

---

# Digitalisierung in der Kreislaufwirtschaft

**Prof. Dr.-Ing. Ralf Holzhauer**  
Westfälische Hochschule

SMART ENERGY 2018

# Gliederung

---

- Ausgangssituation
- Ansatzpunkte
- Empirische Erhebung
- Potentiale

---

Ausgangssituation

# RAHMENBEDINGUNGEN

# Machtverteilung – bürgernaher Abfall



# Stagnation in der Kreislaufwirtschaft

## Gründe:

- Marktwirtschaftliche Konzentrationsprozesse bei den privaten Recyclingunternehmen
- Berührungspunkte zwischen privaten und kommunalen Marktteilnehmern
- Wertschöpfungskettenübergreifende, recyclingintegrierte Produktion wird nicht gelebt
- Kein Informations- und Datenaustausch zwischen den Marktbeteiligten, insbesondere zwischen der Industrie/Produktion und den Entsorgungs-/Recyclingunternehmen

# Fehlender Datenaustausch

Ergebnis:

- Die etablierten Unternehmen der Kreislaufwirtschaft bleiben derzeit weit hinter ihren Möglichkeiten der stofflichen Verwertung zurück.
- Zur Schaffung der notwendigen Schnittstellen zwischen den produzierenden Unternehmen und der Recyclingwirtschaft gibt es keine Gesprächslinien.
- Zwischen der Kreislaufwirtschaft und der Produktion fehlen die gemeinsamen Wertschöpfungsmodelle.

---

# ANSATZPUNKTE

# Nutzung des Digitalen Produktzwillings in der Kreislaufwirtschaft

Rat für Nachhaltige Entwicklung (RNE)

Industrie 4.0 und Nachhaltigkeit:  
Chancen und Risiken für die Nachhaltige Entwicklung

## Berlin, 30.12.2016

Auf Basis dieser Abwägung lassen sich konkrete Handlungsoptionen für das wichtige Themenfeld „Circular Economy“ entwickeln:

- Das **allgemeine Verständnis für Recycling** und Kreislaufwirtschaft muss als integraler Bestandteil einer digitalisierten Gesellschaft gestärkt werden. Nicht nur in Deutschland und Europa, sondern international. Gemeinsame zwischenstaatliche Initiativen sollten dazu gestartet werden.
- Es muss ein neues **regulatorisches Umfeld für Circular Economy** geschaffen werden (Systemfrage!), mit anderen Anreizmechanismen bei der Inverkehrbringung und funktionierenden Sanktionsmechanismen, wie zum Beispiel einer Recycling-Maut.
- Mit zunehmender Industrialisierung der Bauindustrie und Einzug von Industrie 4.0 Technologien sollten Fragen der **Recyclingfähigkeit von Anfang an** mit in die Planung einfließen. Diese Langfristpolitik ist ein besonders nachhaltiger Aspekt, da im Bauwesen weiterhin die größten Potenziale verschwendet werden.
- Über ein **gemeinsames Datenmodell** für Recycling (vergleichbar zur Referenzarchitektur) wird Transparenz geschaffen, was den Verbraucher in die Lage versetzt, über den Konsum besonders recyclingfähiger Produkte zu entscheiden. Besonders wichtig ist hierbei die Frage nach der „Sicherung“ des gemeinsamen Datenmodells, hier spielen Open Source, Open Data und Open Innovation eine entscheidende Rolle.
- Circular Economy muss bei künftiger **Standardisierung** von Anfang an mitgedacht werden. Dazu zählt auch die Frage nach angestrebten Innovationszyklen. Zur Vermeidung sog. „Pseudo-Innovationen“ sollte bei neuen Produkten immer der Mehr-Nutzen ausgewiesen sein.

# Digitalisierung als Treiber der Kreislaufwirtschaft

## Lösungsansätze für

- Konsensuale Geschäftsmodelle zwischen Produktion und privater/kommunaler Abfallwirtschaft/Recyclingwirtschaft
- Übertragung des für das Recycling notwendige Produkt Know-how von den Produzenten auf die Recyclingwirtschaft mittels digitalem Produktzwilling
- Verminderung der Importabhängigkeit der Produktionsprozesse bezüglich Einsatzmaterialien mit hoher Kritikalität
- Hebung des stofflichen Ressourcen-, des Energie- und CO<sub>2</sub>-Potentials zwischen Neuproduktion und Aufarbeitung von Bauteilen oder Einsatzstoffen

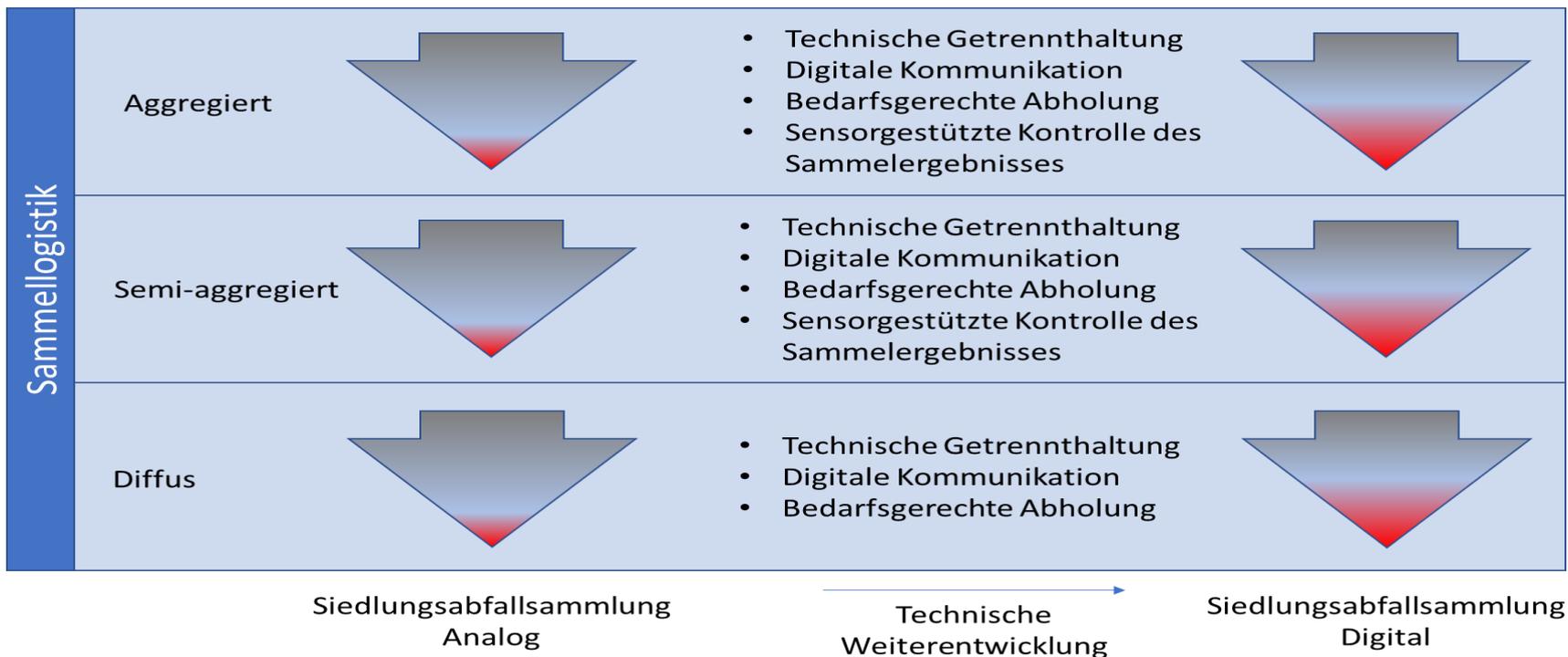
Projekt Find it – Use it

# EMPIRISCHE ERHEBUNG

**BEST**  
Bottroper Entsorgung und Stadtreinigung  
Anstalt des öffentlichen Rechts

**2014** EFRE.NRW  
Investitionen in Wachstum  
und Beschäftigung

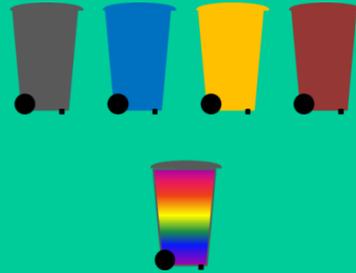
# Technische Weiterentwicklung von Strukturelementen der Siedlungsabfallsammlung



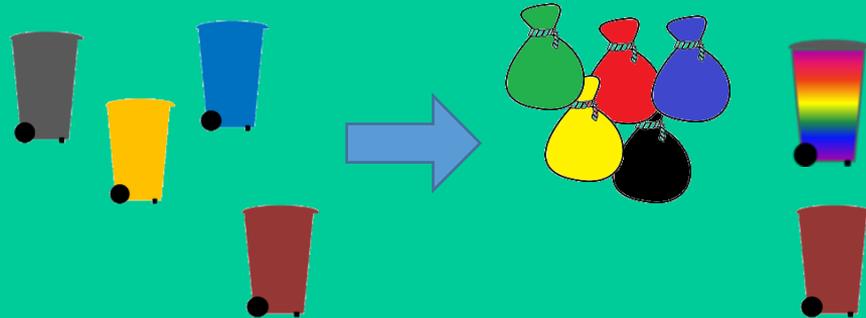
Quelle: Althoff, T.; Holzhauser, R. (2018): Digitale Bürgerintegration in die Sammel- und Verwertungsprozesse der Abfallwirtschaft, Vortrag, Recy & DepoTech 2018, Leoben, Österreich, 08.11.2018

# Ziele der Erhebung

Von vier halbvollen Tonnen  
zu einer vollen Tonne



Von schlecht sortierten Tonnen  
zu gut sortierten Säcken



---

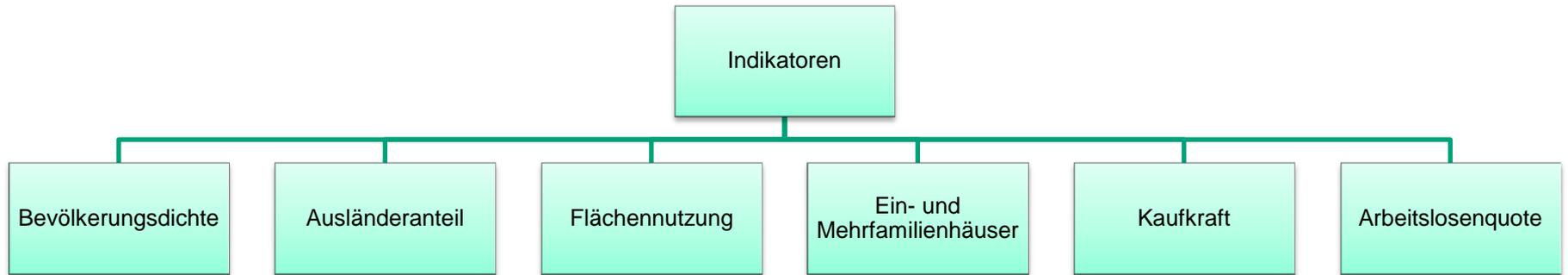
Empirische Erhebung

# VERSUCHSGEBIETE

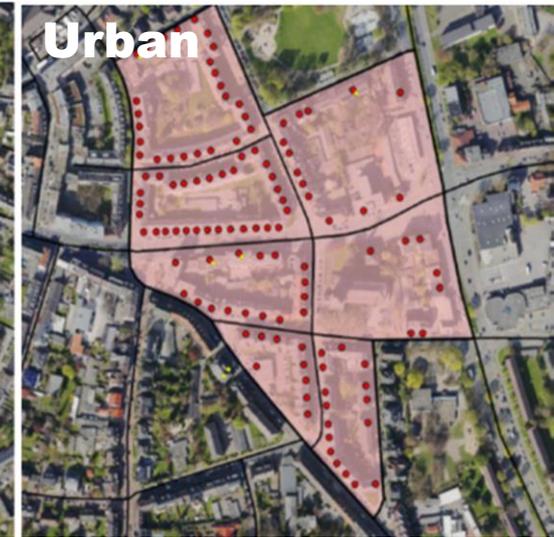
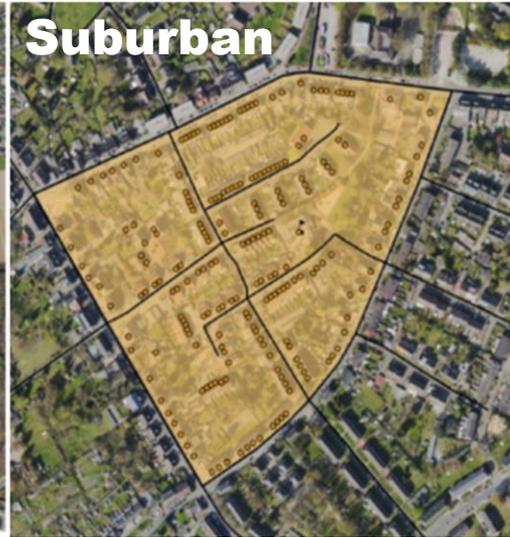
# Auswahl von Raumstruktur-Indikatoren

## Anforderungen

1. Öffentlich zugängliche Datenquellen auf der Ebene der statistischen Bezirke
  - Statistisches Jahrbuch 2014
  - IT.NRW
2. Einflussfaktoren/Unterschiede von Raumkategorien



# Versuchsgebiete

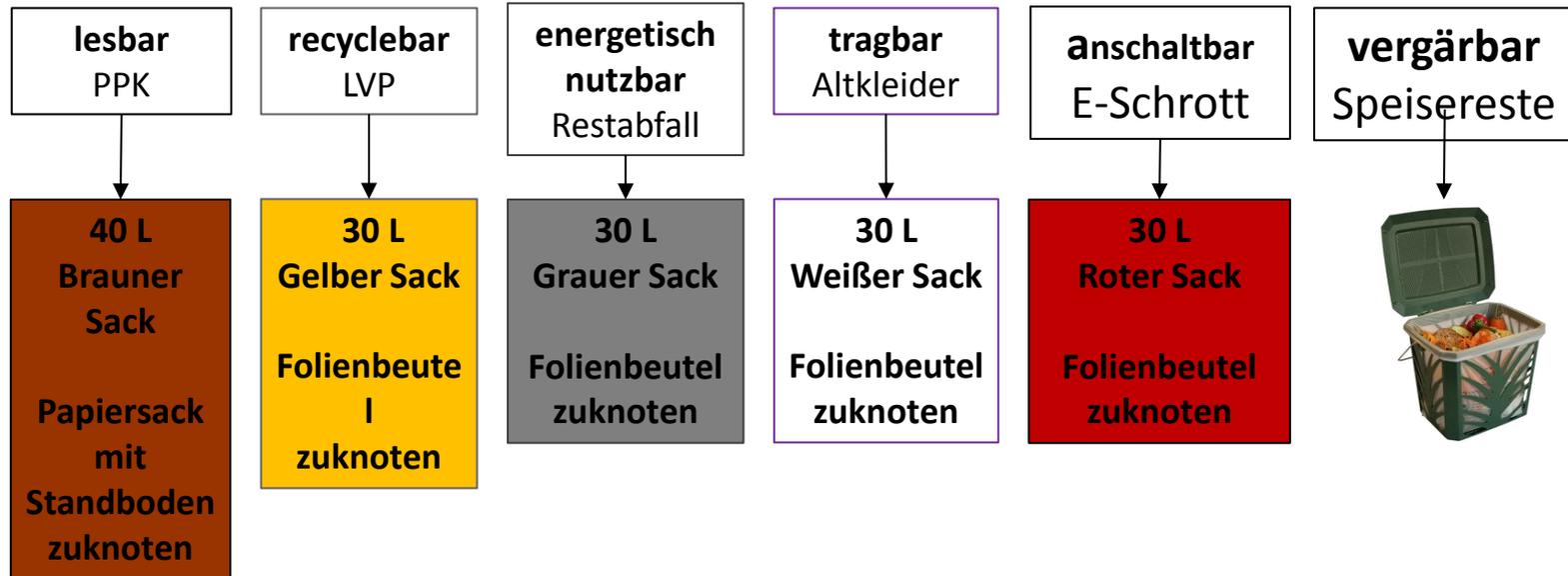


Versuchsgebiet	Statistischer Bezirk	Anzahl der Haushalte	Gebietsstruktur
Urban	Altstadt und Nord-Ost	907	2/3/4
Suburban	Batenbrock-Nord	322	3/4/5
Ländlich	Kirchhellen Nord-Ost	321	4/5/6

---

**Empirische Erhebung**  
**TECHNISCHE ÄNDERUNGEN**

# Erfasste Fraktionen



# Infos für die Bürger

## ES IST SOWEIT

### Find it - Use it

FORSCHUNGSPROJEKT  
STARTIERT VON APRIL BIS JUNI 2018

#### WIR BRAUCHEN IHRE MITHLIFE

Das europäische Projekt „Find it—Use it“ erforscht zukünftige abfallwirtschaftliche Sammelstrategien zur Steigerung der Sortierqualität und Erfassungsmenge der Abfälle durch ein Sack-im-Behälter-System.

Auch die bedarfsgerechte Abholung von befüllten Müllgroßbehältern unter Zuhilfenahme von modernen Kommunikationsmitteln soll getestet werden.

Die BEST AöR steht dabei der Westfälischen Hochschule als Projektpartner zur Verfügung, um verschiedene Siedlungsstrukturen zu betrachten.

In drei Bortopfer Versuchsgebieten, in denen sich auch Ihr Haushalt/Eigenumtum befindet, wird dabei von April bis Juni 2018 für drei Monate eine neue Idee der Abfallsammlung getestet.



So werden in den Gebieten Bortopfer-Kirchhellen Ergebnisse für den ländlichen Raum und bspw. in Bortopfer-Bartenbrock Ergebnisse für suburbane, industriell geprägte Gebiete erwartet.

Alle Erprobungsgebiete können getrennt betrachtet werden und lassen so Rückschlüsse zu, die sich auf die gesamte Region Emscher-Lippe, Nordrhein-Westfalen und darüber hinaus übertragen lassen.

**Wir danken schon  
Jetzt für Ihre Mithilfe!**

Ihre Westfälische Hochschule und Ihre BEST AöR



## SACK-IM-BEHÄLTER-SYSTEM PILOTPHASE IM VERSUCHSGEBIET

Wir testen bei Ihnen das sogenannte Sack-im-Behälter-Sammelstystem. Die Abfalltrennung im Haushalt soll in unterschiedlich farbigen Säcken erfolgen. Sie erhalten für jede Abfallfraktion eine eigene Sackfarbe mit dem Starterpaket (Verteilung zweite März-Hälfte).

Wir sammeln die vier Hauptabfallsortentypen, Papp, Pappe und Kartonagen, Leichtverpackungen, Rest- und Bioabfall sowie Altkleider und Elektrokleingeräte. Im Anschluss werden Sie alle Säcke in eine Abfalltonne – die BEST AöR hält die Tonne bei Ihnen auf Anforderung ab.

Nach Sortierung können so Studenten wertvolle Erkenntnisse für die Zukunft der Abfallwirtschaft in Nordrhein-Westfalen sammeln.

ABFALLBORTE	SACKFARBE	LITER	WAS GEHÖRT HINEIN? ✓	DAS NICHT!!!! ✗
Papier, Pappe, Kartonagen (PPK)	Braun	40 L	Verpackungen mit dem Grünen Punkt aus Papier/Papp, z.B. Corffächer oder Waschmittelkartons, Zeitungen, Zeitschriften, Prospekte, Kataloge, Papp, Kartonagen, Papierverpackungen, Briefe, Briefumschläge, Schulhefte, EDV Papier, Kopierpapier, Schreibpapier, Notizzettel	Schadstoffe, Metalle, Kunststoffteile, Verpackungen aus Verbundstoffen (Tetra Pak), Bioabfälle, Altkleider, Fegegeräte, Staubsaugerbeutel, Tapeten, Papiertaschentücher, Altendresler, Flachglas, Pfandflaschen, Leuchtstoffröhren, Keramik, Porzellan, Steingut
Leichtverpackung (LVP)	Gelb	30 L	Metallverpackungen, Dosen, Verschlüsse, Deckel, Aluschalen, Aufwäler, Verbundverpackungen, Getränkekartons, Milchtonnen (Tetra Pak), Kunststoffverpackungen, Spül- und Reinigungsbehälter, Joghurt- und Sahnebecher, Margarinebecher, Verpackungsstyropor, leere Farbimer	Bauabfälle, Baustyropot, Glas, Papier, Tapeten, Staubsaugerbeutel
Restmüll	Grau	30 L	Staubsaugerbeutel, Fegegeräte, Hygieneartikel (Watte, Windeln, Binden), Putzapparat, Schwämme und Fensterleder, Altanordner, Zigarettenkippen, Energiefeuerzeuge, Katzenstreu, Vogelfeud, Tapetenreste, Kerzenreste, Gummi, Fahrradschläuche	Organische Abfälle, Verpackungen aus Metall, Schadstoffe, Energiesparlampen, Flaschen, Papier, Pappe
Bioabfall Speisereste	Grün	15 L	Küchenabfälle, Obst, Gemüse, Salattreste, Schalen von Zitrusfrüchten und Bananen, Kaffeefilter, Kaffeesatz, Teebeutel, Teelätter, Einschalen, Brotreste	Erdaushut, Fleisch, Knochen, Schadstoffe, Glas, Dosen, Plastiktonnen, Blumentöpfe, Windeln, Stenre, Zigarettenkippen, Flüssigkeiten, Kleintierstreu
Altkleider	Weiß	30 L	Altkleider, Schuhe, Bettwäsche, Tischwäsche, Stoffdecken, Wolldecken, Handtücher, Stofftiere, Gardinen, Teppiche, Stoffreste	beruhte Stofflappen
E-Schrott	Rot	40 L	Akkus, Computerteile, Haushaltskleingeräte	Verpackungen, Kunststoffteile, Handys, Smartphones, Festplatten, weitere Elektrokleingeräte

**WICHTIG** Damit sich der Abfall im Sammelbehälter nicht wieder vermisch, müssen die Kunststoffe mit einem Doppelpolknopf gut verschlossen werden. Der Papiersack enthält einen integrierten Bindfaden, mit dem der Sack gut zugebunden werden kann.

#### BEHÄLTER FÜR DEN SAMMELTEST

Zur Sammlung der Abfälle wird die vorhandene Behälter-Infrastruktur auf Ihrem Grundstück genutzt. Wir markieren die Sammelbehälter Sie für den Test mit unterschiedlichen Aufklebern Ende März.

Im Versuchsgebiet werden zusätzlich ein „Sack-im-Behälter“-Behälter und ein „Grünabfall“-Behälter gekennzeichnet. Behälter, die für den Versuch nicht genutzt werden, erhalten einen „Sperr-Aufkleber“.



**E-Schrott-Säcke** in denen Lithium-Ionen-Akkus entsorgt werden müssen mit einem entsprechenden Aufkleber markiert werden (Inhalt Starterpaket). Bitte kleben Sie den Aufkleber gut sichtbar auf den Sack.

Zur Sammlung von Elektrogeräten stellen wir Ihnen einen separaten Aufkleber zur Verfügung.

Falls Sie einen Termin zur Abholung mit der BEST AöR vereinbaren für große Elektrogeräte wie Kühlmaschine oder Waschmaschine muss auf dem Elektrogerät ein Aufkleber angebracht werden. Mehrere Aufkleber haben Sie mit dem Starterpaket erhalten. Der Aufkleber dient als Schutz gegen illegale Sammlung des Elektroschrotts. Sie können die Abholung per WhatsApp App, per App oder E-Mail beantragen.



#### ANMELDUNG ZUM PILOTVERSUCH

Ein wichtiger Teil des Projektes ist der dreimonatige Pilotphase ist die Nutzung von modernen Kommunikationsmitteln. Im Vordergrund des Versuchs steht dabei vor allem die bedarfsgerechte Abholung von befüllten Müllgroßbehältern.

Melden Sie sich einfach, wenn die Tonne voll ist. Wir holen diese dann am nächsten spätestens übernächsten Tag ab.

Melden Sie sich digital an, um aktiv das Projekt zu unterstützen, denn nur mit Ihrer Anmeldung können wir die Nutzensauswirkung der digitalen Medien auswerten.

Rufen Sie auch alle anderen Dienstleistungen über die drei Kommunikationsmöglichkeiten ab wie bspw. Bestellung neuer Abfallsäcke, Abholung von E-Schrott.

Wie Sie sich anmelden, erfahren Sie auf der Rückseite des Faltschatts.

**RÜCKFRAGEN ZUM VERSUCH?**  
ANRUFGENÜGT.02041 – 796921

**HELFE SIE AKTIV BEI FIND IT – USE IT!**  
Sie finden drei Möglichkeiten zur Teilnahme am Pilotprojekt in der Übersicht.

Alle Kontaktdaten auf der Rückseite

# Infos für Diggi



Social Media

Trash Button  
E-Mail



automatische  
Füllstandserfassung

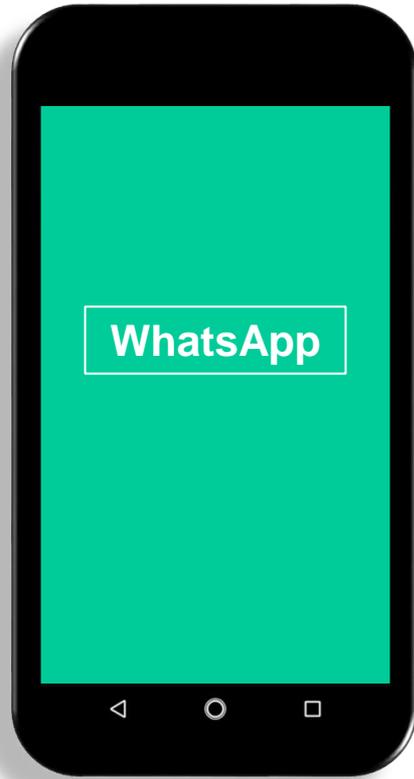
App

Diggi



die Tonne ist voll !

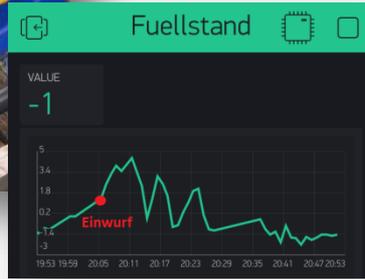
# WhatsApp



# Android - App



# Automatische Infos für Diggi



automatische  
Füllstandserfassung

Diggi



die Tonne ist voll !

# Was organisiert Diggi



Okay !

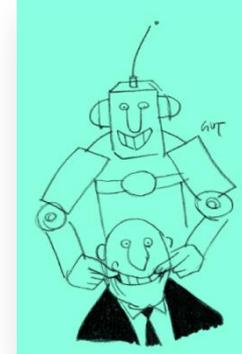
Tonne wird am nächsten Tag geleert

---

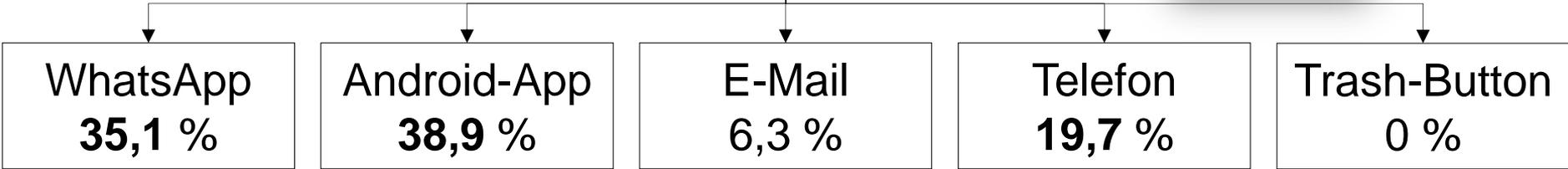
Empirische Erhebung

# KOMMUNIKATION BÜRGER

# Kommunikation Bürger



Verteilung der  
angemeldeten  
Nutzer



angeschlossene Adressen: 156  
angemeldete Nutzer: 208

# Kommunikation mit dem Bürger

## BEFEHLE WhatsApp



**Find it - Use it**

FORSCHUNGSPROJEKT  
APRIL BIS JUNI 2018

**Befehle einsehen:** Sie erhalten eine Auflistung der Befehle mit einer Kurzbeschreibung der Funktion.

**Neue Säcke bestellen:** Sie können neue Säcke für die Abfalltrennung bestellen. Nach Versand der Nachricht erhalten Sie innerhalb von 2-3 Tagen neue Säcke via Post.

**Entleerung des Sack-Müllgroßbehälters:** Nach der Versendung des Befehls (bis 21 Uhr) erfolgt eine Leerung des Sack-Müllgroßbehälters am folgenden Werktag. Stellen Sie den/die befüllten Sack-Müllgroßbehälter bitte an die Straße.

**Entleerung des Grünabfall-Müllgroßbehälters:** Nach der Versendung des Befehls (bis 21 Uhr) erfolgt eine Leerung des Grünabfall-Müllgroßbehälters am Folgenden Werktag. Stellen Sie den/die befüllten Grünabfall-Müllgroßbehälter bitte an die Straße.

**Entsorgung von Elektronik-Großgeräten oder Elektronik mit sensiblen Daten:** Nach der Versendung des E-Schrott-Befehls erhalten Sie eine Nachricht mit weiteren Anweisungen.

**Defekt melden:** Meldung eines Defektes am Sammelbehälter. Sie können auch ein Bild aufnehmen und ebenfalls versenden. Die BEST repariert den Defekt.

**Beratung durch einen Mitarbeiter bei einem Problem:** Nach der Versendung des Beratung-Befehls erhalten Sie eine Nachricht mit weiteren Anweisungen.

---

Empirische Erhebung

# **SORTIERANALYSE**

# Impressionen Sacksammlung



# Erfassungsmengen

Fraktion	Urban		Suburban		Ländlich	
	Standard 2017 [kg/E*a]	SiB 2018 [kg/E*a]	Standard 2017 [kg/E*a]	SiB 2018 [kg/E*a]	Standard 2017 [kg/E*a]	SiB 2018 [kg/E*a]
Restabfall	97,32	122,92	114,38	106,81	212,94	231,01
Bioabfall	20,03	16,97	198,42	201,20	152,13	554,52
LVP	20,30	3,98	20,66	13,22	19,71	26,99
PPK	25,36	10,70	49,76	42,30	50,40	43,77
Speiserest		4,6		10,59		23,53

Quelle: Hoffhoff, T.; Holzhauser, R. (2018): Digitale Bürgerintegration in die Sammel- und Verwertungsprozesse der Abfallwirtschaft, Vortrag, Recy & DepoTech 2018, Leoben, Österreich, 08.11.2018

# Was ist ein Fehlwurf?

ABFALL SORTE	SACK FARBE	LITER	WAS GEHÖRT HINEIN? 	DAS NICHT!!! 
Papier, Pappe, Kartonagen (PPK)	Braun	40 L	Verpackungen mit dem Grünen Punkt aus Papier/Pappe, z.B. Cornflakes- oder Waschmittelkartons, Zeitungen, Zeitschriften, Prospekte, Kataloge, Pappe, Kartonagen, Papierverpackungen Briefe, Briefumschläge, Schulhefte, EDV Papier, Kopierpapier, Schreibpapier, Notizblöcke	Schadstoffe, Metalle, Kunststoffe, Verpackungen aus Verbundstoffen (Tetra Pak), Bioabfälle, Altkleider, Fegereste, Staubsaugerbeutel, Tapeten, Papiertaschentücher, Aktenordner, Flachglas, Pfandflaschen, Leuchtstoffröhren Keramik, Porzellan, Steingut
Leichtverpackung (LVP)	Gelb	30 L	Metallverpackungen, Dosen, Verschlüsse, Deckel, Aluschalen, Alufolien, Verbundverpackungen, Getränkekartons, Kunststoffverpackungen, Spül- und Reinigungsbehälter, Joghurtbecher, Verpackungsstyropor, leere Farbeimer	Bauabfälle, Baustyropor, Glas, Papier, Tapeten, Staubsaugerbeutel
Restmüll	Grau	30 L	Staubsaugerbeutel, Fegereste, Hygieneartikel (Watte, Windeln, Binden), Putzlappen, Schwämme und Fensterleder, Aktenordner Zigarettenkippen, Katzenstreu, Vogelsand, Tapetenreste, Kerzenreste, Gummi, Fahrradschläuche	Organische Abfälle, Verpackungen aus Metall Schadstoffe, Energiesparlampen, Flaschen, Papier, Pappe
Bioabfall Speisereste	Grün	15 L	Küchenabfälle, Obst, Gemüse, Salatreste, Schalen von Zitrusfrüchten und Bananen, Kaffeefilter, Kaffeesatz, Teebeutel, Teeblätter, Eierschalen, Brotreste	Erdaushub, Fleisch, Knochen, Schadstoffe, Glas, Dosen, Plastiktüten, Blumentöpfe, Windeln, Steine, Zigarettenkippen, Flüssigkeiten, Kleintierstreu

# Impressionen LVP

Mai 2017



Juni 2018



# Fraktionen Sortenreinheit

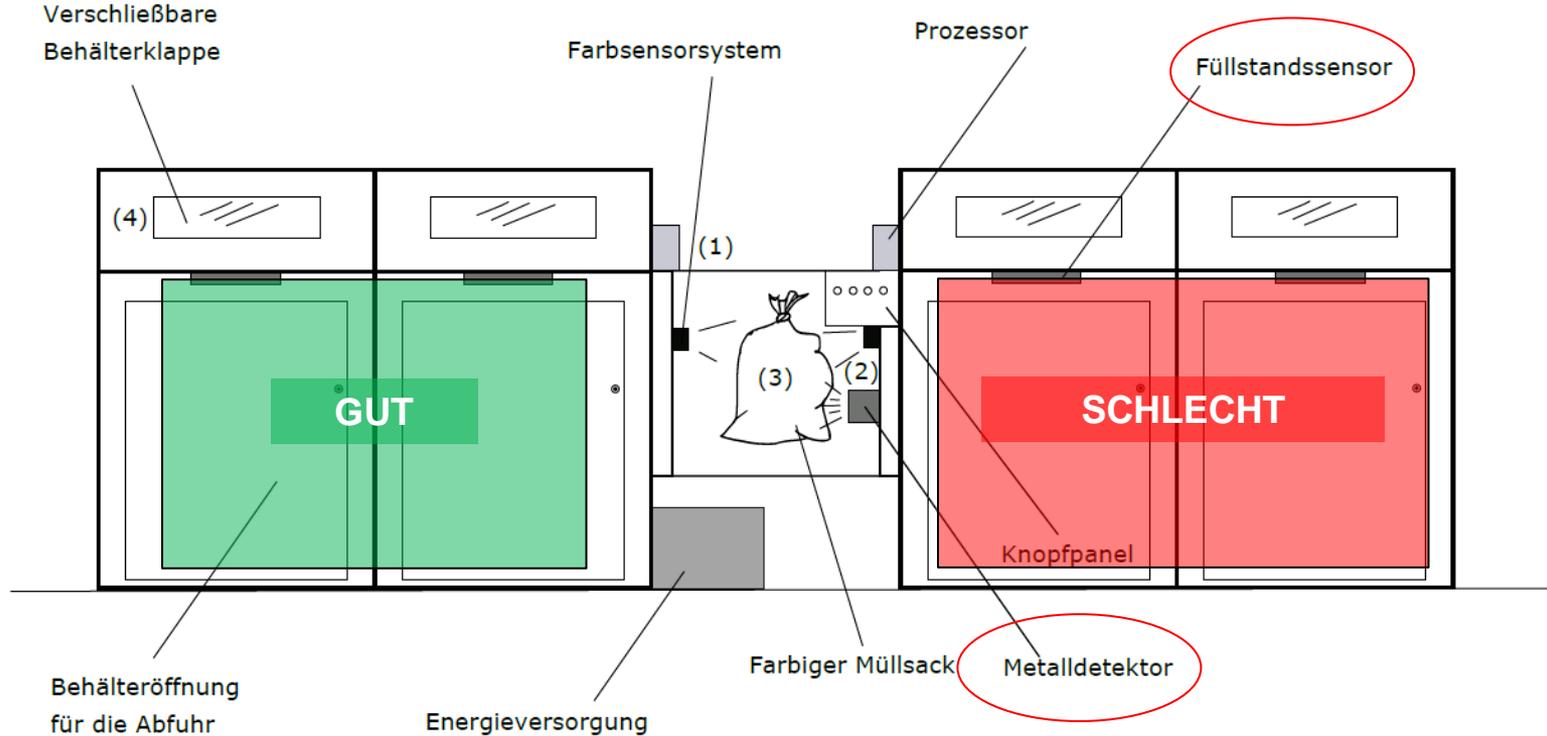
Fraktion	Urban		Suburban		Ländlich	
	Standard 2017 [Ma.-%]	SiB 2018 [Ma.-%]	Standard 2017 [Ma.-%]	SiB 2018 [Ma.-%]	Standard 2017 [Ma.-%]	SiB 2018 [Ma.-%]
Restabfall	24,3	46,3	34,2	41,0	24,5	51,2
Bioabfall	87,7	98,6	99,6	99,7	99,9	99,7
LVP	52,9	61,5	70,0	73,8	68,0	75,1
PPK	98,6	90,4	98,5	87,6	98,9	97,6
Speiserest		100,0		100,0		99,3

---

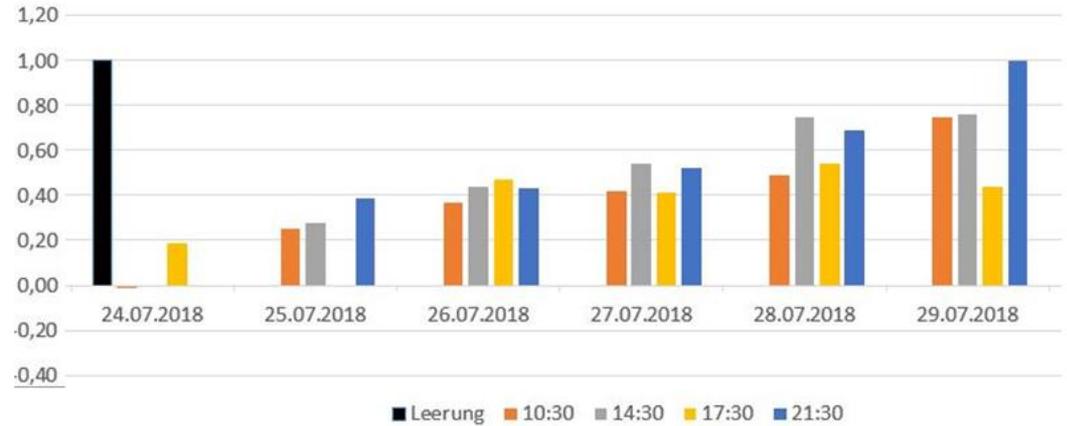
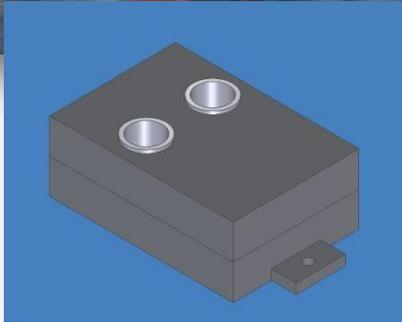
Empirische Erhebung

# SENSORUNTERSTÜTZUNG

# Sensorgestützte Optimierung des Sammelprozesses



# Sensorgestützte Füllstandmessung



# Sensorgestützte Sacksortierung – Verteilung der Säcke

Ergebnis nicht auswertbar,  
da keine Differenzierung erfolgte.

Gründe:

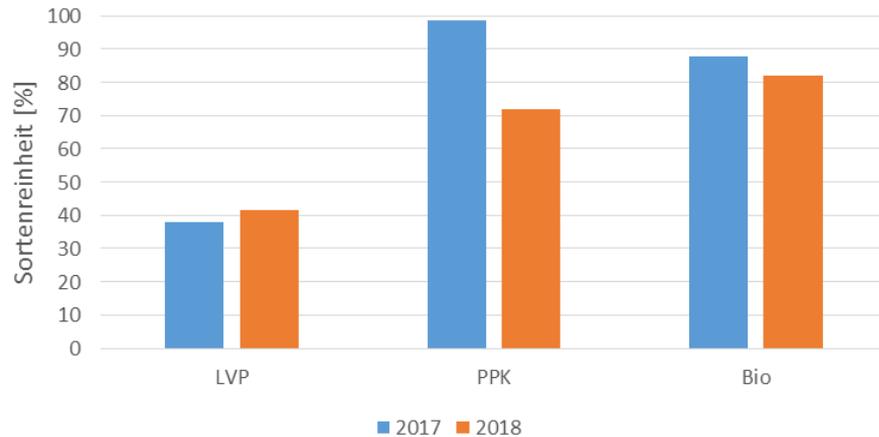
- Lichteinfluss Sensor
- Bürgerverhalten



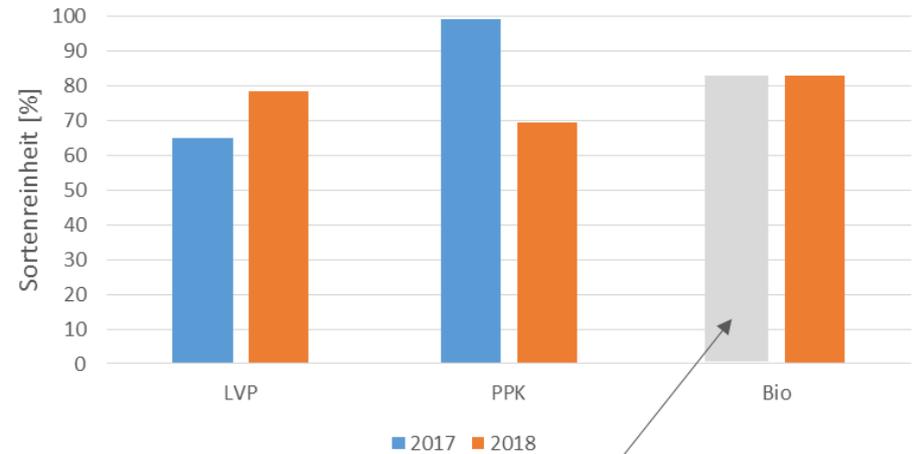
# Sensorgestützte Sacksortierung – Sortenreinheit Fraktionen



## Vergleich der Sortenreinheit - Suburban



## Vergleich der Sortenreinheit - Urban



Keine getrennte Erfassung durch Sammelsystem in 2017 erfolgt

---

Empirische Erhebung

# BEHÄLTERLEERUNGEN

# Behälter-Bereitstellungsgrad

Fraktion	Urban		Suburban		Ländlich	
	Standard 2017 [%]	SiB 2018 [%]	Standard 2017 [%]	SiB 2018 [%]	Standard 2017 [%]	SiB 2018 [%]
MGB Rest	70,7	95,0	59,9	93,0	66,9	90,0
MGB Bio / Grün	66,7	68,2	61,8	88,3	66,0	94,4

# Vergleich Füllstand

Statisch (2017)



Dynamisch (2018)



# Vergleich Behälterleerungen – „Bunte Tonne“

Basis 240 Liter Tonne

Gebiet	Statisches System [Anzahl der Leerungen in 8 Wochen]	Dynamisches System [Anzahl der Leerungen in 8 Wochen]	Einsparung [%]
Ländlich	714	317	56
Suburban	405	181	55
Urban	403	256	36

# Vergleich Behälterleerungen – „Grünabfalltonne“ Basis 240 Liter Tonne

Gebiet	Statisches System [Anzahl der Leerungen in 8 Wochen]	Dynamisches System [Anzahl der Leerungen in 8 Wochen]	Einsparung [%]
Ländlich	327	408	<b>-24</b>
Suburban	188	122	<b>35</b>
Urban	37	13	<b>65</b>

---

# POTENTIAL

# Digitalisierung unterstützt nur 3 Beispiele

- **Nutzung des digitalen Produktzwillings**
  - Erhöhung der stofflichen Verwertung
  - Planungssicherheit
- **Digitale Kommunikation mit dem Bürger**
  - Optimierung der Bürgerinformation / Auswirkung auf Sortenreinheit
  - Ersparnis bei der bedarfsgerechten Abholung
- **Bedarfsgerechte Abholung**
  - Steigerung der Bereitstellungsgrade der Behälter
  - Steigerung der Füllgrade der Behälter
  - Reduzierung der Anzahl von Behälterleerungen

# Herzlichen Dank für ihre Aufmerksamkeit

Prof. Dr.-Ing. Ralf Holzhauer  
Westfälische Hochschule  
Zentrum für Recyclingtechnik

✉ [ralf.holzhauer@w-hs.de](mailto:ralf.holzhauer@w-hs.de)

☎ 0209 9596 163

