

Statistische Indikatoren für Materialintensität, Dematerialisierung und Informationsgesellschaft

Überblick, Ausblick und exemplarische Anwendung zum Vergleich zwischen der Schweiz, Ländern der EU und weltweit

Facharbeit im Fach Informatik

9.6.2015

Jorim Urner

Zürich

S11724416

jorim.urner@uzh.ch

Betreut von Prof. Dr. Lorenz Hilty

Institut für Informatik Universität Zürich

<u>EINLEITUNG</u>	4
<u>STATISTISCHE INDIKATOREN</u>	5
DIRECT MATERIAL INPUT (DMI)	5
DOMESTIC MATERIAL CONSUMPTION (DMC)	5
TOTAL MATERIAL REQUIREMENT (TMR)	5
RESSOURCENPRODUKTIVITÄT (RP)	5
<u>DIE SCHWEIZ IM VERGLEICH</u>	6
DMI UND DMC	6
TMR	8
DIE RESSOURCENPRODUKTIVITÄT	9
<u>ENTKOPPELUNG DER WIRTSCHAFT VOM VERBRAUCH</u>	11
VON DER INDUSTRIE ZUR INFORMATIONSGESELLSCHAFT	13
DIE EKC-KURVE	13
DIE EHRlich GLEICHUNG	14
DIE BEVÖLKERUNG	15
DAS WOHLSTANDSNIVEAU	15
DIE TECHNOLOGIE	15
SYNTHESE	16
<u>FAZIT</u>	18
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	20
<u>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</u>	21

Einleitung

Trotz begrenzter Verfügbarkeit und negativen Auswirkungen auf die Umwelt, werden natürliche Ressourcen viel zu stark beansprucht. In den letzten 20 Jahren hat die globale Rohstoffgewinnung um ca. 60% zugenommen und der Verbrauch von biotischen und abiotischen Materialien ist zwischen 1980 und 2009 um 35 auf 68 Milliarden Tonnen angestiegen, was pro Kopf einen Anstieg von 25 Prozent ausmacht (Dittrich et al. 2009).

Da ein Rohstoffabbau in diesem Ausmass für die Umwelt und das Ökosystem der Welt auf die Dauer nicht tragbar ist, muss der globale Materialverschleiss drastisch reduziert werden. Für eine nachhaltige Entwicklung müsste der Ressourcenverbrauch in Industrieländern um den Faktor 4-10 reduziert werden (Bringenzu et al. 2004). Die Entkoppelung der Wirtschaftsleistung vom Rohstoffverbrauch muss angepeilt werden. Doch ist es überhaupt möglich Wirtschaftswachstum zu erzielen, wenn gleichzeitig der Materialverbrauch reduziert wird? Wie sehen diesbezügliche Trends in der Schweiz, der EU und auf globalem Niveau aus?

Um dies zu ermitteln müssen statistische Indikatoren wie zum Beispiel der direkte Materialinput (DMI) genauer untersucht werden. Statistische Indikatoren helfen zu quantifizieren, welche Materialflüsse ein Land verursacht, wie effizient die gewonnenen Materialien verarbeitet und wie viele davon im Inland verbraucht oder exportiert werden.

Ziel dieser Arbeit ist es, solche Indikatoren genauer zu beschreiben und in einem Vergleich zwischen der Schweiz und verschiedenen EU-Ländern exemplarisch anzuwenden. Zusätzlich soll analysiert werden ob auf globaler Ebene eine Entkoppelung der Wirtschaft vom Ressourcenverbrauch plausibel ist, welche Faktoren den Entkoppelungsprozess beeinflussen und wie der Übergang von der Industrie- in die Informationsgesellschaft dabei behilflich sein kann.

Statistische Indikatoren

Um eine Übersicht zu erlangen, welche Indikatoren helfen Materialflüsse zu beschreiben und quantifizieren, werden hier die Wichtigsten aufgelistet:

Direct Material Input (DMI)

Der DMI setzt sich zusammen aus der Summe des importierten und der genutzten inländischen Gewinnung. Der DMI ist für den internationalen Vergleich der gebräuchliche Indikator um zu beschreiben wie viele Materialien eine Wirtschaft als Input benötigt. (BFS, 2008)

Domestic material consumption (DMC)

Dieser Indikator misst den totalen Materialkonsum eines Landes. Er setzt sich zusammen aus allen Importen und der inländischen Gewinnung, abzüglich aller Exporte. Somit beschreibt der DMC den DMI minus alle Exporte. (BFS, 2008)

Total Material Requirement (TMR)

Im Indikator totaler Materialaufwand (TMR) werden alle gewonnenen Materialien, inklusive der versteckten Flüsse und der ungenutzten inländischen Gewinnung aufaddiert. Durch den Einbezug der versteckten Flüsse wird der gesamte Ressourcenverbrauch erfasst, sowohl derjenige aufgrund von Importen entsteht, als auch derjenige, der durch die Herstellung dieser Produkte im Ausland erzeugt wird. Somit beinhaltet der TMR den DMI, sowie auch den Ressourcenverbrauch, welcher durch die inländische Wirtschaft im Ausland erzeugt wird. (BFS, 2008)

Ressourcenproduktivität (RP)

Die Ressourcenproduktivität (= Bruttoinlandprodukt BIP / totaler Materialaufwand TMR) hilft zu messen wie sich das Bruttoinlandprodukt im Verhältnis zum totalen Materialaufwand entwickelt. Die Ressourcenproduktivität nimmt zu, wenn mehr Geld mit weniger Ressourcen erwirtschaftet wird oder die

Menge an verbrauchten Ressourcen weniger schnell wächst als das BIP. Da viele Länder den TMR gar nicht erheben wird stattdessen oft der DMC verwendet, um Vergleiche anzustellen. (BFS, 2008)

Die Schweiz im Vergleich

DMI und DMC

Wird der direkte Materialkonsum und der direkte Materialinput untersucht, so kann festgestellt werden, dass in der Schweiz beide Indikatoren über die letzten 22 Jahren nur wenig zugenommen haben. Der DMI stieg ein wenig stärker als der DMC, da ebenfalls die Exportmenge in diesem Zeitraum leicht angestiegen ist.

Dies bedeutet jedoch nicht zwangsläufig, dass auch der Ressourcenverbrauch pro Kopf in der Schweiz angestiegen ist, denn in diesem Zeitraum ist auch die Bevölkerung der Schweiz gewachsen.

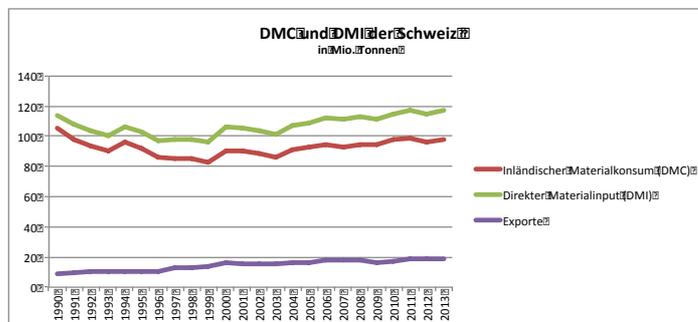


Abbildung 1: DMC und DMR der Schweiz (BFS 2014)

Wie in Italien, Grossbritannien, Frankreich, Portugal und Spanien liegt der direkte Materialinput der Schweiz unter 20 Tonnen pro Einwohner und Jahr und damit im Vergleich zu den übrigen EU-15 Ländern unterhalb des Durchschnitts. Mit 36 bzw. 26 Tonnen pro Einwohner und Jahr haben Belgien und Finnland die grössten DMI. Grundsätzlich haben Länder mit grossen Häfen (Niederlande und Belgien) und Länder mit einer hohen Ressourcenförderung (z.B. Finnland, Schweden oder Dänemark) einen hohen DMI. Betrachtet man jedoch den DMC dieser Länder, so wird ersichtlich, dass ein grosser Teil des Materials wieder exportiert wird. (BFS 2008)

Generell kann gesagt werden, dass der Materialverbrauch vor allem von der Struktur der Wirtschaft und weniger vom Nationaleinkommen oder der wirtschaftlichen Entwicklung abhängig ist. Die Struktur der Wirtschaft wird bestimmt durch mehrere Faktoren, wie den Umfang des Handels, die Phase der wirtschaftlichen Entwicklung, den Lebensstandard, die Ausstattung an Ressourcen, die Bevölkerungsdichte, die klimatischen Bedingungen, der natürlichen Produktivität des Bodens und der Struktur des Energie Systems. (Weisz et al. 2006)

Ein Faktor, der stark zusammenhängt mit dem inländischen Materialkonsum, ist die Bevölkerungsdichte. Eine hohe Dichte resultiert in einem unterdurchschnittlichen Materialkonsum, da Materialien für Verkehrsinfrastruktur und Siedlungen mit hoher Dichte eingespart werden können. In dicht besiedelten Gebieten ist der Bau von Verkehrsinfrastruktur effizienter, da die Infrastruktur von mehreren Personen genutzt wird und keine Infrastruktur für kleine Gruppen in abgelegenen Gebieten gebaut werden muss. Dieser Effekt kommt noch mehr zum Tragen, betrachtet man den DMC/DMI pro Kopf. Eine hohe Bevölkerungsdichte führt auch dazu, dass pro Person weniger inländische Ressourcen verfügbar sind. Sind weniger Ressourcen vorhanden, so wird eher versucht, innerhalb Wirtschaftssektoren Geld zu machen, welche weniger Materialien benötigen. Zusätzlich führt die tiefe Verfügbarkeit von Ressourcen zu vielen Importen und materialintensive Prozesse werden oft ins Ausland ausgelagert (z.B. Fleischimporte). Das gleiche gilt natürlich im umgekehrten Sinn für Länder mit einer tiefen Bevölkerungsdichte, wie zum Beispiel Finnland. Besonders gut eignet sich dieser Faktor zur Beschreibung von Ländern mit extrem hohem oder tiefem Materialkonsum. (Weisz et al. 2006)

In der Schweiz ist der DMI pro Kopf gleichgeblieben oder hat sogar leicht abgenommen. Besonders in Irland ist dieser Wert ab dem Jahr 2007 stark gesunken. Der hohe DMI pro Kopf in Irland wurde verursacht durch hohe Investitionen in Baumaterialien, hervorgerufen durch eine rege Bautätigkeit im Siedlungsraum (Bringezu et al. 2004). Der hohe Materialverbrauch pro Kopf in Finnland wird verursacht durch die tiefe Bevölkerungsdichte. Im Jahr 2012 betrug sie 17.2 p/km^2 gegenüber Holland mit einer Dichte von 496 p/km^2 . Die durchschnittliche Dichte der EU liegt bei 116.3 p/km^2 . Zusätzlich zur Bevölke-

rungsdichte kommt noch, dass im DMI auch noch die Exporte eingerechnet sind und Finnland viele Produkte exportiert.

Im Kontinentalen Vergleich übersteigt der höchste Verbrauch eines Kontinentes den tiefsten um das Siebenfache, wobei in Ozeanien 37 und in Afrika nur 5 Tonnen pro Kopf verbraucht wurden (Dittrich et al. 2008). Während in entwickelten Regionen wie Europa der Materialkonsum zwischen 1980 und 2009 mehr oder weniger konstant blieb, wuchs er in Regionen wie Ostasien (inklusive China) um fast 270 Prozent (Dittrich et al. 2009). Generell feststellbar ist: Je weiter ein Land in der wirtschaftlichen Entwicklung fortgeschritten ist, desto mehr Ressourcen werden konsumiert (Dittrich et al. 2008). Somit muss auch in Zukunft mit steigendem Ressourcenverbrauch gerechnet werden, ausser die wirtschaftliche Entwicklung wird gestoppt.

TMR

Im Gegensatz zum DMI und dem DMC werden im TMR auch Materialien, Abfälle und Emissionen, die bei der Produktion von Importprodukten entstehen oder gebraucht werden berücksichtigt.

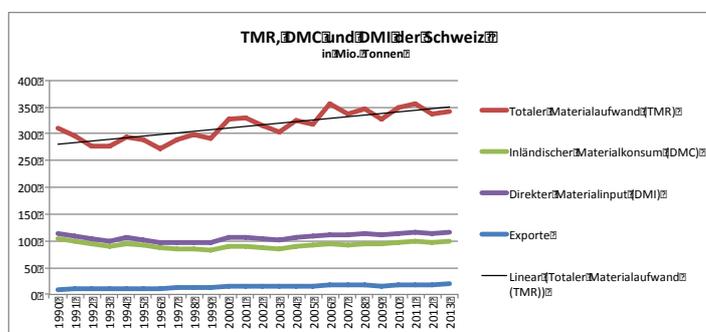


Abbildung 2: TMR, DMC und DMI (BFS 2014)

Verglichen mit dem DMC und dem DMI ist der TMR der Schweiz in den letzten Jahren stärker angestiegen. Zwischen 1990 und 2006 haben die versteckten Flüsse durch Importe um 36% zugenommen, währendem die Importe nur um 9% angestiegen sind. Dieser Anstieg lässt sich einerseits durch zunehmende Metallimporte erklären, andererseits durch die vermehrte Einfuhr von Endprodukten erklären. Der Anteil an Endprodukten ist zwischen 1990 und 2006 von 25% auf fast 40% angestiegen. Dies widerspiegelt die Tendenz, die Produktion von benötigten Endprodukten vermehrt ins Ausland zu verla-

gern. Ausserdem zeigt es, dass sich die Schweiz noch mehr von einer Industriegesellschaft zu einer Dienstleistungsgesellschaft entwickelt hat. (BFS 2008)

Die Ressourcenproduktivität

In den letzten 12 Jahren war die Ressourcenproduktivität in der Schweiz starken Schwankungen unterworfen. Während der TMR anfangs der 90er Jahre zurück ging, stagnierte der BIP, was zu einer zwischenzeitlichen Entkopplung der Wirtschaftsleistung und der Ressourcennutzung führte (BFS 2008). Dies ist vor allem auf die wirtschaftlich schlechteren Bedingungen zu dieser Zeit und dem damit verbundenen Rückgang der Aktivitäten im Bausektor zurückzuführen. Sobald sich die Wirtschaft Ende der 90er Jahre wieder zu erholen begann, stieg auch der TMR wieder an. Im Jahr 2006 ist die Ressourcenproduktivität beinahe wieder auf das Niveau von 1990 gesunken und die gewünschte Entmaterialisierung der Wirtschaft hat nicht oder nur in geringem Masse stattgefunden. (BFS 2008)

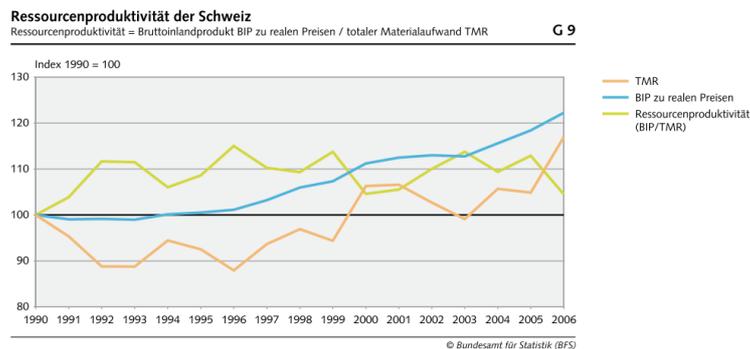


Abbildung 3: Ressourcenproduktivität der Schweiz (BFS 2013)

Im Vergleich mit der EU ist die Schweiz in Punkto Ressourcenproduktivität führend. Es muss jedoch beachtet werden, dass für die Berechnung der Ressourcenproduktivität der DMI verwendet wird und nicht der TMR. Somit bleiben die mit dem Import verbundenen versteckten Flüsse unbeachtet.

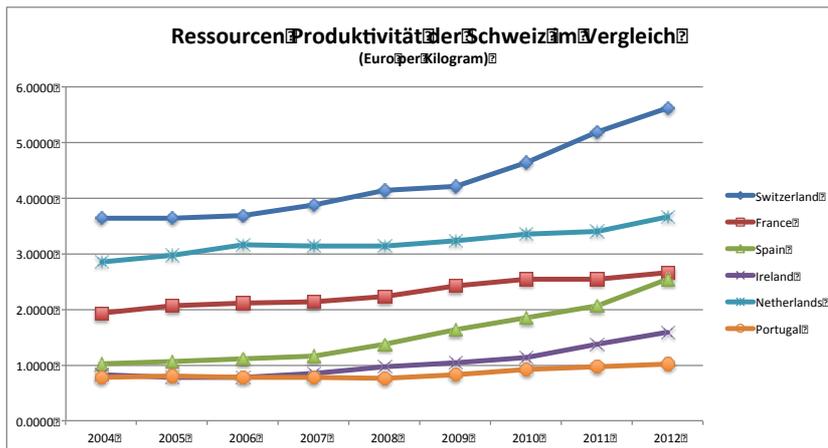


Abbildung 5: Vergleich der Ressourcenproduktivität (Eurostat 2015)

Im allgemeinen zeichnet sich in Europa die Tendenz eines steigenden Materialkonsums bei steigendem Bruttoinlandprodukt ab, wobei die DMI-Produktivität im Vergleich zu 1990 in den meisten Ländern leicht gestiegen ist. Jedoch korrelieren das BIP und der DMI in den meisten Fällen immer noch relativ stark. Nur in Irland ist die DMI-Produktivität stark angestiegen. Allerdings wurde dies durch ein überproportional angestiegenes BIP verursacht. Der Materialkonsum nahm zur gleichen Zeit trotzdem leicht zu. Grund dafür ist wahrscheinlich das grosse Wachstum von Firmen im Bereich der Entwicklung neuer Technologien, welche nur geringe Materialflüsse generieren. Im Gegensatz dazu ist in Portugal der Materialkonsum im Vergleich zum Bruttoinlandprodukt stärker angestiegen. Dies ist vor allem auf eine Verdoppelung der inländisch gewonnenen Materialien in diesem Zeitraum zurückzuführen, was eine deutliche Abnahme der Ressourcenproduktivität impliziert (BFS 2008).

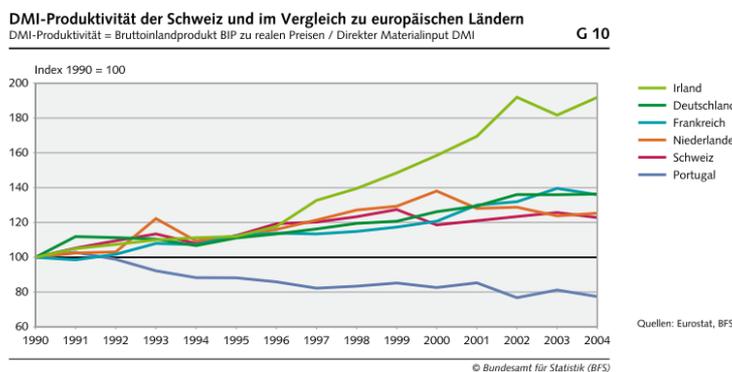


Abbildung 4: Vergleich der DMI-Produktivität (BFS 2013)

In der Periode von 2000 bis 2009 wurde allein in der EU die Ressourcenproduktivität um 17% gesteigert (Moll et al. 2012). Besonders im Jahr 2009 stieg

die Ressourcenproduktivität sehr stark, da der DMI stark zurück ging (ibid.). Die Wirtschaftskrise tangierte vor allem die Fertigungs- und die Bauindustrie, wodurch der DMI in diesem Jahr einen Rückgang von 11% verzeichnete (ibid.). Laut Bleischwitz et al. sind in allen Ländern der EU nur einige wenige Sektoren verantwortlich für den Grossteil der direkten und indirekten Ressourceninanspruchnahme. Für Deutschland induzieren die Sektoren Stromwirtschaft, Nahrungsmittel, Metalle, Automobilwirtschaft, Landwirtschaft, Bauen und Wohnen im Jahr 2005 rund 55 Prozent des ganzen Materialaufwandes (Bleischwitz et al. 2012). Dies zeigt, dass vor allem in einzelnen Branchen des ersten und zweiten Sektors der Ressourcenverbrauch gekürzt werden muss. Auf dem globalen Massstab war dieser Einbruch der Ressourcenproduktivität im Jahre 2009 nicht sichtbar, da der enorme Verbrauch von Materialien in Asien den Rückgang auf dem Rest der Welt überkompensierte. (Dittrich et al. 2009)

Entkoppelung der Wirtschaft vom Verbrauch

Ein weltweiter Materialkonsum im heutigen Ausmass ist aus ökologischer Sicht auf die Dauer nicht tragbar. Das weltweite Bevölkerungswachstum und der steigende Materialaufwand sind klare Zeichen dafür, dass natürliche Ressourcen effizienter und sparsamer genutzt werden müssen. Damit die Wirtschaft in Zukunft weitewachsen kann ist es deshalb unabdingbar, dass die Wirtschaftsleistung vom Materialkonsum entkoppelt wird.

Eine Entkoppelung zwischen wirtschaftlicher Entwicklung und Ressourcenverbrauch liegt dann vor, wenn die Wirtschaft schneller wächst als der Ressourcenverbrauch.

Die Entkoppelung ist relativ, wenn der Ressourcenverbrauch konstant bleibt oder langsamer wächst als die Wirtschaft. Sinkt der Ressourcenverbrauch und die Wirtschaft wächst trotzdem, ist die Entkoppelung absolut. Ob eine absolute Entkoppelung auf die Dauer überhaupt möglich ist, bleibt umstritten.

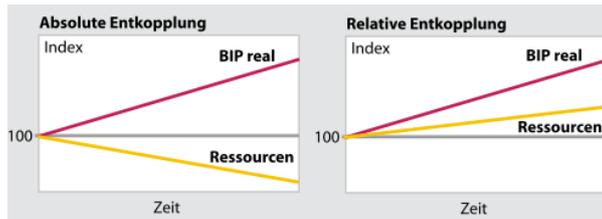


Abbildung 6: Relative vs. Absolute Entkoppelung (BFS 2013)

Über die ganze Welt gesehen konnte in den letzten 20 Jahren eine leichte relative Entkoppelung der Wirtschaft vom Ressourcenverbrauch festgestellt werden. Es gibt sogar einige Beispiele, in welchen kurzfristig die Wirtschaftsleistung anstieg während der Ressourcenverbrauch sank. Im Falle von Deutschland ist diese absolute Entkoppelung durch die Schliessung von Kohlenminen nach der Wiedervereinigung zu erklären, während in England die Deindustrialisierung dafür verantwortlich ist. Diese Ergebnisse sind jedoch mit Vorsicht zu geniessen, da der DMC als Indikator des Materialverbrauchs verwendet wird. Somit ist es gut möglich, dass die Abnahme des Ressourcenverbrauchs eine Konsequenz der Auslagerung von materialintensiven Prozessen ins Ausland darstellt. Somit wird das Problem nicht eliminiert sondern nur disloziert. (Dittrich et al. 2009)

Betrachtet man Entkoppelungsprozesse auf globalem Niveau, so wird klar, dass eine absolute Entkoppelung nur schwer vorstellbar ist. Trotz sinkender Kohlenstoff- und Energieintensität (Menge der Energie um eine Einheit des BIP herzustellen) sind seit 1970 die CO₂ Emissionen von fossilen Brennstoffen um 70% angestiegen. Emissionen sind heute um 40% höher als sie 1990 waren. (Jackson 2009)

Der globale DMC ist von 1990 bis 2009 um 60% angestiegen, was eindeutig zeigt, dass der Ressourcenverbrauch zunimmt (Dittrich et al. 2009). Dieser Anstieg könnte jedoch mit dem verstärkten Bedarf an Ressourcen der Entwicklungsländer abgetan werden. Jedoch kann auch in entwickelten Ländern höchstens eine Stabilisierung des DMC beobachtet werden (Jackson 2009). Hinzu kommt noch, dass im DMC die versteckten Flüsse nicht enthalten sind, obwohl doch gerade diese Länder dazu tendieren, ihre Produkte im Ausland anfertigen zu lassen (ibid.).

Von der Industrie zur Informationsgesellschaft

Damit die Wirtschaft auch in Zukunft weiterwachsen und zugleich weniger Ressourcen benötigt, müssen neue Bereiche zur Wertschöpfung erschlossen werden. Die politische Vision ist eine Informationsgesellschaft, deren Wertschöpfungsprozesse sich als Folge des allgemeinen Zugangs zu Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) grundlegend von denen der Industriegesellschaft unterscheiden (Hilty 2007). Die Frage ist jedoch, ob die Informationsgesellschaft der Schlüssel zu einer Entlastung der Natur sein kann, trotz ansteigender Ansprüche der Menschen an Wohlstand und Lebensqualität.

Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) bringt viel Potential mit sich. Aufgrund von IKT werden viele Produkte virtualisiert (z.B. CD zu mp3), Informationen digitalisiert (z.B. Katalog zu Website), Transporte dematerialisiert (z.B. Flug zu Telefonkonferenz), der Raum für Büros / Lagerhäuser vermindert und Lieferketten verkürzt (Yi et al. 2007). Generell können umfassende Datenanalysen dabei helfen, Prozesse immer besser zu optimieren. Zum Beispiel liegt bei der Einsparung von Energie durch IKT im Bereich der Raumheizung ein riesiges Potential, da heute praktisch ohne Information über die aktuelle Nutzung des Raumes geheizt wird (Hilty 2007). Es wäre jedoch falsch anzunehmen ein erhöhter Einsatz von IKT führe automatisch zu einer nachhaltigen Entwicklung. Diese wird nur durch zielgerichtete Rahmenbedingungen und Anreize für IKT gefördert.

Die EKC-Kurve

Die EKC-Kurve (Environmental Kuznets Curve) besagt, dass die Umweltbelastung in frühen Phasen der wirtschaftlichen Entwicklung zunimmt in späteren Phasen aber wieder abnimmt (Biswanger et al. 2005). Die Kurve der Umweltbelastung hat somit die Form eines umgekehrten U's im Verhältnis zum Wirtschaftswachstum. Länder mit einer wachsenden Wirtschaft sollten somit, laut Theorie, ihre Ressourcen immer effizienter verwenden, sodass ab einem bestimmten Punkt eine absolute Entkoppelung der Wirtschaftsleistung von der Umweltbelastung entsteht und somit der Ressourcenverbrauch abnimmt.

Die Verfechter der EKC-Hypothese geben autonomen technischen Fortschritt, autonomen Strukturwandel und wachsendes Umweltbewusstsein als Erklärung dafür an, dass Entkoppelung endogen durch den Wachstumsprozess entstehen kann (ibid.). Somit wäre der beste Weg um eine absolute Entkopplung zu erreichen eine wachsende Wirtschaft.

Es gibt auch Fakten welche diese Hypothese untermauern. Ein Beispiel wenn ist die Energieintensität (Menge an Primärenergie, welche gebraucht wird um eine Einheit des BIP zu produzieren). Die benötigte Menge an Primärenergie ist seit 1970 kontinuierlich gesunken. Die globale Energieintensität ist heute um 33% kleiner als sie es 1970 war. Diese Effizienzsteigerungen sind am klarsten erkennbar in entwickelten Ländern. In OECD Ländern ist die Energieintensität dreimal schneller gesunken als in den anderen Ländern. Somit kann gesagt werden, dass die Energieintensität in entwickelten Ländern schneller sinkt als anderswo. Dasselbe gilt auch für Materialintensität. (Jackson 2012)

Obwohl es Beispiele gibt, welche zeigen, dass einige Effizienzsteigerungen in fortgeschrittenen Ländern erzielt werden können, trifft dies nicht zu für Schlüsselindikatoren der Umweltqualität wie Kohlenstoffemissionen, Ressourcengewinnung, Abfallerzeugung und Artenverlust. Als Rettung aus dem Dilemma des Wachstums ist die wirtschaftliche Entkoppelung also von Grund auf fehlerhaft und deshalb keine wirkliche Option. Immer grösser werdender Konsum ist ein Treiber für Wachstum. Der Ökologe Robert Ayres formulierte dieses Problem folgendermassen: „Konsum führt zu Investitionen und technischem Fortschritt und treibt das Wachstum an, sowie Wachstum und technischer Fortschritt den Konsum antreibt.“ (Jackson 2012)

Die Ehrlich Gleichung

Mithilfe der Ehrlich Gleichung kann der Zusammenhang zwischen relativer und absoluter Entkoppelung relativ einfach beschrieben werden.

Die Gleichung besagt dass die Auswirkungen des menschlichen Handelns auf die Umwelt ($I \rightarrow$ impact) das Produkt aus den drei Variablen ist: Die Bevölkerungsgrösse ($P \rightarrow$ population), dem Wohlstandsniveau ($A \rightarrow$ affluence) und dem Technologie Faktor (T). Die Gleichung sieht also folgendermassen aus:

$$I = P * A * T$$

Die Bevölkerung

Die Bevölkerungsgrösse hat einen starken Einfluss auf die Umwelt. Je Grösser die Bevölkerung der Erde, desto mehr Ressourcen werden verbraucht, desto grösser die Fläche die beansprucht wird und desto grösser die Umweltverschmutzung. Dies führt dazu, dass verschiedene Spezies ihren Lebensraum verlieren, dass sich die Bodenbedeckung verändert und dass Klimawandel, Krankheiten und die Schädigung des Ökosystems beschleunigt werden.

Im 19. Jahrhundert waren noch 1.6 Milliarden Menschen auf der Erde, im Jahr 2000 waren es schon 6.1 Milliarden Menschen. Laut Vorhersagen der U.N. soll dieses Wachstum weitergehen, sodass bis 2050 die 9.3 Mrd. und bis 2100 mehr als 10 Mrd. Menschen auf der Erde leben. Diese Vorhersagen berücksichtigen sogar, dass sich in den letzten Jahren das Wachstum verlangsamt hat, da Frauen im Schnitt weniger Kinder gebären. (Roberts 2011)

Betrachtet man diese eindrucksvollen Zahlen, so wird schnell klar, dass dieser Faktor in den nächsten Jahren stetig ansteigen wird und deshalb nicht zu vernachlässigen ist.

Das Wohlstandsniveau

Diese Variabel beschreibt den durchschnittlichen Konsum einer Person. Steigt der Wohlstand, so steigt auch der Konsum pro Person. Meistens wird als Indikator für das Wohlstandsniveau das BIP pro Kopf verwendet. In den letzten Jahren hat dies stark zugenommen und sogar das Bevölkerungswachstum überstiegen (Jackson 2009).

Die Technologie

Diese Variabel beschreibt, wie effizient Rohstoffe in Güter umgewandelt werden oder anders gesagt, wie gross die Umweltauswirkungen sind, die bei der Produktion, dem Transport und der Entsorgung der Waren und Dienstleistungen entstehen (Gibson 2011). Die Technologie hat enormes Potential die Ressourcenproduktivität zu steigern. Durch erhöhte Effizienz kann mit weni-

ger Ressourcen mehr produziert, Güter können Recycelt und Energie- oder Ressourcenverluste minimiert werden. Gelingt es verstärkt Wertschöpfungsprozesse durch den Zugang zu Informationen statt Ressourcen in Gang zu setzen, so ergibt sich die Möglichkeit, die Wirtschaft stärker vom Materialkonsum zu entkoppeln und somit die Ressourceneffizienz zu steigern.

Synthese

Solange der T-Faktor sinkt, liegt mindestens eine relative Entkoppelung vor, da mit weniger Input der gleich grosse Output erzielt werden kann. Damit jedoch eine absolute Entkoppelung vorliegt, muss auch I sinken. Dies geschieht jedoch nur, wenn T so schnell sinkt, dass es P und A überkompensiert. In anderen Worten muss die Ressourceneffizienz so schnell steigen, dass mit der gleichen Menge an Ressourcen die gewachsene Bevölkerung und zugleich der wachsende Konsum jeder Person gesättigt werden kann. (Jackson 2009) Da P und A in Zukunft stark ansteigen werden, müsste die Ressourcenproduktivität extrem stark ansteigen um dies zu kompensieren. Statistische Daten der Vergangenheit zeigen, dass die Ressourcenproduktivität zwar steigt, jedoch viel zu langsam um P und A zu kompensieren. Zwischen 1990 und 2009 ist die Ressourcenproduktivität nur um 11% angestiegen und eine Verdoppelung der Ressourcenproduktivität wäre somit erst nach dem Jahr 2100 erreicht (Dittrich et al.).

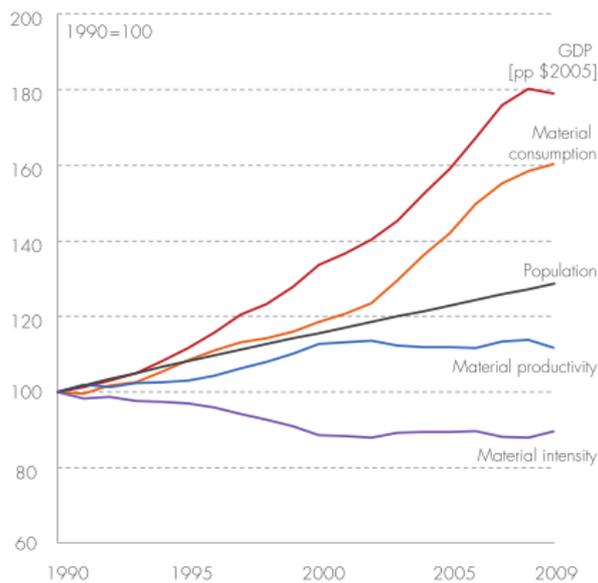


Abbildung 7: Weltweites Wachstum verschiedener Variablen (Dittrich et al. 2009)

Als zusätzliche Erschwerung kommt hinzu, dass nicht genau bekannt ist wie stark der sogenannte Rebound-Effekt bei der Steigerung der Ressourceneffizienz zum Tragen kommt. Der Rebound-Effekt beschreibt die unbeabsichtigte Stimulation der Nachfrage durch Steigerung der Effizienz (Hilty 2007). Dies bedeutet, dass durch eine erhöhte Ressourceneffizienz der Konsum stimuliert wird, da die Kosten sinken, anstatt dass mit den zusätzlichen Gütern das Bevölkerungswachstum abgedeckt wird. Das genaue Ausmass dieses Effektes ist aber nur schwer zu beziffern.

Die obigen Beispiele haben gezeigt, dass eine absolute Entkoppelung nur durch die Erhöhung der Ressourcenproduktivität unrealistisch ist. Somit müssen die anderen beiden Variablen gesenkt werden um die absolute Entkopplung zu erreichen.

Für die Umsetzung in der Politik sind jedoch beide Themen zu unbeliebt. Erhöhter Wohlstand wird mit erhöhtem Wohlbefinden gleichgesetzt und das Befürworten von Gesetzen, welche das Bevölkerungswachstum einschränken, wird als Eingriff in die grundlegenden Menschenrechte verstanden. Somit lassen sich nicht viele finden, die dafür einstehen. Ironischerweise sind diese beiden Wahrnehmungen falsch. Ein erhöhtes Einkommen garantiert nicht immer Wohlbefinden und lenkt manchmal auch davon ab. Das stärkste Bevölkerungswachstum fand in Entwicklungsländern statt und hängt nicht zu-

sammen mit den Menschenrechten oder Freiheit sondern mit mangelnder Bildung oder unzureichendem Zugang zu Verhütungsmitteln. (Jackson 2009)

Fazit

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Materialkonsum in der Schweiz, in Europa und auch weltweit immer noch ansteigt. Dies wird anhand des DMI und des DMC ersichtlich. In Europa wird dieser Anstieg allerdings vor allem durch das Wachstum der Bevölkerung verursacht und nicht etwa durch eine erhöhten Konsum pro Kopf. Generell gilt jedoch, dass in entwickelten Ländern der Materialkonsum weniger stark ansteigt, als in Entwicklungsländern. Die Tendenz, dass entwickelte Länder materialintensive Produktionsschritte oft ins Ausland auslagern führt dazu, dass in Entwicklungsländern der Materialkonsum zunimmt, während er im eigenen Land sinkt. Betrachtet man den TMR der Schweiz, so wird ersichtlich, dass klar stärker zugenommen hat als der DMC/DMI.

Generell kann gesagt werden, dass das Wirtschaftswachstum und der Ressourcenverbrauch auf globalem Niveau positiv korrelieren. Über die letzten 20 Jahre konnte jedoch eine leichte relative Entkoppelung beobachtet werden. Diese Entkoppelung wurde durch die gesteigerte Ressourcenproduktivität verursacht. Die Ressourcenproduktivität wird auch zukünftig ansteigen, da innovative Techniken helfen, die Effizienz zu steigern. Dennoch wird die wachsende Ressourcenproduktivität nicht ausreichen um eine absolute Entkoppelung der Wirtschaftsleistung vom Ressourcenverbrauch zu erreichen. Das Bevölkerungswachstum und der erhöhte Konsum jeder Person beeinflussen den Materialverbrauch zu stark, so dass die steigende Ressourcenproduktivität den globalen Verbrauch nicht genügend senken kann. Solange nicht eine heute unvorstellbare Technik erfunden wird oder das Wachstum in den reicheren Ländern abnimmt, ist eine absolute Entkoppelung kaum möglich. Um langfristig eine Reduktion des Ressourcenverbrauchs zu erreichen, muss der Konsum pro Kopf gesenkt und das Bevölkerungswachstum gebremst werden. Dies muss auf globalem Niveau durch Umweltpolitik gesche-

hen. Andernfalls bleibt nichts anderes, als auf neue Technologien zu hoffen, die dazu beitragen, die Ressourceneffizienz schneller steigen zu lassen als das Bevölkerungswachstum und der steigende Konsum zusammen.

Heute wird Wirtschaftswachstum fast überall als einziger Weg zu Wohlstand und Wohlbefinden angesehen. Die Ressourcen unserer Erde sind aber beschränkt und es wäre wichtig nach Alternativen zu suchen, unter anderem bei der Wohnform, dem Mobilitätsverhalten, der Freizeitgestaltung und der Arbeitsweise. Vielleicht müssen Menschen, die heute noch einen übermässig grossen Anteil an Ressourcen verbrauchen, Wohlstand neu definieren und auf anderen Wegen finden als über das Mantra der ewig wachsenden Wirtschaft.

Bibliographie

- Biswanger, M., Beltrani, G., Jochem, a., and Schelske, O., 2005. Wachstum und Umweltbelastung: Findet eine Entkopplung statt?, (198), 178.
- Bleischwitz, R., Meyer, B., Giljum, S., Acosta, J., Martin Distelkamp, Meyer, M., Pirgmaier, E., and Schütz, H., 2012. Die absolute Entkopplung ist möglich, 30–34.
- Bringezu, S., Schütz, H., Steger, S., and Baudisch, J., 2004. International comparison of resource use and its relation to economic growth. *Ecological Economics*, 51 (1-2), 97–124.
- Bundesamt für Statistik, 2008. Materialaufwand der Schweiz, (14).
- Dittrich, M., Giljum, S., Lutter, S., and Polzin, C., 2008. Material consumption and economic development by continent, (1), 1–2.
- Dittrich, M., Giljum, S., Lutter, S., and Polzin, C., 2009. MATERIAL PRODUCTIVITY AND DECOUPLING, (4), 5–7.
- Gibson, R.B., 2011. Sustainability and the greenbelt. *Plan Canada*, 51 (3), 38–40.
- Hilty, L., 2007. Nachhaltige Informationsgesellschaft–Einfluss moderner Informations- und Kommunikationstechnologien.
- Jackson, T., n.d. Prosperity without growth ?, 2009.
- Moll, S. and Popescu, C., 2012. In physical terms the EU-27 imports three times more than it exports. *eurostat - Statistics in focus*.
- Roberts, L., 2011. 9 billion? *Science (New York, N.Y.)*.
- Weisz, H., Krausmann, F., Amann, C., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., Hubacek, K., and Fischer-Kowalski, M., 2006. The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption. *Ecological Economics*, 58 (4), 676–698.
- Yi, L. and Thomas, H.R., 2007. A review of research on the environmental impact of e-business and ICT. *Environment international*, 33 (6), 841–9.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: DMC und DMR der Schweiz (BFS 2014)

Abbildung 2: TMR, DMC und DMI (BFS 2014)

Abbildung 3: Ressourcenproduktivität der Schweiz (BFS 2013)

Abbildung 5: Vergleich der DMI-Produktivität (BFS 2013)

Abbildung 4: Vergleich der Ressourcenproduktivität (Eurostat 2015)

Abbildung 6: Relative vs. Absolute Entkoppelung (BFS 2013)

Abbildung 7: Weltweites Wachstum verschiedener Variablen (Dittrich et al. 2009)