

The Lindenau **W**aste-**R**ecycling-**S**hip-System



*„The health of our oceans and seas requires us
to put aside short-term national gain
to avoid long-term global catastrophe.“*

UN Secretary-General António Guterres
1st UN Ocean Conference NY 5-9th June, 2017

*Die Vermüllung unserer Meere mit Kunststoff
ist hauptsächlich die Folge eines mangelhaften
Abfall-Managements an Land.*

*Der Grund: Über 60 % aller Länder dieser Welt können sich ein
modernes Abfall-Management nicht leisten.*

*Die Lösung:
das Lindenau **W**aste-**R**ecycling-**S**hip-System –
ein schiffsbasiertes, integriertes Abfall-Management-System
für Inselstaaten und Städte an Flüssen und Meeren*





UN Sustainable Development Goals 2030 (SDGs) Ziele für nachhaltige Entwicklung 2030

Im September 2015 verabschiedeten die Vereinten Nationen die „Sustainable Development Goals 2030“

Eine nachhaltige Abfallwirtschaft ist von zentraler Bedeutung für:

- die Gesundheit, die Lebensqualität und das Einkommen von Menschen, insbesondere der armen Bevölkerung
- den Schutz der Umwelt und die effiziente und nachhaltige Nutzung von Ressourcen
- die drastische Minderung von Treibhausgasen und damit für den Klimaschutz
- den Schutz der Meere vor der Vermüllung mit Kunststoff¹

Das Lindenau Waste-Recycling-Ship-System ist eine innovative und effiziente Lösung, um die von den Vereinten Nationen festgelegten Ziele zu erreichen:

- Reduzierung der Klimagase
- Reduzierung der Primärenergie des Landes pro Einwohner
- Reduzierung der zu deponierenden Abfallmassen
- Beendigung wilder Deponien, des offenen Verbrennens und damit der Versauerung des Bodens und der Vergiftung der Umwelt
- Schaffung von qualifizierten Arbeitsplätzen

¹ Quelle: BMZ-Strategiepapier-Ressource Abfall (2012)

The Lindenau Waste-Recycling-Ship-System

Nachhaltige Abfallwirtschaft: eine zentrale und globale Herausforderung!

7,3 Mrd. Menschen bevölkern unsere Erde, 70 % davon (= 5,11 Mrd. Menschen) leben an Flüssen, Küsten – oder auf mehr als 100.000 (!) [Inseln und Inselstaaten](#)². Die globale Siedlungsabfallmenge wird sich im Jahr 2025, also in 8 Jahren von 2,2 Mrd. t auf [3,2 Mrd. t](#)³ erhöhen und damit die Herausforderungen an ein nachhaltiges Abfall-Management signifikant steigen.

Insbesondere die kleineren Inselstaaten und viele Küstenanrainer ([192 betroffene Länder](#)⁴) stehen vor großen strukturellen, logistischen und finanziellen Herausforderungen in Bezug auf ein nachhaltiges Abfall-Management. Die meisten dieser Länder können sich ein Abfall-Management-System wie in Deutschland nicht leisten.

In vielen dieser Länder wird der Abfall zwar schon systemisch gesammelt, aber anschließend meist in offene Mülldeponien verbracht und dort zum Teil verbrannt – auch dies mit allen denkbaren negativen Konsequenzen für Umwelt, Klima und auch die Menschen. Diese Länder verfügen weder über etablierte Strukturen noch über die technologische Kompetenz für ein nachhaltiges Abfall-Management.

Es entsteht unter anderem das hoch klimaschädliche Methan (5-8 % der globalen CO₂ äquivalenten Methan Emissionen stammen von offenen [Mülldeponien](#)⁵). Die offene Deponierung und Verbrennung von Siedlungsabfällen hat durch Luftverschmutzung zusätzlich massiv negative Auswirkungen auf die Umwelt und birgt somit erhebliche Gesundheitsrisiken für den Menschen.

Auch werden durch Leckagen von Deponiekörpern die umgebende Umwelt und die Grundwasserversorgung negativ beeinflusst. Und bei der offenen Deponierung sind Regen- und Windeinflüsse die Ursachen dafür, dass erhebliche Mengen des Abfalls - insbesondere Kunststoffe - über die Flüsse und Küstenstreifen in die Meere gelangen.

Auch nachhaltiger Tourismus ist nur mit nachhaltigem Abfall-Management möglich: Tourismus ist für viele Inselstaaten der wichtigste Sektor für deren wirtschaftliche und soziale Entwicklung und für deren Bevölkerung die einzige Einnahmequelle. Deshalb ist gerade auf kleineren Inselstaaten die Schaffung eines nachhaltigen Abfall-Managements eine große Herausforderung und eine wichtige Voraussetzung, um deren Tourismus-Attraktivität zu erhalten.

Mit den Lindenau WRS-System© zeigen wir den betroffenen Staaten die Vorteile und Möglichkeiten eines schiffsbasierten, nachhaltigen Abfall-Managements nach deutschen Standards auf.

² Quelle: World Ocean Review

³ Quelle: World Bank Study 2012 What A Waste

⁴ Quelle: Jambeck et al. (2015)

⁵ Quelle: ISWA 2016 A roadmap for closing dumpsites

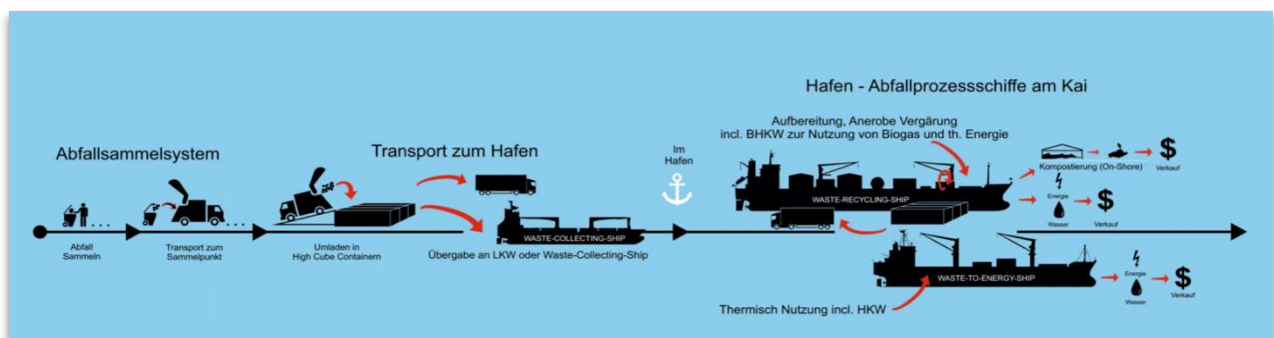
The Lindenau Waste-Recycling-Ship-System

Das Lindenau WRS-System

Das in Deutschland entwickelte Know-how der Abfall-Kreislaufwirtschaft, das Abfall als Ressource mit ökologischem und ökonomischem Wert versteht, wurde in Deutschland in vorbildlicher Weise umgesetzt. Es gilt mittlerweile weltweit als Maßstab für Umwelt- und Klimaschutz und repräsentiert einen großen und weiter wachsenden Industriesektor mit vielen qualifizierten Arbeitsplätzen. Das Lindenau WRS-System verbindet die logistische Herausforderung von Küstengebieten und Inselstaaten mit der Vorbehandlung von Abfall nach diesem Kreislaufmodell und einer anschließenden energetischen und/oder stofflichen Wiedernutzbarmachung an Bord von Schiffen. Denn nur mit Schiffen kann auf Grund ihrer Mobilität in Inselstaaten ein nationales Abfall-Managementsystem effizient realisiert werden.

Ein solches schiffsbasiertes System ist zudem individuell, flexibel und beliebig skalierbar – und stellt das energieeffizienteste und sicherste Transportsystem der Welt dar.

Aufgrund der globalen und anhaltenden Strukturkrise der Schifffahrt, gibt es zurzeit viel mehr Schiffe, als für den weltweiten Transport benötigt werden. Vor diesem Hintergrund können für das Lindenau WRS-System gebrauchte Schiffe günstig beschafft, umgebaut und ausgerüstet werden; dadurch sind wettbewerbsfähige Investitionskosten garantiert.



Von der Sammlung, über die Wiederaufbereitung bis zur nachhaltigen Deponierung: das Lindenau WRS-System

The Lindenau Waste-Recycling-Ship-System

Die Module des Lindenau WRS-Systems

Das Gesamtkonzept für die geplante Betriebsdauer von 20 Jahren des Abfall-Recycling-Schiffs-Systems setzt sich aus folgenden Bausteinen zusammen.

- (1) Abfallanalyse, Zusammensetzung und Prognose
- (2) Grund-Fließbild und Mengenströme
- (3) Projektierung der Abfall-Verfahrenstechnik
- (4) Projektierung der zu der Abfall-Verfahrenstechnik passenden Schiffe
- (5) Logistikkonzept
 - landgebundenes Sammeln von Siedlungsabfällen durch die Kommunen inkl. Aufrüstung und
 - schiffsgebundenes Sammeln von Siedlungsabfällen durch das Waste-Collecting-Ship inkl.
- (6) Wertschöpfungskette, Aufbereitung der Siedlungsabfälle auf dem Waste-Recycling-Ship inkl.
 - organische Abfälle
 - heizwertreiche Abfälle
 - Fe / NFe & Glas
- (7) Vergärung und Nutzung der organischen Abfälle auf dem Waste-Recycling-Ship
- (8) Kompostierung der organischen Abfälle auf dem Land
- (9) Thermische Behandlung und Nutzung der heizwertreichen Fraktion auf dem Waste-to-Energy-Ship
- (10) Nutzung der recycelbaren Stoffe
- (11) Nutzung der erzeugten Energie
- (12) Nutzung der Prozesswärme durch Erzeugung von Trink- und Brauchwasser aus Meerwasser
- (13) Nutzung der erzeugten Bodenverbesserungsstoffe (Kompost) für die Entwicklung einer lokalen Landwirtschaft (Obst und Gemüse)

The Lindenau Waste-Recycling-Ship-System

Öffentlich Private Partnerschaft des Lindenau WRS-Systems

Für einen langjährig erfolgreichen Betrieb wurde ein nationales, lokal optimiertes, technisches und logistisches System entwickelt und projektiert. In Zusammenarbeit mit der KfW-Entwicklungsbank wurde ein Private Public Partnership Betreiberkonzept (PPP) konzipiert, das die Grundlage für eine Finanzierung darstellt sowie die Basis und die Rahmenbedingungen für langfristige Verträge zwischen den öffentlichen und dem privaten Projektpartner.

Im Ergebnis ist ein schiffsbasiertes innovatives umwelt- und klimarelevantes Abfall-Management-System entstanden. Die Kapital- und die Betriebskosten des Gesamtsystems sind in einem entsprechenden Finanzplan dargestellt, der gleichzeitig aufzeigt, welche Erträge durch die an Bord der Schiffe produzierte elektrische Energie, das Trinkwasser und den Kompost (Bodenverbesserungsstoff) jährlich erwirtschaftet werden.

Das Betreiberkonzept

Für den Gesamtbetrieb des Lindenau WRS-Systems als schiffsbasiertes Abfall-Management System ist eine Vollreederei der ideale Netzwerk-Partner.

Sie ist zuständig für die Beschaffung und den Umbau der gebrauchten Schiffe, für die Besetzung des geeigneten Schiffspersonals und des abfalltechnischen Personals in Kooperation mit einem deutschen Abfallwirtschaftspartner. Auch regelt sie gemeinsam mit dem Abfallwirtschaftspartner die PPP Verträge mit dem betroffenen Staat in Zusammenarbeit mit einer finanzierenden Bank und einem potenziellen Investor.

Auf Basis der PPP Verträge wird dann ein zwanzigjähriger Betreibervertrag abgeschlossen, der das beschriebene logistische, technische System absichert und gleichzeitig die generierten Einnahmen durch den Verkauf von Strom, Trinkwasser, Brauchwasser und Kompost langfristig vertraglich vereinbart. Möglicherweise werden für die Finanzierung auch Staatsgarantien o. ä. erforderlich. Dies wird dann Gegenstand der Verhandlung im Einvernehmen mit der das Projekt finanzierenden Bank sein.

Die Vorteile und Alleinstellungsmerkmale des WRS-System sind:

- Mobiles Investitionsgut und attraktive Finanzierung für Investoren
- Substanzwert bleibt erhalten
- Neues Marktsegment für Deutsche Reeder und Werften durch Umbau vorhandener Schiffstonnage
- Fertigungsrisiken werden durch schlüsselfertige Ausrüstung und Erprobung in Europa minimiert
- Risikominimierung, durch zuverlässigen und nachhaltigen Betrieb, durch PPP-Partner in Verbindung mit (deutschen) professionellem Betreiber
- Bewährte Anlagentechnologie und hohe deutsche Wertschöpfungskette
- Lokal unabhängig und verlegbar, durch bordeigene Infrastruktur (Energieversorgung, Maintenance,
- 24-Stunden Betrieb für 365 Tage im Jahr
- Verfügbar für alle Inselstaaten und Städte, an Flüssen und Küsten, individuell, flexibel und skalierbar
- Nur mit dem Schiff ist ein nationales Abfall-Management auf Inselstaaten realisierbar

The Lindenu Waste-Recycling-Ship-System

Vollkostenrechnung für Abfall-Management im weltweiten Vergleich⁶ zum Lindenu WRS-System

Unsere Studie zeigt auf, dass im Vergleich zu Deutschland ein nationales Abfall-Managementsystem für die Kapverdischen Inseln auf Vollkosten-Basis mit dem WRS-System in der Anlaufphase insgesamt 200 €/t (213,2 \$/t) pro Jahr kostet (Basis: 2020 bei 137.400 t Abfall). Dieser Wert reduziert sich bei voll ausgelastetem Betrieb und 156.000 t Abfall im Jahr 2037 auf 176 €/t (187,6 \$/t).

Damit liegen die Kosten eines schiffsbasierten, integrierten, nationalen Abfall-Management-System selbst für eine logistisch sehr aufwändige Inselnation und bei gleicher moderner Technologie unter denen in Deutschland. Hier zeigt sich die auch ökonomische Leistungsfähigkeit dieses schiffsbasierten Abfall-Management-System.

Die nachfolgende Tabelle aus der Weltbank-Studie "What a Waste" von 2012 gibt einen Überblick über die Kosten vom Sammeln des Siedlungsabfalls über die Behandlung bis hin zur nachhaltigen Deponierung – aufgeteilt nach Einkommen der verschiedenen Länder – und im Vergleich zum Lindenu WRS-System.

Die Weltbank-Studie belegt die Wettbewerbsfähigkeit des Lindenu WRS-Systems

Gemeinsam mit seinen Entwicklungspartnern und von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt DBU gefördert, hat Lindenu ME&P zwei Kosten- und Wirtschaftlichkeitsstudien für sein schiffsbasiertes, integriertes WRS-System durchgeführt um dessen Wettbewerbsfähigkeit gegenüber den bisherigen Anlagen an Land zu ermitteln.

Zu landbasierten Anlagen hat die Weltbank 2012 die Studie „What a Waste“ erarbeitet, die für die gesamte Kreislaufkette der Abfallwirtschaft – vom Sammeln des Siedlungsabfalls über die Behandlung bis hin zur nachhaltigen Deponierung – die spezifischen Kosten in Bezug auf die unterschiedlichen Einkommen der betroffenen Staaten untersucht. Das Ergebnis der Studie ist in nachfolgender Tabelle dargestellt.

In der rechten Spalte ist im Vergleich dazu auf Basis der Vollkostenrechnung aus dem Jahr 2017 das Lindenu WRS-System dargestellt.

Cost of waste collection and disposal by income vs WRS-System					
(USD* per ton)	Low-income countries	Lower-middle income countries	Upper-middle income countries	High-income countries	WRS-System of 137.400 t/a C.V.
Collection	20 - 50	30 - 75	40 - 90	85 - 250	47,2
Sanitary Landfill *incl. transport from port to landfill	10 - 30	15 - 40	25 - 65	40 - 100	7,4*
Open Dumping	2 - 8	3 - 10	na	na	na
Composting	5 - 30	10 - 40	20 - 75	35 - 90	10,0
Waste-to-Energy Incineration	na	40 - 100	60 - 150	70 - 200	57,5
Anaerobic Digestion *incl. sorting process	na	20 - 80	50 - 100	65 - 150	75,2*
Others (transport, waterproduction, export bond, training, insurance)	na	na	na	na	15,9
TOTAL (average)	13	231,5	347,5	542,5	213,2

*USD = 0,9397 €, 1 € = 1,0641 USD (12.2.2017) Source of left part of table World Bank Study „What a Waste“, 2012

In derselben Studie⁶ geht man davon aus, dass sich die globalen Abfall-Management-Kosten von 2010 bis 2025 von 205 Mrd. \$ auf 375 Mrd. \$ erhöhen werden (+ 83 %).

⁶ Studie der Weltbank „What a Waste“, 2012

The Lindenau Waste-Recycling-Ship-System

Das Lindenau WRS-System im Einsatz: Pilot Projekt am Beispiel der Kapverdischen Inseln

Die Kapverdischen Inseln sind eine Inselgruppe im Atlantischen Ozean, 400 km westlich von Senegal/Afrika, bestehend aus 14 Inseln, von denen 9 bewohnt sind. Ca. 60 % der 540.000 Einwohner leben auf der Insel Santiago. Lebensmittel werden nur begrenzt produziert, 90 % aller Waren werden importiert. Trinkwasser und elektrische Energie sind teuer. Die Arbeitslosigkeit liegt bei über 27 % und das Durchschnittsalter der Bevölkerung beträgt 21 Jahre. 50 % der arbeitsfähigen Bewohner leben im Ausland und unterstützen von dort das Land finanziell. Die Herausforderungen an die Logistik einer nachhaltigen Abfall-Management-Lösung lassen sich auch für den Inselstaat Kapverden am besten mit Schiffen bewältigen. Und die Kapverdischen Inseln haben bereits einige Voraussetzungen für ein nachhaltiges Abfall-Management geschaffen:

- der Abfall wird in allen Kommunen gesammelt
- auf der größten Insel wurde eine moderne Abfalldeponie errichtet
- und eine moderne Hafeninfrastruktur ist auf allen Inseln vorhanden

Am Beispiel der Kapverden und auf Basis einer Abfallanalyse wurde von Lindenau ME&P im Detail ein nationales Abfall-Management-System entwickelt und projektiert, bei dem die gesamte Abfallprozess- und Verfahrenstechnik an Bord von zwei umzubauenden Schiffen untergebracht wird. Diese sind dauerhaft im Hafen der Hauptstadt Praia auf der Insel Santiago stationiert.

Ein drittes, wöchentlich umlaufendes Sammelschiff, das auch als Versorgungsschiff eingesetzt werden kann, holt den Abfall von den übrigen acht bewohnten Inseln und transportiert ihn in an Bord gestauten Abrollcontainern zu den Prozessschiffen.

Abfall ist eine wertvolle Ressource: Aus 156.000 t/a Siedlungsabfall generiert das WRS-System:

- | | | |
|----|-------------|-----------------------|
| 1) | 54.000 MWh | Elektrische Energie/a |
| 2) | 73.000 cbm | Trinkwasser/a |
| 3) | 292.000 cbm | Brauchwasser/a |
| 4) | 40.000 t | Kompost/a |
| 5) | 4.600 t | Metall/a |

Signifikante Verbesserung des Klimas, des Umweltschutzes und der Energie-Bilanz der Kapverden

- Jährliche Reduzierung der Klimagase (Greenhouse gases) um 70 %
- Jährliche Reduzierung der auf Deponien zu lagernden Abfallmassen (Reduzierung von 140,000 t/a auf 45,000 t/a)
- Beendigung wilde Deponien, des offenen Verbrennens und damit der Versauerung des Bodens und Vergiftung der Umwelt
- Jährliche Reduzierung der Primärenergie des Landes um 104 GWh/a, dieses bedeutet eine Einsparung pro Einwohner von ca. 191 kWh/a, welches einer Einsparung von 18.4 l Diesel/a/Einwohner entspricht

Das WRS-System schafft neue, qualifizierte und zertifizierte Arbeitsplätze

Im Zusammenhang mit dem Betreiberkonzept werden im Laufe des 20-jährigen Betriebs mehr als 300 neue zertifizierte Arbeitsplätze geschaffen.

The Lindenau Waste-Recycling-Ship-System

Gutachterliche Stellungnahme durch Professor K. Scheffold, TH Bingen

“Dem Qualitätsrisiko des Abfalls begegnet die vorgelegte Lösung zur schiffsbasierten Entsorgung und Verwertung mit einer Kombination aus mechanisch-biologischer-thermischer Behandlung in Verbindung mit einer vorhandenen modernen und geschlossenen Deponie auf der Hauptinsel. Grundsätzlich ist diese Kombination technisch ideal. Die vorliegenden Unterlagen der Studie sind ausreichend detailliert und nachvollziehbar. Das Konzept ist in sich schlüssig. Der ökologische Nutzen lässt sich aufzeigen. Die Reduktion des Flächenverbrauchs auf der neuen Deponie ist ein weiterer Indikator für die Sinnhaftigkeit. Daher wird vom Gutachter eine schiffsbasierte Entsorgungslösung als technisch machbar, ökologisch vertretbar und im Sinne der Nachhaltigkeit in Verbindung mit dem Tourismus als sinnvoll beurteilt“.



Das Lindenau WRS-System: das erste nachhaltige schiffsbasierte Abfall-Management-System.
Einsatz am Beispiel der Kapverden

The Lindenau Waste-Recycling-Ship-System

*Das schiffsbasierte, integrierte Abfall-Management-System
für Inselstaaten und Städte an Flüssen und Meeren*

