

# WIE ERREICHEN WIR EINE ZUKUNFTSAHIGE WIRTSCHAFT?

F. Schmidt-Bleek \*  
Wuppertal Institut 1994

## Von Nanogrammen zu Megatonnen

Wir haben zwanzig Jahre lang erfolgreiche Umweltchemikalienpolitik betrieben. Mit ganz erheblichem Aufwand wurden erkannte Gefahrstoffe aus allen Bereichen der Technosphäre als Produkte oder Verunreinigungen vom Markt verbannt, aus Abgasen herausgefiltert, als Rückstände verbrannt, durch Prozeßumstellungen vermieden. Ein neuer Technikbereich zur Emissionsvermeidung und zur Dekontaminierung von Gefahrstoffen entstand, der in Deutschland heute mehr als 600 000 Menschen Arbeit gibt und erhebliche Exporterträge erwirtschaftet. Die Verfolgung von Nanogrammen in der Umwelt ist heutzutage Routine. Der Himmel über der Ruhr ist wieder so blau wie anderswo. Und dennoch geht es der Ökosphäre immer schlechter - weltweit. Wo liegen die Ursachen hierfür und wie kommen wir zu einer zukunftsfähigeren Wirtschaft?

Eine zukunftsfähige Wirtschaft ist nur dann erreichbar, wenn es gelingt, Güter erheblich ökologischer zu gestalten als dies heute der Fall ist -- und zwar von der Wiege bis zur Bahre - das heißt in der Herstellung, im Gebrauch, beim Wieder- und Weiterverwenden, wie auch in der Entsorgung.

**Die Entscheidung darüber, ob es eine zukunftsfähige - eine ökologisch angepaßte - Wirtschaft geben wird fällt auf dem Markt.**

Da, wie Ernst von Weizsäcker dies ausdrückt, die Preise die "ökologische Wahrheit nicht sagen", müssen Verfahren zur Abschätzung der Umweltverträglichkeit von Wirtschaftsleistungen erarbeitet werden. Denn jedem von uns ist geläufig, daß es zur Zeit keine hilfreichen Kennzeichnungen auf Produkten oder für Dienstleistungen gibt, welche eine ökologisch sinnvolle Auswahl möglich machen.

Angesichts der Fülle von Gütern auf dem Markt und im Hinblick auf Neuheiten und Veränderungen alter Angebote, müssen solche Verfahren möglichst wenig (zeit- wie auch mittel-) aufwendig, hinreichend verläßlich, auf alle Wirtschaftsleistungen anwendbar, richtungssicher und selbstverständlich wissenschaftlich vertretbar sein. Werden diese Bedingungen nicht erfüllt, dann sind die Verfahren auch international nicht harmonisierfähig: ohne solche Konventionen wird zum Beispiel die "Grünung des GATT" nicht stattfinden.

\* F.Schmidt-Bleek, "Wieviel Umwelt braucht der Mensch - MIPS, das Maß für ökologisches Wirtschaften", Birkhäuser (Berlin, Bosten, Basel), 1993. ISBN 3-7643-2959-9

Die Verwendung von chemischen, physikalischen oder toxikologischen Kenntnissen über Gefahrstoffe für die Abschätzung der Umweltbelastungsintensität von Produkten und Dienstleistungen wirft mehrere grundsätzliche Probleme auf. So sind z.B. die Langzeitwirkungen der meisten Stoffe auf das komplexe, nicht-lineare System Ökosphäre so wenig bekannt wie ihre synergistischen oder antagonistischen Eigenschaften. Verschiedenartige Auswirkungen derselben Stoffe sind objektiv kaum vergleich- oder verrechenbar (z.B. Akkumulationsfähigkeit, Veränderung biologischer Erbanlagen, Korrosion von Kirchenfenstern, Fischgiftigkeit oder Klimawirksamkeit). Die Herstellung, der Gebrauch, die Kreislaufführung sowie die Entsorgung von verschiedenen Wirtschaftsgütern sind mit einer Vielfalt verschiedener (potentieller) Schadstoffe verbunden, von denen jeweils nur ein kleiner Ausschnitt vielen Gütern gemeinsam ist.

**Unser toxikologisches Wissen über Umwelt-Gefahrstoffe verbessert sich fortlaufend. Es wird aber auch in der Zukunft nicht ausreichen, um hieraus allgemeine Grundsätze für die Ökologisierung der Wirtschaft ableiten zu können.**

Jede Entnahme von Material aus Lagerstätten, jedes Pflügen von Erde, jedes Umleiten und jede Entnahme von Wasser, und alles Ernten von Biomasse hat ökologische Folgen. Es ist nicht möglich, auch nur eine Schaufel Erde aus ihrem natürlichen Platz zu heben, ohne unmittelbar ökologische Folgen in Gang zu setzen. Das Bauen von Städten und von Infrastrukturen ist ökologisch nicht neutral, sowenig wie das Anlegen von Stauseen. Wir wissen zwar selten, welche verschiedenen Folgen in der Umwelt auftreten und wie intensiv sie sein werden, wir können auch Ort und Zeit der Folgen nur gelegentlich voraussagen, aber eintreten werden die Folgen auf jeden Fall.

**Jeder materielle Input in die Wirtschaft kommt - früher oder später - hinten als Abfall, Emissionen oder Einleitungen wieder heraus. Zum Teil in Form von Schadstoffen.**

Einiges haben wir in letzter Zeit über die ökologischen Folgen von menschengemachten Stoffströmen allerdings schon gelernt. So wissen wir zum Beispiel, daß die Entnahme von Steinkohle im Ruhrgebiet bisher zur Absenkung von über 70 000 Hektar geführt hat mit der Folge, daß die Oberflächenwässer für alle Zukunft abgepumpt werden müssen, um die Flutung dieses Gebietes zu vermeiden. Oft müssen riesige Abraummengen aus dem Weg geräumt und Wässer abgepumpt werden, um an Bodenschätze zu gelangen. Und manche Metalle, wie etwa Gold und Uran, werden aus großen Mengen gebrochenem Gestein konzentriert. Beim Platin ist das Verhältnis von Gestein zu Metall etwa 350 000 zu 1! Eine noch unveröffentlichte Studie zeigt, daß die weltweite SO<sub>2</sub> Produktion an der Oberfläche von maschinell gebrochenen Gesteinen etwa die gleich Größenordnung hat wie die errechneten Emissionen aus dem Energiekonversionsbereich. Einige Staaten der USA haben seit Beginn ihrer landwirtschaftlichen Nutzung mehr als die Hälfte ihres Mutterbodens durch Erosion verloren.

**Wir müssen anfangen, den ökologischen Folgen der Bewegung von Megatonnen Natur Beachtung zu schenken.**

Seit Beginn der ersten industriellen Revolution sind die meisten der von Menschen bewegten Stoffströme exponentiell angestiegen, in vielen Fällen wesentlich schneller als der Zuwachs der Weltbevölkerung. Heute setzt die Menschheit auf den Kontinenten mehr Masse in Bewegung als die Natur.

Diese Stoffströme werden bewegt, um den Menschen in den Industriestaaten im besten Sinne des Wortes einen hohen materiellen Wohlstand zu verschaffen. Diese Stoffströme beschleunigen jedoch Tempo und Art der auch natürlich stattfindenden ökologischen Veränderungen in einem solchen Ausmaße, daß der menschliche Körper (wie etwa auch Bäume und Elefanten) sich den geänderten Umfeldbedingungen nicht schnell genug anpassen kann.

**Der Mensch ist so tüchtig und seine Maschinen so gewaltig, daß er sich früher oder später selbst zum Frühfossil macht.**

Dies bedeutet aber, daß unsere Wirtschaftsgüter in ihrer gegenwärtigen materialintensiven Ausprägung die Ökosphäre destabilisieren. Und hieraus folgt wiederum, daß zum Erreichen einer zukunftsfähigeren Wirtschaft eine deutliche Dematerialisierung der Wirtschaft erfolgen muß. Und dies ist gleichbedeutend mit der Forderung nach Erhöhung der Ressourcenproduktivität: je mehr Wohlstand aus einer Tonne Wasser oder Kies erzeugt werden kann, desto besser für die Umwelt.

**Die Forderung lautet: Mehr Wohlstand durch weniger Umwelt.**

Es versteht sich wohl von selbst, daß die Materialintensität lebenszyklusweit gerechnet werden muß: Von der Wiege bis zur Bahre, vom ersten Einsatz eines Baggers zur Gewinnung von Erzen oder Kohle bis zur Entsorgung eines Kühlschranks ist die Ressourcenproduktivität heute zu gering. Unter Ressourcenproduktivität wird hier die Wertschöpfung pro Menge (z.B. Tonne) von natürlichen Ressourcen verstanden. Die ökologischen Folgen des sorglosen Umganges mit Stoffströmen limitieren langfristige Wirtschaftsentwicklungen.

**Nicht die Verfügbarkeit von natürlichen Ressourcen begrenzt die wirtschaftlichen Entwicklungen von morgen, sondern die ökologischen Folgen der gegenwärtig sehr geringen Ressourcenproduktivität.**

## **MIPS**

Ein allgemein anwendbares Maß für die Abschätzung und den Vergleich der Umweltbelastung von Infrastrukturen, Produkten und Dienstleistungen muß mehrere Anforderungen erfüllen:

1. Es sollte einfach sein, aber wesentliche Umweltbeeinflussungsfaktoren widerspiegeln.
2. Es sollte auf Charakteristika fußen, die allen Prozessen, Gütern und Dienstleistungen eigen sind.
3. Die gewählten Charakteristika müssen in einfacher Weise meßbar oder rechnerisch zugänglich sein.
4. Die Anwendung des Maßes sollte kosteneffizient sein.
5. Das Maß sollte transparente und reproduzierbare Abschätzungen der Umweltbelastungspotentiale aller möglichen Pläne, Prozesse, Güter und Dienstleistungen von der Wiege bis zur Wiege ermöglichen.
6. Seine Anwendung sollte immer zu richtungssicheren Ergebnissen führen.
7. Das Maß sollte eine Brücke zu Aktivitäten auf den Märkten bilden.
8. Es sollte auf allen Ebenen anwendbar sein, lokal, regional und global.

**Eine zukunftsfähige Wirtschaft kann es nur geben, wenn Fortschritte dorthin richtungssicher meßbar sind.**

Basierend auf den bereits vorgetragenen Beobachtungen ist es unser Vorschlag, die Umweltbelastung von Infrastrukturen, Produkten und Dienstleistungen auf der Basis ihrer lebenszyklusweiten Materialinputs pro Dienstleistungs-(Nutzungs->einheit - MIPS zu vergleichen. Hierbei wird MI als gesamter Material- und Energiedurchsatz in kg (oder Tonnen) "von der Wiege bis zur Bahre" veranschlagt. Lebenszyklusweit berechnen bedeutet auch, alle zur Produktion, zum Gebrauch und zur Entsorgung notwendigen Anlagen, alle Transportanteile sowie Verpackungen mit zu berücksichtigen.

Für die Berechnung von MIPS werden die lebenszyklusweit aufgebrauchten Energiemengen in Masse ausgedrückt. Für Energieträger wie Öl und Kohle bestehen keine Probleme. Für Elektrizitätsmengen und Solaranlagen werden die systemweit notwendigen Materialinputs in MI pro kWh am Netz bzw. Wärmemengen errechnet. Die Berechtigung für dieses Vorgehen liegt darin, daß die Schädigungen am Ökosystem im wesentlichen durch die mit der Energie verbundenen Stoffströme (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Öl etc..) und nicht durch den Einsatz der Energie selbst entstehen. Die Dienstleistungseinheiten ergeben sich aus den vom Gut erwarteten Leistungen während seiner gesamter Gebrauchszeit. Beim Auto sind dies z.B. die insgesamt geleisteten Personenkilometer (bei 150 000 km Gesamtleistung und einer durchschnittlichen Besetzung von 1,2 Personen ergäben sich 180 000 Personenkilometer). Beim Kühlschrank ist für die Dienstleistung die Verfügbarkeit eines bestimmten Rauminhaltes bei vorgegebener Temperatur während der gesamten Lebenszeit des Gerätes einzusetzen und bei der Waschmaschine die lebenslange Anzahl konkreter Waschvorgänge.

**Solange Menschen nur in Gütern denken anstatt den Nutzen zu erwerben, den sie von Maschinen erwarten, ist der Weg in eine ökologischere Zukunft mit Müllbergen verstellt.**

Da die Anwendung von MIPS definitionsgemäß bereits eine erste grobe Abschätzung der ökologischen Verträglichkeit für die analysierte Wirtschaftsleistung miteinschließt, sind mit Hilfe des MIPS-Konzeptes durchgeführte oder "Produktlinienanalysen" entsprechend einfacher und eindeutiger als zum Beispiel bei den heute noch üblichen Ökobilanzen. Dies deshalb, weil bei den meisten bisher durchgeführten Analysen dieser Art eine Vielzahl verschiedener Indikatoren für die Bemessung der Umweltbelastungsintensität von Gütern herangezogen wird, die häufig speziellen Vorgaben oder persönlichen Präferenzen entsprechen und sich mit zunehmendem Wissen über "Schadstoffe" mit der Zeit auch ändern (CO<sub>2</sub> war noch vor 6 Jahren keine politische Größe, während man heute manchmal den Eindruck gewinnt, beim CO<sub>2</sub> handele es sich um den Umweltschadstoff schlechthin). Durch die Einführung von MIPS könnte deshalb auch die Chance wesentlich verbessert werden, internationale Harmonisierungen für die Abschätzung der Umweltbelastungsintensität von Infrastrukturen, Produkten und Dienstleistungen zu erreichen. Die Hypothese der zu hohen Material- und Energieintensität gegenwärtiger Infrastrukturen, Produkte und Dienstleistungen bedeutet auch, daß prinzipiell jede ökologisch sinnvolle Verbesserung auf eine Iebenszyklusweite Dematerialisierung der jeweiligen Dienstleistungserfüllung hinauslaufen muß.

**Die ökologisch strukturell angepaßte Wirtschaft ist eine dematerialisierte Wirtschaft.**

Dies bedeutet jedoch nicht, daß eine zukunftsfähige Wirtschaft allein durch die Herabsetzung von Materialintensitäten erreichbar wäre. Entmaterialisierung kann nicht verhindern, daß Menschen ökologisch unmäßige Dienstleistungsansprüche stellen, und seien sie noch so dematerialisiert. Man kann eben anstelle eines heutigen Autos auch 3 oder 4 dematerialisierte City-cars für die Familie erstehen, so man das nötige Kleingeld besäße.

**Zur Erreichung einer zukunftsfähigeren Wirtschaft gehören zwei Dinge: eine ökologisch orientierte Effizienzrevolution der Technologie sowie eine konsumorientierte Suffizienz Anpassung der Menschen.**

Einen einzigen ökologischen Indikator für die Darstellung der ökologischen Effizienz verschiedenartigster Dinge des menschlichen Wirtschaftens vorzuschlagen, wenn auch nur zur ersten Grobabschätzung und zum Vergleich der Umweltbelastungsintensität, muß vermessen anmuten angesichts der unerhört komplexen Struktur- und Wirkungszusammenhänge in der Natur. Nur seine Plausibilität kann überprüft und erhärtet werden. Und nur Konventionen könnten ihm zur Anerkennung und zur Anwendung verhelfen.

**Neue Optionen zur Energiegewinnung sind nur dann ökologischer als die heutigen, wenn Energie mit geringerem MIPS angeboten werden kann.**

Die Anwendung von MIPS ergibt zum Beispiel, daß Wasserkraft ökologisch keineswegs neutral ist; daß der Ersatz fossiler Energieträger durch neue Optionen nur dann ökologische Vorteile bringt, wenn die erzeugte Energie dadurch weniger materialintensiv ist; daß die Weiterverwendung von Verpackungsmaterial dann ökologisch unsinnig wird, wenn der Gesamtprozeß der Rückführung pro Verpackungseinheit materialintensiver wird als andere Lösungen; daß die Diskussionen um Katalysatoren weit von der ökologischen Wirklichkeit entfernt geführt wurden; und schließlich, daß bei einer wesentlichen Entmaterialisierung der Wirtschaft entsprechend erhebliche Reduzierungen des Energiebedarfs, Verminderung von toxikologisch unerwünschten Stoffströmen sowie von Transport- und Verpackungsleistungen sozusagen als Gratisleistungen anfallen. Grundsätzlich kann MIPS als ökologische Ergänzung konventioneller volks- und betriebswirtschaftlicher Meßgrößen angesehen werden.

## **DER ÖKOLOGISCHE SICHERHEITSAKTOR 10**

Eine 50%ige Reduzierung der globalen anthropogenen Stoffströme könnte als erste ernsthafte Maßnahme zur Restabilisierung der Ökosphäre gewertet werden. Zur Zeit werden etwa 80 % der globalen Stoffströme für die Befriedigung der materiellen Ansprüche der reicheren Menschen, also etwa 20 % der Weltbevölkerung, in Bewegung gesetzt. Dies übrigens keineswegs nur in den Grenzen der reicheren Länder. Viele Rohstoffe und landwirtschaftliche Produkte werden ja importiert, nachdem im Zuge des Mineralabbaues und der Erzeugung in den Exportländern enorme Stoffströme in Bewegung gesetzt wurden. Bei Metallen zum Beispiel gehen etwa 80 % der Umweltverschmutzungen auf das Konto Abbau und Verhüttung.

Wenn man annimmt, daß wir in den reicheren Ländern den anderen 80% der Menschheit einen vergleichbaren Zugriff auf materielle Güter nicht verwehren dürfen, dann müßten zur 50%igen Reduzierung der globalen Stoffströme die zukünftigen Infrastrukturen, Produkte und Dienstleistungen, verglichen mit den heutigen westlichen Maßstäben, um etwa einen Faktor 10 im Durchschnitt dematerialisiert werden. Zu einem vergleichbaren Ergebnis kommt Hans Opschoor aufgrund anderer Überlegungen. Mit wachsender Weltbevölkerung (und mit wachsenden Dienstleistungsansprüchen pro Person) wird der ökologische Sicherheitsfaktor entsprechend ansteigen.

**Zur Vermeidung katastrophaler ökologischer Reaktionen auf unsere Wirtschaftsweise müssen die industrialisierten Länder Güter und Dienstleistungen um etwa einen Faktor 10 dematerialisieren.**

Wie bereits angedeutet, bezieht sich dieser Faktor 10 auf die ganzen Lebenszyklen von Wirtschaftsleistungen. Dies kann von Vorteil sein, weil Dematerialisierungen in bestimmten Bereichen technisch leichter zu gestalten und wirtschaftlich günstiger sind als in anderen. Es wird

allerdings zu berücksichtigen sein, über welche Bereiche nationale Kontrolle überhaupt gegeben ist.

### **UM WIEVIEL KANN DIE RESSOURCENPRODUKTIVITÄT ANGEHOHEN WERDEN? UND WIE IST DER ZEITBEDARF FÜR DEN STRUKTURWANDEL?**

Im Grunde geht es hier um die Frage, wieviel Wohlstand, wieviel Dienstleistungseinheiten aus einer bestimmten Menge Materie bezogen werden können oder umgekehrt um die Frage nach der minimalen Menge an Material, die zur Befriedigung einer bestimmten Dienstleistung eingesetzt wird. Bis heute war diese Frage nie wirtschaftsbestimmend, da im Vergleich zu den Kapital- und Arbeitskosten die Aufwendungen für den Ressourceneinsatz, auch und gerade für Energie, von wenigen Branchen abgesehen, nicht wesentlich zu Buche schlugen. Entsprechend gering ist die Ressourcenproduktivität heute im Vergleich zur Kapital- und Arbeitsproduktivität. Schätzt man etwa die für alle Dienstleistungen heute in den USA umgesetzte Energie, bezogen auf den ursprünglichen Primärenergieinput (die sog. "Zweite-Hauptsatz-Energie") ab, so ergibt sich, daß die erbrachten Leistungen theoretisch mit weniger als drei Prozent der eingesetzten Primärenergie erbracht werden könnten. In der Praxis ist ein entsprechender Faktor von 30 wohl nicht realisierbar, aber ganz ohne Zweifel sind erhebliche Verbesserungen in vielen Bereichen dennoch möglich.

### **Die in den USA heute durch Maschinen erbrachten Leistungen könnten theoretisch mit dreißig mal weniger Energie erzeugt werden.**

Wenn die heute übliche Anschaffung des Produktes Auto zum Beispiel (den meisten Menschen gehört ihr Auto allerdings gar nicht) ersetzt würde durch die möglichst materialsparende Erfüllung des Transport- (und Mobilitäts-?)bedarfes, dann würden sich die meisten Menschen nach einer ganz anderen Lösung umsehen, als heute noch gang und gäbe: Wer braucht schon 24 Stunden am Tag ein 8 bis 12 Quadratmeter großes Fahrzeug mit 5 Sitzen, welches eine Tonne oder mehr wiegt, mit dazu passender Garage, ein Fahrzeug, das 170 Stundenkilometer Spitze fahren kann und für das rund um die Uhr Versicherung und Steuer bezahlt werden müssen? Außerdem bezahlt man beim Kauf den vollen Preis oder zahlt ihn zweimal über die Zeit, weil Bankdarlehen teuer sind. Reparaturen kommen extra. Alle Steuerzahler subventionieren zusätzlich noch den Straßenbau, den Parkplatzbedarf, die Polizei, die Angestellten von Ämtern etc. (In den USA wurde ermittelt, daß die Netto-Subventionen des Autoverkehrs etwa 300 Milliarden Dollar jährlich ausmachen).

Hätte wirklich irgend jemand die Eisenbahn so erfunden, wie sie heute eben ist, wenn am Anfang die Frage nach möglichst geringer Materialintensität, (also geringer MIPS) im Vordergrund gestanden hätte?. Sicherlich nicht. Natürlich ist dies eine hypothetische Frage, aber sie zwingt zum Nachdenken - und trägt so möglicherweise zu ökologisch besseren Lösungen in der Zukunft bei.

**Aus technischer, physikalischer und chemischer Sicht ist es absehbar, daß zur Befriedigung heutiger Dienstleistungsansprüche 5-bis 15fach dematerialisierte Lösungen angeboten werden können.**

Man denke nur an die heute im allgemeinen eher geringe Lebenszeit von Produkten oder an die Güter, die von vornherein für den seltenen Spitzenbedarf dimensioniert sind. Schon heute werden auf dem Markt alternative Lösungen in manchen Bereichen angeboten: Zum Beispiel kann das Drucken von Computeroutputs entweder mit dem Lasergerät oder mit dem Inkjet erledigt werden. Man braucht nur zu versuchen, den Laserdrucker oder den Inkjet herumzutragen, dann hat man bereits ein gutes Gefühl für die unterschiedlichen MIPS der beiden: etwa einen Faktor 15! Zugegeben, der Laserdrucker ist schneller (noch) und druckt ein ganz klein wenig sauberer (noch), aber hierfür (und ähnliche Produkte) den ökologischen Kollaps riskieren? Am Wuppertal Institut wurden in Zusammenarbeit mit der Bergischen Universität bereits einige erheblich dematerialisierte Industrieprodukte entworfen. Hierzu gehört ein Haushaltskühlgerät mit dem Namen FRIA, das sich durch etwa 6fache Material- und etwa dreifache Energieeinsparungen bei deutlich besserer Dienstleistung auszeichnet.

**Die Marktsignale sind heute noch nicht geeignet, ökologischen Produkten und Dienstleistungen Vorteile zu verschaffen.**

Da signifikante soziale Veränderungen normalerweise ein bis zwei Generationen in Anspruch nehmen, muß wohl auch für den ökologischen Strukturwandel in ähnlichen Zeiträumen gedacht werden. Wirklich neue technische Lösungen benötigen 5 bis 20 Jahre zur Reife. Von besonderem Gewicht aber dürfte die Beobachtung sein, daß etwa 2,5 Milliarden Menschen in Ländern wohnen, die einen großen "Nachholbedarf" haben und zur Zeit mit rund 10 % Zuwachsraten einen unerhörten Investitionsboom erleben. Da heute nur die unökologisch gestaltete Dinosauriertechnik zur Verfügung steht und die Industriestaaten sich gegenseitig mit Angeboten überbieten, wird es wohl zwangsweise zum größten Verbrauch von Natur kommen. In diesem Bereich wären offensichtlich gegenseitige Hilfen neuer Art von allergrößter Bedeutung. Darüber aber wurde in Rio 1991 nicht gesprochen.

**Es erscheint fraglich, ob die globalen Stoffströme weiterhin rasant ansteigen können, ohne katastrophale Destabilisierungen der Okosphäre zu provozieren. .**



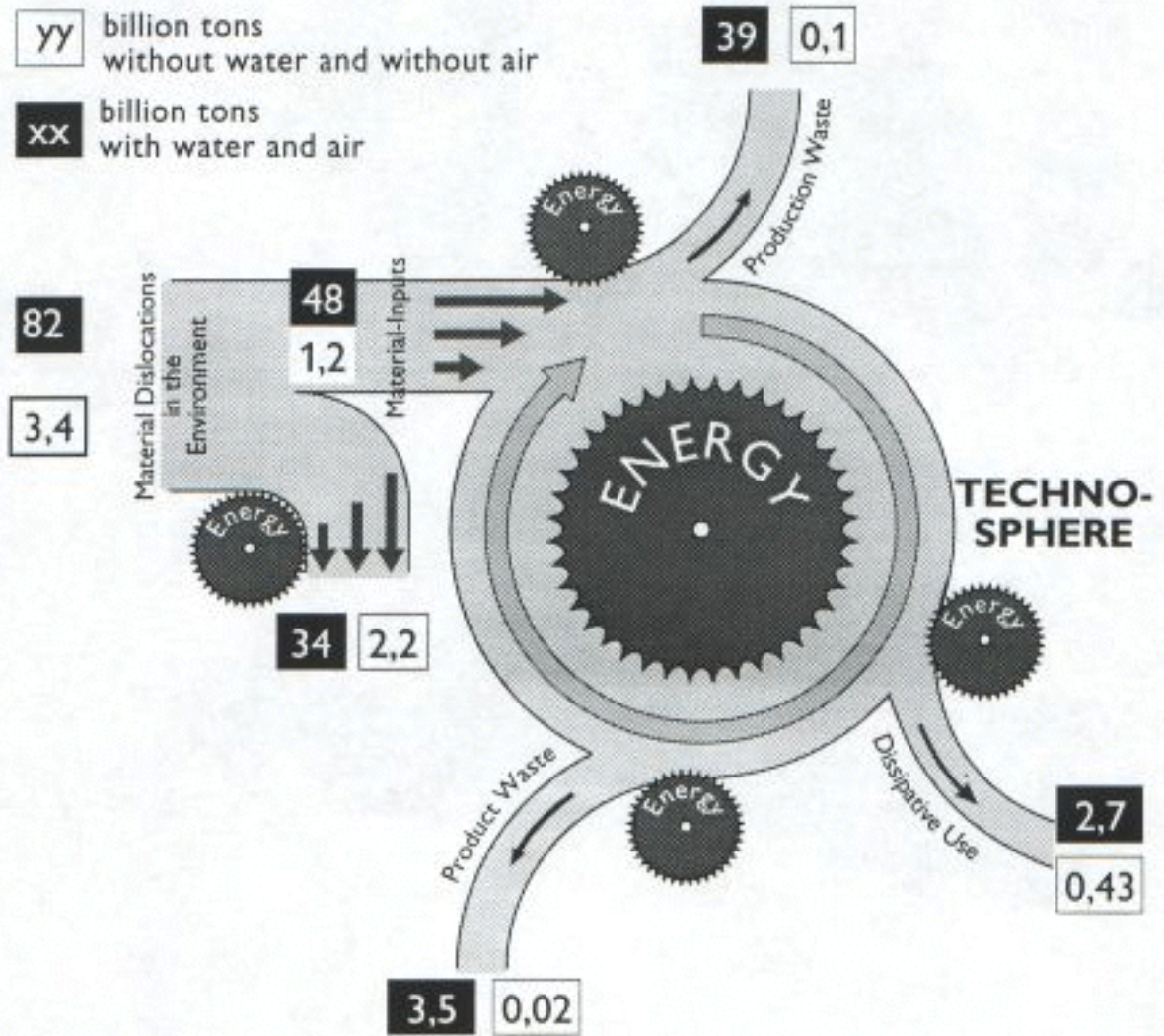


Fig 1: Die gegenwärtige Stoffstromsituation in Deutschland. Mehr als die Hälfte der anthropogen aus den Lagerstätten bewegten Massen werden nicht in die Wirtschaft eingeführt. Nur ein kleiner Teil ist recyklierungsfähig.

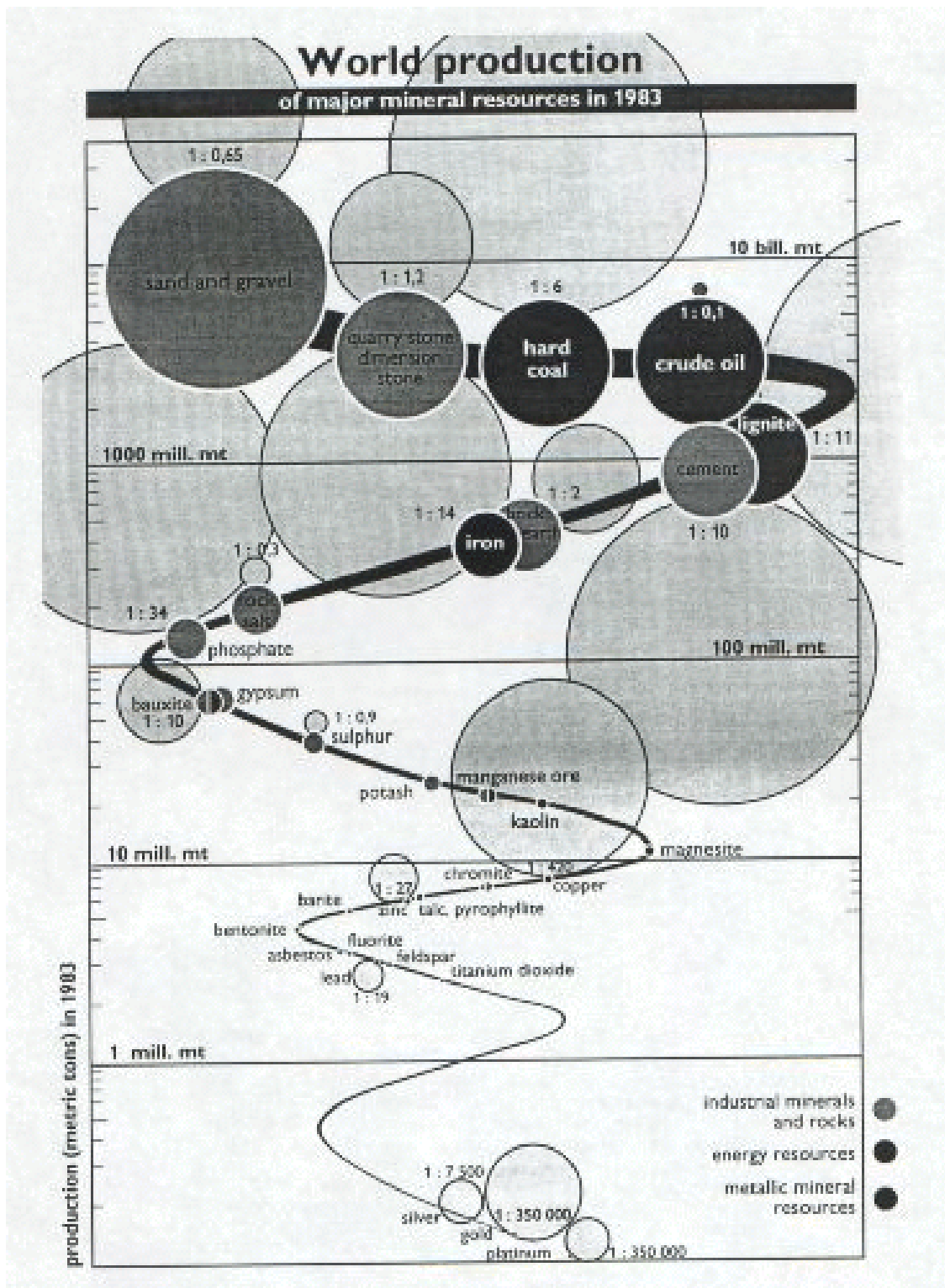


Fig 2:  
Die dunkleren Felder stellen die Weltproduktion verschiedener Wirtschaftsgüter dar (1993). Die helleren Felder sind die jeweils dazugehörigen "Ökologischen Rucksäcke"

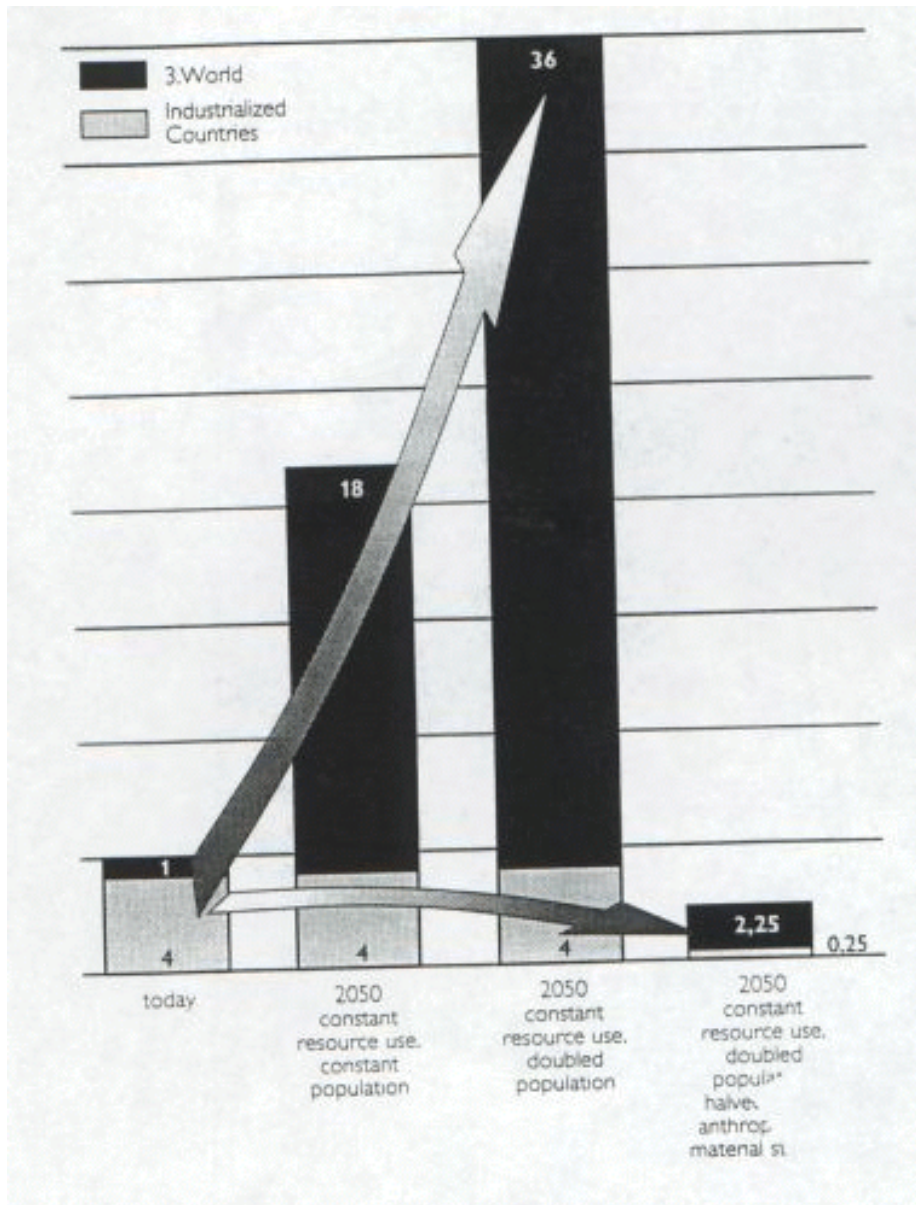


Fig 3:

Der Pro-Kopf-Zugriff auf globale Stoffströme als Grundlage des materiellen Wohlstandes ist heute ungleich verteilt zwischen "Süd und Nord". Bei Angleichung des Verbrauches und Verdoppelung der Bevölkerung in der Dritten Welt wären auf der Basis der heutigen Materialintensität der westlichen Wirtschaften im Jahre 2050 siebenmal so viele Ressourcen vonnöten. Um eine Stabilisierung der Ökosphäre hinzuwirken, sollte der heutige Weltverbrauch hingegen halbiert werden. Dies würde eine Dematerialisierung um einen Faktor von ungefähr 10 erfordern.

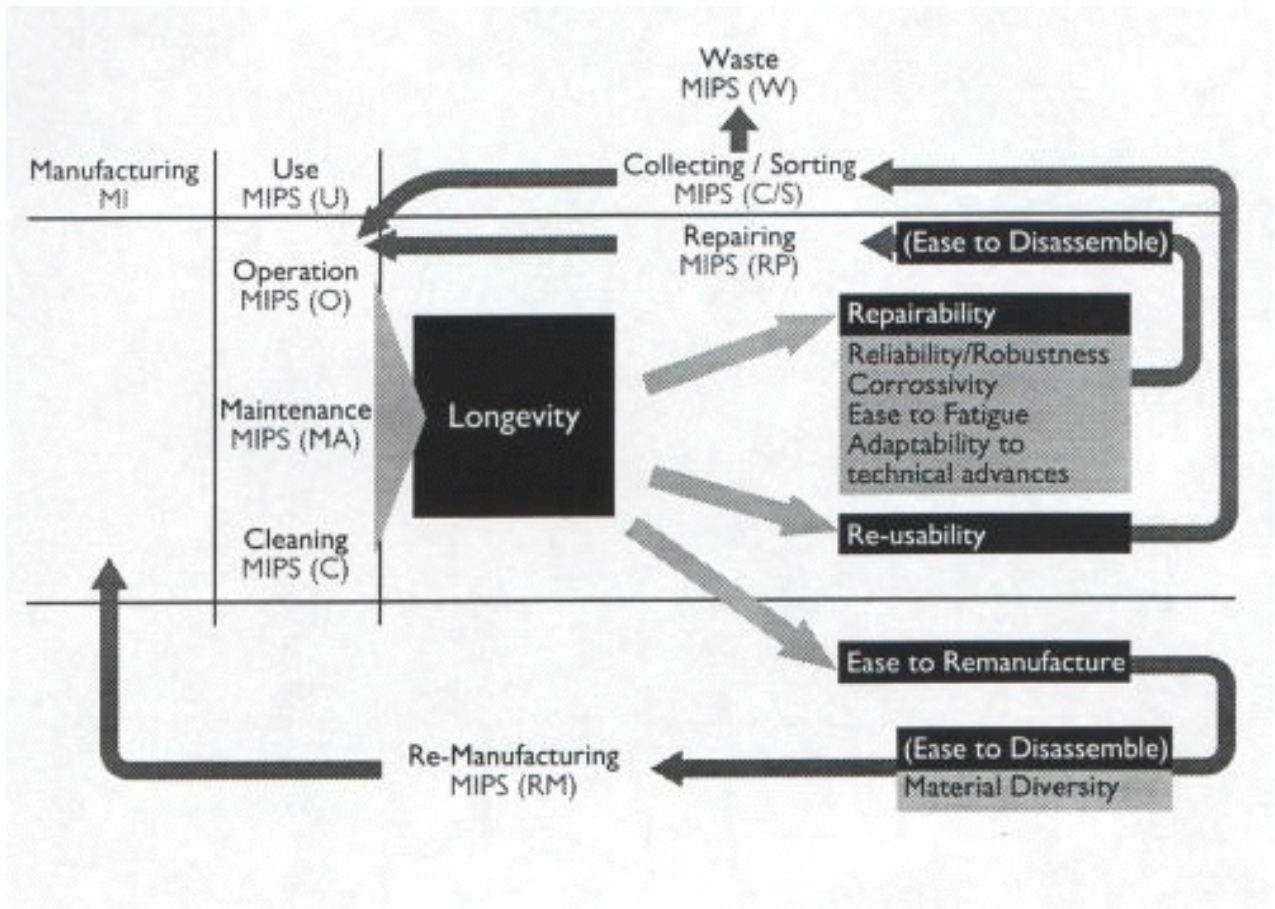


Fig 4:  
 Überblick über die verschiedenen Abschnitte im Leben eines dienstleistungsfähigen Endproduktes und die dazugehörigen MIPS

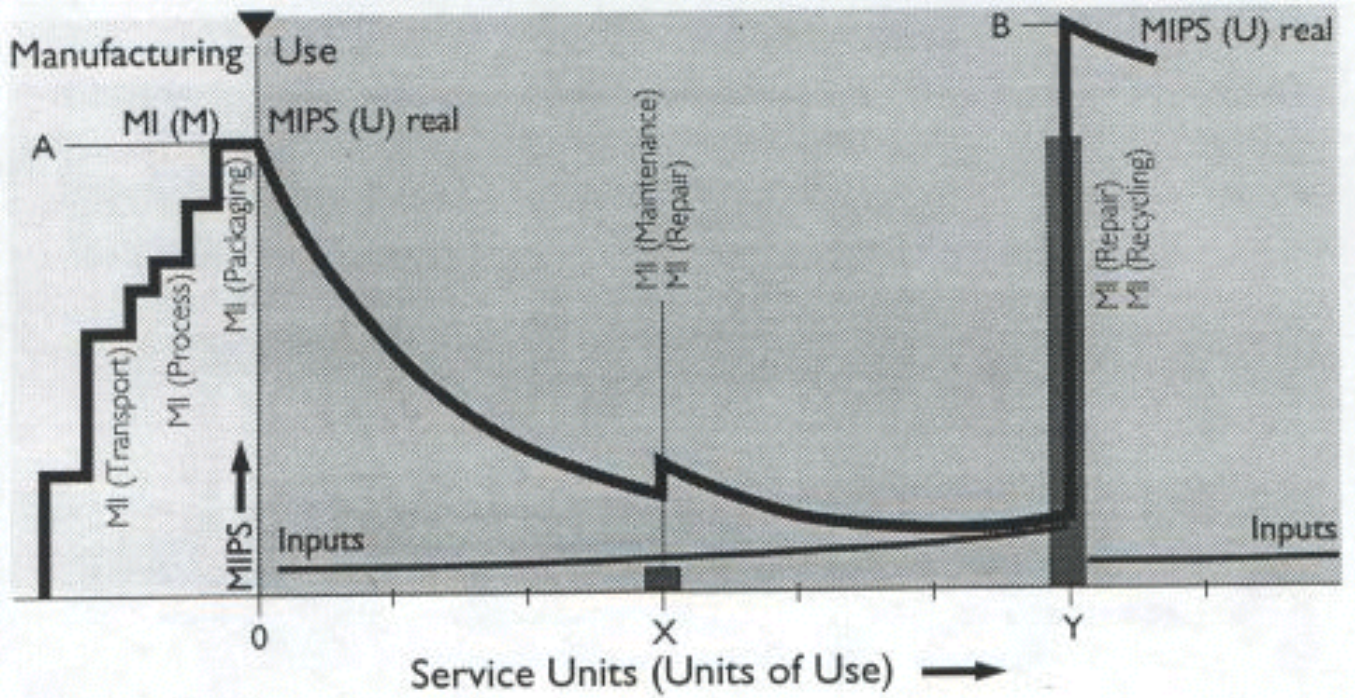


Fig.5:  
 Der Verlauf von MIPS bei wachsender Zahl von Dienstleistungseinheiten, etwa bei einer Waschmaschine. Am Punkte X tritt eine kleine Reparatur ein. An der Stelle Y wird eine sehr aufwendige reparatur fällig. In einem solchen Falle kann die Reparatur ökologisch unsinnig sein. (Punkt B höher als Punkt A)

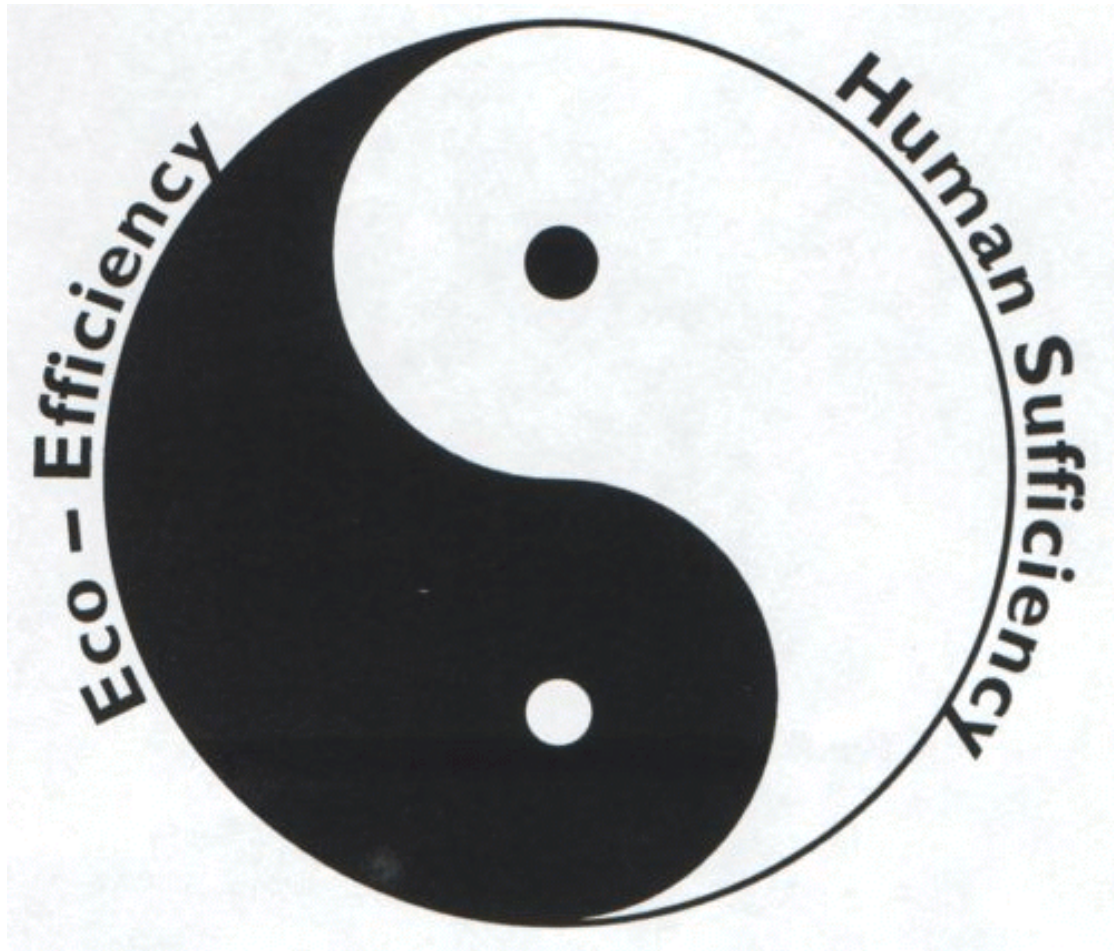


Fig 6:  
Das neue Yin und Yang der ökologischen Zukunft.