



Akademien der Wissenschaften Schweiz
Académies suisses des sciences
Accademia svizzera delle scienze
Academias svizas da las ciencias
Swiss Academies of Arts and Sciences

Kreislaufwirtschaft

Die Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen verbessern



Einleitung

Der globale Verbrauch natürlicher Ressourcen, die damit verbundene Knappheit dieser Ressourcen und die an den Verbrauch gekoppelte Abfallmenge verzeichneten in den vergangenen Jahrzehnten einen signifikanten Anstieg. Dies wirft die Frage auf, wie wir nachhaltiger mit Ressourcen umgehen können. Rohstoffverbrauch und Abfallentsorgung sind nicht nur mit erheblichen Umweltauswirkungen verbunden, die Ressourcenknappheit bremsst auch das Wachstum der Wirtschaft in ihrer jetzigen Form. Ein sehr wichtiger Aspekt ist die Reduzierung des Ressourcenverbrauchs durch ein kluges Design und eine intelligente Material- und Verfahrenswahl, um die Gesamtressourcenproduktivität zu steigern (weniger Kilogramm pro «Service-Einheit»).

Ein nachhaltiger Umgang mit natürlichen Ressourcen ist nicht nur eine Frage der Technologie, Ökologie und der Abfallbewirtschaftung, sondern betrifft auch ökonomische, soziale, politische, kulturelle und ethische Aspekte. Es wird immer wichtiger, die Gesamtheit aller Prozesse und Systeme zu optimieren anstatt nur einzelne Komponenten. Dieser systemische Ansatz steht im Zentrum des Konzepts der Kreislaufwirtschaft, deren Ziel es ist, Material- und Produktströme so in Zyklen zu organisieren, dass Ressourcen nicht zerstört werden und die Menge des entsorgten Abfalls erheblich gesenkt wird. Die damit verbundene Umgestaltung der Systeme von einer Linear- zu einer Kreislaufwirtschaft bedarf der engen Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Regierungen, Wirtschaft und anderen Interessenvertretern der Gesellschaft. Denn die Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft wird als wesentlicher Faktor für die Gestaltung einer nachhaltigen Gesellschaft erachtet.

Dr. Xavier Edelmann
Präsident World Resources Forum

Zweck dieser Broschüre

Diese Broschüre gibt einen Einblick in die derzeitige Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft auf der nationalen Ebene. Zu diesem Zweck werden die Fallstudien dreier Länder und deren unterschiedliche Ansätze zur Erreichung desselben Ziels – eines nachhaltigeren Planeten – präsentiert.

China ist nicht nur eine riesige Volkswirtschaft, sondern hat auch politisch die Macht, im Top-Down-Verfahren das Industrie- und Gesellschaftssystem vollständig umzustrukturieren. Deutschland hingegen unterliegt externen Einschränkungen in Form von EU-Richtlinien und nationalen, regionalen und lokalen Auflagen. Die Schweiz schliesslich verfolgt einen schrittweisen Ansatz, der sich darauf stützt, unter Einbindung aller Interessenvertreter Lösungen zu finden.

Im Abschnitt «Analyse und Vergleich» werden die drei Länder anhand einer Reihe von Indikatoren angeschaut, und es wird beleuchtet, welche Art von Indikator(en) für eine solide jährliche Überprüfung der Fortschritte der Kreislaufwirtschaft herangezogen werden könnte. Der Schlussteil enthält Empfehlungen für mögliche zukünftige Aktionen, um die entsprechenden Schritte zur Umsetzung der Vision einer Kreislaufwirtschaft einzuleiten.

Was bedeutet Kreislaufwirtschaft?

Das Konzept der Kreislaufwirtschaft beschreibt eine Industriegesellschaft, in der Materialströme fortlaufend auf qualitativ hohem Niveau (in puncto Eigenschaften, Funktion, Nutzungsspektrum) zirkulieren, ohne dass Materialien in die Biosphäre übergehen, mit Ausnahme von biologischen Nährstoffen (in Anlehnung an Ellen MacArthur Foundation 2013, siehe Abbildung 1). Kreislaufwirtschaft wird somit als ein System verstanden, dem aufgrund seiner Konzeption eine Wiederverwertung inhärent ist. Die Idee selbst entstand durch Einblicke in lebende Systeme und ist alles andere als neu. Ihre Anwendung als Wirtschaftsmodell wurde 1966 von Kenneth E. Boulding

(Boulding 1966) vorgestellt. 1969 führte Otto Schmitt den damit verbundenen Terminus Biomimetik/ Biomimikry ein; er beschrieb einen technischeren Ansatz zur Imitation von Modellen, Systemen und Naturelementen, insbesondere zur synthetischen Herstellung nachhaltiger Produkte durch künstliche Mechanismen, die natürliche Mechanismen nachahmen (Schmitt 1969). Hiermit in Verbindung steht auch das Konzept vom nachhaltigen Design, dessen Ziel es ist, Produkte und Verfahren so zu konzipieren, dass die Umweltauswirkungen verringert werden und die Regeneration von Ressourcen aufgrund der jeweiligen Konzeption möglich ist.

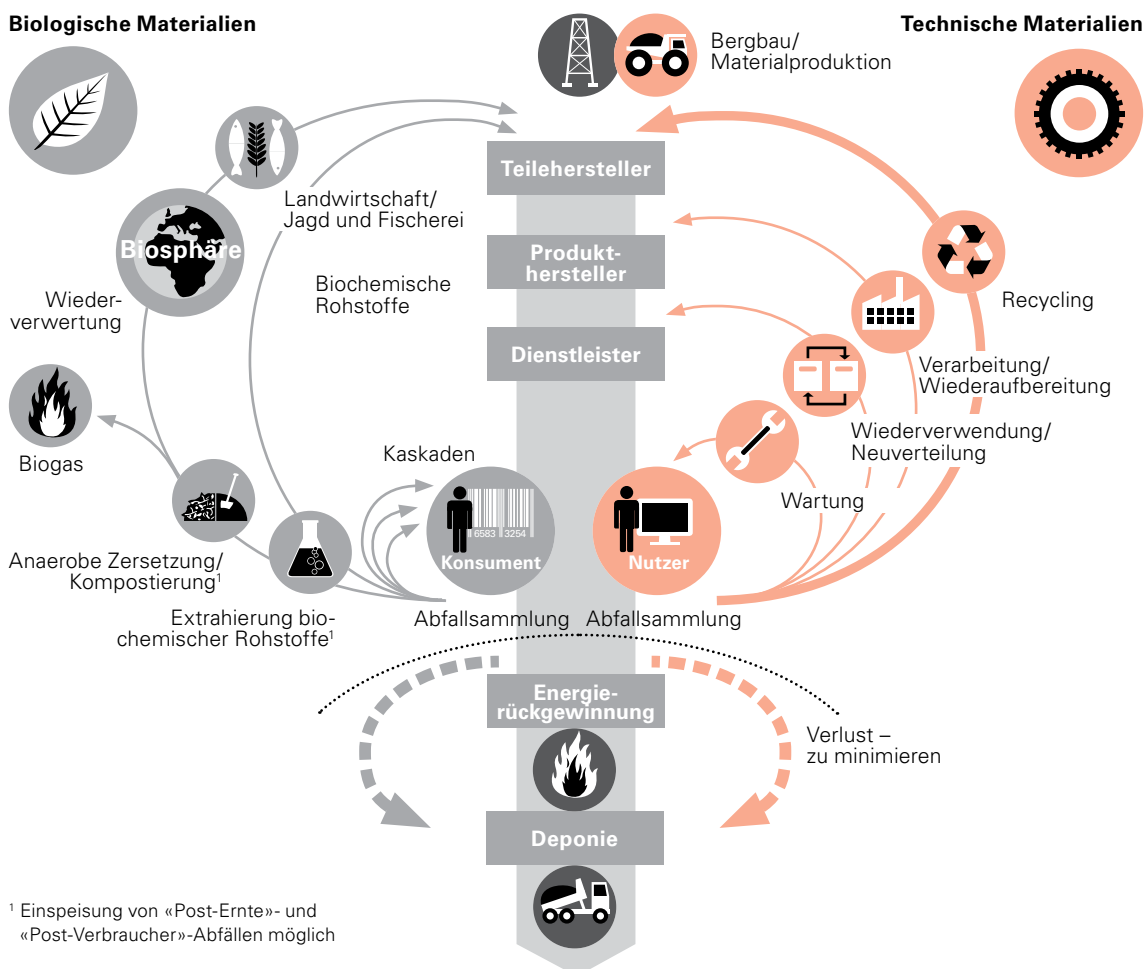


Abbildung 1: Die Kreislaufwirtschaft
Quelle: Ellen MacArthur Foundation, Kreislaufwirtschaftsteam, Abbildung von Braungart & McDonough und Cradle to Cradle (C2C)

Das Konzept der Kreislaufwirtschaft wurde nicht sofort umgesetzt und ist auch nicht das einzige Nachhaltigkeitskonzept (siehe Abbildung 2). In den 1970er- und 1980er-Jahren führte das Wirtschaftswachstum und Bevölkerungswachstum zu einem erhöhten Abfallaufkommen. Aufgrund mangelnder Deponiekapazitäten und des wachsenden Wissens um die Umweltauswirkungen der Abfallentsorgung wurde in vielen Ländern das Thema Recycling in die politische Agenda aufgenommen. Wissenschaftler, Politiker und Industrielle kamen zusammen, um die Probleme der Abfallbewirtschaftung zu bewältigen, und entwickelten Abfallpolitikrichtlinien, wie das Leitbild für die schweizerische Abfallwirtschaft (1986), das Informationen enthält, wie Abfälle zu behandeln sind, und darlegt, wer wofür verantwortlich ist (Verursacherprinzip).

Der zunehmende Rohstoffmangel weckte das wirtschaftliche Interesse an Abfall als einer Materialquelle, und man begann, in Abfallaufbereitung und -recycling zu investieren. Diese Entwicklung ist seit 1989 auch Gegenstand des Forschungsgebiets «Industrielle Ökologie» (IS4IE 2013). Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft hielten Einzug in die internationale Politik und wurden auf wichtigen internationalen politischen Konferenzen der Vereinten Nationen (Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung 1992 beziehungsweise 2002) sowie bei

einschlägigen Konferenzen, in den Berichten und Leitfäden der OECD und der Europäischen Kommission lebhaft diskutiert.

Ab den 1990er-Jahren verlagerte sich die Wahrnehmung von einzelnen Produkten und Prozessen zu einem integrierteren, ganzheitlicheren und systemischen Ansatz. Dies bedeutet, dass vielmehr die Systeme anstatt deren Komponenten optimiert werden sollten, was zum Beispiel zur Konzeption einer «Integrierten Produktpolitik» (IPP) führte. Diese Ideen flossen weltweit in verschiedene nationale Initiativen ein, angefangen bei der verhandlungsbasierten Nachhaltigkeitsstrategie in der Schweiz (2002) bis hin zur Ratifizierung eines ganzen Kreislaufwirtschaftsgesetzes in China (2006). Zudem wurden die damit verbundenen Konzepte zunehmend in der UNO diskutiert, und insbesondere im Rahmen des Umweltprogramms UNEP wurden viele Aktionen angestoßen, zum Beispiel internationale Initiativen wie der «Ten Year Framework on Sustainable Consumption and Production» (10-Jahres-Rahmenprogramm für nachhaltige Konsum- und Produktionsweisen), die «Life Cycle Initiative» und das «International Resource Panel».

Heutzutage herrscht die Meinung vor, dass die Kreislaufwirtschaft eine Grundvoraussetzung für die Umsetzung einer nachhaltigen Wirtschaft und



Abbildung 2: Kreislaufwirtschaft im Rahmen anderer Nachhaltigkeitskonzepte
Quelle: WRF, teilweise auf Wikipedia basierende Informationen



Abbildung 3: Für eine Kreislaufwirtschaft relevante Erfolgsfaktoren
 Quellen: WRF, basierend auf Informationen von Indigo Development 2009 und Ellen MacArthur Foundation 2013

einer zukunftsfähigen Gesellschaft darstellt. In jüngster Zeit wurde das Konzept unter der Bezeichnung «Green Economy» um soziale Aspekte erweitert und es wird als wichtig erachtet (vergleiche UNEP 2011), dass für eine nachhaltige Entwicklung ökologische, ökonomische und gesellschaftliche Aspekte berücksichtigt werden sollten.

Die Umsetzung eines soliden Konzepts der Kreislaufwirtschaft setzt eine Reihe von Erfolgsfaktoren voraus, die in Abbildung 3 dargestellt sind. Sie alle sind relevant; von besonderer Bedeutung jedoch sind eine nicht restriktive Staatsstruktur, neue Geschäftsmodelle, speziell ausgebildete Fachleute (Kompetenzen), eine Reihe vergleichbarer Indikatoren, ein zuverlässiges Kontrollsystem und internationale Standards.

Sowohl das World Resources Forum (WRF) als auch die Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW) haben dem Fortschritt bei

der Umsetzung des Konzepts der Kreislaufwirtschaft seit Jahren grosse Aufmerksamkeit gewidmet. Zusammen gaben die beiden Organisationen schweizerischen Parlamentariern 2012 ein Briefing zur Ressourceneffizienz (SATW/WRF 2012) und veröffentlichten eine Broschüre über Indikatoren für natürliche Ressourcen unter dem Dach der Akademien der Wissenschaften Schweiz (a+) (a+/Empa 2012).

Im folgenden Abschnitt werden Fallstudien dreier Länder und deren Ansatz zur Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft auf verschiedenen Ebenen präsentiert. China wurde ausgewählt, weil es die grösste Volkswirtschaft der Welt ist und mit schwerwiegenden Problemen bei der Reduzierung von Umweltauswirkungen zu kämpfen hat; auf Deutschland fiel die Wahl als treibende Kraft im Bereich Ressourceneffizienz in Europa; während die Schweiz, die eine kleine Wirtschaftskraft und kein EU-Mitgliedstaat ist, versucht, ein Gleichgewicht zwischen internationalen und nationalen Interessen zu finden.



China: Township Building

Die Strategie zur Entwicklung der Kreislaufwirtschaft wurde 2002 formal durch die Zentralregierung Chinas angenommen und in einer Reihe von Pilotgebieten umgesetzt und weiterentwickelt. Das Konzept der Kreislaufwirtschaft wird weniger als eine schrittweise verbesserte Umweltmanagementpolitik erachtet, sondern wurde vielmehr als ein neues Entwicklungsmodell eingeführt, das China helfen sollte, sich – einen Entwicklungsschritt überspringend – in eine nachhaltigere Wirtschaftsstruktur zu verwandeln (Zhu, 2008; Geng und Doberstein, 2008). Der Schwerpunkt der in der ursprünglichen Entwicklungsstrategie eingebetteten Kreislaufwirtschaftspolitik Chinas unterlag einem sukzessiven Wandel von einem begrenzten Abfallrecycling zu einer breiten effizienzorientierten Steuerung in allen Produktions-, Vertriebs- und Verbrauchsphasen, um die Kreisläufe in den Materialströmen zu schliessen. Neben Ressourcen- und Abfallproblemen beinhaltet die verbesserte Strategie auch Energieeffizienz und Naturschutz, Raumnutzung und Bodenschutz sowie integrierte Wasserbewirtschaftung als zentrale

Aspekte (Su et al. 2013). Die jüngste Ankündigung von Entwicklungsstrategien für eine Kreislaufwirtschaft und eines kurzfristigen Aktionsplans («Circular Economy Development Strategies and Near Term Action Plan») geht weiter und definiert die Ziele detailliert nach Industriesektoren sowie Massnahmen der 3 Rs (Reduce, Reuse und Recycle/Reduzierung, Wiederverwendung und Recycling) in verschiedenen Segmenten.

Während des vergangenen Jahrzehnts hat die chinesische Regierung neue Strategien und Innovationen gefördert, um Technologien zu verbessern, wobei eher einzelne Komponenten als ganze Prozesse oder Systeme optimiert werden. Wissenschaftler und Experten argumentieren jedoch, dass es für eine erfolgreiche Umsetzung der Kreislaufwirtschaftspolitik unzureichend sei, die Anstrengungen auf die Mikroebene zu beschränken. Sie schlugen vor, die Bemühungen auch auf die Meso- und Makroebene auszuweiten (Yuan et al., 2006; Zhu und Huang, 2005). Inspiriert von der Arbeit

	Mikro (Einzelobjekt)	Meso (Symbiose, Verbund)	Makro (Stadt, Provinz, Staat)
Produktionsbereich	Cleaner Production; Ökodesign	Ökoindustrie-Parks; ökolandwirtschaftliches System	Regionales ökoindustrielles Netzwerk
Verbrauchsbereich	Grüne Beschaffung und grüner Verbrauch	Umweltfreundlicher Park	VermietSERVICE
Abfallbewirtschaftungs- bereich	Produktrecyclingsystem	Abfallmarkt; Kreislauf- industriepark*	Urbane Symbiose
Andere Förderbereiche	Gesetze; Informationsplattform; Kapazitätsbildung; NGOs		

*«Kreislaufindustrien» bezeichnet Industrien, die feste Industrieabfälle in wiederverwendbare Ressourcen umwandeln, welche anschliessend erneut für die Produktion verwendet werden (China Daily, 2007)

Tabelle 1: Struktur der Kreislaufwirtschaftspraktiken in China

Zhus und Huang (2005) nahmen Su et al. (2013) eine weitere Kategorisierung der Kreislaufwirtschaftspraktiken Chinas in vier Hauptbereiche vor (siehe Tabelle 1): Produktion, Verbrauch, Abfallbewirtschaftung und andere Förderbereiche. Aufgrund der Komplexität der zuletzt genannten Aufgaben sind die Praktiken auf der Mikroebene noch dynamischer als die auf der Meso- und der Makroebene.

Laut Jaikun Song (2012), einem der nationalen Ressourcenstrategen der Chinesischen Akademie der Wissenschaften CAS, bestehen zwei durch die Wirtschaftsentwicklung in China hervorgerufene Hauptprobleme. Erstens hat sich China in den letzten 20 Jahren während des rapiden Wirtschaftswachstums zu stark auf die Entwicklung der Industrie und der Infrastruktur konzentriert. Die Folgen hiervon waren Energieverschwendung und eine schlechte Ressourcenverteilung. Zweitens hat die chinesische Regierung im letzten Jahrzehnt versucht, den ökonomischen Fokus von arbeits- und rohstoffintensiven Industrien auf Hochtechnologie-Industrien zu verlagern. Dies führte zu einem erheblichen industriellen Ausbau, einer starken Urbanisierung und somit zu einer extremen Landflucht, begleitet von einer Verschiebung traditioneller, in der Regel umweltfreundlicherer Landwirtschaft zu industrialisierten Methoden, die aber nicht nachhaltig sind.

Beim World Resources Forum 2012 in Peking präsentierte Song das neuartige Konzept von «Township Building» (Gemeindebildung), das viel zur Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft in China beitragen könnte. Das Konzept selbst unterscheidet sich von der herkömmlichen Urbanisierungsidee und sollte die Landbevölkerung ermutigen, in den ländlichen Gebieten zu bleiben und sich dort zu entfalten. Unter anderem mit dem Ziel, Abfall und ein Ressourcenungleichgewicht zu vermeiden. Song wies darauf hin, dass die Kernphilosophie von Township Building darin besteht, die Interaktionen zwischen den verschiedenen Behörden (zum Beispiel in den Bereichen Landwirtschaft, Ressourcen und Industrie) zu fördern. Um dies zu erreichen, gilt es, die Effektivität und Effizienz der räumlichen Struktur

der betreffenden Region unter Berücksichtigung dreier «räumlicher Faktoren» zu optimieren:

1. Wie ein effizienterer Fluss der verschiedenen Ressourcen wie Material, Energie und Arbeitskräfte innerhalb der Region gewährleistet werden kann;
2. Wie Raum, Land und Umweltressourcen innerhalb der Region effizienter und kollektiver genutzt werden können;
3. Wie unterschiedliche Strukturen innerhalb der Region, zum Beispiel in den Bereichen Industrie, Arbeit, Ökologie und Umwelt, rasch verändert werden können, um auf den Zweck der Entwicklung ausgerichtet zu werden.

Darüber hinaus, so führte er weiter aus, könne durch die Zusammenlegung von sieben bis zehn Dörfern, die eine unterschiedliche Ökoproduktion oder Abfallbewirtschaftung aufweisen, Know-how genutzt werden, um in der Nähe bereits bestehender Grossstädte Kleinstädte aufzubauen. Wenn Dorfvorsteher verstehen, dass sie einander brauchen, und kooperieren, können Ressourcen und Abfälle effizienter und effektiver behandelt werden. Schliesslich können diese ursprünglich voneinander getrennten Dörfer als ein integriertes System und eine Wertschöpfungskette verwaltet werden.

Einige der jüngsten Praktiken auf der Meso- und der Makroebene, wie der Aufbau eines Abfallmarkts (siehe Tabelle 1), können tatsächlich zur Unterstützung der Entwicklung von «Townships» angewandt werden. Andererseits kann Township Building als ein Konzept zur Förderung einer stärkeren Umsetzung der Kreislaufwirtschaft auf Meso- und Makroebene betrachtet werden. Sie gilt als eine der von der CAS vorgeschlagenen Hauptentwicklungsstrategien. Die chinesische Zentralregierung scheint dies zu unterstützen und entschlossen zu sein, Township Building zu fördern, wie Ministerpräsident Li Keqiang kundtat: «Unser Ziel ist es, unsere Binnennachfrage auszuweiten und unser Potenzial für Township Building zu fördern.» (Keqiang, L. 2012).

Deutschland: Abfallaufkommen von Wirtschaftsleistung entkoppeln

Vor dem ersten Abfallgesetz 1972 verfügte jede Gemeinde in Deutschland über eine eigene Deponie, insgesamt 50 000 im ganzen Land. Diese Zahl wurde in den 1980er- und 1990er-Jahren drastisch gesenkt: auf weniger als 2000. Heute existieren nur noch 160 Mülldeponien, die noch für Siedlungsabfälle genutzt werden. Stattdessen wurden viele Müllverbrennungsanlagen errichtet.

In den 1980er-Jahren wuchs die Erkenntnis, dass Ressourcen mittels getrennter Sammlung, Sortierung und Wiederverwertung in den Wirtschaftskreislauf zurückfliessen sollten. Gestützt auf das politische Credo der «Abfallhierarchie» durch «Vermeidung, Verringerung, Beseitigung» wurde in den 1990er-Jahren das Kreislaufwirtschaftsgesetz umgesetzt, das die Verantwortung in den Mittelpunkt der deutschen Abfallpolitik rückt. Es vollzog sich ein Paradigmenwechsel vom politischen Abfallbewirtschaftungsansatz zum Kreislaufwirtschaftsmodell (Karavezyris 2010). Dies bedeutet, dass Hersteller und Verkäufer verpflichtet sind, ihre Produkte so zu konzipieren, dass sie folgende Kriterien erfüllen:

1. Das aus der Produktion und Nutzung hervorgehende Abfallaufkommen wird minimiert;
2. Eine qualitativ hochwertige und vollständige Wiedergewinnung ist möglich und
3. Die umweltfreundliche Entsorgung unbrauchbarer Bestandteile des Abfalls ist möglich.

Diese Verantwortung stellt nicht nur eine Pflicht dar, sondern hat auch ihre finanziellen Vorteile. 2010 waren mehr als 250 000 Beschäftigte, darunter Ingenieure und weitere Fachleute, in Deutschlands Kreislauf- und Abfallwirtschaftszweig tätig. Das Jahresgeschäftsvolumen betrug 2010 mehr als 50 Milliarden Euro; dies zeigt, dass Abfall mittlerweile eine wichtige ökonomische Triebfeder ist. Mit einem Marktanteil von rund 25 Prozent nimmt Deutschland bei den Gütern für

Abfallbewirtschaftung auf den internationalen Märkten eine führende Position ein (Karavezyris 2010).

Das dem Recycling zugeführte Gesamtabfallaufkommen beträgt 239 Millionen Tonnen (2010). Dies entspricht mehr als drei Tonnen recycelten Abfalls pro Bürger. Der grösste Teil, 173 Millionen Tonnen, stammt aus der Bauindustrie, die eine Recyclingeffizienz von 89 Prozent aufweist. Mehr als 60 Prozent der Siedlungs- und Produktionsabfälle werden heute recycelt. Im Vergleich zu 1990 wurden dank der thermischen Verwertung (Verbrennung) und des Materialrecyclings achtmal mehr fossile Brennstoffe eingespart. Dies entspricht dem jährlichen Verbrauch einer Stadt von mehr als 400 000 Einwohnern. Zudem sank von 1996 bis 2011 das Gesamtabfallaufkommen um elf Prozent, während die Wirtschaft um 25 Prozent wuchs (Stat. BA 2013; vgl. auch Abbildung 4). Somit ist es Deutschland gelungen, das Abfallaufkommen vom Wirtschaftswachstum zu entkoppeln. Doch diese statistischen Daten beschreiben nur die Situation innerhalb Deutschlands, was nicht dem Gesamtziel des Kreislaufwirtschaftskonzepts entspricht, den gesamten Lebenszyklus von Produkten und Dienstleistungen zu berücksichtigen. Da eine beträchtliche Abfallmenge für deutsche Güter ausserhalb Deutschlands entsteht, ist eine weitere Reduzierung des Abfallaufkommens und eine bessere Nutzung des in Abfällen verborgenen Energie- und Ressourcenpotenzials erforderlich, wie es EU-Richtlinien und -Strategien vorschlagen, zum Beispiel «Eine thematische Strategie für Abfallvermeidung und -recycling» (KOM 2005).

Auf der Grundlage dieser Strategie wurde 2008 die europäische Abfallrichtlinie aktualisiert. Sie sieht Massnahmen zum Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit durch Vermeidung und Verringerung der schädigenden Wirkungen der Abfallerzeugung und -behandlung, eine Reduzie-

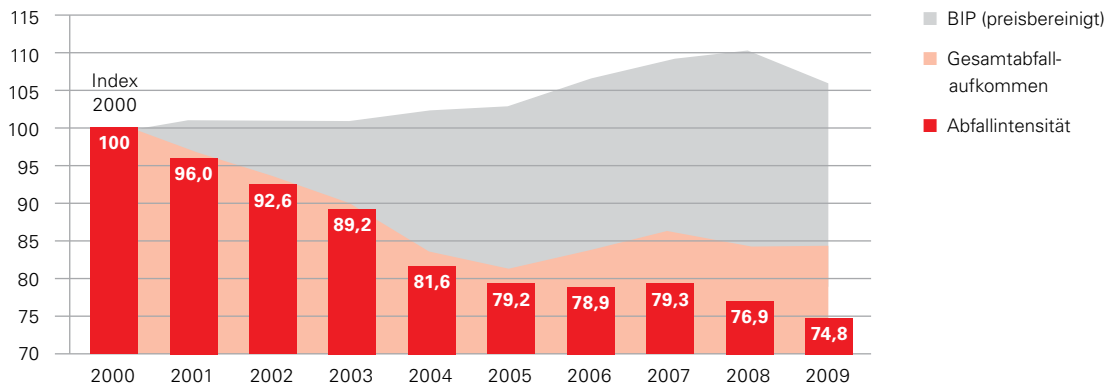


Abbildung 4: Entkopplung des Abfallaufkommens vom Wirtschaftswachstum (in Prozent)

Quelle: Stat. BA 2012; Abfallintensität bezeichnet den relativen Anteil des Gesamtabfallaufkommens am BIP, beides als indexierte Zahlen.

zung der Gesamtwirkung des Ressourcenverbrauchs und einen effizienteren Einsatz von Ressourcen vor.

Des Weiteren wurden EU-Vorschriften für die Klassifizierung gefährlicher Abfälle, die Errichtung und den Betrieb von Entsorgungs- und Verbrennungsanlagen sowie für die Vermeidung und Verwertung erarbeitet und angewandt. Diese speziellen Bestimmungen beinhalten Vorschriften für Verpackungen, Batterien, Altfahrzeuge, elektronische Geräte und einige sehr problematische Abfälle wie Öl, polychlorierte Biphenyle (PCB) und polychlorierte Terphenyle (PCT).

Zur Umsetzung der neuen europäischen Richtlinien wurde das deutsche Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz 2012 umfassend überarbeitet und ausgebaut, um den Umwelt-, Klima- und Ressourcenschutz zu verbessern. Zum ersten Mal gibt es Vorschriften für das Ende der «Abfalleigenschaft»; das heisst, Abfall wird nicht länger als Abfall, sondern als Ressource betrachtet. Ein weiterer neuer Aspekt war die Förderung von Abfallvermeidungsprogrammen zusätzlich zur Produktverantwortung von Herstellern und Verkäufern. Ein wesentlicher Teil des aktualisierten Gesetzes ist die Einführung einer aus fünf Stufen bestehenden Abfallhierarchie (BMU 2013). Vermeidung gilt nach wie vor als die erste Wahl. Als nächstes wird der Verwertungsvorgang in drei Schritte unterteilt, Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling und (thermische) Verwertung. Das untere Ende der Hierarchie bildet die Beseitigung.

In der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie «Perspektiven für Deutschland» von 2002 sind Ziele für eine mittelfristige Umsetzung definiert. Nach einer Statusanalyse im Jahr 2010 wurden einige Ziele aktualisiert. Hierunter:

1. Bis 2020 soll der Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch auf 10 Prozent und hinsichtlich des Brutto-Energieverbrauchs auf 30 Prozent erhöht werden. Die Zwischenziele für 2010 – 4,2 Prozent beziehungsweise 12,5 Prozent – wurden vor Ablauf der Frist erreicht.
2. Bis 2020 soll die Ressourcenproduktivität gegenüber 1990/1994 verdoppelt und so der Energieverbrauch vom Wirtschaftswachstum entkoppelt werden. 2010 wurde eine Produktionssteigerung von 47,5 Prozent und 37,4 Prozent gegenüber 1990 beziehungsweise 1994 erzielt.
3. Bis 2020 sollen die Treibhausgasemissionen um 40 Prozent gegenüber 1990 gesenkt werden. 2009 wurde eine Senkung von 25,3 Prozent erreicht.
4. Bis 2015 soll der Gütertransport per Bahn gegenüber 1997 verdoppelt werden (das entspricht einem Anteil von 25 Prozent im Jahr 2015). In Anbetracht der langsamen Steigerung dieses Anteils von 17 Prozent im Jahr 2005 auf 18 Prozent im Jahr 2010 wird man dieses Ziel voraussichtlich nicht bis zum Ablauf der Frist erreichen können.

Schweiz: Anreizsysteme und Verhandlungen mit internationalem Fokus

In der Schweiz hat viele Jahre lang die Verschmutzung durch Abfälle in Deponien Experten wie auch die breite Öffentlichkeit stärker beunruhigt als deren Auswirkungen auf die Umwelt während der Gewinnungsphase (Ressourcenabbau). Abfallbewirtschaftung wurde als eine schrittweise verbesserte Umweltmanagementpolitik erachtet. Ihr Wirtschaftszweig, die Abfallwirtschaft, wurde im Leitbild von 1986 beschrieben (BAFU 1986). Dort werden drei Massnahmenbereiche unterschieden: Vermeiden, Verminderung (Wiederverwertung, Recycling) und umweltverträgliche Entsorgung. Das Kernkonzept in den Vorschriften ist das Verursacherprinzip, das zu hohen Quoten beim separaten Einsammeln von Abfällen führte, insbesondere bei Glas, Aluminium und Papier (siehe Abbildung 5). Obwohl aber die Recyclingquote seit 1970 um den Faktor 12 gestiegen ist, ist das Siedlungsabfallaufkommen seit 1990 nicht gesunken (siehe Abbildung 6). Dies kann als Rebound-Effekt einer Konsumgesellschaft betrachtet werden.

Als Konsequenz der Ergebnisse der UNO-Konferenz über Umwelt und Entwicklung 1992 (Rio 92) und als Vorbereitung des Johannesburg-Weltgipfels über nachhaltige Entwicklung 2002 (Joh 02) hat der Bun-

desrat seine «Strategie Nachhaltige Entwicklung 2002» veröffentlicht (StSD 2002). Auf der Grundlage der vollständig revidierten Schweizer Bundesverfassung von 1999, in der die nachhaltige Entwicklung als nationales Ziel verankert ist, wurde mit dieser Strategie der Fokus weit über einen rein ökologischen Kontext hinaus erweitert. Nachhaltigkeit muss als politische Angelegenheit wahrgenommen werden, die durch die Fokussierung ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte und Probleme eine zukunftsfähige Entwicklung beinhaltet und gewährleistet.

Aufgrund der hohen Einfuhrquote betreffen 60 Prozent der Umweltauswirkungen, die auf die Produktion und Verarbeitung von in der Schweiz verbrauchten Gütern zurückzuführen sind, das Ausland (Jungbluth et al. 2011, BAFU 2013). Gemäss Verursacherprinzip muss auch für diese «importierten» Umweltauswirkungen Verantwortung übernommen werden (Abbildung 7). Aus diesem Grund wurden in der StSD 2002 Handlungsfelder und Massnahmen definiert, die sich auf folgende Themen bezogen:

1. Finanzpolitik und Industrie (Integrierte Produktpolitik/IPP, CO₂-Abgaben).

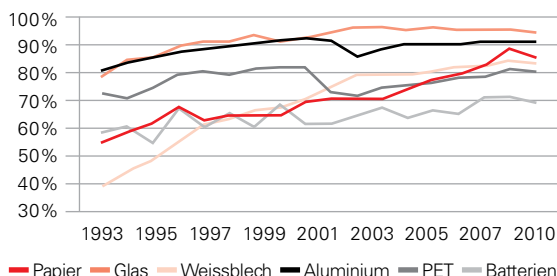


Abbildung 5: Separat gesammelte Siedlungsabfälle (Recycling) – Sammelquote
Quelle: BFS (2012)

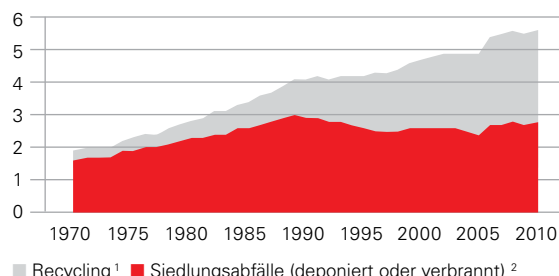


Abbildung 6: Siedlungsabfälle in der Schweiz – Millionen Tonnen
¹ Total aus Kompost, Papier, Glas, Weissblech, Alu, PET, Textilien, Batterien (seit 1993), elektrischen und elektronischen Geräten (seit 2001)
² Die Zahlen ab 2004 berücksichtigen nur die inländischen Mengen (ohne Abfallimporte).
 Quelle: BFS (2012)

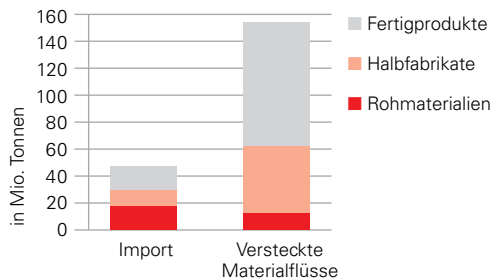


Abbildung 7: Importe und deren versteckte Materialflüsse im Ausland nach Verarbeitungsgrad, 2005
Quelle: BAFU (2013)

2. Bildung, Forschung und Technologie (wissenschaftliche Kooperationen ARAMI, education21, IDANE)
3. Gesundheit und Armut (AMEPA)
4. Siedlungsentwicklung (Raumplanung, Regionalpolitik, Energie- und Klimapolitik, Parks)
5. Internationale Anstrengungen (Entwicklungszusammenarbeit, multilaterale Politik für Nachhaltigkeit, Friedensförderung, UNEP, Nachhaltigkeit in der WTO)
6. Mobilität (öffentlicher Verkehr, saubere Fahrzeuge)
7. Monitoring

Die integrierte Produktpolitik (IPP) kann als eine direkte Nachfolge und Generalisierung der früheren Abfallpolitik gesehen werden und dehnt das Verursacherprinzip auf den vollständigen Lebenszyklus von Produkten aus, indem es deren ökologische Auswirkungen berücksichtigt. Basisinformationen über die ökologischen Auswirkungen existierender Produkte wurden in einer Inventardatenbank zusammengetragen (www.ecoinvent.ch). Hierauf aufbauend wurde die Entwicklung von Ökolabels und Lebenszyklusbewertungsmethoden angestossen und gefördert, zum Beispiel durch die Anwendung von ISO 14025 und anderen Standards. Um diese Initiativen zu unterstützen und Anreize für die Industrie zu schaffen, wurde entschieden, dass das öffentliche Beschaffungswesen mit gutem Beispiel vorangehen und bei all seinen Aktivitäten Nachhaltigkeit und die IPP berücksichtigen soll. Aufgrund des hohen Anteils der Bauindustrie an der Abfallerzeugung und der Ressourceneinfuhr veröffentlichte man eine direkt an diese gerichtete Empfehlung für «Nachhaltiges Bauen» (SIA 112/1).

Die IPP beinhaltet auch Bildungsangebote (IDANE, education21), mit denen das Bewusstsein der Verbraucher geschärft werden soll.

2010 verabschiedete der Bundesrat den «Aktionsplan Grüne Wirtschaft» (AGW; BAFU 2012). In Ausweitung der Prinzipien der StSD 02 werden die AGW-Aktivitäten zentral vom BAFU koordiniert. Es wurden vier Schwerpunkte definiert: Konsum und Produktion; Abfälle und Ressourcen; übergreifende Instrumente; Ziel, Messung, Information und Berichterstattung.

Die grüne Wirtschaft soll nicht nur dazu dienen, die Verfügbarkeit von Ressourcen in der Zukunft zu gewährleisten, sondern wird auch als Chance begriffen, die Schweizer Wirtschaft im Bereich Cleantech zu stärken (BAFU 2013). Um diese Aktivitäten durchzuführen, verabschiedete der Bundesrat eine neue Strategie für Ressourceneffizienz und erneuerbare Energien, den «Masterplan Cleantech 2011». Ziel des Masterplans Cleantech ist es, durch ein neues Kompetenzzentrum und durch Vernetzung den Innovationsprozess anzustossen und Forschungsaktivitäten auszubauen.

Darüber hinaus wurde die Bedeutung der Beteiligung an internationalen Initiativen und die Unterstützung anderer Länder bei der Umsetzung einer grünen Wirtschaft durch die Schweiz unterstrichen. Im Juni 2013 schlug der Bundesrat eine Revision des Umweltschutzgesetzes (USG) vor, um einen rechtlichen Rahmen für alle Aktivitäten zu schaffen und die Pläne für eine Kreislauf-/Grüne Wirtschaft auszubauen. Die Revision wurde als Gegenvorschlag zur Volksinitiative «Grüne Wirtschaft» vorgelegt. Die Entscheidungen der Rio+20-Konferenz zugunsten der Grünen Wirtschaft werden sich somit auf die alltäglichen politischen Diskussionen in der Schweiz auswirken.

Hinsichtlich der Konzepte der Kreislaufwirtschaft schlagen Schweizer Experten folgende Alltags-Prinzipien vor: «Rezyklieren, um etwas Neues entstehen zu lassen, reparieren, den Nutzen statt das Produkt in den Vordergrund stellen und vermehrt teilen. – Wird eines Tages auch der Gemeinschaftsbackofen zurückkehren [...]?» (BAFU 2013).

Analyse und Vergleich

Bei einem Blick auf die Grösse der Länder und Städte, die Bevölkerungszahlen (siehe Abbildung 8), die politische Struktur, die Verfügbarkeit von Ressourcen, die Geschäftspraktiken oder auch die sauberen Technologien wird ersichtlich, dass China, Deutschland und die Schweiz völlig verschiedene Voraussetzungen für die Einführung der Kreislaufwirtschaft haben. Dennoch bleibt das Gesamtziel der Kreislaufwirtschaft dasselbe, das heisst, vor allem den ökologischen Fussabdruck zu verringern und die Praktiken des Managements natürlicher Ressourcen zu verbessern, um im weltweiten Kontext wirtschaftliche Stabilität und nachhaltige Lebensbedingungen zu erreichen.

China hat in den vergangenen Jahren viel darin investiert, Zugang zu den natürlichen Ressourcen anderer Länder zu erhalten, um die steigende eigene Nachfrage nach Rohstoffen zu sichern. Unterstützt wird dies zum einen durch nationale Aktionsprogramme innerhalb Chinas und zum anderen durch eine verstärkte internationale Zusammenarbeit im weltweiten Ressourcendialog.

Europas Perspektiven bei der Einführung der Kreislaufwirtschaft in die (nationalen) Gesetze sind gut; allerdings verläuft der Prozess eher langsam und erweist sich als kompliziert. Der von der Europäischen Kommission (2011) vorgelegte «Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa» muss noch von der EU und ihren Mitgliedstaaten umgesetzt werden. Darüber hinaus haben Entwicklungen in Deutschland, einem der Vorreiter bei der Umsetzung der Kreislaufwirtschaft, direkten Einfluss auf die nationalen Entscheidungsprozesse in asiatischen Ländern.

Sowohl das Kapitel zu Deutschland als auch das zur Schweiz zeigen eindeutig, dass das Abfallmanagement in vielfacher Hinsicht an allgemeinere Systemziele der Ressourceneffizienz und des Klimaschutzes geknüpft ist (Karveziris 2010). Dies ist jedoch nur die eine Seite der Medaille. Konzepte der Kreislaufwirtschaft sollten den gesamten Lebenszyklus von Gütern und Dienstleistungen umfassen, einschliesslich Ökodesign und Material-, Wasser- und Energiereduzierung während der einzelnen Produktionsschritte sowie einen ressourcenschonenderen Lebensstil der Verbraucher.

Ein wichtiges Instrument zur Umsetzung einer soliden Kreislaufwirtschaft auf Mikro- (Unternehmen, Gemeinden) und Makroebene (Staaten, weltweit) sind spezifische soziale, ökonomische und umweltbezogene Indikatoren, um den Fortschritt zu messen. Die Diskussion darüber, was wie gemessen werden soll, läuft noch. Prammer & Schrack (2012) beispielsweise schlugen ein «Integrated Resource Efficiency Indicator Set (IRIS)» vor, um Unternehmen und Regionen in ihren Bemühungen um Ziele der Kreislaufwirtschaft zu unterstützen. Die Materialflussanalyse (MFA, Materialein- und -ausgänge einer gesamten Wirtschaft) ist eines der Instrumente, mit dem sich die geleisteten Bemühungen messen lassen. Problematisch hierbei ist jedoch, die Systemgrenzen richtig zu setzen und die Kosten und die Infrastruktur für eine lückenlose Überwachung bereitzustellen. Bei der Lebenszyklusanalyse (LCA) werden die Auswirkungen von Produkten und Dienstleistungen während ihres gesamten Lebenszyklus betrachtet, wobei es allerdings vergleichbare Defizite zu überwinden gilt wie bei der MFA (Welz et al., 2013).

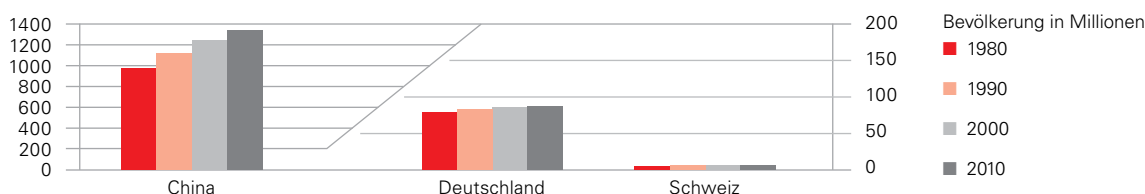


Abbildung 8: Bevölkerung Chinas, Deutschlands und der Schweiz 1980, 1990, 2000 und 2010
Quelle: Weltbank (2013): Liste der Länder nach Gesamtbevölkerung

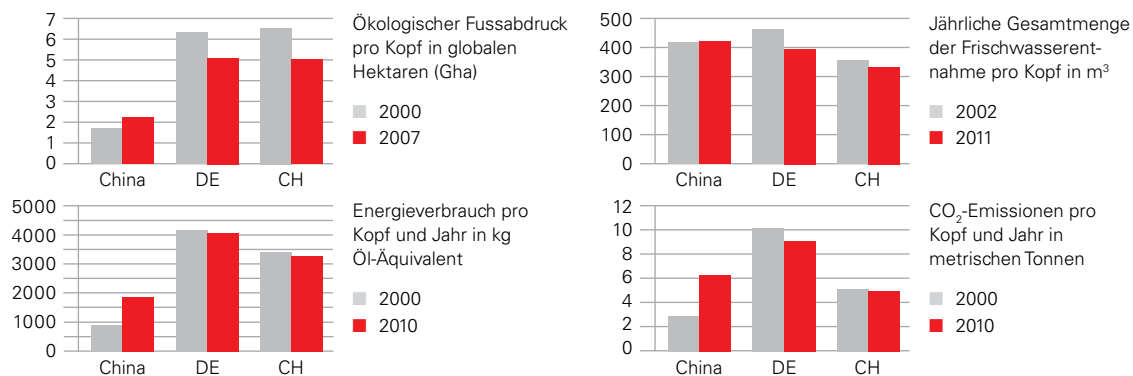


Abbildung 9: Kreislaufwirtschaft und Umweltbelastung in China, Deutschland und der Schweiz, gezeigt an vier spezifischen Indikatoren, berechnet pro Kopf (Definitionen siehe Referenzen).
Quelle: Weltbank (2013) und Wikipedia-Autoren (2013a; zum ökologischen Fussabdruck)

Zudem erfordert eine sinnvolle Zusammensetzung von Indikatoren die Integration in die Mechanismen der politischen Hauptströmungen. Soziale und wirtschaftliche Indikatoren sollten enthalten sein, es soll auf eine Symbiose von Stadt und Industrie abgezielt werden, eine absolute Reduzierung von Material- und Energieverbrauch erreichen und präventiv ausgerichtet sein (Geng Y. et al., 2012). Das Hauptproblem besteht normalerweise in einem unvollständigen und inkonsistenten Datenbestand, der auf die Wirtschaftssektoren in den jeweiligen Ländern heruntergebrochen ist. Andererseits müssen Indikatoren nicht unbedingt komplex sein, um einen Trend aufzuzeigen. Als Beispiel werden für die drei untersuchten Länder in Abbildung 9 der ökologische Fussabdruck, die jährliche Frischwasserentnahme, der Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen in den Jahren 2000 und 2010 (2007/2011) dargestellt (jeweils pro Kopf).

Trotz Bemühungen um eine Umsetzung der Kreislaufwirtschaft vergrösserte das gewaltige Wirtschaftswachstum seit dem Jahr 2000 den ökologischen Fussabdruck Chinas, den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen pro Kopf. Lediglich der jährliche Wassergesamtverbrauch blieb annähernd gleich. Aber so sehr auch dieses Verbrauchs- beziehungsweise Emissionsniveau in jüngster Zeit in China hochgegangen sein mag, schlagen deren Auswirkungen pro Kopf dennoch lediglich mit der Hälfte oder weniger dessen zu Buche als bei einem Einwohner von Deutschland oder der Schweiz.

Die Diskussionen am World Resources Forum mit führenden Experten aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft zeigen, dass alle Länder zu den Konzepten der Kreislaufwirtschaft beitragen müssen, seien es Entwicklungs-, Schwellen- oder Industrieländer. Länder mit derzeit geringem ökologischen Fussabdruck sollten auf das Auslassen einzelner Stufen im Entwicklungsprozess («Leapfrogging») hinarbeiten; gemäss dieser Theorie kann die Entwicklung durch Überspringen ineffizienter, teurer oder umweltverschmutzender Technologien und Industrien und den direkten Übergang zu innovativeren beschleunigt werden (Wikipedia-Autoren 2013b). Auf der anderen Seite müssten die Industrieländer ihre Verbrauchsmuster und ihren ressourcenintensiven Lebensstil drastisch verändern, nach dem Motto «mehr mit weniger erreichen». Es werden Strategien benötigt, um die in hergestellten Produkten gebundenen Mengen an Mineralien und Materialien wiederaufzuarbeiten und neu zu verarbeiten (Konzepte wie «Urban Mining», Schlupe et al., 2013). Dies würde zu neuen Aktivitätsfeldern führen, Arbeitsplätze schaffen und die Umweltbelastung auf ein Minimum reduzieren.

Ein wichtiger Schritt hin zu einer nachhaltigen Ressourcenpolitik ist die Einrichtung einer neutralen internationalen Plattform für Ressourcenmanagement. Zur Überwindung der globalen Umweltprobleme sind gemeinsame internationale Aktivitäten erforderlich.



Empfehlungen

Die Kreislaufwirtschaft hat sich weltweit zu einem viel beachteten Thema entwickelt. Die verschiedenen Länder haben dabei unterschiedliche Ansätze gewählt: Deutschland verfolgt einen gemischten Top-Down- und Bottom-Up-Ansatz, die Schweiz tendiert mehr zu einem Bottom-Up-Modell sowie zu einem partizipativen Ansatz, während China die Kreislaufwirtschaft im Top-Down-Verfahren umsetzte und damit zu einem der ersten Länder wurde, welche diese in ihrer Verfassung verankerten. Die Art der Umsetzung ist eng mit dem bestehenden Politik- und Regierungssystem in den jeweiligen Ländern verknüpft. Mittelfristig können sich Konzepte der Kreislaufwirtschaft mit Sicherheit positiv auf die ökologische und wirtschaftliche Entwicklung auswirken. Seit seiner ersten Veranstaltung 2009 hat das World Resources Forum sich immer stärker für eine Diskussion der Konzepte der Kreislaufwirtschaft eingesetzt und wird die Debatte fortsetzen. Die folgenden Schritte, die für die Schaffung erfolgreicher Rahmenbedingungen einer weltweiten Kreislaufwirtschaft wichtig sind, gilt es umzusetzen (WRF 2009 und Zusammenfassungen des WRF-Präsidenten 2011, 2012, 2013):

- a) Einführung effizienter *politischer Massnahmen* zur deutlichen Verbesserung der Ressourcenproduktivität und einer Drosselung der Nachfrage – in Form von Standards und Steuern auf Ressourcen, nicht erneuerbaren Energien und Umweltverschmutzung statt auf Arbeit; und mit der Möglichkeit von Steuersenkungen oder Mechanismen zur Begrenzung der Emissionsberechtigungen (Cap & Trade). (WRF 2009, 2011, 2013)
- b) Fokussierung von *Forschung und Entwicklung* im Hinblick auf erhöhte Ressourcenproduktivität. Die daraus resultierende Innovation schafft Raum für die wirtschaftliche und soziale Entwicklung. Als Nebeneffekt werden die Volkswirtschaften und die Städte weniger von Ressourcenimporten abhängig sein, insbesondere von fossilen Energieträgern. (WRF 2009)
- c) Ein allmählicher *Abbau oder eine drastische Verringerung der Abhängigkeit* von fossilen Energieträgern, insbesondere Öl und Kohle, werden in den nächsten Jahrzehnten als technisch und wirtschaftlich machbar betrachtet, wobei jedes Land seinen eigenen Weg für alternative Stoffe wählt. (WRF 2012, 2013)
- d) Neuzuschnitt der wirtschaftlichen *Rahmenbedingungen*, um der Knappheit der natürlichen Ressourcen Rechnung zu tragen; neben den traditionell für wirtschaftliche Zwecke genutzten natürlichen Ressourcen (Fischerei, Forstwirtschaft, Mineraliengewinnung) haben andere Ressourcen, vor allem Luft, Wasser und sonstige «Umweltressourcen», für die Politik an Bedeutung gewonnen. (WRF 2009; Wikipedia-Autoren 2013c)
- e) Intensivierung von Bildung, um insbesondere bei Wirtschaftsfachleuten das *Bewusstsein für die Begrenztheit der Ressourcen* zu schärfen sowie die Fähigkeit bei Entscheidungsträgern zu fördern, langfristige und systemische Trends zu analysieren und auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Innovationen umzusetzen. (WRF 2009)
- f) Initiierung eines *Umdenkprozesses hinsichtlich der Lebensstile* und Unterstützung bei der Entwicklung von Konsummustern, die auf Genügsamkeit und

- sorgfältigem Umgang mit natürlichen Ressourcen basieren. (WRF 2009)
- g) Für *Entwicklungsländer* sind für den Wandel Technologietransfer, Zugang zu ressourceneffizienten Technologien und finanzielle Unterstützung ebenso notwendig wie effizientes Regieren, eine ressourceneffiziente Infrastruktur, Bildung und das so genannte *Leapfrogging*. Township Building ist eines der Konzepte, die auf breiterer Basis umgesetzt werden sollten, um zu früheren nachhaltigen Lebensstilen zurückzukehren. (WRF 2011, 2012)
 - h) *Kritische Metalle* erfordern aufgrund ihres Potenzials für essenzielle nachhaltige Technologien und Produkte dringende Aufmerksamkeit. Wiederkehrende Probleme sind steigende Nachfrage, Umweltverschmutzung und katastrophale Arbeitsbedingungen in Minen sowie instabile Preise. Zu den Ländern mit grösseren Vorkommen an kritischen Metallen zählen neben China Australien, Brasilien, Indien, Kanada, Malawi, Malaysia, Peru, Russland, Südafrika und die USA. Es besteht die ernste Gefahr, dass Konflikte zwischen Ländern und Unternehmen entstehen. (WRF 2011)
 - i) Zu den Schlüsselementen für die Entwicklung ressourceneffizienter Volkswirtschaften zählen *Indikatoren und Ziele*, um jährlich über die Leistungen zu berichten, sowie eine konkrete Roadmap mit ambitionierten Plänen für die Umsetzung finanzieller und rechtlicher Instrumente. (WRF 2011, 2013)
 - j) Ansätze der Kreislaufwirtschaft erfordern nicht nur technische, sondern auch institutionelle Änderungen und *soziale Innovationen*; Partnerschaften zwischen Regierungen und Unternehmen sowie zwischen Unternehmen und der Zivilgesellschaft müssen umgesetzt werden; es hat sich gezeigt, dass KMU offen für Veränderungen sind. *Kapazitätsaufbauprogramme* sind sehr wichtig, um Wissen zu erweitern und die Kompetenzen von Unternehmern für eine ressourceneffizientere und sauberere Produktion zu erhöhen. (WRF 2011, 2012)
 - k) Die Errichtung einer *Grünen Wirtschaft* sollte weltweit eine prioritäre Strategie werden; die Regierungen müssen wachsam sein gegenüber der steigenden Anzahl bilateraler Ressourcenabkommen, insbesondere solchen, in die Entwicklungs- oder Schwellenländer eingebunden sind. Einen grossen Schritt nach vorn bei ihren Bemühungen um mehr soziale, ökonomische und umweltrelevante Nachhaltigkeit haben internationale Unternehmen wie Westpac Banking Corp (Australien), Biogen Idec Inc (USA), Outotec OYJ (Finnland), Statoil ASA (Norwegen), oder Dassault Systemes SA (Frankreich) unternommen, wie die Global100-Liste der «Most Sustainable Corporations in the World» (nachhaltigste Unternehmen der Welt) zeigt. (WRF 2012 und Global100 2014)
 - l) Besseres *internationales Ressourcenmanagement* wäre für alle vorteilhaft, da es Stabilität, Vorhersagbarkeit und damit niedrigere Preise zur Folge hätte. Die Einrichtung einer mit der Internationalen Energieagentur (IEA) vergleichbaren neutralen Plattform sollte auch für natürliche Ressourcen in Erwägung gezogen werden, wobei Entwicklungsländer von Anfang an einbezogen sein müssten. (WRF 2012, 2013)
 - m) Zu den prioritären Massnahmen von Regierungen und Unternehmen zählen *Anreize für Recyclingpraktiken*, insbesondere verbesserte Sammelsysteme und Präsentation der besten verfügbaren Technologien. (WRF 2012, Reuter 2012)
 - n) Schärfung des Bewusstseins für die *Dringlichkeit*, verbesserte Kommunikation zwischen Politik und Wissenschaft sowie weiteres Hervorheben der wirtschaftlichen Argumente für Ressourceneffizienz. Sozial- und Geisteswissenschaften müssen hierbei eine wichtige Rolle spielen. Die zentrale Strategie besteht darin, junge Verbraucher über formelle (Schule, Programme) und informelle (Familie, Kollegen) Bildung zu erreichen. (WRF 2012, 2013).

Literatur

Das vollständige Literaturverzeichnis steht online zur Verfügung: www.satw.ch/kreislaufwirtschaft

Impressum

Autoren: Martin Lehmann, Bas de Leeuw, Eric Fehr (alle World Resources Forum),
Adam Wong (Student Reporter beim WRF 2012 in Peking, China)

Die Autoren danken Dr. Xaver Edelmann und Dr. Yi-Heng Cheng für ihre freundliche Unterstützung.

Review: Hans Hänni, Urs von Stockar, Andreas Zuberbühler und externe Reviewer

Redaktion und Koordination: Beatrice Huber

Illustration: Andy Braun

© 2014

Realisiert durch

SATW

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften
Académie suisse des sciences techniques
Accademia svizzera delle scienze tecniche
Swiss Academy of Engineering Sciences

Literatur

- a+/Empa (2012) Indikatoren zur Beurteilung der Nutzung natürlicher Ressourcen. Kompaktbroschüre.
www.satw.ch/publikationen/schriften
- BFS (2012) Bundesamt für Statistik Schweiz. «Umweltstatistik Schweiz in der Tasche 2012». www.statistik.admin.ch
- Biomimicry Institute (2013) What is Biomimicry. www.biomimicryinstitute.org/about-us/what-is-biomimicry.html
- BMU (2011) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bericht «Kreislaufwirtschaft – Abfall nutzen – Ressourcen schonen»
www.fh-muenster.de/fb6/downloads/personen/Flamme/downloads_extern/broschuere_kreislaufwirtschaft_bf.pdf
- BMU (2013) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bericht «Abfallwirtschaft in Deutschland 2013» (Fakten, Daten, Grafiken)
https://secure.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/abfallwirtschaft_2013_bf.pdf
- Boulding, K. E., (1966) «The Economics of the Coming Spaceship Earth»
- China Daily (2007) Building a recycling economy (definition of venous industries)
- COM (2005) 666 Commission of the European Communities. Taking sustainable use of resources forward: A Thematic Strategy on the prevention and recycling of waste.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0666:FIN:EN:PDF>
- Ellen MacArthur Foundation (2012): Towards the Circular Economy (1) – Economic and business rationale for an accelerated transition (Report)
- Ellen MacArthur Foundation (2013): Towards the Circular Economy (2) – Opportunities for the consumer goods sector (Report)
- BAFU (1986) Bundesamt für Umwelt Schweiz. Leitbild für die schweizerische Abfallwirtschaft.
www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00667/
- BAFU (2012) Bundesamt für Umwelt Schweiz. Bericht zu «Aktionsplan Grüne Wirtschaft 2013».
www.bafu.admin.ch/wirtschaft/11350/12928/
- BAFU (2013) Bundesamt für Umwelt Schweiz. Umwelt Magazin «Natürliche Ressourcen in der Schweiz». Ressourcen im Kreislauf. www.bafu.admin.ch/magazin2013-3
- Geng Y., Doberstein B. (2008) Developing the circular economy in China: challenges and opportunities for achieving «leapfrog development». International Journal of Sustainable Development and World Ecology 15 (3), 231e239
- Geng Y. et al (2012) Towards a national circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis. Journal of Cleaner Production, Vol 23, Issue 1, March 2012.
- Global100 (2014) Global100 – Most Sustainable Corporations in the World. 2014 Global 100 List.
<http://global100.org/global-100-index/>
- Indigo Development (2009) Creating systems solutions for sustainable development through industrial ecology; China sees to develop a «Circular Economy».
www.indigodev.com/Circular1.html#concept

IS4IE (2013) International Society for Industrial Ecology. www.is4ie.org/

Jian Kun, S. (2012) An analysis inspired by the fourth discussion of «urbanization» from Li Keqiang (Chinese, December 07). www.ftchinese.com/story/001047919

Jungbluth N., Nathani C., Stucki M., Leuenberger M. (2011) Gesamt-Umweltbelastung durch Konsum und Produktion der Schweiz: Input-Output Analyse verknüpft mit Ökobilanzierung. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1111: 15 S. www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01611/index.html?lang=de

Karavezyris, V. (2010) Circular Economy in Germany: achievements and future challenges, www.iswa.org/uploads/tx_iswaknowledgebase/Karavezyris.pdf

Keqiang, L. (2012) Premier of the People's Republic of China, Li Keqiang, in a meeting with former U.S. Secretary of the Treasury, Henry Paulson on 5th December, 2012

Masterplan Cleantech (2011) Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung (WBF) und Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK). www.cleantech.admin.ch/cleantech/

Prammer, H. & Schrack, D. (2012): Integrated Resource Efficiency Indicators for Companies and Regions. Beijing, World Resources Forum 2012

Reuter, M. (2012): Recycling – Fulfilling expectations of green economies, solutions and obstacles. Beijing, World Resources Forum 2012

SATW/WRF (2012) Wir müssen effizienter mit Rohstoffen umgehen. Flyer. http://worldresourcesforum.org/files/userfiles/Flyer%20Rohstoffe_de.pdf

Schluep et al. (2013): Sustainable Recycling Industries. Davos, World Resources Forum 2013

Schmitt, O. (1969) «Some interesting and useful biomimetic transforms». In Third Int. Biophysics Congress, p. 297

Stat BA (2013): Umwelt – Abfallintensität 1996 – 2011. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, Germany.

StSD (2002) Report by Swiss Federal Council on «Strategy Sustainable Development 2002» and the evaluation of its actions. www.bafu.admin.ch/produkte/01967/

Su, B.W., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X.M. (2013) A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*, 42, 215 - 227

UNEP (2011) «Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication» (advance copy available from www.unep.org/greeneconomy).

Welz, T., de Leeuw, B., Lehmann, M. (2013) Ressourcenschonung in Asien – Zusammenfassung, Analyse und Interpretation der Konferenzergebnisse des World Resources Forum 2012 in Peking. World Resources Forum. Im Auftrag von Umweltbundesamt Deutschland.

Wikipedia contributors (2013a), «List of countries by ecological footprint», Wikipedia, The Free Encyclopedia, 20 September 2013, 17:33 UTC, http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=List_of_countries_by_ecological_footprint&oldid=573805178 [accessed 26 November 2013]

Wikipedia contributors (2013b), «Leapfrogging», Wikipedia, The Free Encyclopedia, 17 October 2013, 21:14 UTC,

<http://de.wikipedia.org/wiki/Leapfrogging> [accessed 26 November 2013]

Wikipedia contributors (2013c), «Natural resource economics», Wikipedia, The Free Encyclopedia, 31 October 2013, 02:38 UTC, http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Natural_resource_economics&oldid=579560236 [accessed 28 November 2013]

World Bank (2013) Data, Indicators. The World Bank – Working for a World Free of Poverty.
<http://data.worldbank.org/indicator/>

WRF (2009) World Resources Forum Declaration WRF 2009
<http://worldresourcesforum.org/declaration-world-resources-forum-sept-16-2009-0>

WRF (2011) World Resources Forum Chairman's Statement WRF 2011
<http://worldresourcesforum.org/outcomes-wrf-2011>

WRF (2012) World Resources Forum Meeting Report WRF 2012
www.worldresourcesforum.org/files/WRF2012/WRF%20meeting%20report%202012.pdf

WRF (2013) World Resources Forum Chairman's Summary WRF 2013
www.worldresourcesforum.org/files/publications/Chairman%20Summary%20WRF2013.pdf

Yuan, Z.W., Jun, B., Moriguchi, Y.C., (2006) The circular ecology: a new development strategy in China. *Journal of Industrial Ecology* 10, 4e8

Zhu, D.J., Huang, X.F., (2005) Building up a model for circular economy based on object, main body, and policy. *Naikai Academic Journal* 4, 86e93

Zhu, D.J., (2008) A framework for deepening study of circular economy. *Scientific and Social Society* 23 (3), 445e452 (in Chinese)