

Abschlussbericht

# **Siedlungsabfallaufkommen Schweiz 2050**

Auswirkungen auf das Kehrichtaufkommen  
für die thermische Verwertung in den KVA  
und die Gesamtauslastung der KVA

Auftraggeber

Verband der Betreiber  
Schweizerischer Abfallver-  
wertungsanlagen (VBSA)  
Wankdorfffeldstrasse 102  
CH-3014 Bern

Autoren

Dr. Bärbel Birnstengel  
Dr. Jochen Hoffmeister  
Holger Alwast  
Arno Häusler

Berlin / Düsseldorf,  
24.03.2018

## Das Unternehmen im Überblick

### Geschäftsführer

Christian Böllhoff

### Präsident des Verwaltungsrates

Dr. Jan Giller

### Handelsregisternummer

Berlin HRB 87447 B

### Rechtsform

Aktiengesellschaft nach schweizerischem Recht

### Gründungsjahr

1959

### Tätigkeit

Die Prognos AG berät europaweit Entscheidungsträger aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Auf Basis neutraler Analysen und fundierter Prognosen entwickeln wir praxisnahe Entscheidungsgrundlagen und Zukunftsstrategien für Unternehmen, öffentliche Auftraggeber sowie internationale Organisationen.

### Arbeitssprachen

Deutsch, Englisch, Französisch

### Hauptsitz

Prognos AG  
St. Alban-Vorstadt 24  
4052 Basel | Schweiz  
Telefon +41 61 3273-310  
Telefax +41 61 3273-300

Prognos AG  
Domshof 21  
28195 Bremen | Deutschland  
Telefon +49 421 517046-510  
Telefax +49 421 517046-528

Prognos AG  
Schwanenmarkt 21  
40213 Düsseldorf | Deutschland  
Telefon +49 211 91316-110  
Telefax +49 211 91316-141

Prognos AG  
Nymphenburger Str. 14  
80335 München | Deutschland  
Telefon +49 89 9541586-710  
Telefax +49 89 9541586-719

### Internet

[info@prognos.com](mailto:info@prognos.com)  
[www.prognos.com](http://www.prognos.com)  
[twitter.com/prognos\\_ag](https://twitter.com/prognos_ag)

### Weitere Standorte

Prognos AG  
Goethestr. 85  
10623 Berlin | Deutschland  
Telefon +49 30 520059-210  
Telefax +49 30 520059-201

Prognos AG  
Résidence Palace, Block C  
Rue de la Loi 155  
1040 Brüssel | Belgien  
Telefon +32 28089-947

Prognos AG  
Heinrich-von-Stephan-Str. 23  
79100 Freiburg | Deutschland  
Telefon +49 761 7661164-810  
Telefax +49 761 7661164-820

Prognos AG  
Eberhardstr. 12  
70173 Stuttgart | Deutschland  
Telefon +49 711 3209-610  
Telefax +49 711 3209-609

## Inhalt

	<b>Seite</b>
<b>1 Anlass und Aufgabenstellung der Untersuchung</b>	<b>1</b>
<b>2 Methodische Vorgehensweise</b>	<b>3</b>
2.1 Datenbasis	3
2.2 Modellentwicklung und -struktur	4
<b>3 Datengrundlagen</b>	<b>8</b>
3.1 Siedlungsabfallaufkommen und -zusammensetzung	8
3.1.1 Daten zur Kompostierung / Vergärung von biogenen Abfällen	9
3.1.2 Daten zum stofflichen Recycling	11
3.1.3 Daten zur thermischen Verwertung in KVA	12
3.1.4 Zusammensetzung der brennbaren Siedlungsabfälle aus Direktanlieferungen (BASID) und der Abfälle aus Gewerbe und Industrie (BAGI)	15
3.2 Thermische Abfallbehandlungskapazitäten	17
3.3 Soziodemografische Datengrundlagen für die Szenarien	19
3.3.1 Demografische Rahmendaten	19
3.3.2 Ökonomische Rahmendaten	21
<b>4 Überblick über die abfallrechtlichen und abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen</b>	<b>25</b>
4.1.1 Abfallrechtliche Grundlagen	25
4.1.2 Organisation der Abfallentsorgung und der getrennten Wertstofffassung	26
4.1.3 Recyclingquoten für die getrennt erfassten Wertstoffe	27
4.1.4 Initiativen zur Abfallvermeidung	29
4.1.5 Künftige Maßnahmenbereiche zur Beeinflussung des Abfallaufkommens	29
<b>5 Status-quo-Prognose zur Entwicklung der Siedlungsabfälle bis zum Jahr 2050</b>	<b>31</b>
5.1 Annahmen für die Prognose	31
5.2 Ergebnisse der Status quo Prognose	31
5.2.1 Gesamtaufkommen an Siedlungsabfällen	31
5.2.2 Brennbare Siedlungsabfälle BASIKS und BASID	33
<b>6 Basisszenarien zur Entwicklung der brennbaren Abfälle aus Gewerbe und Industrie (BAGI)</b>	<b>35</b>
6.1 Szenario „Entwicklung brennbarer Bauabfälle“	35

6.1.1	Annahmen für das Szenario	35
6.1.2	Ergebnisse des Szenarios	36
6.2	Szenario „Entwicklung des Klärschlammaufkommens“	37
6.2.1	Annahmen für das Szenario	37
6.2.2	Ergebnisse des Szenarios	38
6.3	Szenario „Entwicklung der verbleibenden brennbaren Abfälle aus Industrie und Gewerbe“	39
6.3.1	Annahmen für das Szenario	40
6.3.2	Ergebnisse des Szenarios	41
6.4	Importe brennbarer Abfälle für die KVA	42
6.5	Auslastung der Kehrrechtverwertungsanlagen	43
<b>7</b>	<b>Szenarien zur Abfallmengenentwicklung bis zum Jahr 2050</b>	<b>45</b>
7.1	Gesellschaftliche und technologische Megatrends	45
7.1.1	Demografischer Wandel, neue Lebensformen und Klimawandel	46
7.1.2	Technologieentwicklung und Digitalisierung	47
7.1.3	Mobilität 4.0 und Logistik	48
7.1.4	Wertewandel und die Circular Economy	50
7.2	Ergebnisse der verschiedenen Szenarien zur Entwicklung der Siedlungsabfallmengen	53
7.2.1	Szenario 1 „Definitionsänderung von Siedlungsabfällen“	54
7.2.2	Szenario 2 „Intensivierung der Separaterfassung“	58
7.2.3	Szenario 3 „Vermeidung von Lebensmittelabfällen“	63
7.2.4	Szenario 4 „Einfluss der Digitalisierung auf PPK“	69
7.2.5	Szenario 5 „Weg in Richtung Circular Economy“	73
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung der Ergebnisse</b>	<b>79</b>
<b>9</b>	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>84</b>
<b>10</b>	<b>Anlagen</b>	<b>91</b>
10.1	Datentabellen	91
10.2	Überblick über diskutierte und berücksichtigte Einflussfaktoren	95

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Modellstruktur Siedlungsabfälle	6
Abbildung 2:	Entwicklung des Siedlungsabfallaufkommens nach Behandlungsverfahren	8
Abbildung 3:	Input in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen	10
Abbildung 4:	Zuführung zum Recycling 2015	12
Abbildung 5:	Zusammensetzung der brennbaren Siedlungsabfälle aus kommunalen Sammlungen BASIKS, mit Anpassungen für das Jahr 2015	14
Abbildung 6:	Annahmen zur Zusammensetzung der brennbaren Siedlungsabfälle aus Direktanlieferungen sowie der brennbaren Abfälle aus Gewerbe und Industrie BAGI	16
Abbildung 7:	Zusammensetzung der in Kehrrichtverwertungsanlagen verwerteten Abfälle	18
Abbildung 8:	Entwicklung der Importe brennbarer Abfälle	18
Abbildung 9:	Bevölkerungsentwicklung der Schweiz bis 2050	20
Abbildung 10:	Entwicklung der durchschnittlichen Haushaltsgröße	21
Abbildung 11:	Entwicklung der Bruttowertschöpfung je Einwohner (real, Basisjahr = 2010)	22
Abbildung 12:	Vergleich des Index der Entwicklung der Bruttowertschöpfung, privaten Konsumausgaben und „Siedlungsabfall-relevanten Konsumausgaben“ je Einwohner (real, Basisjahr = 2010) für die Jahre 2000 - 2015	23
Abbildung 13:	Entwicklung der privaten Konsumausgaben je Einwohner (real, Basisjahr = 2010)	24
Abbildung 14:	Entwicklung der Sammel- und Verwertungsquoten für Altglas, Altpapier, PET-Getränkeflaschen, Alu-Dosen und Batterien 1985 bis 2016	28
Abbildung 15:	Zeitreihe zur Entwicklung des spezifischen Gesamtaufkommens an Siedlungsabfällen pro Einwohner nach der Status quo Prognose (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)	32
Abbildung 16:	Entwicklung des Gesamtaufkommens an Siedlungsabfällen nach der Status quo Prognose (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)	33

Abbildung 17:	Entwicklung Aufkommens an brennbaren Siedlungsabfällen (BASIKS + BASID) nach der Status quo Prognose (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)	34
Abbildung 18:	Entwicklung des Aufkommens brennbarer Bauabfälle für die KVA	36
Abbildung 19:	Entwicklung des Klärschlammaufkommens für die KVA (Trockensubstanz)	39
Abbildung 20:	Bandbreite der Entwicklung des verbleibenden Aufkommens brennbarer Abfälle aus Gewerbe und Industrie für die KVA	42
Abbildung 21:	Entwicklung der Auslastungssituation der KVA mit brennbaren Abfällen BASIKS + BASID im Status quo Szenario und BAGI im Basisszenario44	
Abbildung 22:	Darstellung der Wechselwirkungen im Megatrend-Cluster „Demografie, Lebensformen und Klimawandel“	46
Abbildung 23:	Darstellung der Wechselwirkungen im Megatrend-Cluster „Technologieentwicklung und Digitalisierung“	48
Abbildung 24:	Darstellung der Wechselwirkungen im Megatrend-Cluster „Mobilität 4.0 und Logistik“	49
Abbildung 25:	Beispielhafte Unternehmen der Share Economy	50
Abbildung 26:	Darstellung der Wechselwirkungen im Megatrend-Cluster „Wertewandel und Circular Economy“	51
Abbildung 27:	Idealtypischer Produkt- und Ressourcenkreislauf in einer Circular Economy	52
Abbildung 28:	Abschätzung der Entwicklung des Gesamtaufkommens an Siedlungsabfällen im Szenario 1 „Definitionsänderung von Siedlungsabfällen“	56
Abbildung 29:	Entwicklung des Aufkommens an brennbaren Siedlungsabfällen BASIKS + BASID im Szenario 1 „Definitionsänderung von Siedlungsabfällen“	57
Abbildung 30:	Entwicklung der Auslastungssituation der KVA mit brennbaren Abfällen (BASIKS + BASID + BAGI; ohne Importe) im Szenario 1 „Definitionsänderung von Siedlungsabfällen“	58
Abbildung 31:	Entwicklung des Gesamtaufkommens an Siedlungsabfällen im Szenario 2 „Intensivierung der Separaterfassung“ (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)	61
Abbildung 32:	Entwicklung Aufkommens an brennbaren Siedlungsabfällen im Szenario 2 „Intensivierung der Separaterfassung“ (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)	62

Abbildung 33:	Entwicklung der Auslastungssituation der KVA mit brennbaren Abfällen (BASIKS + BASID + BAGI; ohne Importe) im Szenario 2 „Intensivierung der Separaterfassung“ (Siedlungsabfallddefinition gemäß TVA 1990)	62
Abbildung 34:	Entwicklung des Gesamtaufkommens an Siedlungsabfällen im Szenario „Vermeidung von Lebensmittelabfällen“ (Siedlungsabfallddefinition gemäß TVA 1990)	66
Abbildung 35:	Entwicklung des Aufkommens an brennbaren Siedlungsabfällen im Szenario 3 „Vermeidung von Lebensmittelabfällen“ (Siedlungsabfallddefinition gemäß TVA 1990)	68
Abbildung 36:	Entwicklung der Auslastungssituation der KVA mit brennbaren Abfällen (BASIKS + BASID + BAGI; ohne Importe) im Szenario 3 „Vermeidung von Lebensmittelabfällen“ (Siedlungsabfallddefinition gemäß TVA 1990)	69
Abbildung 37:	Entwicklung des Gesamtaufkommens an Siedlungsabfällen im Szenario 4 „Einfluss der Digitalisierung auf PPK“ (Siedlungsabfallddefinition gemäß TVA 1990)	71
Abbildung 38:	Entwicklung Aufkommens an brennbaren Siedlungsabfällen im Szenario 4 „Einfluss der Digitalisierung auf PPK“ (Siedlungsabfallddefinition gemäß TVA 1990)	72
Abbildung 39:	Entwicklung der Auslastungssituation der KVA mit brennbaren Abfällen (BASIKS + BASID + BAGI; ohne Importe) im Szenario 4 „Einfluss der Digitalisierung auf PPK“ (Siedlungsabfallddefinition gemäß TVA 1990)	73
Abbildung 40:	Entwicklung des Gesamtaufkommens an Siedlungsabfällen im Szenario 5 „Weg in Richtung Circular Economy“ (Siedlungsabfallddefinition gemäß TVA 1990)	76
Abbildung 41:	Entwicklung Aufkommens an brennbaren Siedlungsabfällen im Szenario 5 „Weg in Richtung Circular Economy“ (Siedlungsabfallddefinition gemäß TVA 1990)	77
Abbildung 42:	Entwicklung der Auslastungssituation der KVA mit brennbaren Abfällen (BASIKS + BASID + BAGI; ohne Importe) im Szenario 5 „Weg in Richtung Circular Economy“ (Siedlungsabfallddefinition gemäß TVA 1990)	78
Abbildung 43:	Entwicklung des Siedlungsabfallaufkommens im Vergleich der Szenarien (Siedlungsabfallddefinition gemäß TVA 1990)	80
Abbildung 44:	Entwicklung des einwohnerspezifischen Siedlungsabfallaufkommens im Vergleich der Szenarien (Siedlungsabfallddefinition gemäß TVA 1990)	80
Abbildung 45:	Entwicklung der Auslastung der KVA mit nationalen brennbaren Abfällen (BASIKS + BASID + BAGI; ohne Importe) im Vergleich der Szenarien (Siedlungsabfallddefinition gemäß TVA 1990)	82

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Quotenberechnung für Recyclingfraktionen	11
Tabelle 2:	Datengrundlagen für die Annahmen zur Zusammensetzung der brennbaren Siedlungabfälle aus der Dirrektanlieferung und der brennbaren Abfälle aus Gewerbe und Industrie*	16
Tabelle 3	Überblick: Annahmen für die „Status quo“ Prognose	31
Tabelle 4	Überblick über das Szenario „Entwicklung brennbare Bauabfälle“	36
Tabelle 5	Überblick über das Szenario „Entwicklung des Klärschlammaufkommens“	37
Tabelle 6	Überblick über das Szenario „Entwicklung der verbleibenden brennbaren Abfälle aus Industrie und Gewerbe“	41
Tabelle 7	Überblick über das Szenario 1 „Definitionsänderung von Siedlungsabfällen“	54
Tabelle 8	Überblick über das Szenario 2 „Intensivierung der Separaterfassung“	58
Tabelle 9:	Sammel- und Verwertungsquoten für Wertstofffraktionen im Jahr 2015/59	
Tabelle 10	Überblick über das Szenario 3 „Vermeidung von Lebensmittelabfällen“	63
Tabelle 11	Verteilung von Lebensmittelabfälle nach Herkunftsbereichen	65
Tabelle 12	Überblick über das Szenario 4 „Einfluss der Digitalisierung auf PPK“	70
Tabelle 13	Überblick über das Szenario 5 „Weg in Richtung Circular Economy“	74
Tabelle 14:	Entwicklung der Auslastung der KVA mit nationalen brennbaren Abfällen (BASIKS + BASID + BAGI; ohne Importe) (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)	82
Tabelle 15:	Daten zur Status quo Prognose (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)	91
Tabelle 16:	Daten zum Szenario 1 „Definitionsänderung von Siedlungsabfällen“	91
Tabelle 17:	Daten zum Szenario 2 „Intensivierung der Separaterfassung“ (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)	92
Tabelle 18:	Daten zum Szenario 3 „Vermeidung von Lebensmittelabfällen“ (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)	92

Tabelle 19:	Daten zur Kombination der Szenarien "Intensivierung der Separaterfassung" und "Vermeidung von Lebensmittelabfällen" (SZ 2 + SZ 3) (Siedlungsabfaldefinition gemäß TVA 1990)	93
Tabelle 20:	Daten zum Szenario 4 "Einfluss der Digitalisierung auf PPK" (Siedlungsabfaldefinition gemäß TVA 1990)	93
Tabelle 21:	Daten zur Kombination der Szenarien "Intensivierung der Separaterfassung", "Vermeidung von Lebensmittelabfällen" und "Einfluss der Digitalisierung auf PPK" (SZ 2 + SZ 3 + SZ 4) (Siedlungsabfaldefinition gemäß TVA 1990)	94
Tabelle 22:	Daten zum Szenario 5 „Weg in Richtung CE“ (Siedlungsabfaldefinition gemäß TVA 1990)	94
Tabelle 23:	Überblick über diskutierte und berücksichtigte Einflussfaktoren auf das Aufkommen und Zusammensetzung von Siedlungsabfällen	95
Tabelle 24:	Überblick diskutierte und berücksichtigte Einflussfaktoren für sonstige Abfälle aus Industrie und Gewerbe	97

## Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BAGI	Brennbare Abfälle aus Gewerbe und Industrie
BASIKS	Brennbare Siedlungsabfällen aus der kommunalen Sammlung
BASID	Brennbare Siedlungsabfällen aus Direktanlieferungen
BWS	Bruttowertschöpfung
ca.	circa
CE	Circular Economy
CHF	Schweizer Franken
Fe	Eisen (Ferrum)
i. d. R.	in der Regel
k. A.	keine Angabe
kg	Kilogramm
kg/EW	Kilogramm je Einwohner
KVA	Kehrichtverwertungsanlage
Mio.	Millionen
NE	Nichteisen
PET	Polyethylenterephthalat
PPK	Papier, Pappe, Karton
PRS	PET-Recycling Schweiz
SAb	Siedlungsabfälle
SVUG	Schweizerischer Verein für umweltgerechte Getränkeverpackungen
t	Tonnen (1 Tonne = 1.000 Kilogramm)
TS	Trockensubstanz
Tsd.	Tausend
TVA	Technische Verordnung über Abfälle
USG	Umweltschutzgesetz
VBSA	Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen
VeVA	Verordnung über den Verkehr mit Abfällen
VGv	Verordnung über Getränkeverpackungen
VREG	Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte

VVEA

Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung)

z. B.

zum Beispiel

# 1 Anlass und Aufgabenstellung der Untersuchung

Der Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen (VBSA) ist der führende Verband der Abfallwirtschaft der Schweiz. Er fördert die rationelle Energienutzung des Abfalls und zielt darauf ab, die Produktionsanlagen als wichtige Partner in der Energiepolitik zu verankern und setzt sich zudem für die nachhaltige Nutzung der Sekundärressourcen ein.

Der Anstieg des Aufkommens an Siedlungsabfällen in der Schweiz auf einen europäischen Spitzenwert von rund 724 kg pro Einwohner ist in der rückwärtigen Betrachtung einerseits auf das positive Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum sowie andererseits auf einen wachsenden Wohlstand bzw. eine stetig wachsende Kaufkraft der Bevölkerung zurückzuführen. Die Entwicklung des Siedlungsabfallaufkommens resultiert natürlich auch aus immer verpackungs- und damit auch abfallintensiveren Produkten, die wiederum in der Zusammensetzung immer komplexer und schwieriger zu recyceln werden. Darüber hinaus ist der Siedlungsabfallbegriff der Schweiz deutlich breiter gefasst, als in anderen europäischen Ländern (siehe Kapitel 3).

In der Schweiz mit ihrer hochwertigen Infrastruktur zur stofflichen und energetischen Verwertung der Siedlungsabfälle stellt sich somit ebenso wie in anderen Ländern die Frage, auf welche Veränderungen sich die Abfallwirtschaft künftig einstellen muss. Neben den „klassischen“ Treibern wie Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum werden zunehmend auch die Auswirkungen von technologischen Entwicklungen und grundlegenden gesellschaftlichen Veränderungen zu antizipieren sein, die sich unter anderem in Lebensentwürfen bzw. Konzepten wie der „Sharing Economy“ oder der „Circular Economy“ ausdrücken.

Vor dem Hintergrund notwendiger Neuinvestitionen in eine älter werdende Infrastruktur sowie der sich ändernden Anforderungen an die künftigen Entsorgungsinfrastrukturen hat die VBSA die vorliegende Studie zur Entwicklung des **„Siedlungsabfallaufkommens in der Schweiz bis zum Jahr 2050“** in Auftrag gegeben.

Die Studie enthält zunächst eine Darstellung der methodischen Vorgehensweise und eine detaillierte Bestandsaufnahme der derzeitigen Abfallmengen in der Schweiz und der vorhandenen Kapazitäten der Kehrichtverwertungsanlagen. Auf dieser Grundlage wird unter Berücksichtigung der Fortschreibung der demografischen und ökonomischen Rahmendaten sowie einer Analyse der abfallrechtlichen Rahmenbedingungen und absehbaren abfallwirtschaftlichen Maßnahmen die Status quo Prognose erstellt.

Im zweiten Teil der Untersuchung werden die Ergebnisse der Status quo Prognose in verschiedenen Szenarien aus dem Blickwinkel von möglichen Auswirkungen der beschriebenen Megatrends betrachtet. Damit wurde im Rahmen dieser Studie erstmalig der Versuch unternommen, Annahmen zu den Wechselwirkungen zwischen ausgewählten Megatrends und dem Abfallaufkommen als Grundlage für die Sensitivitätsanalyse von Langfristprognosen zu nutzen.

Abschließend werden die Ergebnisse der Prognosen des Siedlungsabfallaufkommens den vorhandenen Kapazitäten gegenübergestellt. Um eine vergleichende Bewertung zu

ermöglichen, wurden für die Anlieferungen aus Industrie und Gewerbe vereinfachte Szenarien entwickelt.

Die zentralen Ergebnisse der Untersuchung zum Siedlungsabfallaufkommen in der Schweiz bis zum Jahr 2050 wurden am 5. Dezember 2017 im Rahmen der VBSA-Fachtagung in Olten „Abfallvermeidung – Wunschdenken oder Trend?“ vorgestellt und diskutiert.

## 2 Methodische Vorgehensweise

Die Erstellung von Prognosen und Szenarien basiert in der Regel auf einer detaillierten und fortschreibungsfähigen Datengrundlage, einem Modell, mit dem Daten und ihre wechselseitigen Abhängigkeiten erfasst und berechnet werden können, sowie auf Annahmen zur Entwicklung der wesentlichen Treiber (im Wesentlichen Demografie, Wirtschaft, Konsum und Technologie) der Abfallwirtschaft, die wiederum im Modell zur Berechnung von Szenarien unterschiedlicher Entwicklungspfade dienen.

Zur Abstimmung über die gewählten Annahmen und die großen Entwicklungslinien wurde als zentraler Bestandteil der Projektbearbeitung am 07. September 2017 beim BAFU in Bern ein gemeinsamer Workshop mit Vertreter\*innen des BAFU, des Institute of Environmental Engineering der ETH Zürich, der KVA Thurgau, der Firma Serbeco, von SwissRecycling und der VBSA durchgeführt. Im ersten Teil des Workshops wurden die vorläufigen Ergebnisse der Status quo Prognose vorgestellt und im Hinblick auf die Plausibilität der Annahmen und der Ergebnisse diskutiert. Im zweiten Teil des Workshops wurde erörtert, welche Maßnahmen und (Mega-)Trends künftig einen (signifikanten) Einfluss auf das Aufkommen, die Zusammensetzung und die Entsorgungswege haben werden. Die Ergebnisse dieses Arbeitsschrittes haben Eingang in die Schwerpunktsetzung bei den Megatrends und ihrer Quantifizierung für die Szenarien gefunden.

Die einzelnen methodischen Schritte für die Erstellung der Abfallmengenprognose werden nachfolgend ausführlich erläutert.

### 2.1 Datenbasis

Die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung entwickelten Szenarien basieren auf der Analyse der

1. **abfallwirtschaftlichen Daten und Informationen**, hierbei insbesondere
  - zur Entwicklung des Siedlungsabfallaufkommens
  - den Hauptverwertungswegen im Zeitvergleich, differenziert nach Kompostierung/Vergärung, Zuführung zum Recycling und thermischer Verwertung in den Kehrichtverwertungsanlagen
  - der Entwicklung der getrennt erfassten Wertstofffraktionen
  - der Zusammensetzung spezifischer Abfallfraktionen, wie beispielsweise Kehricht, Papier und Pappe, Elektro- und Elektronikaltgeräten
  - zu Herkunftsbereichen von spezifischen Abfallfraktionen (z.B. Lebensmittelabfällen)
  - zu Nutzungspotenzialen spezifischer Abfallfraktionen
  - der abfallrechtlichen Rahmenbedingungen (z.B. Zielvorgaben)
  - der abfallwirtschaftlichen Strukturen (z.B. zu Erfassungssystemen, Gebührensystemen)

2. **soziodemografischer Daten**, insbesondere zur
  - Bevölkerungsentwicklung
  - Entwicklung der Altersstruktur
  - Entwicklung der durchschnittlichen Haushaltsgröße
3. **wirtschaftlichen Daten**, insbesondere zur
  - Wirtschaftsentwicklung (Bruttowertschöpfung)
  - Kaufkraft der Haushalte

Hierfür wurden neben den verfügbaren statistischen Zeitreihen insbesondere auch eine Vielzahl von Studien und Analysen zu den unterschiedlichen Teilfraktionen ausgewertet.

Für die Berechnung der Szenarien wurde ein eigenständiges Prognose-Modell für die Gesamtschweiz entwickelt (siehe Kapitel 2.2)

## 2.2 Modellentwicklung und -struktur

Die Erarbeitung der Prognose und der Szenarien zur Entwicklung des Siedlungsabfallaufkommens der Schweiz bis zum Jahr 2050 erfolgte auf der Grundlage modellgestützter Berechnungen unter besonderer Berücksichtigung der jeweils noch für die KVA verbleibenden Mengen.

Beim Aufbau des Modells wurde in folgenden Schritten vorgegangen:

1. **Entwicklung eines Modellansatzes**, mit dem die Komplexität der Abfallwirtschaft und gleichzeitig auch die möglichen Entwicklungspfade bis zum Jahr 2050 in einzelnen Teilbereichen szenarisch abgebildet werden können.
2. **Erhebung, Analyse und Plausibilisierung** aller verfügbaren **abfallwirtschaftlichen Rahmendaten** und Aufbereitung für das Modell, einschließlich notwendiger Annahmen. Die abfallwirtschaftlichen Rahmendaten umfassen neben den quantifizierbaren Daten zum Aufkommen, der Zusammensetzung und dem Verbleib der Siedlungsabfälle auch abfallwirtschaftliche und abfallpolitische Maßnahmen, welche die historische Entwicklung maßgeblich beeinflusst haben. Die Datenanalyse erfolgte sowohl im Längs- als auch im Querschnitt.
3. Erhebung und ggf. modellgestützte Vervollständigung der **soziodemografischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen**.
4. **Modellentwicklung** unter Berücksichtigung der verfügbaren quantifizierbaren Daten und identifizierten Haupteinflussparameter auf die zukünftige Entwicklung des Siedlungsabfallaufkommens. Die Daten wurden INPUT-basiert verwendet, Sortierreste als konstant angenommen (anteilige Annahmen nach [Haupt\_Indicator\_2016]).

5. Durchführung einer „**Status quo-Prognose**“, die auf der Annahme basiert, dass bis zum Jahr 2050 lediglich die prognostizierten soziodemografischen und wirtschaftlichen Entwicklungen eintreten. Sonstige Entwicklungsoptionen wurden soweit möglich auf den Stand des Model-Basisjahres 2015 „eingefroren“.
6. **Identifizierung von Megatrends** und Bewertung ihrer möglichen Einflüsse auf das Aufkommen bzw. die Behandlung der jeweils relevanten Hauptstoffströme mit anschließender Ableitung von stoffstromspezifischen Szenarien. Potenzielle Entwicklungsoptionen wurden im Rahmen einer Cross-Impact-Analyse qualitativ bewertet und das jeweils wirkungsstärkste Szenario ausgewählt.
7. **Durchführung** von Berechnungen für die im Schritt 6 definierten stoffstromspezifischen Szenarien. Ferner wurden Prognoserechnungen für die Kombination von stoffstromspezifischen Szenarien erstellt.

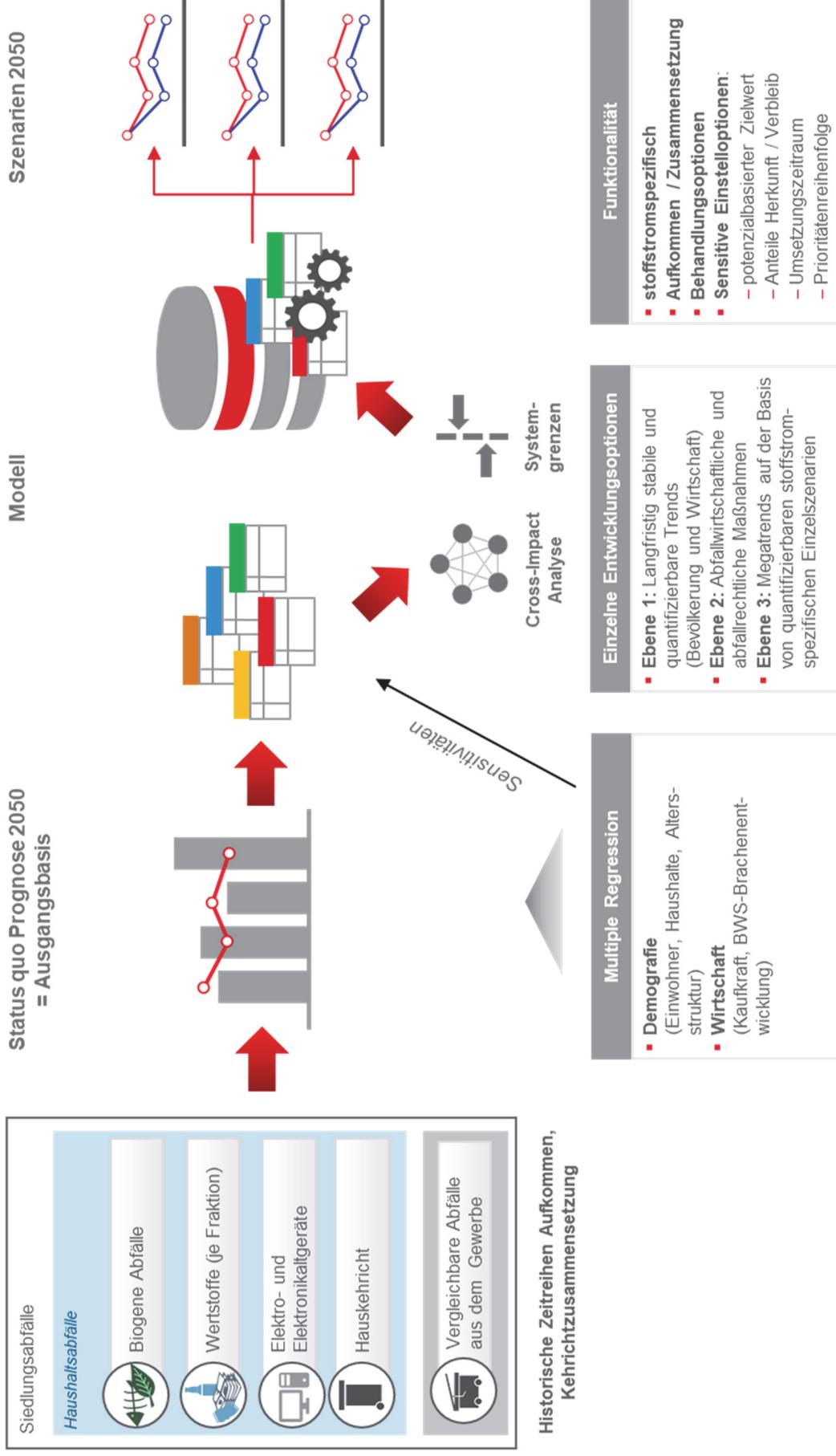
Das entwickelte stoffstromspezifische Modell bildet die nachfolgend aufgeführten Abfallstoffströme separat ab:

1. Biogene Abfälle mit einer separaten Betrachtung der Lebensmittelabfälle
2. Separat erfasste Wertstoffe
  - Papier, Pappe, Karton, weiter differenziert mit Annahmen für die Obergruppen Zeitungen und Zeitschriften, Verpackungsmaterialien sowie Hygienepapiere
  - Glas
  - Aluminium
  - Weißblech
  - PET
  - Kunststoffe
  - Textilien
  - Batterien
3. Elektro- und Elektronikaltgeräte
4. Brennbare Siedlungsabfälle aus der kommunalen Sammlung (BASIKS)
5. Brennbare Siedlungsabfälle aus Direktanlieferungen (BASID)
6. Brennbare Abfälle aus Gewerbe und Industrie (BAGI)

Für alle **Abfallstoffströme** wurden auf der Grundlage der verfügbaren Zeitreihen:

1. die jeweils separat erfassten **Mengen** abgebildet,
2. auf der Grundlage der Kehrrichtanalyse die im Hauskehricht verfügbaren Potenziale der einzelnen **Stoffströme** ermittelt und
3. soweit möglich, **Stoffstrompotenziale** innerhalb der gewerblichen Siedlungsabfälle identifiziert. Dies war aufgrund der nicht bzw. nur sehr begrenzt verfügbaren Datengrundlagen nur punktuell möglich. Weitere Ausführungen hierzu sind in Kapitel 3.1.3 zusammengefasst.

Abbildung 1 Modellstruktur Siedlungsabfälle



Bei der Berechnung der **Entwicklungsszenarien** werden **zwei Bereiche** berücksichtigt:

1. **Szenarien zur Entwicklung** des jeweiligen Stoffstroms unter Berücksichtigung von verfügbaren Potenzialen, Einführungszeiträumen und Prioritätenreihenfolgen. Bei der Mengenentwicklung wird die Summe des separat erfassten Anteils sowie des im Kehrrecht vorhandenen Potenzials dargestellt.
2. **Szenarien zur Verteilung** des jeweiligen Stoffstroms auf die Behandlungswege. Hierbei wird aufgrund des spezifischen Fokus der Prognosen auf die verbleibende Kehrrechtmenge für die KVA zwischen „Kehrrecht für die KVA“ und Summe „Recycling / Kompostierung / Vergärung“ unterschieden.

Eine spezifische Differenzierung zwischen Recycling und Kompostierung / Vergärung erfolgt im Rahmen dieser Untersuchung nicht. Die unter Recycling und Kompostierung / Vergärung summierten Mengen werden im Modell im Sinne einer Zuführung zum Recycling bzw. Kompostierung / Vergärung (Input-basiert) verstanden und beinhalten zusätzlich noch die potenziellen Fremdstoffe, die ihrerseits in Form von Sortierresten teilweise wieder als Brennbare Abfälle aus Gewerbe und Industrie (BAGI) in die KVA zurückfließen.

Die Annahmen zur stoffstromspezifischen Verteilung berücksichtigen die im Rahmen der Szenarien definierten Potenziale, Einführungszeiträume und Prioritätenreihenfolgen und insbesondere die jeweils anteiligen Herkunftsbereiche (z. B. Verschiebung vom Hauskehrrecht in die Separaterfassung).

Das Basisjahr des Modells ist das Jahr 2015. Alle Daten werden einwohnerspezifisch erfasst und prognostiziert. Das absolute Aufkommen wird über die jeweiligen Szenarien der Einwohnerentwicklung hochgerechnet.

Die Modellstruktur ist in der vorstehenden Abbildung 1 in vereinfachter Form dargestellt. Weitere detailliertere Beschreibungen zu den getroffenen Annahmen sind in den nachfolgenden Kapiteln enthalten.

Für spezifische Fraktionen der brennbaren Abfälle aus Gewerbe und Industrie wurden stoffstromspezifische Teilmodule entwickelt.

### 3 Datengrundlagen

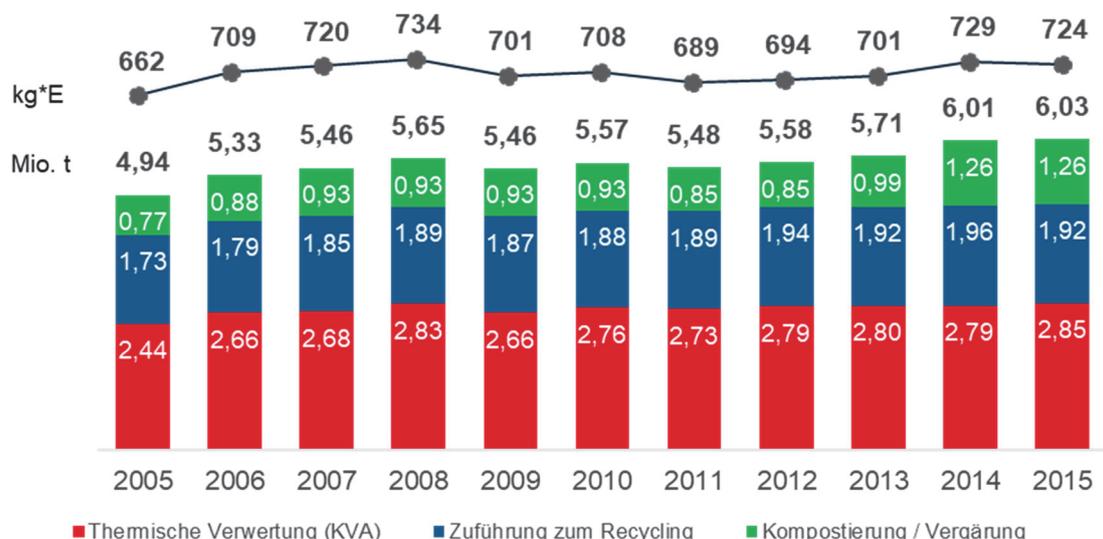
Angesichts des langen Prognosezeitraumes und der unterschiedlichen Entwicklungspfade, die aus den verschiedenen Optionen für die Entwicklungen der Rahmenbedingungen entstehen, ist der „Blick in die Zukunft“ eine sehr komplexe Aufgabe. Eine Abbildung der zukünftig denkbaren Entwicklungen birgt naturgemäß Unsicherheiten, liefert aber dennoch eine wichtige Orientierung über die Bandbreite der daraus resultierenden Ergebnisse für die Unternehmensplanung.

Methodisch liegt die Anforderung also weniger darin, eine so genannte Punkt-Prognose zu erstellen, sondern vielmehr darin, im Rahmen des Arbeitsprozesses mögliche Veränderungen und Megatrends zu erkennen und ihre möglichen Auswirkungen auf die Entwicklung und Behandlungsoptionen der Abfälle zu bewerten. Ausgehend von der aktuellen Situation der Abfallwirtschaft in der Schweiz können über Vorwärtsbetrachtungen (was passiert, wenn...) und Rückwärtsbetrachtungen (was muss passieren, damit...) Szenarien zur wahrscheinlichen Entwicklung abgeleitet werden.

#### 3.1 Siedlungsabfallaufkommen und -zusammensetzung

In der Schweiz wurden im Bezugsjahr der Studie 2015 insgesamt 6,03 Mio. t Siedlungsabfälle erzeugt. Mit einem einwohnerspezifischen Aufkommen von 724 kg/EW liegt die Schweiz deutlich über dem Durchschnitt der EU Mitgliedsstaaten von 481 kg/EW. [EUROSTAT\_2017]. Im Vergleich zum Jahr 2005 entspricht dies einem Anstieg des absoluten Aufkommens an Siedlungsabfällen um 22%, während der einwohnerspezifische Wert um 9% gestiegen ist.

Abbildung 2: Entwicklung des Siedlungsabfallaufkommens nach Behandlungsverfahren



Quelle: [BAFU\_Abfall\_2016], [Eurostat\_WASGEN\_2017]

32% (1,92 Mio. t) der Schweizer Siedlungsabfälle wurden 2015 einem Recyclingverfahren zugeführt. Die Quote hat sich gegenüber 2005 leicht um 3% verringert. Deutlich gestiegen ist im 10-Jahres-Vergleichszeitraum der Anteil an Siedlungsabfällen, der in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen behandelt wurde. Während der Anteil im Jahr 2015 noch bei 16% lag, weist die Statistik für das Jahr 2015 einen Anteil von 21% aus. In den Kehrichtverwertungsanlagen wurden 2015 insgesamt 47% der Siedlungsabfälle thermisch verwertet. Dies sind 2% weniger als noch im Jahr 2005.

Die Analyse der vorliegenden statistischen Daten zeigt die folgenden wesentlichen Ergebnisse:

1. Das einwohnerspezifische Siedlungsabfallaufkommen der Schweiz ist mit 724 kg/EW deutlich höher als das Aufkommen in vergleichbaren Ländern wie beispielsweise Deutschland (632 kg/EW in 2015), Österreich (560 kg/EW in 2015), die Niederlande (523 kg/EW in 2015) oder Frankreich (517 kg/EW in 2015). [Eurostat\_WASGEN\_2017]. Allerdings ist festzuhalten, dass die Siedlungsabfalldefinition der Schweiz wesentlich breiter gefasst ist, als in der EU (siehe nachfolgende Kapitel).
2. Die Entwicklung des Gesamtaufkommens an Siedlungsabfällen zeigt im zeitlichen Vergleich zu anderen europäischen Ländern eine deutlich stärkere Auswirkung der Wirtschaftskrise in den Jahren 2008 und 2009.
3. Das absolute Aufkommen an Siedlungsabfällen, welches in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen behandelt wurde, ist im Vergleich zu Jahr 2005 mit 63 % überdurchschnittlich gestiegen und ist damit verantwortlich für die Zunahme des einwohnerspezifischen Aufkommens der letzten beiden Jahre. Der absolute Anteil für die Jahre 2007 bis 2011 liegt konstant bei rund 930 Tsd. t.
4. Die Steigerungsrate der in den Kehrichtverwertungsanlagen verwerteten Siedlungsabfälle ist im Zeitraum von 2005 bis 2015 mit 17% höher als die Steigerungsrate der Zuführung zum Recycling mit 11%.

Mit dem Ziel, die vorhandenen Datengrundlagen - als Basis für die Zukunftsprognosen - bestmöglich zu interpretieren, wurden im Projektverlauf weitere Detailanalysen durchgeführt.

### **3.1.1 Daten zur Kompostierung / Vergärung von biogenen Abfällen**

#### **Mengenentwicklung**

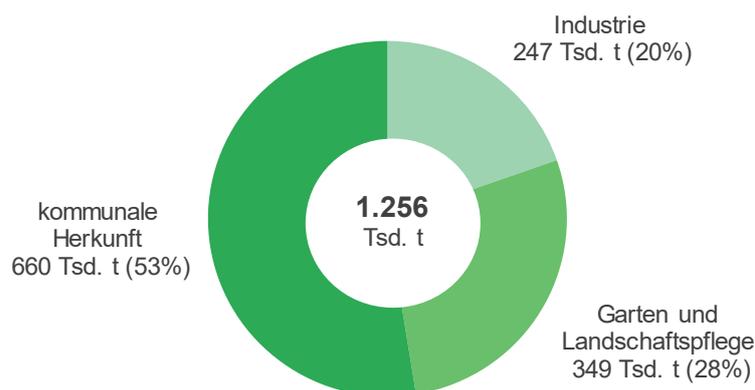
Die Daten für das Jahr 2014 basieren erstmals auf einer aktuellen Analyse des BAFU zu Kompostierungs- und Vergärungsanlagen [BAFU\_BIO\_2016]. Ziel der Studie war es, den Datenbestand aus dem Jahr 1994 zu Anlagen, die biogene Abfälle behandelten, zu aktualisieren und zu vervollständigen sowie spezifische Informationen zu angenommenen Abfallarten und -mengen zu erheben. Im Ergebnis der Untersuchung wurden erstmals deutlich mehr Kompostierungs- und Verwertungsanlagen identifiziert, als bisher angenommen.

Die Ergebnisse der Studie lassen den vorsichtigen Schluss zu, dass die im Jahr 2014 statistisch sichtbare deutliche Steigerung der in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen behandelten Siedlungsabfälle auf den aktualisierten Bestand zurückzuführen ist und Entwicklungen in den Vorjahren potenziell unterschätzt wurden.

### Zusammensetzung / definitorische Abgrenzung

Die in der Siedlungsabfallstatistik ausgewiesenen Daten umfassen alle an Kompostierungs- und Vergärungsanlagen angelieferten Mengen<sup>1</sup> [BAFU\_BIO\_2016]. Die Zusammensetzung der angenommenen Abfälle zeigt, dass lediglich 53% (660 Tsd. t) direkt kommunaler Herkunft sind. Weitere 28% (349 Tsd. t) stammen aus der Garten- und Landschaftspflege, die gemäß Siedlungsabfalldefinition der VVEA mindestens zu einem großen Teil eine „vergleichbare Zusammensetzung“ mit Abfällen aus Haushalten [VVEA\_2015] aufweisen. Inwiefern den verbleibenden 20% (247 Tsd. t) aus der Industrie ebenfalls eine vergleichbare Zusammensetzung unterstellt werden kann, kann aufgrund der verfügbaren Datenlage nicht abschließend geklärt werden.

Abbildung 3: Input in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen



Quelle: [BAFU\_BIO\_2016], eigene Darstellung Prognos AG

Es ist daher zu vermuten, dass der den Siedlungsabfällen definitorisch zugehörige Anteil geringer ausfällt.

Die Berücksichtigung aller an Kompostierungs- und Vergärungsanlagen angelieferten Abfälle erschwert in Verbindung mit fehlenden Detaildaten zur Abfallzusammensetzung die Abgrenzung von biogenen kommunalen und gewerblichen Siedlungsabfällen von sonstigen gewerblichen biogenen Abfällen gemäß der in der neuen Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA) verankerten Definition von Siedlungsabfällen.

Die von der Fachhochschule Nordwestschweiz im Auftrag des BAFU im Jahr 2017 durchgeführte Analyse zu biogenen Abfällen aus kommunalen Quellen [NW\_BIO\_2017] schätzt

<sup>1</sup> Nicht berücksichtigt wurden Anlieferungen an Faultürme kommunaler Abwasserreinigungsanlagen, landwirtschaftliche Vergärungsanlagen, die Hofdünger und ausschließlich Material landwirtschaftlicher Herkunft (vom eigenen oder von fremden Betrieben) verwerten.

das Gesamtaufkommen an biogenen Abfällen aus kommunaler Herkunft – basierend auf einer Umfrage - auf 1,67 Mio. t. Davon wurden im Jahr 2016 bereits 0,77 Mio. t separat erfasst und in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen behandelt. Im Umkehrschluss verbleibt ein bisher nicht genutztes Potenzial von 0,90 Mio. t aus kommunalen Quellen.

### 3.1.2 Daten zum stofflichen Recycling

#### Berechnungsmethodik / definitorische Abgrenzung

Die statistisch verfügbaren Daten zum stofflichen Recycling beziehen sich auf die separat erfassten und einem Recyclingverfahren zugeführten Mengen. Dabei wird auf der Grundlage von Verbandsangaben entweder die Sammel- oder Verwertungsquote angegeben [BAFU\_Abfall\_2016].

Tabelle 1: Quotenberechnung für Recyclingfraktionen

Fraktion	Quotenberechnung	Anteil Fremdstoffe
Papier, Pappe, Karton	Sammelquote	
Altglas	Verwertungsquote*	5,0% (bis 2015)**
PET-Getränkeflaschen	Verwertungsquote	9,5% (Sammlung PRS) 15% (Sammlung SVUG)
Aluminium-Verpackungen	Verwertungsquote***	k. A.
Weißblech****	Sammelquote	
biogene Abfälle****	k. A.	
Textilien	k. A.	
Elektroaltgeräte	k. A.	
Batterien	Sammelquote	

\* für Glasflaschen

\*\* Ende 2017 wurde eine neuere Untersuchung veröffentlicht, die von einer Quote für Fremdstoffe von 6,79% und einem Anteil von 10% für nicht gebührenbelastendes Verpackungsglas von 10,38% ausgeht

\*\*\* für Getränkedosen; berechnet als stofflich verwertete Menge in Bezug auf den Gesamtabsatz

\*\*\*\* Konservendosen + Deckel

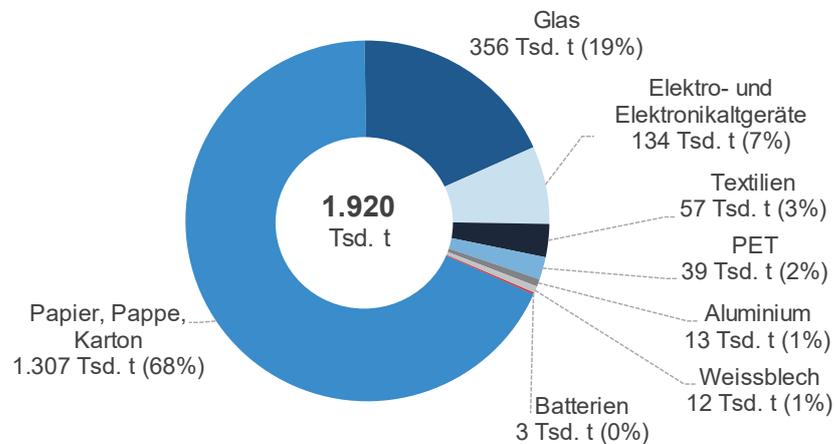
\*\*\*\*\* in zentralen Anlagen kompostierte oder vergärte biogene Abfälle, ohne Hauskompost

Quelle: [BAFU\_Abfall\_2016], [BAFU\_Fakten\_2013a], [BAFU\_Fakten\_2013b], [BAFU\_Fakten\_2017]

Die Berechnung der **Sammelquote** berücksichtigt die separat erfassten Mengen und setzt sie ins Verhältnis zur Absatzmenge. Die Absatzmenge berechnet sich aus der Inlandsproduktion abzüglich Exporte, zuzüglich Importe. Private Ein- und Ausfuhren, z. B. durch den Tourismus sind nicht erfasst.

Einer ähnlichen Berechnungsmethodik folgt die Ermittlung der **Verwertungsquote**, nur ist hierbei der Anteil an Fremdstoffen nicht mehr enthalten. Der Anteil an Fremdstoffen wird i.d.R. als Pauschalabzug berücksichtigt.

Abbildung 4: Zuführung zum Recycling 2015



Quelle: [BAFU\_Abfall\_2016], eigene Darstellung Prognos AG

In der Summe für Aluminium und Weissblech sind anteilig auch Getränkekartons (5 Tsd. t) [Haupt\_Indicator\_2016] enthalten.

Jüngere Pilotprojekte zur gemeinsame Sammlung von Verbundverpackungen und Plastikflaschen sind in den veröffentlichten Daten zum Recycling für das Jahr 2015 noch nicht berücksichtigt. Auf der Grundlage der KuRVe Untersuchungen [carbotech\_KuRVe\_2017] ist für 2016 von einer Separaterfassungsmenge von ca. 11.000 t ausgegangen worden.

Für die relevanten Wertstofffraktionen liegen Zeitreihen zur Entwicklung der Separaterfassung vor, für einige von ihnen fehlt jedoch die Marktbezugsgröße zur Berechnung der bisher erreichten Sammelquoten. Eine Differenzierung nach den Hauptherkunftsbereichen „Haushalte“ sowie „Industrie und Gewerbe“ ist nur eingeschränkt möglich.

### 3.1.3 Daten zur thermischen Verwertung in KVA

#### Definitorische Abgrenzung

Im Jahre 2015 wurden insgesamt 3,89 Mio. t Abfälle in den 30 schweizerischen KVA thermisch verwertet [VBSA\_Mengen\_2017]. Diese Menge setzt sich aus

- 1,84 Mio. Tonnen brennbare Siedlungsabfälle aus kommunalen Sammlung (BASIKS).
- 1,01 Mio. Tonnen brennbare Siedlungsabfälle aus Direktanlieferungen (BASiD)<sup>2</sup>
- 0,66 Mio. Tonnen brennbare Abfälle aus Gewerbe und Industrie (BAGI)
- 0,38 Mio. Tonnen importierte Abfälle aus Deutschland, Österreich, Frankreich und Italien.

<sup>2</sup> Berechnet als Anteilsquote von 66% aus den übrigen Direktanlieferungen (Gesamtanlieferungen abzüglich BASIKS, Sonderabfälle, Klärschlamm und Importe aus dem Ausland) auf Ebene der einzelnen KVA [VBSA\_Mengen\_2017]

Die ersten beiden Kategorien BASIKS und BASID werden den Siedlungsabfällen zugeordnet, die zusammen 2,85 Mio. t ausmachten-

### **Zusammensetzung der brennbaren Siedlungsabfälle aus der kommunalen Sammlung BASIKS**

Grundlage für die Bewertung der Zusammensetzung der brennbaren Siedlungsabfälle aus der kommunalen Sammlung (BASIKS) und die Ableitung von zukünftigen Potenzialen ist der Inhalt der Kehrichtsäcke, wie dieser in der Erhebung der Kehrichtzusammensetzung aus dem Jahr 2012 [BAFU\_Kehricht\_2012]<sup>3</sup> erfasst wurde. Für die Betrachtung der zurückliegenden Entwicklungen wurden ebenfalls die Ergebnisse der Analyse aus den Jahren 2001/2002 [BAFU\_Kehricht\_2002] herangezogen.

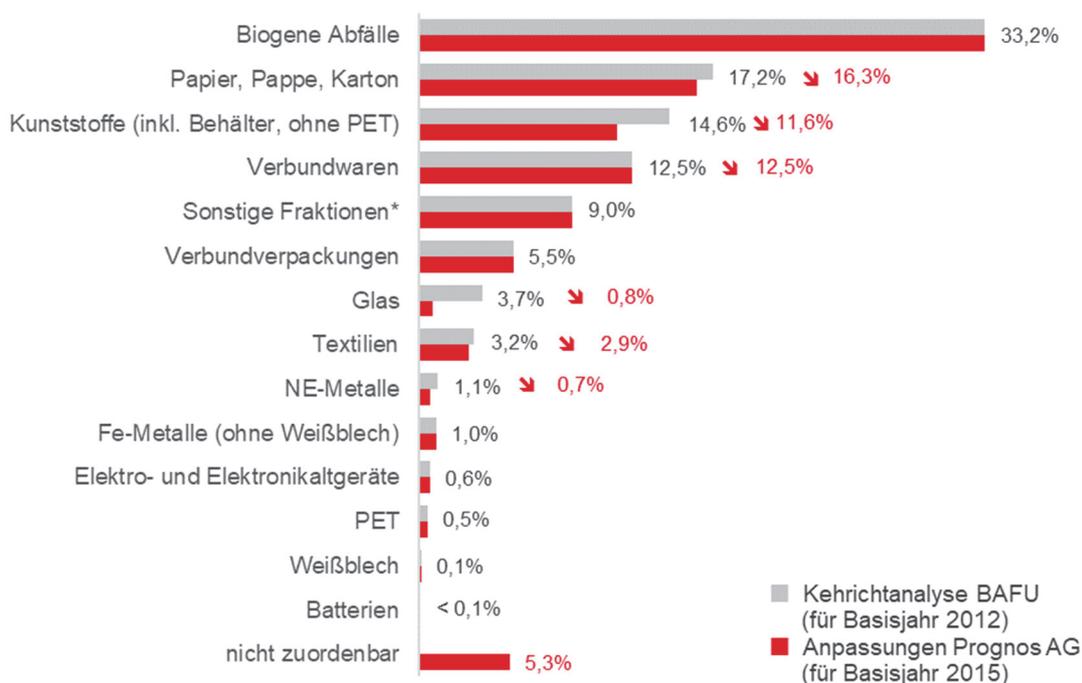
Um die in den vergangenen Jahren intensivierte Getrennterfassung zu berücksichtigen, wurden die Anteile der einzelnen Abfallfraktionen auf die Bezugsmenge von 1,82 Mio. t des Jahres 2015 hochgerechnet. Die Ergebnisse wurden anschließend – je nach Datelage - noch einmal mit den Angaben zu separat erfassten und recycelten Abfallfraktionen und deren Marktpotenzial verglichen. Darauf aufbauend erfolgte eine Neuberechnung der verbleibenden Anteile an den brennbaren Siedlungsabfällen aus der kommunalen Sammlung BASIKS, wie in der nachfolgenden Abbildung zusammenfassend dargestellt wird. Ferner wurden bei der Neuberechnung der Potenziale an Fe- und NE-Metallen unterstützend auch Daten zu den Fe- und NE-Metallmengen aus der Rückgewinnung aus den Schlacken der Kehrichtverwertungsanlagen ausgewertet. [VBSA\_Mengen\_2017]

Sofern keine aussagekräftigen Daten für eine Neubewertung vorlagen, wurden die prozentualen Ergebnisse der Kehrichtzusammensetzung aus dem Jahr 2012 übernommen. Aufgrund der skizzierten Vorgehensweise verbleibt ein Anteil von 5,3% der BASIKS-Menge, der keiner spezifischen Fraktion zugeordnet werden konnte. Dieser Anteil wurde im Modell wie eine „Restfraktion“ behandelt.

---

<sup>3</sup> Berücksichtigt wurden die Angaben aus Tabelle 3. Diese weisen eine leichte Abweichung von den Angaben in Abbildung 3 aus. Die Summe liegt aufgrund von potenziellen Rundungsdifferenzen bei 102,3%.

Abbildung 5: Zusammensetzung der brennbaren Siedlungsabfälle aus kommunalen Sammlungen BASIKS, mit Anpassungen für das Jahr 2015



\* Sonstige Fraktionen beinhalten 0,2 % Sonderabfall, 0,7 % Restfraktion < 8 mm, 6,3 % mineralische Abfälle und 1,8% organische Nebenprodukte

Quelle: [BAFU\_Kehricht\_2012], Analysen und Neuberechnungen Prognos AG auf Basis [BAFU\_Abfall\_2016], [VBSA\_Mengen\_2017]

### Zusammensetzung der brennbaren Siedlungsabfälle aus der Direktanlieferung BASID

Brennbare Siedlungsabfälle aus Direktanlieferungen BASID umfassen gemäß Definition von Siedlungsabfällen auch Abfälle aus Unternehmen, die in Bezug auf die inhaltliche Zusammensetzung mit Abfällen aus Haushalten vergleichbar sind (TVA 1990). Mit der neuen VVEA wurde die Definition dahingehend präzisiert, dass die Abfälle nicht nur in Bezug auf die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe, sondern auch bezogen auf die Mengenverhältnisse mit Abfällen aus Haushalten vergleichbar sind. Diese Definition tritt zum 1.1.2019 in Kraft.

Damit weisen brennbare Siedlungsabfälle aus Direktanlieferungen (BASID) per Definition eine vergleichbare stoffliche Zusammensetzung wie brennbare Siedlungsabfälle aus der kommunalen Sammlung (BASIKS) auf. Unterschiede bestehen jedoch hinsichtlich der spezifischen Mengenverhältnisse der einzelnen Fraktionen. Für die Präzisierung der mengenmäßigen Anteile einzelner Abfallfraktionen gibt es nach Auswertung verschiedener Studien nur begrenzt detaillierte Daten. Die Analysen zeigen jedoch, dass die prozentuale Mengenverteilung der aus der Kehrichtanalyse für die BASIKS vorhandenen Daten nicht

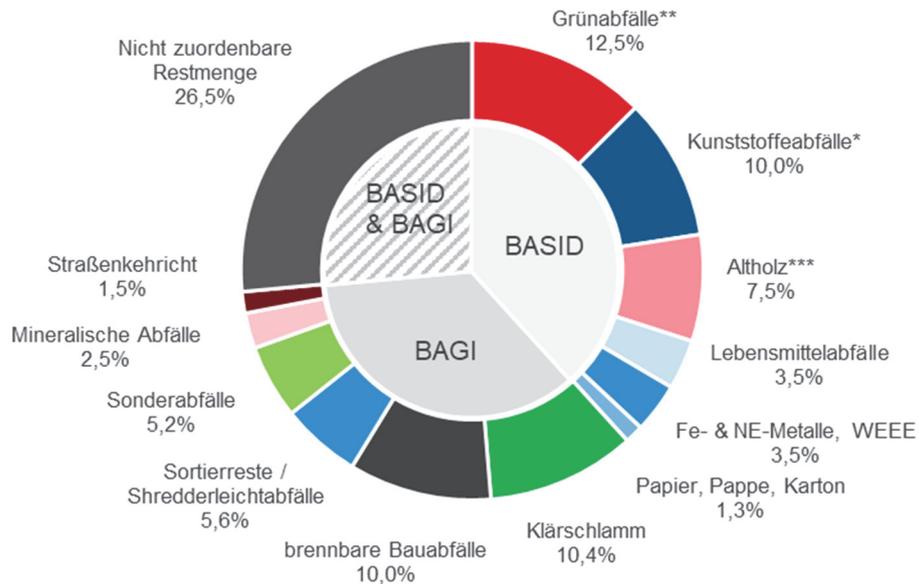
übernommen werden kann und eine spezifische Bewertung erfolgen muss. Die verfügbaren Datengrundlagen für eine spezifische Bewertung sowie deren Ergebnisse werden im folgenden Kapitel 3.1.4 beschrieben

### **3.1.4 Zusammensetzung der brennbaren Siedlungsabfälle aus Direktanlieferungen (BASID) und der Abfälle aus Gewerbe und Industrie (BAGI)**

Für die Zusammensetzung der beiden Teilfraktionen BASID und BAGI sind keine umfassenden Daten bzw. ausreichend detaillierten Daten verfügbar. Beide Teilfraktionen wurden daher zunächst in Summe betrachtet und den verfügbaren Daten zu den brennbaren Siedlungsabfällen aus der kommunalen Sammlung (BASIKS) gegenübergestellt. Im Ergebnis der Analysen konnte wiederum in Anlehnung an die Siedlungsabfalldefinition (Kriterium der stofflichen Zusammensetzung) eine Zuordnung der prozentualen Mengenan-teile nach BASID und BAGI vorgenommen werden. Diese Aufteilung ist orientierend, da leichte Überschneidungen aufgrund der spezifischen Zusammensetzung möglich sind. Zudem verbleibt, wie nachfolgend dargelegt, eine nicht zuordenbare Restmenge, die anteilig auf BASID und BAGI zu verteilen wäre.

Für die Abschätzung der Zusammensetzung wurden diverse stoffstromspezifische Analysen ausgewertet. Diese basieren auf unterschiedlichen methodischen Grundlagen und Zielen sowie Erhebungsjahren, so dass gutachterliche Anpassungen an das Basisjahr 2015 vorgenommen werden mussten. Abgedeckt werden zudem nur ausgewählte relevante Stoffströme. Um das Bild dennoch weiter komplettieren zu können, wurden hilfsweise Daten zum Input von Müllverbrennungsanlagen in Deutschland ausgewertet und gutachterliche Annahmen getroffen, die mit dem VBSA diskutiert wurden. So konnte die nicht zuordnungsfähige Restmenge soweit reduziert werden, dass eine szenarische Betrachtung der zukünftig zu erwartenden Mengenentwicklung möglich wurde. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die Ergebnisse nur einen überschlägigen Charakter haben.

Abbildung 6: Annahmen zur Zusammensetzung der brennbare Siedlungsabfälle aus Direktanlieferungen sowie der brennbaren Abfälle aus Gewerbe und Industrie BAGI



Hinweise:

Farbabstufungen „grün“ – verfügbare Daten; Farbabstufungen „blau“ – Annahmen auf Basis verfügbarer Daten, Studien; Farbabstufungen „rot“ – sonstige Annahmen

\* inkl. Folien aus der Landwirtschaft, Verbundwaren, Rohre, Steckdosen etc.

\*\* Grünabfälle aus Unterhalt öffentlichen Grünanlagen / Marktabfälle

\*\*\* Altholz, Sägespäne, Holzverpackungen, Sperrgut

Quelle: siehe Tabelle 2

Tabelle 2: Datengrundlagen für die Annahmen zur Zusammensetzung der brennbaren Siedlungsabfälle aus der Dirrektanlieferung und der brennbaren Abfälle aus Gewerbe und Industrie\*

Haupt-Zuordnung*	Stoffstrom	Annahme Anteil 2015	Datengrundlagen
BAGI	Klärschlamm	10,4%	[VBSA_Mengen_2017]
BAGI	Sonderabfälle	5,2%	[VBSA_Mengen_2017]
BAGI	Sortierreste / Shredderleichtabfälle	~ 5,6%	[Haupt_Indicator_2016]
BAGI	brennbare Bauabfälle	~ 10,0%	[Wuest_Hochbau_2015]
BASID	Kunststoffe / Folien**	~ 10,0%	[BAFU_Kunststoff_2011], [BAFU_Kehrsicht_2012]

Haupt-Zuordnung*	Stoffstrom	Annahme Anteil 2015	Datengrundlagen
BASID	Lebensmittelabfälle	~ 3,5%	[BAFU_BIO_2014], [biosweet / ZAH_BIO_2016], [BAFU_Food waste_2017a], [BAFU_Kehricht_2012]
BASID	Fe- und NE-Metalle, Elektro- und Elektronikaltgeräte	~ 3,5%	[SENS etc._ WEEE_2016], [SENS etc._ WEEE_2017], [VBSA_Monitoring_2017], [BAFU_Kehricht_2012]
BASID	Papier, Pappe, Karton	~ 1,3%	[ZPK/ASPI_Papier_2010 -2016], [BAFU_Kehricht_2012]
BASID	Grünabfälle aus Unterhalt öffentlichen Grünanlagen / Marktabfälle	~ 12,5%	Annahmen Prognos (Basis: Auswertung von Anliefermengen an deutsche MVA)
BASID	Altholz, Sägespäne, Holzverpackungen, Sperrgut	~ 7,5%	Annahmen Prognos (Basis: Auswertung von Anliefermengen an deutsche MVA)
BAGI	Mineralische Abfälle	~ 2,5%	Annahmen Prognos (Basis: Auswertung von Anliefermengen an deutsche MVA)
BAGI	Straßenkehrsicht	~ 1,5%	Annahmen Prognos (Basis: Auswertung von Anliefermengen an deutsche MVA)
BASID/ BAGI	Nicht zuordenbare Restmenge	~ 26,5%	Differenzrechnung

\* Zuordnung der Hauptmenge, leichte Überschneidungen aufgrund der spezifischen Zusammensetzung möglich  
 \*\* inkl. Verbundwaren, Rohre, Steckdosen etc.

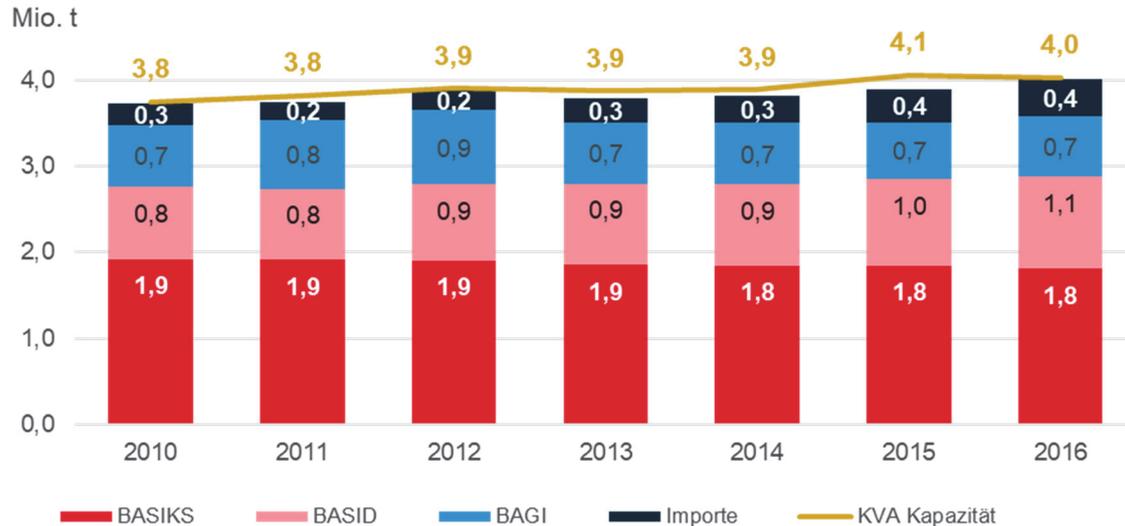
Quelle: in der Tabelle aufgeführt

### 3.2 Thermische Abfallbehandlungskapazitäten

Die Schweiz verfügt über 30 Kehrichtverwertungsanlagen, die im Jahr 2016 über eine Gesamtkapazität von 4,03 Mio. t verfügten [VBSA\_Mengen\_2017]. Die Kapazität hat sich gegenüber dem Jahr 2010 leicht um 0,28 Mio. t. (+7%) erhöht.

Der Anteil verbrannter Siedlungsabfälle (BASIKS und BASID) ist von 2,76 Mio. t im Jahr 2010 auf 2,87 Mio. t im Jahr 2016 angestiegen. Der BASIKS-Anteil ist im Zeitraum von 2010 bis 2016 um rund 4% zurückgegangen. Demgegenüber verzeichnete der BASID-Anteil einen Anstieg um 24% und liegt damit deutlich über dem Gesamtzuwachs national verbrannter Abfälle von 3%.

Abbildung 7: Zusammensetzung der in Kehrrichtverwertungsanlagen verwerteten Abfälle

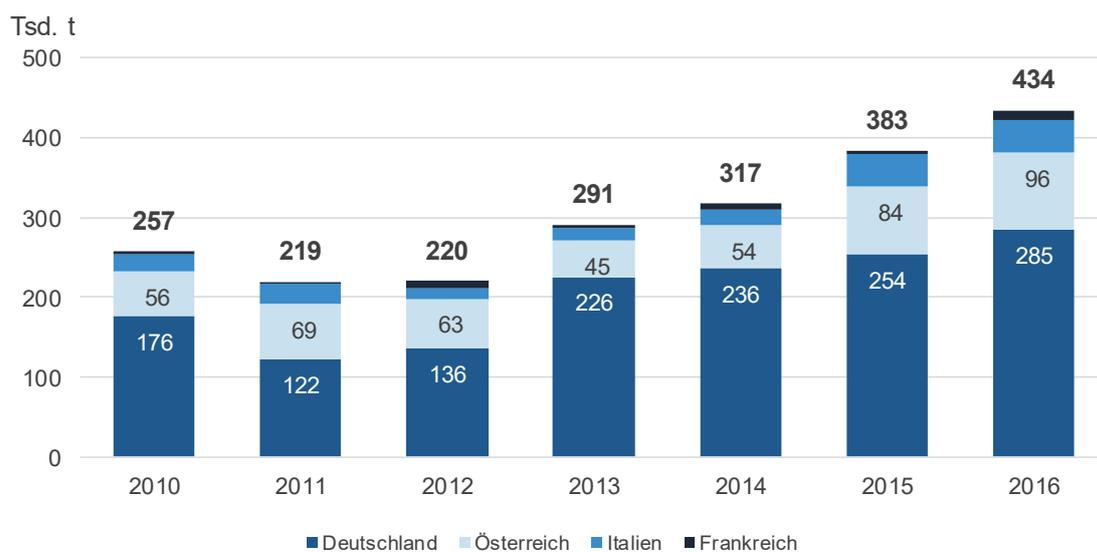


\* unter „Direktanlieferungen – Industrie & Gewerbe zugerechnet“ wurden auch Sonderabfälle und Klärschlamm berücksichtigt.

Quelle [VBSA\_Mengen\_2017], [VBSA\_Monitoring\_2015], [VBSA\_Monitoring\_2016], [BAFU\_Abfall\_2005 - 2016]

Deutlich gestiegen sind seit dem Jahr 2010 mit einem Zuwachs von 69% die Importe brennbarer Abfälle, Hauptimportland ist Deutschland mit einem Anteil von 66% an den Gesamtimporten im Jahr 2016.

Abbildung 8: Entwicklung der Importe brennbarer Abfälle



Quelle: [VBSA\_Mengen\_2017]

Im Hinblick auf die Verbrennungskapazitäten sind die Schweizer Kehrrechtverwertungsanlagen derzeit voll ausgelastet. Die Kapazitätssteigerung in 2015 ist auf die Inbetriebnahme der KVA Perlen zurückzuführen.

### 3.3 Soziodemografische Datengrundlagen für die Szenarien

Zwischen dem spezifischen Abfallaufkommen und den soziodemografischen Einflussfaktoren bestehen vielfältige wechselseitige Zusammenhänge. Einerseits wird die Entwicklung des absoluten Abfallaufkommens maßgeblich von der absoluten Bevölkerungsentwicklung beeinflusst, andererseits können weitere soziodemografische Effekte, wie Altersstruktur und Haushaltsgröße, aber auch die Kaufkraft und die Siedlungsstruktur die Aufkommensentwicklung entweder weiter verstärken oder auch bremsen [Hoffmeister\_Demografie\_2008].

Die Szenarien zur Entwicklung des Siedlungsabfallaufkommens in der Schweiz bis 2050 gehen grundsätzlich von den gleichen Annahmen für die Entwicklung der soziodemografischen und wirtschaftlichen Entwicklungen aus. Lediglich für die Bevölkerungsentwicklung werden zwei weitere alternativen Szenarien herangezogen, um die mögliche Bandbreite der Entwicklung abbilden zu können.

#### 3.3.1 Demografische Rahmendaten

##### 3.3.1.1 Bevölkerungsentwicklung

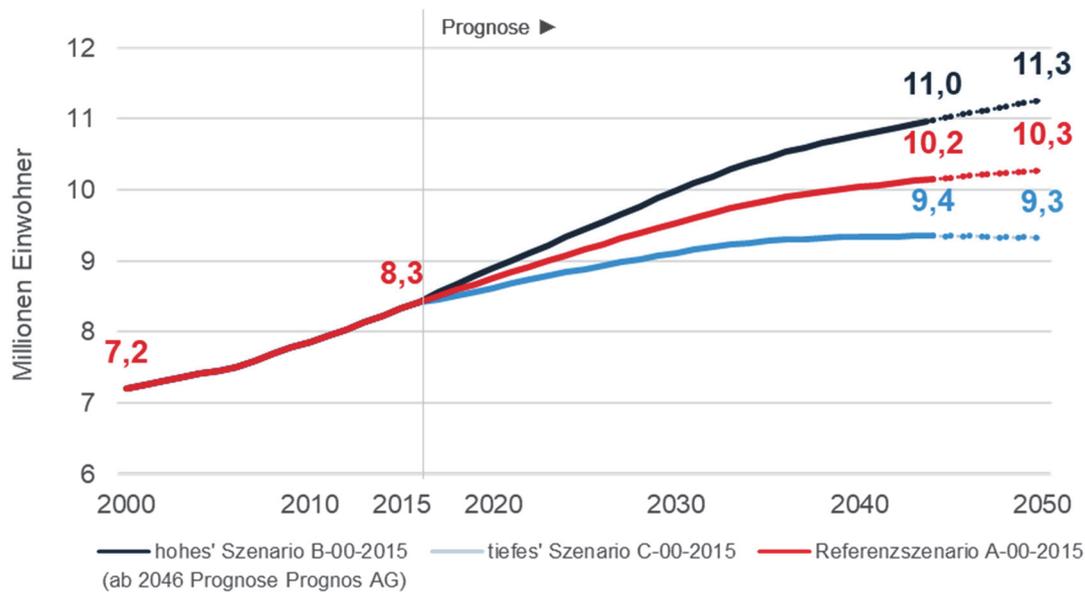
Für die zurückliegende Bevölkerungsentwicklung wurden die Bilanzen der ständigen Wohnbevölkerung des Bundesamtes für Statistik [BFS\_Bevölkerung\_2017a] ausgewertet. Die Zeitreihen liegen seit dem Jahr 2000 vollständig vor.

Die Prognose des Siedlungsabfallaufkommens bis zum Jahr 2050 basiert auf dem Referenzszenario (A-00-2015). Für ergänzende Sensitivitätsrechnungen wurden zusätzlich das sogenannte „hohe Szenario“ (B-00-2015) sowie das „niedrige Szenario“ (C-00-2015) berücksichtigt [BFS\_Bevölkerung\_2015a], [BFS\_Bevölkerung\_2015b]. Da die Szenarien nur einen Zeithorizont bis 2045 aufweisen, wurden alle drei Szenarien für den Zeitraum bis 2050 durch Prognos linear fortgeschrieben.

Die Prognosen erfolgen jeweils zum 1. Januar eines Prognosejahres. Da das Siedlungsabfallaufkommen für das jeweils zurückliegende Jahr prognostiziert wird, wurden die Einwohnerdaten im Modell vom 1. Januar auf den 31. Dezember des Vorjahres zurückdatiert.

Im Jahr 2000 lebten in der Schweiz 7,2 Millionen Einwohner. Bis zum Jahr 2015 konnte ein deutlicher Zuwachs auf 8,3 Millionen Einwohner (+ 16%) verzeichnet werden. In seinen Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 2015 –2045 geht das Bundesamt für Statistik von einem weiteren Bevölkerungswachstum aus. Im Referenzszenario steigt die Schweizer Bevölkerung bis zum Jahr 2045 auf 10,2 Millionen Einwohner. Es wird erwartet, dass sich dieser Wachstumstrend auch bis 2050 mit einem weiteren Zuwachs auf 10,3 Millionen Einwohner fortsetzt. Die Gesamteinwohnerzahl erhöht sich somit um 23% gegenüber 2015. Für die beiden Alternativszenarien wird angenommen, dass die Einwohnerzahlen im Jahr 2050 auf 9,3 Millionen Einwohner (+ 12%) im „niedrigen Szenario“ bzw. auf 11,3 Millionen Einwohner (+ 35%) im „hohen Szenario“ ansteigen.

Abbildung 9: Bevölkerungsentwicklung der Schweiz bis 2050



Quelle(n): [BFS\_Bevölkerung\_2017a], [BFS\_Bevölkerung\_2015a], Fortschreibung Prognos AG

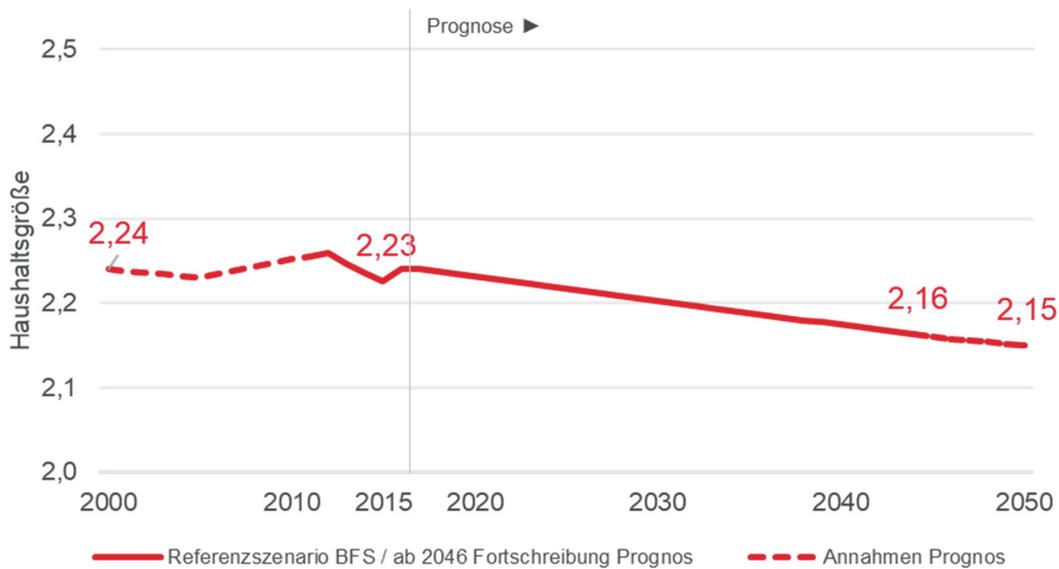
### 3.3.1.2 Entwicklung der durchschnittlichen Haushaltsgröße

Für die Analyse der zurückliegenden Entwicklung des Siedlungsabfallaufkommens unter Berücksichtigung der Entwicklung der durchschnittlichen Haushaltsgröße konnte zunächst keine zusammenhängende Zeitreihe für die Korrelation ermittelt werden. Mit den verfügbaren Randdaten für die Jahre 2000, 2005 sowie für den Zeitraum von 2012 bis 2016 und den zurückliegenden Zeitreihen zur Bevölkerungs- und Altersstruktur wurden die Zeitreihe durch Nachberechnungen vervollständigt.

Für die Prognose des Siedlungsabfallaufkommens der Schweiz bis 2050 wurde das Referenzszenario für die Prognose der Privathaushalte nach Haushaltsgröße 2017-2045 des Bundesamtes für Statistik berücksichtigt [BFS\_Haushalte\_2017a]. Die Entwicklung bis 2050 wurde durch Prognos linear fortgeschrieben.

Das Referenzszenario des Bundesamtes für Statistik erwartet einen weiteren Rückgang der durchschnittlichen Haushaltsgröße bis zum Jahr 2045 auf 2,16 Einwohner je Haushalt. Prognos geht in seinen Prognosen davon aus, dass sich dieser rückläufige Trend weiter fortsetzen wird. Für das Jahr 2050 geht Prognos im Modell von einer durchschnittlichen Haushaltsgröße von 2,15 Einwohner je Haushalt aus.

Abbildung 10: Entwicklung der durchschnittlichen Haushaltsgröße



Quelle: [BFS\_Haushalte\_2017a], Prognosen Prognos AG

### 3.3.2 Ökonomische Rahmendaten

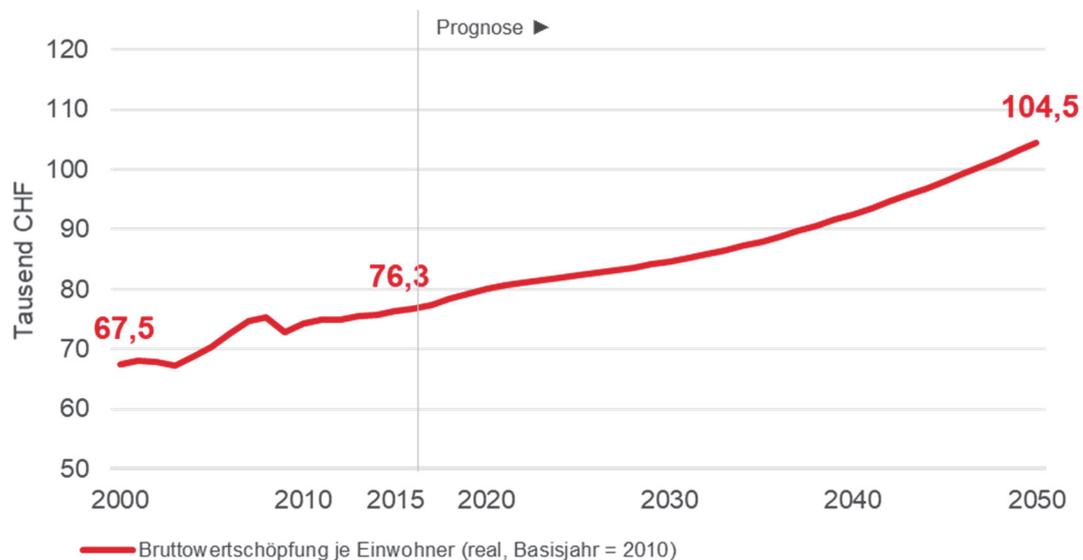
#### 3.3.2.1 Bruttowertschöpfung

Die Wirtschaftsentwicklung ist ein bedeutender Einflussfaktor auf das Siedlungsabfallaufkommen, der sich insbesondere auf den Teil der gewerblichen Siedlungsabfälle auswirkt, allerdings auch den Wohlstand einer Volkswirtschaft anzeigt.

Für die Darstellung der Wirtschaftskraft der Schweiz wurde im Modell die Bruttowertschöpfung je Einwohner als realer, d.h. inflationsbereinigter Wert (Basisjahr = 2010) einbezogen. Die Prognosen basieren auf dem makroökonomischen Modell „VIEW“ der Prognos.

Ausgehend von einer Bruttowertschöpfung von 76,3 Tsd. Schweizer Franken im Jahr 2015, wird ein Anstieg auf 104,5 Tsd. Schweizer Franken je Einwohner im Jahr 2050 erwartet. Das entspricht einem Anstieg um 37%. Dieser basiert auf den optimistischen Annahmen einer stetigen wirtschaftlichen Erholung und Stabilisierung des wirtschaftlichen Umfeldes in den wichtigsten Volkswirtschaften der Welt [Prognos VIEW].

Abbildung 11: Entwicklung der Bruttowertschöpfung je Einwohner (real, Basisjahr = 2010)



Quelle: [Prognos VIEW]

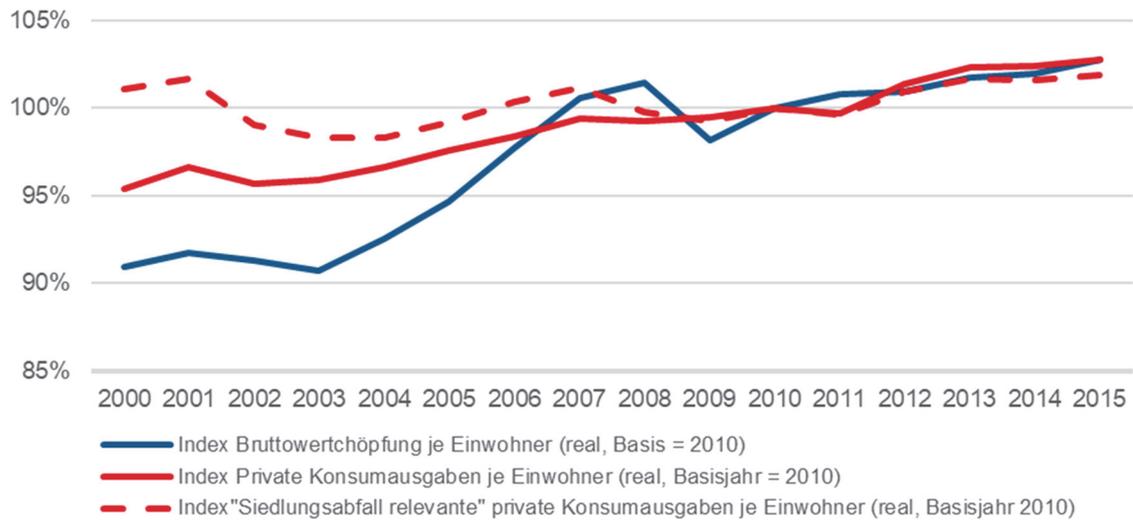
### 3.3.2.2 Private Konsumausgaben

Für die Darstellung der Kaufkraft bzw. wirtschaftlichen Lage der Haushalte wurden im Modell Daten zur Entwicklung der privaten Konsumausgaben je Einwohner herangezogen. Die Prognosen der Entwicklung der privaten Konsumausgaben basieren ebenfalls auf dem makroökonomischen Modell „VIEW“ der Prognos.

Die Entwicklung der einwohnerspezifischen privaten Konsumausgaben und die Entwicklung der einwohnerspezifischen Bruttowertschöpfung der Jahre 2000 bis 2015 zeigen einen stark positiven Zusammenhang. Der Korrelationskoeffizient zwischen der einwohnerspezifischen Bruttowertschöpfung und der einwohnerspezifischen privaten Konsumausgaben in den Jahren 2000 bis 2015 lag bei 0,94.

Im Mittel wurden 43 % der privaten Konsumausgaben für Siedlungsabfall-relevante Konsumgüter wie Lebensmittel, Alkohol und Tabak, Wohnungseinrichtung, Bekleidung, Schuhe und Verpflegung sowie sonstige Waren und Dienstleistungen ausgegeben.

Abbildung 12: Vergleich des Index der Entwicklung der Bruttowertschöpfung, privaten Konsumausgaben und „Siedlungsabfall-relevanten Konsumausgaben“ je Einwohner (real, Basisjahr = 2010) für die Jahre 2000 - 2015

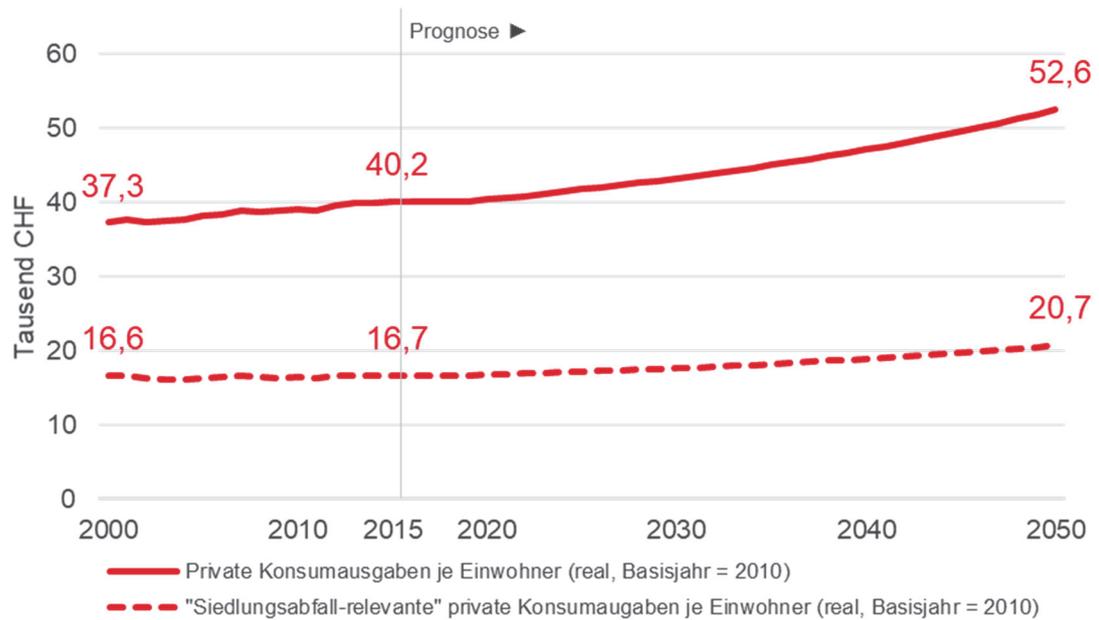


Quelle: [Prognos VIEW]

Im Jahr 2015 betragen die privaten Konsumausgaben in der Schweiz durchschnittlich 40.200 Schweizer Franken je Einwohner und Jahr. Bis zum Jahr 2050 wird ein weiterer Anstieg auf 52.600 Schweizer Franken (real, Basisjahr = 2010) erwartet. Das entspricht einem Zuwachs von 36 % bzw. 0,8 % per anno.

Beim Indikator Konsumausgaben ist jedoch zu berücksichtigen, dass eine Erhöhung der Kaufkraft nicht zwingend im gleichem Umfang auch abfallwirksam wird. Werden primär die sogenannten siedlungsabfallrelevanten Konsumausgaben berücksichtigt, fällt die Wachstumsrate mit 30 % bis 2050 leicht geringer aus. Zu den siedlungsabfallrelevanten Konsumausgaben zählen vor allem Ausgaben für Lebensmittel, Alkohol und Tabak, Wohnungseinrichtung, Bekleidung, Schuhe und Verpflegung sowie sonstige Waren und Dienstleistungen. Der Anteil an den privaten Konsumausgaben wird bis 2050 leicht rückläufig auf 39 % gesehen.

Abbildung 13: Entwicklung der privaten Konsumausgaben je Einwohner  
(real, Basisjahr = 2010)



Quelle: [Prognos\_VIEW]

## 4 Überblick über die abfallrechtlichen und abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen

Die nachfolgend kurz beschriebenen abfallrechtlichen und abfallwirtschaftlichen Ausgangsbedingungen und die Beschreibung der weiteren möglichen Maßnahmen und Entwicklungen bilden die wesentliche Basis für die Ableitung und Quantifizierung der Szenarien zur künftigen Abfallmengenentwicklung im Kapitel 5.3.

### 4.1.1 Abfallrechtliche Grundlagen

Die Abfallgesetzgebung der Schweiz basiert auf dem 1983 verabschiedeten **Umweltschutzgesetz (USG)**, in dem die Grundsätze zur Vermeidung und Entsorgung von Abfällen festgelegt wurden. Danach sollen Abfälle zunächst vermieden, andernfalls soweit wie möglich verwertet werden. Ist beides nicht möglich ist eine umweltverträglich Entsorgung - möglichst im Inland – durchzuführen.

Mit dem **Leitbild für die Schweizerische Abfallwirtschaft** [BAFU\_Leitbild\_1986] aus dem Jahr 1986 werden die politischen und ökonomischen Grundsätze für den Umgang mit Abfällen definiert. Danach ist der Umgang mit Abfällen als ganzheitliches System umweltverträglich zum Schutz von Mensch und Natur zu gestalten. Die Abfallwirtschaft soll sich an den Zielen der übergreifenden Gesetzgebung zum Umweltschutz, Gewässerschutz, Umgang mit Chemikalien sowie und Klimaschutz (CO<sub>2</sub>-Gesetz) orientieren. Die Kosten für die Abfallbehandlung trägt, sofern nicht anders geregelt, der Erzeuger. Erhöhte Abfallgebühren sind kosten – und risikogerecht einzusetzen

Im Jahr 1990 wurde die abfallrelevante Gesetzgebung um die **Technische Verordnung über Abfälle (TVA)** ergänzt. Der Geltungsbereich der Verordnung bezieht sich auf die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen sowie das Errichten und Betreiben von Abfallanlagen. Für den Umgang mit Abfällen werden klare Vorgaben erlassen. Ferner wurden Regelungen zur Abfallwirtschaftsplanung auf kantonaler Ebene erlassen. Betreiber von Abfallbehandlungs- und -entsorgungsanlagen unterliegen einem Bewilligungsverfahren.

Die TVA wurde Ende 2015 durch die Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA) abgelöst. Diese enthält wesentliche Änderungen und Neuregelungen [VVEA\_2015], [BAFU\_VVEA:2017], u.a. in den Bereichen

- definitorische Abgrenzung von Siedlungsabfällen
- Verwertung von biogenen Abfällen (insbesondere Lebensmittel und Holzabfälle)
- verpflichtende Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm, Tier- und Knochenmehl
- Präzisierung der Vorgaben für Deponien einschließlich deren Nachsorge sowie zur Verwertung von Abfällen in Zementwerken
- Berichts- und Informationspflichten

Während in der TVA Siedlungsabfälle als Abfälle aus Haushalten oder andere Abfälle mit vergleichbarer Zusammensetzung (z.B. unspezifische Betriebsabfälle) definiert wurden, grenzt die VVEA den Siedlungsabfallbegriff weiter ein. Danach zählen neben Abfällen aus

Haushalten gewerbliche Siedlungsabfälle nur noch dazu, sofern sie aus Unternehmen mit < 250 Vollzeitstellen stammen und deren Zusammensetzung bezogen auf die Inhaltsstoffe **und Mengenverhältnisse** mit Abfällen aus Haushalten vergleichbar sind.

Für spezifische Abfallfraktionen wurden Einzelverordnungen erlassen und in den nachfolgenden Jahren aktualisiert.

1998 wurde die **Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG)** verabschiedet. Danach müssen Elektro- und Elektronikaltgeräte nach der Nutzungsphase an Händler bzw. Inverkehrbringer zurückgegeben werden, wobei auf deren Seite eine Rücknahmepflicht besteht [VREG\_1998].

Die **Verordnung über Getränkeverpackungen (VGV)** definiert u.a. Verwertungsquoten für Getränkeverpackungen aus Aluminium, PET und Glas von mindestens 75% [VGV\_2000]. Über die Vorgaben zu den Verwertungsquoten bei den Getränkeverpackungen hinaus gibt es in der Schweiz bei anderen Wertstofffraktionen keine entsprechenden Regelungen.

Die im Jahr 2005 erlassene **Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA)** soll sicherstellen, dass Abfälle nur an geeignete Entsorgungsunternehmen übergeben werden. Sie bezieht sich vorrangig auf Sonderabfälle und sonstige kontrollpflichtige Abfälle [VeVA\_2005].

#### 4.1.2 Organisation der Abfallentsorgung und der getrennten Wertstofffassung

Die Siedlungsabfälle setzen sich aus separat erfassten Wertstofffraktionen (z.B. Papier, Glas, Metalle, biogene Abfälle) und dem verbleibenden Kehricht aus Haushalten und Gewerbe zusammen. Die Sammlung von Siedlungsabfällen fällt in den Kompetenzbereich der Kantone, Zweckverbände und Gemeinden. Die Einsammlung des Kehrichts aus Haushalten und Gewerbe erfolgt nahezu flächendeckend über gebührenpflichtige Abfallsäcke. Die Sackgebühr deckt die Kosten für Sammlung, Transport und Entsorgung ab. Mit der zunehmenden Umstellung auf eine verursachergerechte Gebühr werden Anreize zur Vermeidung von Abfällen bzw. deren Getrenntfassung und Rückführung in die Wertstoffkreisläufe geschaffen. Allerdings bestehen Unterschiede in der Höhe der Gebühren.

Für diverse Wertstofffraktionen stehen stoffstromspezifische Getrenntsammlungssysteme zur Verfügung. Die Schweiz verfügt über ein etabliertes und landesweit gut ausgebautes Netz an Rücknahmesystemen für Wertstoffe aus Haushalten.

Getrenntsammlungssysteme bestehen für

- **Papier, Pappe, Karton** auf Gemeindeebene, wobei die Erfassung sowohl separat (Papier und Pappe getrennt), als auch zusammen erfolgt.
- **Glas** wird über Sammelbehälter in den Gemeinden gesammelt. Mit der Umsetzung wurde VetroSwiss vom Bund beauftragt.
- **PET-Flaschen** können an jeder Verkaufsstelle von PET-Getränkeflaschen zurückgegeben werden, hier besteht eine Rücknahmepflicht gemäß VGV. Darüber hinaus gibt es weitere Sammelbehälter auch an zentralen Plätzen. 1990 wurde der Verein

PRS, PET-Recycling Schweiz, gegründet, der sich um die Sammlung der PET-Flaschen kümmert.

- **Stahl- und/oder Weißblech** werden teilweise separat und teilweise zusammen mit Aluminium gesammelt. Hierbei engagiert sich insbesondere der 1987 gegründete Verein Ferro Recycling.
- **Alttextilien** werden über Straßensammlungen erfasst. Darüber hinaus gibt es Kleidercontainer, die an zentralen Gemeindeplätzen, in Einkaufszentren oder den Wohngebieten selbst aufgestellt sind.
- **Aluminium-Verpackungen** (insbesondere Getränkedosen) werden bereits seit 1989 insbesondere durch die IGORA-Genossenschaft separat erfasst und recycelt.
- Zunehmend erfolgt die Separatsammlung von **Aluminium-Kapseln**, insbesondere Nespresso-Kaffeekapseln. Diese können in den Nespresso-Filialen und Partnergeschäften zurückgegeben werden. Zudem besteht in einigen Städten auch die Möglichkeit der haushaltsnahen Erfassung über die Rückgabe per Post.
- **Fe- und NE-Metalle** werden von den Gemeinden erfasst und an die entsprechenden Aufbereitungsunternehmen weitergeleitet.
- Seit 2013 werden Kunststoffflaschen flächendeckend gesammelt. Die Sammlung erfolgt im Bringsystem, d.h., die Kunststoffflaschen können direkt wieder in alle größeren Verkaufsstellen zurückgebracht werden. In einzelnen Regionen wurden gemischte Kunststoffsammlungen eingeführt.
- Für **Elektro- und Elektronikgeräte** besteht eine gesetzliche Rücknahmepflicht des Handels bzw. der Inverkehrbringer. Aufbereitung und Verwertung erfolgen durch Swico und SENS.
- **Batterien** können in allen Verkaufsstellen zurückgegeben werden.
- Für **biogene Abfälle** gibt es neben dem Bringsystem zu Gemeindesammelplätzen auch Holsysteme.

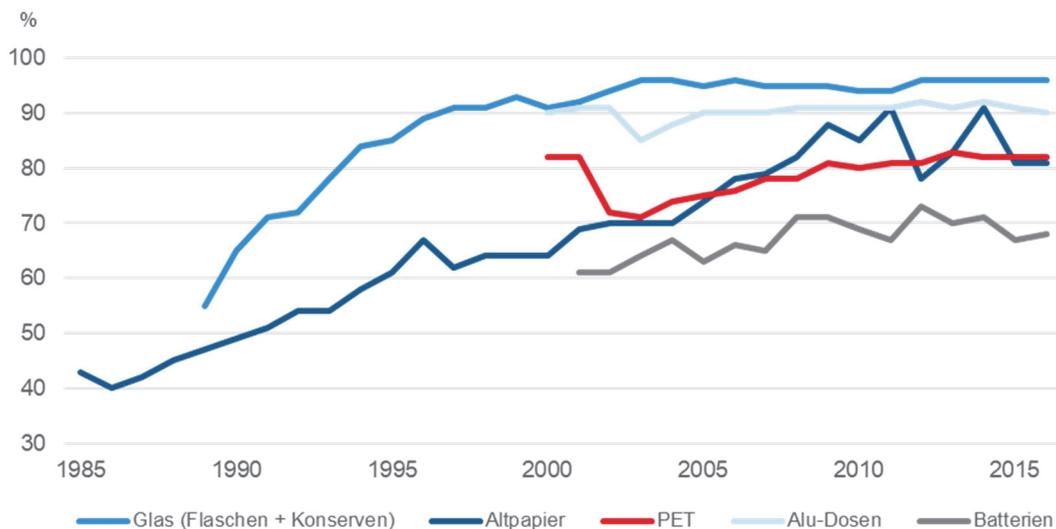
#### 4.1.3 Recyclingquoten für die getrennt erfassten Wertstoffe

Die Schweiz verfügt über ein gut ausgebauten und von der breiten Bevölkerung akzeptiertes System für die separate Sammlung von verschiedenen Abfallfraktionen wie Altglas, Altpapier, Pappe und Kartonagen, PET-Getränkeflaschen, Aludosen, Batterien etc. Die Trennung der Abfälle und die Anlieferung an die Sammelstellen erfolgen in der Schweiz an der Quelle, d. h. im Wesentlichen durch die Konsumenten und Konsumentinnen selber, was zu einer schlanken Kostenstruktur des Recyclings und einer hohen Qualität des Sammelgutes führt. Im Gegensatz dazu führen gemischte Sammlungen von Abfällen und deren nachträglichen Sortierung in Sortieranlagen zu erhöhten Systemkosten und höheren Ausschussquoten.

Die Trennung von Abfällen an der Anfallstelle genießen in der Schweiz eine hohe Akzeptanz in der Bevölkerung, was sich auch an der hohen Recyclingquote des gesamten Siedlungsabfalls von aktuell 53% widerspiegelt. Viele Abfallfraktionen wie z.B. Altglas, Altpapier, Pappe und Kartonagen sowie Aludosen haben bereits hohe Rücklaufquoten von über 90% (siehe die folgende Abbildung), so dass das Recyclingpotenzial bei diesen Abfallfraktionen bereits weitgehend ausgeschöpft ist:

- **Altglas**  
Die Recyclingquote aus den getrennt gesammelten Altglasmengen in der Schweiz ist von 65% im Jahr 1990 auf mittlerweile 96% (2016) angestiegen.
- **Altpapier** (Papier/ Pappe) und **Kartonagen** (PPK)  
Die Recyclingquote aus den getrennt gesammelten Altpapierzeitungen, Papierverpackungen und Kartonagen in der Schweiz ist von 49% im Jahr 1990 auf mittlerweile 91% (2016) angestiegen.
- **PET-Getränkeflaschen**  
Für die getrennten gesammelten Getränkeflaschen ergibt sich eine Steigerung der Recyclingquote von rund 70 bis 75% in den frühen 2000er Jahren auf derzeit 82%.
- **Aludosen**  
Die Recyclingquote aus den getrennt gesammelten Alu-Dosen in der Schweiz liegt seit Einführung der Sammelsysteme im Jahr 2000 bereits bei 90% und heute bereits bei 92% (2016).

Abbildung 14: Entwicklung der Sammel- und Verwertungsquoten für Altglas, Altpapier, PET-Getränkeflaschen, Alu-Dosen und Batterien 1985 bis 2016



Quelle: [BAFU\_Indikator\_2017], [BAFU\_Abfall\_2005 - 2016]

- **Biogene Abfälle** (Lebensmittel-/ Bioabfälle)  
Gemäß der Studie „Erhebung der Kehrichtzusammensetzung“ des Bundesamtes für Umwelt [BAFU, 2012 (bereits in der Literaturliste?)] beträgt der Anteil von Biomasse, d. h. Speisereste, Grünabfälle etc. im Schweizer Hauskehricht durchschnittlich knapp 33 Gewichts-%, wovon rund die Hälfte auf noch in genussfähigem Zustand weggeworfene Lebensmittel („Food Waste“) entfallen.
- **Kunststoffe** (Verpackungen und Nichtverpackungen)  
Für Kunststoffe bestehen bereits verschiedene Sammelsysteme [Pohl\_Kunststoffe\_2017]. Der Anteil an Kunststoffen im Haushaltskehricht beträgt rund 11,6 Gewichts-% (2015), davon entfallen rund 2 Gewichts-% auf Kunststoffflaschen (inkl.

PET-Flaschen). Daneben kommen Kunststoffe im Kehrriech auch in Verbundwaren (z.B. Schuhe) oder Verbundverpackungen (Getränkekartons) vor.

Die wesentlichen Potenziale für eine zusätzliche stoffliche Verwertung im Zeitraum bis zum Jahr 2050 liegen somit in erster Linie bei biogene Abfällen (Lebensmittel-/ Bioabfälle) und zu einem geringeren Teil bei Kunststoffen (Verpackungen und stoffgleiche Nichtverpackungen).

#### 4.1.4 Initiativen zur Abfallvermeidung

Maßnahmen zur Abfallvermeidung bei den privaten Haushalten stehen im Wesentlichen im Zusammenhang mit der Entkoppelung des Konsums vom Abfallaufkommen. Die Abfallwirtschaft selbst hat in dieser Hinsicht jedoch nur einen sehr beschränkten Einfluss, die Maßnahmen zur Verbesserung des gesamten Lebenszyklus eines Produkts – Produktion, Handel, Gebrauch und Entsorgung – sind an anderer Stelle zu initiieren.

Im Bericht des Bundesrates zur Weiterentwicklung der Grünen Wirtschaft im Zeitraum 2016 bis 2019 [BAFU\_Wirtschaft\_2016] ist zum Bereich der Abfallvermeidung die Erarbeitung von Grundlagen für ein Abfallvermeidungskonzept (Maßnahme 4a) enthalten, welches in den Folgejahren in der umgesetzt werden soll.

Im oben genannten Bericht des Bundesrates ergeben sich beim Thema Abfallvermeidung Überschneidungen mit dem Themenfeld Konsum und Produktion, insbesondere in den folgenden Schwerpunkten:

- Ressourcenschonendes Konsumverhalten, u. a. mit Maßnahmen zur Verringerung von „Food Waste“ (1b) sowie der Schaffung von Grundlagen zur ressourcenschonenden Ernährung (1c)
- Erhöhung von Transparenz und Standards bei ökologisch wichtigen Rohstoffen und Produkten, u. a. mit freiwilligen Maßnahmen der Wirtschaft (2b) und der Weiterentwicklung der nachhaltigen öffentlichen Beschaffung (2c)
- Produkt- und Prozessoptimierung, u. a. mit Maßnahmen zur Optimierung der Ressourceneffizienz entlang der betrieblichen Wertschöpfungsketten (3b) sowie die Erarbeitung eines Konzepts zur Bewertung von zukunftsweisenden Umwelttechnologien im Bereich der Ressourcenschonung und -effizienz (3c)

#### 4.1.5 Künftige Maßnahmenbereiche zur Beeinflussung des Abfallaufkommens

Im Rahmen des in der Einführung zum Kapitel 2 erwähnten Workshops beim BAFU wurden eine Reihe von verschiedenen abfallrechtlichen und abfallwirtschaftlichen Maßnahmen diskutiert. Im Ergebnis wurden die folgenden Maßnahmenbereiche als realistisch für die Weiterentwicklung der Abfallwirtschaft erachtet:

- Förderung der Abfallvermeidung, Umsetzung von Anforderungen an ein recyclingfähiges Produktdesign
- Vermeidung von Lebensmittel-/ Bioabfällen in den privaten Haushalten, inklusive einer überschlägigen Abschätzung der Anteile von Lebensmittel-/ Bioabfällen in gewerblichen Anlieferungen (Handel, Gastronomie) an die KVA

- Weiterer Ausbau der Getrennterfassung (soweit noch möglich) „traditioneller“ Wertstofffraktionen (PPK, Glas, PET, Aluminiumdosen, Weißblech, Textilien) und Steigerung der stofflichen Verwertung der einzelnen Fraktionen
- Moderater Ausbau der Separaterfassung von recyclingfähigen Kunststoffen aus Haushalten (Hauptfokus: Ergänzung der freiwilligen Sammlung von Kunststoffflaschen im Detailhandel durch Sammlungen an öffentlichen Entsorgungshöfen).

Diese Maßnahmen bilden in Kombination mit den unterschiedlichen Megatrends (siehe Kapitel 6) die wesentliche Grundlage für die nachfolgend dargestellten Szenarien zur künftigen Abfallmengenentwicklung.

## 5 Status-quo-Prognose zur Entwicklung der Siedlungsabfälle bis zum Jahr 2050

### 5.1 Annahmen für die Prognose

In der Status quo Prognose werden die im Jahr 2015 vorhandenen Basiswerte, insbesondere in Bezug auf die Abfallzusammensetzung, den Anteil der Getrennterfassung sowie die prozentuale Verteilung auf die Hauptentsorgungswege, für die Zukunft konstant gehalten und fortgeschrieben. Die Prognose erfolgt methodisch als multiple Regression unter Berücksichtigung der prognostizierten demografischen und wirtschaftlichen Entwicklungen sowie der angenommenen Herkunftsbereiche.

Tabelle 3 Überblick: Annahmen für die „Status quo“ Prognose

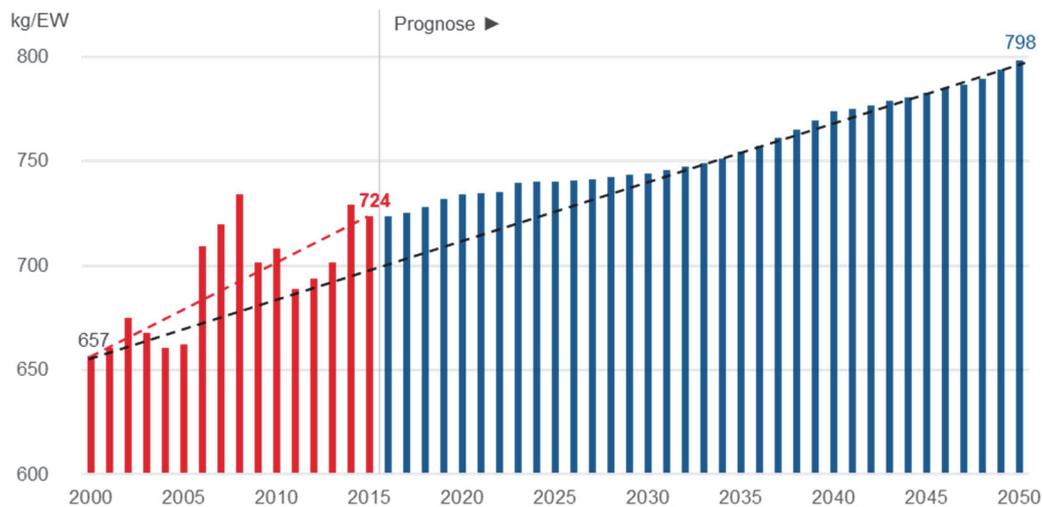
Szenario	„Status quo“	
<b>Inhalt:</b>	Festschreibung des erreichten Standes des Basisjahres 2015 in Bezug auf die Siedlungsabfallzusammensetzung, den Anteil der Getrennterfassung sowie den Anteilen der einzelnen Entsorgungswege	
<b>Logik/ Methodik:</b>	Fortschreibung der Basiswerte bis zum Jahr 2050 allein über die Entwicklung der einzelnen Treiber	
<b>Stoffströme:</b>	Siedlungsabfälle gesamt	
<b>Annahmen:</b>	Zielwert	keine Änderung
	Herkunft	keine Änderung
	Verbleib	keine Änderung
	Umsetzungszeitraum	Festschreibung bis 2050
<b>Grenzen</b>	Beibehaltung der Definition von Siedlungsabfällen gemäß TVA 1990 Die ab 2019 geltenden Änderungen gemäß VVEA 2016 werden nur orientierend und sensitiv betrachtet	

### 5.2 Ergebnisse der Status quo Prognose

#### 5.2.1 Gesamtaufkommen an Siedlungsabfällen

Nach den Ergebnissen der Status quo Prognose wird das einwohnerspezifische Siedlungsabfallaufkommen von 724 kg/EW im Jahr 2015 auf 798 kg/EW im Jahr 2015 ansteigen und sich damit um 10% erhöhen. Unter Berücksichtigung der Bevölkerungsentwicklung im Referenzszenario erhöht sich das absolute Siedlungsabfallaufkommen von 6,0 auf 8,2 Mio. t. Das entspricht einer absoluten Steigerung von 36% gegenüber dem Basisjahr 2015.

Abbildung 15: Zeitreihe zur Entwicklung des spezifischen Gesamtaufkommens an Siedlungsabfällen pro Einwohner nach der Status quo Prognose (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)



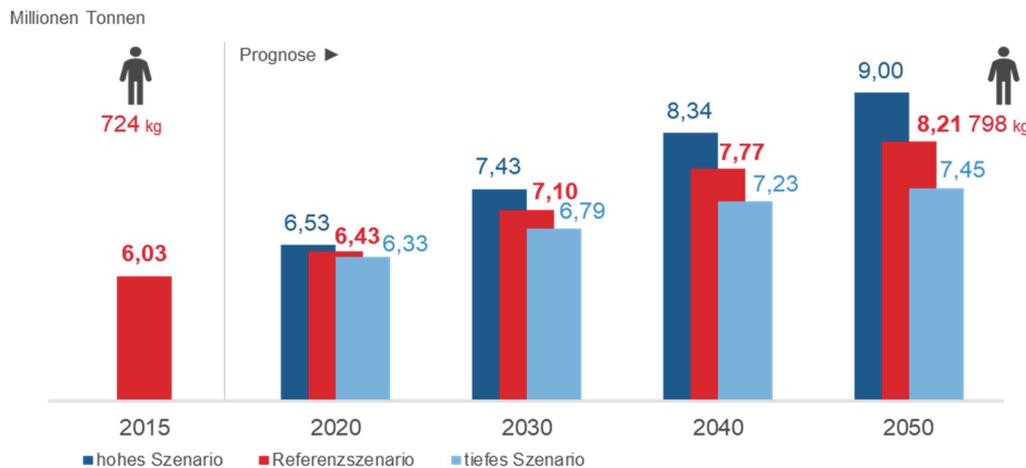
Quelle: Prognos AG 2017

Die vorstehende Abbildung zeigt die Ergebnisse der Berechnung des spezifischen Abfallaufkommens, welche ausschließlich die zurückliegenden Korrelationen des Mengenaufkommens mit den soziodemografischen und ökonomischen Treibern berücksichtigt bzw. fortschreibt. Hierbei ist zu beachten, dass die Siedlungsabfalldefinition der Schweiz - wie in Kapitel 3 beschrieben - sehr breit gefasst ist. Insofern wirkt neben der Entwicklung der Konsumausgaben auch die allgemeine wirtschaftliche Entwicklung auf die Entwicklung der Siedlungsabfälle aus dem Gewerbe ein.

In den Jahren 2000 bis 2015 ist das einwohnerspezifische Siedlungsabfallaufkommen im langjährigen Mittel um durchschnittlich mehr als 0,65% pro Jahr gewachsen. Für den Zeitraum von 2015 (Basisjahr) bis 2050 wird ein durchschnittliches jährliches Wachstum von 0,28% prognostiziert. Dieses liegt unter den durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten für die wirtschaftliche Entwicklung bezogen auf die Bruttowertschöpfung (real, Basisjahr 2010) mit 0,9% pro Jahr bzw. die Konsumausgaben (real, Basisjahr 2010) mit unter 0,8% pro Jahr. Beeinflusst wird die prognostizierte weitere Zunahme des einwohnerspezifischen Siedlungsabfallaufkommens zudem von der rückläufigen durchschnittlichen Haushaltsgröße, die zu einem höheren mittleren einwohnerspezifischen Siedlungsabfallaufkommen führt. Dieser Trend wird zudem durch die Altersstruktur der Bevölkerung befördert.

Diese „was passiert, wenn nichts passiert“ Betrachtung zeigt die wahrscheinliche Entwicklung des pro-Kopf Aufkommens in der Schweiz, falls nicht durch weitere abfallwirtschaftlichen oder abfallrechtlichen Maßnahmen entgegengewirkt wird.

Abbildung 16: Entwicklung des Gesamtaufkommens an Siedlungsabfällen nach der Status quo Prognose (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)



Quelle: Prognos AG 2017

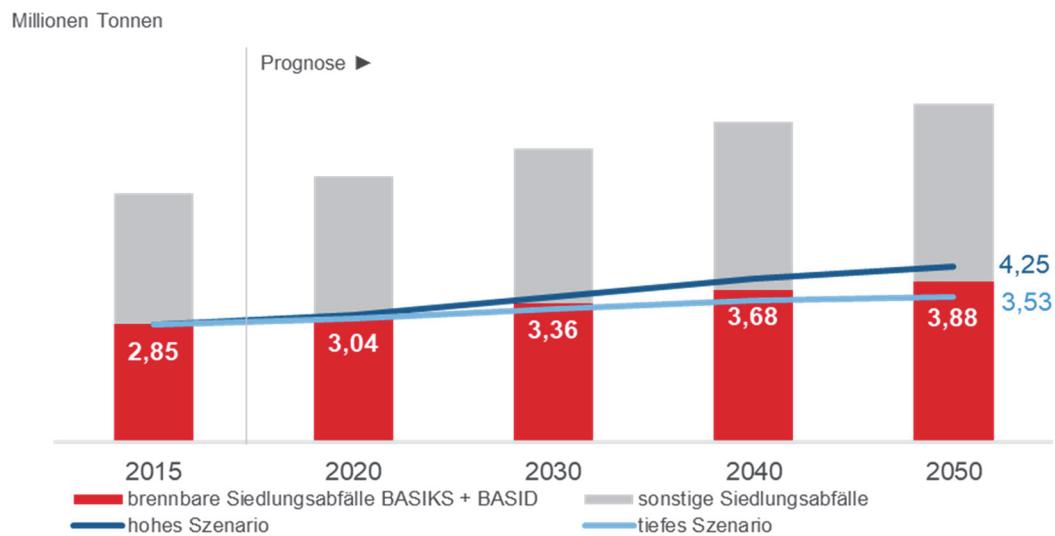
Ausgehend von einer deutlich dynamischeren Steigerung der Bevölkerung im „hohen Szenario“ wird eine Zunahme des absoluten Siedlungsabfallaufkommens um 49% auf nahezu 9,0 Mio. t erwartet, während der im „tiefen Szenario“ prognostizierte Rückgang der Bevölkerung nur eine Zunahme des absoluten Siedlungsabfallaufkommens um 24% auf nahezu 7,5 Mio. t erwarten lässt.

Die Status quo Prognose lässt die ab 2019 geltende Änderung der Definition von Siedlungsabfällen, bei der insbesondere neben dem Kriterium der Vergleichbarkeit der Zusammensetzung von Gewerbeabfällen mit Abfällen aus Haushalten auch noch das Kriterium der Vergleichbarkeit der Mengenverhältnisse zu berücksichtigen ist, außer Acht. Die Gründe liegen in der nicht oder nur begrenzt verfügbaren Datenlage, die in Kapitel 3.1 bereits näher erläutert wurde. Grob geschätzt kann bei Berücksichtigung der ab 2019 geltenden Änderungen der Definition von Siedlungsabfällen sowie der Definition der Bezugsgröße „Unternehmen“ für gewerbliche Siedlungsabfälle gemäß VVEA 2016 von einer Verschiebung der brennbaren Abfälle aus Direktanlieferungen (BASID, den Siedlungsabfällen zugerechnet) zu den brennbaren Abfällen aus Gewerbe und Industrie (BAGI). Das Siedlungsabfallaufkommen würde geringer ausfallen (für nähere Erläuterungen siehe Szenario 1 im Kapitel 7.2.1)

## 5.2.2 Brennbare Siedlungsabfälle BASIKS und BASID

Bei unveränderten Rahmenbedingungen in der Status quo Prognose entwickelt sich die Summe der brennbaren Siedlungsabfällen aus kommunalen Anlieferungen und aus Gewerbe und Industrie (BASIKS + BASID) proportional zum Siedlungsabfallaufkommen und wird auf 3,9 Mio. t im Jahr 2050 (+ 36%; Bevölkerungs-Referenzszenario) ansteigen. Das entspricht analog zum Jahr 2015 einem Anteil von 47% am Gesamtsiedlungsabfallaufkommen. Im niedrigen Bevölkerungsszenario würden die brennbaren Siedlungsabfälle um 0,6 Mio. t (+ 24%) bis 2050 zunehmen, während bei einem hohen Bevölkerungswachstum ein Plus von rund 1,4 Mio. t bis 2050 zu erwarten wäre.

Abbildung 17: Entwicklung Aufkommens an brennbaren Siedlungsabfällen (BASIKS + BASID) nach der Status quo Prognose (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)



Quelle: Prognos AG 2017

## 6 Basisszenarien zur Entwicklung der brennbaren Abfälle aus Gewerbe und Industrie (BAGI)

Für die Bewertung der potenziellen Mengenentwicklungen im Bereich der brennbaren Abfälle aus Industrie und Gewerbe wurden aufgrund der begrenzten Datenlage stoffstromspezifische Szenarien für

- Baumischabfälle und
- Klärschlämme

berechnet. Die darüber hinaus verbleibenden brennbaren Abfälle aus Industrie und Gewerbe wurden im Rahmen eines Gesamtszenarios betrachtet.

### 6.1 Szenario „Entwicklung brennbarer Bauabfälle“

Im Hinblick auf die zukünftige Auslastungssituation der Kehrrechtverwertungsanlagen wurde zusätzlich ein vereinfachtes Szenario für die künftige Entwicklung der brennbaren Bauabfälle entwickelt.

Zum Aufkommen und zu der Zusammensetzung von Hochbauabfällen kann auf eine fundierte Analyse und Prognose bis 2025 von Wuest & Partner [WUEST\_Hochbau\_2015] zurückgegriffen werden. Danach zählen zu den brennbaren Bauabfällen („Brennbares KVA“) Dämmstoffe, Kunststoffe, Textilien sowie Papier und Verpackungen.

Für das Jahr 2015 nehmen Wuest & Partner ein Aufkommen von rund 191 Tsd. t an brennbaren Abfällen an. Diese fallen überwiegend bei der Erneuerung (80%) und zu 20% beim Neubau an. Der Anteil hat sich insbesondere in der jüngeren Gebäudesubstanz ab 1960 zunehmend erhöht und liegt in der Altersgruppe der Bauten ab dem Jahr 2001 bei einem Anteil von 22% [Wuest\_Bau\_2015] - bezogen auf die Summe der Baumaterialien.

#### 6.1.1 Annahmen für das Szenario

Bis zum Jahr 2025 werden die Prognosen zur Fraktion "Brennbares KVA" aus der Hochbaustudie von Wuest & Partner direkt für das Szenario übernommen. Für die Jahre 2026 bis 2050 erfolgt eine vereinfachte Prognose auf der Grundlage eigener Annahmen zur Entwicklung der Gebäudeflächen in der Schweiz, die von einem weiteren Anstieg ausgehen. Allerdings besteht für die Schweiz auch die Herausforderung, das Bevölkerungswachstum auf bestehender Nutzungsfläche zu realisieren. Insofern sind alternative Entwicklungspfade zur Zunahme der Gesamtgebäudefläche in Bezug auf kleinere Netto-Wohnflächen sowie „Raum“-Sharing durchaus vorstellbar.

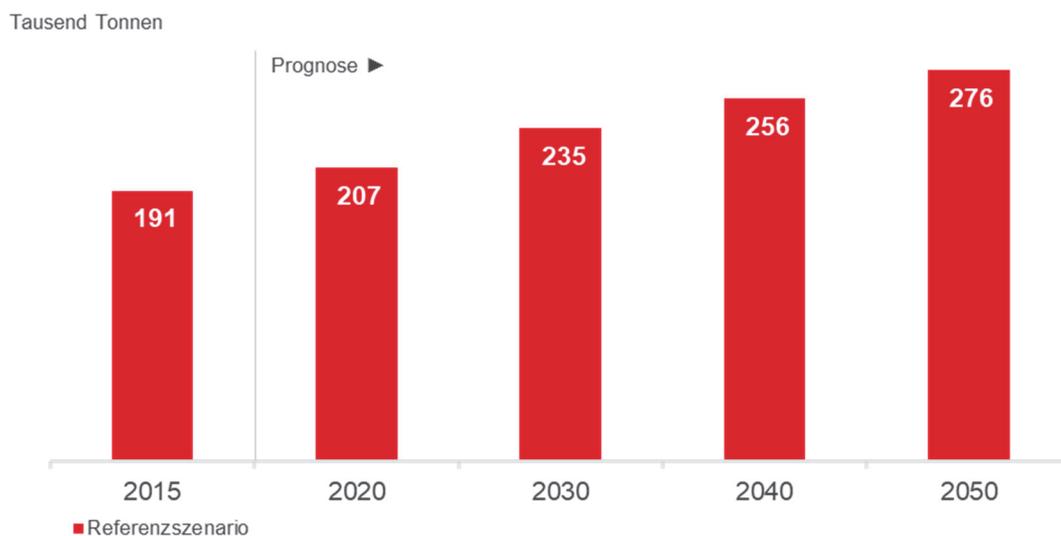
Tabelle 4 Überblick über das Szenario „Entwicklung brennbare Bauabfälle“

Szenario	„Entwicklung brennbare Bauabfälle“	
<b>Inhalt:</b>	Szenario zur Entwicklung brennbaren Bauabfälle	
<b>Logik:</b>	explorativ („was passiert, wenn ...“)	
<b>Stoffströme:</b>	brennbare Bauabfälle	
<b>Annahmen:</b>	Zielwert	-
	Herkunft	keine Änderung
	Verbleib	keine Änderung
	Umsetzungszeitraum	bis 2050
<b>Grenzen</b>	Entwicklung des Wohnungsbaus und der einwohnerspezifischen Wohnflächen	

Nicht berücksichtigt ist im Szenario der Zubau an Fläche durch den Ausbau bestehender Wohnungen.

### 6.1.2 Ergebnisse des Szenarios

Abbildung 18: Entwicklung des Aufkommens brennbarer Bauabfälle für die KVA



Quelle: Prognos AG 2017

Das Aufkommen brennbarer Baumischabfälle wird bis zum Jahr 2050 weiter auf rund 276 Tsd. t ansteigen, was einem Zuwachs um 44% entspricht.

## 6.2 Szenario „Entwicklung des Klärschlammaufkommens“

Die rechtlichen Rahmenbedingungen für den Umgang mit Klärschlämmen sind in der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) mit dem Ausbringungsverbot von Klärschlamm als Dünger in der Landwirtschaft, der VVEA sowie im Gewässerschutzgesetz (GSchG) bzw. in der Gewässerschutzverordnung (GSchV) geregelt.

Gemäß Klärschlammhebung des BAFU sind im Jahr 2012 rund 195 Tsd. t<sub>TS</sub> Klärschlämme angefallen. Klärschlamm wird in der Schweiz mehrheitlich thermisch verwertet. Dies erfolgt in spezifischen Schlammverbrennungsanlagen (84 Tsd. t<sub>TS</sub>; 43%) bzw. wird in Kehrlichtverwertungsanlagen (53 Tsd. t<sub>TS</sub>; 26%) und in Zementwerken (52 Tsd. t<sub>TS</sub>; 26%) mitverbrannt. Nur ein geringer Anteil von 3% wurde im Jahr 2012 exportiert. [BAFU\_Klärschlamm\_2012].

Im Jahr 2015 wurden in den Kehrlichtverwertungsanlagen 37,7 Tsd. t<sub>TS</sub> Klärschlämme mitverbrannt [VBSA\_Mengen\_2017]. Gegenüber dem Jahr 2010 ist die Menge um nahezu 77 Tsd. t (-42%) zurückgegangen. Der Anteil der in Schweizer Zementwerken eingesetzten Klärschlämme betrug im Jahr 2015 insgesamt 40,8 Tsd. t<sub>TS</sub>. Gegenüber dem Jahr 2010 mit 35,9 Tsd. t<sub>TS</sub> ist dies eine Steigerung um nahezu 14%. Aktuelle Zahlen für die Monoverbrennung von Klärschlämmen liegen nicht vor.

### 6.2.1 Annahmen für das Szenario

Für die Modellierung der Entwicklung des Klärschlammaufkommens wurde eine Hochrechnung für das Jahr 2015 auf der Grundlage gleichbleibender einwohnerspezifischer Aufkommenswerte durchgeführt. Damit wird von einem Klärschlammaufkommen im Basisjahr 2015 von 201 Tsd. t<sub>TS</sub> ausgegangen

*Tabelle 5 Überblick über das Szenario „Entwicklung des Klärschlammaufkommens“*

Szenario	„Entwicklung des Klärschlammaufkommens“
<b>Inhalt:</b>	Szenario zur Entwicklung des Klärschlammaufkommens und des verbleibenden Anteils für die KVA
<b>Logik:</b>	explorativ („was passiert, wenn ...“)
<b>Stoffströme:</b>	Klärschlamm

**Szenario** „Entwicklung des Klärschlammaufkommens“

<b>Annahmen:</b>	Zielwert	-
	Herkunft	keine Änderung
	Verbleib	Nutzungskonkurrenzen zur Zementindustrie
	Umsetzungszeitraum	bis 2050
<b>Grenzen</b>	Technologische Entwicklungen der Abwasserbehandlung	

Für das vereinfachte Szenario zur Entwicklung des für die Kehrichtverwertungsanlagen verfügbaren Klärschlammaufkommens wurden die folgenden Sachverhalte berücksichtigt bzw. Annahmen getroffen:

- **Rechtliche Rahmenbedingungen**  
Seit 2006 gilt in der Schweiz ein Ausbringungsverbot für Klärschlamm. Die neue Verordnung über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen VVEA sieht ausserdem eine Rückgewinnung des im Klärschlamm enthaltenen Phosphors vor. Die Umsetzung soll innerhalb der nächsten 10 Jahre erfolgen. Die Rückgewinnung kann entweder aus den Aschen der Monoverbrennungsanlagen erfolgen, oder in einem Nassverfahren in den bestehenden Abwasserreinigungsanlagen.
- **Klärschlammbehandlung**  
Bis zum Jahr 2050 wird von einer Modernisierung bzw. Inbetriebnahme neuer Abwasserreinigungsanlagen ausgegangen, die mit der Umstellung auf anaerobe Verfahren zu einer schrittweisen Reduzierung des einwohnerspezifischen Klärschlammaufkommens führen werden.
- **Trockensubstanzgehalt**  
Der durchschnittliche Trockensubstanzgehalt für die in den KVA verwerteten Klärschlämme betrug im Jahr 2015 durchschnittlich 28% [VBSA\_Mengen\_2017]. Dieser Wert wird für das Szenario fortgeschrieben.
- **Anteil des in KVA mitverbrannten Klärschlammes**  
Der Anteil des in KVA mitverbrannten Klärschlammes betrug im Jahr 2015 schätzungsweise 19% des Gesamtaufkommens. Aufgrund des rückläufigen Trends seit 2010 und unter Berücksichtigung der Anforderungen der Phosphorrückgewinnung wird im Szenario von einem weiter rückläufigen Einsatz von Klärschlamm in den Kehrichtverwertungsanlagen ausgegangen. Dies basiert auf den szenarischen Annahmen eines weiteren Ausbaus der Monoverbrennungskapazitäten.

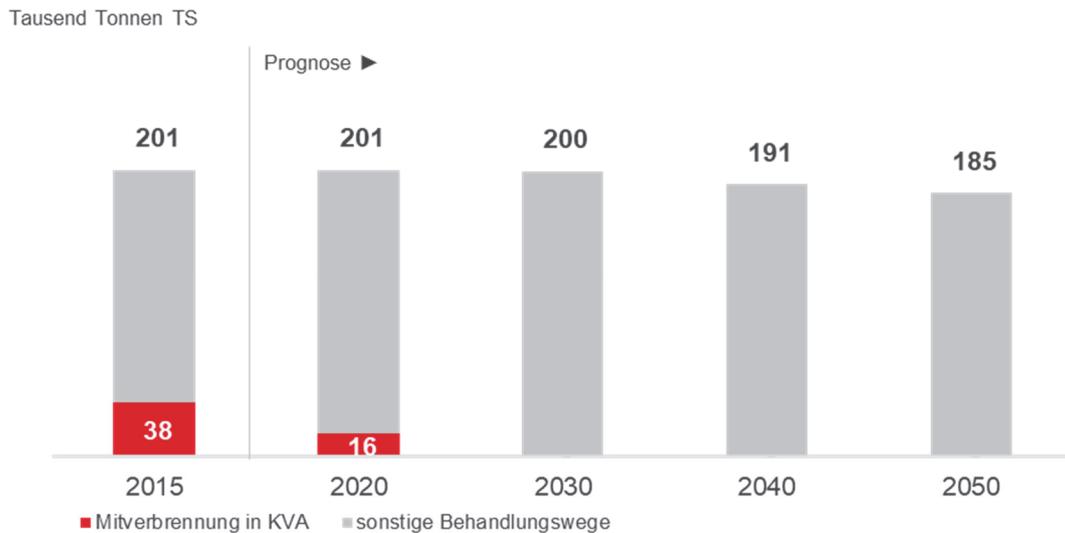
## 6.2.2 Ergebnisse des Szenarios

Für das Jahr 2050 wird ein Klärschlammaufkommen von 185 Tsd.  $t_{TS}$  angenommen, welches aus gegenläufigen Tendenzen eines positiven Bevölkerungswachstums einerseits

und einem reduzierten einwohnerspezifischen Klärschlammaufkommen andererseits basiert. Im Gesamtergebnis erfolgt ein Rückgang von 8% gegenüber dem Basisjahr 2015.

Für den Anteil des in den KVA mitverbrannten Klärschlammes wird weiterhin eine rückläufige Entwicklung angenommen, so dass bis zum Jahr 2030 keine Klärschlämme mehr in den KVA mitverbrannt werden.

Abbildung 19: Entwicklung des Klärschlammaufkommens für die KVA (Trockensubstanz)



Quelle: Prognos AG 2017

### 6.3 Szenario „Entwicklung der verbleibenden brennbaren Abfälle aus Industrie und Gewerbe“

Das Szenario zur Entwicklung der verbleibenden brennbaren Abfälle aus Industrie und Gewerbe baut auf den Analysen zur Zusammensetzung des Gesamtaufkommens brennbarer Abfälle aus Industrie und Gewerbe (siehe Kapitel 3.1.4) auf. Hier nicht mehr berücksichtigt sind

- brennbare Abfälle aus Industrie und Gewerbe, die den Siedlungsabfällen zugerechnet werden (Gegenstand der Siedlungsabfallszenarien 2 bis 5)
- brennbare Bauabfälle (Gegenstand von Szenario „brennbare Bauabfälle“) und
- Klärschlämme (Gegenstand von Szenario „Entwicklung des Klärschlammaufkommens“)

Innerhalb der verbleibenden brennbaren Abfälle aus Industrie und Gewerbe werden, basierend auf den Analysen von [Haupt\_Indicator\_2016], insbesondere berücksichtigt:

- Sortierreste aus der Wertstoffsortierung
- Shredderleichtfraktion
- Sonderabfälle
- sonstige gewerbliche und industrielle Abfälle

### 6.3.1 Annahmen für das Szenario

Das vereinfachte Szenario für die verbleibenden brennbaren Abfälle aus Industrie und Gewerbe berücksichtigt die folgenden Annahmen:

- Sortierreste / Shredderleichtfraktionen  
Die von [Haupt\_Indicator\_2016] ermittelten prozentualen Anteile an Sortierresten und Shredderleichtfraktionen wurden beibehalten.
- Sonderabfälle und sonstige brennbare Abfälle aus Industrie und Gewerbe  
Das Aufkommen der sonstigen brennbaren Abfälle aus Industrie und Gewerbe wird in bedeutendem Umfang von der Wirtschaftsentwicklung beeinflusst. Bis zum Jahr 2050 wird jedoch von einer weiteren Entkopplung von Wirtschaftsleistung und Abfallaufkommen ausgegangen. Berücksichtigt wurden im Szenario ferner Maßnahmen zur Abfallvermeidung in Produktionsprozessen, zum Produktdesign sowie zur Steigerung der Lebensdauer von Produkten.
- Recyclingannahmen  
Aufgrund des hohen Anteils der nicht zuordnungsfähigen Restmenge (siehe Kapitel 3.1.4) und der Annahmen für brennbare Abfälle aus Industrie und Gewerbe, die den Siedlungsabfällen zugerechnet werden (siehe Siedlungsabfallszenario 1-5), werden im Szenario keine weiteren Annahmen zu zusätzlichen Recyclingpotenzialen hinterlegt.
- Nutzungskonkurrenzen  
Die Nutzungskonkurrenz und damit Wettbewerbssituation zwischen der thermischen Verwertung in Kehrrechtverwertungsanlagen und Zementwerken wurde als konstant beibehalten.

**Tabelle 6** Überblick über das Szenario „Entwicklung der verbleibenden brennbaren Abfälle aus Industrie und Gewerbe“

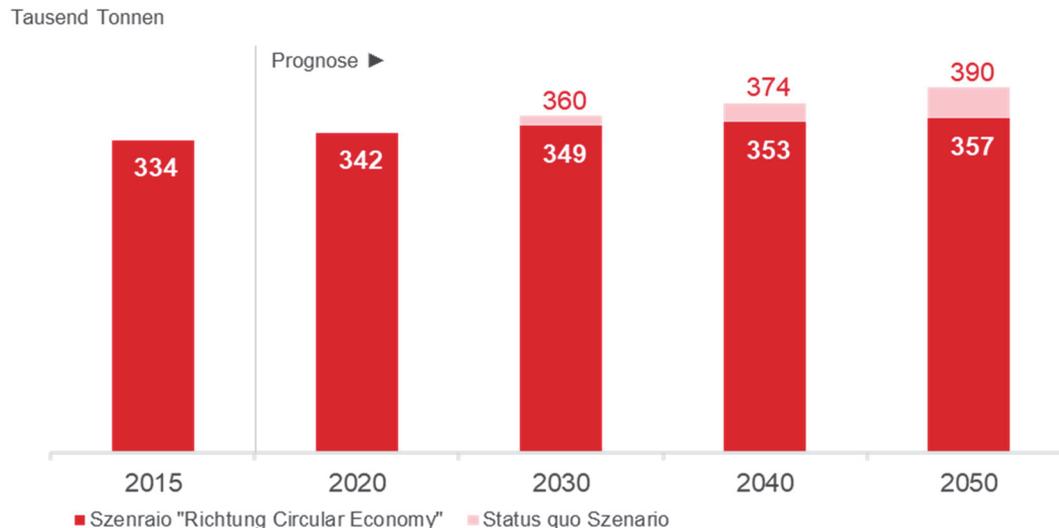
Szenario	„Entwicklung der verbleibenden brennbaren Abfälle aus Industrie und Gewerbe“	
<b>Inhalt:</b>	Szenario zur Entwicklung der verbleibenden brennbaren Abfälle aus Industrie und Gewerbe	
<b>Logik:</b>	explorativ („was passiert, wenn ...“)	
<b>Stoffströme:</b>	Sonderabfälle, Sortierreste, Shredderleichtfraktion, sonstige Abfälle aus Industrie und Gewerbe	
<b>Annahmen:</b>	Zielwert	-
	Herkunft	keine Änderung
	Verbleib	keine Änderung
	Umsetzungszeitraum	bis 2050
<b>Grenzen</b>	begrenzte Datenverfügbarkeit zur Zusammensetzung Nutzungskonkurrenzen begrenzte Datenverfügbarkeit zum Gesamtmarktpotenzial	

Die Modellierung erfolgte auf der Grundlage der Annahmen zur separaten Erfassung und zur Abfallvermeidung im Siedlungsabfallszenario 5 „Weg in Richtung Circular Economy“ und bildet im Ergebnis eine weitere Bandbreite der Status quo Entwicklung ab.

### 6.3.2 Ergebnisse des Szenarios

Das Aufkommen der verbleibenden brennbaren Abfälle aus Industrie und Gewerbe wird im Status quo Szenario bis zum Jahr 2050 auf rund 390 Tsd. t (+17%) ansteigen. Die untere Bandbreite der Entwicklungen wird durch das Szenario 5 „Weg in Richtung Circular Economy“ abgedeckt. Hier fällt der Anstieg auf 357 Tsd. t (+7%) moderater aus. Innerhalb des Szenarios 5 spiegeln sich gegenläufige Entwicklungstrends wieder, die einen Anstieg aufgrund der unterstellten positiven Wirtschaftsentwicklung sowie einer verstärkten Separaterfassung von Wertstoffen aus Haushalten (Anstieg der Sortierreste) befördern. Auf der anderen Seite bremst die zunehmende Entkopplung vom Wirtschaftswachstum sowie die unterstellte Abfallvermeidung durch z.B. Digitalisierung, Sharing Economy, Produktdesign den weiteren Anstieg der Abfälle aus Industrie und Gewerbe.

Abbildung 20: Bandbreite der Entwicklung des verbleibenden Aufkommens brennbarer Abfälle aus Gewerbe und Industrie für die KVA



Quelle: Prognos AG 2017

Im Szenario wurde eine konstante Verteilung der Anteile zwischen thermischer Verwertung in KVA, Zementwerken sowie den Export unterstellt. Für die KVA ergeben sich daher über den Wettbewerb um brennbare Abfälle aus Industrie und Gewerbe weitere Akquisitonspotenziale.

## 6.4 Importe brennbarer Abfälle für die KVA

Die Importe brennbarer Abfälle in die Schweizer KVA sind in den vergangenen Jahren deutlich angestiegen, wie bereits in Kapitel 3.2 beschrieben.

Mit rund 66% kommen die Importe mehrheitlich aus Deutschland. Hier bestehen insbesondere langfristige Verträge zur Behandlung von gemischten kommunalen Restabfällen (Kehricht) mit Landkreisen im südlichen Baden-Württemberg, die noch eine Laufzeit zwischen 2020 und 2025 (ohne Berücksichtigung von Verlängerungsoptionen) haben. In welchem Umfang die Verträge erneuert werden können, wird von der Auslastungssituation der Anlagen in Baden-Württemberg und den Genehmigungsbescheiden der Behörden abhängen. Der Abfallwirtschaftsplan Baden-Württemberg, Teilplan Siedlungsabfälle aus dem Jahr 2015 sieht grundsätzlich die so genannte Entsorgungsautarkie vor. Diese verpflichtet die Entsorger, zur Abfallbeseitigung Anlagen in Baden-Württemberg zu nutzen. Dies trifft auch auf die Restabfallentsorgung (Kehrichtentsorgung) zu. Den Behörden ist es erlaubt, die Verbringung gemischter Siedlungsabfälle zu untersagen [MUKE\_AWP\_2015].

Die Importe aus den anderen europäischen Ländern Österreich, Italien und Frankreich weisen für die vergangenen Jahre ebenfalls steigende Tendenzen aus. Die steigenden

Importe aus Österreich sind primär auf die Vollausslastung der österreichischen Müllverbrennungsanlagen zurückzuführen.

Vor dem Hintergrund der europäischen Umsetzungsfristen für die Reduzierung des Anteils deponierter biologisch abbaubarer Siedlungsabfälle auf 35% des Niveaus von 1995 stehen viele der europäischen Mitgliedsstaaten noch vor großen Herausforderungen, da die Behandlungskapazitäten nicht oder nicht in ausreichendem Umfang zur Verfügung stehen. Dies kann kurz bis mittelfristig zu Importpotenzialen für die thermische Verwertung führen.

Längerfristig ist zu berücksichtigen, dass das EU Abfallpaket – in der vorläufigen Einigung vom Dezember 2017 (Trilog) - verbindliche Ziele und Maßnahmen zur Reduzierung des Abfallaufkommens und zur Förderung der Wiederverwendung festlegt, die auch das Abfallpotenzial für die thermische Verwertung reduzieren werden. Das wird Auswirkungen auf Importpotenziale für die Schweiz nach sich ziehen.

Die vorgeschlagenen Maßnahmen des EU Abfallpaketes betreffen insbesondere:

- Recyclingziele für Siedlungsabfall: 55% ab 2025, 60% ab 2030 und 65% ab 2035
- Recyclingziele für Verpackungen: 65% ab 2025 und 70% ab 2030 mit spezifischen Zielen für spezifische Abfallströme (Plastik, Holz, Eisenmetalle, Aluminium, Glas, Papier und Karton)
- Reduzierung der Deponierung von Siedlungsabfall bis 2035 auf 10%
- Separaterfassung von biologischen Abfällen ab 2024, Textilien und gefährlichen Haushaltsabfällen ab 2025
- Reduzierung der Lebensmittelverschwendung um 25% bis 2030 bzw. 50% bis 2030 (unverbindliches Ziel)

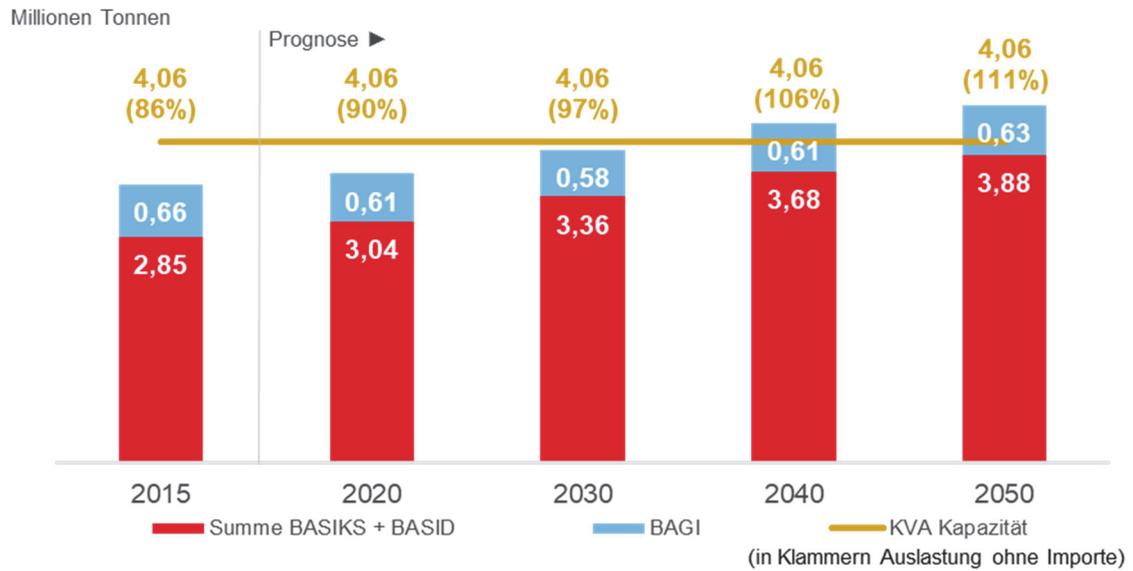
Für Mitgliedsländer, die von Zielwerten weit entfernt sind, sind Übergangsfristen geplant.

Die Importe sind in der Zukunftsbetrachtung nicht berücksichtigt.

## 6.5 Auslastung der Kehrrechtverwertungsanlagen

Unter Berücksichtigung des Status quo Szenarios für Siedlungsabfälle (Summe der brennbaren Siedlungsabfälle aus der kommunalen Sammlung und brennbare Siedlungsabfälle aus Direktanlieferungen – siehe Kapitel 5) sowie der vorab skizzierten Entwicklungen für brennbare Abfälle aus Gewerbe und Industrie ergibt sich im Jahr 2050 ein nationales Aufkommen an brennbaren Abfällen für die KVA (ohne Importe) in Höhe von nahezu 4,6 Mio. t. Ausgehend von der Annahme, dass die Kapazitäten der KVA auf dem Niveau des Jahres 2015 verbleiben, würde dies eine Auslastung von 111% bedeuten. Das heißt, dass Kapazitäten in einer Höhe von mindestens 0,6 Mio. t fehlen würden. Importe würden das Kapazitätsdefizit im Szenario noch erhöhen.

Abbildung 21: Entwicklung der Auslastungssituation der KVA mit brennbaren Abfällen BASIKS + BASID im Status quo Szenario und BAGI im Basisszenario



Quelle: Prognosen Prognos AG

## 7 Szenarien zur Abfallmengenentwicklung bis zum Jahr 2050

### 7.1 Gesellschaftliche und technologische Megatrends

Im Gegensatz zu den absehbaren (und im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf den Abfallmarkt überwiegend auch direkt quantifizierbaren) Entwicklungen aus den Bereichen Abfallrecht und Abfallwirtschaft werden sich die Auswirkungen der so genannten „Megatrends“ erst langfristig bemerkbar machen. Unter „Megatrends“ werden gemeinhin einige wenige wirtschaftliche und gesellschaftliche Trends verstanden, die über einen sehr langen Zeitraum hin Wirkung entfalten, dabei die Effekte verschiedener Einzel-Trends zusammenfassen und die unser Lebensumfeld nachhaltig verändern werden. Zu diesen Megatrends gehören u. a. die Globalisierung, der demografische Wandel oder die Digitalisierung.

Welche Auswirkungen die verschiedenen Megatrends auf das Abfallaufkommen der privaten Haushalte und von Gewerbe und Industrie haben werden, ist noch wenig analysiert bzw. erforscht. Dies liegt in erster Linie daran, dass die Effekte der Trends noch nicht deutlich und transparent hervortreten, sieht man einmal von den direkten Wechselwirkungen zwischen Bevölkerungsentwicklung und Abfallaufkommen ab. Megatrends werden das Abfallaufkommen ohne Zweifel beeinflussen, da sie mittel- und langfristig auf die wesentlichen Treiber wirken: Bevölkerung, Wirtschaft, Produktion und Konsum.

Vor dem Hintergrund des langfristigen Prognosehorizontes bis zum Jahr 2050 ist es daher notwendig, sich mit der Frage zu beschäftigen, in welche Richtung die verschiedenen Megatrends die Entwicklung der Abfallmengen voraussichtlich beeinflussen werden bzw. können. Auf diese Weise können Anhaltspunkte dafür gewonnen werden, wie entwicklungsstabil die Ergebnisse der „Status-quo-Prognose“ und der Berechnungen zu den kurzfristigen Auswirkungen der abfallrechtlichen und abfallwirtschaftlichen Maßnahmen sind, oder ob die Sensitivitätsbetrachtungen Anlass dafür geben, sich für die Zukunft auf Entwicklungsbrüche einzustellen.

Für die Einschätzung der möglichen Auswirkungen der aktuell diskutierten Trends und Megatrends wurden zunächst die Entwicklungen näher betrachtet, die unserer Einschätzung nach abfallaffin sind. Anschließend wurden diese Trends geclustert, um mögliche Wechselwirkungen und gleiche sowie gegebenenfalls auch gegenläufige Einflüsse analysieren zu können. Die insgesamt vier Cluster, die auch im Rahmen eines gemeinsamen Workshops beim VBSA vorgestellt und diskutiert worden sind, werden im Folgenden kurz vorgestellt und beschrieben.

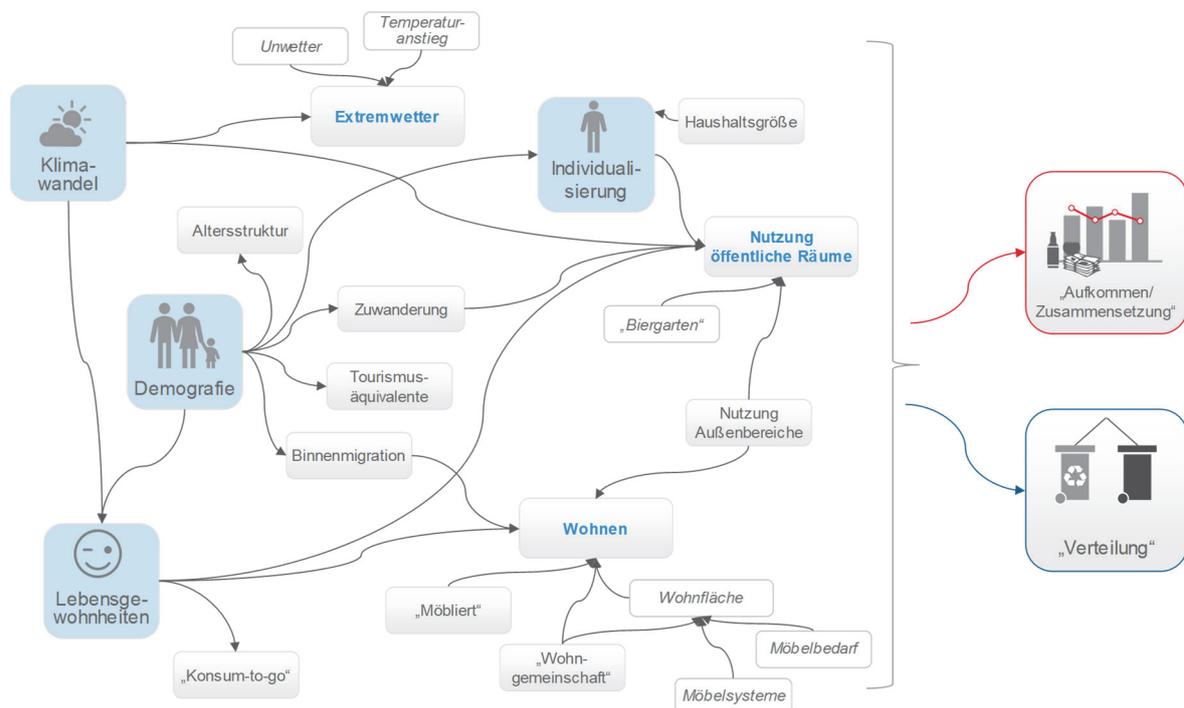


Quelle: Vortrag Gellenbeck, INFA GmbH, Ahlen

### 7.1.1 Demografischer Wandel, neue Lebensformen und Klimawandel

Die **demografische Entwicklung**, die in Zentraleuropa im Wesentlichen durch die Überalterung der Gesellschaft gekennzeichnet ist, gehört zu den wichtigsten Megatrends, die es in der Abfallwirtschaft zu berücksichtigen gilt. Weniger oder mehr Menschen bedeuten nicht automatische mehr oder weniger Abfälle, wichtig ist hier die Frage nach den veränderten **Lebensformen** und dem **Konsumverhalten**.

Abbildung 22: Darstellung der Wechselwirkungen im Megatrend-Cluster „Demografie, Lebensformen und Klimawandel“



Quelle: Prognos AG 2017 / VBSA-Workshop beim BAFU am 07. September 2017

Nach Untersuchungen der INFA GmbH entsteht in einem Single-Haushalt nicht etwa die Hälfte des Abfalls eines 2-Personen Haushaltes, sondern 80%. Zu ähnlichen Ergebnissen ist auch eine Untersuchung der Berliner Stadtreinigungsbetriebe gekommen. [Prognos/INFA\_2009] Die zunehmende Überalterung der Gesellschaft und die Individualisierung der Lebensführung (kleinere Haushaltsgrößen bei einer wachsenden Anzahl von Haushalten) sind in der Lage, einen theoretischen Rückgang des Abfallaufkommens durch weniger Einwohner zu kompensieren.

In dieser Untersuchung wurde auch nachgewiesen, dass der **Klimawandel** mit seinen steigenden Temperaturen dazu führen kann, dass sich einhergehend mit dem veränderten Freizeitverhalten das Abfallaufkommen in den öffentlichen Raum bzw. ins städtische Umland verlagert, wodurch in der Folge auch aus Haushaltsabfällen Gewerbe- bzw. Gastronomieabfälle werden. Auf der anderen Seite gehören zu Klimawandel auch zunehmende Starkregenereignisse, die wiederum zu einem erhöhten Sperrmüllaufkommen führen können.

Einen großen Einfluss auf die künftige Abfallzusammensetzung und das künftige Abfallaufkommen werden ferner auch das mittlerweile etablierte Konsum-to-go Verhalten und die zunehmende Ausrichtung von Produkten und Verpackungsarten und -größen auf konsumstarke Single-Haushalte haben. Diese Haushalte haben auch andere, höhere Ansprüche an Wohnflächen, ihre Möblierung und an neue Wohnformen. Die notwendige Mobilität und der Trend zu kleineren, aber bezahlbaren Wohnungen in den Agglomerationsräumen führen auch zu kleineren, aber multifunktionale Möbeln, wobei „Lautsprecher in den Armlehnen eines Sofas für den perfekten Klang“ [Rundschau\_2018] aus Sicht des Recyclings die Einordnung des Möbels vom Sperrmüll in Richtung Elektronikschrott verschieben.

Im Ergebnis ist zu erwarten, dass die Entwicklungen innerhalb dieses Megatrend-Clusters dem Trend zu weniger Abfall durch weniger Einwohner (regional) und durch Maßnahmen zur Abfallvermeidung entgegenlaufen und diesen teilweise kompensieren werden.

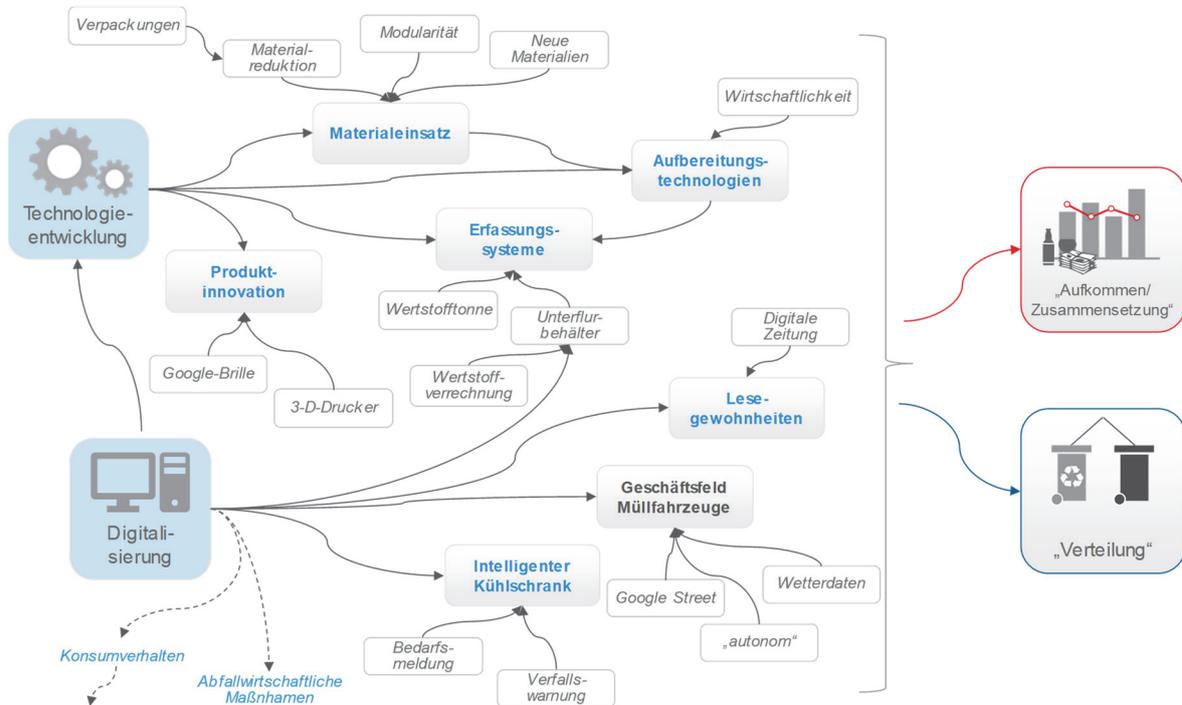
### 7.1.2 Technologieentwicklung und Digitalisierung

Der Bereich „Technologieentwicklung und Digitalisierung“ wird sich aller Voraussicht nach sehr konkret auf das künftige Abfallaufkommen auswirken. Der **Materialeinsatz** für Verpackungen und auch die Entwicklung neuer (im Idealfall recyclingfähiger) Materialien zur Verpackung von Produkten und Lebensmitteln können einen signifikanten Beitrag zur Reduzierung des Verpackungsaufkommens liefern.

Neue **Technologien** im Bereich Sortierung und Aufbereitung verbessern die Wirtschaftlichkeit und die Qualität der sortierten Fraktionen. Im Kontext mit der **Digitalisierung** der Abfallwirtschaft erlauben es beispielsweise intelligente Unterflursysteme, die Motivation zur Erfassung durch Gutschriften zu steigern und hierdurch nicht zuletzt auch die Qualität der Erfassung zu steigern. Ebenso wird die Abfuhr der Wertstofffraktionen durch regelmäßige Füllstandsmeldungen optimiert. Auch wenn an dieser Stelle nicht abfallrelevant, können über eine entsprechende Ausstattung der Müllfahrzeuge während der Touren viele interessante Daten und Bilder über die kleinräumige Wettersituation oder den Zustand der Straßen und Gehwege gewonnen werden.

**Produktinnovationen**, wie beispielsweise die „Google Glass“ – Brille, könnten langfristig eingeführte Produkte wie Fernseher ersetzen und kommen dabei mit einem Bruchteil der hierfür benötigten Ressourcen aus. Der „Kindle“ ersetzt Bücher und damit das notwendige Papier. Lebensmittelabfälle können u. a. durch intelligente Kühlschränke reduziert werden, die eine bedarfsgerechte Vorratshaltung ermöglichen. Neuartige 3-D-Drucker finden zunehmend Einsatz in privaten Haushalten und im Gewerbe. Die Produkte dieser Drucker zeichnen sich durch direkte Verfügbarkeit, Verpackungsfreiheit und abfallfreie Produktion aus. 3-D-Drucker sind mittlerweile auch in der Lage, Lebensmittel zu „drucken“. Einsatzbeispiele von 3-D-Druckern in der Bauwirtschaft zeigen ferner, dass künftig bei der Errichtung von Gebäuden mit weitgehend abfallfreien Baustellen zu rechnen sein dürfte.

Abbildung 23: Darstellung der Wechselwirkungen im Megatrend-Cluster „Technologieentwicklung und Digitalisierung“



Quelle: Prognos AG 2017 / VBSA-Workshop beim BAFU am 07. September 2017

Neue Technologien und die parallel verlaufende Digitalisierung werden insgesamt zu weniger Abfällen und zu einer verbesserten Erfassung und Aufbereitung der Wertstoffe führen. Allerdings werden in diesem Zuge auch Produkte entstehen, hinter deren Recyclingfähigkeit noch große Fragezeichen stehen (beispielsweise Textilien mit LEDs).

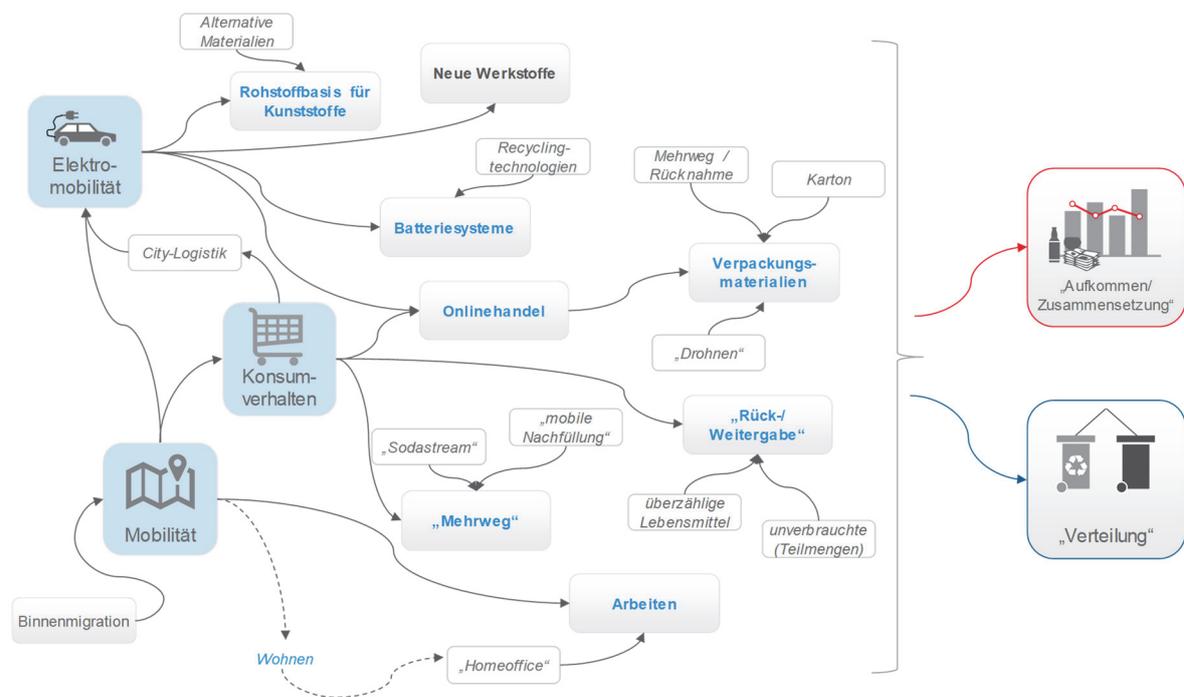
### 7.1.3 Mobilität 4.0 und Logistik

Zu den wichtigsten Megatrends der nächsten Jahre bzw. Jahrzehnte dürfte die grundlegende Veränderung unserer Mobilitätsstrukturen liegen. Dies gilt für den „Modal Split“ ebenso wie für die jeweiligen Energieträger. Die Förderung der **Elektromobilität** führt zu einer erheblichen Veränderung der eingesetzten Materialien, der Zwang zur Gewichtseinsparung führt zwangsläufig zur Entwicklung von extrem leichten Fahrzeugkomponenten. Es besteht allerdings die Gefahr, dass ähnlich wie bei der Nutzung der Solarenergie oder der Windkraft, Verbundmaterialien entstehen, für die nach der Nutzungsdauer keine Recyclingverfahren zur Verfügung stehen. Für die Vielzahl an gebrauchten **Batterien**, die für die Zukunft zu erwarten sind, werden neue Verwendungsmöglichkeiten gefunden werden müssen [Remondis\_2016] und Recyclingtechnologien benötigt, um die hochwertigen Bestandteile wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückführen zu können.

In Verbindung mit dem zunehmenden **Online-Handel** wird sich nicht nur die City-Logistik stark verändern, sondern auch das **Verpackungsaufkommen**. Auf der einen Seite ist damit zu rechnen, dass die Verpackungsmaterialien, insbesondere Kartons, zunehmen wer-

den, auf der anderen Seite wird ein verstetigter Onlinehandel mit eingespielten Logistikketten langfristig voraussichtlich auch dazu führen, dass **wiederverwendbare Umverpackungen** zunehmend die Einweg-Kartongenagen ersetzen werden.

Abbildung 24: Darstellung der Wechselwirkungen im Megatrend-Cluster „Mobilität 4.0 und Logistik“



Quelle: Prognos AG 2017 / VBSA-Workshop beim BAFU am 07. September 2017

In diesem Zusammenhang ist ferner nicht auszuschließen, dass die Paketdienste auch in das Geschäft mit Wertstoffen einsteigen, die einen positiven Marktwert haben. Die Umverpackungen könnten bei Rückgabe beispielsweise auch mit Papier oder anderen Wertstoffen befüllt sein, für die es dann, je nach Gewicht, ein direktes Entgelt gibt. Der Einstieg neuer Akteure in das Abfallgeschäft kann sich wirtschaftlich rechnen, da die notwendige Logistik bereits über den Versandhandel finanziert wird. Die aktuell bereits laufenden Versuche, Pakete mittels **Drohnen** zu versenden, kann im Hinblick auf die Transportboxen zu ähnlichen Effekten führen, die zuvor bereits im Zusammenhang mit den wiederverwendbaren Umverpackungen beschrieben worden sind.

Die zunehmende öffentliche Diskussion über die hohen Mengen an Lebensmittelabfällen haben bereits zu vielfältigen Maßnahmen und Aktionen geführt, die deutlich machen, dass auch andere Wege beschritten werden können. Während Produkte, wie beispielsweise „Sodastream“ in den Haushalten oder Wasserspender in den Büros, seit vielen Jahren eine erfolgreiche Alternative zur Einwegflasche darstellen, sind viele andere Initiativen, insbesondere im „to-go-Bereich“ auf Grund von lebensmittelrechtlichen Vorschriften und Hygienevorschriften noch schwierig in der Umsetzung.

### 7.1.4 Wertewandel und die Circular Economy

In den vorangegangenen Kapiteln ist an verschiedenen Stellen bereits angeklungen, dass Megatrends häufig auch mit einer Verhaltensänderung einhergehen, die wiederum aus einer veränderten Einstellung zur Aufgabe von Produkten im Lebensumfeld resultieren:

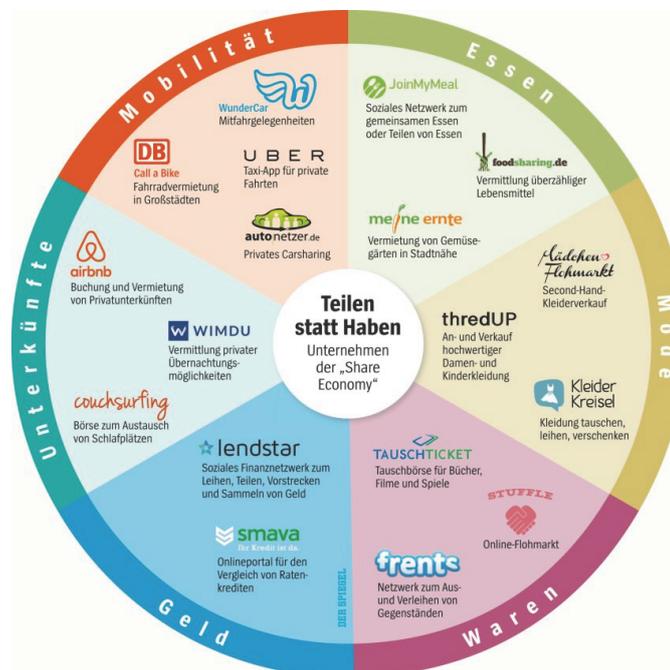
- Muss ich ein Produkt besitzen, wenn ich es auch leihen und damit auch teilen kann?
- Benötige ich ein Produkt oder geht es in erster Linie um die Dienstleistung?

Ganz pragmatisch geht es dabei um Fragen wie

- Brauche ich ein Auto oder möchte ich von A nach B?
- Benötige ich eine Zeitung oder die Information?
- Brauche ich eine Waschmaschine oder benötige ich saubere Wäsche? [INFA\_2017]

Das solche Fragestellungen bereits Eingang in konkretes unternehmerisches Handeln gefunden hat, zeigt der Einstieg der Handelsunternehmen Otto und Media Markt in die Vermietung von Haushaltsgeräten wie Waschmaschinen oder Fernseher. „Solche Angebote passen einfach in die Zeit. Sie machen die Kunden flexibler und unterstützen den Trend zur Mobilität. Damit passen sie in das Lebensgefühl der jungen Generation, die nicht mehr so viel Wert auf Besitz legt.“ [n-tv\_2017]

Abbildung 25: Beispielhafte Unternehmen der Share Economy

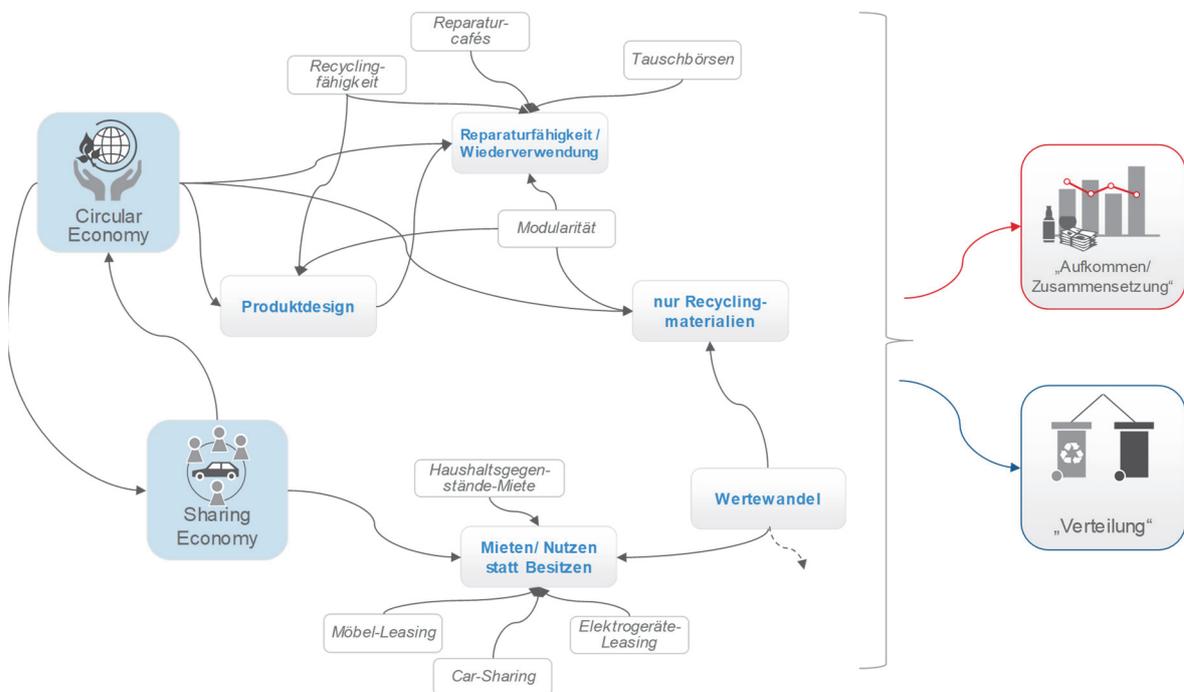


Quelle: [Spiegel\_2014]

Mittlerweile führt das Tauschen, Leihen oder Teilen von Produkten kein privates Nischen-dasein mehr, sondern wird, z. T. auch schon durch namhafte Unternehmen, nicht nur professionell organisiert, sondern ist häufig auch der einzige Unternehmenszweck.

Denkt man die **Sharing Economy** konsequent zu Ende, kommt man zu wenigstens zwei wesentlichen Schlussfolgerungen. Zum einen dürften weniger Produkte produziert werden, da künftig eine Bohrmaschine für ein Mehrfamilienhaus ausreichen wird statt sechs oder mehr Maschinen, die sich im Privatbesitz befinden. Zum anderen sollten Elektro- und andere Geräte, die vermietet werden, länger haltbar sein als heute, da die Vermieter ein großes Interesse an möglichst wenig Reparaturen und zwischenzeitlichem Austausch haben dürften. Damit wäre ein positiver Einfluss auf das Abfallaufkommen und wahrscheinlich auch auf die Recyclingfähigkeit der Produkte zu erwarten.

Abbildung 26: Darstellung der Wechselwirkungen im Megatrend-Cluster „Wertewandel und Circular Economy“

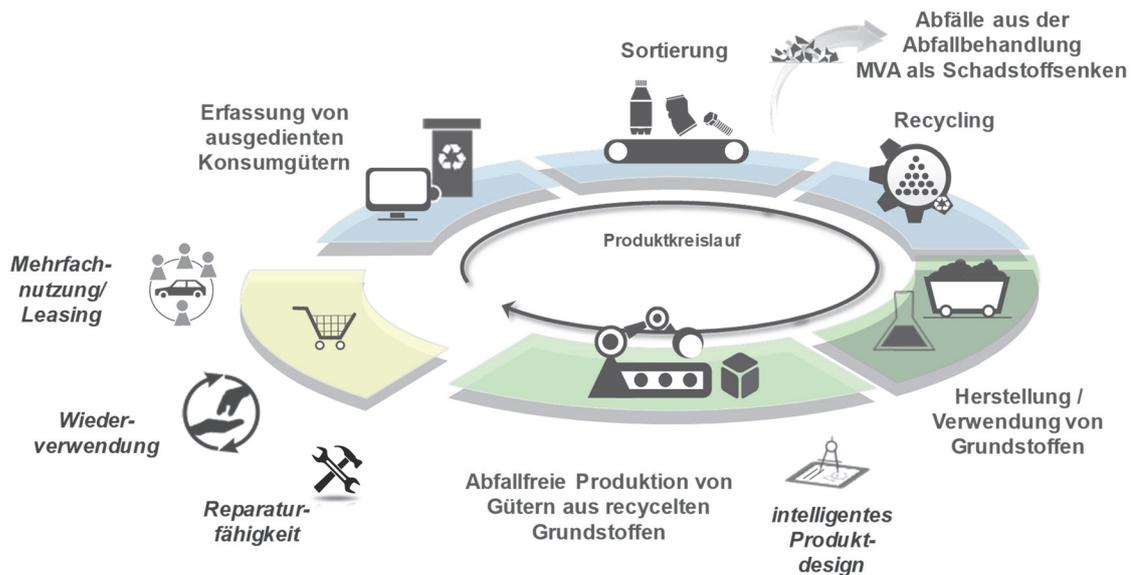


Quelle: Prognos AG 2017 / VBSA-Workshop beim BAFU am 07. September 2017

Die Idee oder auch die Strategie einer **Circular Economy** gewinnt insbesondere auf der Europäischen Ebene an Bedeutung. Der Ansatz der Circular Economy greift die oben bereits angesprochenen Bereiche einer veränderten Werthaltung in der Gesellschaft auf und integriert diese konsequent in ein umfassendes Konzept der Abfallvermeidung und Kreislaufführung von Ressourcen. Das Kreislaufwirtschaftspaket der EU umfasst unter anderem einen Aktionsplan mit Maßnahmen für den kompletten Produktlebenszyklus: von Design, Materialbeschaffung, Herstellung und Verbrauch bis hin zur Entsorgung und zum Markt für Sekundärrohstoffe. [EC\_2017] Die Circular Economy orientiert sich an dem vollständigen Kreislauf von Produkten und Ressourcen mit dem Anspruch, nach Möglichkeit keine Rohstoff- und Wertverluste zuzulassen.

Ein vereinfachtes bzw. „idealtypisches“ Modell der Circular Economy ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Basierend auf der Idee der zirkulären Wertschöpfung wird ein nachhaltiges Produktdesign entwickelt. Dieses berücksichtigt, dass die rohstoffnahen Produkte (Grundstoffe) weitestgehend aus Recyclingmaterialien hergestellt werden können bzw. bestehen oder Primärrohstoffe eingesetzt werden, die später recycelbar sind.

Abbildung 27: Idealtypischer Produkt- und Ressourcenkreislauf in einer Circular Economy



Quelle: Prognos AG 2017

Die Produktion der langlebigen Gebrauchsgüter erfolgt mit den Recyclingrohstoffen aus der Kreislaufführung. Die Produkte sind so konzipiert, dass eine Wiederverwendung von Komponenten und damit die Reparaturfähigkeit der Produkte gewährleistet sind.

Produktionsausschuss und Fehlproduktionen können direkt wieder dem Recycling bzw. der Grundstoffproduktion zugeführt werden. Der Konsum der Produkte ist darauf ausgelegt, dass durch die Reparaturfähigkeit die Nutzungsdauer verlängert und die Wieder- und Weiterverwendung noch einmal die Nachhaltigkeit der Produkte verbessert bzw. deren Lebenszyklus verlängert.

Einen positiven Einfluss auf die notwendige Produktion von Gütern haben beispielsweise Plattformen für den Tausch oder die gemeinsame Nutzung von Produkten. Das Leasing von Produkten (Erwerb einer Dienstleistung, z. B. Mobilität, statt eines Produktes) verbessert bzw. sichert den Rohstoffkreislauf, in dem das Produkt im Besitz des Herstellers verbleibt.

Nach der Nutzung werden die Produkte einer differenzierten Entsorgungsstruktur zugeführt, die durch eine gezielte Erfassung mit anschließender Sortierung die Basis für ein hochwertiges Recycling der Materialien und Komponenten bildet. Dieses hochwertige Recycling wiederum ist die Voraussetzung für einen funktionierenden Wertstoffkreislauf und damit für eine Circular Economy.

Welchen konkreten Einfluss eine Circular Economy auf das Abfallaufkommen bzw. auf die Zusammensetzung des Abfalls hat, ist unseres Wissens nach bislang noch nicht konkret untersucht worden. Wir gehen davon aus, dass die Auswirkungen im Wesentlichen zu einer Steigerung der verwerteten Mengen und der Qualität des Recyclingmaterials führen. Signifikante Auswirkungen auf das Abfallaufkommen hingegen erwarten wir nicht, da das Aufkommen an Produkten, die künftig geteilt, repariert und/oder wiederverwendet werden können, im Vergleich zum Gesamtaufkommen eher gering sind.

Im Hinblick auf die Konsequenzen für die künftige Auslastung der KVA müsste eigentlich angenommen werden, dass ein Produkt- bzw. Verpackungsdesign, welches konsequent auf Recyclingfähigkeit und Schadstofffreiheit hin ausgerichtet ist, die KVA auf lange Sicht in ihrer Funktion als Schadstoffsенke überflüssig machen könnte. Diese Entwicklung sehen wir in dieser Eindeutigkeit jedoch nicht und wird auch von der Branche so nicht gesehen. So werden z.B. Kunststofffolien als Schutz vor Verschmutzungen bei Malerarbeiten eingesetzt. Die mit Farbe und Staub verschmutzten Folien können nicht mehr rezykliert werden.

Gleichwohl aber ist im Hinblick auf die künftige Kapazitätsentwicklung darauf zu achten, wie erfolgreich die notwendigen Maßnahmen zur Verbesserung der Produktgestaltung sein werden und ob es gelingt, für importierte Waren ebenfalls diese Standards anzulegen.

## **7.2 Ergebnisse der verschiedenen Szenarien zur Entwicklung der Siedlungsabfallmengen**

Auf der Grundlage der vorab skizzierten Entwicklungen und Megatrends bis zum Jahr 2050 ergeben sich eine Vielzahl von unterschiedlichen Entwicklungsoptionen und -kombinationen. Eine Übersicht über die im Rahmen des Projektes intensiver diskutierten Entwicklungsoptionen ist in Kapitel 10.2 zusammengefasst. Die relevanten Optionen können zu einzelnen Szenarien zusammengefasst werden, eine im Einzelfall belastbare Vorhersage bzw. „Punkt-Prognose“ für das Jahr 2050 lässt sich daraus naturgemäß nicht ableiten. Dies ist für eine Diskussion möglicher Entwicklungstrends und Handlungsbedarfe auch nicht zwingend erforderlich. Bei der Definition und Berechnung der nachfolgenden sechs Szenarien zur künftigen Entwicklung der Siedlungsabfallmengen geht es vielmehr darum, Transparenz über die quantitativen Auswirkungen unterschiedlicher Maßnahmen (-kombinationen) zu schaffen und damit Orientierung über die kurzfristig wahrscheinliche und mittel- und langfristig mögliche Marktentwicklung zu geben.

Für die Darstellung der Ergebnisse der einzelnen Szenarien im Rahmen der vorliegenden Studie wurden Szenarien zu „vorhersehbaren“ und „vorstellbaren“ Entwicklungen für Abfallfraktionen ausgewählt, die einen mengenmäßig signifikanten Einfluss auf das Siedlungsabfallaufkommen haben. Dies sind insbesondere die biogenen Abfälle sowie Papier, Pappe, Karton, die jeweils in einem eigenen Szenario dargestellt werden. Mengenmäßig kleinere, aber für die Ressourcenwirtschaft nicht minder bedeutsame Abfallfraktionen wurden für die Darstellung in aggregierten Wertstoffszenarien zusammengefasst.

## 7.2.1 Szenario 1 „Definitionsänderung von Siedlungsabfällen“

### 7.2.1.1 Annahmen für das Szenario

Mit der Änderung der Definition von Siedlungsabfällen in der neuen Abfallverordnung (siehe Kapitel 4.1.1), die ab 2019 in Kraft tritt, ändern sich die Zuständigkeiten für einen Teil der gewerblichen Abfälle. Abfälle, die aus Unternehmen mit mehr als 250 Vollzeitstellen stammen bzw. vom Mengenaufkommen her nicht mit Abfällen aus Haushalten vergleichbar sind, verlassen die Kategorie „Siedlungsabfälle“ und sind nicht mehr dem staatlichen Entsorgungsmonopol zugeordnet. Diese Definitionsänderung bewirkt eine Verschiebung der brennbaren Abfälle aus der Kategorien BASID zur Kategorie BAGI. “.

Wie in Kapitel 3.1 dargelegt, beinhalten die derzeitigen Siedlungsabfallmengen Abfallströme sowohl gewerblicher als auch industrieller Herkunft:

- Die in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen behandelten Mengen umfassen alle in diesen Anlagen behandelten Abfälle.
- Die statistisch als separat erfassten Wertstoffe, wie Papier, Pappe, Karton, Glas etc. beinhalten ebenfalls alle erfassten Mengen. Diese werden zum Gesamtverbrauch ins Verhältnis gesetzt und beinhalten demzufolge ebenfalls alle gewerblichen Abfallmengen.
- Die Mengen zur thermischen Verwertung an die KVA angelieferten gewerblichen Siedlungsabfälle basieren auf einer über die Jahre konstanten prozentualen Abschätzung.

*Tabelle 7 Überblick über das Szenario 1 „Definitionsänderung von Siedlungsabfällen“*

Szenario	„Definitionsänderung“	
<b>Inhalt:</b>	Änderung der Definition von Siedlungsabfällen	
<b>Logik:</b>	explorativ („was passiert, wenn ...“)	
<b>Stoffströme:</b>	gewerbliche Siedlungsabfälle	
<b>Annahmen:</b>	Zielwert	-
	Herkunft	Siedlungsabfälle BASIKS und BASID
	Verbleib	BAGI
	Umsetzungszeitraum	ab 2019
<b>Grenzen</b>	geringe bzw. fehlende Datengrundlagen zur Herkunft und den genauen Anteilen der gewerblichen Siedlungsabfälle	

Aufgrund der Datenlage ist eine belastbare stoffstrom- bzw. behandlungsspezifische Analyse der erwartbaren Änderungen aus der Neudefinition der Siedlungsabfälle nur begrenzt möglich. Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse des Szenarios basieren daher auf überschlägigen Annahmen und haben den Charakter einer Schätzung.

Inwieweit alle angelieferten Abfälle tatsächlich eine mit den Abfällen aus Haushalten „vergleichbare Zusammensetzung“ aufweisen, konnte aufgrund der begrenzten Datenlage nicht abschließend nachvollzogen werden.

Auf der Grundlage von Stoffstromanalysen in anderen europäischen Ländern mit vergleichbarer Wirtschaftsstruktur sowie der Analyse der Größenstruktur der Unternehmen der Schweiz wird hilfsweise **unter Berücksichtigung des erwartbaren Mengenkriteriums** angenommen, dass

- die im Jahr 2015 in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen behandelten biogenen Abfälle aus der Industrie nicht mehr den Siedlungsabfällen zugeordnet werden,
- sich der Anteil der in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen behandelten Abfälle aus dem Gartenbau und der Landschaftspflege um mindestens 50% reduziert,
- insbesondere die dem Recycling zugeführten Fraktionen Papier, Pappe, Karton sowie Elektro- und Elektronikaltgeräte relevante Anteile gewerblicher Herkunft enthalten und
- die in den KVA thermisch verwerteten gewerblichen Siedlungsabfälle (BASID) anteilig dem Marktkehricht (BAGI) zuzuordnen sind.

In Summe der Einzelbewertungen ergibt sich die Annahme, dass sich das Siedlungsabfallaufkommen im Durchschnitt um **ein Drittel** reduzieren wird.

In die nachfolgenden Szenarien zur Entwicklung des Siedlungsabfallaufkommens bis 2050 können die potenziellen Auswirkungen der veränderten Siedlungsabfalldefinition aufgrund der Prognoseunsicherheiten methodisch nicht integriert werden. Für die Frage der zukünftigen Auslastungssituation der KVA sind die Auswirkungen grundsätzlich wenig relevant, da die Mengen als Marktkehricht (BAGI) im Markt verbleiben. Es ist jedoch zu beachten, dass viele Abfälle wie beispielsweise Kunststofffraktionen oder Altholz als BAGI einfacher exportiert werden können als Siedlungsabfälle. Ein Wechsel der Zugehörigkeit von Siedlungsabfällen zu Industrie- und Gewerbeabfällen erhöht die Möglichkeiten, diese Abfälle gemäß grüner Liste (OECD) zu exportieren.-.

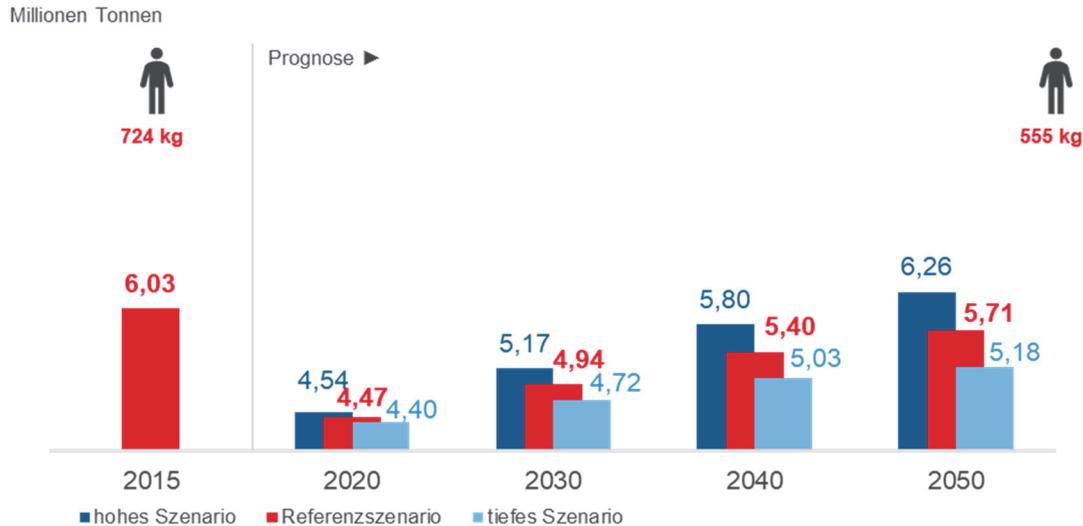
#### 7.2.1.2 Ergebnisse des Szenarios

##### **Gesamtaufkommen an Siedlungsabfällen**

Im Szenario „Definitionsänderung“ wird das Siedlungsabfallaufkommen im Jahr 2020 deutlich auf rund 4,5 Mio. t (-26%) zurückgehen. Das wird einem einwohnerspezifischen Wert von etwa 510 kg/EW entsprechen. Aufgrund der unterstellten wirtschaftlichen und demografischen Entwicklungen wird das Aufkommen bis zum Jahr 2050 wieder auf rund 5,7 Mio. t ansteigen und bei einem einwohnerspezifischen Wert von etwa 555 kg/EW liegen.

Die Bandbreiten der Bevölkerungsentwicklung im „tiefen“ und „hohen“ Szenario führen zu einer anzunehmenden Bandbreite des Siedlungsabfallaufkommens zwischen rund 5,2 Mio. t und 6,3 Mio. t. im Jahr 2050.

Abbildung 28: Abschätzung der Entwicklung des Gesamtaufkommens an Siedlungsabfällen im Szenario 1 „Definitionsänderung von Siedlungsabfällen“



Quelle: Prognos AG

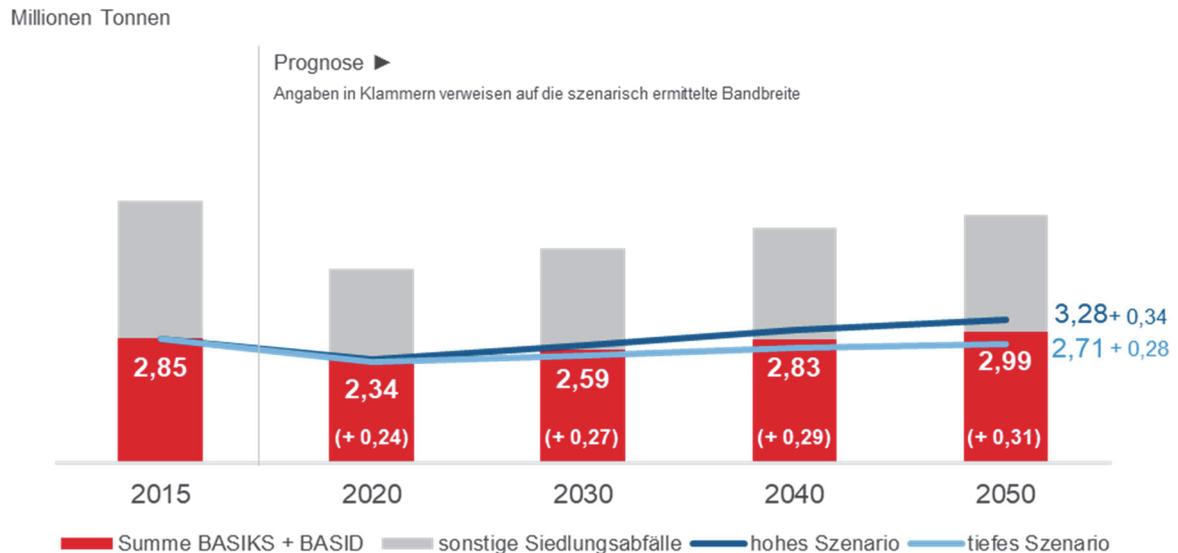
### Brennbare Siedlungsabfälle für die Kehrrichtverwertungsanlagen

Als Ergebnis der für das Szenario zu Grunde gelegten Annahmen wird erwartet, dass sich die brennbaren Siedlungsabfälle (Summe BASIKS und BASID) im Jahr 2020 um rund 0,3 Mio. t (-9%) bis zu rund 0,5 Mio. t (-18%) gegenüber dem Basisjahr 2015 verringern. Das Gesamtaufkommen an brennbaren Siedlungsabfällen (BASIKS + BASID) im Jahr 2020 wird annähernd auf eine Bandbreite zwischen 2,3 Mio. t und 2,6 Mio. t geschätzt. Dieser Wert ist jedoch aufgrund der Datenlage mit entsprechenden Unsicherheiten behaftet. Auswirkungen auf die Auslastungssituation der Kehrrichtverwertungsanlagen ergeben sich aufgrund der Verlagerung zu brennbaren Abfälle aus Gewerbe und Industrie (BAGI) grundsätzlich in Bezug auf die verfügbaren Mengen an brennbaren Abfällen nicht. Der Wechsel von BASID zu BAGI führt jedoch zu einem Wettbewerb um diese Mengen.

Bis zum Jahr 2050 wird das thermisch zu verwertende Siedlungsabfallaufkommen BASIKS + BASID unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen und demografischen Rahmenbedingungen wieder auf rund 3,0 Mio. t und bis zu 3,3 Mio. t ansteigen. Das entspricht in Summe einem Zuwachs zwischen 5% und 16% gegenüber dem Basisjahr 2015.

Die Bandbreite der Bevölkerungsszenarien sowie der innerhalb der Szenarien betrachteten Sensitivitäten erweitert den Rahmen des brennbaren Siedlungsabfallaufkommens auf eine Bandbreite von rund 2,7 Mio. t („tiefes“ Bevölkerungsszenario) und rund 3,6 Mio. t (oberer Wert des „hohen“ Bevölkerungsszenarios).

Abbildung 29: Entwicklung des Aufkommens an brennbaren Siedlungsabfällen BASIKS + BASID im Szenario 1 „Definitionsänderung von Siedlungsabfällen“



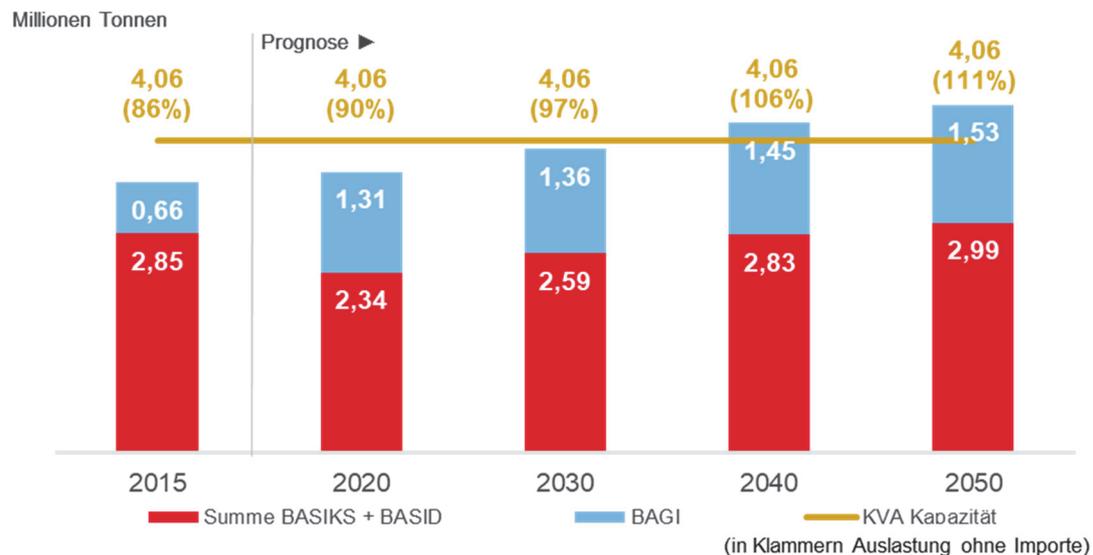
Quelle: Prognosen Prognos AG

## Auslastung der Kehrrechtverwertungsanlagen

Die im Szenario 1 „Definitionsänderung“ reduzierte Menge an brennbaren Siedlungsabfällen wird definitorisch zum „Marktkehrrecht“ (brennbare Abfälle aus Gewerbe und Industrie BAGI), sofern eine Intensivierung der Separaterfassung für Recycling-, Kompostierungs- und Vergärungsverfahren zunächst einmal nicht berücksichtigt wird. Die Differenzmenge zum „Status-quo-Szenario“ verlagert sich in den „Marktkehrrecht“. Konkrete Auswirkungen für die Kehrrechtverwertungsanlagen ergeben sich hieraus für die Wettbewerbssituation insofern, als der Marktkehrrecht nicht mehr direkt einer Entsorgungsanlage zugeordnet ist und die Akquisition dieser Mengen im Wettbewerb erfolgt. Auch der Export dieser Abfälle wird einfacher.

Unter Berücksichtigung der in Kapitel 6 szenarisch ermittelten Entwicklungen für brennbare Abfälle aus Gewerbe und Industrie (BAGI) ergibt sich eine Gesamtauslastung der Kehrrechtverwertungsanlagen bis zum Jahr 2050 mit national erzeugten Abfällen (ohne Importe) im Szenario 1 „Definitionsänderung von Siedlungsabfällen“ in Höhe von 4,51 Mio. t. Das entspricht einen Auslastungsgrad von 111 % unter der Annahme, dass die Kapazitäten stabil bleiben. Dies heißt im Umkehrschluss, dass mindestens 0,6 Mio. t an Kapazitäten fehlen, um die im Inland erzeugten brennbaren Abfälle zu verwerten. Importe würden das Kapazitätsdefizit erhöhen.

Abbildung 30: Entwicklung der Auslastungssituation der KVA mit brennbaren Abfällen (BASIKS + BASID + BAGI; ohne Importe) im Szenario 1 „Definitionsänderung von Siedlungsabfällen“



Quelle: Prognosen Prognos AG

## 7.2.2 Szenario 2 „Intensivierung der Separaterfassung“

### 7.2.2.1 Annahmen für das Szenario

Das Szenario baut auf die vorhandenen Separaterfassungssysteme für Wertstoffe aus Haushalten auf. Hier hat die Schweiz bereits beachtliche Erfolge erzielen können, so dass in diesem Szenario keine signifikanten Mengeneffekte zu erwarten sind.

Tabelle 8 Überblick über das Szenario 2 „Intensivierung der Separaterfassung“

Szenario	„Intensivierung der Separaterfassung“
<b>Inhalt:</b>	Intensivierung der bestehenden Separaterfassung im Rahmen der bestehenden Erfassungssysteme
<b>Logik:</b>	Zielszenario (was muss passieren, damit...)
<b>Stoffströme:</b>	PPK, Glas, PET, Kunststoffe, Aluminium, Textilien, Weißblech, biogene Abfälle <u>nicht berücksichtigt:</u> Elektro- und Elektronikaltgeräte, Batterien

**Szenario** „Intensivierung der Separaterfassung“

<b>Annahmen:</b>	Zielwert	stoffstromspezifisch
	Herkunft	Verlagerung aus dem brennbaren Abfall BASIKS+BASID+BAGI in die Getrennterfassungssysteme
	Verbleib	Zunahme der Getrennterfassung für die Zuführung zum Recycling
	Umsetzungszeitraum	
<b>Grenzen</b>	Beibehaltung der Definition von Siedlungsabfällen gemäß TVA 1990 Die ab 2019 geltenden Änderungen gemäß VVEA 2016 werden nur orientierend sensitiv betrachtet	

Im Rahmen des Szenarios „Intensivierung der Separaterfassung“ wird davon ausgegangen, dass die Sammel- und Verwertungsquoten noch weiter gesteigert werden können. Dies basiert auf den folgenden grundsätzlichen Annahmen bis 2050:

- Weiterentwicklung von nutzerfreundlichen Erfassungsstrukturen und Rücknahmesystemen,
- zunehmend bewussterer Umgang der Bürger und Bürgerinnen mit dem Abfall als „Ressource“,
- Einführung von Anreizsystemen für die Nutzung der Getrennterfassungssysteme,
- Weiterentwicklung der technischen und ökonomischen Randbedingungen für einen erfolgreiche Wiedereinsatz der Rezyklate.

*Tabelle 9: Sammel- und Verwertungsquoten für Wertstofffraktionen im Jahr 2015*

<b>Fraktion</b>	<b>Quote 2015</b>
Papier, Pappe, Karton*	81%
Altglasflaschen**	93%
PET-Getränkeflaschen**	83%
Aluminium-Getränkedosen**	91%
Weißblech*	86%
Textilien	k.A.

\* *Sammelquote*

\*\* *Verwertungsquote*

Quelle: [BAFU\_Abfall\_2005 - 2016]

Unter verbesserten Rahmenbedingungen wird eine Abschöpfung der verbleibenden Potenziale im Kehrriech wie folgt angenommen:

- 98% der Zeitungen und Kartonverpackungen,
- 96% des Altglases,
- 90% der PET-Getränkeflaschen,
- 65% der im Restmüll vorhandenen Aluminiumverpackungen (neben Dosen werden insbesondere auch z.B. Futterschalen, Tuben etc.)
- 90% der Weißblechanteile im Kehrriech.

Ferner wird angenommen, dass 80% der biogenen Abfälle aus dem Kehrriech in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen behandelt sowie 70% der sich noch im Kehrriech befindlichen Textilien Separaterfassungssystemen zugeführt werden. Schrittweise flächendeckend eingeführt werden Separaterfassungssysteme für Kunststoffe aus Haushalten, was zu einer angenommenen Reduzierung der Kunststoffabfälle im Kehrriech um bis zu 40% führen wird. Für die Fraktion Papier und Pappe wird eine leichte Vermeidung aufgrund der Digitalisierung berücksichtigt.

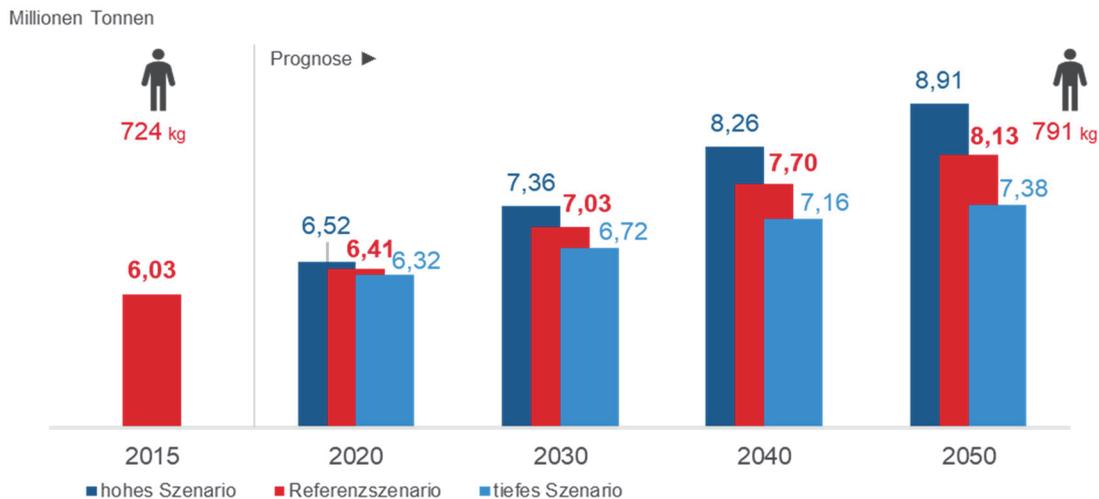
#### 7.2.2.2 Ergebnisse des Szenarios

##### **Gesamtaufkommen an Siedlungsabfällen**

Unter den definierten Annahmen des Szenarios „Intensivierung der Separaterfassung“ wird das Siedlungsabfallaufkommen auf 8,13 Mio. t im Jahr 2050 steigen. Das entspricht einem einwohnerspezifischen Aufkommen von 791 kg/EW. Im Vergleich zur Status quo Prognose ist dies ein leichter Rückgang um 7 kg/EW (2050), der auf die Annahmen zum Rückgang der PPK-Fraktion zurückzuführen ist. Weitere Annahmen zur Abfallvermeidung wurden im Szenario nicht hinterlegt, so dass das absolute Aufkommen dem Trend der Bevölkerungsentwicklung folgt. Bei einer deutlich stärkeren Bevölkerungszunahme im „hohen“ Bevölkerungsszenario steigt das Aufkommen an Siedlungsabfällen bis 2050 auf 8,91 Mio. t, im „tiefen“ Bevölkerungsszenario auf 7,38 Mio. t. Die absoluten Aufkommenswerte liegen damit nur um 1 Prozentpunkt unter dem Ergebnis der Status quo Prognose.

Aufgrund der Datenlage konnte im Szenario 2 die mögliche definitorische Reduzierung des Siedlungsabfallaufkommens gemäß VVEA 2016 nicht berücksichtigt werden. Da Daten zur Zusammensetzung der gewerblichen Siedlungsabfälle nur insoweit verfügbar sind, als sie nicht in den betrachteten Abfallfraktionen gemäß der TVA 1990 enthalten sind, konnte eine potenziell stärkere Getrennterfassung von recyclingfähigen Wertstoffen aus der Direktanlieferung gewerblicher Siedlungsabfälle ebenfalls nicht spezifisch abgeschätzt werden. Hierzu erfolgt eine überschlägige Abschätzung im Szenario „Weg in Richtung Circular Economy“ (siehe Kapitel 7.2.5). Die dargestellten Szenario-Ergebnisse sind insofern nur als untere Bandbreite anzusehen.

Abbildung 31: Entwicklung des Gesamtaufkommens an Siedlungsabfällen im Szenario 2 „Intensivierung der Separaterfassung“ (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)



Quelle: Prognos AG

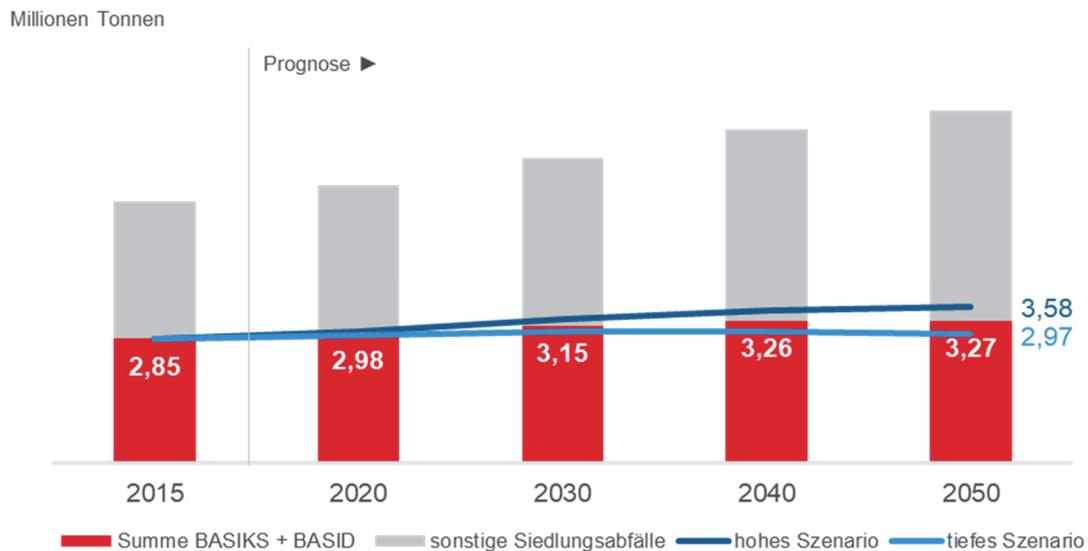
### Brennbare Siedlungsabfälle für die Kehrrechtverwertungsanlagen

Aufgrund der im Szenario unterstellten höheren Separaterfassungsquoten im Rahmen der bestehenden Erfassungssysteme sowie des unterstellten Ausbaus der separaten Kunststoffeffassung geht das Aufkommen an brennbaren Siedlungsabfällen BASIKS + BASID im Vergleich zur Status quo Prognose mit -16 % (-0,61 Mio. t) bis 2050 deutlich stärker zurück als das Gesamtaufkommen an Siedlungsabfällen.

Für die KVA verbleiben im Szenario maximal 3,27 Mio. t an brennbaren Siedlungsabfällen, wobei eine mögliche Reduzierung der gewerblichen Siedlungsabfälle BASID aufgrund intensiverer Getrennteffassung ebenfalls zu berücksichtigen ist, jedoch aufgrund der Datenlage nur überschlägig im Szenario „Weg in Richtung Circular Economy“ (siehe Kapitel 7.2.5) modelliert wird. Der Anteil der thermischen Verwertung an der Siedlungsabfallbehandlung reduziert sich von 47 % im Jahr 2025 auf 40 % im Jahr 2050. Unter Berücksichtigung des „tiefen“ und „hohen“ Bevölkerungsszenarios ergibt sich für das Jahr 2050 eine rechnerische Bandbreite von maximal 2,97 Mio. t bis 3,58 Mio. t.

Die definitorische Änderung von „Siedlungsabfällen“ verringert den Anteil gewerblicher Siedlungsabfälle, die direkt an die KVA geliefert werden. Diese Mengen bleiben jedoch als „Marktkehrrecht“ (abzüglich potenzieller zusätzlich getrennt erfasster Mengen) im Markt. Für die Akquisition des „Marktkehrrecht“ besteht potenziell eine Nutzungskonkurrenz zu anderen thermischen Verwertungsanlagen.

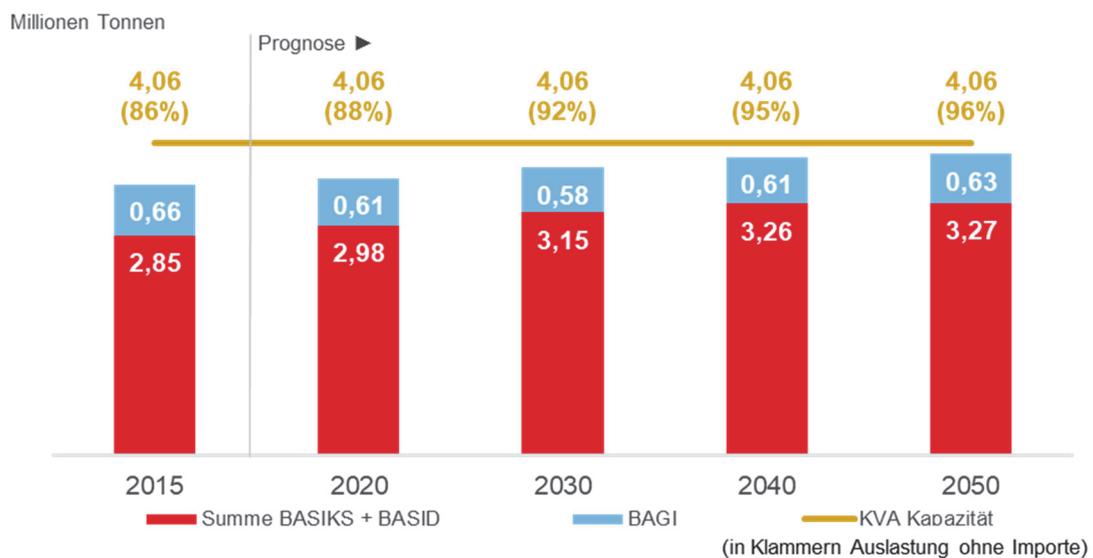
Abbildung 32: Entwicklung Aufkommens an brennbaren Siedlungsabfällen im Szenario 2 „Intensivierung der Separaterfassung“ (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)



Quelle: Prognosen Prognos AG

### Auslastung der Kehrrichtverwertungsanlagen

Abbildung 33: Entwicklung der Auslastungssituation der KVA mit brennbaren Abfällen (BASIKS + BASID + BAGI; ohne Importe) im Szenario 2 „Intensivierung der Separaterfassung“ (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)



Quelle: Prognosen Prognos AG

Für die Auslastungssituation der Kehrrechtverwertungsanlagen sind neben den brennbaren Siedlungsabfällen (BASIKS und BASID) noch die brennbaren Abfälle aus Gewerbe und Industrie (BAGI) (Basisszenario, siehe Kapitel 6) zu berücksichtigen. Danach ergibt sich eine Gesamtauslastung im Siedlungsabfallszenario 2 „Intensivierung der Separaterfassung“ zzgl. Basisszenario BAGI in Höhe von 3,9 Mio. t im Jahr 2050. Der Auslastungsgrad mit brennbaren Abfällen aus der Schweiz (ohne Importe) würde dann bei 96 % liegen.

### 7.2.3 Szenario 3 „Vermeidung von Lebensmittelabfällen“

#### 7.2.3.1 Annahmen für das Szenario

Das Szenario zur Vermeidung von Lebensmittelabfällen geht von den folgenden Annahmen aus:

- Das Gesamtaufkommen an Lebensmitteln wird von foodwaste.ch auf 300 kg/EW\*a geschätzt. Dieser Annahme liegen Auswertungen von Studien zu Lebensmittelabfällen im Vereinigten Königreich sowie des WWF Schweiz zugrunde [FOODWASTE\_2017], [BAFU\_Food waste\_2017]. Aus dieser Schätzung ergibt sich ein Gesamtpotenzial von mehr als 2,3 Mio. t im Jahr 2015.
- Auf der Grundlage der Kehrrechanalyse 2012 [BAFU\_Kehrrecht\_2012] befinden sich Lebensmittel aus Haushalten in einer Größenordnung von 60 kg/EW im Kehrrecht, darunter Nahrungsmittel (29 kg/EW), Rüstabfälle (29 kg/EW) sowie Fleisch und Fisch (2 kg/EW). Davon sind laut Kehrrechanalyse nahezu 48 kg/EW auch verwertbar.
- Über den Kehrrecht hinaus sind Lebensmittelabfälle aus Haushalten auch anteilig in Grünabfällen enthalten, gelangen in die Eigenkompostierung oder werden unsachgemäß über die Toilette entsorgt. [FOODWASTE\_2017] Eine statistisch belastbare Datengrundlage existiert bisher nicht.

Tabelle 10 Überblick über das Szenario 3 „Vermeidung von Lebensmittelabfällen“

Szenario	„Lebensmittelabfälle“
<b>Inhalt:</b>	Vermeidung von Lebensmittelabfällen, die in den Kehrrecht gelangen oder als gewerbliche Siedlungsabfälle direkt an die Kehrrechanlagen angeliefert werden
<b>Logik:</b>	Zielszenario (was muss passieren, damit...)
<b>Stoffströme:</b>	Lebensmittelabfälle

**Szenario** „Lebensmittelabfälle“

<b>Annahmen:</b>	Zielwert	50% Vermeidung bis 2030 80% Vermeidung bis 2050
	Herkunft	Kehricht und Kompostierung/Vergärung
	Verbleib	Vermeidung
	Umsetzungszeitraum	Phase 1: 2018 bis 2030 Phase 2: 2031 bis 2050
<b>Grenzen</b>	Beibehaltung der Definition von Siedlungsabfällen gemäß TVA 1990 Die ab 2019 geltenden Änderungen gemäß VVEA 2016 werden nur orientierend sensitiv betrachtet. Verlagerungen von und in die Eigenkompostierung sind nicht berücksichtigt.	

- Das Aufkommen an Lebensmittelabfällen aus der Verarbeitenden Industrie beträgt rund 0,51 Mio. t, davon sind 0,36 Mio. t vermeidbare Lebensmittelabfälle. Diese werden zu 74,9% zu Tierfutter verarbeitet. Verschenkte und deklassierte Ware machen einen Anteil von 0,6% aus, zu weiteren 0,7% gibt es keine Angaben. Etwa 21% der vermeidbaren Lebensmittelabfälle (76,6 Tsd. t) werden in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen verwertet, in die KVA gelangen 3,1% der Lebensmittelabfälle [biosweet / ZAH\_BIO\_2016], [BAFU\_BIO\_2014].

Da alle in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen behandelten Abfälle in der Siedlungsabfallbilanz summiert werden (siehe Kapitel 3.1.1) wird das Aufkommen der in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen behandelten Lebensmittelabfälle im Modell zu 100% (76,6 Tsd. t) berücksichtigt. Von den 11,3 Tsd. t Lebensmittelabfälle, die in die KVA gelangen, wird analog zur Vorgehensweise der pauschalen Abschätzung des Anteils gewerblicher Siedlungsabfälle (siehe Kapitel 3.1.3) ein Anteil von 66% (7,5 Tsd. t) in das Modell übernommen.

- Das vermeidbare Potenzial an Lebensmittelabfällen im Detailhandel und der Gastronomie wird auf in Summe rund 295 Tsd. t geschätzt. Davon werden rund 85% (170 Tsd. t) in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen behandelt, 2% werden verfüttert, 3% zu Biodiesel verarbeitet, 5% an Tafeln abgegeben und rund 10% (20 Tsd. t) in den Kehrichtverwertungsanlagen thermisch verwertet. [BAFU\_BIO\_2014]

Für die vorliegende Studie wurden die rund 170 Tsd. t vermeidbarer Lebensmittelabfälle aus Handel und Gastronomie, die in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen behandelt wurden, vollumfänglich im Modell berücksichtigt. Für die rund 20 Tsd. t thermisch verwerteter Lebensmittelabfälle wurde mit einem Anteil von 66% (13,2 Tsd. t) der gleiche Verfahrensansatz wie für die thermisch verwerteten Lebensmittelabfälle aus der Verarbeitenden Industrie gewählt.

- Für das Aufkommen von Lebensmittelabfällen aus der Landwirtschaft sowie deren Verteilung auf potenzielle Entsorgungswege liegen keine Daten vor. Reduzierungspotenziale aus diesem Herkunftsbereich konnten daher nicht berücksichtigt werden. Die Potenziale hier werden als gering eingeschätzt.
- Für die Verteilung auf die einzelnen Herkunftsbereiche stehen Annahmen von Foodwaste.ch und dem BAFU zur Verfügung:

**Tabelle 11** Verteilung von Lebensmittelabfälle nach Herkunftsbereichen

	[FOODWASTE_2017]	[biosweet / ZAH_BIO_2016]	[BAFU_Food waste_2017a]
Haushalte	45%	45%	61%
Landwirtschaft	13%	13%	
Gastronomie	5%	5%	13%
Detailhandel	5%	5%	4%
Großhandel	2%	2%	
Verarbeitende Industrie	30%	22%	22%
Lagerung		8%	

Quelle: [FOODWASTE\_2017], [BAFU\_Food waste\_2017a]

Für das Szenario 3 wurde eine **zeitliche Zweiteilung** vorgenommen:

1. Die Annahmen für die Phase 1 orientieren sich an den Vermeidungszielen für Lebensmittelabfälle der UN von 50% bis 2030.
2. Für die Phase 2 bis 2050 wird eine Reduzierung angenommen, die zu einer Gesamtreduzierung im Zeitraum von 2015 bis 2050 von rund 80% führt.

Die Annahmen für die Umsetzung des Szenarios stützen sich auf verbindlich verpflichtende sowie freiwillige Maßnahmen in den folgenden Bereichen (nicht abschließend)

- Schaffung der notwendigen politischen und rechtlichen **Rahmenbedingungen**, z. B.
  - Festlegung von Zielquoten für die Vermeidung von Lebensmittelabfällen.
  - Verpflichtende Vereinbarungen mit Industrie und Gewerbe [Ökopol\_Instrumente\_2016].
  - Klare rechtliche und definatorische Abgrenzungen zwischen Lebensmittel und Lebensmittelabfall, die eine Nutzung und Weitergabe sowie ggf. auch Rücknahme überzähliger Lebensmittelprodukte ermöglichen.
  - Neubewertung des Mindesthaltbarkeits- bzw. Verbrauchsdatums [PG\_FOOD\_WASTE\_2015].
  - Abfall vermeidende Anpassung von Hygienestandards [Ökopol\_Instrumente\_2016].
- **Technologische Entwicklungen**, die zur Vermeidung von Lebensmittelabfällen beitragen, z. B.
  - Intelligente Kühl- und Vorratsschränke, die sowohl den konkreten Bedarf, als auch Mindesthaltbarkeitsdaten anzeigen.
  - Mehrweg- und Nachfüllsysteme im Handel, z. B. für Flüssigwaschmittel.

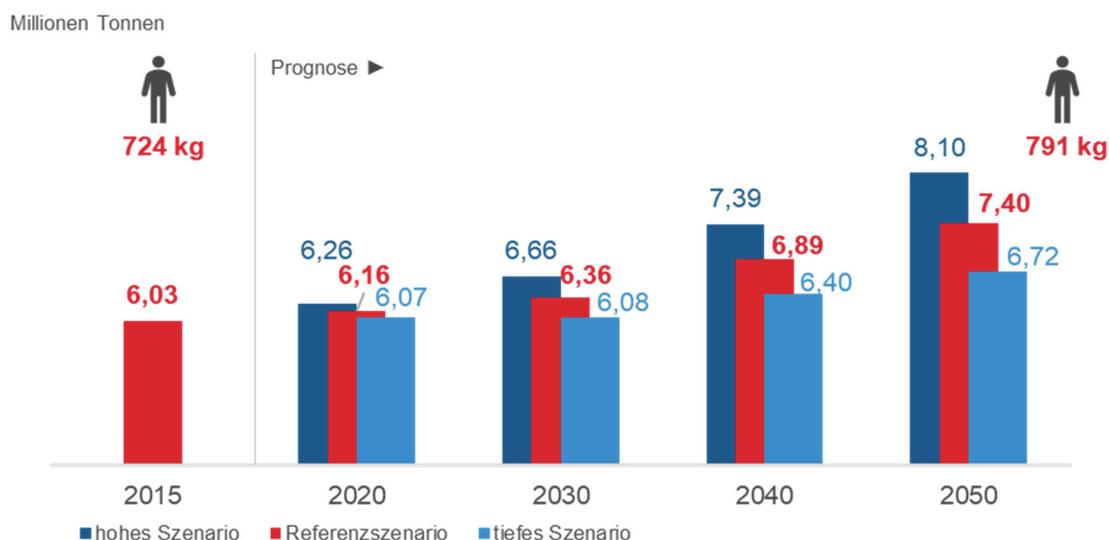
- **Kampagnen** zur Aufklärung und Sensibilisierung der Bevölkerung, z. B.
  - Best-Practice-Beispiele zu Verpackungsgrößen, Lebensmitteletikettierung durch Produzenten bzw. Nutzungskonzepten durch Kliniken, Schulen und Gastronomie, die zur Verringerung der Verschwendung beitragen [LFULG\_Maßnahmen\_2016].
  - Maßnahmen zur Förderung der Wertschätzung von Lebensmitteln [Ökopol\_Instrumente\_2016].
- Initiativen zur **Vermeidung** von Lebensmittelabfällen, z.B.
  - Unterstützung von Tafelkonzepten.

### 7.2.3.2 Ergebnisse des Szenarios

#### Gesamtaufkommen an Siedlungsabfällen

Unter Berücksichtigung der vorab skizzierten Rahmenbedingungen und Annahmen zur Vermeidung von Lebensmittelabfällen wird sich das einwohnerspezifische Siedlungsabfallaufkommen gegenüber dem Jahr 2015 um 5 kg/EW auf 719 kg/EW (2050) und damit um -1% reduzieren.

Abbildung 34: Entwicklung des Gesamtaufkommens an Siedlungsabfällen im Szenario „Vermeidung von Lebensmittelabfällen“ (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)



Quelle: Prognos AG 2017

Aufgrund des erwarteten deutlichen Bevölkerungszuwachses wird das absolute Aufkommen an Siedlungsabfällen im Einzelszenario „Lebensmittelabfälle“ dennoch um 1,37 Mio. t über dem Aufkommen im Jahr 2015 liegen. Das entspricht einem Zuwachs von 23%. Im Vergleich zum Aufkommen im Jahr 2050 in der Status quo Prognose beträgt der einwohnerspezifische Rückgang 79 kg/EW (0,81 Mio. t).

Ausgehend von den szenarischen Bandbreiten der Bevölkerungsentwicklung im „tiefen“ und „hohen“ Szenario ergibt sich für das Jahr 2050 eine Bandbreite des Siedlungsabfallaufkommens zwischen 6,72 Mio. t und 8,10 Mio. t.

### **Brennbare Siedlungsabfälle für die Kehrrechtverwertungsanlagen**

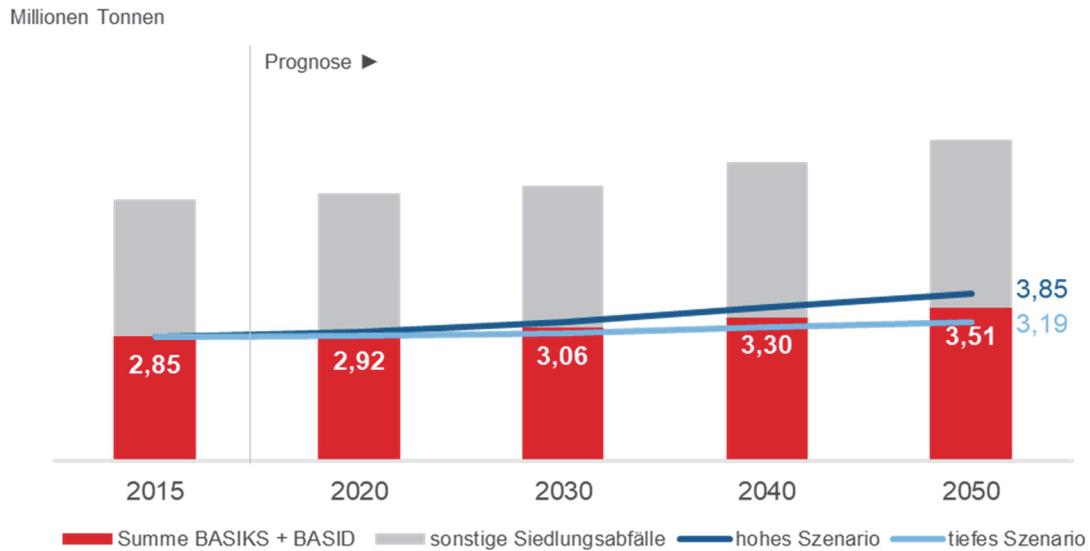
Für die Kehrrechtverwertungsanlagen verbleiben im Szenario „Lebensmittelabfälle“ im Jahr 2050 insgesamt 3,26 Mio. t an brennbaren Siedlungsabfällen. Das sind 23% mehr als noch im Jahr 2015. Unter Berücksichtigung der Bevölkerungsbandbreiten ergibt sich ein Korridor für das Aufkommen an brennbaren Siedlungsabfällen im Jahr 2050 von 3,19 Mio. t bis 3,85 Mio. t.

Hierbei nicht berücksichtigt sind, analog zur Vorgehensweise bei den anderen Szenarien, die potenziellen Auswirkungen der Änderung der Siedlungsabfalldefinition, die ab 2019 gemäß VVEA 2016 in Kraft tritt. Diese wirkt sich potenziell reduzierend sowohl auf das Gesamtaufkommen als auch den Anteil der brennbaren Siedlungsabfälle aus. Die Mengen stehen dem Markt jedoch als „Marktkehrrecht“ weiterhin zur Verfügung. Zur Auslastung der Kehrrechtverwertungsanlagen kommen zudem noch die brennbaren Abfälle aus Industrie und Gewerbe hinzu (siehe Kapitel 6)

Die Änderung der Definition von Siedlungsabfällen wird zu einer begrenzten Verlagerung brennbarer Abfälle aus dem Siedlungsabfallbereich hin zum Marktkehrrecht führen. Aufgrund der vorliegenden Daten ist jedoch davon auszugehen, dass dieser Einfluss vergleichsweise gering ausfällt, da die Lebensmittelabfälle aus Industrie und Gewerbe primär kompostiert und/oder vergärt werden.

Nach [biosweet / ZAH\_BIO\_2016], [BAFU\_BIO\_2014] gelangen aktuell in Summe rund 45 Tsd. t Lebensmittelabfälle aus der Verarbeitenden Industrie sowie dem Handel und der Gastronomie in die Kehrrechtverwertungsanlagen. Bei der bisherigen methodischen Vorgehensweise der Zuordnung von 66% der gewerblichen Anlieferungen zu Siedlungsabfällen (siehe Kapitel 3.1.3) sind maximal etwa 30 Tsd. t an Abfällen von den definitorischen Änderungen betroffen.

Abbildung 35: Entwicklung des Aufkommens an brennbaren Siedlungsabfällen im Szenario 3 „Vermeidung von Lebensmittelabfällen“ (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)

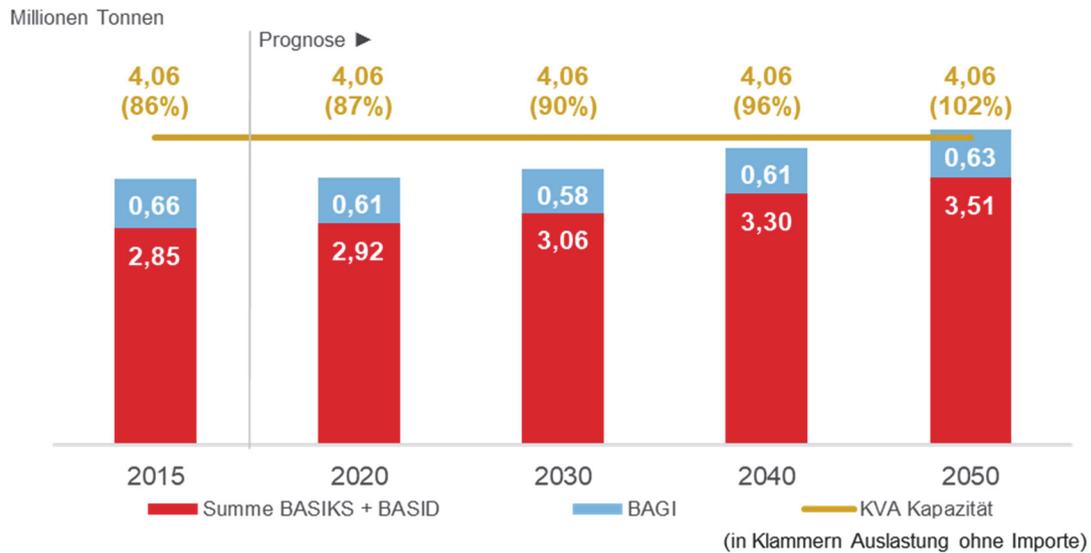


Quelle: Prognos AG 2017

### Auslastung der Kehrrechtverwertungsanlagen

Neben den brennbaren Siedlungsabfällen (BASIKS und BASID) werden zusätzlich noch die brennbaren Abfälle aus Gewerbe und Industrie (BAGI) (Basisszenario, siehe Kapitel 6) thermisch verwertet. Unter den Bedingungen der Kombination des Siedlungsabfallszenarios 3 „Vermeidung von Lebensmittelabfällen“ und dem Basisszenario für die BAGI werden im Jahr 20150 etwas mehr als 4,1 Mio. t brennbarer Abfälle für die KVA anfallen. Die Gesamtauslastung der KVA liegt dann - ohne Berücksichtigung von Importen - bei 102 %.

Abbildung 36: Entwicklung der Auslastungssituation der KVA mit brennbaren Abfällen (BASIKS + BASID + BAGI; ohne Importe) im Szenario 3 „Vermeidung von Lebensmittelabfällen“ (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)



Quelle: Prognosen Prognos AG

## 7.2.4 Szenario 4 „Einfluss der Digitalisierung auf PPK“

### 7.2.4.1 Annahmen für das Szenario

Im Rahmen des Szenarios „Digitalisierung und PPK“ wird angenommen, dass sich das Gesamtabfallaufkommen an Papier, Pappe, Karton im Basisjahr 2015 wie folgt zusammensetzt:

- 54% Zeitungen und andere grafische Papiere
- 35% Verpackungsmaterialien
- 11% Hygiene- und Haushaltspapiere.

Berücksichtigt sind hierbei sowohl die im Jahr 2015 separat erfassten und dem Recycling wieder zugeführten PPK-Abfälle (1,3 Mio. t), als auch die im Kehricht verbliebenen Anteile an erfassbaren Potenzialen (rund 135 Tsd. t) und nicht erfassbaren Hygiene- und Haushaltspapieren (173 Tsd. t) [ZPK/ASPI\_Papier\_2010 -2016], [BAFU\_Kehricht\_2012].

Tabelle 12 Überblick über das Szenario 4 „Einfluss der Digitalisierung auf PPK“

Szenario	„Einfluss der Digitalisierung auf PPK“	
<b>Inhalt:</b>	Erwartbare Einflüsse auf das Aufkommen Zeitungen / grafischen Papieren; Verpackungskarton sowie der Nutzung von Hygienepapieren	
<b>Logik:</b>	Zielszenario (was muss passieren, damit...)	
<b>Stoffströme:</b>	Papier, Pappe, Karton	
<b>Annahmen:</b>	Zielwert	Nutzung von Zeitungspapier: - 85% Nutzung von Verpackungskarton: - 60% Nutzung von Hygienepapieren: + 25%
	Herkunft	separat erfasste PPK Mengen Potenziale im Kehricht
	Verbleib	keine Änderung der Separaterfassungsquoten keine Änderung der Entsorgungswege
	Umsetzungszeitraum	bis 2050
<b>Grenzen</b>	Beibehaltung der Definition von Siedlungsabfällen gemäß TVA 1990 Die ab 2019 geltenden Änderungen gemäß VVEA 2016 werden nur orientierend sensitiv betrachtet	

Das Szenario „Einfluss der Digitalisierung auf PPK“ geht von den folgenden Rahmenbedingungen aus:

- Mit zunehmender Digitalisierung wird sich das Aufkommen an Zeitungs- und grafischen Papieren bis 2050 deutlich reduzieren. Hinzu kommt ein deutlich bewussterer Umgang mit der Ressource Papier, der die Nutzung auf das Notwendigste beschränkt. Aufgrund technologischer Entwicklungen werden zudem die digitalen Nutzungsmöglichkeiten für Schriftgut verbessert und damit zugleich Zugangsbarrieren verringert.
- Technologieentwicklung und Wertewandel beeinflussen die Nutzung von Verpackungsmaterialien. Im Versandhandel setzen sich zunehmend Mehrwegverpackungen durch. Neben konventionellen Mehrwegverpackungen beispielsweise aus textilen Materialien oder Kunststoffen werden künftig in größerem Umfang auch Drohnen für die Auslieferung von Paketsendungen zum Einsatz kommen. Auf der anderen Seite werden Verpackungen optimiert und nur im notwendigen Umfang eingesetzt. Die Verpackung als Werbeträger verliert an Bedeutung. Im Ergebnis kann bis 2050 auch der Anteil an Verpackungsmaterialien signifikant reduziert werden. Dies wird durch intelligente und räumlich an den Empfänger angepasste flexible Abholstationen befördert.
- Der Verbrauch von Hygiene – und Haushaltspapieren wird vorrangig aufgrund der erwarteten demografischen Entwicklungen steigen. Die zunehmende Alterung der Bevölkerung führt u.a. zu einem Anstieg von Inkontinenzprodukten. Dieser Anstieg wurde im Modell vollständig der thermischen Abfallverwertung zugeschrieben. Potenzielle Entwicklungen in Richtung Windelkompostierung [Dycle\_Windeln\_2017] wurden im Szenario noch nicht berücksichtigt.

- Die Verteilung des Stoffstromes PPK auf die einzelnen Entsorgungswege (Zuführung der separat erfassten Mengen zum Recycling und thermische Verwertung des im Kehrrecht verbleibenden Potenzials) bleibt unverändert. Die angenommenen Mengenänderungen werden proportional zu den Verwertungswegen wie im Basisjahr 2015 verteilt.

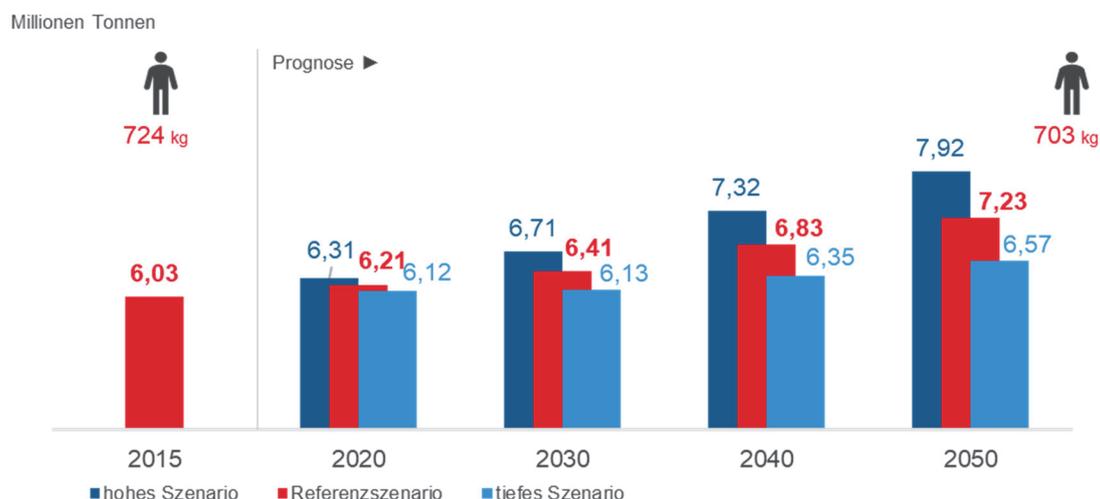
#### 7.2.4.2 Ergebnisse des Szenarios

##### Gesamtaufkommen an Siedlungsabfällen

Unter den definierten Annahmen für die Abfallfraktion PPK und bei Beibehaltung der für die Status quo Prognose definierten Rahmenbedingungen für alle anderen Stoffströme wird das Siedlungsabfallaufkommen im Szenario „PPK“ auf 703 kg/EW im Jahr 2050 zurückgehen und sich damit gegenüber der Status quo Prognose um 12% reduzieren. Die erwartete Bevölkerungsentwicklung im Referenzszenario wird diesen einwohnerspezifischen Rückgang beim absoluten Aufkommen noch kompensieren. Im Ergebnis des Szenarios „PPK“ wird sich Gesamtaufkommens an Siedlungsabfällen bis 2050 um 1,2 Mio. t auf insgesamt 7,23 Mio. t (+20% gegenüber dem Basisjahr 2015) erhöhen. Im Vergleich zur Status quo Prognose ist dies ein Rückgang um 0,98 Mio. t.

Im „tiefen“ Bevölkerungsszenario steigt das Gesamtsiedlungsabfallaufkommen bis 2050 um 9% auf 6,57 Mio. t, während im „hohen“ Bevölkerungsszenario ein Anstieg auf 7,92 Mio. t (+31% gegenüber dem Basisjahr 2015) prognostiziert wird. Zu beachten ist bei den prognostizierten Werten, dass auch im Szenario „PPK“ aufgrund der fehlenden bzw. unvollständigen Datenlage die Prognose auf der alten Siedlungsabfalldefinition der TVA 1990 aufsetzt. Eine Abschätzung unter den Bedingungen der Siedlungsabfalldefinition der VVEA 2016 ist mit den vorhandenen Daten nicht belastbar durchzuführen.

Abbildung 37: Entwicklung des Gesamtaufkommens an Siedlungsabfällen im Szenario 4 „Einfluss der Digitalisierung auf PPK“ (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)

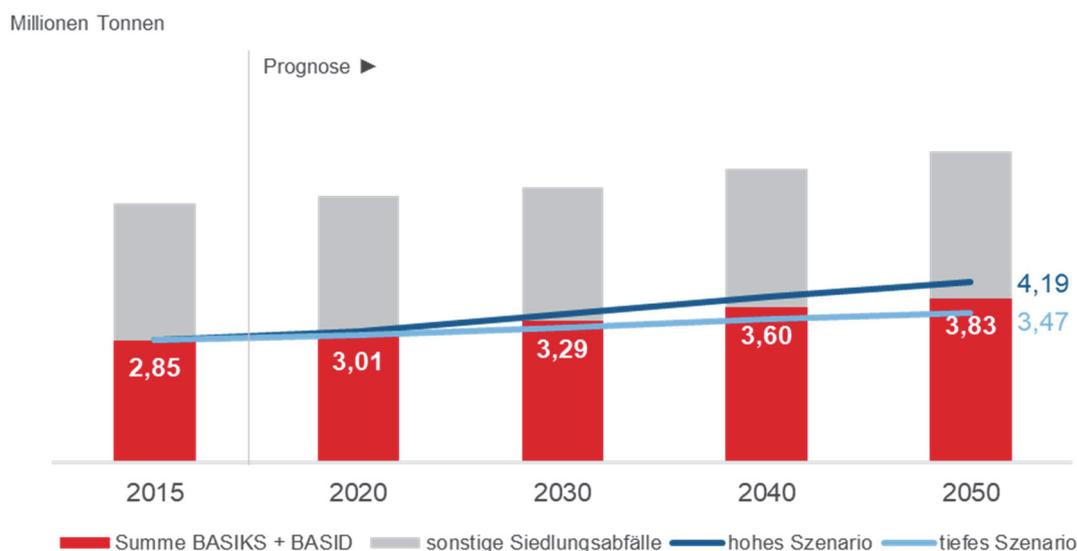


Quelle: Prognos AG 2017

### Brennbare Siedlungsabfälle für die Kehrrichtverwertungsanlagen

Während das einwohnerspezifische Gesamtaufkommen an Siedlungsabfällen rückläufig ist, nimmt das spezifische Aufkommen brennbarer Abfälle im Szenario „PPK“ von 342 kg/EW im Basisjahr 2015 auf 372 kg/EW im Jahr 2050 zu. Dies ist vor allem auf den bereits hohen Stand der Getrennterfassung von PPK zurückzuführen, so dass die vermiedenen Papiere und Kartonagen primär im Recyclingbereich wirksam werden. Darüber hinaus wird das Aufkommen brennbarer Siedlungsabfälle durch den Zuwachs an nicht recycelbaren Hygiene- und Haushaltspapieren gestützt. Im Ergebnis verbleiben im Szenario „PPK“ im Jahr 2050 in Summe 3,83 Mio. t brennbarer Abfälle (Bevölkerungs-Referenzszenario). Das entspricht einem Zuwachs von 34% gegenüber dem Basisjahr 2015. Aufgrund der primären Auswirkungen der Vermeidung von PPK-Abfällen im Recyclingbereich erhöht sich der Anteil brennbarer Abfälle an den Gesamtsiedlungsabfällen von 47% im Jahr 2015 auf 53% im Jahr 2050.

Abbildung 38: Entwicklung Aufkommens an brennbaren Siedlungsabfällen im Szenario 4 „Einfluss der Digitalisierung auf PPK“ (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)



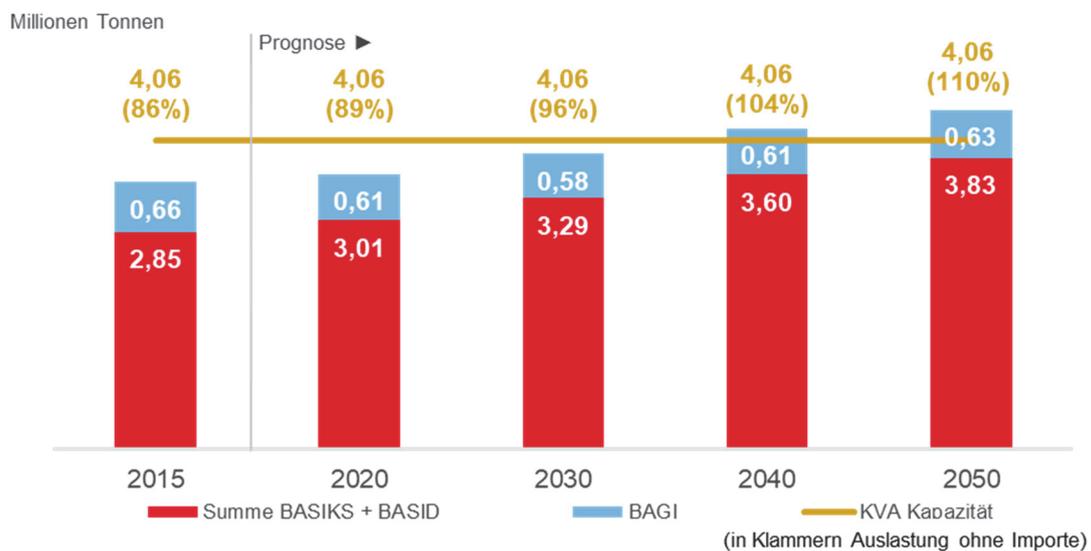
Quelle: Prognos AG 2017

Durch die Änderung der Siedlungsabfalldefinition wird auf den Anteil brennbarer Abfälle nur vergleichsweise geringe direkte Auswirkungen erwartet, da - wie bereits erläutert - die PPK-Fraktion bereits zu mehr als 80% separat erfasst wird. Aufgrund der im Szenario „PPK“ angenommenen Vermeidung von PPK-Abfällen verändert sich die Zusammensetzung der PPK-Fraktion und damit einhergehend auch die Qualitäten des Altpapiers und die Verfügbarkeit recyclingfähiger Papierfasern. Ein zunehmender Anteil nicht recyclingfähiger Faserabfälle würde potenziell als Sekundärabfall in den thermischen Verwertungsprozess zurückfließen, um den die KVA jedoch mit anderen thermischen Verwertern konkurrieren.

## Auslastung der Kehrrechtverwertungsanlagen

Die Summe der im stoffstromspezifischen Siedlungsabfallszenario 4 „Einfluss der Digitalisierung auf PPK“ ermittelten brennbaren Abfälle für die KVA (BASIKS und BASID) sowie der brennbaren Abfälle aus Gewerbe und Industrie (BAGI) (Basisszenario, siehe Kapitel 6) führen im Jahr 2050 zu einer Gesamtauslastung der Kehrrechtverwertungsanlagen von 110 % und damit einem Kapazitätsdefizit für nationale Mengen von rund 0,5 Mio. t. Das gesamt aufkommen thermisch zu verwertender brennbarer Abfälle liegt im Szenario bei 4,5 Mio. t (2050). Importe würden das Kapazitätsdefizit erhöhen.

Abbildung 39: Entwicklung der Auslastungssituation der KVA mit brennbaren Abfällen (BASIKS + BASID + BAGI; ohne Importe) im Szenario 4 „Einfluss der Digitalisierung auf PPK“ (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)



Quelle: Prognosen Prognos AG

## 7.2.5 Szenario 5 „Weg in Richtung Circular Economy“

### 7.2.5.1 Annahmen für das Szenario

Grundlegende Rahmenbedingungen des Szenarios sind insbesondere:

- Neue Entwicklungen im Produktdesign, die die Recyclingfähigkeit am Ende des Lebenszyklus sicherstellen sowie über modulare Bauweisen eine Verlängerung der Nutzungsdauer ermöglichen,
- innovative und wirtschaftliche Technologien, die einem Primärprodukt vergleichbare Rezyklat-Qualitäten herstellen können, die am Markt akzeptiert werden,
- rechtliche Rahmenbedingungen, die die Weitergabe / Wiederverwendung von Produkten sowie den Einsatz von Rezyklaten fördern und

- Änderungen von Verhaltensweisen, die zu einer breiten Akzeptanz des Sharings führen

Tabelle 13 Überblick über das Szenario 5 „Weg in Richtung Circular Economy“

Szenario	„Weg in Richtung CE“	
<b>Inhalt:</b>	Zusammenfassung vorstellbarer und quantifizierbarer Entwicklungsoptionen auf dem Weg zur Circular Economy	
<b>Logik:</b>	Zielszenario (was muss passieren, damit...)	
<b>Stoffströme:</b>	PPK, Glas, PET, Kunststoffe, Aluminium, Textilien, Weißblech, biogene Abfälle, Elektro- und Elektronikaltgeräte, Batterien, Verbundmaterialien	
<b>Annahmen:</b>	Zielwert	stoffstromspezifisch
	Herkunft	Siedlungsabfälle, Kehricht
	Verbleib	Vermeidung bzw. Verlagerung aus dem Kehricht
	Umsetzungszeitraum	bis 2050
<b>Grenzen</b>	Beibehaltung der Definition von Siedlungsabfällen gemäß TVA 1990 Die ab 2019 geltenden Änderungen gemäß VVEA 2016 werden nur orientierend sensitiv betrachtet Aufgrund der kaum verfügbaren Daten zur Zusammensetzung der gewerblichen Siedlungsabfälle wurde für diese nur eine überschlägige Annahme im Szenario getroffen. Keine Rückführung von biogenen Abfällen aus der Eigenkompostierung berücksichtigt	

Das Szenario „Weg in Richtung Circular Economy“ baut auf den Annahmen der vorab skizzierten Szenarien

- Intensivierung der Getrennterfassung von Wertstoffen (Kapitel 7.2.2),
- Vermeidung von Lebensmittelabfällen (Kapitel 7.2.3) sowie
- Einflüsse von Megatrends auf den Stoffstrom Papier, Pappe, Karton (Kapitel 7.2.4)

auf. Darüber hinaus wurden weitergehende stoffstromspezifische Annahmen sowohl zur Vermeidung, sowie auch intensiveren Separaterfassung unterstellt:

- Papier, Pappe, Karton
  - Die Annahmen zu Zeitungen und Hygienepapieren wurden aus dem Szenario 4 „PPK“ übernommen.
  - Für Windeln wurden anteilig Alternativverfahren zur thermischen Verwertung angenommen. Angenommen wurde ein durchschnittlicher Verbrauch von 5 Windeln für Kinder über einen Zeitraum von 2,5 Jahren. Bezogen auf Inkontinenzprodukte für Erwachsene wurde ein Anteil von Personen mit Inkontinenz von 20% und einer durchschnittlichen Tragedauer von 7 Jahren unterstellt. 50%

des Windelabfallaufkommens wurden in andere Verwertungswege gesteuert. [NZZ\_Hygiene\_2016]

- Die Annahmen zu den PPK-Verpackungen sind nachfolgend dargestellt.
- Verpackungen
  - PPK-Verpackungen werden noch stärker zurückgehen als im Szenario „PPK“, da mit dem Wertewandel ein noch weiter zunehmender Trend zu verpackungsfreien Produkten und Mehrwegverpackungen unterstellt wird. Die Akzeptanz wird vorausgesetzt.
  - Dieser grundsätzliche Trend wird auch die Nutzung von Kunststoff- und Verbundverpackungen beeinflussen und den Nutzungsanteil reduzieren. Zudem können die Separaterfassungsquoten noch weiter gesteigert werden.
- Elektro- und Elektronikaltgeräte
  - Kühlgeräte werden durch den Klimawandel verstärkt nachgefragt werden. Der zunehmende Verbrauch kann teilweise durch Gewichtsreduzierungen kompensiert werden.
  - Der Trend zu einem bzw. wenigen multifunktionalen Geräten verstärkt sich.
  - Sharing von Elektrogeräten nimmt deutlich zu, Leasingkonzepte führen zu einer höheren Rücklaufquote auch für Kleingeräte.
  - Durch Innovationen im Produktdesign und eine zunehmende Komponentenbauweise sind bauteilspezifische Reparaturen und Modernisierungen möglich, die letztendlich zu einer verlängerten Nutzungsdauer der elektrischen und elektronischen Geräte führen. Diese wurde für einen Mix an typischen und Mengenrelevanten Haushaltsgeräten über eine Weibullverteilung berechnet.
- Lebensmittelabfälle
  - aufgrund technologischer Entwicklungen sinkt der Anteil produktionsbedingter Lebensmittelabfälle. In Verbindung mit zunehmenden regionalen Versorgungsstrategien steigt der Anteil vermeidbarer Abfälle von den im Szenario „Lebensmittelabfälle“ angenommenen 72% für Abfälle aus der Verarbeitenden Industrie, Handel und Gastronomie stufenweise um bis zu 10% im Jahr 2050.
- sonstige Wertstofffraktionen
  - über stoffstromspezifische Annahmen werden die Separaterfassungsquoten gegenüber dem Szenario „Intensivierung der Wertstoffeffassung“ erhöht.

Wertvorstellungen, Verhaltensweisen, Lebenskonzepte und gesellschaftliche Akzeptanz werden einen stärkeren Einfluss auf den Umgang mit Abfällen ausüben.

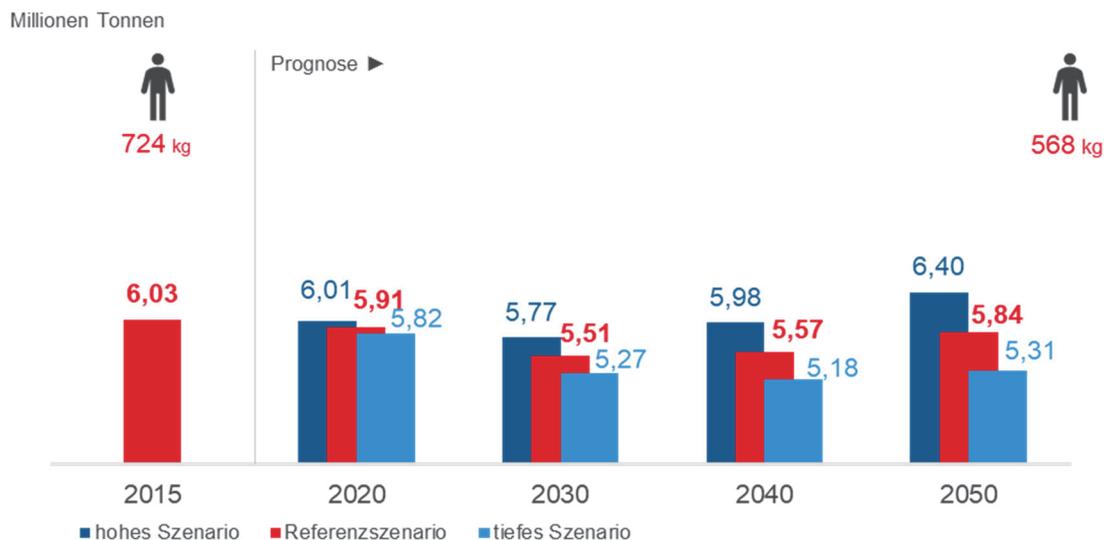
#### 7.2.5.2 Ergebnisse des Szenarios

##### **Gesamtaufkommen an Siedlungsabfällen**

Im Szenario 5 „Weg in Richtung Circular Economy“ reduziert sich das einwohnerspezifische Aufkommen an Siedlungsabfällen von 724 kg im Jahr 2015 auf 568 kg (-21%) im Jahr 2050.

Aufgrund der erwarteten dynamischen Bevölkerungsentwicklung wird das absolute Siedlungsabfallaufkommen mit 5,84 Mio. t nur leicht unter dem Wert des Basisjahres 2015 liegen. Aus den Bandbreiten der Bevölkerungsentwicklung ergibt sich ein Aufkommenspotenzial zwischen 5,31 Mio. t (2050) im tiefen und 6,40 Mio. t (2050) im hohen Bevölkerungsszenario.

Abbildung 40: Entwicklung des Gesamtaufkommens an Siedlungsabfällen im Szenario 5 „Weg in Richtung Circular Economy“ (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)



Quelle: Prognos AG 2017

Hierbei sind jedoch aufgrund der Datenlage zur Zusammensetzung der gewerblichen Kehrriechtabfälle noch keine Vermeidungs- und Recyclingpotenziale der gewerblichen Mengen berücksichtigt. Da von gesamtwirtschaftlich wirkenden Megatrends ausgegangen wird, ist eine Reduzierung auch des gewerblichen Anteils zu erwarten. Die Aussagekraft des Szenarios ist in diesem Punkt im Vergleich zur Status quo Prognose eingeschränkt.

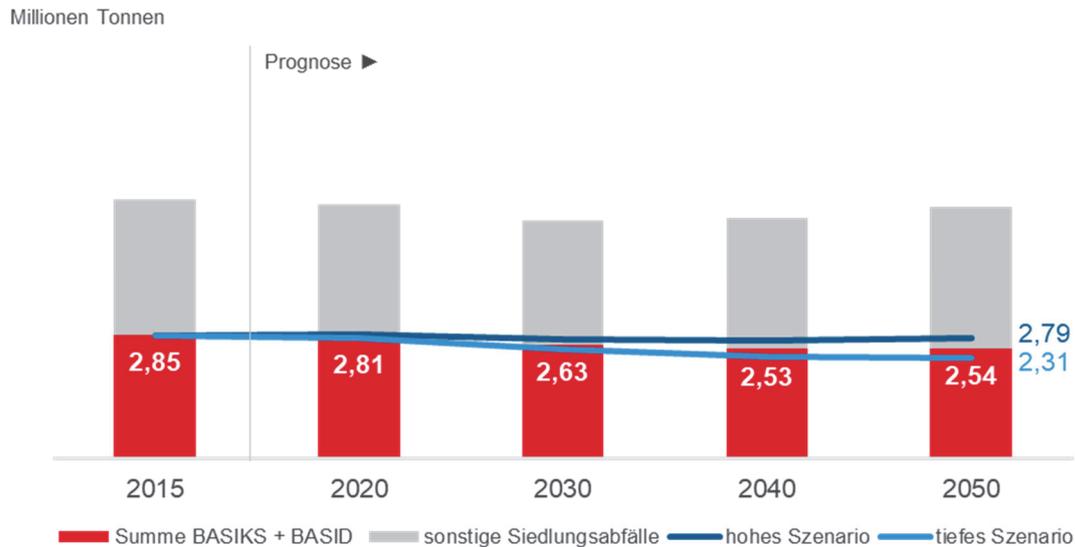
Eine weitere Reduzierung des Siedlungsabfallaufkommens ergibt sich aus dem Szenario 1 „Definitionsänderung“ (siehe Kapitel 7.2.1), die aufgrund der vereinfachten überschlägigen Annahmen nicht nachvollziehbar gegenbilanziert werden können. Für die Auslastung der Kehrriechverwertungsanlagen hat dies zunächst keinen Einfluss, da sich die Mengen lediglich zum Marktkehrriech verlagern.

### Brennbare Siedlungsabfälle für die Kehrriechverwertungsanlagen

Das Aufkommen an brennbaren Siedlungsabfällen wird im Szenario „Weg in Richtung Circular Economy“ gegenüber dem Basisjahr 2015 um 0,31 Mio. t (-11%) zurückgehen. Die Reduzierung des absoluten Aufkommens brennbarer Abfälle können durch die unterstellten Aktivitäten zur Abfallvermeidung und Separaterfassung von Wertstoffen durch das Bevölkerungswachstum nicht mehr kompensiert werden. Auch unter Berücksichtigung der Bandbreiten der Bevölkerungsentwicklung bleibt das Aufkommen brennbarer Siedlungsabfälle unterhalb des im Basisjahr 2015 erreichten Wertes von 2,85 Mio. t.

Bezogen auf das einwohnerspezifische Aufkommen brennbarer Siedlungsabfälle zeigt sich ein deutlicher Rückgang von 342 kg/EW (2015) auf 247 kg/EW (2050). Das entspricht einem Rückgang um 28%.

Abbildung 41: Entwicklung Aufkommens an brennbaren Siedlungsabfällen im Szenario 5 „Weg in Richtung Circular Economy“ (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)



Quelle: Prognos AG 2017

Der Anteil brennbarer Abfälle am Gesamtsiedlungsabfallaufkommen sinkt von 47% (2015) auf 43% (2050).

Vermeidungs- und Recyclingpotenziale innerhalb der gewerblichen Siedlungsabfälle sind aufgrund der unzureichenden Datenlage zur Abfallzusammensetzung nur ansatzweise (z.B. Lebensmittelabfälle) berücksichtigt. Es ist davon auszugehen, dass die für das Szenario beschriebenen Megatrends auch die gewerblichen Siedlungsabfälle beeinflussen und somit zu einer weiteren Reduzierung der brennbaren Abfälle und anteilig auch des Gesamtaufkommens an Siedlungsabfällen beitragen.

Ein konservativ-überschlägiger Ansatz eines ca. 25%igen Recyclingpotenzials der verbleibenden brennbaren gewerblichen Siedlungsabfälle würde beispielsweise zu einem Rückgang auf rund 2,2 Mio. t im Jahr 2050 führen. Da eine genaue Verteilung der gewerblichen Direktanlieferungen an die Kehrrichtverwertungsanlagen (siehe Kapitel 3.1.4) zwischen den Zuordnungsbereichen „Direktanlieferungen, den Siedlungsabfällen zugerechnet“ und „Direktanlieferungen aus Industrie & Gewerbe“ nur in begrenztem Umfang möglich ist, wurden die folgenden vereinfachten Annahmen getroffen:

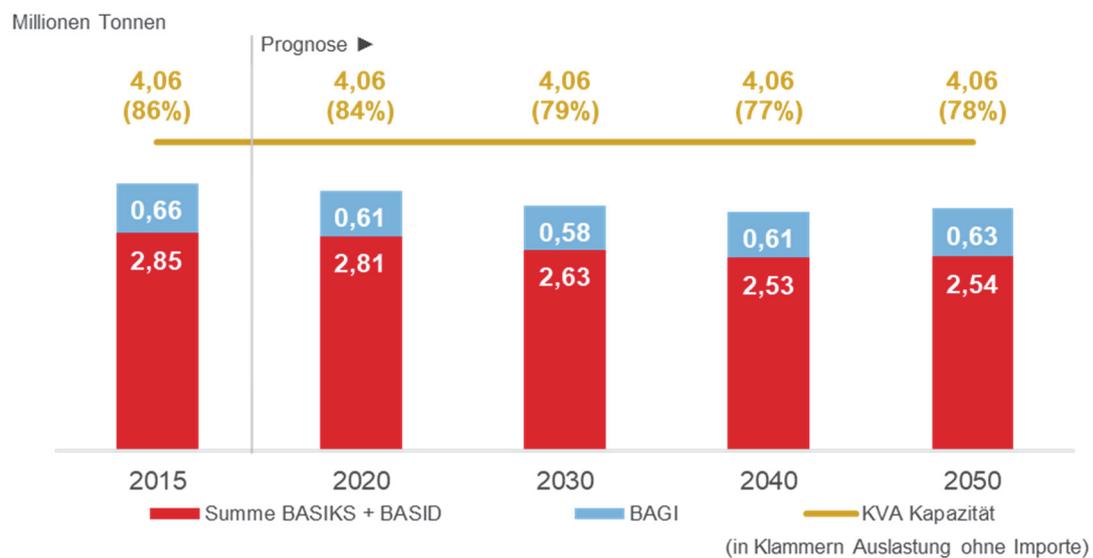
- Für die Modellierung im Rahmen dieses Szenarios wurden Klärschlämme, Sonderabfälle, Sortierreste und Shredderleichtabfälle den „brennbaren Abfällen aus Industrie & Gewerbe“ zugeordnet.

- Lebensmittelabfälle wurden als „brennbare Abfällen aus Industrie und Gewerbe, den Siedlungsabfällen zugerechnet“ berücksichtigt.
- Für die verbleibenden Stoffströme wurde ein stoffstromspezifisches Potenzial für verlängerte Nutzungszeiten und Recycling abgeschätzt und anteilig auf die „brennbaren Abfälle aus Industrie und Gewerbe, den Siedlungsabfällen zugerechnet“ angewendet.
- Die szenarischen Annahmen gehen – analog zu den Abfällen aus Haushalten nicht nur vom heutigen Stand der Technik aus, sondern berücksichtigen Annahmen für Produktinnovationen und technologische Weiterentwicklungen, die die Recyclingfähigkeit gewährleisten.

### Auslastung der Kehrrichtverwertungsanlagen

In Summe verbleiben im Siedlungsabfallszenario 5 „Weg in Richtung Circular Economy“ (BASIKS und BASID) sowie der brennbaren Abfälle aus Gewerbe und Industrie (BAGI) (Basisszenario, siehe Kapitel 6) im Jahr 2050 noch nahezu 3,2 Mio. t brennbarer Abfälle für die KVA. Die Auslastung mit nationalen brennbaren Abfälle (ohne Berücksichtigung von Importen) sinkt von 86 % im Jahr 2015 auf 78 % im Jahr 2050.

Abbildung 42: Entwicklung der Auslastungssituation der KVA mit brennbaren Abfällen (BASIKS + BASID + BAGI; ohne Importe) im Szenario 5 „Weg in Richtung Circular Economy“ (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)



Quelle: Prognosen Prognos AG

## 8 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die zu erwartenden demografischen und wirtschaftlichen Entwicklungen werden auch in Zukunft einen großen Einfluss auf die Entwicklung des Siedlungsabfallaufkommens haben. Zum einen wird erwartet, dass die Bevölkerung bis 2050 deutlich steigt. Dies wird flankiert von einem parallelen Trend zu einer älter werdenden Bevölkerung und kleineren Haushalten. Unter stabilen Rahmenbedingungen wird auch ein positives wirtschaftliches Wachstum erwartet. Die Konsumausgaben steigen, es verringert sich jedoch der Anteil der Ausgaben für „abfallrelevante“ Produkte. Ohne flankierende abfallrechtliche und -wirtschaftliche Maßnahmen werden die Siedlungsabfallmengen in der Zukunft weiter steigen.

Im Rahmen der Studie wurden Szenarien entwickelt, die vorhersehbare und vorstellbare Entwicklungen in unseren Lebensbereichen hinsichtlich ihrer potenziellen Auswirkungen auf die Entwicklung des Aufkommens an Siedlungsabfällen insgesamt und im Hinblick auf das für die KVA verfügbare Kehrichtaufkommen analysiert und quantifiziert haben. Nicht jedes denkbare Szenario lässt sich allerdings quantifizieren. Dies trifft beispielsweise auf Effekte aus dem Klimawandel sowie den damit einhergehenden Veränderungen der Verhaltensweisen der Wohnbevölkerung zu.

Für die Darstellung im Rahmen dieser Studie wurden letztendlich relevante und aussagekräftige Szenarien ausgewählt, die sowohl stoffstromspezifische Einzeldarstellungen (für Papier, Pappe, Karton und Lebensmittelabfälle), als auch aggregierte Darstellungen für mehrere Stoffströme berücksichtigen. In die Betrachtungen wurden neben den mengenrelevanten Szenarien (Vermeidung oder Zunahme) auch Szenarien aufgenommen, die Separaterfassung als Voraussetzung für die Zuführung zum Recycling im Fokus hatten.

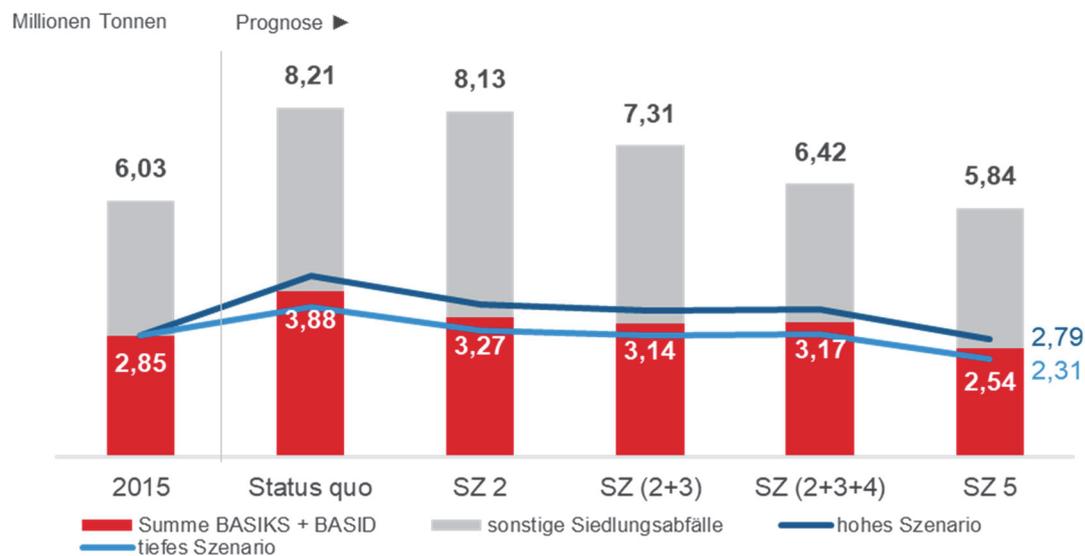
Für die Szenarien wurde methodisch eher eine rückwärtige Betrachtung unter der Fragestellung „was muss geschehen, damit...“ bestimmte Ziele erreicht werden können, gewählt. Sie orientieren sich sehr stark am gegenwärtigen Denken in Stoffströmen und Quoten. Die im Rahmen dieser Studie letztendlich ausgewählten Szenarien für die Einzeldarstellung lassen sich miteinander kombinieren und vergleichend darstellen.

Im Vergleich der Status quo Prognose mit einer Kombination der stoffstromorientierten Szenarien (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990) zeigt sich, dass

- das Szenario SZ 2 „Intensivierung der Separaterfassung“ zwar ein ähnliches Gesamtaufkommen wie die Status quo Prognose aufweist, aber im Hinblick auf die künftig für die KVA zur Verfügung stehenden Mengenpotenziale mit einem Rückgang von ungefähr 0,6 Mio. t den deutlichsten Einfluss hat.
- Die Kombination der Maßnahmenbereiche und Ziele des Szenarios SZ 2 mit denen der Szenarien SZ 3 „Lebensmittelabfälle“ als SZ (2+3) und SZ 4 „PPK“ als SZ (2+3+4) führen im Hinblick auf die KVA-Mengen aufgrund des bereits hohen Standes der Getrennterfassung zu keinen signifikanten Veränderungen.
- Ein weiterer Rückgang an Abfallmengen für die KVA von rund 0,6 Mio. t wäre für den Fall zu erwarten, dass sich die Gesellschaft und die Wirtschaft in Richtung einer „Circular Economy“ (SZ 5) entwickelt, was zusammengefasst bedeutet, dass weniger Produkte gebraucht werden, diese länger halten und durch die gegebene Recyclingfähigkeit auch weniger nicht mehr verwertbarer Kehricht anfällt.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Szenario-Berechnungen für die Siedlungsabfälle grafisch dargestellt.

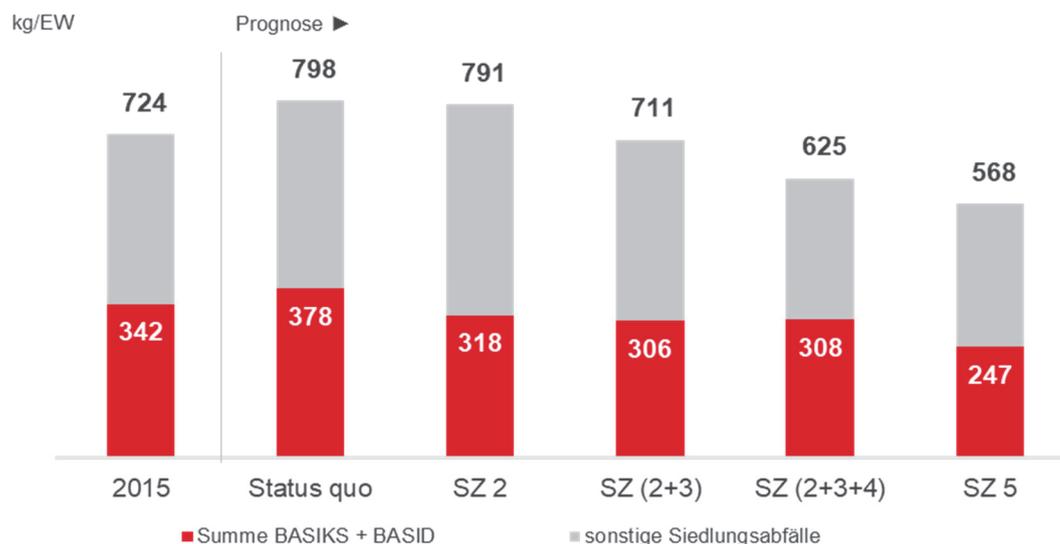
Abbildung 43: Entwicklung des Siedlungsabfallaufkommens im Vergleich der Szenarien (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)



- SZ 2 - Szenario „Intensivierung Separaterfassung“
- SZ (2+3) - SZ2 plus Szenario „Lebensmittelabfälle“
- SZ (2+3+4) - SZ3 plus Szenario „PPK“
- SZ 5 - Szenario „Weg in Richtung CE“

Quelle: Prognos AG 2017

Abbildung 44: Entwicklung des einwohnerspezifischen Siedlungsabfallaufkommens im Vergleich der Szenarien (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)



- SZ 2 - Szenario „Intensivierung Separaterfassung“
- SZ (2+3) - SZ2 plus Szenario „Lebensmittelabfälle“
- SZ (2+3+4) - SZ3 plus Szenario „PPK“
- SZ 5 - Szenario „Weg in Richtung CE“

Quelle: Prognos AG 2017

Zu beachten sind bei der Ergebnisdarstellung jedoch noch die mit der Änderung der Siedlungsabfalldefinition ab 2019 einhergehenden weiteren Reduzierungen sowohl der Siedlungsabfallmenge als auch des für die KVA verfügbaren Kehrrichtaufkommens. Diese Mengen verlassen das kommunalen Regime, verbleiben jedoch im Markt. Der Marktkehrrecht steht den KVA also weiterhin, allerdings im Wettbewerb zu anderen thermischen Verwertern, wie beispielsweise der Zementindustrie, zur Verfügung.

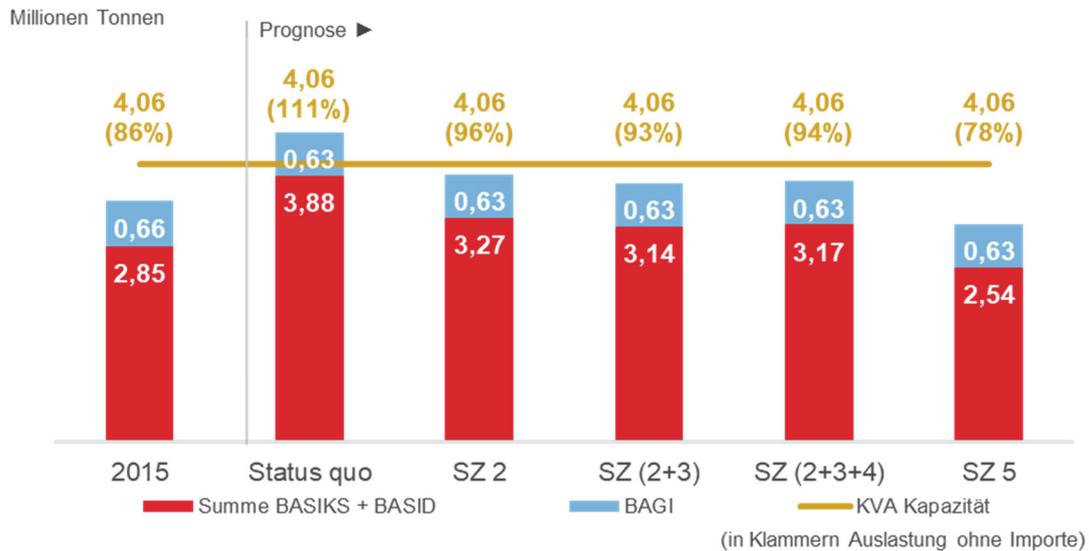
Mit der Status quo Prognose wurde die Richtung der künftigen Abfallmengenentwicklung aufgezeigt, sofern keine Maßnahmen zur Gegensteuerung des steigenden pro-Kopf Aufkommens beschlossen und eingeführt werden. Angesichts der globalen Herausforderungen werden auch die Anforderungen an die Kreislaufwirtschaft wachsen. Neben

- der Schonung der natürlichen Ressourcen durch die Verbesserung der Ressourceneffizienz,
- der Verbesserung der Rohstoffproduktivität,
- der Reduzierung des Energieverbrauchs,
- der Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien und
- der Entwicklung emissionsarmer und -freier Technologien

gilt es vor allem eine bessere Verzahnung von Energie-, Umwelt- und Wirtschaftspolitik zu erreichen. Das schließt auch die Abfallpolitik ein, die einen zunehmenden Beitrag zur Produkt- und Ressourcenpolitik zu leisten hat.

Unter Berücksichtigung vereinfachter Szenarien für die Entwicklung brennbarer Bauabfälle für die KVA, von Klärschlämmen und sonstigen verbleibenden Abfällen aus Industrie und Gewerbe ergibt sich nachfolgend grafisch und tabellarisch zusammengefasste zukünftige Auslastungssituation mit nationalen Mengen (ohne Importe) für die Kehrrichtverwertungsanlagen. Mit der Intensivierung der Separaterfassung von Wertstoffen reduziert sich die Kapazitätslücke, so dass die national verfügbaren Mengen für die KVA ausreichend wären. Eine deutliche Intensivierung der Separaterfassung sowie zusätzliche Maßnahmen und Entwicklungstrends zur Abfallvermeidung und Verlängerung der Nutzungsdauer von Produkten führt im Circular Economy Szenario zu einem zusätzlichen Akquisitionsbedarf von 0,8 Mio. t. Dieser kann teilweise über Importe gedeckt werden.

Abbildung 45: Entwicklung der Auslastung der KVA mit nationalen brennbaren Abfällen (BASIKS + BASID + BAGI; ohne Importe) im Vergleich der Szenarien (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)



SZ 2 - Szenario „Intensivierung Separaterfassung“

SZ (2+3) - SZ2 plus Szenario „Lebensmittelabfälle“

SZ (2+3+4) - SZ3 plus Szenario „PPK“

SZ 5 - Szenario „Weg in Richtung CE“

Quelle: Prognos AG 2017

Tabelle 14: Entwicklung der Auslastung der KVA mit nationalen brennbaren Abfällen (BASIKS + BASID + BAGI; ohne Importe) (Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)

Indikator	Einheit	2015	2020	2030	2040	2050	2015 - 2050
Kapazitäten KVA	Mio. t	4,06	4,06	4,06	4,06	4,06	0%
<b>Nationales Aufkommen brennbarer Abfälle für die KVA (ohne Importe)*</b>							
Status quo Szenario	Mio. t	3,51	3,65	3,95	4,31	4,55	30%
└ Auslastung	%	86%	90%	97%	106%	112%	
SZ 2 "Intensivierung Separaterfassung"	Mio. t	3,51	3,59	3,74	3,90	3,94	12%
└ Auslastung	%	86%	88%	92%	96%	97%	
SZ 3 "Lebensmittelabfälle"	Mio. t	3,51	3,52	3,65	3,93	4,18	19%
└ Auslastung	%	86%	87%	90%	97%	103%	
Kombination SZ 2 und SZ 3	Mio. t	3,51	3,49	3,51	3,68	3,81	9%
└ Auslastung	%	86%	86%	87%	91%	94%	

Indikator	Einheit	2015	2020	2030	2040	2050	2015 - 2050
SZ 4 "PPK"	Mio. t	3,51	3,61	3,88	4,21	4,46	27%
└ Auslastung	%	86%	89%	96%	104%	110%	
Kombination SZ 2, SZ 3 und SZ 4	Mio. t	3,51	3,48	3,49	3,66	3,80	8%
└ Auslastung	%	86%	86%	86%	90%	94%	
SZ 5 "Weg in Richtung CE"	Mio. t	3,51	3,41	3,22	3,14	3,18	-9%
└ Auslastung	%	86%	84%	79%	77%	78%	

\* für die Siedlungsabfallszenarien wurde jeweils das Referenzszenario zur Bevölkerungsentwicklung unterstellt

Quelle: Prognos AG 2017

Die abfallwirtschaftliche Zukunft des Jahres 2050 ist aus heutiger Sicht nur in Umrissen beschreibbar. Viele der Einflussfaktoren sind in ihren Konsequenzen nicht abschließend einschätzbar, wie etwa die Auswirkungen des Klimawandels oder die Potenziale der technologischen Entwicklung für das Recycling. Auf der anderen Seite entstehen aber auch neue Herausforderungen, wenn neu entwickelte Materialien, Materialmischungen und Produkte das Ende des Produktlebenszyklus erreichen.

Dennoch geben die im Rahmen der Studie vorgestellten Szenarien eine Orientierung, welche Auswirkungen mit abfallpolitischen, wirtschaftlichen, technologischen und demografischen Entwicklungen einhergehen können. Diese gilt es zu beobachten oder auch zu unterstützen, um Kapazitäten und Technologien frühzeitig an die jeweilige Entwicklung anpassen zu können.

## 9 Quellenverzeichnis

- [BAFU\_Abfall\_2005 - 2016] Bundesamt für Umwelt BAFU; Abfallmengen und Recycling 2005 - 2015 im Überblick; Bern 2017
- [BAFU\_BIO\_2014] Bundesamt für Umwelt BAFU; Nahrungsmittelverluste im Detailhandel und in der Gastronomie in der Schweiz; Bern 2014
- [BAFU\_BIO\_2016] Bundesamt für Umwelt BAFU; Kompostier- und Vergärungsanlagen - Erhebung in der Schweiz und in Liechtenstein; Bern 2016
- [BAFU\_Fakten\_2013a] Bundesamt für Umwelt BAFU; Faktenblatt Berechnung der Verwertungsquote von PET-Flaschen; Bern 2013
- [BAFU\_Fakten\_2013b] Bundesamt für Umwelt BAFU; Faktenblatt Berechnung der Verwertungsquote von Alu-Dosen; Bern 2013
- [BAFU\_Fakten\_2017] Bundesamt für Umwelt BAFU; Faktenblatt Verwertungsquote 2016: Berechnung der Verwertungsquote von Getränkeverpackungen aus Glas; Bern 2017
- [BAFU\_Food waste\_2017] Bundesamt für Umwelt BAFU; Lebensmittel für die Mülltonne; 2013; <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wirtschaft-konsum/dossiers/lebensmittel-fuer-die-muelltonne.html> ; aufgerufen am 19.07.2017
- [BAFU\_Food waste\_2017a] Bundesamt für Umwelt BAFU; Lebensmittelabfälle; 2016; <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/abfallwegweiser-a-z/biogene-abfaelle/abfallarten/lebensmittelabfaelle.html>; aufgerufen am 19.07.2017
- [BAFU\_GetränkeVerp\_2015] Bundesamt für Umwelt BAFU; Recycling von Getränkeverpackungen 2015; Bern 2016
- [BAFU\_Indikator\_2017] Bundesamt für Umwelt BAFU; Indikator Abfall; <https://www.bafu.admin.ch>, aufgerufen am 9.07.2017
- [BAFU\_Kehricht\_2002] Bundesamt für Umwelt BAFU; Erhebung der Kehrichtzusammensetzung 2001 / 2002; Bern 2003
- [BAFU\_Kehricht\_2012] Bundesamt für Umwelt BAFU; Erhebung der Kehrichtzusammensetzung 2012; Bern 2014
- [BAFU\_Klärschlamm\_2012] Bundesamt für Umwelt BAFU, Klärschlamm Entsorgung in der Schweiz - Klärschlamm Erhebung 2012

- [BAFU\_Kunststoff\_2011]** Schelker, R.; Geisselhardt, P., Projekt Kunststoff-Verwertung Schweiz. Bericht Module 1 und 2, Studie im Auftrag des Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2011
- [BAFU\_Kunststoff\_2016]** Bundesamt für Umwelt BAFU; Bericht Module 3 + 4 Verwertung Kunststoffabfälle Schweiz im Auftrag des Runden Tisches Kunststoff; Bern 2016
- [BAFU\_Leitbild\_1986]** Bundesamt für Umwelt BAFU; Leitbild für die Schweizerische Abfallwirtschaft, Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 51; Bern 1986
- [BAFU\_VVEA:2017]** Bundesamt für Umwelt BAFU; Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA): Schritt zur Ressourcenschonung; 2017; <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/fachinformationen/abfallpolitik-und-massnahmen/revidierte-technische-verordnung-ueber-abfaelle--schritt-zur-res.html>; aufgerufen am 17.08.2017
- [BAFU\_Wirtschaft\_2016]** Bundesamt für Umwelt BAFU; Grüne Wirtschaft - Maßnahmen des Bundes für eine ressourcenschonende, zukunftsfähige Schweiz; 2016
- [BAFU\_Zukunft\_2016]** Bundesamt für Umwelt BAFU; Zielbilder für eine planetenverträgliche, zukunftsfähige Schweiz; Winterthur 2016
- [BFS\_Bevölkerung\_2015a]** Bundesamt für Statistik; Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz ab 2015, Bevölkerung und Bewegungen nach Alter, Geschlecht, Staatsangehörigkeit und gemäss einem Szenario oder einer Variante; 2015; <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/tabellen.assetdetail.329270.html>; aufgerufen am 26.06.2017
- [BFS\_Bevölkerung\_2015b]** Bundesamt für Statistik; Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 2015-2065 (px-x-0104000000\_102); 2015; <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/tabellen.assetdetail.329270.html>; aufgerufen am 26.06.2017
- [BFS\_Bevölkerung\_2017a]** Bundesamt für Statistik; Bilanz der ständigen Wohnbevölkerung, 1861-2016 (su-d-01.02.04.05); 2017; <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bevoelkerung/stand-entwicklung/komponenten-bevoelkerungs-entwicklung.assetdetail.161714.html>; aufgerufen am 12.09.2017

- [BFS\_Bevölkerung\_2017b]** Bundesamt für Statistik; Szenarien zur Entwicklung der Haushalte 2017 - 2045; Neuchâtel 2017
- [BFS\_Haushalte\_2017a]** Bundesamt für Statistik; Privathaushalte nach Haushaltsgrösse, Referenzszenario, 2017-2045; 2017; <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bevoelkerung/zukuenftige-entwicklung.assetdetail.3623349.html>; aufgerufen am 29.11.2017
- [BFS\_Haushalte\_2017b]** Bundesamt für Statistik; Privathaushalte nach Kanton, Referenzszenario, 2017-2045 (su-d-01.03.03.01); 2017; <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bevoelkerung/zukuenftige-entwicklung/haushaltsszenarien.assetdetail.3623348.html>; aufgerufen am 29.11.2017
- [BFS\_Haushalte\_2017c]** Bundesamt für Statistik; Privathaushalte nach Gemeinde und Haushaltsgrösse, 2010-2016; 2017; <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/tabellen.assetdetail.3342064.html>; aufgerufen am 30.10.2017
- [biosweet / ZAH\_BIO\_2016]** biosweet / ZAHW; Organische Verluste aus der Lebensmittelindustrie in der Schweiz; Wädenswil 2016
- [BLW\_2016]** Bundesamt für Landwirtschaft BLW; Food Waste; 2016; <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/politik/food-waste.html>; aufgerufen am 17.07.2017
- [carbotech\_KuRVe\_2017]** carbotech AG / UMTEC - Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik; KuRVe (Kunststoff Recycling und Verwertung) - Ökonomisch-ökologische Analyse von Sammel- und Verwertungssystemen von Kunststoffen aus Haushalten in der Schweiz; Basel 2017
- [cemsuisse\_Daten\_2016]** cem+suisse, Jahresbericht 2016
- [Dinkel\_PET\_2008]** Fredy Dinkel, Andrea Hauser; Ökologischer Nutzen des PET-Recyclings in der Schweiz; Basel 2008
- [Dycle\_Windeln\_2017]** Zukunft Pflanzen e.V.; Diaper cycle - Windelkreislauf; 2017; <http://dycle.org/de>; aufgerufen am 03.11.2017
- [EC\_2017]** Europäische Kommission; Zwischenbilanz zur Kreislaufwirtschaft und neue Vorschläge für 2017; 2017; [https://ec.europa.eu/germany/news/zwischenbilanz-zur-kreislaufwirtschaft-und-neue-vorschla%C3%A4ge-f%C3%BCr-2017\\_de](https://ec.europa.eu/germany/news/zwischenbilanz-zur-kreislaufwirtschaft-und-neue-vorschla%C3%A4ge-f%C3%BCr-2017_de); aufgerufen am 00.01.1900

- [EUROSTAT\_WASGE\_2017]** EUROSTAT; Municipal waste by waste operations (env\_wasmun); 2010 - 2016; [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env\\_wasmun&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wasmun&lang=en); aufgerufen am 26.07.2017
- [FOODWASTE\_2017]** Verein foodwaste.ch; Food Waste in der Schweiz; 2015; <http://foodwaste.ch/was-ist-food-waste/> ; aufgerufen am 19.07.2017
- [Geisselhardt et al\_2014]** Geisselhardt, Patrik; Leuthold, Anita; Kunststoffrecycling in der Schweiz: Herausforderungen und Trends, In: Entsorgung von Verpackungsabfällen, Hrsg: Karl J. Thomé-Kozmiensky; Neuruppin 2014
- [Haupt\_Indicator\_2016]** Melanie Haupt, Carl Vadenbo, Stefanie Hellweg; Do we have the right Performance Indicators for the Circular Economy?; Journal of Industrial Ecology, Volume 21, Number 3; 2016
- [Hoffmeister\_Demografie\_2008]** Hoffmeister, Dr. Jochen; Demografie und Abfall – Wechselwirkungen zwischen sozio-demografischen Einflussfaktoren und dem spezifischen Abfallaufkommen. In: Karl J. Thomé-Kozmiensky ; Andrea Versteyl (Hrsg.): Planung und Umweltrecht – Band 2. ; Neuruppin 2008
- [INFA\_2017]** INFA GmbH; „Megatrends und Abfallwirtschaft - Auf was sollten wir uns vorbereiten?“ Vortrag von Prof. Klaus Gellenbeck, am 04. Mai 2017 beim Verein „Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft e.V.“; Iserlohn 2017
- [LFULG\_Maßnahmen\_2016]** Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen; Maßnahmen zur Vermeidung von Lebensmittelabfällen, Heft 29/2016; Dresden 2016
- [MUKE\_AWP\_2015]** Ministerium für Umwelt, Klimaschutz und Energiewirtschaft, Abfallwirtschaftsplan, Teilplan Siedlungsabfälle, 2015
- [n-tv\_2017]** n-tv; Vermieten statt verkaufen - Einzelhändler testen neues Geschäftsmodell; 2017; [https://www.n-tv.de/wirtschaft/wirtschaft\\_startupnews/Einzelhaendler-testen-neues-Geschaeftsmodell-article19683037.html](https://www.n-tv.de/wirtschaft/wirtschaft_startupnews/Einzelhaendler-testen-neues-Geschaeftsmodell-article19683037.html); aufgerufen am 22.07.2017
- [NW\_BIO\_2017]** Fachhochschule Nordwestschweiz – Hochschule für Technik (im Auftrag des BAFU); Gesamtschweizerische Erhebung über biogene Abfälle aus kommunalen Quellen: Umfrage bei den Gemeinden; Brugg-Windisch 2017

<b>[NW_WEEE_2016]</b>	Fachhochschule Nordwestschweiz; Elektrorecycling – Bekanntheit und Akzeptanz der vRG bei der Schweizer Bevölkerung; Olten 2016
<b>[NZZ_Hygiene_2016]</b>	<a href="https://www.nzz.ch/meinung/inkontinenz-die-schambe-setzte-volkskrankheit-ld.136175">https://www.nzz.ch/meinung/inkontinenz-die-schambe-setzte-volkskrankheit-ld.136175</a> ; aufgerufen am 17.11.2017
<b>[Ökopol_Instrumente_2016]</b>	Ökopol; Entwicklung von Instrumenten zur Vermeidung von Lebensmittelabfällen (im Auftrag des Umweltbundesamtes), Texte 85/2016; Dessau 2016
<b>[Pohl_Kunststoffe_2017]</b>	Pohl, Thomas, Überblick der verschiedenen Sammelsysteme in der Schweiz, Vortrag auf den BAFU Kunststofftagen, 14.11.2017
<b>[PG_FOOD_WASTE_2015]</b>	Projektgruppe Food waste; Food Waste - Bilanz Stakeholderdialog 2013 - 2014 und weitere Arbeiten der Projektgruppe Food Waste des Bundes; 2015
<b>[Prognos/INFA_2009]</b>	Prognos AG / INFA GmbH; Einfluss demografischer und wirtschaftlicher Faktoren auf die Abfallmengenentwicklung in Berlin – Hausmüllprognosen bis 2030“, Untersuchung im Auftrag der Berliner Stadtreinigungsbetriebe (BSR); Berlin 2009
<b>[Prognos_VIEW]</b>	Prognos AG; Makroökonomisches Modell "VIEW"
<b>[Remondis_2016]</b>	Remondis aktuell 03.2016; Größter Batteriespeicher in Lünen; 2016; <a href="http://www.remondis-aktuell.de/032016/recycling/groesster-batteriespeicher-in-luenen/">http://www.remondis-aktuell.de/032016/recycling/groesster-batteriespeicher-in-luenen/</a> ; aufgerufen am 14.07.2017
<b>[Rubli_Bau_2016]</b>	Rubli, Dr. Stefan; Entsorgungssituation von Dämmmaterialien in der Schweiz, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU); Bern 2016
<b>[Rubli_Bau_2016a]</b>	Rubli, Dr. Stefan; Entsorgungssituation von Dämmmaterialien in der Schweiz, Vortrag im Rahmen des Forums "Bauen" am 22. November 2016 in Ittingen; Ittigen 2016
<b>[Rundschau_2018]</b>	Kölnische Rundschau; imm cologne Wie wir wohnen werden: Fünf Trends von der Möbelmesse; 2018; <a href="https://www.rundschau-online.de/29491912">https://www.rundschau-online.de/29491912</a> ; aufgerufen am 14.07.2017

<b>[SENS etc._ WEEE_2016]</b>	SENS / Swico / SLRS; Fachbericht 2016; Zürich 2016
<b>[SENS etc._ WEEE_2017]</b>	SENS / Swico / SLRS; Fachbericht 2017; Zürich 2017
<b>[Spiegel_2014]</b>	Spiegel Online; Fotostrecke Share Economy: Teilen statt Haben; 2014; <a href="http://www.spiegel.de/fotostrecke/share-economy-uber-airbnb-fotostrecke-120110-2.html">http://www.spiegel.de/fotostrecke/share-economy-uber-airbnb-fotostrecke-120110-2.html</a> ; aufgerufen am 14.07.2017
<b>[Swiss Recycling_Kunststoffe_2017]</b>	Swiss Recycling; Dossier Kunststoffe aus Haushalten: Bewertung Umgang, Recycling; Zürich 2017
<b>[Trialog_Ressourcen_2017]</b>	RESSOURCEN TRIALOG Dialogprozess zur Abfall- und Ressourcenwirtschaft 2030; Leitsätze zur Schweizer Ressourcen- und Abfallwirtschaft 2030; 2017
<b>[VBSA_Fakten_2017]</b>	Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen (VBSA); Fakten Abfallverwertung; 2017; <a href="http://vbsa.ch/fakten/abfallverwertung/">http://vbsa.ch/fakten/abfallverwertung/</a> ; aufgerufen am 14.07.2017
<b>[VBSA_Mengen_2017]</b>	Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen (VBSA); Zusammensetzung der an die KVA angelieferten Abfälle 2010 - 2016; Daten zur Verfügung gestellt von Robert Quartier; Bern 2017
<b>[VBSA_Monitoring_2015]</b>	Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen (VBSA); Monitoring-Bericht zur CO2-Branchenvereinbarung für das Jahr 2015; Bern 2016
<b>[VBSA_Monitoring_2016]</b>	Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen (VBSA); Monitoring-Bericht zur CO2-Branchenvereinbarung für das Jahr 2016; Bern 2017
<b>[VeVA_2005]</b>	Schweizerischer Bundesrat; Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA); Bern 2005
<b>[VGV_2000]</b>	Schweizerischer Bundesrat; Verordnung über Getränkeverpackungen (VGV); Bern 2000
<b>[VREG_1998]</b>	Schweizerischer Bundesrat; Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG); Bern 1998
<b>[VVEA_2015]</b>	Schweizerischer Bundesrat; Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA); Bern 2015

**[WUEST\_Hochbau\_2015]**

Bundesamt für Umwelt BAFU; Bauabfälle in der Schweiz - Hochbau Studie 2015; Zürich 2015

**[ZPK/ASPI\_Papier\_2010 - 2016]**

Verband der Schweizerischen Zellstoff-, Papier- und Kartonindustrie (ZPK) / Arbeitgeberverband Schweizerischer Papier-Industrieller (ASPI); Jahresberichte 2010 - 2016; Zürich 2010-2016

# 10 Anlagen

## 10.1 Datentabellen

**Tabelle 15:** Daten zur Status quo Prognose  
(Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)

Indikator	Einheit	2015	2020	2030	2040	2050	2015 - 2050
Referenzszenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	6,43	7,10	7,77	8,21	36%
	kg/EW	724	734	744	774	798	10%
└ Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	3,04	3,36	3,68	3,88	36%
	kg/EW	342	347	352	366	378	10%
	%	47%	47%	47%	47%	47%	0%
hohes Szenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	6,53	7,43	8,34	9,00	49%
└ Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	3,09	3,52	3,94	4,25	49%
tiefes Szenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	6,33	6,79	7,23	7,45	24%
└ Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	3,00	3,21	3,42	3,53	24%

**Tabelle 16:** Daten zum Szenario 1 "Definitionsänderung von Siedlungsabfällen"

Indikator	Einheit	2015	2020	2030	2040	2050	2015 - 2050
Referenzszenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	4,47	4,94	5,40	5,71	-5%
	kg/EW	724	511	518	538	555	-23%
└ Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	2,34	2,59	2,83	2,99	5%
	kg/EW	342	267	271	282	291	-15%
	%	47%	52%	52%	52%	52%	11%
hohes Szenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	4,47	4,94	5,40	5,71	-5%
└ Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	2,38	2,71	3,04	3,28	15%
tiefes Szenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	4,47	4,94	5,40	5,71	-5%
└ Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	2,31	2,47	2,63	2,71	-5%

**Tabelle 17: Daten zum Szenario 2 „Intensivierung der Separaterfassung“  
(Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)**

Indikator	Einheit	2015	2020	2030	2040	2050	2015 - 2050
Referenzszenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	6,41	7,03	7,70	8,13	35%
	kg/EW	724	732	737	766	791	9%
└ Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	2,98	3,15	3,26	3,27	15%
	kg/EW	342	341	330	325	318	-7%
	%	47%	46%	45%	42%	40%	-15%
hohes Szenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	6,41	7,03	7,70	8,13	35%
└ Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	3,03	3,29	3,50	3,58	26%
tiefes Szenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	6,41	7,03	7,70	8,13	35%
└ Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	2,94	3,01	3,03	2,97	4%

**Tabelle 18: Daten zum Szenario 3 „Vermeidung von Lebensmittelabfällen“  
(Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)**

Indikator	Einheit	2015	2020	2030	2040	2050	2015 - 2050
Referenzszenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	6,16	6,36	6,89	7,40	23%
	kg/EW	724	704	666	686	719	-1%
└ Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	2,92	3,06	3,30	3,51	23%
	kg/EW	342	333	320	329	342	0%
	%	47%	47%	48%	48%	48%	0%
hohes Szenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	6,16	6,36	6,89	7,40	23%
└ Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	2,96	3,20	3,55	3,85	35%
tiefes Szenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	6,16	6,36	6,89	7,40	23%
└ Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	2,87	2,92	3,07	3,19	12%

**Tabelle 19:** Daten zur Kombination der Szenarien "Intensivierung der Separaterfassung" und "Vermeidung von Lebensmittelabfällen" (SZ 2 + SZ 3)  
(Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)

Indikator	Einheit	2015	2020	2030	2040	2050	2015 - 2050
Referenzszenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	6,15	6,29	6,81	7,31	21%
	kg/EW	724	702	659	678	711	-2%
└ Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	2,88	2,92	3,04	3,14	10%
	kg/EW	342	329	306	303	306	-11%
	%	47%	47%	46%	45%	43%	-9%
hohes Szenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	6,15	6,29	6,81	7,31	21%
└ Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	2,93	3,05	3,27	3,44	21%
tiefes Szenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	6,15	6,29	6,81	7,31	21%
└ Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	2,84	2,79	2,83	2,85	0%

**Tabelle 20:** Daten zum Szenario 4 "Einfluss der Digitalisierung auf PPK"  
(Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)

Indikator	Einheit	2015	2020	2030	2040	2050	2015 - 2050
Referenzszenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	6,21	6,41	6,83	7,23	20%
	kg/EW	724	709	672	680	703	-3%
└ Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	3,01	3,29	3,60	3,83	34%
	kg/EW	342	343	345	359	372	9%
	%	47%	48%	51%	53%	53%	12%
hohes Szenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	6,21	6,41	6,83	7,23	20%
└ Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	3,05	3,45	3,87	4,19	47%
tiefes Szenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	6,21	6,41	6,83	7,23	20%
└ Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	2,96	3,15	3,35	3,47	22%

**Tabelle 21:** Daten zur Kombination der Szenarien "Intensivierung der Separaterfassung", "Vermeidung von Lebensmittelabfällen" und "Einfluss der Digitalisierung auf PPK" (SZ 2 + SZ 3 + SZ 4)  
(Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)

Indikator	Einheit	2015	2020	2030	2040	2050	2015 - 2050
Referenzszenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	6,01	5,90	6,14	6,42	7%
	kg/EW	724	686	618	611	625	-14%
L Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	2,88	2,91	3,05	3,17	11%
	kg/EW	342	328	305	303	308	-10%
	%	47%	48%	49%	50%	49%	4%
hohes Szenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	6,01	5,90	6,14	6,42	7%
L Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	2,92	3,05	3,27	3,47	22%
tiefes Szenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	6,01	5,90	6,14	6,42	7%
L Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	2,83	2,78	2,83	2,88	1%

**Tabelle 22:** Daten zum Szenario 5 „Weg in Richtung CE“  
(Siedlungsabfalldefinition gemäß TVA 1990)

Indikator	Einheit	2015	2020	2030	2040	2050	2015 - 2050
Referenzszenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	5,91	5,51	5,57	5,84	-3%
	kg/EW	724	675	578	555	568	-21%
L Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	2,81	2,63	2,53	2,54	-11%
	kg/EW	342	321	276	252	247	-28%
	%	47%	47%	48%	45%	43%	-8%
hohes Szenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	5,91	5,51	5,57	5,84	-3%
L Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	2,85	2,75	2,71	2,79	-2%
tiefes Szenario (Bevölkerung)	Mio. t	6,03	5,91	5,51	5,57	5,84	-3%
L Anteil brennbare Abfälle	Mio. t	2,85	2,77	2,51	2,35	2,31	-19%

## 10.2 Überblick über diskutierte und berücksichtigte Einflussfaktoren

Tabelle 23: Überblick über diskutierte und berücksichtigte Einflussfaktoren auf das Aufkommen und Zusammensetzung von Siedlungsabfällen

Entwicklungsoption bis 2050	Einfluss auf Abfallfraktion	Auswirkung auf		berücksichtigt in Szenario
		Siedlungsabfälle	Kehricht	
<b>Demografische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen</b>				
Alterung der Bevölkerung	Inkontinenzprodukte	↗	↗	SZ 4 SZ 5
Demografische Entwicklungstrends: a) Kleinere Haushalte, Alterung	alle Siedlungsabfallfraktionen	↗	↗	Status quo
b) Alternative Formen des Zusammenlebens - "Alters-WG"	alle Siedlungsabfallfraktionen	↘	↘	. / .
Demografische Entwicklungstrends kleinere Haushalte	Auswirkungen auf Abfallzusammensetzung	↗	↗	Status quo
Binnenwanderung a) ständige Erneuerung der Wohnungseinrichtung	Sperrgut	↗	↗	. / .
b) oder "möbliertes Wohnen"	Sperrgut	→	→	. / .
steigende Kaufkraft, positive Konjunktur	alle Siedlungsabfallfraktionen inkl. gewerblicher Siedlungsabfälle	↗	↗	Status quo
<b>Abfallrechtliche und abfallwirtschaftliche Regelungen und Maßnahmen</b>				
Änderung Definition Siedlungsabfälle	gewerbliche Siedlungsabfälle	↘	↘	SZ 1
Steigerung Separaterfassung für "traditionelle" Wertstofffraktionen	Papier/Karton, Glas, Aluminium, PET, biogene Abfälle	→	↘	SZ 2
Auf- und Ausbau einer flächendeckenden Separaterfassung	Kunststoffe, Getränkekarton	→	↘	SZ 2 SZ 5
flächendeckende Einführung und zunehmende Steigerung der Separaterfassung	Kunststoffe	→	↘	SZ 2 SZ 5
Vermeidungsziele für Lebensmittelabfälle	Lebensmittelabfälle	↘	↘	SZ 3 SZ 5
Ausbau der Separaterfassung	Aluminium (Kaffeekapseln)	→	↘	SZ 2 SZ 5
Verbote / Vermeidung, alternative Materialien	Kunststofftragetaschen	↘	↘	SZ 5

Entwicklungsoption bis 2050	Einfluss auf Abfallfraktion	Auswirkung auf		berücksichtigt in Szenario
		Siedlungsabfälle	Kehricht	
<b>Technologische Entwicklungen / Produktdesign</b>				
Innovationen in der Sortier- und Aufbereitungstechnologie	Wertstoffe (Sortierung gemischter trockener Wertstoffe nach Fraktionen)	→	↘	SZ 2 SZ 5
Technologische Entwicklungen: Materialanteile	Verpackungen	↘	↘	SZ 5
Alternative Behandlungstechnologien	Inkontinenzprodukte	→	↘	SZ 5
Technologische Entwicklungen: intelligente Produkte, smart home	Lebensmittlabfälle	↘	↘	SZ 3 SZ 5
Technologische Entwicklungen: 3 D-Drucker: weniger Ressourcen, weniger Logistik	Metalle, Kunststoffe, Lebensmittel	↘	↘	. / .
Produktdesign - Reparaturfähigkeit, Recyclingfähigkeit, modulare Erneuerungsoptionen, weniger Ressourcenverbrauch	Elektro- und Elektronikgeräte (kleiner, leichter, multifunktional)	↘	→	SZ 5 (punktuell)
Neue Materialien	Siedlungsabfälle	?	?	. / .
<b>Megatrends</b>				
Digitalisierung				SZ 2 SZ 4 SZ 5
a) Alternativen zum Papier	Zeitungs-/ grafische Papiere	↘	↘	
b) zunehmender Einsatz	Elektro- und Elektronikgeräte (zunehmender Einsatz)	↗	→	SZ 5
c) Produktoptimierungen / Multifunktionalität, Ersatz der Hardware durch virtuelle Medien	Elektro- und Elektronikgeräte	↘	→	SZ 5
Versandhandel:				
a) Nutzung von Verpackungsmaterialien "wie bisher"	Verpackungskarton	↗	↗	. / .
b) Mehrweg, Sharing, neue Transportbehälter, Transportoptionen (z.B. Drohnen)	Verpackungskarton	↘	↘	SZ 4 SZ 5
Klimawandel				
a) Extremwetterereignisse	Grünabfälle, Sperrgut, Bauabfälle	↗	↗	. / .
b) langfristige Klimaänderungen	Grüngut	↘	↘	. / .
c) heißere Sommer	Klima- und Kühlgeräte (zunehmender Einsatz, höherer Verschleiß)	↗	→	. / .
	Getränkeverpackungen (a) (zunehmender Verbrauch)	↗	→	. / .

Entwicklungsoption bis 2050	Einfluss auf Abfallfraktion	Auswirkung auf		berücksichtigt in Szenario
		Siedlungsabfälle	Kehricht	
	Getränkeverpackungen (b) (Alternativszenario Mehrweg, Wasserspender etc.)	↘	→	SZ 5
d) Verlagerung von Freizeitaktivitäten in den öffentlichen Raum	Verpackungen, Lebensmittelabfälle (Verlagerung zu Marktkehricht)	↘	↘	. / .
Zunehmende Nutzung des Home-Office	Verpackungen, Lebensmittelabfälle	↗	↗	. / .
Vermietung, Sharing, Leasing, Rücknahmesysteme für nicht oder nur anteilig verbrauchte Produkte	Elektro- und Elektronikgeräte, Sperrgut, Verpackungen, Lebensmittel, Textilien	↘	↘	SZ 5 (punktuell)
Elektromobilität – Herausforderungen für das Batterierecycling	Batterien	↗	→	. / .
Einsatz humanoider Roboter im Haushalt	Elektro- und Elektronikgeräte	↗	→	. / .
diverse Megatrends: veränderte Zusammensetzung	Elektro- und Elektronikgeräte	□	□	SZ 5 (punktuell)

**Tabelle 24:** Überblick diskutierte und berücksichtigte Einflussfaktoren für sonstige Abfälle aus Industrie und Gewerbe

Entwicklungsoption bis 2050	Einfluss auf Abfallfraktion	Auswirkung auf		berücksichtigt in Szenario
		Abfallfraktion		
Hausbau im 3D-Druck-Verfahren – weniger Abfälle?	brennbare Bauabfälle	↘		. / .
Sanierungsbedarf, Umbau	brennbare Bauabfälle	↗		SZ 6
Materialentwicklungen für Dämmstoffe	brennbare Bauabfälle	↘		SZ 6 (überschlägig)
Technologieänderungen der Abwasserbehandlung (anaerob)	Klärschlamm	↘		SZ 7