

05.17

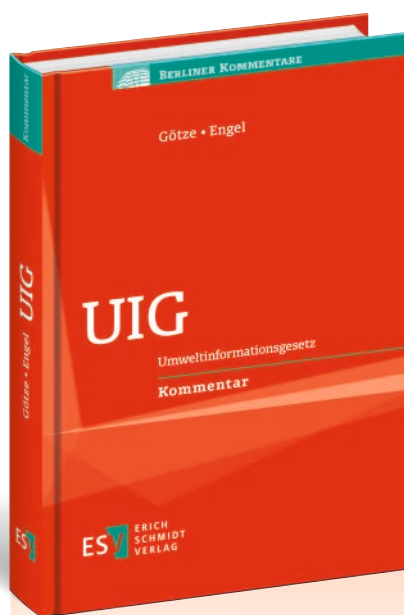
Lizenziert für Herrn Prof. Dr. Michael Nelles.
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

Müll und Abfall

Fachzeitschrift
für Abfall-
und
Ressourcen-
wirtschaft

49. Jahrgang
Mai 2017
Seite 213–272

www.MUELLundABFALL.de



UIG

Umweltinfor-
mations-
gesetz – Kommentar

Von Dr. Roman Götze und
Dr. Gernot-Rüdiger Engel

www.ESV.info/15870



ESV ERICH
SCHMIDT
VERLAG

Entsorgung von biogenen Abfallfraktionen in der VR China

Disposal of biogenic fractions in the PR of China

Prof. Dr. Michael Nelles, Astrid Lemke, Dr. Gert Morscheck, Abdallah Nassour, Andrea Schüch und Ying Zhou



Prof. Dr. mont. Michael Nelles
Lehrstuhl Abfall- und Stoffstromwirtschaft, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Uni Rostock & Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ), Leipzig

Zusammenfassung

China hat in den letzten Jahren gewaltige Schritte in Richtung einer nachhaltigen Abfallwirtschaft gemacht. Probleme bereiten nach wie vor die organischen Fraktionen, welche die Hauptursachen für klimarelevante Emissionen, Sickerwasser aus Deponien und Probleme bei der thermischen Behandlung sind.

Die getrennte Erfassung und sinnvolle Verwertung der biogenen Abfälle ist Ziel der zentralen und kommunalen Politik.

Die Herausforderungen bei der Behandlung der biogenen Fraktion der Siedlungsabfälle in China sind vielfältig. Eine entscheidende Rolle spielen die großen Mengen an biogenem Material und deren hoher Wassergehalt. Größere Städte produzieren mehr als 1.000 bis 20.000 Tonnen Hausmüll täglich. Chinesischer Hausmüll enthält durchschnittlich mehr als 60 % biogene Abfälle. Diese biogenen Abfälle – im chinesischen Hausmüll handelt es sich dabei hauptsächlich um Küchenabfälle – enthalten sehr viel Wasser, so dass der Wassergehalt im Hausmüll mit ca. 60 % ebenfalls sehr hoch ist.

Um Bioabfälle besser nutzen zu können, müssen sie getrennt gesammelt werden. Geeignete Behandlungsverfahren müssen etabliert werden. Nicht selten ist die Suche nach geeigneten Standorten für die Behandlungsanlagen schwierig. Die VR China ist dabei Qualitätskriterien für die Behandlungsprodukte und deren Einsatz zu erarbeiten. Sofortiger Handlungsbedarf besteht bei Restaurantabfällen. Für organische „Restabfälle“ können auch MBA-Technologien interessant sein.

Abstract

In recent years, China has taken huge steps towards a sustainable waste management. However, especially the organic fraction continues to cause several problems: For once, the biogenic fraction still is number one emittant of greenhouse gases as well as it might cause leachates from landfill sites and problems during thermal treatment. Another problem is its large quantity and high water content. Larger cities in China produce between 1,000 and 20,000 tons of municipal waste every day. On average, this waste contains more than 60 % biogenic waste. These biogenic wastes – in China mainly kitchen waste – have a high water content and thus increase the overall municipal waste's water content to about 60 %. Therefore, the separate collection and use of the biogenic waste is a major goal of the central and municipal policy in China.

In order to enhance the collection and treatment of the biogenic waste, China still faces many challenges: At first, suitable treatment procedures must be established as well

as appropriate locations for the treatment plants need be chosen. However, this location search is often difficult. Furthermore, the PRC has to develop quality criteria for the final products of the treatment procedures and their use. Especially, restaurant waste requires immediate action. MBA technologies might hereby be useful for the treatment of the residual fraction of the organic waste.

1. Veranlassung, Ziel und Geltungsbereich der Studie

China hat in den letzten Jahren große Fortschritte bei der Bewältigung seiner abfallwirtschaftlichen Herausforderungen gemacht. In den Ballungsräumen werden Wertstoffe (z. B. PPK, Kunststoffe, Metalle) bereits separat erfasst und verwertet. Deren Anteil im Siedlungsabfall ist dadurch gering. Siedlungsabfälle werden in den Städten ebenfalls flächendeckend gesammelt. Handlungsbedarf besteht vor allem bei der Behandlung und Verwertung von biogenen Abfällen, die noch zusammen mit dem Restmüll erfasst werden, so dass deren stoffliches und energetisches Potential ungenutzt bleibt. Im ländlichen Bereich, wo derzeit etwa 50 % der chinesischen Bevölkerung lebt, muss die Abfallbewirtschaftung noch entscheidend verbessert werden.

Die Herausforderungen bei der Behandlung der biogenen Fraktion der Siedlungsabfälle in China sind vielfältig. Eine entscheidende Rolle spielen die großen Mengen an biogenem Material und deren hoher Wassergehalt. Größere Städte produzieren mehr als 1.000 bis 20.000 Tonnen Hausmüll täglich! Chinesischer Hausmüll enthält mit durchschnittlich mehr als 60 % einen großen Anteil biogener Abfälle. Diese biogenen Abfälle – im chinesischen Hausmüll handelt es sich dabei hauptsächlich um Küchenabfälle – enthalten sehr viel Wasser, so dass der Wassergehalt im Hausmüll mit ca. 60 % ebenfalls sehr hoch ist.

Der hohe Organik- und Wasseranteil im Siedlungsabfall ist für die Abfallbehandlung eine Herausforderung und vom ökologischen und energetischen Aspekt her betrachtet sehr problematisch. Bei der Deponierung produziert die feuchte biogene Fraktion klimarelevantes Deponiegas und verschlechtert die Sickerwasserqualität erheblich. Bei der Behandlung in Müllverbrennungsanlagen erschwert der sehr hohe Organik- und damit Wasseranteil die effiziente Verbrennung. Ökologische und energetische Potentiale werden dadurch verschenkt.

Entsorgung von biogenen Abfallfraktionen in der VR China

Aus Sicht der Freisetzung klimarelevanter Gase und der Ressourcennutzung ist die umweltverträgliche Behandlung und Verwertung der biogenen Fraktionen ein zentraler Schlüssel, um weitere Erfolge beim Klimaschutz zu erreichen.

Die chinesische Staatsregierung hat ambitionierte abfallwirtschaftliche Ziele vorgegeben. So ist China u. a. bemüht, den Anteil der Abfälle, die vor der Ablagerung verwertet und behandelt werden, weiter zu steigern. In den letzten Jahren wurden dazu zahlreiche Anlagen, vor allem Müllverbrennungsanlagen für Hausmüll, errichtet. Der wasserbedingt geringe Heizwert des Abfalls erschwerte thermische Behandlung, was teilweise zu erheblichen Betriebsproblemen, hohen Emissionen und schlechten Reststoffqualitäten führt.

Vor diesem Hintergrund werden in diesem Beitrag die Möglichkeiten zur getrennten Erfassung und Verwertung der biogenen Fraktionen der Siedlungsabfälle in der VR China untersucht und erläutert. Der Beitrag beruht auf der Studie „Verwertung von biogenen Fraktionen aus Siedlungsabfällen in der VR China“ die mit Förderung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) erarbeitet wurde (Nelles u. a.; 2017).

2. Entwicklung, Stand und Perspektiven der Kreislaufwirtschaft in China

Im Jahr 2015 lebten 1,37 Milliarden Menschen auf dem chinesischen Festland, davon 56,1 % städtische Bevölkerung [MOHURD, 2016]. Die Verwaltung Chinas ist in Ebenen gegliedert (siehe auch Tabelle 1).

Die Erfassung der Daten zu festen Abfällen begann 1979 auf Stadtebene und im Jahr 2000 auf Kreisebene. Im Jahr 2015 gab es 656 Städte auf dem chinesischen Festland mit einer gesamten Siedlungsabfallsammlung von 191,42 Millionen Tonnen (524 Tsd. t/d), von denen 98 % „gefährlos“ behandelt wurden. Im selben Jahr wurde in 1.596 Kreisen eine Menge von insgesamt 66,57 Millionen Tonnen (182 Tsd. t/d) Siedlungsabfall gesammelt, von denen 71,6 % behandelt worden sind [MOHURD, 2016].

Die Quellen von Siedlungsabfällen umfassen im Allgemeinen Wohnhaushalte, Märkte, kommerzielle Standorte, öffentliche Bereiche, Straßen, Tempel und religiöse Institutionen. Die meisten chinesischen Städte, sowohl hochmoderne als auch relativ strukturschwache Regionen, weisen zeitgleich verschiedene Entwicklungsmuster auf. China steht durch die rasante wirtschaftliche Entwicklung und Urbanisierung vor enormen Herausforderungen im Abfallmanagement. Die Menge an Siedlungsabfällen hat in China in den letzten Jahren rapide zugenommen und China verursacht mittlerweile die größte Siedlungsabfallmenge weltweit.

Die Gesamtmenge der gesammelten Siedlungsabfälle in den Städten auf dem Festland erhöhte sich von 25,8 Mio. Mg im Jahr 1979 auf 155 Mio. Mg (120 kg pro Kopf) im Jahr 2004 und 164 Mio. Mg im Jahr 2011, und erreichte 2015 eine Gesamtmenge von 191 Millionen Tonnen [MOHURD, 2016]. Diese Statistiken enthalten nicht die von den Müllsammlern (informeller Sektor) gesammelten Abfälle, welche schätzungsweise

Administrative Gliederung	Verwaltungseinheiten	Stadtebenen	Anzahl der Städte	Städtenamen
Provinzebene	34			
Provinz	23			Beijing Chongqing Shanghai Tianjin
autonome Gebiete	5	Städte auf Provinzebene	6	Hong-Kong Macau
eigenständige Städte (Municipality)	4			
Sonderverwaltungszone	2			
Bezirksebene (Prefecture)	334	Städte auf Bezirksebene	291	
Kreisebene (County)	2.850	Städte auf Kreisebene	361	Anmerkung: die im Text folgenden Zahlen gelten für Städte in Festlandchina, Zahlen von Hong-Kong und Macau sind nicht enthalten
Gemeindeebene (Township)	39.789			
Dorfebene (Village)	2,64 Millionen			
			658	

Tabelle 1
Administrationsstruktur in China

8–10 % der erzeugten Siedlungsabfälle ausmachen [He u. a., 2014].

Siedlungsabfälle werden in China überwiegend mittels Deponierung und Verbrennung behandelt, man spricht dabei von einer „**gefährlosen**“ **Behandlung/Entsorgung**. So wurden beispielsweise im Jahr 2010 etwa 79 % der behandelten Siedlungsabfälle deponiert, 19 % verbrannt und 2 % kompostiert [MOHURD, 2016]. Im Jahr 2015 lag die Entsorgungsquote der Siedlungsabfälle in chinesischen Städten bei 98 %. Von „gefährloser“ Deponierung wird oftmals auch gesprochen, wenn nicht entsprechend der BVT abgelagert wird.

1979 markierte der Erlass des *Umweltschutzgesetzes der Volksrepublik China* den Neubeginn des Umweltschutzes (das Gesetz wurde 1989 offiziell erlassen und im Jahr 2015 überarbeitet) [Wang, u. a., 2015]. Im Jahre 1983 (6. Fünfjahreszeitraum 1981–1985) wurden erstmals die Anforderungen an die Abfallbehandlung vorgestellt. Zur Zeit der 7. Fünfjahresperiode (1985–1990) wurde die erste Mülldeponie Hangzhou Tianziling MSW-Deponie (Phase I) gebaut und mit einer „verdichteten Sperrschicht gegen Sickerwasser“ („anti-seeepage vertical curtain grouting“, keine HDPE-Membran) ausgestattet. 1988 erließ das Ministerium für Bauwesen den ersten Standard für die Abfallablagerungstechnologie „*Sanitary Landfill Technology Standard for Municipal Solid Waste*“ (CJJ17-88).

1995 wurden die Anforderungen an kommunale Abfallbehandlung und -management durch ein Gesetz über die Verhütung und Bekämpfung der Umweltverschmutzung durch feste Abfälle, „*Prevention and Control of Environmental Pollution by Solid Wastes*“ (Nr. 58) festgelegt, welches seit dem 1. April 1996 umgesetzt und in den Jahren 2004 und 2014 überarbeitet wurde.

Im Jahr 1997 wurde die erste Deponie mit HDPE-Dichtung in Betrieb genommen, Shenzhen Xiaping MSW Deponie (Phase I). Jetzt begann China den Bau von geordneten Deponien und Abfallbehandlungsanlagen in den Städten finanziell zu unterstützen.

Ab 2001 wurde begonnen für Großstädte und wirtschaftlich entwickelte Küstenstädte große geordnete Mülldeponien zu bauen. Einfache Müllkippen ohne Basisabdichtung wurden geschlossen. Ab 2006 wurden auch in kleinen und mittelgroßen Städten sowie in

INTERNATIONALE ABFALLWIRTSCHAFT | CHINA

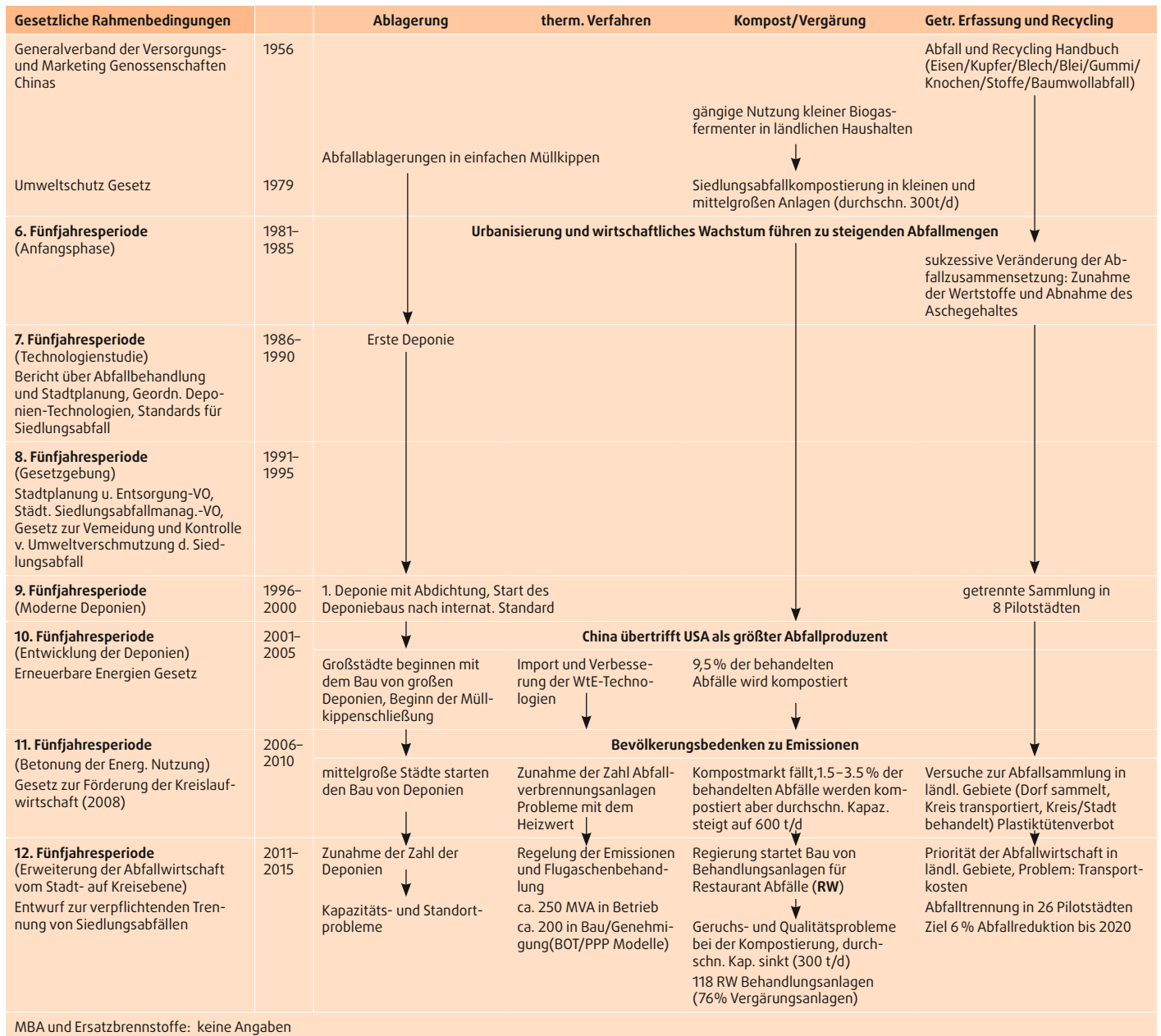


Abbildung 1
Zusammenfassende Darstellung der gesetzlichen (links) und technischen (rechts) Entwicklung der Abfallwirtschaft in China entlang der Zeitachse

entwickelten Kreisen geordnete Deponien und Sickerwasserbehandlungsanlagen gebaut. Deponien werden in 4 Klassen (I, II, III, IV) unterschieden. Der ländliche Raum wurde lange Zeit vernachlässigt, seit 2001 wurden in einigen Provinzen erste Versuche zur Etablierung der Sammlung und Behandlung von Abfällen durchgeführt.

Der 12. Fünfjahresplan (2011–2015) legte dar, dass die Entwicklung der Kreislaufwirtschaft eine wichtige strategische Aufgabe der wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung in China ist und einen wichtigen Beitrag zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung leistet.

Die Abbildung 1 gibt einen Überblick über die rechtliche und technische Entwicklung der Abfallwirtschaft in China.

Die „Förderung der Ressourcenschonung und der intensiven Nutzung“ und die „Starke Entwicklung der Kreislaufwirtschaft“ sind wichtige Elemente im Kapitel 43 des 13. Chinesischen Fünf-Jahres-Plans (2016–2020). Restaurantabfälle sind eine explizit genannte

Abfallart. Bis Ende 2020 sollen die wichtigsten Städte eine effektive Getrenntsammlung von verwertbaren Abfällen erreichen. Diese Städte sollen eine „Trennrate“ von mehr als 90 % realisieren und die Recycling- und Verwertungsraten sollte größer als 35 % werden (einschließlich dem Recycling des biologisch abbaubaren Abfalls, der getrennt erfasst werden kann und soll).

3. Organisation und Zuständigkeit in der Abfallwirtschaft der VR China

In der VR China sind sowohl zentrale Regierungsinstitutionen als auch regionale und lokale Behörden am Abfallmanagement beteiligt. Das Ministerium für Umweltschutz (Ministry of Environmental Protection – MEP) ist verantwortlich für die allgemeine Abfallvermeidung und Kontrolle aller Abfälle. Verschiedene Ministerien sind, abhängig von den Kategorien fester Abfälle, für deren Entsorgung verantwortlich (siehe Abbildung 2).

Entsorgung von biogenen Abfallfraktionen in der VR China

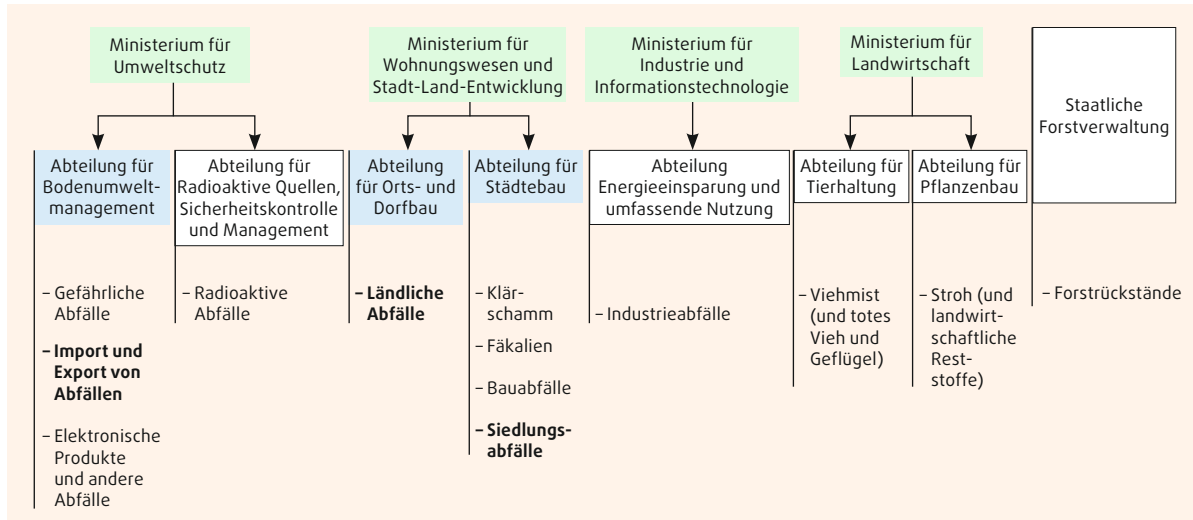


Abbildung 2
Verschiedene für das Abfallmanagement verantwortliche Ministerien der VR China

Es gibt Umweltschutzbüros auf allen Ebenen der chinesischen Verwaltung. Niederlassungen dieser Büros sind in ganz China verteilt und in einem hierarchischen landesweiten Netzwerk verbunden.

Das Ministerium für Bauwesen ist für die technischen Anforderungen der Abfallwirtschaft verantwortlich und für die Formulierung von Gesetzen und Vorschriften in Bezug auf technische Standards der Abfallentsorgung und Deponierung zuständig. Es legt weiterhin Grenzwerte für Emissionen der Abfall- und Abwasserbehandlung fest.

Beide Ministerien sind auf den verschiedenen Verwaltungsebenen durch das „Environmental Protection Bureau“ (EPB) und die „Environmental Sanitation Section“ (ESS) vertreten.

4. Abfallmengen und Zusammensetzung

Die Menge an erzeugten Siedlungsabfällen folgt dem städtischen Bevölkerungswachstum, während die durchschnittliche personenbezogene Siedlungsabfallmasse relativ stabil ist. Abbildung 3 zeigt die Entwicklung der erzeugten und gesammelten Siedlungsabfallmengen im Zeitraum 2000–2015 für die 656 Städte und 1.568 Kreise [MOHURD, 2016]. Im Jahr 2015 wurden in 656 Städten rund 191 Millionen Tonnen produziert und gesammelt. Das Abfallaufkommen in den Städten betrug pro Tag und Einwohner ca. 1,10 kg. Die Sammelmengen des Informellen Sektors sind in diesen Zahlen wahrscheinlich nicht berücksichtigt. Die Abfallmenge betrug 2014 in 1.596 Kreisen 66,6 Millionen Mg (1,17 kg pro Einwohner und Tag). Es ist positiv zu bewerten, dass die Daten seit 2000 jährlich erfasst werden.

Die Siedlungsabfallmasse von Städten und Gemeinden, die eine Stadtregierung haben, beträgt 0,20–1,70 kg, für Kleinstädte 0,79 kg und 0,52 kg pro Kopf und Tag für Gemeinden ohne eigene Stadtverwaltung. Die Abfallmasse in den Dörfern beträgt 0,07–2,1 kg mit einer durchschnittlichen Rate von 0,50 kg pro Kopf und Tag.

Die Zusammensetzung und der Wassergehalt von Siedlungsabfall sind in Abbildung 4 auf der Grundlage der Daten von 17 repräsentativen Städten in China

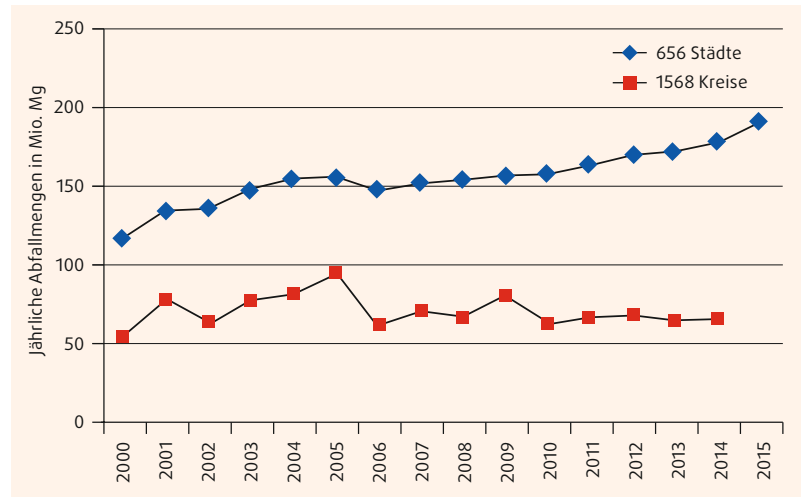


Abbildung 3
Entwicklung der Abfallproduktion in den chinesischen Städten und Kreisen

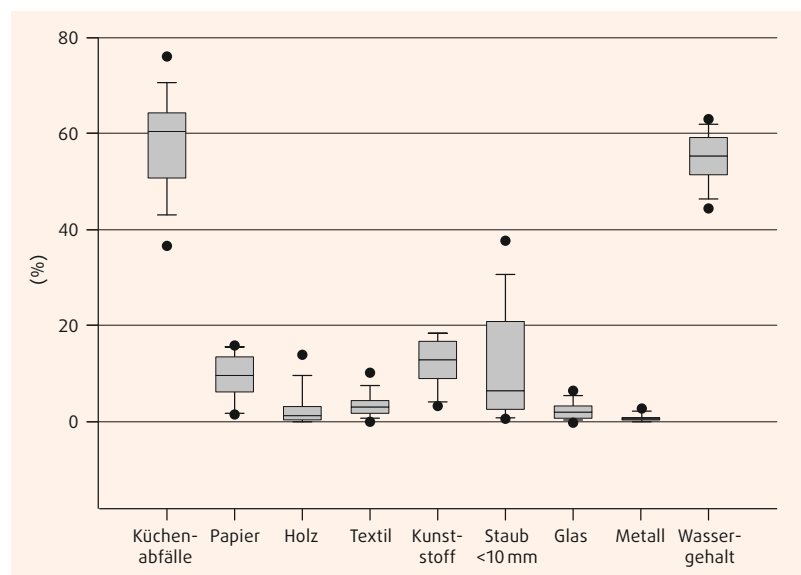


Abbildung 4
Siedlungsabfallzusammensetzung in typischen chinesischen Städten [Yang u. a., 2015]

INTERNATIONALE ABFALLWIRTSCHAFT | CHINA

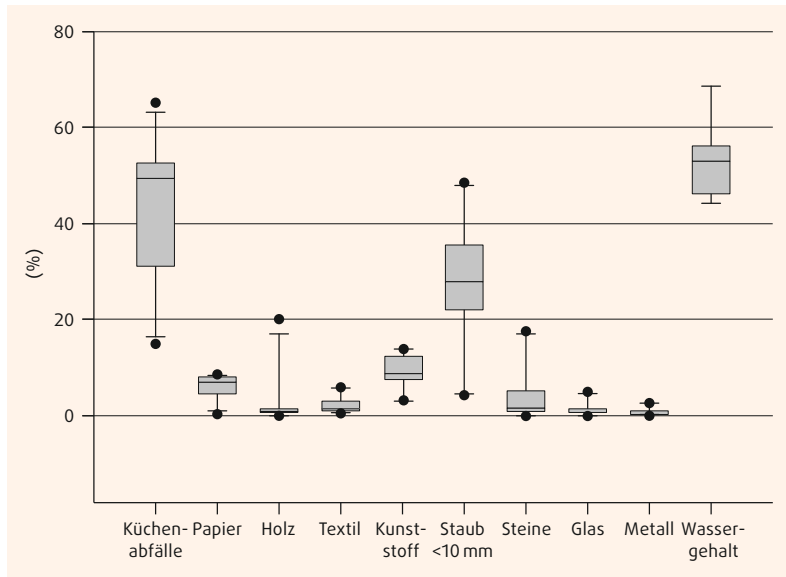


Abbildung 5
Siedlungsabfallzusammensetzung in typischen chinesischen Kreisen [Yang u. a., 2015]

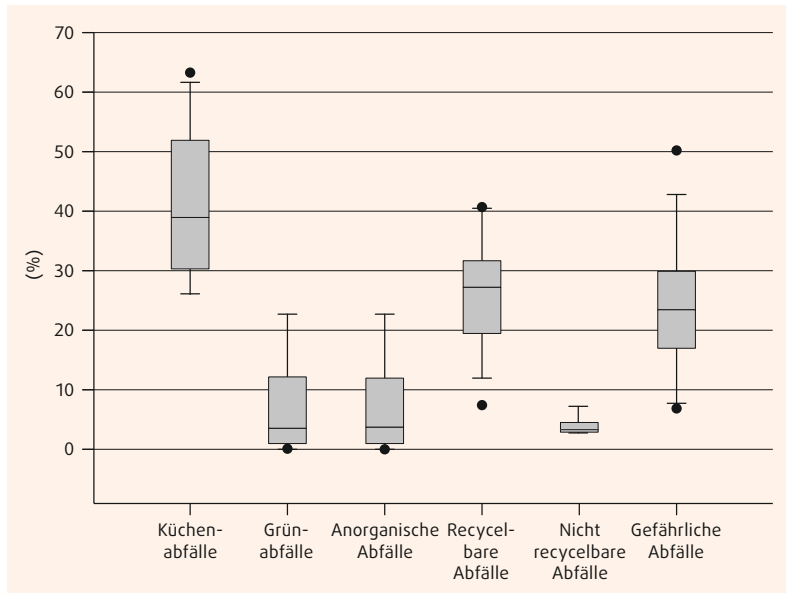


Abbildung 6
Siedlungsabfallzusammensetzung in typischen chinesischen Dörfern [He u. a., 2010]

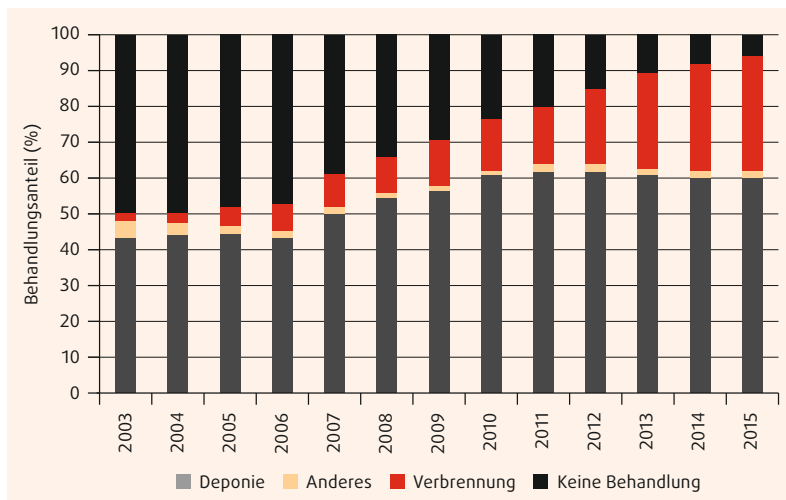


Abbildung 7
Entwicklung der Anteile der Siedlungsabfallbehandlung in China [MOHURD, 2016]

dargestellt [Yang u. a., 2015], wobei der mittlere Anteil an Küchenabfällen $58\% \pm 9,8\%$ und der Wassergehalt $55\% \pm 5,5\%$ beträgt.

Die Abfallzusammensetzung in den Kreisen ist anderes als in den Städten. Eine Untersuchung für 11 typische Kreise hat ergeben, dass der Anteil der Küchenabfälle $44,3\% \pm 15,1\%$ und der Wassergehalt $53,2\% \pm 7,7\%$ beträgt (Abbildung 5). Die Unterschiede zu den Städten entstehen durch Lebensstandard, Recyclingaktivitäten des informalen Sektors, Bebauungsstrukturen, etc..

Die Abfallzusammensetzung in den Dörfern unterscheidet sich von der Zusammensetzung in Städten und Kreisen. Abbildung 6 zeigt die Zusammensetzung und den Wassergehalt von Siedlungsabfall aus 13 typischen Dörfern [He et al., 2010], wobei der Anteil der Küchenabfälle $42,1\% \pm 12,8\%$ beträgt.

In den letzten zehn Jahren wurde die Abfallsammlung intensiviert und der Fuhrpark an Müllfahrzeugen vergrößert (Gemeinden und Kleinstädte: jeweils +120 %, Kreise: +152 % und Städte: +196 %). In Städten und Kreisen ist inzwischen eine vollständige Abfallsammlung und Behandlung implementiert (Anmerkung: Deponierung gilt auch als Behandlung).

5. Behandlung und Beseitigung gemischt gesammelter Siedlungsabfälle und Restaurantabfälle

Abfallverbrennungsanlagen und geordnete Deponien gelten in der VR China als die typischen Siedlungsabfallbehandlungsanlagen. Im Jahr 2015 wurden in China 890 Siedlungsabfallbehandlungsanlagen in Städten und 1.187 in Kreisen betrieben [MOHURD, 2016].

Die Abfallbehandlungssituation der letzten Jahre ist in Abbildung 7 dargestellt. Bis Ende 2015 betrug die „Behandlungsrate“ der gesammelten festen Abfälle 98 %, der Anteil der Deponien (64 %), **Verbrennung (34,8 %) und Sonstiges (2 %)**. Im Jahr 2015 ist die Menge der auf Deponien abgelagerten Abfälle um 66 % gegenüber 2005 und die Behandlung in Abfallverbrennungsanlagen um 692 % gestiegen, während die biologische Behandlung einen maximalen Anteil von 2 % hat.

2015 gab es noch 67 Städte in China, die keine ordnungsgemäßen Behandlungsanlagen aufgebaut haben.

Die durchschnittliche Behandlungskapazität der einzelnen Anlagen hat im Jahr 2015 für Deponien 500 Mg/d und für Müllverbrennung 769 Mg/d erreicht. Die Zahl der biologischen Behandlungsanlagen liegt bei nur 30 und die durchschnittliche Behandlungskapazität der einzelnen Anlagen betrug 2015 324 Mg/d. Abbildung 8 zeigt Entwicklung der Entsorgungsanlagen in den Städten im Zeitraum 2003–2015.

Die Behandlung von Siedlungsabfall in ländlichen Gebieten wurde noch nicht in das statistische Jahrbuch aufgenommen. Die Behandlungsrate in Kleinstädten beträgt weniger als 30 % und in Dörfern weniger als 10 % [He u. a., 2014]. In Ost-China wird der Abfall zentral behandelt. In Dörfern, anderen Kleinstädten und Kreisen wird der Abfall gesammelt, oft aber nur abgelagert („Dumping“, einfache Deponie). Standardisierte (geordnete) Deponien, biologische Behandlung

Entsorgung von biogenen Abfallfraktionen in der VR China

und Verbrennung sind sehr selten [He et al., 2014]. Es ist eine weitere Erhöhung der Behandlungskapazität auf 490 Tausend Mg/d geplant, 360 Tausend Mg/d in den Städten und 130 Tsd. Mg/d in den Kreisen. Der Anteil der gesamten Siedlungsabfallverbrennungskapazität soll 50% und im Osten sogar 60% erreichen.

Bis zum Ende des 13. Fünfjahrplanes (2020) wird die gemeinsame Behandlung von Restaurantabfällen und anderen organischen, biologisch abbaubaren, Abfällen sowie die Errichtung einer Gesamtbehandlungskapazität von 40.000 Mg/d gefordert und angestrebt.

Die Gesamtinvestition für den Bau von Siedlungsabfallbehandlungsanlagen beläuft sich auf etwa 192,4 Milliarden RMB im 13. Fünf-Jahres-Zeitraum. Davon entfallen etwa 136 Milliarden auf den Bau der Anlagen, 22,7 Mrd. auf die Sammlung und den Transport, 13,6 Milliarden auf die Projekte zur Restaurantabfallbehandlung, 7,7 Mrd. auf die Behandlung von abgelagerten Abfällen, 8,6 Milliarden auf Pilotprojekte zur Abfalltrennung sowie 3,8 Milliarden auf den Aufbau eines Überwachungssystems. Bis 2020 sollen Gemeinden, Städte und Provinzhauptstädte eine effektive Trennung von Restaurantabfällen sowie eine „gefährlose Behandlungsquote“ von 30%, sowie eine Recyclingrate von 35% erreichen. Eine Behandlungskapazität von 40.000 Mg/d ist bis 2020 geplant (siehe auch Abbildung 9). Dafür werden 13,6 Mrd. RMB bereitgestellt.

6. Lösungsansätze zur Aufbereitung, Verwertung und Beseitigung der biogenen Abfälle in China

Um in China den Ressourcen- und Klimaschutz der Abfallwirtschaft unter Berücksichtigung des biogenen Abfallstroms zu erhöhen, können verschiedene Aspekte und Maßnahmen in Betracht gezogen werden. Die Abbildung 10 veranschaulicht und vergleicht die Abfallströme für das in China derzeit implementierte Abfallwirtschaftssystem für den Hausmüll und die vorgeschlagene Weiterentwicklung (Schätzung der Anteile). Es ist klar ersichtlich, dass das weiterentwickelte System die Abfallmenge, die deponiert werden

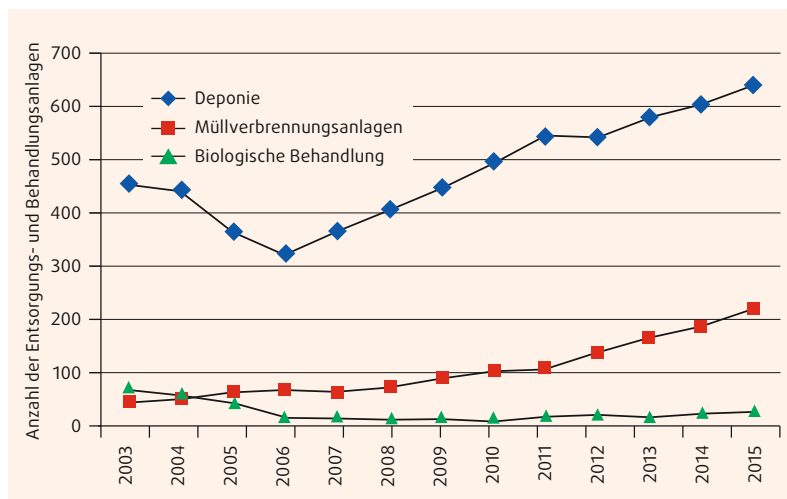


Abbildung 8
Entwicklung der
Anzahl und Behand-
lungsanlagen in Städ-
ten [MOHURD, 2016]

müsste, erheblich reduzieren würde. Weitere Vorteile sind in der Abbildung zusammengefasst.

Bei der Erarbeitung einer Strategie für die Abfallwirtschaft sollte berücksichtigt werden, dass dies nicht nur die Auswahl einer technischen Lösung darstellt. Die Entwicklung eines Abfallwirtschaftssystems muss viele andere mit der Technologie verbundene Aspekte berücksichtigen. Ein solches System muss die Administration und Verwaltung, die Gesetzgebung, finanzielle Aspekte, die Überwachung und die Technologie als Kernelement des Gesamtsystems betrachten. Ferner müssen alle beteiligten Akteure berücksichtigt werden: Abfallerzeuger, aber auch der informelle Sektor und das Personal der Abfallbewirtschaftung.

6.1 Biogene Abfälle aus der getrennten Sammlung

Wenn eine getrennte Sammlung von biogenen Abfällen eingeführt werden soll, kann dieses nur schrittweise durchgeführt werden. Fehler und Probleme, die sich anfänglich einstellen, lassen sich im Verlauf der Ausweitung der getrennten Sammlung vermeiden. Neue Verfahren sind oftmals fehlerbehaftet und müssen immer wieder überarbeitet werden. In Deutschland wird seit 25 Jahren Bioabfall getrennt gesammelt,

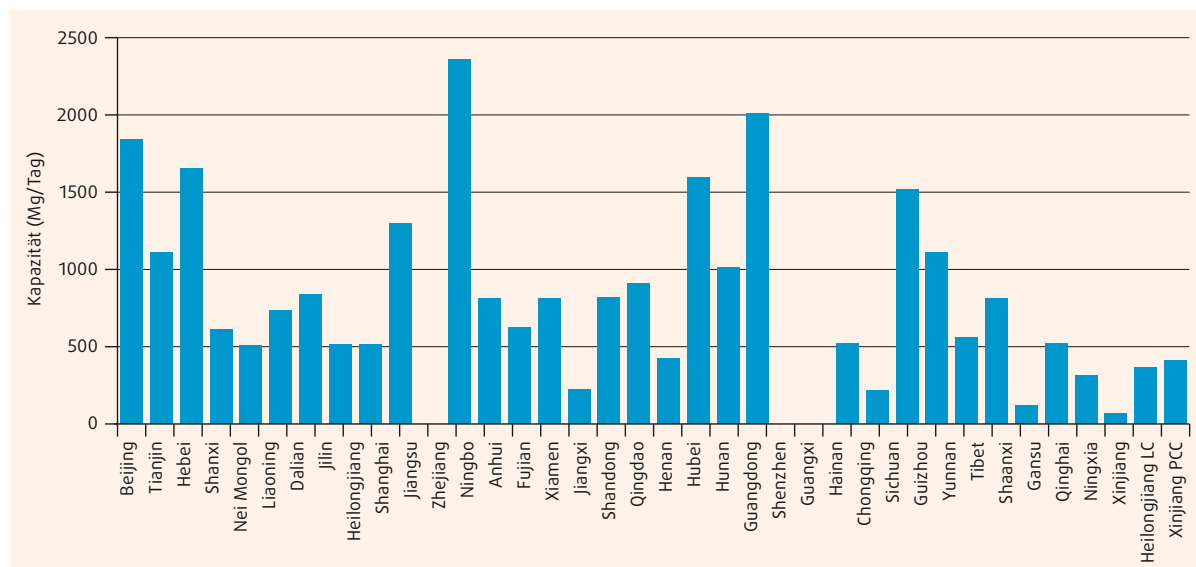


Abbildung 9
Geplante Behand-
lungskapazität für
Restaurantabfälle bis
2020

INTERNATIONALE ABFALLWIRTSCHAFT | CHINA

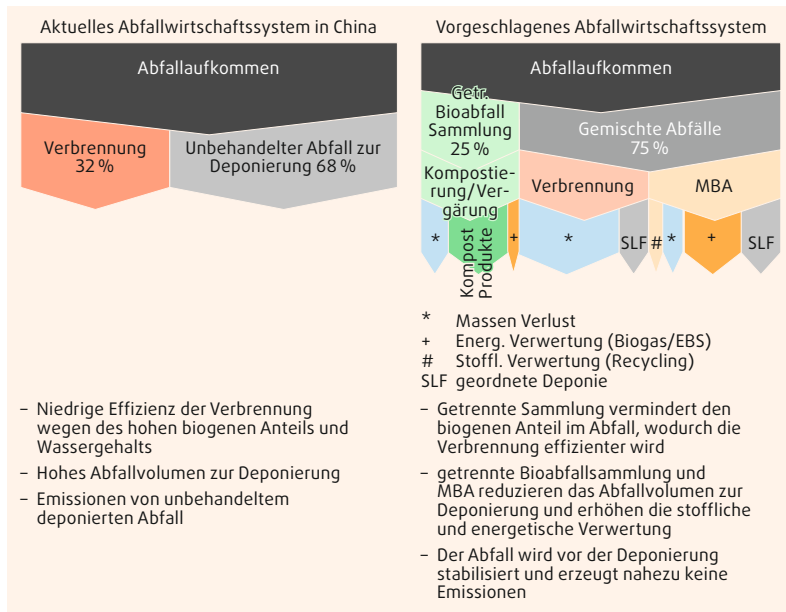


Abbildung 10
Vergleich der Abfallströme für den aktuellen und den vorgeschlagenen Abfallwirtschaftssystem in China [Nelles u. a., 2017]

behandelt und verwertet und immer wieder sind Anpassungen nötig.

Die Sammlung, Behandlungsverfahren und die Verwertung der Komposte und Gärreste müssen gesetzlich geregelt werden. Die VR China ist hier auf einem guten Weg. Die VR China arbeitet an Regelungen, welche die Qualität der Komposte und Gärreste betreffen. Diese werden Schadstoff- und Störstoffkonzentrationen und Mengenbeschränkungen für die Ausbringung festlegen. Standort- und nutzungsbezogene Regelungen sollten diese „Bioabfall-Verordnung“ ergänzen. Eventuell sind Grenzen für Maximalkonzentrationen im Boden vorzusehen. Neben den Festlegungen von maximalen Schadstoff- und Störstoffkonzentrationen und -frachten, sollte ähnliches auch für Nährstoffe erwo-gen werden.

Die Einführung der getrennten Bioabfallsammlung kann durch ein Verbot der Deponierung nicht vorbe-handelter Siedlungsabfälle unterstützt werden. Eine getrennte Sammlung der biogenen Abfallfraktionen ist eine Voraussetzung für ihr hochwertiges Recy-cling. Obwohl einige Pilotstädte die getrennte Samm-

lung, vor allem für Restaurantabfälle, eingeführt ha-ben, sind die Mengen, im Vergleich zu den insgesamt erzeugten Abfallmengen, sehr gering. Abbildung 11 zeigt die möglichen Lösungen für die Umsetzung der getrennten Sammlung der biogenen Abfallfraktion.

In Restaurants, Kantinen, Supermärkten, in der Le-bensmittelindustrie usw., wo große Mengen an bio-genen Abfällen zentral entstehen, ist eine getrennte Sammlung logistisch möglich und bereits auf dem Weg, zumal diese Abfälle bereits in der Vergangen-heit getrennt gesammelt wurden (als Tierfutter). Die erfolgreiche Trennung von biogenen Abfällen hängt von der optimalen Gestaltung der Rahmenbedingun-gen, entsprechend den Entsorgungsbedürfnissen der Bewohner ab. Für jede Stadt, jeden Kreis bzw. jedes Dorf ist eine detaillierte Abfallanalyse der Zusammen-setzung und Mengen notwendig, um eine endgültige Entscheidung zur Sammlung und möglichen Behan-dlungsverfahren treffen zu können. Wegen des Wasser-gehaltes im Restaurantabfall scheint die Vergärung die beste Lösung für diese Fraktion zu sein. Aber auch hier ist immer eine detaillierte Abfallanalyse für die end-gültige Entscheidung notwendig. Für den ordnungs-gemäßen Betrieb von Einrichtungen ist qualifiziertes und erfahrenes Personal entscheidend.

6.2 Biogene Abfälle aus der gemischten Sammlung

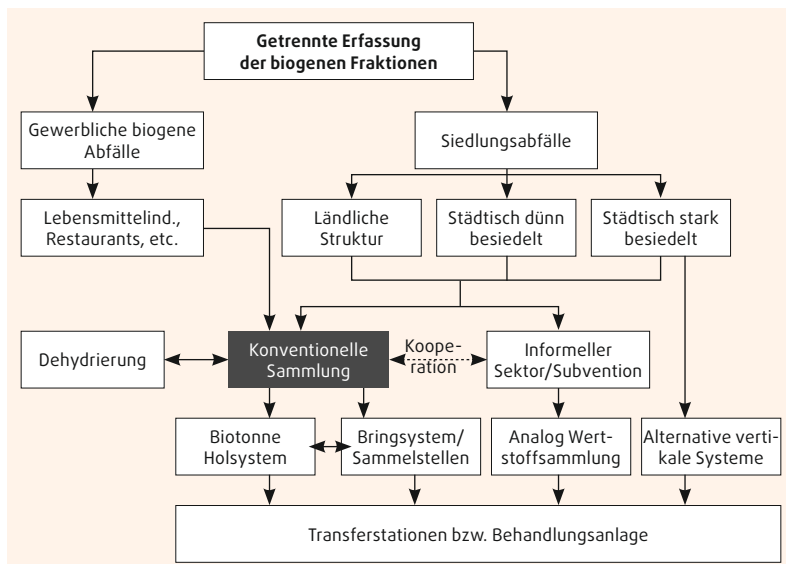
Der Restmüll, der als Hausmüll abgefahren wird, ent-hält noch verwertbare Abfallfraktionen. Die Nutzung der im Hausmüll verbleibenden biogenen Abfälle ist nur sehr eingeschränkt möglich. Die Produkte aus der Behandlung der organischen Fraktion der mecha-nisch-biologischen Behandlung von Restmüll (Haus-müll, Mischmüll) werden im englischen Compost-like-Output (CLO) genannt. In einigen Ländern der Erde wird CLO auch auf landwirtschaftlichen Nutzflächen eingesetzt. Die VR China sollte genau prüfen, ob die Produkte der Behandlung von Mischmüll in und auf Böden einsetzbar sind (Grenzwerte für Schad- und Fremdstoffe und Böden; Abbaugrad) und entspre-chende Regelungen schaffen. Soll CLO bzw. die stabi-lisierte Organikfraktion deponiert werden, werden Re-gelungen benötigt, die Ablagerungsanforderungen for-mulieren. Hier können Emissionen (Gasbildungsrate, Eluatkonzentrationen) begrenzt werden.

Auch für die Anlagen, in denen der Restmüll (Haus-müll, Mischmüll) behandelt werden soll, werden rech-tliche Festlegungen benötigt. Anforderungen an den Standort der Anlage sollten Abstandsregelungen zu Wohnbebauungen und schützenswerter Natur ent-halten. Weitere Regelungen sollten die Emissionen aus den Anlagen betreffen (Grenzwerte für emittierte Stäube, Gerüche, Abluft und Abgas, aber auch Abwäs-ser; sowohl als Konzentration als auch Fracht).

Eine Möglichkeit gemischte Siedlungsabfälle zu nut-zen, ist die Vergärung in einer anaeroben MBA-Stufe. Das entstehende Biogas lässt sich dann direkt verwer-ten oder zu Bio-Methan aufbereiten. Hier sollten Re-gelungen die Qualität der Gase vorgeben, vor allem dann, wenn Bio-Methan in das Erdgasnetz eingelei-tet werden soll.

Der Staat kann die Produktion von Energie aus Abfall auch finanziell fördern und dadurch Anreize schaffen.

Abbildung 11
Strategie zur getrenn-ten biogenen Abfall-sammlung in China



Entsorgung von biogenen Abfallfraktionen in der VR China

Wenn Gesetze und Verordnungen erlassen werden, dann müssen diese auch **kontrolliert** werden. Entsprechende Behörden sollte eingerichtet und mit den notwendigen Kompetenzen ausgestattet werden. Diese Behörden sollten auch Sanktionen aussprechen dürfen.

Auch nach Einführung der getrennten Sammlung von biogenen Abfällen wird ein bedeutender Anteil an biogenen Abfällen im Restmüll verbleiben.

Die Verbrennung von Hausmüll (Restmüll) in China trägt aufgrund ihres hohen Wassergehaltes und niedrigen Heizwertes nicht zur Ressourcenschonung bei [Dorn, 2015].

Die „Vor“-Behandlung von gemischtem Abfall in MBA-Technologien vor der Verbrennung würde den Heizwert erheblich erhöhen und die Energierückgewinnung ermöglichen.

Die MBA ermöglicht die Trennung von Wertstoffen für Recycling oder die Energierückgewinnung, bevor die verbleibenden Abfälle entsorgt werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass die in der MBA behandelten Abfälle „inertisiert“ sind und in der Deponie kaum Emissionen verursachen. MBA-Technologien sind sehr flexibel und können an die spezifischen Anforderungen eines Einzugsgebietes und die abfallpolitischen Ziele angepasst werden.

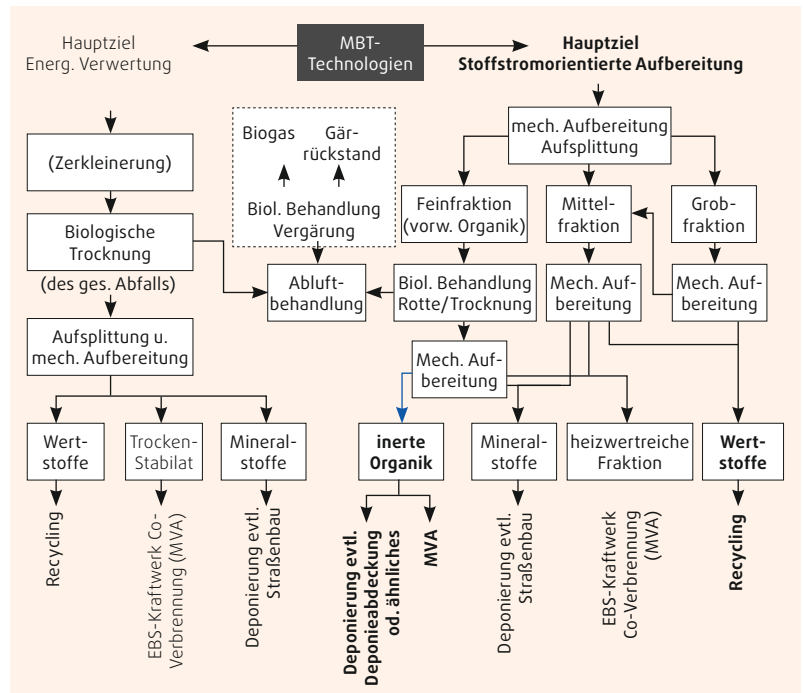


Abbildung 12
Vereinfachtes Flussdiagramm für MBA und MBS

Der vereinfachte Prozessablauf der MBA-Optionen ist in Abbildung 12 dargestellt. Die Unterschiede der Optionen sind erstens, ob das Hauptziel die Material- oder Energierückgewinnung ist, oder zweitens, ob die Materialtrennung vor oder nach dem biologischen Schritt erfolgt.

MBA kann zur Lösung eines China-spezifischen Problems beitragen (Siedlungsabfälle mit hohem Wassergehalt und niedrigem Heizwert). Insbesondere in den ländlichen Gebieten Chinas können solche Konzepte sinnvoll umgesetzt werden.

7. Zusammenfassung und Empfehlungen

Die Abfallwirtschaft in China hat in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht. Die Sammlung und Behandlung von Siedlungsabfällen erstreckt sich auf Stadt- und Kreisebene und nimmt auf Dorfebene schrittweise zu. Die Abfallbehandlung ist jedoch auf die Verbrennung oder Deponierung beschränkt (Deponierung gilt als Abfallbehandlung in China), was Energie und Materialressourcen verschwendet und zu Umweltproblemen führt. Darüber hinaus gibt es zahlreiche Rechtsvorschriften, die von grundlegenden Gesetzen und Verordnungen bis zu politischen Dokumenten, Standards und Spezifikationen reichen und verschiedene Aspekte der Abfallwirtschaft berücksichtigen. Die getrennte Sammlung von organischen Abfällen ist nur für Restaurantabfälle geregelt. Insgesamt gibt es technisch und rechtlich sehr gute Voraussetzungen für die Weiterentwicklung der nachhaltigen Abfallwirtschaft in der VR China.

Die Behandlung biogener Abfälle ist wichtig für eine nachhaltige Bewirtschaftung der Siedlungsabfälle, da Bioabfälle für viele Umweltbelastungen verantwortlich sind, wenn sie nicht richtig behandelt werden. Klima-relevante Emissionen sowie Sickerwasser aus Depo-nien und der niedrige Heizwert der Abfälle sind dabei die Hauptprobleme.

Sowohl die biogenen Abfällen aus einer getrennten Sammlung als auch die Bioabfälle im Restmüll können mit technologischen Lösungen nach dem Stand der Technik behandelt werden. So kann ein Beitrag zum Ressourcen- und Klimaschutz geleistet werden.

Die getrennte Sammlung von biogenen Abfällen ist eine Voraussetzung, um diese wiederzuverwerten und qualitativ hochwertige Komposte herzustellen und damit organische Substanz und Nährstoffe in den Kreislauf zurückzuführen. Die getrennte Sammlung verringert ferner die Menge an Restabfall, die deponiert oder verbrannt werden muss und reduziert den Wassergehalt in den verbleibenden Restabfällen was eine effektivere Verbrennung zulässt.

Zur Erhöhung der Ressourceneffizienz und Verbesserung des Klimaschutzes aus der Abfallbewirtschaftung werden folgende Maßnahmen für die VR China empfohlen:

- ◆ Berücksichtigung gesetzlicher Änderungen und/oder neuer Vorschriften zur Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Umgangs mit Abfällen und der Qualität des Produkts (z. B. Deponieverbot für unbehandelte Abfälle),

- ◆ Einführung der getrennten Sammlung biogener Abfälle, zur Verringerung des zu deponierenden Volumens (und Masse) und der Emissionen,
- ◆ eine schrittweise Einführung der Abfalltrennung, verbunden mit einer intensiven Informationskampagne,
- ◆ Behandlung von getrennt gesammelten biogenen Abfällen auch zur Erzeugung von Energie (z. B. Biogas),
- ◆ Schaffung von Ausbildungsmöglichkeiten für den Sektor Abfallwirtschaft,
- ◆ Schaffung eines Finanzierungssystems für Sammlung und Verwertung biogener Abfälle.

Eine enge Zusammenarbeit zwischen chinesischen und deutschen Akteuren, bei der Wissen und Erfahrungen geteilt werden, kann zu einer nachhaltigen Abfallwirtschaft beitragen.

Literatur

Dorn, Thomas: Principles, Opportunities and Risks associated with the transfer of environmental technology between Germany and China using the example of thermal waste disposal. Doctoral thesis at University of Rostock, 2015.

He Pinjing, Zhang Chunyan, Yang Na: Present situation and technical treatment route of rural domestic waste treatment in China; Journal of Agro-Environment Science; 29; P. 2049–2054; 2010.

He Pinjing, Zhang Hua, Lu Fan: Pattern classification of methods and feasible technology route for household waste management in villages and towns. Journal of Agro-Environment Science; 33; P. 409–414; 2014

MOHURD (Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China): China urban and rural construction statistics year-book 2000–2015; China statistics press, Beijing; 2016

Nelles, Michael; Pinjing He; Ayman El Naas; Astrid Lemke; Gert Morscheck; Andrea Schüch; Fan Lu; Liming Shao; Hua Zhang; Abdallah Nassour: Verwertung von biogenen Fraktionen aus Siedlungsabfällen in der VR China; Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB); Rostock; 116 S.; 2017

Wang, Jingmin, et al.: Review and Outlook of Municipal Solid Waste Management in China. (unpublished); 2015

Yang N., Damgaard A., Kjeldsen P., Shao L.-M., He P.-J.: Quantification of regional leachate variance from municipal solid waste landfills in China; Waste Management; 46: 362–372; 2015

Anschrift der Autoren

Prof. Dr. Michael Nelles

Astrid Lemke

Dr. Gert Morscheck

Abdallah Nassour

Andrea Schüch

Ying Zhou

Universität Rostock

Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät

Lehrstuhl Abfall- und Stoffstromwirtschaft

Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

Tel.: (03 81) 498 34 00, Mobil: (01 70) 380 24 49

Fax: (03 81) 498 34 02

E-Mail: michael.nelles@uni-rostock.de, <http://www.auf-aw.uni-rostock.de>

Prof. Dr. Michael Nelles

Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ)

Torgauer Str. 116, 04347 Leipzig

Tel.: (03 41) 243 41 12, Mobil: (01 70) 380 24 49

E-Mail: michael.nelles@dbfz.de, <http://www.dbfz.de>