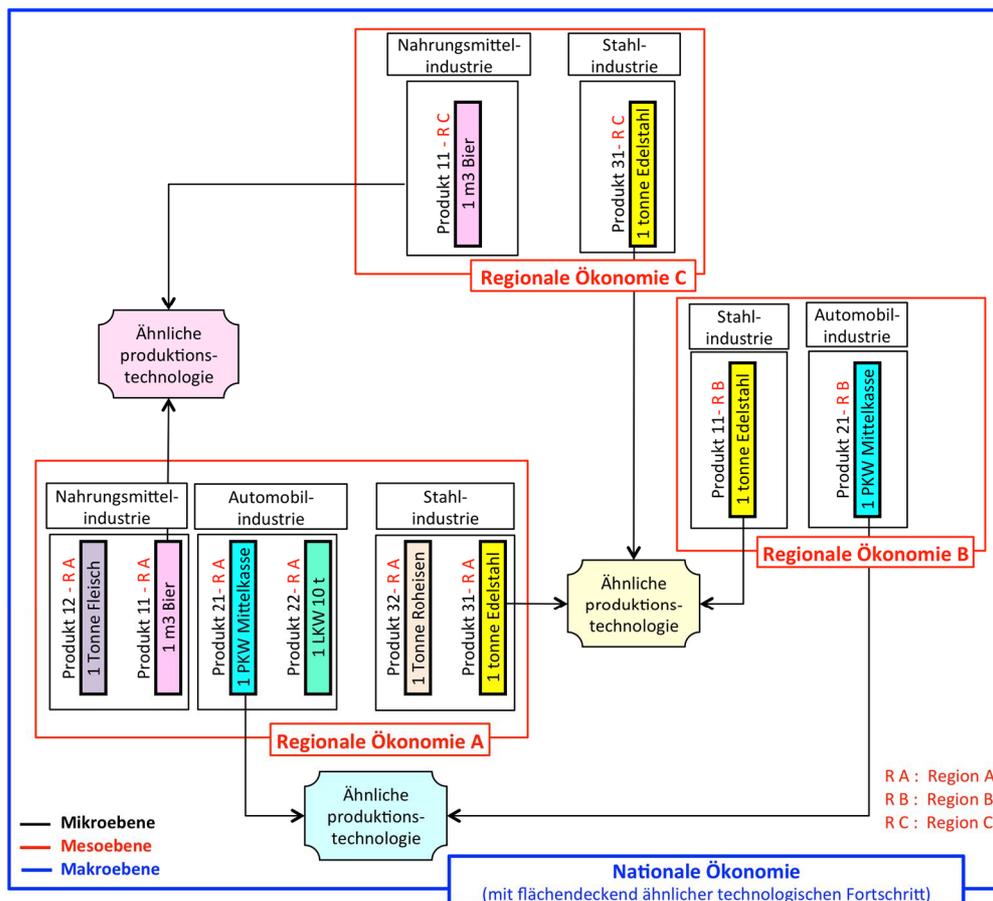
³⁸ Als Beispiele hierzu zählen den Rohstoffverbrauch, die CO₂ Emissionen, die Beschäftigung, etc.

Dies bedeutet, dass die Auswirkungen der Produktion bzw. Verwendung eines bestimmten Produkts in einem lokalen, regionalen oder nationalen Produktionssystem anhand der technisch bedingten Effekte je produzierter bzw. verbrauchter Einheit (Produkt-)Output quantifiziert werden können. Mittels der Kombination dieser technischen Angaben mit Angaben über das mengenmäßige Niveau der intermediären und letzten Verwendung des entsprechenden Produkts in dem untersuchten Produktionssystem können somit die Gesamteffekte der Verwendung des betrachteten Produkts ermittelt werden.

Die umweltbezogenen und soziökonomischen Gesamtauswirkungen ergeben sich aus der gesamten Produktion und/oder Konsum in einem Produktionssystem. Ihre Quantifizierung ist daher das Resultat der Summe aller produktspezifischen Effekte entsprechend des Produkt-Mix und der Höhe der gesamten Produktion- und Konsumaktivitäten.

Daraus folgt, dass die Abschätzung der politisch relevanten Auswirkungen der Produktion- und Konsumcharakteristika für jedes Produktionssystem produktspezifisch und unabhängig von ihrer Größe durchgeführt werden kann. Dies ist wiederum aufgrund der Heterogenität der Zusammensetzung der Produktion und des Konsums, insbesondere in den übergeordneten Produktionssystemen (d.h. lokale, regionale, nationale Ökonomien), von Vorteil.

Abbildung 18: Die Gemeinsamkeit der Produktion auf Mikro-, Meso- und Makroebene: Die Einheit Produkt (-Output)



Quelle. Eigene Darstellung

Beruhend auf den hier skizzierten allgemeinen Eigenschaften von anthropogenen Produktionssystemen, und unter der Annahme, dass die dafür notwendigen Daten vorhanden sind, wird im Folgenden am Beispiel des Landes NRW (d.h. ein Produktionssystem der Makroebene) exemplarisch erläutert, wie politisch relevante Auswirkungen des sozio-ökonomischen Metabolismus einer "Region" ermittelt werden können.

Die hier aufgeführte Vorgehensweise soll insbesondere dazu dienen, den grundsätzlichen Weg zu zeigen, wie **regionalspezifisch ressourcenbezogene Indikatoren für eine Nachhaltigkeitsstrategie für NRW** mit Hilfe solch eines Berechnungsmodells generiert werden können. Darüber hinaus wird dargestellt welcher Datenfluss notwendig ist, um das Berechnungsmodell aufzubauen.

4.2 Aufgabenstellung

Die Gemeinsamkeit der Produktion und des Konsums auf der Mikro-, Meso- und Makroebene stellt die Einheit Produkt(-Output) dar, d.h. zum Beispiel eine Tonne Kohle, eine kWh Elektrizität, ein m³ Holz, ein kg Fleisch, ein m³ Rapsöl, eine Druckmaschine, ein Triebwagen etc. (siehe Abbildung 18).

Ausgehend von:

- 1) den direkten und indirekten umweltbezogenen und sozioökonomischen Intensitäten pro Einheit Output (d.h. den Effekt-Multiplikatoren), die alle Effekte entlang der gesamten Produktionskette umfassen, und
- 2) der Produktions- bzw. Verwendungsmenge eines oder mehrerer spezifischer Produkte, können Fragestellungen bezüglich der umweltbezogenen und sozioökonomischen Implikationen der Aktivitäten einer spezifischen Industrie, Branche, lokalen Ökonomie oder regionalen und nationalen Ökonomie beantwortet werden.

Diese Antworten kennzeichnen die Auswirkungen der Funktionsweise des untersuchten Produktionssystems. Darum können sie als Indikatoren der (Nicht-) Nachhaltigkeit ihrer Funktionsweise verstanden werden.

Im Kontext der Nachhaltigkeitsstrategie für NRW ist hier der Fokus auf die Ableitung von ressourcenbezogenen Indikatoren unter Berücksichtigung der regionalen Produktions- und Konsumcharakteristika gerichtet. Im Mittelpunkt der Betrachtung stehen daher NRW-spezifische Größen im Sinne von **RME, RMI, RMC, TMR, TMC**, oder Größen wie der Materialgehalt von langlebigen und/oder exportierten Gütern.

Da die Produktion- und Konsumaktivitäten in NRW auf die Verwendung von inländischen sowie importierten Ressourcen und Gütern beruhen, erfordert die Ableitung dieser Größen für NRW die Abschätzung zum einen des Rohstoffverbrauchs für die Produktion in NRW (**RMI**), und zum anderen der Rohstoffäquivalente (**RME**) der eingeführten Materialien und Produkte für die Produktion und den Konsum in NRW.

Diese Abschätzung kann mittels der Verknüpfung der produktspezifischen technisch genutzten Extraktion (DEU) je produzierte Einheit Produkt: a) mit einem repräsentativ um-

fassenden Produktionsverflechtungsmodell pro Einheit Produkt³⁹, im Falle der Rohstoff-äquivalente (**RME**), und b) mit einem NRW-spezifischen Mengenmodell, im Falle des Rohstoffverbrauchs (**RMI**)⁴⁰, erfolgen.

Da diese Verknüpfung zunächst auf der Ebene der einzelnen Produkte stattfindet, ist das Ergebnis daraus Abschätzungen über den globalen Rohstoffverbrauch je produzierter bzw. konsumierter Einheit Output in NRW. Diese Verknüpfungsprozedur kann auch für die produktspezifische ungenutzte Extraktion unter Berücksichtigung der Herkunft der genutzten Extraktion durchgeführt werden. Durch Addition beider auf diese Weise ermittelten Größen ließe sich der Globale Materialaufwand (**TMR**) je produzierter bzw. konsumierter Einheit Output ermitteln. In beiden Fällen handelt es sich also um regionalspezifische, **ressourcenbezogene Intensitäten bzw. Multiplikatoren**, d.h. Kennziffern, die den **direkten und indirekten Verbrauch von Rohstoffen und Ressourcen pro Einheit Produkt(-Output)** entsprechend der in NRW angewandten Produktionstechnik umfassend wiedergeben.

In einem weiteren methodischen Schritt können die ermittelten produktspezifischen Multiplikatoren mit Angaben über die Höhe der Produktion und des Konsums und deren Produkt-Mix in NRW kombiniert werden. Kennziffern über den gesamten **RMC**, **TMC**, **RMI** oder **TMR** des Landes NRW wären das Resultat daraus, die dann als Indikatoren für eine Nachhaltigkeitsstrategie verwendet werden können.

4.3 Vorgehensweise zur konzeptionellen Entwicklung eines repräsentativ umfassenden Modells für die Ableitung ressourcenbezogener Nachhaltigkeitsindikatoren für NRW

Die Vorgehensweise zur konzeptionellen Entwicklung eines repräsentativ umfassenden Modells zur Ermittlung von politisch relevanten Effekten der Produktion und des Konsums eines Produktionssystems unter Berücksichtigung seiner Transformationscharakteristika kann in folgenden methodischen Schritten zusammengefasst werden:

1. **Entwicklung eines Ansatzes für den Aufbau eines Produktionssystemmodells** mit dem Ziel repräsentative Produktionstechnologien pro Einheit Output für die Güter darzustellen, die im betrachteten Produktionssystem produziert oder verwendet werden.
2. **Entwicklung eines Ansatzes für die Berechnung umweltbezogener und sozioökonomischer produktspezifischer Auswirkungen** mit dem Ziel politisch relevante Effekte der Produktion und des Konsums einer Einheit Produkt(-Output) im betrachteten Produktionssystem zu bestimmen.

³⁹ Ein repräsentativ umfassendes Produktionsverflechtungsmodell pro Einheit Output ist ein Modell, in welchem „allgemein gültige“ Produktionstechnologien für die Produktion verschiedene Produkte dargestellt sind. Jede Produktionstechnologie, die in so einem Modell abgebildet ist, wiedergibt alle notwendigen Inputs (ohne Bezug auf ihrer örtlichen Herkunft), die technisch notwendig sind, eine Einheit eines spezifischen Produkts herstellen zu können.

⁴⁰ Da die inländische Produktion nicht nur dem inländischen Konsum sondern auch dem Export dient, stellt der RMI eine im Inland produzierte Einheit Produkt den RME des entsprechenden exportierten Einheit Produkt.

3. **Entwicklung eines Ansatzes für die Abschätzung politisch relevanter Gesamteffekte der Funktionsweise des betrachteten Produktionssystems** mit dem Ziel, spezifische, umweltbezogene und sozioökonomische Gesamtauswirkungen der Produktion und Konsumcharakteristika im betrachteten Produktionssystem zu quantifizieren.

Diese drei notwendigen methodischen Schritte werden in den nachstehenden Ausführungen am Beispiel des Produktionssystems „Land NRW“ erläutert. Sie können prinzipiell für das Land NRW als ganzes oder für eine seiner Regionen angewendet werden. Die Erläuterungen sind in drei Abschnitte untergliedert. An diesen einführenden Abschnitt schließt die Beschreibung der Datenbasismerkmale an. Somit liefert der folgende Abschnitt 4.4 eine kurze Übersicht über die grundlegenden Daten, die notwendig sind, um auf der Basis des vorgeschlagenen Ansatzes ressourcenbezogene Nachhaltigkeitsindikatoren ableiten zu können.

Im darauf folgenden Abschnitt 4.5 werden zum einen die wesentlichen Züge des methodischen Fundaments der vorgeschlagenen Vorgehensweise aufgeführt. Dabei wird zunächst das **SEEGIO Modell** (**S**ocioeconomic and **E**nvironmental **E**ffects **G**lobally **I**nduced per unit **O**utput) kurz beschrieben. Es wird erläutert, wie verschiedene Datensätze der Mikroebene auf eine rechentechnisch konsistente Weise vorbereitet und kombiniert werden können, um den Aufbau eines allgemeinen Modells für die Ermittlung von umweltbezogenen und sozioökonomischen Auswirkungen der Produktion und des Konsums einer Einheit (Produkt-)Output zu ermöglichen. Zum anderen wird beschrieben, wie ausgehend von den Daten- und Aufbaucharakteristika des SEEGIO Modells der Aufbau eines spezifischen Modells zur Ermittlung von politisch relevanten Effekten der Produktion und des Konsums in NRW erfolgen kann.

Da der Aufbau des SEEGIO Modells auf der Umsetzung der vorher aufgelisteten ersten und zweiten sich einander ergänzenden methodischen Schritte beruht, wird die Ableitung eines derartigen Modells für das Produktionssystem "Land NRW" ebenfalls in zwei Schritten beschrieben (Abschnitte 4.5.1 und 4.5.2).

Hinsichtlich des ersten methodischen Schritts (4.5.1) wird erläutert, wie ein konsolidiertes Produktionsverflechtungsmodell für NRW erstellt werden kann. Die Grundlage hierfür bilden das SEEGIO Modell⁴¹ und zusätzliche Informationen über die regionalspezifischen Charakteristika der Produktion und des Konsums in dem Bundesland. Beabsichtigt wird hiermit die Darstellung aller methodischen Schritte zum Aufbau eines solchen NRW-spezifischen Modells, das u.a. die Produktionscharakteristika der Inputs bzw. Vorleistungen aus dem Land NRW so realitätsnah wie möglich wiedergibt.

Anschließend wird beschrieben, wie die Umsetzung des zweiten methodischen Schritts (4.5.2) zu einer Verknüpfung der NRW-spezifischen Produktionsverflechtung mit den direkten umweltbezogenen und sozioökonomischen globalen Effekten (wie z.B. Ressourcenverbrauch, Energieverbrauch, Luftemissionen, Beschäftigung, etc.) der Produktion

⁴¹ Obwohl im SEEGIO die allgemein gültige Produktionstechnologie von mehr als 2000 Produkten dargestellt werden können, ist möglich, dass das SEEGIO Modell um die Produktionstechnologien für die Produkte ergänzt werden muss, die in ihm nicht abgebildet, aber in relevanten Mengen in NRW produziert bzw. konsumiert werden.

einer Produkteinheit in NRW führt. Mit der Durchführung dieses methodischen Schrittes wird die Ermittlung von globalen direkten und indirekten umweltbezogenen und sozioökonomischen Auswirkungen je produzierter bzw. konsumierter Einheit Produkt(-Output) in NRW ermöglicht. Als Resultat der Berechnung aller direkten und indirekten Effekte, die die Produktion bzw. Verwendung einer Einheit (Produkt-)Output verursacht, stehen produktspezifische Kennziffern, die die gesamten - direkten und indirekten - umweltbezogenen und sozioökonomischen Auswirkungen (d.h. entlang der gesamten Produktionskette) wiedergeben. Diese direkten und indirekten Intensitäten stellen die NRW-spezifischen bzw. regionalspezifischen, umweltbezogenen und sozioökonomischen Multiplikatoren dar.

Im Abschnitt 4.5.3 wird die Verknüpfung der Angaben über die gesamte Produktion und letzte Verwendung in NRW mit den Angaben über die sozioökonomischen und umweltbezogenen Effekte pro produzierter oder konsumierter Einheit Output kurz erläutert. Hierbei wird hauptsächlich dargelegt, wie die Quantifizierung der gesamten ressourcenbezogenen Auswirkungen der Produktion und des Konsums in NRW (oder in dessen regionalen Gebieten) erfolgen kann.

Daran schließt die Ableitung der ressourcenbezogenen Indikatoren für das Land NRW an.

Der Fokus liegt hierbei auf:

- a) Die direkte und indirekte Rohstoffverbrauch-Intensität einer im Land NRW produzierten oder konsumierten Einheit (Produkt-)Output (RME).
- b) Der gesamte Rohstoffverbrauch der inländischen Produktion (RMI) sowie der Rohstoffverbrauch assoziiert mit dem inländischen Konsum (RMC) in NRW.
- c) Die direkte und indirekte TMR-Intensität einer im Land NRW produzierten oder konsumierten Einheit (Produkt-)Output.
- d) Der Globale Ressourcenaufwand, der durch die regionale inländische Produktion sowie über den regionalen inländischen Konsum in NRW direkt und indirekt induziert wird (TMR bzw. TMC).

Die beabsichtigte Ableitung von rohstoffbezogenen Indikatoren in b) baut auf die in a) ermittelten RMEangaben. Für die Durchführung der Ableitungen in d) ist die Ausweisung der TMR-Intensitäten in c) erforderlich.

Die Ableitung von regionalspezifischen ressourcenbezogenen Indikatoren im Sinne von Kennziffern der (Nicht-)Nachhaltigkeit der Transformationsaktivitäten in NRW, basiert auf der Umsetzung des dritten methodischen Schrittes. Hierbei werden die politisch relevanten Auswirkungen pro Einheit Output entsprechend den regionalen Charakteristika und der mengenmäßigen Höhe der Produktion und des Konsums hochskaliert. Das Ergebnis aus diesen linearen Verknüpfungen sind Hochrechnungen der z.B. ressourcenbezogenen inländischen und globalen Gesamteffekte der inländischen Produktion sowie der inländischen letzten Verwendung in NRW.

Der Abschnitt "Ausblick" bildet den Abschluss dieser konzeptionellen Überlegungen.

4.4 Datenerfordernisse

Für die Abschätzung der **ressourcenbezogenen Effekte** des sozioökonomischen Metabolismus im Land NRW werden Daten benötigt, welche Auskünfte über die technischen und mengenmäßigen Charakteristika der Produktion und des Konsums auf der Mikro-, Meso-, und Makro-Ebene in NRW und in übergeordneten Produktionssystemen geben.

Die Daten auf der Mikroebene bzw. Produktebene stellen das Fundament der hier vorgeschlagenen Vorgehensweise dar. Diese Daten beziehen sich zum einen auf repräsentativ umfassende jedoch gültige Angaben über die Produktionstechniken, mit welchen verschiedene Güter und Waren, die auch in NRW produziert und konsumiert werden, generell zu erzeugen sind. Zum anderen umfassen diese Daten Angaben über die entsprechenden produktspezifischen und ressourcenbezogenen Auswirkungen, die mit der Transformation von Inputs in Outputs je Einheit Produkt(-Output) verbunden sind.

Die Produktions- und Konsumdaten auf der Meso- und Makroebene dienen ihrerseits zu zwei Zwecken.

Zum einen stellen sie den produktspezifischen Skalierungsfaktor für die Hochrechnung von Gesamteffekten dar. Hierfür können produktspezifische Angaben über die Gesamtproduktion und den Gesamtkonsum im Land NRW mit den entsprechenden produktspezifischen Abschätzungen über die direkten und indirekten ressourcenbezogenen Auswirkungen auf der Mikroebene kombiniert werden. Denn nur mit Hilfe dieser Angaben der Makroebene können die ressourcenbezogenen Gesamtauswirkungen der Produktion und Konsum in NRW abgeschätzt werden.

Zum anderen Stellen sie Hilfsgrößen für die korrekte Dimensionierung und Überprüfung der Abschätzung des Ressourcenverbrauchs im Land NRW dar. Dies trifft insbesondere die Angaben über die Charakteristika der Produktion und den Konsum auf der nationalen Ebene oder in ausgewählten Branchen zu. Mittels der Verwendung dieser Hilfsgrößen (wie z.B. die Gesamtproduktion einer Branche in NRW, den regionalen Strom-Mix, der gesamte nationale Konsum eines Produkts, der gesamte Ressourcenverbrauch in Deutschland, etc.) können zum einen das Produktionsverflechtungsmodell an die Charakteristika der Transformation in NRW angepasst und zum anderen die zulässige Ober- und Untergrenze für die Ergebnisse der Abschätzung des Ressourcenverbrauchs in NRW festgelegt werden. Für die Produkte, die in NRW produziert bzw. konsumiert werden und für die keine Angaben auf der Mikroebene bestehen, können solche Daten auf der Meso- und Makroebene ebenso als Ersatzgrößen für die Produktionstechnologien und den Output verwendet werden.

Datenquellen auf der Mikroebene

Die Datenquellen auf der Mikroebene (d.h. auf der Ebene der Produkte bzw. einzelner Industrien) sind im Wesentlichen zwei:

- a) Bekannte LCI-Datenbanken (wie ECOINVENT, PROBAS, LCI-FOOD etc.). Sie können als Quelle für die Charakteristika der diversen Produktionstechnologien der verschiedenen Produkte verwendet werden. Die Angaben in den LCI-Datenbanken sind

in physischen Einheiten ausgedrückt und geben die Einsatzmenge der verschiedenen stofflichen und energetischen Materialien (sei es in Form von Rohstoffen oder aufbereiteten Vorleistungen) je Einheit Produkt an.

- b) Detaillierte MFA-Datensätze, Datensätze der Raw Materials Groups, FAO, IEA, UN-FCCC, bekannte LCI Datenbanken, und Datensätze zu Luftemissionen anderer Quellen. Diese Datensätze geben Auskunft über direkte umweltbezogene Auswirkungen, die mit der Produktion und dem Konsum einer Einheit Produkt verbundenen sind. Diese Datensätze sind in der Regel in physischen Einheiten vorhanden.

Alle aufgelisteten Datensätze der Mikroebene sind verfügbar. In den meisten Fällen ist ihre Verwendung jedoch an den Erwerb einer Lizenz gebunden. Die erwähnten Datensätze können für Berechnungen dieser Art nicht direkt eingesetzt werden. Sie benötigen eine Aufbereitung, so dass sie als kompatible Erweiterung der Verflechtungstabelle für die Input-Output-Analyse verwendet werden können.

Datenquellen auf der Meso- und Makroebene

Die Datenquellen auf der Meso- und Makroebene (d.h. auf der Ebene der Branchen bzw. gesamten Ökonomien) sind im Wesentlichen drei:

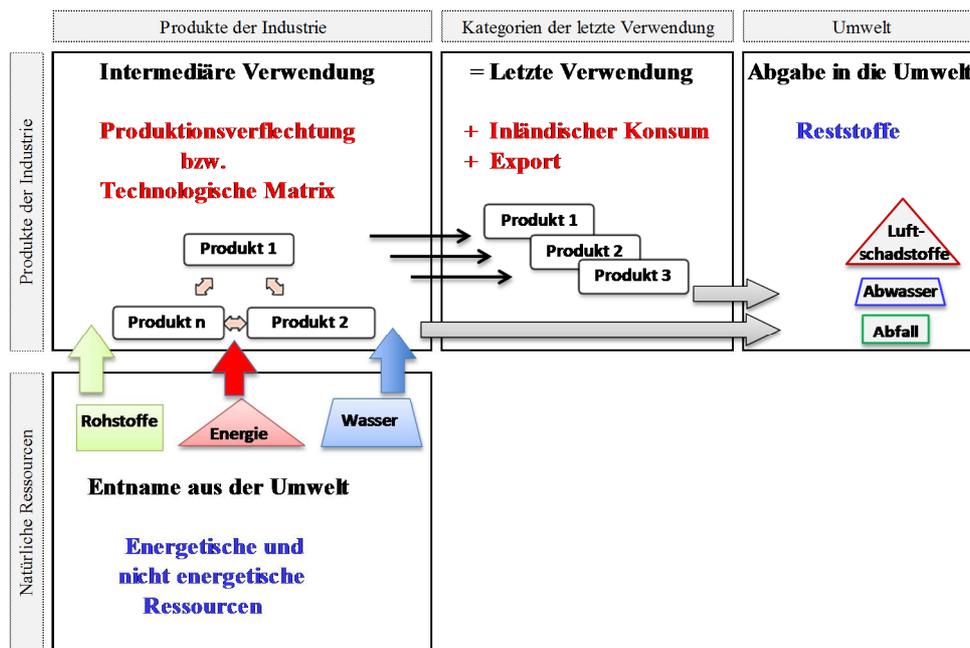
- a) Verschiedene Publikationen und weitere Datensätze von IT.NRW und DESTATIS. Sie sind die Hauptquelle für Angaben über die Produktions- und Konsummengen im Land NRW. Auf Basis dieser Angaben können die direkten und indirekten ressourcenbezogenen Gesamtauswirkungen hochgerechnet werden (siehe Abschnitt 3.4). Darüber hinaus können Angaben über die spezifischen Transformationscharakteristika in NRW aus verschiedenen Publikationen von anderen fachlichen Ressorts und Ministerien des Landes NRW verwendet werden. Angaben über den Strom-Mix in NRW können beispielsweise aus dem Energieatlas NRW vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW entnommen werden.
- b) Offizielle nationale Input-Output-Tabellen und Datensätze der Umweltökonomischen Gesamtrechnung von DESTATIS sowie diverse Produktions- und Außenhandelsstatistiken und Daten über den Ressourceninput für Deutschland in internationalen Datenbanken wie PRODCOM und COMEXT von Eurostat, Industrie Statistiken der UN, Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO), Internationale Energieagentur (IEA) etc. Die benötigte Information aus diesen Quellen sind Daten in physischen und monetären Einheiten über die Produktionsmenge bzw. den Output sowie über den Import bzw. Export einzelner Produkte bzw. Produktgruppen. Auf der Basis dieser Daten können grobe technische Proportionen von Inputs, welche ersatzweise bei fehlenden spezifischeren Angaben verwendet werden können, oder die zulässigen Grenzen für die Abschätzung bestimmt werden.
- c) Darüber hinaus können die im Rahmen verschiedener europäischer (FP7-) Projekte wie CREEA und DESIRE entstandenen monetären und physischen Input-Output-Tabellen und umweltbezogenen Erweiterungen verwendet werden.

Diese Datensätze sind vorhanden und in der Regel öffentlich zugänglich. Ihre Anwendung für diesen Zweck bedarf jedoch von einer intensiven und zeitaufwendigen Aufbereitung. Eine Einschätzung der Verfügbarkeit und Zugänglichkeit der spezifischen Daten für NRW ist in Unterkapitel 3.4 erläutert.

4.5 Methodische Grundlagen für die Modellentwicklung zur Ableitung ressourcenbezogener Nachhaltigkeitsindikatoren für NRW

Um die Effekte der Transformation von Inputs in Outputs in anthropogenen Produktionssystemen zu analysieren, ist eine umfassende Darstellung der materiellen und energetischen Ströme und deren Flussrichtung innerhalb der Ökonomie erforderlich. Hierfür zeigt sich die Input-Output-Rechnung (IOR) als geeignetes methodisches Instrumentarium.

Abbildung 19: Vereinfachte schematische Darstellung einer physischen Input-Output-Tabelle



Quelle: Eigene Darstellung

Die Input-Output-Analyse (IOA) ist der ex-ante Teil der IOR. Sie ermöglicht zum einen die Quantifizierung der lokalen und globalen Auswirkungen der Produktion und des Konsums entlang der gesamten Produktionskette. Zum anderen gibt sie Auskünfte über mögliche strategische Ansatzpunkte für eine Optimierung der Wechselwirkungen innerhalb des Produktionsprozesses und zwischen den Akteuren in Produktion und Konsum. Darauf basierend bietet sie die Möglichkeit, Indikatoren zu politisch relevanten Eigenschaften bezüglich der Funktionsweise der analysierten Produktionssysteme abzuleiten (z.B. zum inländischen Rohstoffverbrauch RMC).

Die Input-Output-Analyse beruht auf den Informationen, die in einer Input-Output-Tabelle (IOT) enthalten sind. In einer Input-Output-Tabelle wird die Verwendung von Gütern und Dienstleistungen innerhalb der Produktions- und Konsumsphäre entsprechend der Flussrichtung der realen Ströme ex-post wiedergegeben. Dieser ex-post Teil der IOR ist die unabdingbare Voraussetzung für die Input-Output-Analyse.

Input-Output-Tabellen können für einzelne Industrieanlagen, für eine Branche, oder eine lokale, regionale, nationale oder supranationale Ökonomie erstellt werden.

Soll die kreislaufförmige Verflechtung der intermediären Verwendung bei der Produktion sowie der letzten Verwendung von Gütern und Dienstleistungen so wieder gegeben werden, dass sie die Funktionsweisen aller eingebetteten Produktionssysteme eines geographischen Raums darstellt, so muss der Einsatz und die Verwendung der verschiedenen Produkte und Dienstleistungen produktspezifisch aufgeführt werden.

Dies bedeutet, dass die Abbildung von Input-Output-Verhältnissen für die Herstellung von Produkten, die innerhalb eines Produktionssystems und deren Subsystemen produziert werden, die Wiedergabe von technischen Einsatzproportionen auf der statistisch untersten Ebene voraussetzt, nämlich auf der Ebene der Produktion einer Einheit eines spezifischen Produkts.

Bei einem angenommenen, flächendeckend ähnlichen, technologischen Fortschritt können diese Angaben über das Verhältnis der eingesetzten Inputs zu den erzielten Outputs je produzierter Einheit zweckmäßig angewendet werden. Dies trifft insbesondere zu, wenn keine bzw. nur begrenzte Auskünfte der totalen direkten und indirekten sozioökonomischen und umweltbezogenen Auswirkungen der Produktion und des Konsums in irgendeinem über- oder untergeordneten Produktionssystem in einer geographischen Region vorliegen (z.B. des Ressourcenverbrauchs).

In so einem Fall kann die Abschätzung der totalen - direkten und indirekten politisch relevanten - Effekte der Funktionsweise eines anthropogenen Produktionssystems, bei bekanntem Niveau und Struktur der Produktion und des Konsums, unter der Annahme einer ähnlichen Produktionstechnologie und ähnlicher sozioökonomischer und umweltbezogener Auswirkungen pro Einheit Output in allen seinen eingebetteten Produktionssystemen (der Mikro-, Meso-, und Makroebene) erfolgen.

Daraus folgt, dass es bei der Umsetzung dieser Abschätzung auf die Anwendung von zwei untereinander konsistenten, aufbereiteten Datensätzen ankommt:

- 1) eine um politisch relevante Größen erweiterte Input-Output-Tabelle, in welcher die allgemein gültigen Produktionstechnologien pro Einheit Output für alle in einer Region produzierten Güter dargestellt werden, und
- 2) einen Datensatz, der das Niveau und die Struktur der regionalen Produktion und des regionalen Konsums wiedergibt (siehe Abschnitt 3.4).

4.5.1 Entwicklung eines regionalspezifischen Produktionssystemmodells: Anpassung des ersten Moduls von SEEGIO für das Land NRW

Für die Entwicklung eines regional-spezifischen Produktionssystemmodells für das Land NRW können die theoretischen Grundzüge der im Jahr 2013 am Wuppertal Institut konzeptionell entwickelten Module des SEEGIO Modells als Ausgangspunkt verwendet werden.

Das SEEGIO Modell, dessen konzeptioneller Kern die IOR darstellt, ist ein repräsentativ umfassendes, quantitatives, hybrides Rechenmodell, das die Quantifizierung der politisch relevanten Effekte der Produktion einer Einheit (Produkt-)Output ermöglicht.

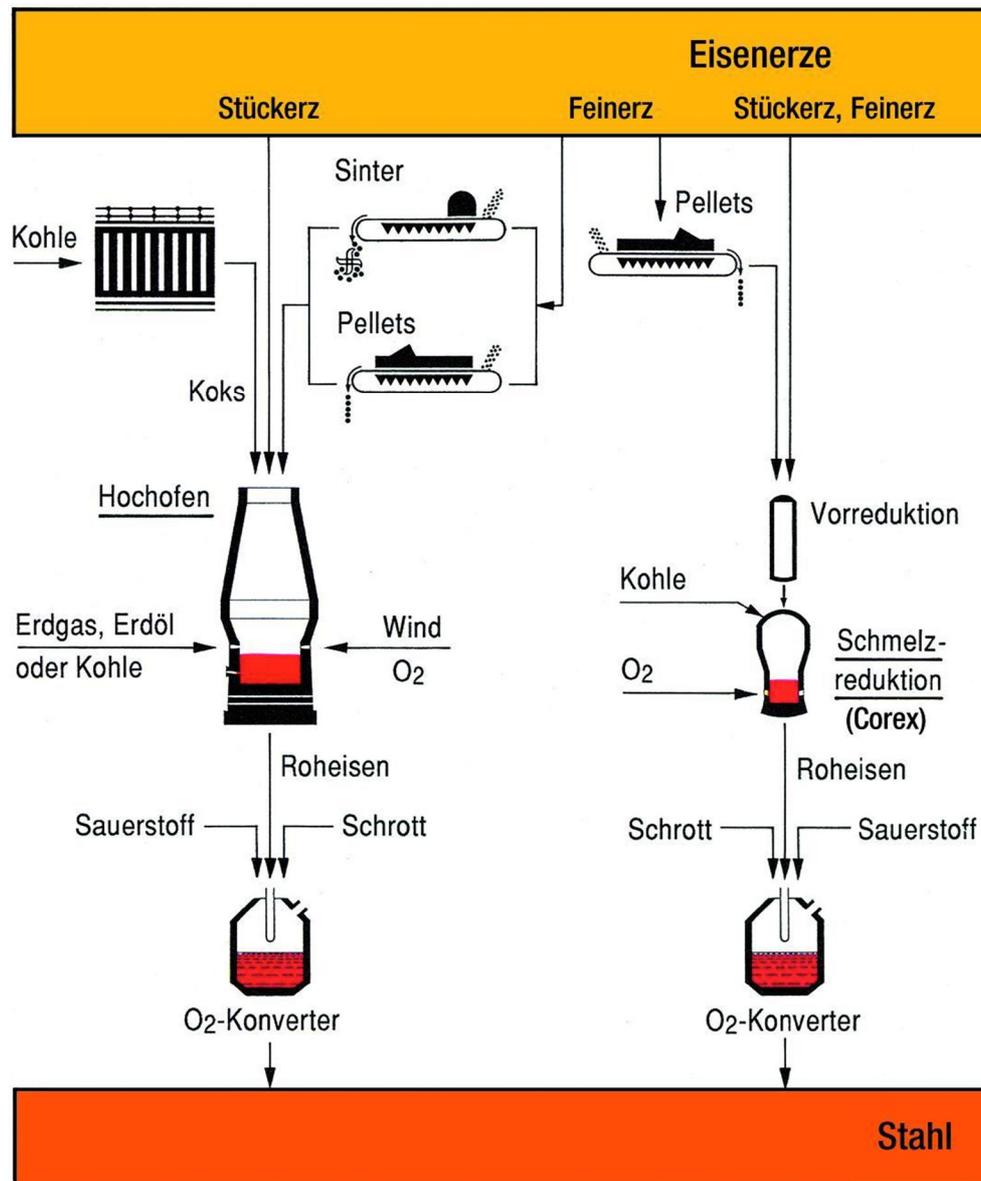
Derzeit wird SEEGIO am Wuppertal Institut weiterentwickelt, so dass es künftig u.a. mit bestehenden multiregionalen Input-Output-Tabellen (MRIOT) angewendet werden kann. Angestrebt wird ein Modell, mit dem die politisch relevanten globalen Auswirkungen der Verwendung eines spezifischen Produkts bzw. einer Produktgruppe in irgendeiner lokalen, regionalen oder nationalen Ökonomie, unter Berücksichtigung der Herkunft der Waren und deren Produktionscharakteristika, ermittelt werden können. Dadurch soll ein Beitrag dazu geleistet werden, künftig über eine produktbezogene Datenbasis die Indikatorenableitung und die Beantwortung verschiedener Fragestellungen im Kontext der nachhaltigen Verwendung von Produkten - sei es als Vorleistung für die Produktion oder als Konsumgut für die letzte Verwendung - auf der Mikro-, Meso-, und Makroebene zu ermöglichen.

Als Modell wurde SEEGIO zunächst mit dem Ziel konzipiert, globale umweltbezogene Auswirkungen der intermediären und letzten Verwendung einer Einheit Output (von über 2000 Produkten) beruhend auf der jeweils produktspezifischen Produktionstechnologie abzuschätzen (z.B. den Rohstoffverbrauch pro produzierte bzw. konsumierte Tonne Rohstahl, entlang der gesamten Produktionskette). Dabei wird die Produktionstechnologie eines spezifischen Produkts durch die Proportionen der stofflichen und energetischen Inputs beschrieben, deren Einsatz technisch notwendig ist, um eine Einheit des entsprechenden Produkts zu erzeugen⁴².

Das erste Modul von SEEGIO stellt ein repräsentativ umfassendes Produktionsverflechtungsmodell dar, da die technischen Proportionen der erforderlichen Inputs für die Produktion der verschiedenen Produkte (d.h. über 2000 Produkte auf der 6-stelligen Ebene der CPA Klassifikation) den aktuellen Stand der Produktionstechnologien (Vorleistungsverflechtungen) widerspiegeln. So ist bspw. die repräsentativ jedoch gültige Produktionstechnik für das Produkt Rohstahl, die die physische Proportionen der (relevantesten) Inputs wie Eisen, Kohle, Kalk, Energieträger etc. für die Produktion einer Tonne Rohstahl wiedergibt, Bestandteil des Produktionsverflechtungsmodells von SEEGIO.

⁴² Die Zusammenstellung der Mengen der verschiedenen Inputs bzw. "Vorprodukte", die technisch notwendig sind, eine Einheit eines "Endprodukts" zu erzeugen ist im Grunde die Abbildung der Produktionstechnik bzw. des "Produktionsrezepts" für die Herstellung dieses Produkts. In welcher genauen Reihenfolge und unter welchen physikalischen und chemischen Bedingungen die verschiedenen Inputs miteinander kombiniert werden müssen, das Produkt(-Output) zu erzeugen, sind jedoch daraus nicht abzuleiten. Der Begriff Produktionstechnik bzw. "Produktionsrezept" wird hier insofern zunächst nicht im Sinne von Produktionsverfahren verwendet.

Abbildung 20: Vereinfachte schematische Darstellung der Stahl-Produktionstechnik im Sauerstoffkonverter durch den Weg vom „Eisenerz zum Stahl“



Quelle: Stahl-online.de / Stahltechnologie : Roheisen und Rohstahlherstellung Verfügbar unter: http://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2013/10/stahlherstellung_1.jpg Abgerufen am 9. Oktober 2014

Abbildung 21: Vereinfachte Darstellung ausgewählter Inputs und Outputs, die die Herstellung von Stahl im Sauerstoffkonverter technisch bedingt - Abbildung der Input- und Output-Mengen, die die Produktion einer Tonne Produkt charakterisieren.

		P-01 Sinter	P-02 Pellets	P-03 Koks	P-04 Elektri- zität	P-05 Roheisen	P-06 Stahl (Flüssig)	P-07 Andere Produkte
Inputs		Unit						
Industrielle Hauptprodukte								
P-01 Sinter	t/t					1,10		
P-02 Pellets	t/t					0,33		
P-03 Koks	t/t	0,05	0,01			0,35		
P-04 Elektrizität	MJ/t	105,00	89,50	95,00		320,00	79,00	
P-05 Roheisen	t/t						0,94	
P-06 Stahl (Flüssig)	t/t							
P-07 Andere Produkte	t/t	0,03						0,01
Industrielle Nebenprodukte								
Wiederverw. Materialien	t/t	0,32						0,17
Andere energ.Reststoffe (COG/BFG)	MJ/t	128,50	398,70	3550,00		2190,00		
Primärinputs aus der Umwelt								
Metallerze								
Eisenerz	t/t	0,84	0,94			0,21	0,16	
Andere Erze	t/t							
Mineralien								
Kalk	t/t	0,11	0,00			0,01	0,04	
Bentonit	t/t		0,01					
Olivin	t/t		0,03					
Dolomit	t/t		0,03					0,00
Fossilenergieträger								
Kohle	t/t		0,01	1,29		0,11	0,00	
Erdgas	MJ/t		209,00			140,00	37,50	
Andere								
O ₂ (Luft)	Nm ³ /t		10,70	11,00		50,00	58,31	
Wasser	m ³ /t	0,06	0,81	0,69		2,17	2,75	
Outputs		Unit						
Hauptprodukte								
Einheit Produkt-(Output)	t	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Nebenprodukte / Reststoffe								
Andere energ.Reststoffe (COG/BFG)	MJ/t			9230,00				
Luftschadstoffe	t/t	0,26	0,03	0,56		0,53	0,12	
Abfall (Schlacken, Schlamm etc.)	t/t					0,40	0,14	
Abwasser	m ³ /t	0,13	0,80	0,35		2,42	2,66	

Quelle: Eigene Darstellung auf der Basis von Daten entnommen aus der Veröffentlichung der Europäischen Kommission „Best Available Techniques Reference Document on Produktion of Iron and Steel“ (EC 2001) Verfügbar unter: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/i&s.html> Abgerufen am 9. Oktober 2014

Für den Aufbau dieses repräsentativ umfassende Produktionsverflechtungsmodells wurden verschiedene vorhandene Datensätze auf der Mikroebene verwendet (z.B. Life Cycle Inventory Daten aus Ecoinvent⁴³). Ihre Aufbereitung erfolgte so, dass sie mit bestimmten Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) über die regionale Produktion und den Konsum auf der Meso- und Makroebene auf konsistente Weise kombiniert werden können.

Das auf diese Weise erstellte Produktionsverflechtungsmodell bzw. Technologiematrix (d.h. eine ca. 2000x2000 quadratische Inputkoeffizienten-Matrix) hätte von der Perspektive eines spezifischen Produktionssystems, wie z.B. das Land NRW oder einer seiner Regionen, den Charakter einer **vorläufigen Inputkoeffizienten Matrix**, die als Ausgangspunkt für weitere Berechnungen dient.

Es ist offensichtlich, dass in dieser vorläufigen Inputkoeffizienten-Matrix (d.h. im repräsentativ umfassenden jedoch gültigen Produktionsverflechtungsmodell) Produktionstechnologien wiedergegeben sind, die nur teilweise dem untersuchten Produktionssystem (z.B. dem Land NRW) inhärent sind. Deutlich ist auch, dass die Matrix möglicherweise keine Beschreibung der Input-Output-Verhältnisse einiger anderer Produkte enthält, die in einem spezifischen Produktionssystem inländisch weder produziert noch verbraucht werden.

Dies macht es erforderlich, das repräsentativ umfassende Produktionsverflechtungsmodell SEEGIO den Produktionscharakteristika des zu untersuchenden Produktionssystems anzupassen. Erst dann kann es für weitere Berechnungen für eine spezifische nationale Ökonomie bzw. Region, wie z.B. das Land NRW oder eine seiner Regionen, angewendet werden.

Im Falle des Produktionssystems „Land NRW“ würde die erwähnte Anpassung in zwei Schritten erfolgen. Zunächst würden die Zeilen und Spalten für die Produkte entfernt, die im Land NRW nicht produziert werden. Anschließend würde eine Vervollständigung der Technologiematrix mit den entsprechenden Angaben für die mengenmäßigen wichtigsten Produkte durchgeführt, für die keine Input-Output-Verhältnisse im vorläufigen Produktionsverflechtungsmodell abgebildet sind. Hier wird die Verfügbarkeit und öffentliche Zugänglichkeit der dafür notwendigen Life Cycle Inventory-Daten vorausgesetzt.

Nach der Anpassung der ursprünglichen Inputkoeffizienten Matrix aus dem SEEGIO Modell an die Produktzusammensetzung der Produktion und des Konsums im untersuchten regionalen Produktionssystem (z.B. das Land NRW bzw. einer seiner Regionen), ist eine Kalibrierung dieser angepassten vorläufigen Modelldaten erforderlich. Mit Hilfe dieser Kalibrierung kann eine bessere Abschätzung der sozioökonomischen und umweltbezogenen Auswirkung der Produktion und Konsum im untersuchten Produktionssystem ermittelt werden.

⁴³ Die internationale Ecoinvent Datenbank ist die derzeit weltweit führende Quelle für Ökobilanzdaten mit über 2500 Nutzer und Nutzerinnen in über 40 Ländern. Die ecoinvent Daten werden in Ökobilanzen, Umweltproduktdeklarationen, in CO₂-Bilanzen, in der Integrierten Produktpolitik, im Life Cycle Management, im Umweltdesign, in der Umweltzertifizierung und anderen Anwendungen benutzt.

Die Kalibrierung der vorläufigen Modelldaten erfolgt im Wesentlichen durch eine Einstellung der repräsentativ umfassenden Produktionstechnologien auf die bekannten Produktionsverhältnisse, unter denen die im untersuchten Produktionssystem produzierten bzw. verwendeten Produkte erzeugt werden. Beabsichtigt wird hiermit also eine genauere Darstellung der angewandten Produktionstechnologie in dem betrachteten Produktionssystem bzw. der Region entsprechend der Verfügbarkeit der notwendigen Informationen. Die erwähnte Angleichung der repräsentativ umfassenden Produktionstechnologien wird auf der Basis von zusätzlichen Angaben über relevante Aspekte der spezifischen Transformationscharakteristika des untersuchten Produktionssystems bzw. eines ähnliches Produktionssystems durchgeführt (siehe Abschnitt 4.4).

Im konkreten Fall des Produktionssystems „Land NRW“ kann sich diese Angleichung u.a. insbesondere auf die Spezifizierung der eingesetzten Energieprodukte konzentrieren wie z.B. Elektrizität, deren Mix regionaltechnischen, spezifischen infrastrukturellen Gegebenheiten unterliegt. Dieser Strom-Mix ist in Hinblick auf den damit zusammenhängenden Ressourcenverbrauch und die Luftschadstoffemissionen relevant. Solche Modifikationen der repräsentativ umfassenden Produktionstechnologien würden so zu besseren Abschätzungen der direkt und indirekt eingesetzten Auswirkungen der Produktion und des Konsums im Land NRW bzw. eine seiner Regionen führen (siehe Abschnitt 4.4 und Abbildung 22).

4.5.2 Erweiterung eines regionalspezifischen Produktionssystemmodells um politisch relevante Größen

Um die direkten und indirekten, umweltbezogenen und sozioökonomischen Auswirkungen der Produktion oder des Konsums einer Einheit (Produkt-)Output abschätzen zu können, ist es erforderlich, das aufgebaute Produktionsverflechtungsmodell um politisch relevante Größen zu erweitern. Hierfür ist es notwendig die abgebildeten Produktionstechnologien mit anderen zusammenhängenden Eigenschaften der Produktion, wie die Ressourcenerfordernisse oder Schadstoffabgaben, zu verknüpfen. Dies bedeutet konkret eine systematisch kompatible Erweiterung (d.h. den gleichen Rechnungsprinzipien folgend) von der Technologiematrix um Größen, die den Primärinput und die Reststoffabgabe in die Umwelt pro produzierte bzw. verwendete Einheit Output angeben.

Rein physisch betrachtet umfassen diese Größen auf der Input-Seite die materielle und energetische Ressourcenentnahme aus der Natur sowie die Flächennutzung, die direkt mit der Produktion einer Einheit (Produkt-)Output verbunden sind. Von der Output-Seite kann das Produktionssystemmodell z.B. um die Luftschadstoffemissionen erweitert werden, die während der Produktion und der letzten Verwendung einer Einheit Output entstehen.

Darüber hinaus, und in Abhängigkeit der Datenverfügbarkeit, können andere sozioökonomische Größen wie die geleisteten Arbeitsstunden pro Einheit Output mit dem Verflechtungsstruktur des untersuchten Produktionsmodells verknüpft werden, so dass eine Abschätzung über die direkten und indirekten regionalen Beschäftigungseffekte der Produktion spezifischer Produkte bzw. Produktgruppen erfolgen kann.

In Mittelpunkt der Betrachtung steht hier die produktspezifische Erweiterung des Produktionsverflechtungsmodells pro Einheit Output um die global verwertete und nicht verwertete Extraktion (DEU und UDE). Auf der Basis von Angaben über die verwertete Extraktion (DEU) pro Einheit (Produkt-)Output und der Inversen der Inputkoeffizienten Matrix eines spezifischen Produktionssystems kann zunächst der Rohstoffverbrauch bzw. der Rohstoffinput (**RMI**) je produzierten Einheit Output ermittelt werden. Da es sich um Größen handelt, die den produktspezifischen globalen DEU je produzierte Einheit Output wiedergeben, stellen sie den Rohstoffäquivalent **RME** der Importe und Exporte dar. Wenn zusätzlich zur DEU auch die Angaben über die ungenutzte Extraktion (UDE) unter Berücksichtigung der Herkunft der genutzten Rohstoffe einbezogen werden, kann der direkte und indirekte **TMR** pro Einheit Output abgeschätzt werden⁴⁴.

Formal ausgedrückt bedeutet die Verknüpfung der Produktionstechnologiematrix mit ressourcenbezogenen zusammenhängenden relevanten Eigenschaften der Produktion:

$$\begin{aligned} \text{REGC} &= (I - \text{REGA})^{-1} \\ \text{REGR} &= \langle \text{REGr} \rangle \text{REGC} \end{aligned}$$

Dabei stellt REGA die Matrix der technischen Koeffizienten dar. Die Matrix REGC ist die sogenannte "Leontief-Inverse" der Matrix REGA . Jeder einzelne Wert REGC_{ij} in der errechneten Leontief-Inversen der Inputkoeffizienten Matrix gibt die gesamte Einsatzmenge des in der Zeile i dargestellten Vorprodukts wieder, die direkt und indirekt erforderlich ist, um eine Einheit des in der Spalte j dargestellten Produkts zu produzieren. In der diagonalen Matrix $\langle \text{REGr} \rangle$ sind die direkten Intensitäten pro Einheit Output bezüglich einer Ressourcenkategorie (z.B. der verwerteten Extraktion DEU) für alle Produkte enthalten, die für das untersuchte Produktionssystem berücksichtigt sind. Die Matrix REGR , welche aus der Multiplikation der diagonalen Matrix $\langle \text{REGr} \rangle$ mit der Matrix REGC resultiert, weist dann den direkten und indirekten ressourcenbezogenen Intensität bzw. Gesamteffekt der Erzeugung einer Einheit jedes einzelnen Produkts aus, das im angepassten Produktionsverflechtungsmodell berücksichtigt wird.

Im Falle des Produktionssystems "Land NRW" würde die Durchführung der gleichen Prozedur zur Erweiterung um die Ressourcenerfordernisse pro Einheit Output des konsolidierten Produktionsverflechtungsmodells für NRW (bzw. eine seiner Regionen) führen. Somit würde ein durch Anpassung und Angleichung konsolidiertes regionalspezifisches erweitertes Modell entstehen. Formal ausgedrückt bedeutet dies:

$$\begin{aligned} \text{NRWC} &= (I - \text{NRWA})^{-1} \\ \text{NRWR} &= \langle \text{NRWr} \rangle \text{NRWC} \end{aligned}$$

Die konsolidierte Matrix der technischen Koeffizienten (NRWA) sowie die damit verknüpften Angaben über die direkten Ressourcenerfordernisse pro Produkt $\langle \text{NRWr} \rangle$ würden dabei die Basis für die Ermittlung der NRW-spezifischen, direkten und indirekten ressourcenbe-

⁴⁴ Im Falle der Verknüpfung der Angaben zur Flächennutzung mit der Inversen der regionalspezifischen Inputkoeffizienten Matrix kann der "globale Flächenverbrauch" (GLUA) pro Einheit Output unter Berücksichtigung aller direkten und indirekten Effekte ermittelt werden.

zogenen Effekte der im Land NRW konsumiert bzw. produzierten Einheit Produkt (-Output) darstellen. Die Berechnung all dieser Effekte entlang der Produktionskette ergäbe sich aus der Multiplikation der diagonalen Matrix $\langle^{NRW}r\rangle$ mit der "Leontief-Inverse" der konsolidierten Produktionsverflechtungsmatrix $(I - ^{NRW}A)^{-1}$, d.h.: Die Summen über den Zeilen für jede Spalte der errechneten Matrix ^{NRW}R stellen die gesamten ressourcenbezogenen Auswirkungen (bzw. ressourcenbezogenen Multiplikatoren) der Produktion einer Einheit Produkt(-Output) dar, die in NRW produziert bzw. konsumiert wird. Am Beispiel des Rohstoffverbrauchs gäbe jeder auf diese Weise ermittelten produktspezifische Ressourcenverbrauchsmultiplikator folglich den gesamten direkten und indirekten globalen Rohstoffverbrauch resultierend aus der Produktion einer Einheit (Produkt-)Output in NRW an. Dies wiederum würde das Rohstoffäquivalent (RME) der in NRW produzierten Einheit Produkt bzw. Output darstellen.

4.5.3 Ansatz für die Abschätzung der gesamten ressourcenbezogenen Auswirkungen der Produktion und des Konsums in NRW - Ableitung von ressourcenbezogenen Indikatoren

Unter der Voraussetzung, dass die rechnungssystematische Kompatibilität bei der Aufbereitung der Daten für die Ermittlung der gesamten direkten und indirekten ressourcenbezogenen Effekte der Produktion einer Einheit (Produkt-)Output eingehalten wird, können die ressourcenbezogenen Auswirkungen der gesamten Produktion und des Konsums hochgerechnet werden.

Im Falle des Produktionssystems "Land NRW" wären hierfür zusätzlich zu den NRW-spezifischen, ressourcenbezogenen Multiplikatoren (d.h. Daten auf der Mikroebene) Angaben über die gesamte inländische Produktion und die gesamte inländische letzte Verwendung (d.h. Daten auf der Makroebene) im Land NRW bzw. eine seiner Regionen heranzuziehen⁴⁵.

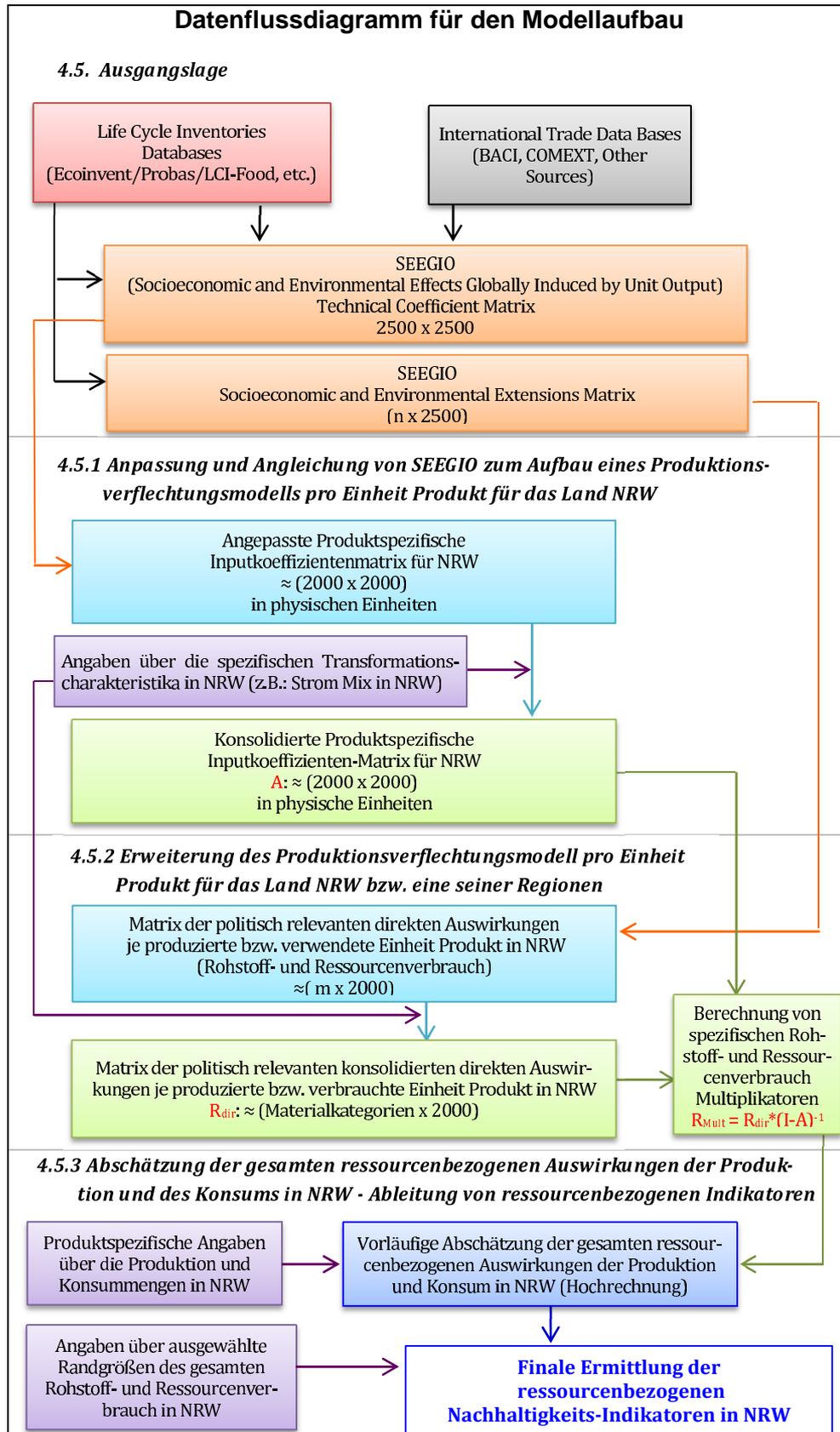
Die hochgerechneten gesamten RMI bzw. TMR für das Land NRW oder einer seiner ergäben sich aus der Multiplikation der produktspezifischen direkten und indirekten Rohstoff- bzw. Ressourcenverbrauchintensitäten mit den produktspezifischen Gesamtproduktion und -konsum in NRW oder in einer seiner Regionen.

Die auf diese Weise ermittelten Größen stellen im Grunde die ressourcenbezogenen Nachhaltigkeitsindikatoren dar. Sie sollten jedoch zuletzt in ihrer Plausibilität überprüft werden, so dass Über- bzw. Unterschätzungen korrigiert werden können. Hierfür können entsprechende bekannte Größen bestimmter Materialkategorien der Rohstoff- und Ressourcenverbrauch (RMI und TMR) herangezogen werden. Beispielsweise werden für die offiziellen Angaben über den gesamte Kohleabbau und -verbrauch in NRW oder Deutschland regelmäßige Berichterstattung auf Bundeslandebene sowie auf nationaler Ebene von der amtlichen Statistik durchgeführt. Diese offiziellen Angaben stellen also Randgrößen dar, die die zulässige Ober- bzw. Untergrenze der durchgeführten Abschätzung festlegen. So können im Rahmen einer iterativen Prozedur die NRW-spezifischen Modellparameter weiter angepasst werden, bis diese Nebenbedingungen erfüllt werden.

⁴⁵ Die Verfügbarkeit und Quellen der erforderlichen Angaben sind in Abschnitt 5.4 und 9 beschrieben

Nach bestandener Plausibilitätskontrolle wären die ermittelten ressourcenbezogenen Gesamteffekte der Produktion und des Konsums im NRW die Größen, die Auskünfte über die Nachhaltigkeit bzw. nicht Nachhaltigkeit der Transformationsprozesse (Produktion und Konsum) in NRW geben. Diese Indikatoren (RMI und TMR) würden nicht nur alle direkten und indirekten rohstoff- und ressourcenbezogenen Auswirkungen der Produktion und des Konsums umfassen, sondern sie würden auch Größen darstellen, die eine geeignete Ermittlung der Ressourcenproduktivität ermöglichen. Hierfür ist die konzeptionelle Kompatibilität der Nenner und Zähler ausschlaggebend.

Abbildung 22: Datenflussdiagramm für den Modellauf für die Ermittlung von ressourcenbezogenen Nachhaltigkeitsindikatoren



5 Ausblick

Die herkömmliche Vorgehensweise zur Ermittlung von Kennziffern für Ressourcenproduktivität und Ressourcenverbrauch einer Nationalökonomie wie Deutschland bzw. einer Supraökonomie wie der EU stößt bei dem Versuch der Übertragung auf die Bundeslandebene von NRW an Grenzen. Diese Limitierungen auf Länderebene sind mittels der verfügbaren Methoden der ökonomieweiten Materialflussanalyse nach Eurostat nicht zu überwinden. Stattdessen erfordert diese Aufgabe einen innovativen Ansatz, welcher mithilfe eines auf das Land NRW zugeschnittenen physischen Input-Output-Modells die speziellen Ressourcenerfordernisse ermitteln lässt.

Aus den hier am Beispiel des Rohstoff- und Ressourcenverbrauchs erläuterten methodischen Schritten lässt sich erkennen, dass die Ermittlung von Multiplikatoren der politisch relevanten Auswirkungen der Produktion bzw. Verwendung einer Einheit Produkt auf der Basis eines derartigen regionalspezifischen erweiterten physischen Input-Output-Modells ein breites Anwendungsspektrum hat. Mit Hilfe dieses Ansatzes können nicht nur verschiedene sozioökonomische und umweltbezogene Auswirkungen der Produktion bzw. des Konsums von Produkten abgeschätzt werden. Insbesondere im Falle von Produktionssystemen der Nationalökonomie, wie des Bundeslandes NRW oder einer seiner Regionen, können mit diesem Ansatz auch viele der Probleme und Schwierigkeiten der Berichterstattung bezüglich der nachhaltigen bzw. nicht nachhaltigen Transformationsweise von Produktions- und Konsumaktivitäten überwunden werden. Somit wäre der Weg zur Berechnung von verschiedenen Nachhaltigkeitsindikatoren für Produktionssysteme auf dieser Betrachtungsebene geebnet.

So könnten Aussagen getroffen bzw. Indikatoren über die Inanspruchnahme der Umwelt bzw. über die sozioökonomischen Effekte der Transformation in anderen Produktionssystemen mit ähnlichen technologischen Charakteristika ermittelt werden. Dies trifft insbesondere die Produktionssysteme wie regionale oder lokale Ökonomien (wie z.B. das gesamte Ruhrgebiet oder das Stadtgebiet Düsseldorf), die in der Ökonomie von Bundesländern eingebettet sind. Für solche Produktionssysteme bestehen in der Regel - mit Ausnahme von einzelnen Fällen - so gut wie keine Informationen über die Nachhaltigkeit der gesellschaftlichen, materiellen und energetischen Transformation, die in ihnen stattfinden.

Daher kommt es insbesondere auf die Verfügbarkeit der Angaben über die produktspezifische Gesamtproduktion bzw. den Gesamtverbrauch in einer Region oder einer Stadt an, um auch für Produktionssysteme dieser Größenordnung Nachhaltigkeitsindikatoren ermitteln zu können.

Es handelt sich hier um ein Analysegerüst, durch das verschiedene sozioökonomische und umweltbezogene produktspezifische Auswirkungen der Produktion bzw. des Konsums abgeschätzt werden können. Auf dieser Basis könnten daher zusätzlich zu ressourcenbezogenen weitere politisch relevante Fragestellungen beantwortet werden. Diese weiteren Fragestellungen betreffen insbesondere die Auswirkungen z.B. auf den Flächen- oder Energieverbrauch bzw. die Luftemissionen (z.B. CO₂), die mit der „inländischen“ Gesamtproduktion bzw. Gesamtverwendung von konkreten Produkten wie z.B. Stahl, PKW, Fleisch etc. verbunden sind. Auf der Basis von Daten über die Wiederverwertung

von bestimmten Produkten bzw. Materialien können Recyclingeffekte pro Einheit Output gesamtwirtschaftlich errechnet werden.

Ein derartiges Analysegerüst würde darüber hinaus Modellierungsarbeiten über die Auswirkungen künftiger veränderter produktspezifischer Produktions- bzw. Verbrauchsmengen ermöglichen. Die Veränderungen in der Materialentnahme aus der Natur bzw. den Importmengen als Effekt der Verwendung eines alten PKWs für die Wiedergewinnung von Stahl oder einer Tonne Altpapier für energetische Zwecke könnten beispielsweise auch modelliert werden.

Alle diese Analysemöglichkeiten würden wiederum zu konkreteren und präziseren Schlussfolgerungen über produktspezifische, ineffiziente bzw. optimale und effiziente Nutzung von Ressourcen führen. Die Entwicklung von Politiken auf der Basis von produktspezifischen Informationen könnte außerdem gezielter und wirkungsvoller gestaltet werden.

Über die Berücksichtigung verschiedener länderspezifischer Produktionstechnologien für die Erzeugung eines bestimmten Produkts könnten die Auswirkungen ermittelt werden, die sich aus den verschiedenen Produktionsweisen bzw. aus der Verwendung einer auf diese Weise produzierten Einheit Output ergeben. Auf diese Weise könnten die "Innovationseffekte" neuer Technologien sowie Verbesserungspotentiale bestehender Technologien pro Einheit Output ermittelt werden. So könnte beispielsweise der Ressourcenverbrauch oder die Luftschadstoffemissionen ermittelt werden, die mit der Erzeugung von einer kWh Elektrizität mittels Photovoltaik, Wind, Wasser, Kohle, Gas etc. oder mit der Produktion einer Tonne Mais mittels konventionellem oder ökologischem Anbau verbunden sind.

Ausgehend von den länderspezifischen Produktionstechnologien und der Herkunft der einzelnen Produkte könnten die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen von festgelegten politischen Zielen evaluiert werden. So zum Beispiel könnte ermittelt werden, zu welcher globalen Ressourcen- und Landnutzung (oder anderen sozioökonomischen Effekten) eine Beimischung von spezifischen Kraftstoffen (z.B. 90% auf Basis fossiler Energieträger und 10% auf Basis nachwachsender Rohstoffe oder 20% der Elektrizitätsversorgung auf Basis regenerativer Energien) führen würde.

Auf der Basis der dargestellten Input-Output-Verhältnisse und der Angaben der gesamten Produktion kann ein derartiges Mengengerüst mit Daten über Produktpreise kombiniert werden. Die daraus sich ergebenden monetären Flüsse könnten als Grundlage verwendet werden, um eine monetäre Input-Output-Tabelle für NRW zu erstellen.

Die konkrete Weiterentwicklung des Modells zur Anwendung auch auf der Landesebene von NRW setzt zunächst zwei wesentliche Punkte voraus:

- 1.) Die Verfügbarkeit kritischer Daten auf Landesebene. Hierzu wurde der fachliche Austausch mit IT.NRW initiiert und seitens der Autoren wurden erste konkrete Anfragen gestellt, die von IT.NRW beantwortet wurden (siehe Abschnitt 3.4).
- 2.) Entscheidend wird der Wille sein, einen derartigen Ansatz verwirklichen zu wollen, und seine Entwicklung im Rahmen eines weiteren Forschungs- und Entwicklungsprojektes zu finanzieren.

Im Rahmen des Projektes „Konzeptionelle Analysen und Überlegungen zur Ausgestaltung einer Nachhaltigkeitsstrategie NRW aus wissenschaftlicher Sicht“ wurden hierfür die Grundlagen in Form der konzeptionellen Entwicklung des Modells erarbeitet. Das Konzept fand großen Anklang bei den ExpertInnen am Statistischen Landesamt von NRW (IT.NRW) und wurde für würdig befunden, weiter verfolgt zu werden.

6 Referenzen

- Adriaanse, A., S. Bringezu, A. Hammond, Y. Moriguchi, E. Rodenburg, D. Rogich, and H. Schütz, (1997): Resource Flows: The Material Basis of Industrial Economies. Washington, D.C.: World Resources Institute.
- Adriaanse, A., S. Bringezu, A. Hammond, Y. Moriguchi, E. Rodenburg, D. Rogich, H. Schütz (1998): Stoffströme: Die materielle Basis von Industriegesellschaften. Wuppertal Texte, Birkhäuser Verlag, Berlin, Basel, Boston, 1998, ISBN 3-7643-5950-1. Deutsche überarbeitete Fassung von: Adriaanse et al. (1997) „Resource Flows: The Material Basis of Industrial Economies“, Washington.
- Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (AK UGRdL):
<http://www.ugrdl.de/>
- Bringezu, S., Schütz, H. (2013): Ziele und Indikatoren für die Umsetzung von ProgRess. Arbeitspapier AS 1.2/1.3. PolRess – Ressourcenpolitik, FKZ: 3711 93 103.
http://www.ressourcenpolitik.de/wp-content/uploads/2013/04/PolRess_ZB_AP1-1.2-3_Indikatoren-und-Ziele_final.pdf (Zugriff 25.03.2015)
- Bringezu, S., Schütz, H. (2014): Ziele und Indikatoren für die Umsetzung von ProgRess. PolRess AP1.4 - Indikatoren und Ziele zur Steigerung der Ressourcenproduktivität.
- BMU (2012): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess). Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Berlin.
<http://www.bmub.bund.de/service/publikationen/downloads/details/artikel/deutsches-ressourceneffizienzprogramm-progress/> (Zugriff 25.03.2015)
- Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung.
<http://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Nachhaltigkeitsstrategie/1-die-nationale-nachhaltigkeitsstrategie/nachhaltigkeitsstrategie/node.html> (Zugriff 25.03.2015)
- Buyny, S., Klink, S., Lauber, U. (2009): Verbesserung von Rohstoffproduktivität und Ressourcenschonung – Weiterentwicklung des direkten Materialinputindikators –. Endbericht. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/RohstoffproduktivitaetEndbericht.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff 25.03.2015)
- Destatis (2013): Umweltnutzung und Wirtschaft – Bericht und Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. Ausgabe 2013.
<https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/Querschnitt/UmweltnutzungundWirtschaftBericht.html;jsessionid=6E155AF17CDB12EA541F9480F575FED9.cae3> (Zugriff 25.03.2015)
- DNR et al. (2013): Langfristige Ressourcenschonungspolitik formulieren und realisieren. Gemeinsamer Verbändebrief zur europäischen Ressourcenpolitik an Umweltminister Altmaier v. 23.07.2013.
- European Commission (2001): Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel
- European Commission (2011): Roadmap to a Resource Efficient Europe. COM(2011) 571 final. Brussels.
- European Commission (2011): Commission Staff Working Paper: Analysis associated with the Roadmap to a Resource Efficient Europe - Part II; Accompanying the document Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the

- Regions : Roadmap to a Resource Efficient Europe, {COM(2011) 571 final} / {SEC(2011) 1068 final}, Brussels.
- Eurostat - Statistical Office of the European Communities (Ed.) (2001): Economy-wide material flow accounts and derived indicators (Edition 2000). A methodological guide. European Communities, Luxembourg.
- Eurostat (2007): Economy-wide Material Flow Accounting. "A compilation guide". European Commission, Eurostat, Luxembourg.
- Eurostat (2009): Economy Wide Material Flow Accounts: Compilation Guidelines for reporting to the 2009 Eurostat questionnaire. Version 01 – June 2009.
- Eurostat (2012): Economy-wide Material Flow Accounts (EW-MFA). Compilation Guide 2012.
- Eurostat (2013): Sustainable development in the European Union — 2013 monitoring report of the EU sustainable development strategy. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <http://ec.europa.eu/eurostat/de/web/products-statistical-books/-/KS-02-13-237> (Zugriff 25.03.2015)
- Eurostat (2013b): "Project: Estimates for Raw Material Consumption (RMC) and Raw Material Equivalents (RME) conversion factors". http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/environmental_accounts/documents/RME%20project%20-%20Introduction.pdf (Zugriff 30.10.2014)
- Giljum, S., Lutter, S., Lieber, M., Schütz, H. (2014): CREEA Report Work Package 8 – Task 2: Case study report on “resources” (D 8.2).
- Matthews, Emily, C. Amann, S. Bringezu, M. Fischer-Kowalski, W. Hüttler, R. Kleijn, Y. Moriguchi, C. Ottke, E. Rodenburg, D. Rogich, H. Schandl, H. Schütz, E. van der Voet, H. Weisz (2000), The weight of nations: Material outflows from industrial economies, World Resources Institute Report, Washington D. C.
- Stahl-online.de / Stahltechnologie: Roheisen und Rohstahlherstellung Verfügbar unter: „http://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2013/10/stahlherstellung_1.jpg” Abgerufen am 9. Oktober 2014
- Teunis, Shira-Lee (2013): Machbarkeitsstudie: Entwicklung einer Methodik zur Berechnung von Güterströmen in Rohstoffäquivalenten auf Ebene der Bundesländer. In: Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder im Auftrag der Statistischen Ämter der Länder (Hrsg.): Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder, Band 3, Analysen und Berichte, Methodische Weiterentwicklungen in den UGRdL, Ausgabe 2013.
- UBA – Umweltbundesamt (2012): Glossar zum Ressourcenschutz.
- UBA – Umweltbundesamt (2014): <http://www.umweltbundesamt.de/daten/rohstoffe-als-ressource/rohstoffproduktivitaet> Zugriff am 13.2.2014
- Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder im Auftrag der Statistischen Ämter der Länder (2012) (Hrsg.): Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder. Methodenhandbuch.
- UGRdL - Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder im Auftrag der Statistischen Ämter der Länder (2013) (Hrsg.): Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder. Band 2, Indikatoren und Kennzahlen – Grafiken, Ausgabe 2013.

7 ANHANG

7.1 Stoffstrombasierte Indikatoren des Stoffwechsels der Gesellschaft

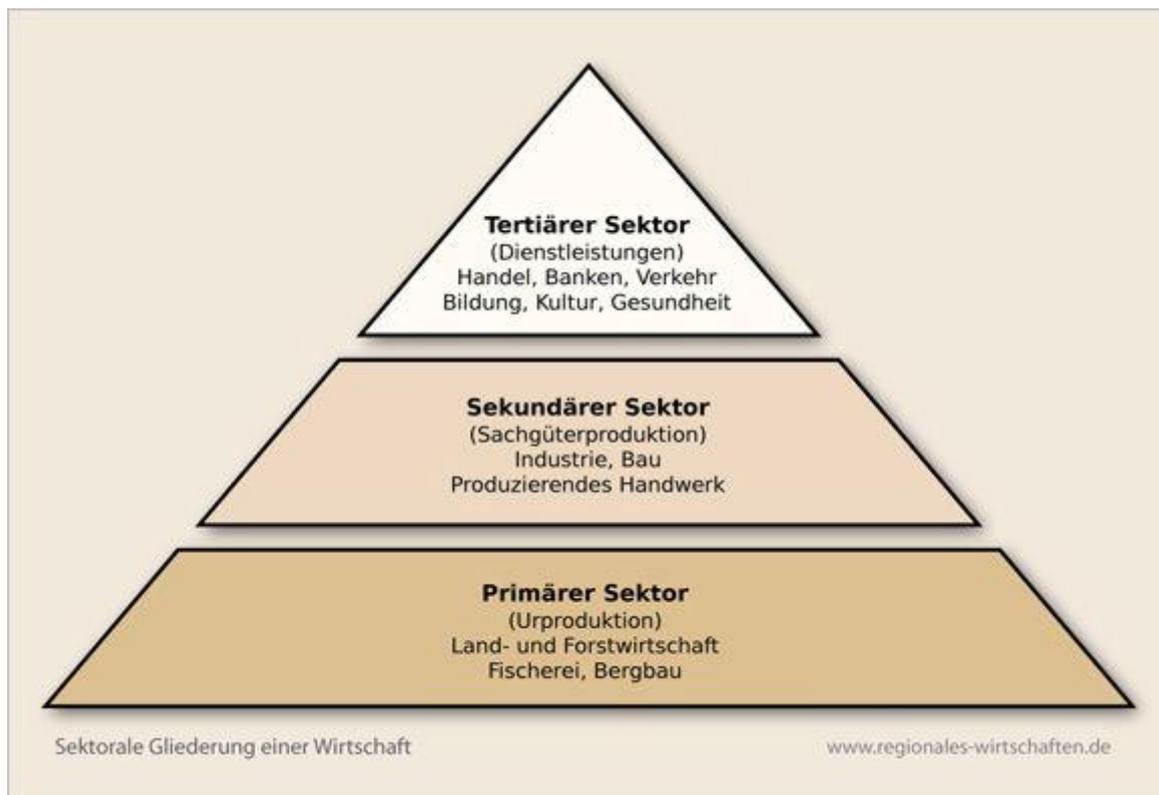
Indikatoren Typ	Indikatoren			Bilanzierungsregeln
	Abkürzung	Englischer Name	Deutscher Name	
Input	DMI	Direct Material Input	Direkter Materialinput	DMI = Inländische Rohstoffentnahme + Importe
	TMI	Total Material Input	Gesamter Materialinput	TMI = DMI + inländische ungenutzte Extraktion
	RMI	Raw Material Input	Rohstoffinput	RMI = DMI + genutzter Anteil der ÖRimp *
	TMR	Total Material Requirement	Globaler Materialaufwand	TMR = TMI + ÖRimp*
Output	DPO	Domestic Processed Output	Inländisch verarbeitete Stoffabgabe	DPO = Emissionen + Abfälle + dissipativer Produkteinsatz
	TDO	Total Domestic Output	Gesamte inländische Stoffabgabe	TDO = DPO + inländische ökologische Rucksäcke
Verbrauch	DMC	Domestic Material Consumption	Inländischer Stoffverbrauch	DMC = DMI – Exporte
	RMC	Raw Material Consumption	Rohstoffverbrauch	RMC = RMI – Exporte – genutzter Anteil der ökologischen Rucksäcke der Exporte
	TMC	Total Material Consumption	Globaler Stoffverbrauch	TMC = TMR – Exporte – ökologische Rucksäcke der Exporte
Bilanz	NAS	Net Additions to Stock	Nettobestandszuwachs	NAS = DMI – DPO – Exporte
	PTB	Physical Trade Balance	Physische Handelsbilanz	PTB = Importe – Exporte
Effizienz	GDP/Indicator; deutsch: BIP/Indikator	e.g. Material productivity of gross domestic product, GDP	z.B. Materialproduktivität des Bruttoinlandsprodukts (BIP)	BIP geteilt durch einen der Input- oder Output-Indikatoren, z.B. BIP/DMI
	Used/Unused; deutsch: Genutzt/Nicht	Resource-efficiency of materials ex-	Ressourceneffizienz des Rohstoffabbaus	Verhältnis der Menge der genutzten Materialien zur Menge nicht genutz-

	genutzt	traction		ter Materialien (ökologischer Rucksäcke)
Konsistenz	Muss noch entwickelt werden			

7.2 Verfügbare Daten auf Landesebene (derzeitiger Stand)

Zur Anwendung der Koeffizienten pro Einheit Output aus dem SEEGIO Modells werden auf Landesebene Daten zur Produktion und zum Konsum benötigt. Grundsätzlich sind solche Daten für NRW aus den Statistiken von IT.NRW verfügbar (siehe unten). Sie orientieren sich Produktionsseitig im Wesentlichen an der sektoralen Gliederung der Wirtschaft (Abbildung 23).

Abbildung 23: Sektoriale Gliederung einer Wirtschaft



Quelle: <http://www.regionaleentwicklung.de/regionales-wirtschaften/wirtschaft-gesellschaft/regionales-wirtschaften-als-ergaenzung-zur-globalisierung/> (Zugriff 25.03.2015)

Gegliedert nach Wirtschaftsbereichen ist die amtliche Statistik aufgeteilt in:

- Land- & Forstwirtschaft, Fischerei
- Industrie, Verarbeitendes Gewerbe
- Energie-, Wasserversorgung
- Bauen
- Dienstleistungen
- Binnenhandel, Gastgewerbe, Tourismus
- Transport & Verkehr

Produktion

Physische Produktion findet im Primärsektor (Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei, Jagd) sowie im Sekundärsektor oder Industriesektor statt. Der Sekundärsektor umfasst das produzierende Gewerbe einer Volkswirtschaft, d. h. den Sektor, der für die Verarbeitung von Rohstoffen zuständig ist. Dazu zählen der Bergbau, die Gewinnung von Steinen und Erden, das verarbeitende Gewerbe⁴⁶, das Handwerk, die Energiewirtschaft, die Energie- und Wasserversorgung, und das Baugewerbe.

Den Kern der physischen Produktion einer industriell geprägten Region wie NRW stellt das Produzierende Gewerbe dar. Das Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken dient der statistischen Erfassung der Produktion in produzierenden Betrieben des Verarbeitenden Gewerbes, des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden sowie von Unternehmen anderer Wirtschaftszweige in Deutschland. Es basiert auf der aktuellen Fassung der für eine europäische Produktionsstatistik entwickelte PRODCOM-Liste (PRODUCTION COMMUNAUTAIRE = Produktion der Gemeinschaft), die mit den Warennummern des Warenverzeichnisses für die Außenhandelsstatistik verknüpft ist. Für NRW steht in Gliederung und Umfang dieselbe Produktionsstatistik zur Verfügung wie auf Bundesebene, d.h. die Produktion tief gegliedert nach GP2009 9-steller und nach Menge in gemischten Einheiten (z.B. kg, m², Stückzahl) und Wert (1000 Euro). Dies stellt den Kern der erforderlichen Daten dar.

Dienstleistungen

Der Tertiär- oder Dienstleistungssektor umfasst alle Dienstleistungen, die in eigenständigen Unternehmungen oder durch den Staat sowie in anderen öffentlichen Einrichtungen erbracht werden. Ihm gehören unter anderem folgende Wirtschaftszweige an:

- Handel
- Verkehr, Logistik
- Tourismus, Hotel- und Gaststättengewerbe
- Sozialwirtschaft
- Nachrichtenübermittlung
- Kreditinstitute
- Versicherungen
- Wohnungsvermietung
- sonstige Unternehmen oder freie Berufe, die Dienstleistungen erbringen
- Organisationen ohne Erwerbscharakter
- Gebietskörperschaften
- private Haushalte
- öffentliche Haushalte, z. B. Staat, Gemeinden, Militär, Kirche
- Handwerk

⁴⁶ Das Verarbeitende Gewerbe umfasst die Herstellung von Waren, die nach ihrer Fertigung als Vorleistungsgüter, Investitionsgüter, Gebrauchs- oder Verbrauchsgüter verwendet werden. Dabei wird sowohl die industrielle als auch die handwerkliche Fertigung einbezogen sowie die Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/IndustrieVerarbeitendesGewerbe/IndustrieVerarbeitendesGewerbe.html> (Zugriff 25.03.2015)

Daten zu Dienstleistungen stehen ebenfalls mit den Statistiken von IT.NRW zur Verfügung. Hier ist zu prüfen, welche Daten in welcher Disaggregation benötigt würden, um die Koeffizienten pro Einheit Output sinnvoll anlegen zu können.

Konsum

Dem zuvor angesprochenen Bereich der Entstehungsseite des BIP einer Volkswirtschaft steht die Verwendungsseite oder letzte inländische Verwendung gegenüber (zzgl. Exporten ergibt sich die gesamte letzte Verwendung). Sie besteht aus:

- Konsumausgaben der privaten Haushalte und privater Organisationen ohne Erwerbszweck
- Konsumausgaben des Staates
- Bruttoinvestitionen

Daten für diese Hauptkategorien stehen für NRW aus IT-NRW zur Verfügung, die Detailgrade sind im Hinblick auf die Verknüpfung mit den Koeffizienten zu prüfen.

Zu den Konsumausgaben der privaten Haushalte stehen z.B. Daten in tiefer Gliederung zur Verfügung.

Statistiken von IT.NRW mit Bezug auf Datenerfordernisse nach dieser Studie:

1. Produktionsstatistik
Bergbau, Steine Erden, verarbeitendes Gewerbe: Produktion nach GP2009 9-steller nach Menge in gemischten Einheiten und Wert (1000 Euro)
d.h.: Sekundärsektor tief gegliedert
<https://webshop.it.nrw.de/gratis/E159%20201200.pdf> (Zugriff 25.03.2015)
2. Baugewerbe
zu prüfen, was benötigt wird
<https://webshop.it.nrw.de/ssearch.php?kategorie=2100> (Zugriff 25.03.2015)
3. Handel, Dienstleistungen
zu prüfen, was benötigt wird; auch Außenhandel verfügbar
<https://webshop.it.nrw.de/ssearch.php?kategorie=2200> (Zugriff 25.03.2015)
4. Unternehmen, Handwerk
relevant?
<https://webshop.it.nrw.de/ssearch.php?kategorie=2050> (Zugriff 25.03.2015)
5. Verkehr
zu prüfen, was benötigt wird
<https://webshop.it.nrw.de/ssearch.php?kategorie=2300> (Zugriff 25.03.2015)
6. Gastgewerbe, Tourismus
zu prüfen, was benötigt wird
<https://webshop.it.nrw.de/ssearch.php?kategorie=2400> (Zugriff 25.03.2015)
7. Umweltökonomische Gesamtrechnungen
<https://webshop.it.nrw.de/ssearch.php?kategorie=3000&prefix=P31> (Zugriff 25.03.2015)
8. Gesamtrechnungen (beinhaltet UGR)
<https://webshop.it.nrw.de/ssearch.php?kategorie=3000> (Zugriff 25.03.2015)

VGR muss bestellt werden – CD/DVD für 29,95 €

<https://webshop.it.nrw.de/ssearch.php?kategorie=3000&prefix=P00> (Zugriff 25.03.2015)

Entstehung, Verteilung und Verwendung des Bruttoinlandsprodukts in NRW – 2004

<https://webshop.it.nrw.de/ssearch.php?kategorie=3000&prefix=P13> (Zugriff 25.03.2015)

Bruttoanlageinvestitionen in NRW - Landesergebnisse – 2001

<https://webshop.it.nrw.de/ssearch.php?kategorie=3000&prefix=P18> (Zugriff 25.03.2015)

Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung und Arbeitnehmerentgelt in NRW; Revidierte Ergebnisse - 2002

<https://webshop.it.nrw.de/ssearch.php?kategorie=3000&prefix=P21> (Zugriff 25.03.2015)

9. Energiebilanz, Umwelt

<https://webshop.it.nrw.de/ssearch.php?kategorie=3100> (Zugriff 25.03.2015)

10. Einkommen, Verdienste, Verbrauch

<https://webshop.it.nrw.de/ssearch.php?kategorie=2900> (Zugriff 25.03.2015)

11. Recht, Sozialleistungen

<https://webshop.it.nrw.de/ssearch.php?kategorie=2500> (Zugriff 25.03.2015)

12. Öffentliche Finanzen

<https://webshop.it.nrw.de/ssearch.php?kategorie=2600> (Zugriff 25.03.2015)

13. Land- und Forstwirtschaft

<https://webshop.it.nrw.de/ssearch.php?kategorie=1800> (Zugriff 25.03.2015)

Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder UGRdL:

<http://www.ugrdl.de/> (Zugriff 25.03.2015)

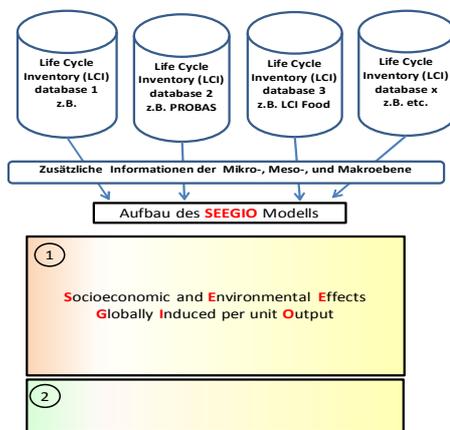
7.3 Ermittlung des produktspezifischen RME und RMI am Beispiel der Produktion eines Personenkraftwagen

Die im Kapitel 4 erläuterten methodischen Schritte für die Ermittlung von politisch relevanten Auswirkungen der Produktion bzw. Verwendung von Produkten werden hier mit Hilfe eines Zahlenbeispiels illustriert. Es wird gezeigt wie das Rohstoffäquivalent (RME) sowie der gesamte Rohstoffinput (RMI), die mit der Produktion eines spezifischen Produkts in NRW verbunden sind, berechnet werden können. Die geschilderte Ermittlung beider ressourcenbezogener Nachhaltigkeitsindikatoren wird hier am Beispiel der **Produktion eines Personenkraftwagens (PKW)** in NRW vorgeführt.

Aufgrund des enormen realen Zeitaufwandes hinsichtlich der Datenaufbereitung, die der vollständige Aufbau eines NRW-spezifischen erweiterten Produktionssystemmodells erfordert, wird hierfür von einem „Vereinfachten Produktionssystemmodell“ für NRW ausgegangen. Dieses „Vereinfachten Produktionssystemmodell“ für NRW ist eine auf NRW grob angepasste Version eines selbst aufgebauten erweiterten Produktionsmodells für Deutschland für das Jahr 2010. Damit bildet das hier angewendete „Vereinfachte Produktionssystemmodell“ für NRW die „regionale“ Produktionscharakteristika nur ansatzweise ab. Die Anwendung dieses vorläufigen Produktionssystemmodells für NRW ermöglicht eine Reduktion des Datenaufbereitungsaufwands, so dass das RME eines produzierten PKW bzw. des RMI der gesamten Produktion der Industriesparte „Personenkraftwagen und Kraftwagenmotoren“ in NRW in der Größenordnung abgeschätzt werden kann. Dieses vereinfachte Vorgehen ist gerechtfertigt, da das Ziel dieses Zahlenbeispiels die Verdeutlichung und Veranschaulichung aller Berechnungen und Ableitungen, angefangen von (SEEGIO) als Ausgangsmodell bis zur finalen Ermittlung der Indikatoren, ist. Diese Berechnungen bzw. Ableitungen werden im Folgenden in ihren einzelnen Arbeitsschritten abgebildet.

Für den Aufbau von SEEGIO werden hauptsächlich Datenbanken über produktspezifische Sachbilanzen verwendet. Diese Informationen werden mit anderen Datensätzen kombiniert, um das gesamte Modell aufzubauen.

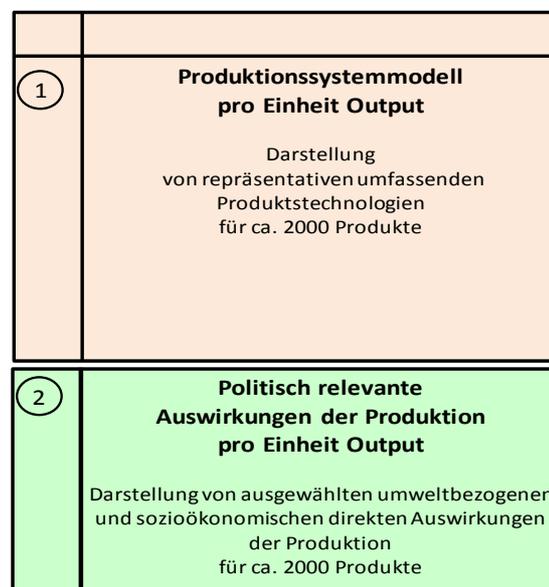
Abbildung 24: Aufbau des SEEGIO-Modells



Quelle: Eigene Darstellung

SEGGIO besteht aus zwei Modulen: Das Modul der repräsentativen umfassenden Produktionstechnologien und das Modul der umweltbezogenen und sozioökonomischen direkten Auswirkungen der Produktion.

Abbildung 25: Bestandteile des SEEGIO-Modells



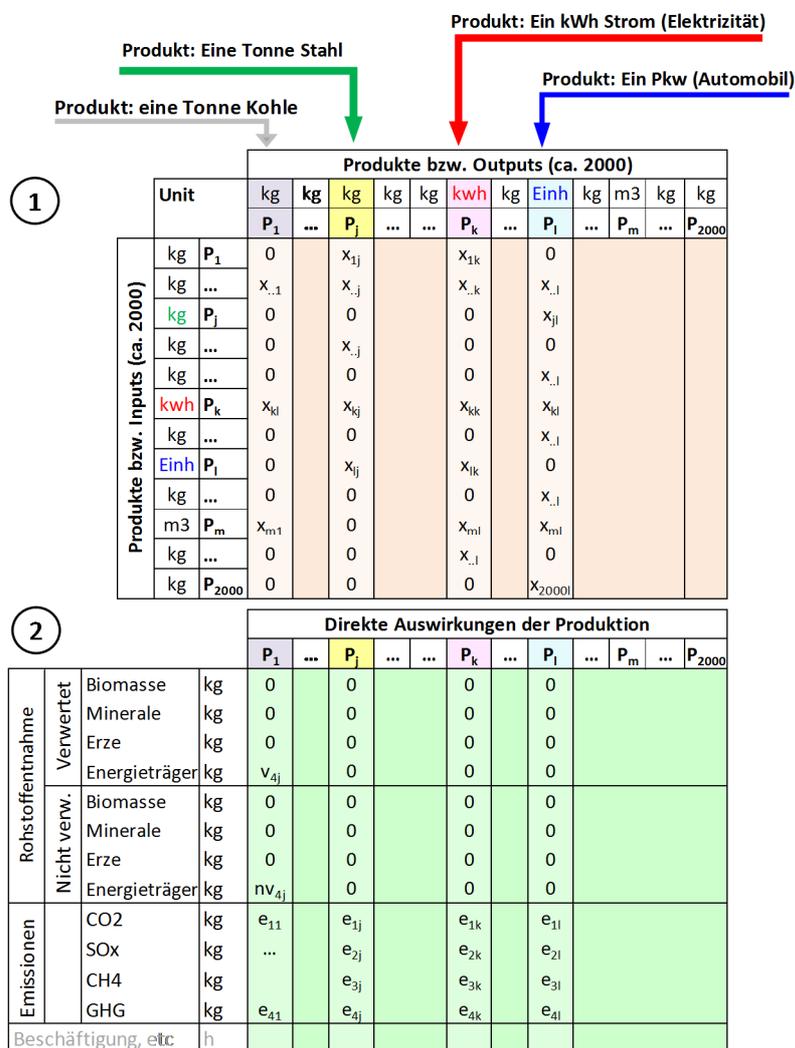
Quelle: Eigene Darstellung

Das Modul der repräsentativen umfassenden Produktionstechnologien bzw. Produktionssystemmodell pro Einheit Output ist eine Matrix. In den Zeilen dieser Matrix werden Mengen verschiedener Produkte bzw. Vorprodukte dargestellt, deren Einsatz notwendig ist, um die Produkte bzw. Endprodukte zu produzieren, die in den Spalten dargestellt sind.

Somit werden in einer Spalte des Produktionssystemmodells „SEEGIO“ die Mengen der verschiedenen Inputs erfasst, die direkt eingesetzt werden müssen, damit die Produktion einer Einheit Output eines bestimmten Produkts (z.B. ein PKW, eine Tonne Stahl, oder eine kWh Strom) erfolgen kann. Diese systematische Zusammenstellung der verschiedenen Inputmengen für die Produktion einer Einheit Output eines konkreten Produkts wird innerhalb in der Produktionstheorie als Darstellung der Produktionstechnologie des betrachteten Produkts bezeichnet.

Das Modul der umweltbezogenen und sozioökonomischen direkten Auswirkungen der Produktion ist ebenfalls eine Matrix. In dieser Matrix werden verschiedene direkte Auswirkungen der Produktion einer Einheit Produkt repräsentiert. Direkte Auswirkungen der Produktion einer Tonne Kohle (d.h. ohne Berücksichtigung anderer Auswirkungen entlang der Produktionskette) sind zum Beispiel die verwertete (und nicht verwertete) Ressourcenentnahme aus der Umwelt und die CO₂ Emissionen, die die Produktion einer Tonne Kohle durch den Kohlenbergbau verursacht.

Abbildung 26: SEEGIO als erweitertes umfassendes Produktionsverflechtungsmodell

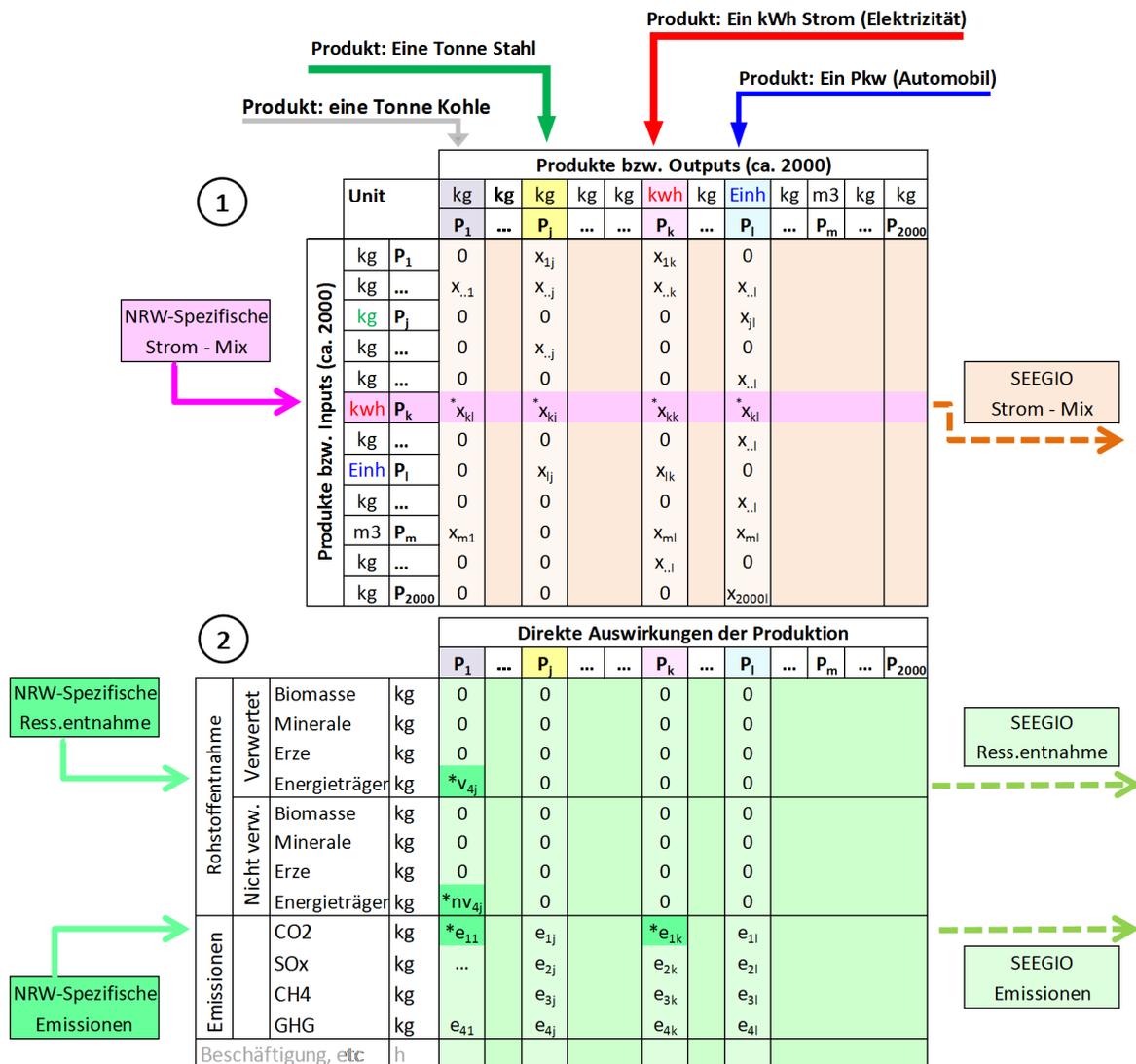


Quelle: Eigene Darstellung

Die Auswirkungen der Produktionscharakteristika im Land NRW lassen sich sachgerechter abbilden, wenn das erweiterte repräsentativ umfassende Produktionsmodell (SEEGIO) zunächst an die „regionale“ Produktionsrealität angepasst wird.

Diese Anpassung kann beispielsweise mittels der Abbildung des tatsächlichen Strom-Mix und den damit verbundenen CO₂ Emissionen in NRW im repräsentativen Modell erfolgen. Dies setzt den Ersatz im erweiterten repräsentativ umfassenden Produktionsmodell des vorgegebenen Strom-Mix-Inputs und der direkten CO₂ Emissionen durch die entsprechenden „NRW-spezifischen“ Größen voraus. Dadurch wird ein NRW „spezifisches“ konsolidiertes erweitertes Produktionssystemmodell aufgebaut.

Abbildung 27: Aufbau eines „NRW spezifischen“ konsolidierten erweiterten Produktionssystemmodells

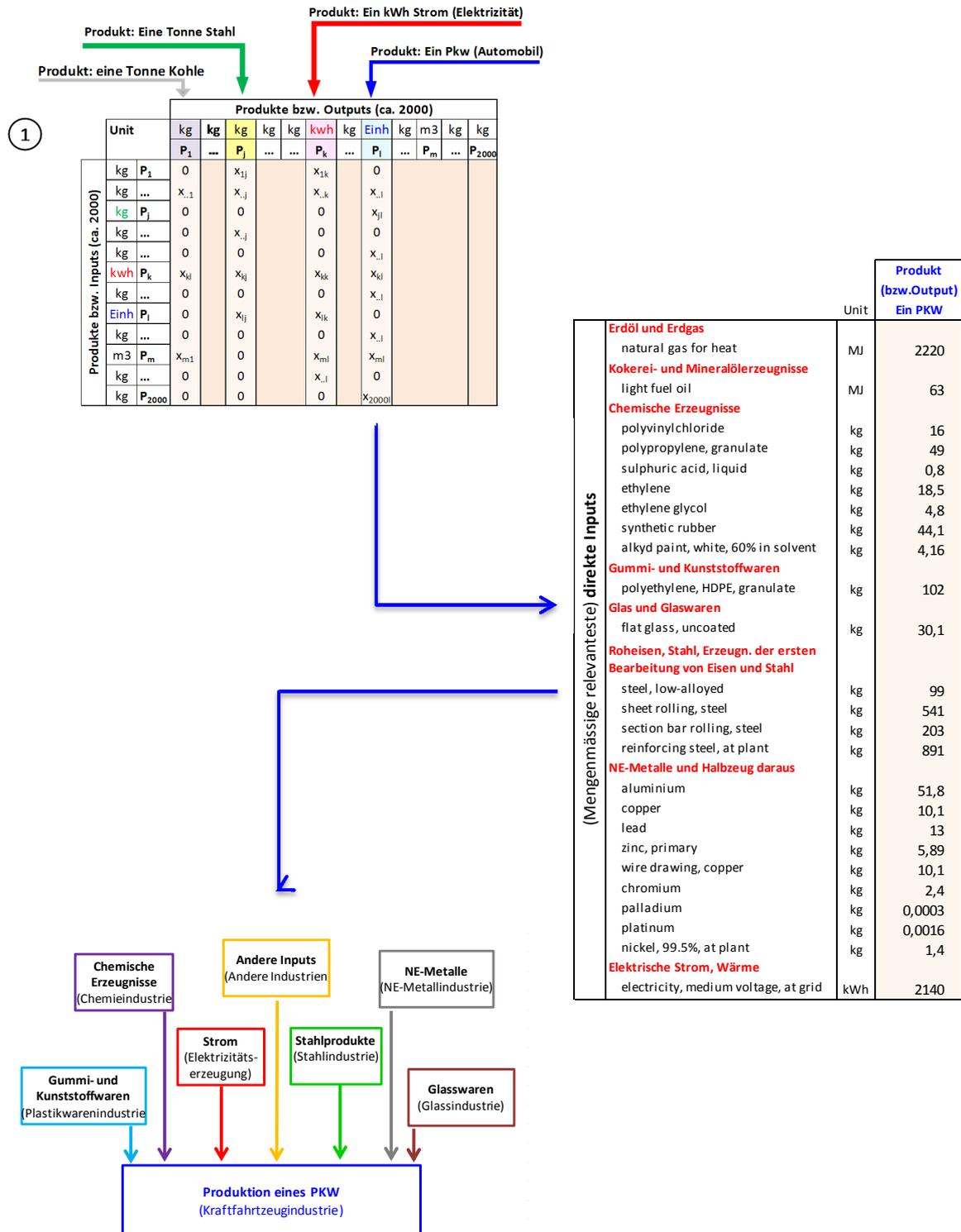


Quelle: Eigene Darstellung

Auf der Basis eines NRW-spezifischen erweiterten Produktionsverflechtungsmodells können verschiedene produktspezifische Auswirkungen der Produktion bzw. des Konsums im Land NRW ermittelt werden.

Dies wird hier am Beispiel des gesamten Rohstoffinput veranschaulicht, den die Produktion bzw. Verwendung eines Personenkraftfahrzeugs (z.B. Typ Golf 4) verursacht. Dafür wird von den Informationen über die Produktionstechnologie des betrachteten spezifischen Produkts ausgegangen. Diese Informationen können aus dem aufzubauenden NRW-spezifischen erweiterten Produktionssystemmodell entnommen werden. Für die Veranschaulichung wird auf Angaben aus der Life Cycle Inventory Datenbank von ECOINVENT 2.0 zurückgegriffen.

Abbildung 28: Repräsentative Produktionstechnologie für die Herstellung eines PKW – Abbildung von ausgewählten direkten Inputs

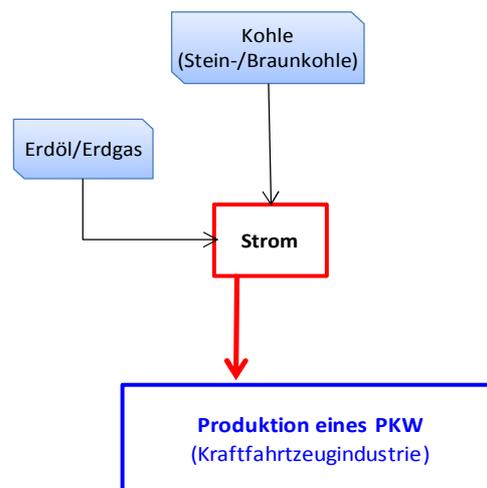


Quelle: Eigene Darstellung auf der Basis von Sachbilanzdaten entnommen aus ECOINVENT 2.0 für die Produktion eines Personenkraftwagens (Golf 4)

Für die Produktion aller direkten Inputs – notwendig für die Herstellung eines PKW – werden wiederum zusätzliche Vorprodukte bzw. Materialien benötigt. Diese Vorprodukte sind die sogenannten indirekten Inputs der Produktion eines PKW.

Inputs für die Erzeugung der elektrischen Strommenge, die bei der Produktion eines PKW direkt eingesetzt werden, können beispielsweise fossile Energieträger sein. Somit sind die für die Stromerzeugung eingesetzten fossilen Energieträger indirekte Rohstoffinputs der Produktion eines PKW.

Abbildung 29: Ausgewählte indirekte Rohstoffinputs für die Produktion eines PKW aufgrund des Stromverbrauchs



Quelle: Eigene Darstellung

Entsprechend der Charakteristika der Produktion in NRW bedeutet dies im Falle der regionalen Produktion eines PKW, dass ca. 90% der dafür direkt verbrauchten Strommenge in Höhe von 2140 kWh pro Einheit PKW (Typ Golf 4) auf der Basis des Einsatzes von fossilen Energieträgern produziert wird (Abb. 29).

Diese Abschätzung beruht auf Angaben über die Erzeugung von elektrischem Strom nach Energieträgern in NRW im Jahre 2012. Demnach werden hauptsächlich fossile Energieträger für die Produktion von Elektrizität in NRW verwendet (Steinkohle 31%, Braunkohle 50%, Erdgas 11%, Quelle: ITNRW, 2014: Energiebilanz und CO₂-Bilanz in NRW – 2012; <https://webshop.it.nrw.de/ssearch.php?kategorie=3100&prefix=E44> (Zugriff 25.03.2015)).

Auf der Basis dieser Informationen sowie Angaben über die technischen Umwandlungscharakteristika (u. a. Effizienz) der angewendeten Produktionstechnologien für die Stromerzeugung in NRW, lässt sich ein Teil des Rohstoffinputs ermitteln, der die Produktion einer Einheit PKW (Typ Golf 4) verursacht.

Tabelle 3: Stromerzeugung in NRW - Rohstoffinput nach fossilen Energieträgern

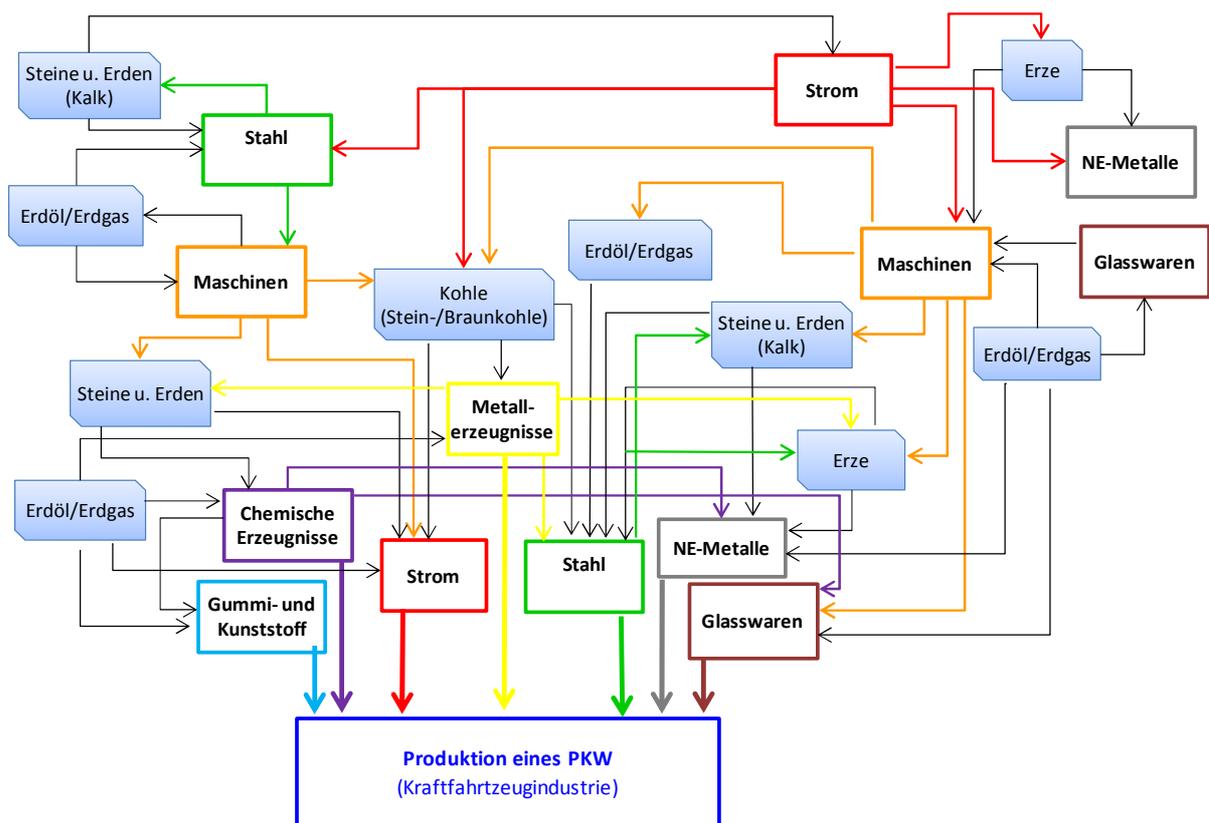
	GESAMTINPUT		GESAMTOUTPUT		INPUT pro kWh		INPUT pro PKW (2140 kWh)	
	Einheit	Menge	Einheit	Menge	Einheit	Menge	Einheit	Menge
Steinkohle	1000 t	20.047	Mill. kWh	52.113	kg/kWh	0,385	kg	667
Braunkohlen	1000 t	*27.829	Mill. kWh	83.976	kg/kWh	0,331	kg	1.075
Erdgas	Mill.m3	4.279	Mill. kWh	17.741	m3/kWh	0,241	**kg	162

*eigene Schätzung; ** für die Umrechnung in kg wurde eine Dichte von 0,712 kg/m³ angenommen.

Quelle: Eigene Berechnung

Die gleiche Berechnungsprozedur gilt für alle andere Inputs eines PKW und deren Vorprodukte entlang der jeweiligen Produktionskette bis zur Ermittlung des damit verbundenen gesamten Rohstoffinputs bzw. der Rohstoffäquivalente.

Abbildung 30: Vereinfachtes Schema des partiellen indirekten Rohstoffinputs, der durch die direkten Inputs für die Produktion eines PKW entlang der Produktionskette verursacht wird



Quelle: Eigene Darstellung

Daraus lässt sich entnehmen, dass der Einsatz jedes direkten Inputs bei der Produktion eines PKW (wie z.B. Stahl, NE-Metalle, Strom, Glaswaren, Gummi und Kunststoffwaren, Chemische Erzeugnisse, etc.) und deren Vorprodukte mit dem Einsatz von bestimmten Mengen an Rohstoffen entlang der entsprechenden Produktionskette verbunden ist. Für die Erzeugung des direkt eingesetzten Stroms bei der Produktion eines PKW in NRW werden beispielsweise die Rohstoffe Kohle und Erdgas verwendet. Im Falle der Produktion des eingesetzten Stahl werden Kalk, Eisenerz und Kohle aus der Natur entnommen. Ein Rohstoffinput in Form von Quarzsanden wird für die Produktion von Glas benötigt, sowie Erdöl und Erdgas für die Produktion von Plastik und Lackfarben, etc.

Also besteht die Abschätzung des gesamten Rohstoffverbrauchs, der die Produktion eines Produkts hervorruft, in der Akkumulation aller eingesetzten Materialien entlang seiner gesamten Produktionskette. Dies umfasst alle Rohstoffe, die für die Bereitstellung aller direkten und indirekten Inputs für die Produktion des betrachteten Produkts notwendig sind. Sofern die Verfügbarkeit von Daten es ermöglicht, werden dabei auch die Rohstoffauswirkungen der Dienstleistungssektoren erfasst. Dadurch wird die Gesamtheit der Rohstoffauswirkungen innerhalb des gesamten Produktionssystems berücksichtigt.

Bei einem herkömmlichen Produkt „life cycle assesment“ werden im Gegensatz dazu vorab die sogenannten System-Grenzen gezogen. Somit wird in der Regel nur ein Teil der Auswirkungen berücksichtigt.

Im konkreten Fall der Produktion eines PKW (Automobil) ist der damit verbundene gesamte Rohstoffinput die Summe aller Rohstoffentnahmen aus der Umwelt, die ausschließlich indirekt über die Produktion aller notwendigen Inputs zustande kommen. Ein direkter Rohstoffinput findet dabei nicht statt, da die Automobilindustrie für seine Produktion keine Rohstoffe aus der Umwelt selbst entnimmt. Die bedeutet beispielsweise:

Gesamtrohstoffinput entlang der Produktionskette in Form von Kohle =

= \sum eingesetzte Kohle = Steinkohle für Stahl + Braunkohle für Strom + etc.

Gesamtrohstoffinput entlang der Produktionskette in Form von Erdöl/Erdgas =

= \sum eingesetzte Erdöl/Erdgas = Erdöl für Benzin und Diesel + Erdgas für Strom + etc.

Gesamtrohstoffinput entlang der Produktionskette in Form von Erzen:

= \sum eingesetzte Erze = Eisenerze für Stahl + Kupfererze und Aluminiumerze (Bauxit) für NE-Metalle + etc.

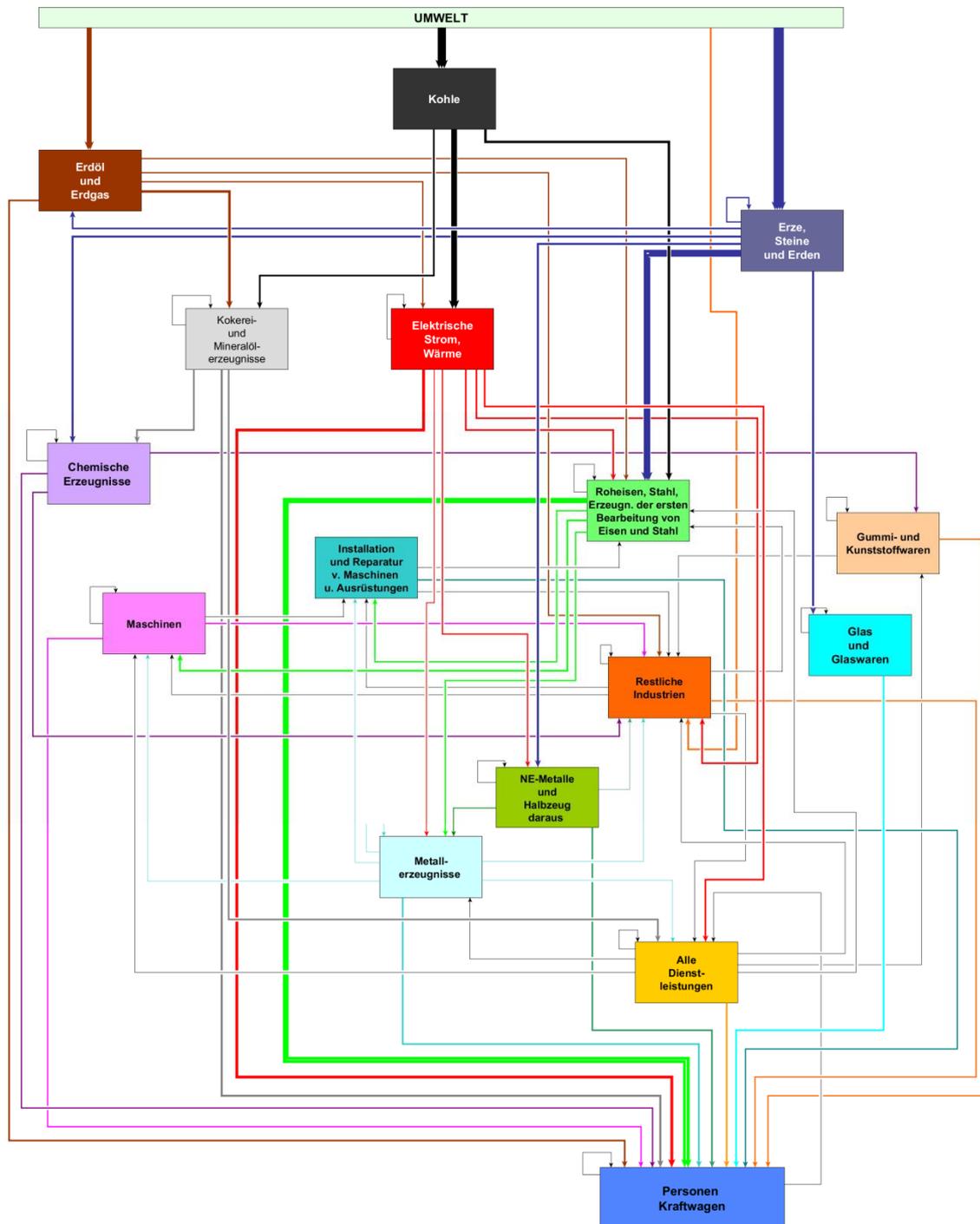
Gesamtrohstoffinput entlang der Produktionskette in Form von Steine und Erden:

= \sum eingesetzte Steine u. Erden = Mineralien für chemische Produkte + Kalkstein für Stahl + Gips für Strom + etc.

Gesamtrohstoffinput entlang der Produktionskette in Form von Biomasse =

= \sum eingesetzte Biomasse = Naturkausch für Reifen + Naturfasern für Textilien + etc.

Abbildung 31: Vereinfachtes Schema ausgewählter Rohstoffflüsse entlang der Produktionskette eines PKW in NRW



Quelle: Eigene Darstellung

Nach Anwendung des in Kapitel 4.5 dargestellten Ansatzes kann die Gesamtheit aller „Ressourcenauswirkungen“ der Produktion eines PKW ermittelt werden.

Tabelle 4: Rohstoffäquivalent (RME) für Personenkraftwagen

Rohstoffäquivalent (RME) - Personenkraftwagen		
Einheit	in Tonnen pro produzierte PKW in NRW*	in Tonnen per 1000 Euro Produktion in NRW*
Gesamt	7,4480	0,5729
Erze zusammen	2,7336	0,2103
Eisen- und Manganerze	0,7612	0,0586
Kupfererze	0,7082	0,0545
Aluminiumerze (Bauxit)	0,1258	0,0097
Andere Nichteisenerze	1,1351	0,0873
Fossile Energieträger zusammen	2,2757	0,1751
Steinkohle und Braunkohle	1,7417	0,1340
Erdöl, Erdgaskondensate, Flüssigerdgas	0,3723	0,0286
Erdgase	0,1617	0,0124
Mineralische Rohstoffe zusammen	2,3298	0,1792
Chemische Mineralien	0,0794	0,0061
Quarzsande	0,0695	0,0053
Kalkstein, Gips	0,4170	0,0321
Tone	0,0695	0,0053
Sonstige mineralische Rohstoffe	1,6944	0,1303
Biomasse zusammen	0,1089	0,0084

* Aufgrund des enormen Berechnungsaufwandes, welcher die Abschätzung des NRW-spezifischen Rohstoffinput der Produktion eines PKW bedeutet, und wegen der fehlenden Angaben (aus Geheimhaltungsgründen) über die Anzahl von produzierten PKW in der veröffentlichten Produktionsstatistik von IT.NRW, wird hier für Veranschaulichungszwecke ein dem Bundesdurchschnitt angepasstes Rohstoffäquivalent eines PKW dargestellt. Die durchgeführte Anpassung im Rahmen dieses Zahlenbeispiels betrifft ausschließlich den NRW-spezifischen Strom-Mix. Für die Abschätzung des gesamten Rohstoffinput in Tonnen pro PKW wurden 13.000 Euro als Produktionskosten eines PKW Typ Golf 4 angenommen. Darüber hinaus ermöglicht die Abschätzung des Rohstoffinputs bzw. Rohstoffäquivalents eines PKW in Tonnen pro 1.000 Euro Produktionswert die Ableitung des gesamten Rohstoffverbrauchs der Produktion von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren in NRW, da hierfür Daten über den entsprechenden gesamten Produktionswert vorhanden bzw. veröffentlicht sind.

Quelle: Eigene Berechnung auf der Basis von öffentlich zugänglichen Daten von DESTATIS (Umweltnutzung und Wirtschaft 2014: Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen, <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/Querschnitt/UmweltnutzungWirtschaftTabellenband.html> (Zugriff 25.03.2015); Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen 2014: Input-Output-Rechnung für 2010, <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/VolkswirtschaftlicheGesamtrechnungen/InputOutputRechnung/VGRInputOutputRechnung.html> (Zugriff 25.03.2015)), und IT.NRW (2014: Energiebilanz und CO2-Bilanz in NRW – 2012 <https://webshop.it.nrw.de/ssearch.php?kategorie=3100&prefix=E44> (Zugriff 25.03.2015) sowie Verarbeitendes Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden in Nordrhein-Westfalen 2012 -2013, Produktion <https://webshop.it.nrw.de/details.php?id=18376> (Zugriff 25.03.2015))

Die auf diese Weise berechnete gesamte Rohstoffmenge, die für die Produktion eines PKW in NRW aus der Umwelt entnommen wird, umfasst die insgesamt verursachte inländische und ausländische Materialextraktion. Somit stellt die ermittelte Größe die „globale“ Rohstoffentnahme dar, die mit der Produktion eines PKW in NRW verbunden ist, da im „regional“ repräsentativ umfassenden Produktionssystemmodell die gesamten technisch bedingten notwendigen Inputmengen (d.h. unabhängig von ihrer Herkunft) erfasst sind. Dadurch bildet die ermittelte Größe das Rohstoffäquivalent (RME „Raw Material Equivalent“) bzw. den rohstofflichen Fußabdruck eines produzierten PKW in NRW ab.

Das im Rahmen des hier dargestellten Beispiels „PKW“ ermittelte Rohstoffäquivalent in Tonnen pro 1.000 Euro Produktionswert Kraftwagen und Kraftwagenmotoren in NRW für das Jahr 2012 (0,5729 t/1.000 Euro), ist etwas kleiner als das entsprechende durchschnittliche Rohstoffäquivalent für die EU im gleichen Jahr (0,7384 t/1.000 Euro, veröffentlicht von Eurostat). Verglichen mit dem durchschnittlichen Wert für Deutschland (0,5149 t/1.000 Euro, eigene Berechnung) ist der „NRW-spezifische“ RME eines PKW größer. Dies ist insbesondere auf den Mix des Einsatzes von fossilen Energieträgern bei der Erzeugung von Elektrizität zurückzuführen.

Beide abgeschätzten Rohstoffäquivalente für NRW (7,448 t pro produzierte PKW bzw. 0,5729 t pro 1.000 Euro Produktionswert von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren) stellen die sogenannten Multiplikatoren dar. Bei den Multiplikatoren handelt es sich um akkumulierte Auswirkungen pro Einheit Produkt. Sie können auch als „Skalierungsgrößen“ verstanden werden und zwar im Sinne von Ausgangsgrößen für die Ermittlung des Rohstoffinputs, der mit der gesamten Produktion von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren in NRW assoziiert ist.

In diesem Beispiel erfolgt die Abschätzung des gesamten Rohstoffinputs, der die Produktion von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren in NRW global verursacht, näherungsweise auf der Basis der Angaben in Tonnen pro 1.000 Euro. Hierfür stehen Angaben über den gesamten Produktionswert von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren in NRW zur Verfügung. Sie können aus den veröffentlichten Produktionsstatistiken für 2012 entnommen werden. Dementsprechend lässt sich der gesamte Rohstoffinput, der mit der gesamten Produktion von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren in NRW verbunden ist, mit Hilfe folgender Gleichung berechnen:

$$\begin{array}{rcl} R_{\text{NRW}} & = & RME_{\text{NRW}} \quad * \quad PW_{\text{NRW}} \\ \text{(Tonnen)} & = & \text{(Tonnen/1.000 Euro)} \quad \quad \quad \text{(1.000 Euro)} \end{array}$$

Mit:

- R_{NRW} : Rohstoffinput für die gesamte Produktion von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren in NRW.
- RME_{NRW} : Rohstoffäquivalent bzw. Rohstoffmultiplikator für Personenkraftwagen und Kraftwagenmotoren in NRW (vgl. Tabelle 4)
- PW_{NRW} : Produktionswert von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren in NRW ohne andere Kfz wie Schleppwagen etc. (entnommen aus: IT-NRW (2014):Verarbeitendes Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden in Nordrhein-Westfalen 2012 -2013, Produktion – Ergebnisse der vierteljährliche Produktionserhebung, S. 106).

$$\begin{array}{rcl} R_{\text{NRW}} & = & 0,5729 \quad * \quad 8.781.125 \quad = \quad 5.030.707 \\ \text{(Tonnen)} & = & \text{(Tonnen/1.000 Euro)} \quad \quad \quad \text{(1.000 Euro)} \quad \quad \quad \text{(Tonnen)} \end{array}$$

Der abgeschätzte Rohstoffinput in Höhe von 5,030 Millionen Tonnen, der die Produktion von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren in NRW im Jahr 2012 verursacht hat, stellt eine Abschätzung der Größenordnung dar. Sie ist als grobe Annäherungsgröße zu verstehen und zwar als Resultat der Einwirkung bestimmter Produktionscharakteristika.

Sofern die Produktionscharakteristika konstant bleiben, ist der gesamte Rohstoffinput allein eine Funktion des gesamten Produktionsvolumens der Kraftfahrzeugindustrie in NRW bzw. im betrachteten regionalen Produktionssystem. Im Falle einer Veränderung der regionalen Produktionscharakteristika z. B. durch eine höhere anteilige Erzeugung von Strom auf Basis regenerativer Energie, wäre der zu ermittelnde Rohstoffinput das Ergebnis sowohl des Produktionsvolumens wie der veränderten Technologie-Mix der Stromproduktion (z.B. 70% fossile Energieträger, 10% nachwachsende Rohstoffe, 20% Windkraft und Photovoltaik), was sich in einem entsprechend kleineren RME niederschlagen würde. Somit wird deutlich, dass die Möglichkeit der Abschätzung der Auswirkungen derartiger Veränderungen eines auf NRW konsolidierten Produktionssystemmodells immanent ist.

Darüber hinaus können mittels der Anwendung der dargestellten Vorgehensweise weitere ressourcenbezogene und andere umweltbezogene Indikatoren abgeschätzt werden. Im Falle der ressourcenbezogenen Indikatoren betrifft dies insbesondere den produktspezifischen Rohstoffverbrauch im Sinne von RMC oder TMC, der mit der inländischen Verwendung des betrachteten Produkts verbunden ist. Hierfür können die entsprechenden durchschnittlichen repräsentativ umfassenden Multiplikatoren mit Größen der inländischen letzten Verwendung bzw. des inländischen Konsums in NRW kombiniert werden. Die öffentlich zugänglichen Statistiken für die Bundesländer zeigen, dass die Daten zu den Hauptkomponenten der inländischen letzten Verwendung in NRW, wie: Privater Konsum, Staatsverbrauch und Bruttoanlageinvestitionen, vorhanden sind. Bei fehlenden NRW-spezifischen Daten zur inländischen letzten Verwendung können dazu Bundes-

durchschnitte je Einwohner herangezogen werden. Die Zahlen pro Einwohner für NRW entsprechen weitgehend den Bundesdurchschnittswerten (siehe hierzu Arbeitskreis „Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung der Länder“, 2014: Entstehung, Verteilung und Verwendung des Bruttoinlandsprodukt in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland 1991 bis 2013,

https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/VolkswirtschaftlicheGesamtrechnungen/VGRderLaender/VGR_LaenderergebnisseBand5.html (Zugriff 25.03.2015).

Auf diese Weise kann die Problematik der Datenverfügbarkeit hinsichtlich der Bezüge und Lieferungen aus oder in andere Bundesländer umgegangen werden, so dass die verschiedenen Indikatoren zu Ressourcenverbrauch und Ressourceneffizienz, die im nationalen und europäischen Kontext verwendet werden, auch für das Land NRW ermittelt werden können.

Das hier vorgestellte produktspezifische Beispiel „PKW“ zeigt auch die Anwendungsmöglichkeit für eine detaillierte Berichterstattung zu diesen und anderen umweltbezogenen und sozioökonomischen Auswirkungen der Produktion und des Konsums in NRW. Die liefert die Grundlage für eine Vielfalt von möglichen Ansatzpunkten, Handlungen und politischen Maßnahmen nicht nur zur Messung und Erhöhung der Ressourceneffizienz, sondern auch zur Reduktion von unerwünschten Auswirkungen der Produktion und des Konsums (z.B. GHG). Die Ermittlung der makroökonomischen Auswirkungen der Produktion und des Konsums in NRW, sei es einzelner Produkte oder die gesamten produzierten oder konsumierten Waren einschließlich der Dienstleistungen, setzt in jedem Fall eine komplette Abbildung der Produktionscharakteristika in NRW voraus. Und dies kann wiederum nur mit dem Aufbau eines konsolidierten Produktionssystemmodells für NRW erfolgen.