



Fritz Hinterberger
Sandra Renn
Helmut Schütz

Arbeit - Wirtschaft -Umwelt

Nr. 89 • Januar 1999
ISSN 0949-5266

Wuppertal Papers

Gliederung

GLIEDERUNG.....	1
1. EINFÜHRUNG.....	3
2. DIE ZEITLICHE ENTWICKLUNG DER INDIKATOREN IM ÜBERBLICK.....	4
<i>2.1 Die Entwicklung der Niveauewerte im Zeitablauf.....</i>	<i>4</i>
<i>2.2 Eine Regressionsanalyse mit den Niveauewerten.....</i>	<i>14</i>
<i>2.3 Die Materialverbräuche im Konjunkturverlauf.....</i>	<i>18</i>
<i>2.4 Erste Trends für das wiedervereinigte Deutschland ab 1991.....</i>	<i>23</i>
3. FAZIT: FRAGEN UND WEITERER FORSCHUNGSBEDARF.....	26
LITERATUR.....	28

Für intensive Diskussionen und Hilfe danken wir Raimund Bleischwitz, Stefan Bringezu, Michael Hüther, Stephan Moll, Gerhard Scherhorn und Katja Schumacher.

“Wuppertal Papers” werden einer begrenzten Anzahl von Fachleuten zur Verfügung gestellt, um sich relativ frühzeitig mit bestimmten Aspekten der Arbeit des Wuppertal Institutes vertraut zu machen. Obschon die Arbeiten vor ihrer Fassung als “Wuppertal Papers” normalerweise intern eine gewisse Diskussion erfahren, betrachten die Autoren/Autorinnen ihre Ergebnisse und Überlegungen als vorläufig. Alle Empfänger/innen sind daher eingeladen, die vorgelegte Arbeit zu kommentieren und anzureichern. Das Wuppertal Institut identifiziert sich nicht notwendigerweise mit dem Inhalt.

"Wuppertal Papers" do not necessarily represent the opinion of the Wuppertal Institute. They are provided to a limited number of experts so that they can learn about the ongoing work at a relatively early stage. Even though the content has normally been discussed within the Wuppertal Institute prior to being issued in form of a "Wuppertal Papers", the authors consider their work still to be of a certain preliminary nature. For this reason, all recipients of "Wuppertal Papers" are very much invited to comment and enrich the work presented here.

Dr. Friedrich Hinterberger	Tel.: 0202-2492-162 Fax: 0202-2492-138 Email: fritz.hinterberger@wupperinst.org
Dipl. Vw. Sandra Renn	Akazienstr. 41, 47057 Duisburg, Email: renn@rwi-essen.de
Dr. Helmut Schütz	Tel.: 0202-2492-240 Fax: 0202-2492-138 Email: helmut.schuetz@wupperinst.org

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
Abteilung Stoffströme und Strukturwandel
Postfach 100480 / D-42004 Wuppertal

1. Einführung

Der Materialverbrauch entwickelter Volkswirtschaften wird von verschiedener Seite als zentraler Indikator für die ökologische Zukunftsfähigkeit industriellen Wirtschaftens angesehen: die vom Menschen verursachten Stoffströme seien zu hoch und müssten reduziert werden, um die Ökosphäre als Grundlage menschlichen Lebens und Wirtschaftens nachhaltig zu sichern (vgl. etwa Schmidt-Bleek 1994, BUND/MISEREOR 1996, Österreichische Bundesregierung 1996). Am Wuppertal Institut wurden daher erstmals Zeitreihen verschiedener Kategorien des gesamtwirtschaftlichen Materialverbrauchs ermittelt und publiziert (Bringezu/Schütz 1996). Internationale Vergleichsdaten existieren für die USA, die Niederlande und Japan (Adriaanse et al. 1997). In diesem Papier werden nun Vergleiche anderer Art angestellt: wie entwickelte sich in den letzten drei Jahrzehnten das ökologische Belastungspotential der deutschen Volkswirtschaft, gemessen an den Materialströmen, im Vergleich zu ökonomischen Eckdaten, wie dem realen Bruttoinlandsprodukt, der Beschäftigung, oder des Kapitalstocks.¹ Das Ziel dieses Papiers besteht darin, die Zeitreihen dieser ökologischen Indikatoren denen solcher ökonomischer Größen gegenüberzustellen, mit denen sie in einem produktionstheoretischen Zusammenhang stehen.² Auf Basis derartiger Arbeiten sind vertiefende und empirisch abgesicherte Aussagen zu einer Entkopplung des BIP vom Materialverbrauch sowie zu den Möglichkeiten eines technischen Fortschritts möglich, der arbeitsschaffend und umweltsparend verläuft.

Der Aufbau dieses Papiers ist einfach gehalten. In Kapitel 2 folgt nun eine vergleichende Analyse der Niveauewerte von Materialverbrauch, BIP, Arbeitsvolumen und Kapitalstock für den Zeitraum von 1960 bis 1994. Diese wird von einer ökonometrischen Analyse des Zusammenhangs zwischen dem BIP und den ökologischen Indikatoren begleitet. Eine Betrachtung der Materialverbräuche im Konjunkturverlauf darf auch nicht fehlen. An dieser Stelle werden die relativen

¹ Die Möglichkeiten und Grenzen dieser Indikatoren möchten wir hier nicht ausführlich darlegen. Wir haben dies für den Materialverbrauch an anderer Stelle getan (Hinterberger/Luks/Stewen 1996). Die Literatur zur Bewertung der ökonomischen Größen ist Legion.

² Siehe dazu auch Bleischwitz (1998).

Veränderungen der Materialinputs in Abhängigkeit von denen des BIP ökonometrisch untersucht. Schließlich soll auch noch ausführlich auf die Auswirkungen der deutschen Wiedervereinigung und den ersten Entwicklungen im gemeinsamen Deutschland eingegangen werden. Kapitel 3 zieht ein Fazit und verweist auf interessante weiterführende Fragestellungen.

2. Die zeitliche Entwicklung der Indikatoren im Überblick.

Wir gehen in vier Schritten vor: zunächst (2.1) vergleichen wir die Niveauewerte der einzelnen Indikatoren im Zeitablauf. Es folgt eine ökonometrische Analyse (2.2), die zeigt, daß zwischen der wirtschaftlichen Aktivität (hier gemessen am BIP) und dem Ressourcenverbrauch ein enger Zusammenhang besteht, insbesondere dann, wenn der „ökologische Rucksack“ (die sog. *hidden flows*; siehe unten) außer Betracht bleiben. Letztere beschreiben in physischen (nicht monetären) Größen die „externen Effekte“ wirtschaftlicher Aktivitäten, die nicht in die (inländische) Produktion und damit auch nicht in die private wirtschaftliche Rechnung eingehen. Es folgt ein Hinweis auf den engen Zusammenhang wirtschaftlicher Aktivitäten und dem Ressourcenverbrauch (wiederum ohne „Rucksäcke“) im Konjunkturverlauf (2.3), bevor die Effekte der Deutschen Vereinigung genauer analysiert werden (2.4).

2.1 Die Entwicklung der Niveauewerte im Zeitablauf

Gegenstand der Untersuchung sind Zeitreihen des realen Bruttoinlandsprodukts, des Arbeitsvolumens und des Kapitalstocks, deren Verlauf für den Zeitraum von 1960 bis 1994 mit den ökologischen Indikatoren *Total Material Requirement* (TMR) und *Direct Material Input*.³ (DMI) vergleichend analysiert werden. Da sich durch die Wiedervereinigung in allen Statistiken ein Strukturbruch ergibt, wollen wir im Jahr 1990 eine Zäsur machen und die weitere Entwicklung gesondert betrachten.

³ Die Bezeichnungen für die Materialaggregate folgen hier weitgehend den Bezeichnungen aus Adriaanse, et.al. (1997). In der deutschen Übersetzung dieses Reports (Bringezu, (1998)) wird der TMR als Globaler Materialaufwand (GMA) bezeichnet.

In diesem Beitrag werden als ökologische Indikatoren die Materialinputs herangezogen. Der überwiegende Teil von Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen wirtschaftlicher Entwicklung und den Umweltproblemen setzen an der Outputseite des Problems, also bei der Schadstoff- und Abfallbelastung an.⁴ Wir focussieren hingegen die materiellen Inputs einer Volkswirtschaft. Dahinter steht die Auffassung, daß diese für den Umwelteinfluß in umfassenderer Weise als Indikator geeignet sind als schadstoffbasierte Indikatoren, da sie zusätzlich Rückschlüsse auf den Ressourcenverbrauch sowie die Landschaftsveränderung zulassen.⁵

Unter „Materialinputs“ verstehen wir alle stofflichen Inputs, die von Menschen aktiv der Natur entnommen oder in ihr bewegt wurden. Diese umfassen neben den klassischen Rohstoffen (wie Erze, fossile Energieträger, Steine und Erden usw.) auch solche Stoffströme, die bei der Rohstoffgewinnung anfallen und nicht zu Grundstoffen weiter verarbeitet werden (z.B. Abraum, Erosion, etc.) Als „ökologische Rucksäcke“ werden diejenigen Primär-Materialentnahmen bezeichnet, die im Produktionsprozeß nicht weiter verwertet werden und damit nicht in das physische Endprodukt eingehen. Der Erdaushub, der notwendig ist, um an Erzlagerstätten zu gelangen, gehört beispielsweise dazu, der Rest an Ackerboden, der bei der Ernte von Gemüse entfernt wird oder die durch land- und forstwirtschaftliche Aktivitäten hervorgerufene Bodenerosion.⁶ Eine weitere Besonderheit besteht darin, daß nicht nur die inländischen Materialinputs sondern auch die im Ausland angefallenen Stoffströme (gemäß der Systemgrenze „Umwelt-Technosphäre“, also „von der Wiege bis zur Bahre“) mit berücksichtigt werden⁷.

Dementsprechend werden zwei Konzepte des Materialverbrauchs unterschieden. Der TMR (*Total Material Requirement*) umfaßt den gesamten inländischen und ausländischen physischen Materialaufwand einer Volkswirtschaft für einen

⁴ Vgl. hierzu bspw. Grossman/Krueger (1995).

⁵ Zu einer eingehenden Erörterung der inputorientierten Umweltpolitik im Gegensatz zu einer „Schadstoffgrenzwertepolitik“ vgl. Hinterberger/Welfens (1996) und Bringezu (1997).

⁶ Vgl. Adriaanse, et.al. (1997), S. 7-9 und Hinterberger/Luks/Schmidt-Bleek (1997).

⁷ Vgl. Schmidt-Bleek (1994), Bringezu (1995) und Schmidt-Bleek et. al. (1998).

gegebenen Zeitraum. Folglich sind darin auch die im Ausland verbliebenen Materialinputs importierter Vorleistungen und Güter enthalten.⁸ Der DMI (*Direct Material Input*) bestimmt sich dagegen als TMR abzüglich der ökologischen Rucksäcke der Importe sowie der inländischen nicht verwerteten Primärmaterialentnahme. Daher sind im DMI nur die mit der weiteren Erstellung von Wirtschaftsgütern unmittelbar verbundenen Ressourceninputs erfaßt. Damit läßt sich der TMR als eine Größe interpretieren, welche die mit der wirtschaftlichen Aktivität einhergehenden *ökologischen* Belastungspotentiale umfassend darstellt und folglich der geeignetere Indikator für die potentiellen Umweltauswirkungen der Entnahme und Nutzung natürlicher Ressourcen.⁹ Mit anderen Worten: Hidden flows (oder „ökologische Rucksäcke“) beschreiben die physische Quantifizierung der (üblicherweise monetarisierten) externen Effekte ökonomischer Aktivitäten. Dagegen zählt der DMI nur diejenigen Materialflüsse, die im Laufe des Produktlebenszyklus im betrachteten Wirtschaftsraum weiter gehandelt werden und somit *wirtschaftlich* betrachtet den Primärmaterialeinsatz darstellen.¹⁰

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung beider Indikatoren seit 1960.

⁸ Diese Rucksäcke werden in Adriaanse, et. al. (1997) als „hidden flows“ bezeichnet. Wir folgen hier der Begriffssetzung aus Bringezu (1998), da der Ausdruck „Rucksack“ oder „Ökologischer Rucksack“ im Material Flow Accounting gebräuchlicher ist (siehe auch Schmidt-Bleek 1994).

⁹ Vgl. Bringezu (1998).

¹⁰ Vgl. in diesem Zusammenhang auch die vom Statistischen Bundesamt herausgegebenen „Umweltökonomischen Trends“ (veröffentlicht etwa in Umweltbundesamt 1997, Kapitel 3.3).

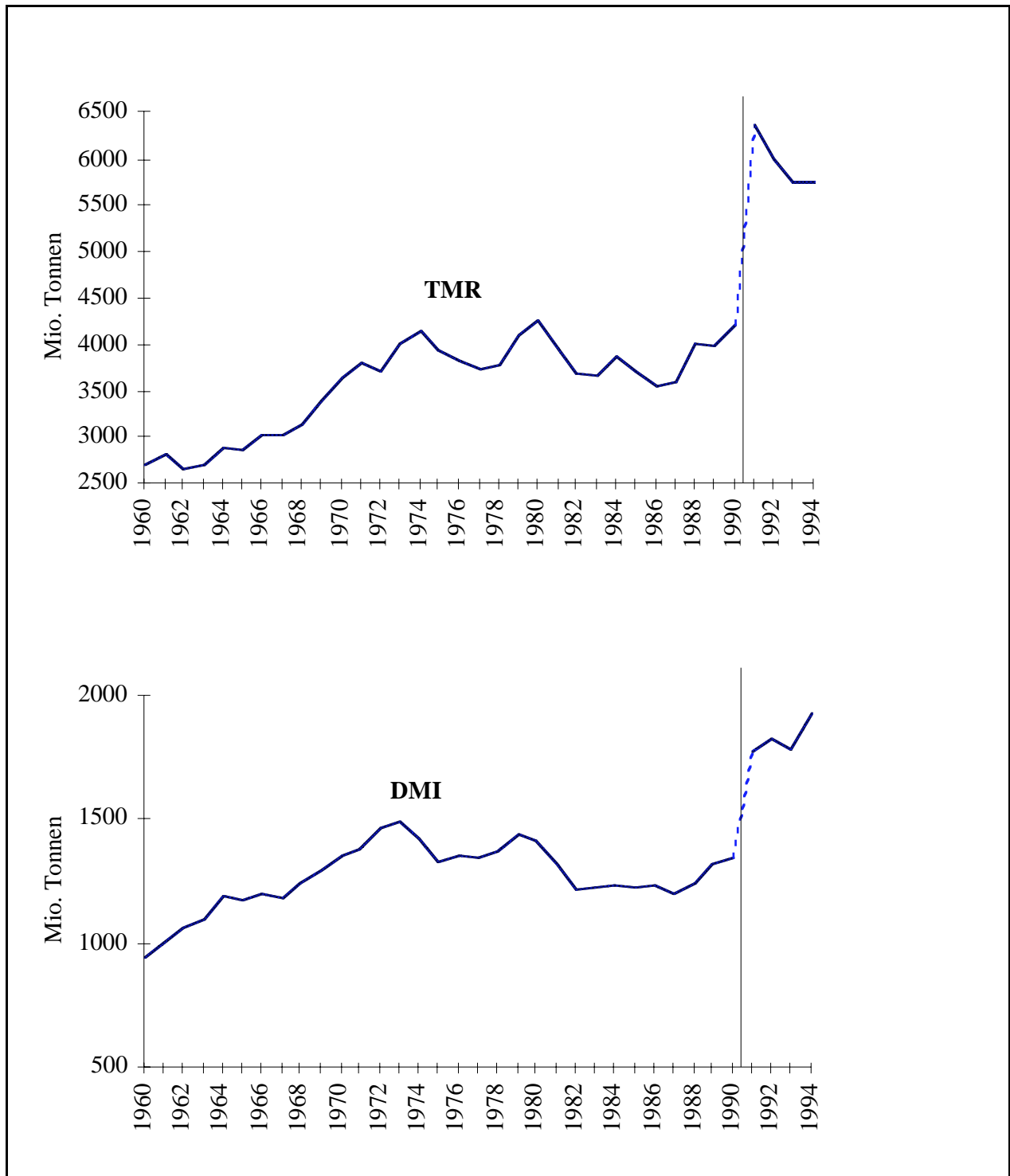


Abbildung 1: Die Niveauewerte von Total Material Requirement und Direct Material Input seit 1960

Der TMR wuchs von 1960 bis 1990 um 55%. Dabei fällt auf, daß etwa vier Fünftel der Zunahme in den ersten 15 Jahren des Beobachtungszeitraumes stattfanden. In den durchschnittlichen jährlichen Veränderungen schlägt sich dies deutlich nieder:

Von 1960 bis 1975 wuchs der Materialverbrauch mit einer durchschnittlichen jährlichen Rate von 2,5%, danach lediglich um 0,46%. Seit der Mitte der Siebziger Jahre ist beim Umweltverbrauch kein deutlicher Wachstumstrend mehr erkennbar. Dieses Phänomen, das auch beim DMI zu beobachten ist, wird auf andere ökologische Indikatoren bezogen vielfach als Abkopplung des Wirtschaftswachstums vom Umweltverbrauch bezeichnet.¹¹

Die Absolutwerte des *Direct Material Input* zeigen in ihrem Verlauf ein Bild, das dem des TMR ähnelt. Jedoch wuchs dieser in den Jahren von 1960-1990 lediglich um 42,5% und damit insgesamt etwas schwächer als der TMR. Die genannten Abkopplungstendenzen treten beim DMI folglich noch stärker als beim TMR zutage. Etwa 96% des DMI-Zuwachses im gesamten Beobachtungszeitraum verteilen sich auf die ersten 15 Jahre. Der erste Höhepunkt des am DMI gemessenen Ressourcenverbrauchs ist für 1974/75 zu verzeichnen. Danach erreichte er noch einmal einen Höchststand um das Jahr 1979, dem dann ein Rückgang bis 1982 folgte. In den darauffolgenden acht Jahren ist eine annähernde Stagnation des DMI zu beobachten. Die Abbildung zeigt aber auch, daß der eigentliche Rückgang bzw. die Stagnation des Materialverbrauchs erst in den 80er Jahren stattfand.

Beim Bruttoinlandsprodukt (BIP)¹² ist seit 1960 ein verhältnismäßig gleichmäßiger Wachstumstrend zu beobachten. Es erhöhte sich von 1960 bis 1990 um 152%. Im Durchschnitt waren das 3,1% jährlich. Dabei lassen sich deutlich zwei Phasen unterscheiden: in den ersten 15 Jahren des Beobachtungszeitraumes wurden tendenziell höhere jährliche Wachstumsraten erzielt als danach. So betrug die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von 1960-1975 3,7% von 1975-1990 lag sie dann noch bei 2,6%. Verglichen mit dem Wachstum des BIP sind die Veränderungen des TMR niedriger, der Materialverbrauch ist also insgesamt - und das gilt auch für die Aufbauphase der Bundesrepublik Deutschland - weniger stark als das BIP gewachsen.

¹¹ Vgl. dazu bspw. Bringezu/Schütz (1996), S. 234 oder Jänicke, et al (1992)

¹² Das BIP wird in Preisen von 1991 angegeben, ab 1991 gesamtdeutsch. Wir verwenden das Bruttoinlandsprodukt und nicht das Bruttosozialprodukt unter anderem auch deshalb, weil die von uns untersuchten Materialdaten ebenfalls nach einem dem Inlandskonzept analogen Verfahren berechnet wurden. Vgl. dazu Adriaanse; et. al. (1997), S. 8.

	Absolut			Relative Veränderungen in %			Durchschnittliche jährliche Veränderungen in %		
	1960	1975	1990	1960-90	1960-75	1975-90	1960-90	1960-75	1975-90
BIP in Preisen von 1991, Mrd. DM	1.000,0	1.718,6	2.520,4	152,04	71,86	46,65	3,13	3,68	2,59
TMR Mio. Tonnen ohne Wasser und Luft	2.728,2	3.949,5	4.229,0	55,01	44,77	7,08	1,47	2,50	0,46
DMI Mio. Tonnen ohne Wasser und Luft	949,1	1.336,8	1.352,1	42,46	40,84	1,15	1,19	2,31	0,08
Arbeitsvolumen Mio. Stunden	56.085	46.802	46.175	-17,67	-16,55	-1,34	-0,65	-1,20	-0,09
Kapitalstock in Preisen von 1985, Mrd. DM	2.791	5.998	9.199	229,64	114,95	53,36	4,06	5,23	2,89
Primärenergieverbr. Mio. Gigajoule	6.199	10.191	11.495	85,43	64,40	12,80	2,08	3,37	0,81

Tabelle 1: Kennzahlen zur zeitlichen Entwicklung der betrachteten Größen¹³

Das Arbeitsvolumen bezeichnet die Summe aller Arbeitsstunden, die in einer Volkswirtschaft in einem Jahr geleistet werden. Es ist in Deutschland von 56,09 Mrd. Stunden in 1960 auf 46,17 Mrd. Stunden in 1990 gesunken, was einen Rückgang um 17,7% für den gesamten Zeitraum bedeutet. Da diese Größe das Produkt aus der Zahl der Erwerbstätigen und der von jedem Erwerbstätigen jährlich geleisteten Arbeitsstunden ist, muß auch letztere betrachtet werden. Tatsächlich ist die Zahl der Erwerbstätigen im gesamten Beobachtungszeitraum um 8,53% gestiegen. Auch hier ist die zeitliche Verteilung des Zuwachses interessant: war für den Zeitraum von 1960-75 noch eine Abnahme um 0,5% zu verzeichnen, kann bis 1990 ein Wachstum der Zahl der Erwerbstätigen von 9% konstatiert werden. Das heißt, die Arbeitsstunden je Erwerbstätigem haben abgenommen.

¹³ Quelle: Statistisches Bundesamt und eigene Berechnungen

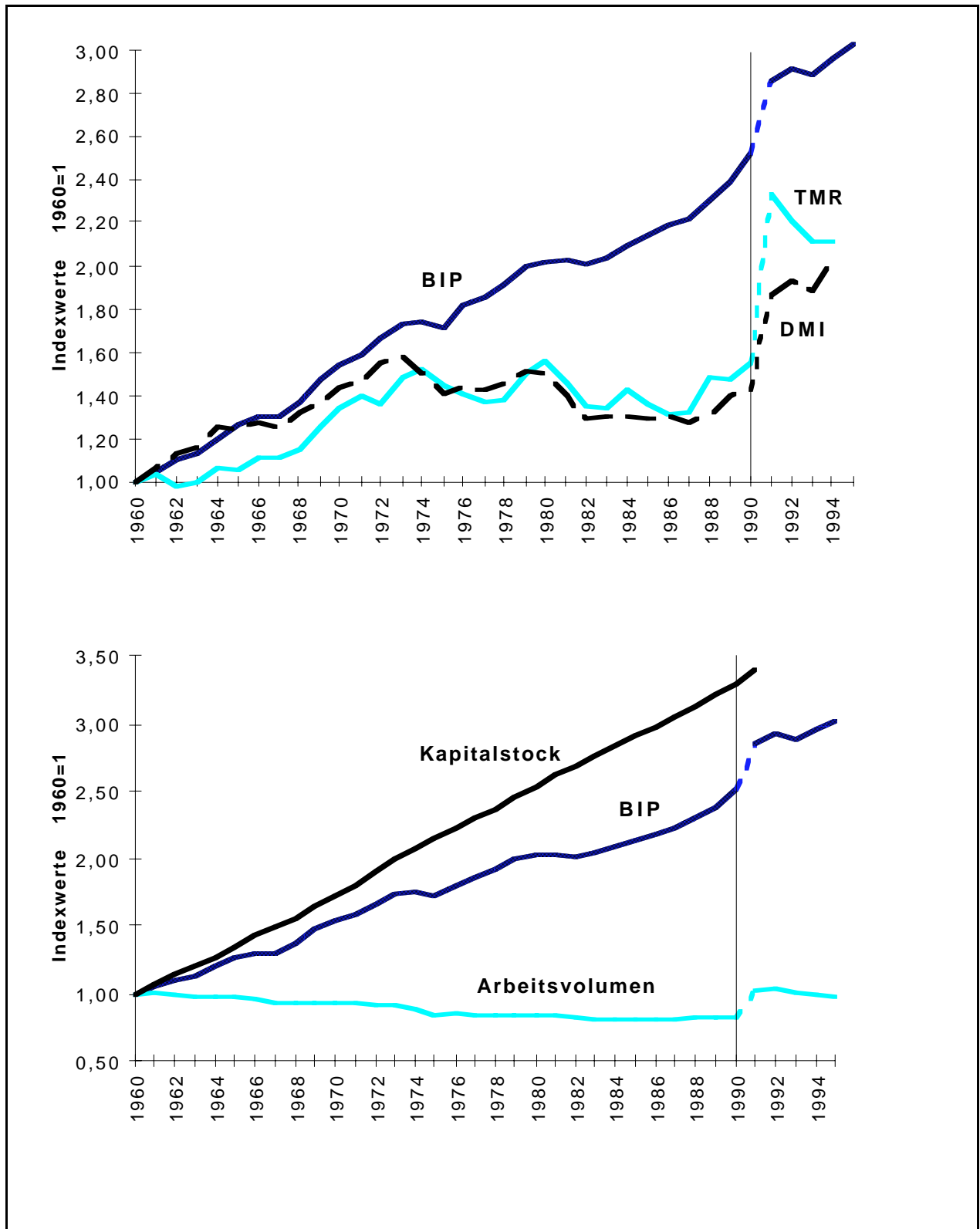


Abbildung 2: Die zeitliche Entwicklung von BIP, TMR, DMI, Arbeitsvolumen und Kapitalstock von 1960 bis 1994. Ab 1991 gesamtdeutsch, Wertindizes auf Basis von 1960.

Abbildung 2 faßt die Entwicklung der betrachteten Größen als Wertindizes noch einmal grafisch zusammen.

Der Kapitalstock¹⁴ wuchs im Beobachtungszeitraum auf das 3,3-fache von 2790,5 Mrd. DM auf 9198,7 Mrd. DM in 1990, mit einer durchschnittlichen jährlichen Rate von 4,06%. Das Bild des Wachstums zeigt einen mehr oder weniger gleichmäßigen Verlauf, ohne Strukturbrüche oder Ähnliches erkennen zu lassen. Betrachtet man die Anlageinvestitionen¹⁵ als Indikator¹⁶ für die Veränderungen des Kapitalstocks einmal genauer, dann ist festzustellen, daß sich ihr jährliches Volumen in den untersuchten 30 Jahren um 99,12% erhöht hat. Interessant ist eine Betrachtung ihrer Zusammensetzung: Die Ausrüstungen stiegen im gleichen Zeitraum um 217% während die Bauten um 52,3% wuchsen. Im Laufe der 30 Jahre stieg der Anteil der Ausrüstungsinvestitionen von 28% auf 45%. Aus Sicht der Materialverbräuche sind vor allem die Bauinvestitionen von Bedeutung. Da der gesamte Bausektor sehr materialintensiv ist, trägt das unterproportionale Wachstum der Bauinvestitionen wesentlich zur Abkopplung des Wirtschaftswachstums vom Materialeinsatz bei.

Nicht nur die zeitliche Entwicklung der Niveaugrößen ist in diesem Zusammenhang von Interesse. Auch die durchschnittlichen Produktivitäten der Einsatzfaktoren geben nützliche Hinweise. Diese können nicht nur für die traditionellen Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital, sondern auch für den Materialeinsatz berechnet werden. Tabelle 2 und Abbildung 3 verdeutlichen vergleichend die Entwicklung der durchschnittlichen Produktivitäten von TMR, DMI¹⁷, Arbeit und Kapital.

Die durchschnittliche Produktivität des TMR¹⁸ zeigt ein dem Verlauf der absoluten Werte reziprokes Bild. Sie wuchs zwischen 1975 und 1990 etwa doppelt so stark wie

¹⁴ Bewertet zu Preisen von 1985.

¹⁵ Quelle: Statistisches Bundesamt. In Preisen von 1991.

¹⁶ Da in den Anlageinvestitionen auch Käufe von gebrauchten Anlagen enthalten sind (vgl. von der Lippe (1991), S. 152), können sie höchstens als grober Indikator der Veränderungen des Kapitalstocks dienen.

¹⁷ Eine ausführliche Darstellung zum Thema Ressourcenproduktivität gibt Bleischwitz (1998).

¹⁸ Definiert als Verhältnis der bereinigten Bruttowertschöpfung in Preisen von 1991 zum TMR.

in den Sechziger und in den frühen Siebziger Jahren. Im Jahr 1960 erwirtschaftete eine Tonne an Natureingriff rund 367 DM an BWS, im Jahre 1990 waren es 596 DM.

	Absolut			Relative Veränderungen in %			Durchschnittliche jährliche Veränderungen in %		
	1960	1975	1990	1960-90	1960-75	1975-90	1960-90	1960-75	1975-90
TMR DM je Tonne	366,5	435,1	596,0	62,59	18,71	36,96	1,63	1,15	2,12
DMI DM je Tonne	1.053,6	1.285,6	1.864,1	76,93	22,02	44,99	1,92	1,34	2,51
Arbeit DM je Stunde	16,6	33,9	50,5	204,60	104,57	48,90	3,78	4,89	2,69
Kapital DM Kstock je DM BIP	0,333	0,265	0,254	-23,92	-20,58	-4,21	-0,91	-1,52	-0,29
Primärenergieverbr. DM je Gigajoule	161,32	168,64	219,26	35,92	4,54	30,02	1,03	0,30	1,77

Tabelle 2: Kennzahlen zu den Produktivitäten der Variablen

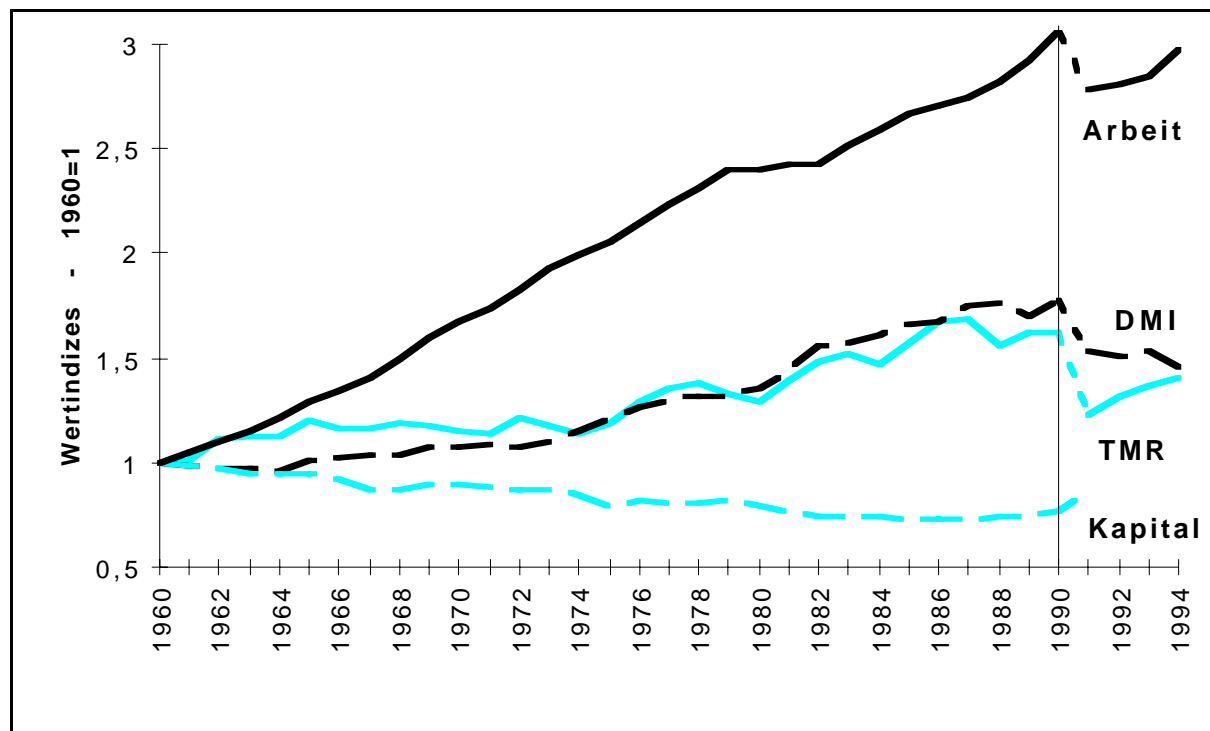


Abbildung 3: Die Produktivitäten von TMR, DMI, Kapital und Arbeit im Vergleich. Wertindizes auf Basis von 1960. Ab 1991 gesamtdeutsch

Die Produktivität des DMI stieg im beobachteten Zeitraum relativ stetig von 1054 DM je Tonne auf 1864 DM/Tonne, also um rund 76% an. Das bedeutet eine jährliche Zunahme um durchschnittlich 1,92%. Analog verlief im gleichen Zeitraum die DMI-Intensität des BIP: sie sank von 0,95 kg/DM auf 0,54 kg/DM.

Da die bereinigte Bruttowertschöpfung im Beobachtungszeitraum konstant gestiegen ist, ergibt sich ein starker Anstieg der Arbeitsproduktivität: sie verdreifachte sich im Beobachtungszeitraum von 16,59 DM je Stunde in 1960 auf 50,52 DM in 1990, was eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von 3,78% in den 30 Jahren bedeutet. Die Produktivität des Kapitalstocks¹⁹ ist von 0,33 DM bereinigte Bruttowertschöpfung pro einer DM Kapitalstock im Jahr 1960 auf 0,25 im Jahr 1990 - in Prozenten 24 - gesunken. Der zeitliche Verlauf der Abnahme ist recht gleichmäßig einer Trendlinie gefolgt, in der sich die Konjunkturschwankungen jedoch leicht niederschlugen.

Für einen internationalen Vergleich der Indikatoren ist das Verhältnis der Niveauewerte mit bestimmten Bevölkerungszahlen wie der Einwohnerzahl oder der Zahl der Erwerbstätigen sinnvoll.

Bezieht man die reale Wirtschaftsleistung auf die Zahl der Erwerbstätigen, ergibt sich zudem ein weiterer Indikator für die Arbeitsproduktivität. Hiernach hatte jeder Erwerbstätige im Jahre 1960 einen durchschnittlichen Anteil von 38.099,6 DM am BIP, 1990 waren es 88.478,6 DM, was einer Steigerung der Arbeitsproduktivität von 132,2% entspricht. Umgekehrt haben die durchschnittlich von jedem Erwerbstätigen jährlich geleisteten Arbeitsstunden stark abgenommen: lagen sie 1960 noch bei 2136,8 Std. je Erwerbstätigen, waren es 1990 nur noch 1621, das heißt 24,8% weniger.

Bezieht man den Materialverbrauch (TMR) auf die Einwohnerzahl, zeigt das Bild einen Anstieg von 49 Tonnen je Einwohner und Jahr in 1960 auf etwa 67 Tonnen in 1990. Jeder bundesdeutsche Einwohner verursacht demnach durchschnittlich 67

¹⁹ Berechnet als bereinigte Bruttowertschöpfung in Preisen von 1991 pro Kapitalstock.

Tonnen Naturveränderung sowohl im Inland, als auch in Verbindung mit importierten Gütern. Pro Kopf der Bevölkerung stieg das Realeinkommen im Beobachtungszeitraum um 120,9% von 18.039 DM in 1960 auf 39.846,3 DM in den alten Bundesländern unmittelbar vor der Wiedervereinigung.

2.2 Eine Regressionsanalyse

In diesem Abschnitt soll der Zusammenhang zwischen dem monetären Output als ökonomischer Größe und den ökologischen Indikatoren TMR, DMI und - zum Vergleich - Primärenergieverbrauch (PEV) durch lineare und loglineare Regressionsgleichungen beschrieben werden, die folgendermaßen spezifiziert sind:

Ökologischer Indikator_t = $\beta_0 + \beta_1 \cdot \text{BIP}_t + u_t$ im linearen Fall sowie

$\log(\text{Ökologischer Indikator}_t) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \log(\text{BIP}_t) + u_t$.

„Ökologischer Indikator“ ist alternativ TMR, DMI oder PEV, β_0 ist der Koeffizient für das Absolutglied und β_1 im linearen Ansatz der Steigungsfaktor für das BIP²⁰; im loglinearen die Materialverbrauchs- bzw. Primärenergieverbrauchselastizität des Bruttoinlandsprodukts.

Um einen ersten Eindruck von den Zusammenhängen zu erhalten, sind in der Abbildung 4 Streudiagramme mit den Niveauwerten des BIP und den drei ökologischen Indikatoren dargestellt. Da alle Variablen einem weitgehend positiven Zeittrend folgen, zeigen auch die Punktwolken in den Grafiken eine positive Neigung. Die im vergangenen Kapitel beschriebenen Strukturbrüche in den Zeitreihen der ökologischen Indikatoren werden auch hier deutlich. Bei TMR, DMI und PEV ist die ab Anfang bis Mitte der siebziger Jahre einsetzende Veränderung des jeweiligen Steigungskoeffizienten offensichtlich.

²⁰ Diese Schätzungen wurden alternativ mit der bereinigten Bruttowertschöpfung als exogener Variable durchgeführt. Jedoch waren die Ergebnisse im Vergleich zum BIP durchgängig, wenn

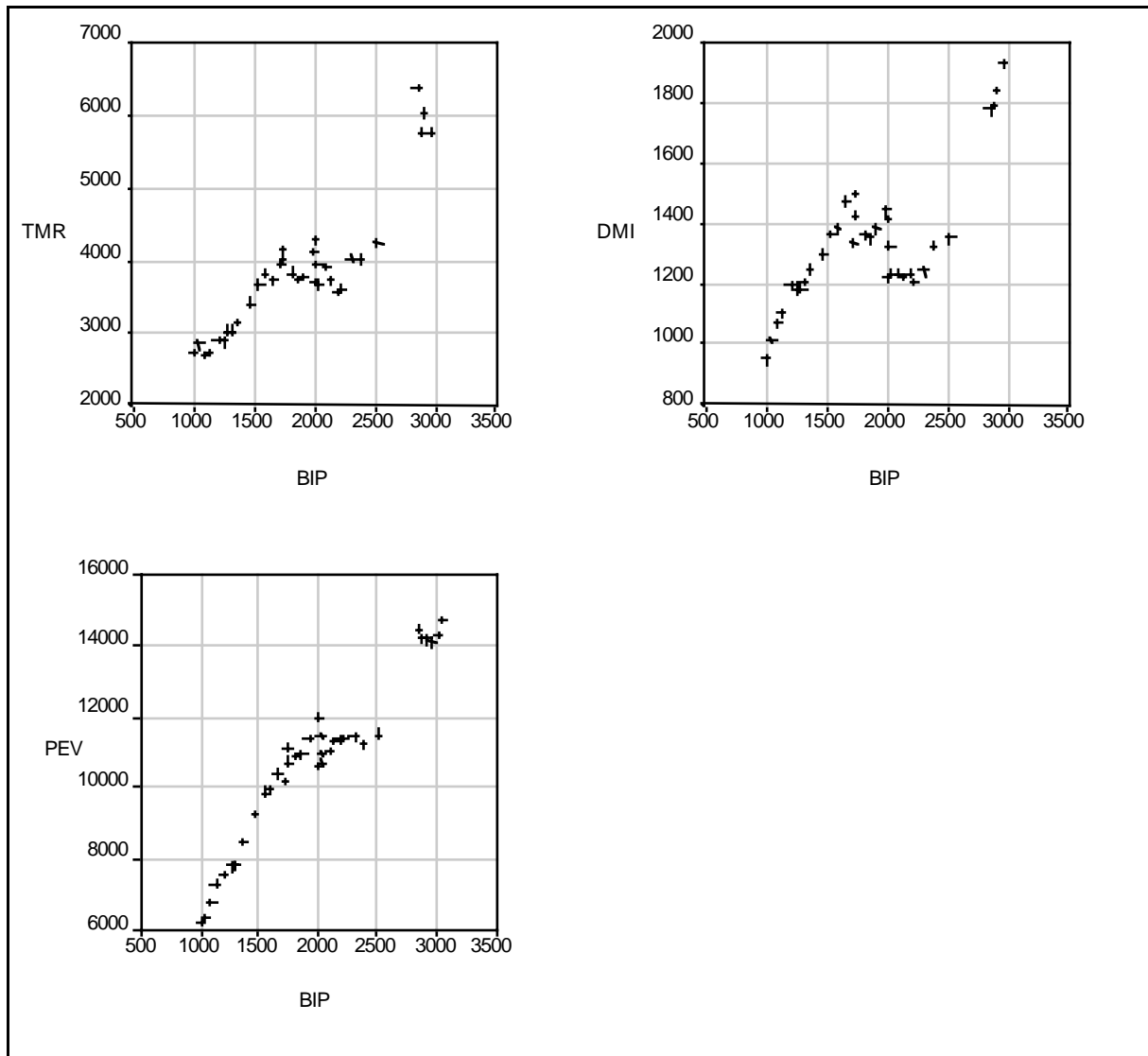


Abbildung 4: Streudiagramme für BIP und TMR, BIP und DMI sowie BIP und PEV

Das Ausmaß dieser *Entkopplung* läßt sich mit Hilfe sogenannter rekursiver Koeffizienten²¹ gut verdeutlichen. Zu diesem Zweck wurde die obige logarithmische Gleichung (bei allen drei Indikatoren) ausgehend von 1963 unter sukzessiver Hinzunahme einer weiteren Beobachtung jeweils bis 1994 geschätzt und der jeweilige Koeffizient abgetragen²². Abbildung 5 stellt die rekursiven

auch nur geringfügig, schlechter. Daher beziehen sich die folgenden Ausführungen nur auf das BIP.

²¹ Ein rekursiv geschätzter Koeffizienten (RLS) für die gegenwärtige Periode wird lediglich aus dem Schätzwert dieses Koeffizienten bis zur vorangegangenen Periode und den in der gegenwärtigen Periode neu hinzugekommenen Beobachtungen errechnet. In der Praxis wird dabei der Beobachtungszeitraum der Schätzungen sukzessive um ein Jahr erhöht. Die Analyse der rekursiven Koeffizienten gibt nützliche Hinweise auf Stabilität bzw. mögliche Veränderungen des Modells. Vgl. dazu z.B. Kmenta (1990), S. 432f.

²² Vgl. hierzu bspw. Kmenta (1990), S. 423f

Elastizitäten mit einer Umgebung, die dem zweifachen Wert der jeweiligen (rekursiven) Standardabweichung entspricht, für die ökologischen Indikatoren grafisch dar. Hätte im gesamten Beobachtungszeitraum von 1960-94 kein Strukturbruch stattgefunden, dann wären die Koeffizienten in etwa konstant geblieben. Hingegen zeigen die Plots eine deutliche Abnahme ab den siebziger Jahren, die sich im Bereich von 0,3% bewegt. Das heißt: die drei ökologischen Indikatoren reagierten von Mitte der siebziger Jahre bis zum Ende der achtziger Jahre schwächer auf eine ein-prozentige Veränderung des BIP²³.

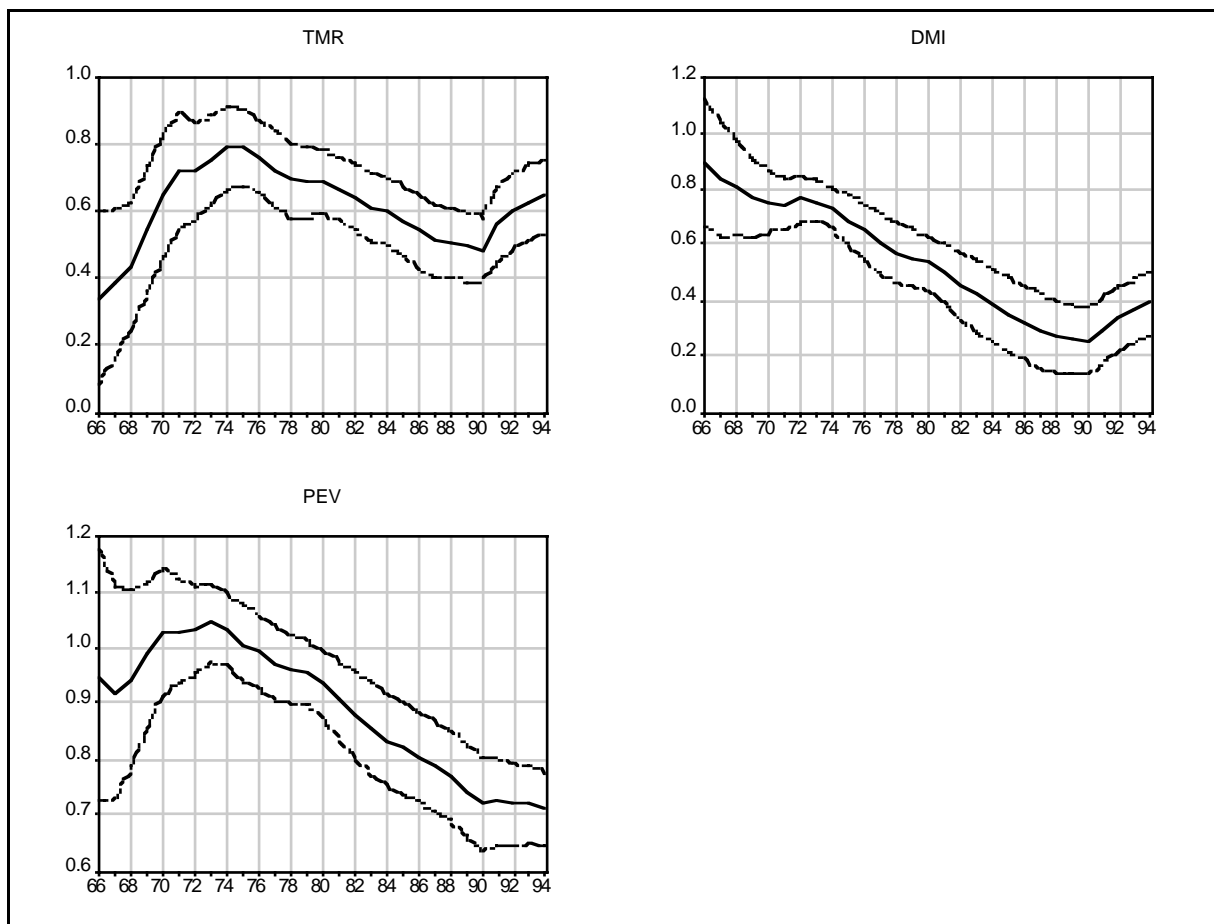


Abbildung 5: Rekursive Koeffizienten für den Schätzparameter des BIP der Umweltindikatoren

²³ Führt man dieses Verfahren andersherum durch, d.h. in diesem Fall beginnend 1987 (ohne die Wiedervereinigung zu berücksichtigen), zeigt sich mit dem sukzessiven einbeziehen früherer Beobachtungen für DMI und PEV deutliche Zunahmen der Elastizitäten um etwa 0,5%, die des TMR sinkt leicht um 0,1%.

Um diesen Strukturbruch und die Wiedervereinigung in den Gleichungen zu berücksichtigen wurden die Ansätze um Dummy-Variablen für das Absolutglied erweitert. Die Variable für die „Delinkingphase“ (D6783) hat von 1967 bis 1983 den Wert eins und ist sonst auf Null gesetzt, diejenige für die Wiedervereinigung (D91) hat ab 1991 den Wert 1.²⁴ Die Ergebnisse dieser, für den Zeitraum von 1960 bis 1994 geschätzten Gleichungen sind in Tabelle 3 zusammengefaßt.²⁵

Zu erklärende Variable	BIP	Dummy 1967-1983	Dummy 91	Absolutes Glied	R2 (DW)
Linearer Ansatz					
TMR	0,942 (10,5)	372,5 (4,9)	1498,1 (9,4)	1736,5 (10,7)	0,951 (1,17)
DMI	0,149 (4,5)	161,7 (5,7)	472,3 (7,9)	927,0 (15,3)	0,885 (0,85)
PEV	3,75 (20,8)	1004,9 (6,4)	454,5 (1,5)	2811,7 (8,4)	0,968 (1,13)
Loglinearer Ansatz					
TMR	0,462 (12,7)	0,091 (4,8)	0,319 (8,7)	4,69 (17,4)	0,948 (1,13)
DMI	0,216 (5,2)	0,119 (5,5)	0,315 (7,5)	5,474 (17,8)	0,868 (0,78)
PEV	0,691 (24,9)	0,091 (6,3)	0,051 (2,0)	4,00 (19,5)	0,974 (1,03)

(t-Werte in Klammern)

Tabelle 3: Ergebnisse der Schätzungen mit Niveauwerten

²⁴ Damit lauten die Ansätze:

$$\text{Ökologischer Indikator}_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{BIP}_t + \beta_2 \cdot \text{D6783}_t + \beta_3 \cdot \text{D91}_t + u_t \text{ und}$$

$$\log(\text{Ökologischer Indikator}_t) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \log(\text{BIP}_t) + \beta_2 \cdot \text{D6783}_t + \beta_3 \cdot \text{D91}_t + u_t$$

²⁵ Zunächst fällt auf, daß die Unterschiede in der Anpassungsgüte zwischen dem linearen und dem loglinearen Modell nur gering sind. Bei den Materialverbräuchen ist ersteres überlegen, der Primärenergieverbrauch läßt sich durch den logarithmischen Ansatz besser beschreiben. Alle Koeffizienten für das BIP sind signifiant und mit einer Ausnahme auch die der Dummy-Variablen. Die Erklärungsgüte ist ebenfalls mit Werten über 85% recht gut, wogegen die weit von 2 entfernten Werte der Durbin-Watson Statistik auf weitere Einflüsse auf die ökologischen Indikatoren hinweisen.

Betrachtet man die Elastizitäten, so fällt auf, daß alle drei Indikatoren unelastisch auf Veränderungen des BIP reagieren. Am stärksten verändert sich mit 0,7% der Primärenergieverbrauch, wenn das BIP um ein Prozent wächst, gefolgt vom TMR mit rund 0,5% und dem DMI mit 0,3%. Absolut²⁶ führt eine Zunahme des BIP um eine Milliarde DM zu einer Erhöhung des TMR um etwa 1 Millionen Tonnen, des DMI um 150.000 Tonnen und des Primärenergieverbrauchs um rund 3,75 Petajoule. Um einige Entwicklungstendenzen der Elastizitäten auszumachen, soll nochmals auf Abbildung 5 zurückgegriffen werden. Vor der Wiedervereinigung nehmen die Koeffizienten mit der Zunahme einer weiteren Beobachtung ab. Indessen steigen sie nach 1991 vor allem bei den Materialinputs deutlich (um etwa 0,2) Prozentpunkte an. Geht man davon aus, daß die Wiedervereinigung ein einmaliger Effekt war, dann könnte das Ansteigen der Elastizitäten von 1992 bis 94 auf eine Trendwende in der Beziehung hindeuten. Eine solche Vermutung wurde von de Bruyn und Opschoor (1997) auf andere ökologische Indikatoren bezogen ebenfalls gehegt und als *relinking* bezeichnet. Die Daten der nächsten Jahre werden zeigen, ob sich diese Hypothese bestätigen wird.

2.3 Die Materialverbräuche im Konjunkturverlauf

Die jährlichen Veränderungen der ökologischen Indikatoren geben Hinweise auf eine mögliche Konjunkturabhängigkeit, die in Abbildung 6 dargestellt sind. Interessant ist insbesondere das zyklische Verhalten der Indikatoren. Für den TMR sind zwar recht starke Schwankungen zu beobachten, seine jährlichen Veränderungen erreichen Beträge von zeitweise mehr als zehn Prozentpunkten. Jedoch ähnelt sein Bild dem des BIP kaum. Anders bei DMI und Primärenergieverbrauch: hier sind zum einen keine solch starken Ausschläge wie beim TMR zu konstatieren. Andererseits schlagen sich die gelegentlich als M-Zyklen bezeichneten zyklischen Schwankungen des BIP in dem Bild ihrer Veränderungen deutlich nieder.

²⁶ Unter Verwendung der linearen Gleichung .

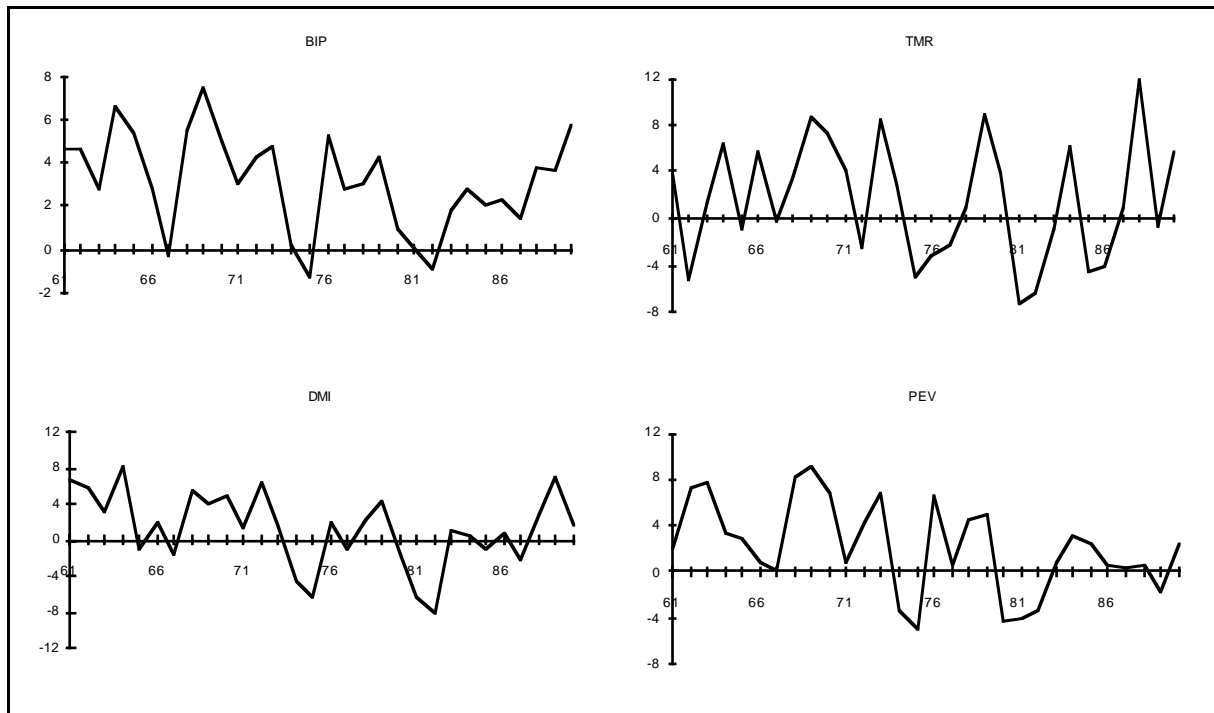


Abbildung 6: Die jährlichen Veränderungsraten von BIP, TMR, DMI und PEV im Vergleich

Um diese Abhängigkeiten zu quantifizieren, wurden mit den jährlichen Veränderungsraten der betrachteten Größen Schätzungen durchgeführt. Die Gleichung ist beispielsweise für den TMR folgendermaßen spezifiziert:

$$\Delta \ln(\text{TMR}_t) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \Delta \ln(\text{BIP}_t) + u_t$$

Mit $\Delta \ln(\text{TMR}_t) = \ln(\text{TMR}_t) - \ln(\text{TMR}_{t-1})$. Entsprechend wurden BIP, DMI und der PEV transformiert.

Diese Gleichungen wurden sowohl für den gesamten Beobachtungszeitraum als auch für die Jahre von 1976-90 und die fünfzehn Jahre davor geschätzt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Bei der Interpretation ist zunächst zu beachten, daß die Koeffizienten für das BIP wiederum Elastizitäten sind. So ging zum Beispiel im Zeitraum von 1960-90 eine 1-prozentige Erhöhung der

Wachstumsrate des BIP mit einer Veränderung der Wachstumsrate des TMR von 1,2% einher²⁷.

Die Vorzeichen der Koeffizienten sind erwartungsgemäß durchweg positiv. Damit haben positive Zuwächse des BIP auch positive Zuwächse des Materialverbrauchs zur Folge. Für die Materialverbräuche ist jedoch eine Erhöhung der BIP-Wachstumselastizität für den Zeitraum von 1976-90 gegenüber der ersten Hälfte des Beobachtungszeitraumes auffällig. Als Hauptgrund ist die besonders ab den siebziger Jahren einsetzende Abschwächung der Wachstumsraten des BIP bei gleichzeitig entweder konstanten (TMR) beziehungsweise nur geringfügig niedrigeren (DMI) jährlichen Veränderungen der ökologischen Indikatoren zu nennen. Eine solche Veränderung der Elastizitäten ist beim Primärenergieverbrauch nicht zu beobachten.²⁸

Zwischen dem TMR einerseits sowie DMI und Primärenergieverbrauch besteht hinsichtlich der Erklärungsgüte des BIP-Einflusses ein beträchtlicher Unterschied. Die Abhängigkeit des TMR-Wachstums vom BIP-Wachstum ist deutlich schwächer als diejenige in der Beziehung zwischen den anderen beiden Indikatoren und BIP. Letztere weisen im Fall des DMI einen für Wachstumsraten ordentlichen Wert zwischen 65% und 67% auf. Die Veränderungen des Primärenergieverbrauchs liegen mit Werten zwischen 55% und 64% etwas darunter.

Dagegen ist der Zusammenhang beim TMR mit Bestimmtheitsmaßen zwischen 23% und 28% eher schwach. Die Werte der Durbin-Watson Teststatistiken weisen mit Ausnahme der Schätzung des TMR für den Zeitraum von 1960-75 durchweg keine besorgniserregenden Abweichungen vom Idealwert auf. Damit kann

²⁷ Diese Elastizitäten sind von denjenigen im vorigen Abschnitt zu unterscheiden. Zur Erinnerung: dort sagte sie aus, um wieviel Prozent sich die ökologischen Indikatoren verändern, wenn das BIP um ein Prozent steigt. Hier geht es um eine einprozentige Veränderung der Wachstumsrate des BIP und der ökologischen Indikatoren.

²⁸ Mit Ausnahme des Koeffizienten für den TMR im Beobachtungszeitraum von 1960-75 sind alle Schätzer für das BIP signifikant. Erstgenannter würde den t-Test allerdings noch auf mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 7,1% "bestehen".

Autokorrelation und folglich Fehlspezifikation des Modells ausgeschlossen werden.²⁹

Interpretieren ließe sich dieser Unterschied in einer relativ guten Erklärungsgüte des direkten Ressourcenverbrauchs als Produktionsfaktor (ähnlich dem Primärenergieverbrauch), während der totale Materialaufwand mit den „ökologischen Rucksäcken“ auch die externen Effekte der Naturbeanspruchung enthält, die ja gerade *nicht* ökonomisch relevant sind.³⁰ Wenn in der *Umweltökonomik* allerdings mit Produktionsfunktionen oder Konzepten der Multifaktorproduktivität operiert wird, sollte hingegen der umfassendere Indikator TMR zugrunde gelegt werden (so auch, Bleischwitz, 1998).

²⁹ Grundsätzlich sind die Ergebnisse für die Schätzungen mit den Wachstumsraten methodisch durchaus haltbar. Besonders der DMI zeigt eine deutliche Konjunkturabhängigkeit, was sich an dem durchaus akzeptablen Bestimmtheitsmaß zeigt.

³⁰ Zum anderen unterliegen diese Rucksäcke im Zeitablauf einer im Vergleich zum DMI und dem PEV hohen Volatilität.

Stützzeitraum	Zu erklärende Variable	BIP (t-Wert)	Absolutes Glied (t-Wert)	R ² (Durbin-Watson)
1960-90	TMR	1,197	0,022	0,26
		(3,2)	(1,6)	(2,00)
		1960-75	0,873	-0,007
		(2,0)	(-0,4)	(2,33)
1976-90		1,680	-0,038	0,28
		(2,3)	(-1,7)	(1,66)
		1960-90	1,566	-0,036
		(7,5)	(-4,7)	(1,96)
1960-75	DMI	1,398	-0,028	0,65
		(4,9)	(-2,3)	(1,86)
		1976-90	1,788	-0,045
		(5,1)	(-4,15)	(2,05)
1960-90	PEV	1,423	-0,023	0,63
		(6,9)	(-3,0)	(1,53)
		1960-75	1,360	-0,016
		(4,8)	(-1,3)	(1,87)
1976-90		1,362	-0,027	0,55
		(4,0)	(-2,5)	(1,14)

Tabelle 4: Schätzergebnisse für die Wachstumsraten

Eine zusätzliche Querschnittsanalyse, mit dem Ziel, das Verhalten der Materialverbräuche in Abhängigkeit von steigendem oder fallendem BIP-Wachstum zu erfassen, soll auch nicht fehlen. Dafür wurden die Zeitreihen über die betrachteten dreißig Jahre nach eben diesem Kriterium gepoolt. Daraufhin wurde eine Dummy-Variable eingefügt, die für sinkende relative Veränderungsraten des BIP den Wert 1 hat und ansonsten verschwindet.³¹

³¹ Der erweiterte Ansatz sieht nun beispielsweise für den TMR (beim DMI entsprechend) folgendermaßen aus:

$$\Delta \ln(\text{TMR}_t) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \Delta \ln(\text{BIP}_t) + \gamma \cdot (D_t \cdot \Delta \ln(\text{BIP}_t)) + u_t$$

Beim TMR beträgt die BIP-Wachstumselastizität in Abschwungphasen 1,31%. Andernfalls 0,79% (Berechnet als $1,31 - 0,52$). Damit ist der Zusammenhang zwischen beiden bei steigendem BIP steiler. Jedoch ist der Einfluß der Dummy-Variable nicht gesichert, dazu ist der t- Wert zu gering (Signifikanzniveau 29%). Ebenso ist beim DMI kein signifikanter Dummy und damit Unterschied in den Koeffizienten bei unterschiedlichen konjunkturellen Bewegungsrichtungen zu erkennen. Im Gegensatz zum TMR hat die Binärvariable ein positives Vorzeichen und damit liegt die BIP-Wachstumselastizität in Aufschwungphasen höher als in Abschwüngen.

Zum Schluß sei noch vorläufig auf einige andere mögliche Zusammenhänge hingewiesen; diese bedürfen allerdings vertiefter Arbeiten. Bei einer Untersuchung über konjunkturelle Zusammenhänge sollten auch Lag- oder Leadstrukturen nicht vernachlässigt werden. Dazu wurden wieder jeweils für TMR und DMI Schätzungen mit dem BIP als exogener Variable durchgeführt. Letzteres wurde alternativ um ein, zwei und drei Jahre verzögert einbezogen. Die Schätzergebnisse zeigten durchweg sowohl keine signifikanten Schätzer als auch kein nennenswert hohes Bestimmtheitsmaß. Die Hypothese, daß der Materialverbrauch des gegenwärtigen Jahres vom BIP des vergangenen, vorvergangenen oder einem noch früheren Jahr abhängt, ist damit zu verwerfen. Somit fallen Materialströme und Einkommen - weitgehend - gleichzeitig an. Dies deutet an, daß Wachstumsphasen keineswegs automatisch zu einem höheren Ressourcenverbrauch führen - was wiederum auf die Entkoppelbarkeit beider Größen zurück weist.

Hierbei ist D_t besagte Binärvariable und γ ihr Koeffizient. Zur Interpretation sei darauf hingewiesen, daß γ den Unterschied in den Koeffizienten für steigende bzw. fallende BIP-Wachstumsraten ausdrückt. Folglich könnte bei einer nicht signifikanten Dummy-Variable von gleichen Koeffizienten bei Auf- und Abschwüngen ausgegangen werden.

2.4 Erste Trends für das vereinigte Deutschland ab 1991

Der „Vereinigungseffekt“

Hier soll zunächst analysiert werden, wie sich einerseits die zu untersuchenden Größen durch die Deutsche Einheit geändert haben. Zum zweiten soll der Versuch unternommen werden, einige Schlüsse auf die ökologischen Verhältnisse der ehemaligen DDR zu ziehen. Dazu wurde für jedes Aggregat die relative Veränderung zwischen dem Wert für Deutschland des Jahres 1991 und dem für Westdeutschland in 1990 gebildet. Von dieser Wachstumsrate wurde diejenige für Westdeutschland subtrahiert. Das Ergebnis kann als „Wiedervereinigungseffekt“ interpretiert werden.

	Absolutwerte			Rel. Veränderungen in %		
	1990	1991		1991		
	West	West	Gesamt	West	Gesamt	Wiederv.
BIP In Preisen von 1991 Mrd. DM	2520,4	2647,6	2853,6	5,05	13,22	8,17
TMR Ohne Wasser und Luft Mio. Tonnen	4229,0	k.A.	6360,5	k.A.	50,40	k.A.
DMI Ohne Wasser und Luft Mio. Tonnen	1352,1	k.A.	1773,1	k.A.	31,14	k.A.
Arbeitsvolumen Mio. Stunden	46175	46950	57627	1,68	24,80	23,12
Anlageinvestitionen In Preisen von 1991, Mrd. DM	532,35	564,26	656,01	5,99	23,23	17,23
Einwohner 1.000 Personen	63253	64074	79984	1,30	26,45	25,15
Erwerbstätige 1.000 Personen	28486	28973	36563	1,71	28,35	26,64

Tabelle 5 Auswirkungen der deutschen Vereinigung³²

Die Zahl der Einwohner ist um 25,15% gestiegen. Im Vergleich zur Erhöhung des BIP um 8,17% deutet dies auf eine deutlich geringere Wirtschaftskraft je Einwohner der ehemaligen DDR.

³² Quelle: Statistisches Bundesamt, Berechnungen der Abt. Stoffströme und Strukturwandel des Wuppertal Instituts und eigene Berechnungen

Beim Materialverbrauch sind leider keine westdeutschen Daten für 1991 verfügbar. So läßt sich der Vereinigungseffekt hier nur auf Basis einer ex post-Prognose abschätzen. Für TMR und DMI wurde jeweils das erste Regressionsmodell aus dem vorigen Abschnitt für den Zeitraum von 1980 - 1990 geschätzt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 dargestellt.

Abhängige Variable	Unabhängige Variable	Koeffizient	t-Wert	R ² DW
TMR	BIP	2,183	2,64	0,44
	C	-0,043	-1,94	2,14
DMI	BIP	1,966	4,49	0,69
	C	-0,047	-3,99	2,44

Tabelle 6 Ergebnisse einer Schätzung der Wachstumsraten von TMR und DMI

Darauf aufbauend wurde unter Zugrundelegung des (bekannten) Wachstums des westdeutschen BIP die jeweilige Wachstumsrate von TMR und DMI bestimmt. Für den Total Material Requirement ergaben sich hier 6,40%, beim DMI waren es 4,94%.

Als Vereinigungseffekt errechnet sich nun für den TMR ein Wert von 44%. Beim DMI liegt er bei 26,2%.

Verglichen mit der vereinigungsbedingten Erhöhung der Einwohnerzahl deutet die starke Steigung des TMR auf einen sehr viel höheren Naturverbrauch je Einwohner in der damaligen DDR hin. Beim DMI sind diese Werte in West- und Ostdeutschland annähernd gleich. Stellt man dem jedoch die lediglich 8%-ige Erhöhung des BIP gegenüber, zeigt sich auch hier eine beträchtlich materialintensivere Produktionsweise für die neuen Bundesländer.

Diese Betrachtungen über den Wiedervereinigungseffekt sind mit einiger Vorsicht zu interpretieren. Denn 1991 befand sich die ehemalige DDR bereits mitten im Transformationsprozeß. Aufgrunddessen ist ein Schluß von der

vereinigungsbedingten Veränderung auf strukturelle Unterschiede zwischen der früheren Bundesrepublik und dem Beitrittsgebiet nur unter Vorbehalten zulässig. Andererseits lassen sich bestehende Wirtschaftsstrukturen in einem Zeitraum von 15 Monaten kaum grundlegend ändern. Besonders die Anlageinvestitionen sind in diesem Zusammenhang kaum sinnvoll zu interpretieren, da sie 1991 bereits durch starke West- Osttransfers gekennzeichnet waren, während die Investitionstätigkeit in der ehemaligen DDR nahezu vollständig zum Erliegen kam.

Wir wollen angesichts des kurzen Zeitraums, der seit der Wiedervereinigung verging, nur einige Trends, die sich bei den ökologischen Indikatoren abzeichnen, analysieren. Über die ökonomische Entwicklung der vergangenen 6 Jahre wurde und wird bislang von anderer Seite ausführlich berichtet³³.

Bei dem gesamten Materialverbrauch (TMR) hat im Zeitraum von 1991 bis 1994 eine Reduktion um 9,54% stattgefunden. Interessanterweise ist der DMI im gleichen Zeitraum um 8,84% gestiegen. Zurückzuführen ist dieses gegenläufige Bild auf einen starken Rückgang der nicht verwerteten Förderung („ökologischen Rucksäcke“). Sie sanken in den 3 Jahren um 19,64%. Dahinter verbirgt sich im wesentlichen der Braunkohlentagebau in den neuen Ländern, der in diesem Zeitraum stark zurückgefahren wurde und einen beträchtlichen Einfluß auf die Höhe der Aggregate ausübt.

3. Fazit: Fragen und weiterer Forschungsbedarf

In diesem Papier wurde vor allem die zeitliche Entwicklung des am Wuppertal Institut nach der MAIA-Methodik (Schmidt-Bleek et al. 1998) bestimmten aggregierten Materialinputs (als grober Indikator für die Natur- und Landschaftsveränderung eines Landes) untersucht. Zusammen mit dem Primärenergieverbrauch, dessen Entwicklung in die gleiche Richtung tendiert, läßt sich ein Strukturbruch in Beziehung zum Wirtschaftswachstum erkennen, der auch als „Entkopplung“ interpretiert werden kann: umfassende ökologische

³³Vgl. u.a. Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, verschiedene Gutachten seit 1990/91

Indikatoren dieser Art steigen seit Mitte der 70er Jahre trotz fortschreitendem Wirtschaftswachstum nicht - oder nur sehr wenig - weiter an. Vor allem die sechziger Jahre und generell die Zeit des "Wirtschaftswunders" waren durch eine enorme (Auf-)Bautätigkeit gekennzeichnet. Bei der Analyse der Materialinputs nach Sektoren ergibt sich daher gerade für den Baubereich eine besonders hohe Materialintensität. Eine - von vielen für notwendig erachtete - Reduktion der Stoffströme läßt sich aber nicht erkennen (Hinterberger, Moll, Femia 1998).

Für die ökonomische Theorie ist dieser Befund von Interesse (wenn auch nicht gänzlich neu). So könnte gefragt werden, ob die Annahmen der Neuen Wachstumstheorie über die nicht-absinkende Grenzproduktivität des Faktors Wissen auch für den Anstieg der Ressourcenproduktivität zwischen 1975 und 1990 in Deutschland zutreffen. Falls sich dies über vertiefende und sektoral disaggregierte Studien belegen ließe, wäre es ein starkes Indiz für die u.a. von Bleischwitz vermuteten „*green economies of scale*“ (siehe Bleischwitz 1998).

Jedenfalls hängt die Entkopplung der Umweltindikatoren bisher nicht mit einer gezielten Dematerialisierungspolitik zusammen. Bis heute sind die meisten natürlichen Ressourcen, die im Materialinput erfaßt werden, wirtschaftlich nicht knapp. Steuern und/oder Zertifikate könnten eine solche ökologisch wünschenswerte Verknappung herbeiführen. Darüber hinaus hat ein Bewußtseinswandel zugunsten des Umweltschutzes begonnen. Dieser ist jedoch bislang auf einen relativ hohen Informationsstand und wenige Handlungsfelder (z.B. Abfalltrennung) beschränkt; durchgängige Verhaltensänderungen stehen weitgehend aus. Diese wären aber notwendig, damit die Materialinputs nicht nur mehr oder weniger stagnieren, sondern absolut deutlich absinken.

Um prognostische Fragen zu beantworten, wären nach Materialarten disaggregierten Untersuchungen angebracht, welche über die Hintergründe zeitlicher Veränderungen der Materiaggregate aufklären können. (siehe dazu Hinterberger/Moll/Femia 1998 und Moll/Bringezu/Femia/Hinterberger 1998). Darauf aufbauend ließen sich in einem ökonomischen Modell Szenarien untersuchen, die Potentiale für eine solche Entwicklung abschätzen helfen.

Auch eine genauere Analyse der (politischen) Beeinflußbarkeit einzelner Materialkategorien ist vonnöten, wenn man das Dematerialisierungsziel verfolgt. Bekanntlich sind viele Projekte, bei denen große Erdmassen bewegt werden, politisch motiviert oder beeinflußt; Beispiele sind der Straßenbau, der Bergbau oder der Kraftwerksbau.

Schließlich gilt es, den Zusammenhang zwischen Materialverbrauch und Wirtschaftswachstum weiter theoretisch und empirisch zu untersuchen. Eine "Makroökonomik der Dematerialisierung" müßte versuchen, die theoretischen Zusammenhänge zwischen den hier untersuchten Aggregaten (und ggf Geldmenge, Zins etc.) erklären. Die hier präsentierte empirische Analyse liefert eine Grundlage für weitergehende Arbeiten.

Literatur

Adriaanse, Albert; **Bringezu**, Stefan; **Hammond**, Allen; **Moriguchi**, Yuichi; **Rodenburg**, Eric; **Rogich**, Donald; **Schütz**, Helmut: Resource Flows: The Material Basis of Industrial Economies, Washington, D. C., 1997. Deutsche Übersetzung von **Bringezu**, Stefan (Hrsg.): Stoffströme: Die materielle Basis von Industriegesellschaften. Basel 1998

Bleischwitz, Raimund: Ressourcenproduktivität. Innovation für Umwelt und Beschäftigung, Heidelberg 1998

Bringezu, Stefan: Umweltpolitik. Grundlagen, Strategien und Ansätze zukunftsfähigen Wirtschaftens. München 1997

Bringezu, Stefan; **Schütz**, Helmut: Analyse des Stoffverbrauchs der deutschen Wirtschaft. Status quo, Trends und mögliche Prioritäten für Maßnahmen zur

Erhöhung der Ressourcenproduktivität, in: Köhn, Jörg; Welfens, Maria J.: Neue Ansätze in der Umweltökonomie, Marburg 1996, S. 227-250

Bringezu, Stefan; **Schütz**, Helmut: Der ökologische Rucksack des Ruhrgebiets. Ein Vergleich mit Nordrhein-Westfalen und der Bundesrepublik Deutschland. Wuppertal Papers Nr. 61, Oktober 1996

BUND; Misereor (Hrsg.): Zukunftsfähiges Deutschland: Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung. Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie. Basel, Berlin, Boston, 1996

Grossman, Gene M.; **Krueger**, Alan B. (1995): „Economic Growth and the Environment“, Quarterly Journal of Economics, Vol. 110, S. 353-377

Hinterberger, Friedrich; **Luks**, Fred, **Schmidt-Bleek**, Friedrich: Material flows vs. 'natural capital'. What makes an economy sustainable, Ecological Economics, Vol. 23 (1997), S. 1-14

Hinterberger, Friedrich, **Luks**, Fred, **Stewen**, Marcus: Ökologische Wirtschaftspolitik: zwischen Ökodiktatur und Umweltkatastrophe. Berlin, Basel, Boston, 1996

Hinterberger, Friedrich; **Welfens**, Maria J.: „Warum inputorientierte Umweltpolitik?“ in: Köhn, Jörg; Welfens, Maria J. (Hrsg.): Neue Ansätze in der Umweltökonomie. Marburg, 1996, S. 21-44

Hinterberger, Friedrich, **Moll**, Stephan, **Femia**, Aldo: Arbeitsproduktivität, Ressourcenproduktivität und Ressourcenintensität der Arbeit - makroökonomische und sektorale Analyse. Graue Reihe des Instituts Arbeit und Technik 1998-02.

Jänicke, Martin; **Mönch**, Harald; **Ranneberg**, Thomas, **Simonis**, Udo E.: Economic Structure and Environmental Impact. Empirical Evidence on Thirty-one countries in East and West. Wissenschaftszentrum Berlin, Forschungsschwerpunkt Technik, Arbeit, Umwelt, Papers, FS II 88-402, Berlin, 1992

Lippe, Peter von der: Wirtschaftsstatistik. Stuttgart 1990

Moll, Stephan, **Hinterberger**, Friedrich, **Femia**, Aldo, **Bringezu**, Stefan: Ein Input-Output-Ansatz zur Analyse des totalen Ressourcenverbrauchs einer Nationalökonomie. Beitrag zum 6. Stuttgarter Input-Output Workshop. 1998.

Österreichische Bundesregierung (Hrsg.): NUP - Nationaler Umweltplan. 3. A., Wien, 1996

Schmidt-Bleek, Friedrich: Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS - Das Maß für ökologisches Wirtschaften. Berlin, Basel, Boston, 1994

Schmidt-Bleek, Friedrich, et al.: MAIA- Einführung in die Material-Intensitäts-Analyse nach dem MIPS-Konzept. Wuppertal Texte, Berlin, Basel, Boston, 1998

Umweltbundesamt: Daten zur Umwelt. Der Zustand der Umwelt in Deutschland. Berlin 1997.