

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Impressum

Herausgeber:

Zweckverband Rheinische
Entsorgungs-Kooperation - REK –
Immenburgstr. 22
53121 Bonn



Ansprechpartner:

Michael Dahm
Telefon: 02241/306 120
Fax: 02241/306 285
E-Mail: michael.dahm@rsag.de

Autor:

IfaS Institut für angewandtes
Stoffstrommanagement

Hochschule Trier
Umwelt-Campus Birkenfeld
Postfach 1380
55761 Birkenfeld

Wissenschaftliche Leitung:

Prof. Dr. Peter Heck
Geschäftsführender Direktor des IfaS

Projektleitung:

Tobias Gruben
Daniel Oßwald

Projektbearbeitung:

Christian Bender, Ulrike Kirschnick, Jackeline
Martinez, Sara Schierz, Susanne Schierz
Angela Werdin, Karsten Wilhelm

Inhaltsverzeichnis

1	Ziele und Projektrahmen	6
1.1	Ausgangssituation und Projektziel	6
1.2	Arbeitsmethodik	8
1.3	Rechtliche Rahmenbedingungen	10
1.3.1	Europarecht	11
1.3.2	Bundesrecht	12
1.3.3	Landesrecht	13
2	Bestandsaufnahme	15
2.1	Gebührenstruktur	15
2.2	Abfallwirtschaftliche Anlagen und Einrichtungen	16
2.3	Bestandsaufnahme zur Mobilität	18
2.4	Stoffstromanalyse	20
2.4.1	Biogut	21
2.4.2	Grüngut	26
2.4.3	Restabfall	32
2.4.4	Papier, Pappe und Kartonage (PPK)	40
2.4.5	Sperrabfall und Altholz	44
2.4.6	Energie- und THG-Bilanz	48
3	Potenzialanalyse	60
3.1	Analyse ausgewählter Anlagenstandorte	61
3.1.1	Müllverwertungsanlage (MVA) Bonn	61
3.1.2	Mechanisch-Biologische Abfallbehandlungsanlage (MBA) Linkenbach	63
3.1.3	Abfallwirtschaftszentrum (AWZ) Singhofen	66
3.1.4	Papiersortierung Bonn	69
3.1.5	Sperrabfallsortierung Troisdorf	70
3.2	Potenziale des Bioabfalls zur Verwertung	71
3.2.1	Potenzialanalyse Biogut	71
3.2.2	Potenzialanalyse Grüngut	74
3.3	Potenziale des Sperrabfalls zur Verwertung	75
3.4	Potenziale zur Abfallvermeidung und Entfrachtung der Restmülltonne	77
3.5	Potenzialanalyse Wärmenutzung	80
3.5.1	Elf Schwerpunktgebiete im REK-Gebiet	80
3.5.2	Potenzialanalyse Wärmenutzung	82
3.5.3	Wärmekataster	83
3.5.4	Energie- und THG-Bilanz	91
3.6	Potenzialanalyse Mobilität	96

4	Akteursbeteiligung	100
4.1	Zukunftswerkstatt – Vision Kreislaufwirtschaftsverband	100
4.2	Themen-Workshops	103
4.3	Orts- und Anlagenbesichtigung	104
4.4	Steuerungs-/Fach- und Einzelgespräche.....	104
4.5	Einbindung von Gremien und Information	105
5	Roadmap 2030+	107
5.1	Bioabfall-Verwertung	108
5.1.1	Mengenszenario Biogut bis 2030	108
5.1.2	Biogut-Verwertung.....	110
5.1.3	Gärrestauffbereitung	113
5.1.4	Grüngut-Verwertung.....	118
5.1.5	Bioökonomie.....	122
5.2	Restabfall-Verwertung	123
5.2.1	Mengenszenario Hausabfall bis 2030	123
5.2.2	Restabfallverwertung.....	126
5.3	PPK-Verwertung.....	131
5.4	Sperrabfall-Verwertung.....	135
5.5	Entwicklung ausgewählter Standorte.....	138
5.5.1	Energie- und Rohstoffpark Bonn 2030	139
5.5.2	Biomassezentrum Troisdorf 2030.....	140
5.5.3	Bioenergiepark St. Augustin 2030	140
5.5.4	Bioökonomiepark Swisttal-Miel / Müttinghoven 2030	141
5.5.5	Ressourcenzentrum Linkenbach 2030	142
5.5.6	Biomassezentrum Singhofen 2030.....	144
5.6	Maßnahmen zur integrierten Wärmenutzung	147
5.6.1	Wärmenetz Swisttal-Miel und Heimerzheim	149
5.6.2	Erweiterung des Fernwärmenetzes Bonn im südlichen Beuel.....	150
5.6.3	Wärmenetz Asbach „kompakt“	152
5.6.4	Wärmenetz Katzenelnbogen	153
5.6.5	Wärmenetz Sankt Augustin „kompakt“	154
5.7	Maßnahmen zur klimafreundlichen Mobilität	154
5.7.1	Elektromobilität.....	155
5.7.2	Einsatz von Biomethan.....	156
5.7.3	Zusatztechnologien	160
5.7.4	Klimafreundliche Mitarbeitermobilität.....	161
5.8	Ergänzende Handlungsfelder zur Entwicklung der Kreislaufwirtschaft	163
5.8.1	Optimierung der Transportlogistik und Digitalisierung	163
5.8.2	Operationalisierung des Themas Energie- und Klimaschutz	165

5.8.3	Phosphorrückgewinnung Klärschlamm	166
5.8.4	<i>Urban Mining</i> und seltene Erden	169
5.9	Maßnahmenkatalog	170
5.9.1	Maßnahmenkatalog Teilkonzept Abfall.....	171
5.9.2	Maßnahmenkatalog Teilkonzept Wärme	173
5.9.3	Maßnahmenkatalog Teilkonzept Mobilität	173
5.9.4	Maßnahmenkatalog zur Klimaschutzkommunikation	174
6	Kommunikationsstrategie	175
6.1	Entwicklung einer Kommunikationsstrategie	175
6.2	Kommunikationsstrategie REK.....	177
6.2.1	Zielgruppendefinition	177
6.2.2	Analyse der Kommunikationsstrukturen	178
6.2.3	Klimaschutzaktivitäten der Entsorgungs-Kooperation	179
6.2.4	SWOT-Analyse.....	180
6.2.5	Ausbau der Kommunikationsstrukturen.....	182
6.2.6	Handlungsempfehlungen der Kommunikationsstrategie	184
7	Controlling-Konzept und Verstetigungsstrategie	188
7.1	Elemente des Controlling-Systems.....	188
7.2	Abfallbilanz	188
7.3	Maßnahmenkatalog	189
7.4	Dokumentation.....	190
8	Fazit	192
	Tabellenverzeichnis	VI
	Abbildungsverzeichnis	VIII
	Abkürzungsverzeichnis	XII
	Quellenverzeichnis.....	XV

1 Ziele und Projektrahmen

1.1 Ausgangssituation und Projektziel

Der Zweckverband Rheinische Entsorgungs-Kooperation - REK beschäftigt sich intensiv mit den Auswirkungen des Klimawandels und konnte durch erste Maßnahmen bereits einen Beitrag zum Schutz des Klimas und der Umwelt leisten. Um Klimaschutzmaßnahmen weiterhin voranzutreiben, hat die REK mit dem vorliegenden Konzept eine Klimaschutzstrategie für den Zweckverband und seine Mitglieder entwickelt.

Die REK zeichnet sich durch die länderübergreifende Kooperation im Bereich der kommunalen Kreislaufwirtschaft aus. Die Aktivitäten orientieren sich damit an praxisnahen Lösungen einer zukunftsweisenden Bewirtschaftung der Reststoffe aus den Bundesländern Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz. Entscheidend ist eine transportarme und hochwertige Verwertung der Stoffströme, wobei die Standortvorteile synergetische im Verbund gelöst werden. Nach Auffassung der REK bietet sich diese Herangehensweise auch auf die Erarbeitung einer Klimaschutzstrategie an. So kann die Kreislaufwirtschaft vor dem Hintergrund des Klimaschutzes über die Ländergrenze hinweg analysiert und weiterentwickelt werden.

Auch wenn bislang etliche Klimaschutzmaßnahmen durchgeführt wurden, sah die REK bislang noch ungenutzte Möglichkeiten zur Entwicklung und Umsetzung weiterer Klimaschutzprojekte. Zur Steigerung der Effektivität sollen nun die bereits durchgeführten sowie die noch bevorstehenden Einzelmaßnahmen in einem Gesamtkonzept verbunden werden. Vorausschauend sollen weitere Projekte und wesentliche Veränderungen der Pflichtaufgaben der REK im Kontext des Klimaschutzes bewertet und künftig in den Entscheidungsprozess mit einbezogen werden. Darüber hinaus sollen Klimaschutzpotenziale insbesondere in Bezug zur Verbandsstruktur und im Sinne der vorhandenen Größenvorteile erschlossen werden.

Darüber hinaus wird eine konkrete und aktuelle Handlungsempfehlung, welche die Verbesserung und die Optimierung bestehender Systeme sowie die nachhaltige Energieversorgung berücksichtigt, entwickelt.

Bereits im Vorfeld der Konzepterstellung wurden in einer Zukunftswerkstatt erste Handlungsfelder identifiziert und eine Vision für die Zeit ab 2030 diskutiert. Das vorliegende Klimaschutzkonzept setzt an einer umfassenden Bestandsaufnahme und Optimierungspotenzialen an, um die Lücke zwischen Status-quo und Zukunftsvision zu schließen.



Abbildung 1-1: Einordnung des Konzeptes in die Klimaschutz-Aktivitäten der REK

Klimaschutz sollte alle Ebenen des staatlichen Handels betreffen und somit auch die Abfall- bzw. Kreislaufwirtschaft. Für die REK-Mitglieder liegt es nahe das Thema Klimaschutz auf Verbandsebene anzusiedeln und damit Synergieeffekte zu nutzen. Die Erstellung der bezuschussten Konzepte beinhaltet über den Klimaschutz hinaus umfassende Analysen, Akteursbeteiligung, Optimierungspotenziale und Maßnahmen für die Entwicklung der Kreislaufwirtschaft im Verbandsgebiet und unterstützt die künftige Ausrichtung des REK im Verhältnis zu seinen Mitgliedern und der Kreislaufwirtschaft im Allgemeinen. **Die Ziele** der Konzepterstellung sind zusammengefasst:

- Stärkung der interkommunalen Zusammenarbeit
- langfristige Gewährleistung der Entsorgungssicherheit
- Schaffung eines kommunalen Anlagen- und Entsorgungsverbundes
- Stufenweise Rückführung der Erfüllung hoheitlicher Entsorgungsaufgaben in den kommunalen Bereich im Wege der Eigenwahrnehmung
- Langfristig Schaffung einer umfassenden interkommunalen Kooperation auf dem Gebiet der kommunalen Abfallwirtschaft

Mit dem **Teilkonzept (TK) A „Klimafreundliche Abfallentsorgung“** können die Stoffströme sowie Behandlungs- und Verwertungskapazitäten auf Verbandsebene systematisch erfasst, analysiert und konzeptionell optimiert werden. Die Analysen betreffen nicht nur die auf den REK übertragenen Aufgaben, sondern auch die öffentliche Kreislaufwirtschaft der fünf Mitglieder. Entsprechend werden auch die Empfehlungen ergebnisoffen sowohl für die Mitglieder als auch für den Verband erarbeitet.

Das **Teilkonzept B „Integrierte Wärmenutzung in Kommunen“** knüpft an das TK A an, um die Energiepotenziale im „Abfall“ innerhalb des Verbandsgebietes in Wert zu setzen. Es werden 10 Schwerpunktgebiete ausgewählt, in denen eine Wärmeversorgung auf Basis biogener Reststoffe (z. B. Biogas, Grüngut, Deponiegas, Altholz...) konzeptioniert wird.

Das Teilkonzept C „Klimafreundliche Mobilität in Kommunen - Betriebliches Mobilitätsmanagementkonzept“ beschränkt sich auf die „betriebliche“ Mobilität zur Aufgabenerfüllung der öffentlichen Kreislaufwirtschaft, d.h.

- Mobilität für Sammlung und Transport der Abfälle im Rahmen der öffentlich-rechtlichen Zuständigkeit
- Mobilität der Beschäftigten in der abfallwirtschaftlichen Verwaltung bzw. den kommunalen Abfallwirtschaftsunternehmen

Das TK Mobilität bietet nach Konzeptabschluss außerdem (anders als die TK A/B) die Möglichkeit zur geförderten Einrichtung eines Klimaschutzmanagements. Die Förderung beinhaltet derzeit 65% Zuschuss auf eine Personalstelle für Klimaschutzmanagement und nach Einstellung 50% Zuschuss (max. 200.000 €) für eine ausgewählte, investive Klimaschutzmaßnahme im Mobilitätsbereich (z. B. Einführung von Biogas-Müllfahrzeugen...).

1.2 Arbeitsmethodik

Die Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2050 die Treibhausgasemissionen um 80 bis 95% gegenüber dem Wert von 1990 zu reduzieren. Dabei sieht der Entwicklungspfad vor, bis zum Jahr 2020 etwa 40% und bis 2030 etwa 55% weniger Treibhausgase als im Referenzjahr 1990 zu emittieren.¹ Ein weiterer zentraler Baustein der Energiewende ist der Beschluss des Atomausstiegs bis zum Jahr 2022², welcher das formulierte Ziel, den Anteil der Erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch bis zum Jahr 2050 auf 60% zu erhöhen, zusätzlich bekräftigen wird.³

Nur der kleinere Teil der gesamtwirtschaftlichen Stoffströme ist direkt in den Abfällen wiederzufinden. Im Rahmen eines gesamtwirtschaftlichen Stoffstrommanagements (SSM) kann die Abfallwirtschaft damit kein alleiniges Steuerorgan darstellen, sondern muss als Teil eines umfassenden Stoffstromsystems verstanden werden.⁴

Mit der Erstellung eines Klimaschutzkonzeptes wird ein effizientes Stoffstrommanagement vorbereitet. Dabei können im Rahmen des vorliegenden Konzeptes nur Teilaspekte eines ganzheitlichen Stoffstrommanagements betrachtet werden. Der vorliegende Bericht integriert die Ergebnisse der durch das BMU geförderten Klimaschutzteilkonzepte „Klimafreundliche Abfallbehandlung“, „Integrierte Wärmenutzung“ und „Betriebliches Mobilitätsmanagement“.

Unter Stoffstrommanagement wird das zielorientierte, verantwortliche, ganzheitliche und effiziente Beeinflussen von Stoffsystemen (unter Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer

¹Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Energiekonzept der Bundesregierung, 2010: S. 5.

²Vgl. Bundestagsbeschluss, Dreizehntes Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes (13. AtGÄndG).

³Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Energiekonzept der Bundesregierung, 2010: S. 5.

⁴Vgl. UBA 2018: S.1.

und sozialer Zielvorgaben) verstanden. Es dient z. B. auch als zentrales Werkzeug zur Umsetzung von Null-Emissions-Ansätzen.⁵

Wie in nachfolgender Abbildung schematisch dargestellt, werden in diesem System verschiedene Akteure und Sektoren sowie deren anhaftende Stoffströme im Projektverlauf identifiziert und eine synergetische Zusammenarbeit zur Verfolgung des Gesamtzieles entwickelt. Teilsysteme werden nicht getrennt voneinander, sondern möglichst in Wechselwirkung und aufeinander abgestimmt optimiert. Neben der Verfolgung der Ziele stehen hierbei auch Fragen zur Verträglichkeit („Welche ökonomischen und ökologischen Auswirkungen hat das Ziel?“) und zu den kommunalen Handlungsmöglichkeiten („Welchen Beitrag können die Kommunen leisten?“) im Vordergrund.

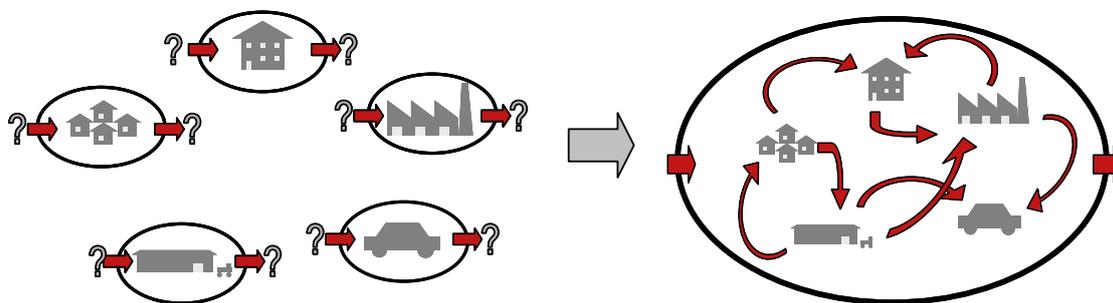


Abbildung 1-2: Ganzheitliche und systemische Betrachtung als Basis eines Stoffstrommanagements

Das vorliegende Klimaschutzkonzept umfasst alle wesentlichen Schritte von der Analyse und Bewertung bis hin zur strategischen und operativen Maßnahmenplanung zur Optimierung vorhandener Stoffströme mit dem Ziel des Klimaschutzes sowie der lokalen/regionalen Wirtschaftsförderung und Wertschöpfung.

Zur Analyse und Optimierung der Stoffströme in der kommunalen Kreislaufwirtschaft wurden folgende Arbeitspakete durchgeführt:

- Bestandsaufnahme der öffentlich-rechtlichen Abfallwirtschaft mit den Behandlungsanlagen, Stoffströmen und der Mobilität (vgl. Kapitel 2)
- Potenzialanalyse für eine klimafreundliche Abfallbewirtschaftung mit Aussagen zu den Standorten und Anlagen, zur hochwertigen Bioabfallverwertung sowie zu Abfallvermeidung und Recycling. Des Weiteren werden die Teilbereiche Wärmenutzung und Mobilität im Kontext der Kreislaufwirtschaft beleuchtet. (vgl. Kapitel 3)
- Beschreibung der durchgeführten Akteursbeteiligung im Rahmen der Klimaschutzkonzepterstellung (vgl. Kapitel 4)
- Erstellung einer Handlungsstrategie für den Umsetzungszeitraum bis 2030, um die Kreislaufwirtschaft der REK auch über diesen Zeitpunkt hinaus aufzustellen (vgl. Kapitel 5)

⁵Vgl. Heck/Bemmann (Hrsg.) 2002: S. 16.

- Formulierung einer Kommunikationsstrategie für die Verbesserung der internen Kommunikation und der Außendarstellung im Kontext des Klimaschutzes (vgl. Kapitel 6).
- Erstellung eines Controlling-Konzeptes um die Maßnahmenumsetzung in einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess zu integrieren (vgl. Kapitel 0)
- Fazit über die durchgeführten Arbeiten (vgl. Kapitel 8)

Das Klimaschutzkonzept bildet ein zentrales Planungsinstrument für das regionale Stoffstrommanagement. Entsprechend der Komplexität der Aufgaben- sowie Zielstellung ist die Erstellung und Umsetzung des Konzeptes kein einmaliger Akt, sondern bedarf eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses und damit einhergehend eines effizienten Managements. Mit dem Konzept ist der wesentliche Einstieg in diesen Managementprozess geleistet.

1.3 Rechtliche Rahmenbedingungen

Zum Schutz natürlicher Ressourcen ist das zentrale Anliegen der Abfallpolitik die Vermeidung sowie (umweltverträgliche) Verwertung von Abfällen. Dies sind zwei der fünf Prinzipien, welche auch als *Abfallhierarchie* (siehe Abbildung 1-3) bezeichnet werden. Demzufolge hat die Vermeidung von Abfällen oberste Priorität, die Beseitigung von Abfällen hingegen sollte als letzte Möglichkeit in Erwägung gezogen werden.



Abbildung 1-3: Fünfstufige Abfallhierarchie⁶

Neben gesellschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen bedarf es zur Umsetzung und Durchführung erfolgreicher Abfallpolitik vor allem auch rechtlicher Rahmenbedingungen, welche im folgenden Abschnitt näher erläutert werden.

⁶ IfaS 2016, in Anlehnung an: EU-Abfallrichtlinie.

1.3.1 Europarecht

Europaweite, verbindliche Ziele zur Etablierung und Erreichung einer Kreislaufwirtschaft werden bis zum Jahre 2025 in der *EU-Abfallrichtlinie* definiert, sowie weitere Entwicklungsstufen bis 2030 und 2035. Neben der Abfallhierarchie und der Zielsetzung zur Abfallvermeidung und -verwertung, sind auch das Verursacherprinzip, die Herstellerverantwortung sowie die Abfallbewirtschaftungspläne und Abfallvermeidungsprogramme wesentliche Aspekte.

Das Maßnahmenpaket zur Kreislaufwirtschaft, welches Ende 2015 von der Kommission der *Europäischen Union* (EU) angenommen wurde, umfasst einen Aktionsplan mit Maßnahmen für den vollständigen Produktlebenszyklus: von Design, Materialbeschaffung, Herstellung und Verbrauch bis zur Entsorgung und zum Markt für Sekundärrohstoffe.⁷

Im Zuge des sogenannten *Kreislaufwirtschaftspakets* sollen bspw. folgende Ziele erreicht werden:

Tabelle 1-1: Kreislaufwirtschaftspaket der EU-Kommission (Stand: 2018⁸): Abfallwirtschaftsziele und Vorgaben

Abfallwirtschaftsziele	Vorgaben EU-Kommission		
	2025	2030	2035
Anteil Vorbereitung zur Wiederverwendung & Recycling am Siedlungsabfallaufkommen	55 %	60 %	65 %
Anteil der Deponierung am Siedlungsabfallaufkommen	n. n.	n. n.	10 %
Anteil Vorbereitung zur Wiederverwendung & Recycling am Verpackungabfallaufkommen	65 %	70 %	n. n.
Anteil Vorbereitung zur Wiederverwendung & Recycling am Kunststoffverpackungsaufkommen	50 %	55 %	n. n.

Der steigende Kunststoffverbrauch führt zu einer ebenso steigenden Menge an Kunststoffabfällen – allein in der EU waren dies im Jahre 2014 etwa 26 Mio. Tonnen (t). Diese Abfälle werden in der EU jedoch nur zu 30% recycelt; der überwiegende Teil wird energetisch verwertet oder gar deponiert. Darüber hinaus gelangen EU-weit jährlich etwa 500.000 t Kunststoffe in die Meere.⁹ Wie innerhalb der EU zukünftig mit Kunststoffen (von der Rohstoffgewinnung bis zur Abfallentsorgung) umgegangen werden soll, wurde von der EU-Kommission in der sogenannten *Plastikstrategie* konkretisiert.

Die zentralen Aspekte dieser Strategie sind¹⁰:

- Stärkung des Kunststoffrecyclings,

⁷ Vgl. Europäische Kommission 2017.

⁸ Vgl. Website Europäisches Parlament.

⁹ Vgl. Website Umweltbundesamt.

¹⁰ Ebd.

- Ausbau der Recycling-Kapazitäten
- Verbesserung der Getrenntsammlung von Abfällen
- vermehrte Verwendung von Recyclingkunststoffen
- zukünftig kein Export mehr von Kunststoffabfällen,
- Verbot von absichtlich beigefügtem Mikroplastik in Kosmetikartikeln u. ä. (→ *REACH*),
- Ersetzen von chemischen Substanzen, die Kunststoffen zugesetzt werden und den Recyclingprozess erschweren,
- Reduktion von Einwegplastik sowie
- klare Kennzeichnungen und Standards für bioabbaubare Kunststoffe.

So soll erreicht werden, dass die Nachfrage nach recycelten Kunststoffen sowie deren Nutzung steigt und das Recycling profitabler wird¹¹.

1.3.2 Bundesrecht

Das zentrale nationale Gesetz im Bereich der Abfallwirtschaft ist das *Kreislaufwirtschaftsgesetz* (KrWG). Diesem Gesetz zufolge impliziert Kreislaufwirtschaft die Vermeidung und Verwertung von Abfällen¹². Der Zweck des Gesetzes ist gemäß § 1 KrWG, „[...] die Kreislaufwirtschaft zur Schonung der natürlichen Ressourcen zu fördern und Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen sicherzustellen.“

Das Abfallrecht wurde in der aktuellen Novelle mit zahlreichen Neuerungen versehen, darüber hinaus sind einige Neuerungen in Planung. Diese betreffen vor allem¹³:

- *Strahlenschutzgesetz* (StrSchG) (→ Verzahnungskonzept),
- Abfallbegriff,
- Abfallhierarchie (→ Aufhebung der Heizwertregelung),
- kommunale Überlassungspflichten (→ gewerbliche Sammlung),
- *Entsorgungsfachbetriebeverordnung* (EfBV),
- *Abfallbeauftragtenverordnung* (AbfallBeauftrV),
- ErsatzbaustoffVO, BBodSchV, DeponieV,
- *Gewerbeabfallverordnung* (GewerbeabfallVO),
- *Klärschlammverordnung* (KlärschlammVO) (→ Ausstieg aus bodenbezogener Verwertung, ausschließliche Zulässigkeit der energetischen Verwertung etc.),
- *POP-Abfallüberwachungsverordnung*,
- *Wertstoffgesetz* sowie

¹¹ Vgl. Stengler2018: S. 24 ff.

¹² S. § 3 Abs. 19 KrWG, BGBl. I 2012.

¹³ Vgl. Petersen2017: S. 11 ff.

- *Verpackungsgesetz* (→ höhere Verwertungsanforderungen, Mehrwegförderung, Errichtung und Einbindung einer zentralen Stelle etc.)

1.3.3 Landesrecht

Gemäß dem Föderalismusprinzip sind die Länder dazu angehalten, Bestimmungen des Bundesrechtes in der Landesgesetzgebung umzusetzen. Mit dem Abfallgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (Landesabfallgesetz - LAbfG -) und dem Landeskreislaufwirtschaftsgesetz (LKrWG) in Rheinland-Pfalz wurden Inhalte des KrWG aufgegriffen und auf Landesebene weiter konkretisiert und in Einklang mit Erfordernissen der Raumordnung sowie der Landesplanung gebracht. Somit enthalten die Landesgesetzgebungen genaue Anforderungen an kommunale Abfallwirtschaftskonzepte und -bilanzen, und verpflichten die obersten Abfallwirtschaftsbehörden zur Erstellung eines Abfallwirtschaftsplans, der in räumliche oder sachliche Teilbereiche gegliedert ist. In diesen Plänen befinden sich Zielwerte, Anleitungen und Handlungsempfehlungen, an denen sich die betroffenen abfallwirtschaftlichen Akteure und Entsorger orientieren sollen.

Im Zentrum des *Abfallwirtschaftsplans Nordrhein-Westfalen für Siedlungsabfälle* vom November 2015 steht die Abfallvermeidung und Umsetzung einer regionalen Entsorgungsaufarkie. Darüber hinaus wird durch dieses europarechtliche „Prinzip der Nähe“ angestrebt, eine gewisse Planungssicherheit für die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger sowie Betreiber von Müllverbrennungsanlagen zu schaffen.¹⁴ Des Weiteren liegt ein Schwerpunkt auf der getrennten Erfassung von Bio- und Grünabfällen, für die ein Landeszielwert von 150 kg pro Einwohner und Jahr angestrebt wird. Um diesen Zielwert zu erreichen, empfiehlt das MULNV NRW Gebühreanreize zu schaffen und die Öffentlichkeitsarbeit zu stärken. Hinsichtlich der Verwertung der erfassten Bioabfälle wird eine kaskadische Nutzung fokussiert, bei der die Kompostierung nach Möglichkeit um eine Vergärung ergänzt werden sollte bzw. ökologische Kriterien bei Ausschreibung verstärkt berücksichtigt werden sollten.

Ähnlich wie in NRW konzentriert sich auch der *Abfallwirtschaftsplan Rheinland-Pfalz Teilplan Siedlungsabfälle* von 2013 auf die fünf-stufige Abfallhierarchie mit der Priorität Abfallvermeidung und auf Regionalität der Behandlung, des Recyclings und der Entsorgung von Abfällen. Auch beinhaltet der Teilplan Zielwerte für das Aufkommen einzelner Abfallfraktionen mit Zeithorizont 2025: Für Haus- und energetisch verwerteten Sperrabfall wird ein Einwohnergleichwert von 140 kg in 2025 angestrebt und für Biotonnen- und Gartenabfall liegt dieser bei 170 kg pro Einwohner. Die Erfassung von Wertstoffen, unter die Papier, Pappe, Kunststoffe (PPK), Leichtverpackung (LVP), Glas und sonstige trockene Wertstoffe sowie Holz und Metalle aus

¹⁴ Vgl. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen 2015.

dem Sperrabfallbereich fallen, soll bis 2025 auf 190 kg pro Einwohner gesteigert werden.¹⁵ Aus diesen Zielgrößen wird des Weiteren auch der bestehende Handlungsbedarf je öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger (örE) und Stoffstrom abgeleitet. D.h., wenn um mehr als 50% von der Landeszielgröße abgewichen wird, besteht höchster Handlungsbedarf und es ist zu „überprüfen, worin die Ursachen für die deutlichen Abweichungen begründet liegen und entsprechende Maßnahmen zur Minimierung [sind] einzuleiten“.¹⁶ Bei der Verwertung von Bioabfällen räumt auch der Abfallwirtschaftsplan RLP der energetisch-stofflichen Nutzung durch Vergärung und Kompostierung Priorität ein, zumal eine steigende Nachfrage nach hochwertigen Komposten prognostiziert wird.

¹⁵ Vgl. Ministerium für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung Rheinland-Pfalz 2013: S. 38.

¹⁶ Ibid S. 98.

2 Bestandsaufnahme

2.1 Gebührenstruktur

Die Abfallgebührensyste me der einzelnen REK-Mitglieder gestalten sich unterschiedlich, wobei es teilweise Ähnlichkeiten bei der Bemessungsgrundlage der Gebühren gibt. Prinzipiell erheben alle REK-Mitglieder eine Grundgebühr zur Deckung der abfallwirtschaftlichen Leistungen, wie bspw. die Unterhaltung der Wertstoffhöfe und Annahmestellen. Der Landkreis Ahrweiler, die Stadt Bonn und der Rhein-Sieg-Kreis haben zudem einen Leistungs-Anteil zur gebührenscharfen Identifikation gemäß Verursacherprinzip. Die Gestaltung der Gebühren ist eines der Instrumente der öRE zur Steuerung des Abfallaufkommens je Stoffstrom und bietet daher Potenziale zur Abfallvermeidung bzw. besseren Getrennterfassung werthaltiger Fraktionen. Auf Ebene der verschiedenen REK-Mitglieder gibt es jedoch unterschiedliche Erfahrungen und Ansätze, sodass das Thema Gebührensysteme aus REK-Perspektive wenig interessant ist.

Die Jahresgebühr für die Verwertung und Beseitigung von Abfällen aus privaten Haushaltungen und für die Bereitstellung der zugelassenen Abfallbehältnisse in den drei Landkreisen in RLP richtet sich nach der Haushaltsgröße, d. h. der Anzahl der in einem Haushalt lebenden Personen, und differenziert zwischen Eigenkompostierern und Biotonnennutzern. Auch in der Stadt Bonn und im Rhein-Sieg-Kreis zahlen Eigenkompostierer weniger Gebühren, welche sich grundsätzlich nach Abfallart (Rest-, Bio-, Papierabfälle, Wertstoffe), Anzahl und Größe der aufgestellten Behälter je Grundstück sowie der Abfuhrintervalle richten. Die Staffelung der Preise je Stoffstrom und Berücksichtigung der Abfuhrintervalle in der Gebührenerhebung soll Anreize zur Abfallvermeidung bzw. Abfalltrennung geben und gleichzeitig Gebührengerechtigkeit gewährleisten.¹⁷ Auch im Landkreis Ahrweiler kosten zusätzliche Leerungen der Restmülltonne extra und es existiert ein Identifikationssystem zur verursachergenaue n Zählung der erfassten Abfälle. Dieses dient auch zur gewichtsscharfen Vergütung der Papiertonne, sodass zusätzliche Anreize zur Abfalltrennung geschaffen wurden.¹⁸

Die Abfallbehälter im Holsystem im Landkreis Neuwied und im Rhein-Lahn-Kreis sind mit einem Identifikationssystem ausgerüstet, der jedoch nicht zur Gebührenberechnung herangezogen wird.¹⁹ In Neuwied dient die Erfassung der Gewichte der besseren Dokumentation, Tourenplanung und Ausweisung des passenden Behältervolumens. Das Heranziehen der Behältergewichte zur Gebührenbemessung ist fraglich, weil der gewünschte Effekt, nämlich Abfallvermeidung bzw. die bessere Abfallsortierung, nicht zwangsläufig die Folge ist. Stattdessen ist zu

¹⁷Vgl. Website RSAG, 2018.

¹⁸Vgl. Website Abfallwirtschaftsbetrieb Kreis Ahrweiler (AWB) 2018.

¹⁹Vgl. Abfallwirtschaftskonzept des Rhein-Lahn-Kreises 2014: S. 65.

befürchten, dass die Nutzer den Restabfall fehlerhaft in Wertstoffsammelsysteme oder fremde Behälter entsorgen, was wiederum den Aufwand für Kontrollen und Sanktionen erhöht.²⁰

Da die unterschiedlichen Gebührensysteme, die Haushaltsgröße bzw. Abfallart, Behältervolumen und Leerungen als Bemessungsgrundlage berücksichtigen, ergeben sich unterschiedliche Preise für einzelne Abfallfraktionen, was nachfolgend beispielhaft am Bioabfall dargestellt ist. Für den Landkreis Ahrweiler wurde bereits die Systemumstellung seit 2018 berücksichtigt.

Tabelle 2-1: Jährliche Kosten der Biotonne je REK-Mitglied, Stand 2018²¹

Kosten der Biotonne je REK Mitglied	in €/a	
	1-Personen-haushalt	5-Personen-haushalt
Je Haushaltsgröße		
Ahrweiler*	9	14
Neuwied*	6	21
Rhein-Lahn-Kreis*	11	24
Je Restabfallbehältervolumen	40 l	240 l
Bonn	6	34
Je Leerungsintervall (120-l-Biotonne)	14-tägige Leerung	Regelabfuhr
Rhein-Sieg-Kreis	41	74

*Keine Biotonnengebühr, sondern Rabatt für Eigenkompostierer

In den drei rheinland-pfälzischen Landkreisen entsprechen die jährlichen Kosten der Biotonne der Differenz der Grundgebühr von Eigenkompostierern und Biotonnennutzern abhängig von der Haushaltgröße während im Rhein-Sieg-Kreis die jährlichen Kosten einer 120-l-Biotonne bei wöchentlich bzw. zweiwöchentlicher Leerung angegeben sind. Bei der Stadt Bonn sind die Gebühren der Biotonne in der Restabfallgebühr inkludiert und richten sich nach der Behältergröße des Restabfalls bei 14-tägiger Abfuhr. Die erste Spalte der Gebühren ist damit als Mindestsatz der Kosten der Biotonne zu verstehen, während der zweite Wert die Höchstkosten der Biotonne je Gebührensystem angibt.

2.2 Abfallwirtschaftliche Anlagen und Einrichtungen

In Summe befinden sich 17 abfallwirtschaftlich genutzte Standorte mit unterschiedlichen Funktionen und Genehmigungen im REK Gebiet, von denen sich acht Standorte linksrheinisch und neun rechtsrheinisch befinden. Neben den in der folgenden Karte sichtbaren Standorte verfügen die Mitglieder über weitere administrative Standorte und dezentrale Sammelstellen (z. B. Grünschnittsammelstellen, Altglascontainer etc.).

²⁰Vgl. Abfallwirtschaftskonzept des Landkreises Neuwied 2014: S.12

²¹Vgl. Abfallgebührensatzung Landkreis Neuwied
Abfallgebührensatzung des Rhein-Lahn-Kreises;
Abfallgebührensatzung des Landkreis Ahrweiler;
Gebührenordnung über die Abfallentsorgung in der Bundesstadt Bonn;
Abfallsatzung für den Rhein-Sieg-Kreis.

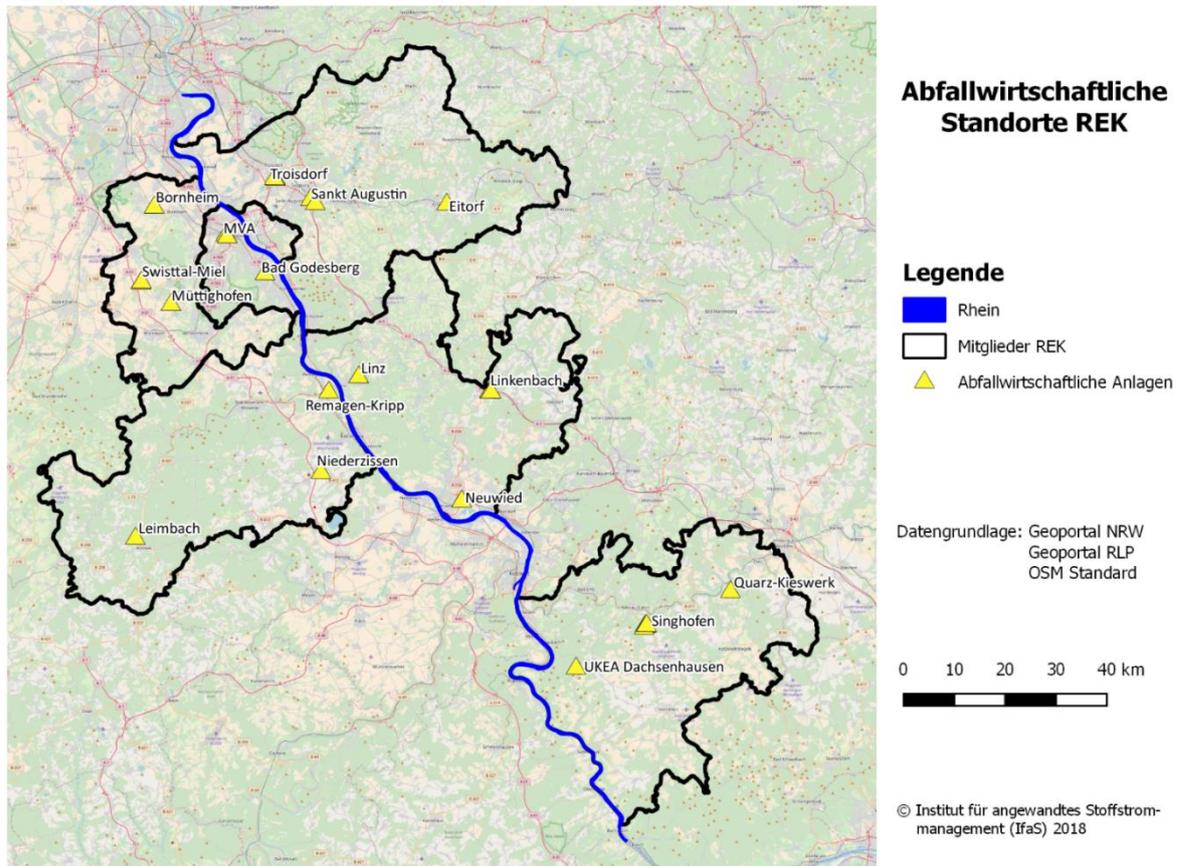


Abbildung 2-1: Anlagenstandorte der REK Mitglieder

Während einige Standorte als Wertstoffzentrum der Erfassung und Getrennthaltung von verschiedenen Stoffströmen dienen, befinden sich an neun der abgebildeten Standorte Behandlungsanlagen mit kommunaler Beteiligung. Zur Behandlung von Hausabfällen und hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen stehen im Verbandsgebiet zwei Mechanisch-Biologische Behandlungsanlagen (MBA) in Singhofen und Linkenbach und die Müllverwertungsanlage (MVA) Bonn zur Verfügung. Auf dem Gelände der MVA Bonn befindet sich zusätzlich die durch die RSAG von Remondis gepachtete Papiersortieranlage. Der Rhein-Sieg-Kreis führt weiterhin eine Sperrabfallsortierung in Troisdorf durch. Neben den drei Kompostwerken des Rhein-Sieg-Kreises in Sankt Augustin, Swisttal-Miel und Swisttal-Müttinghoven betreibt auch der Landkreis Ahrweiler eine Grüngutkompostierung am Abfallwirtschaftszentrum „Auf dem Scheid“ in Niederzissen, während der Rhein-Lahn-Kreis Bioabfall in der Bioabfallbehandlungsanlage (BA) Singhofen behandelt. Zusätzlich befinden sich zwei DK II Deponien an den Standorten der MBAs, eine Mineralstoffdeponie DK II in Sankt Augustin und eine Bauschuttdeponie in Remagen-Kripp. Der Fokus für die weitere Betrachtung liegt jedoch nicht auf der Abfallbeseitigung durch Deponierung, sondern auf der Abfallbehandlung und -verwertung. In Kapitel 3.1 werden ausgesuchte Behandlungsanlagen exemplarisch im Detail beschrieben und auf deren energetische Einsparpotentiale eingegangen. Nachfolgend in Kapitel 5.5 wird die Standortentwicklung mit der Perspektive 2030 und darüber hinaus beschrieben. Die folgende Tabelle zeigt

die abfallwirtschaftlichen Standorte, welche für eine Behandlung im engeren Sinne genutzt werden und damit für die Erstellung der Klimaschutzstrategie besondere Beachtung erfahren.

Tabelle 2-2: Kommunale Behandlungsanlagen im REK-Gebiet

Behandlungsanlagen mit kommunaler Beteiligung		
	Name	Betreiber
BN	MVA Bonn	MVA Müllverwertungsanlage Bonn GmbH
SU	Kompostwerk Sankt Augustin	KompostWerke Rhein-Sieg GmbH & Co. KG
	Kompostwerk Swisstal-Miel	KompostWerke Rhein-Sieg GmbH & Co. KG
	Kompostwerk Gut Müttinghoven	KompostWerke Rhein-Sieg GmbH & Co. KG
	Papiersortieranlage Bonn	RSAG AöR
	Sperrabfallsortierung Troisdorf	RSAG AöR
NR	MBA Linkenbach	Kreisverwaltung Neuwied
	Deponie Linkenbach DK II	Kreisverwaltung Neuwied
EMS	MBA Singhofen	EBA Rhein-Lahn-Kreis
	BA Singhofen	EBA Rhein-Lahn-Kreis
	Deponie Singhofen DK II	EBA Rhein-Lahn-Kreis
AW	Grünabfallkompostierungsanlage "Auf dem Scheid"	AWB Ahrweiler
	Bauschuttdeponie Remagen-Kripp DK 0	AWB Ahrweiler

2.3 Bestandsaufnahme zur Mobilität

Nachfolgend ist der Fahrzeugbestand der REK beschrieben, welcher für die weitere Potenzialerhebung und Maßnahmenentwicklung im Mobilitätssektor berücksichtigt ist. Um zu einem Überblick zu gelangen, erhielten die einzelnen Mitglieder des Verbandes Fragebögen. Die erhobenen Daten umfassen die Leistung, den Hubraum, die gefahrenen Kilometer, die verbrauchte Treibstoffmenge und -art sowie die gesammelte Abfallfraktion. Dadurch lassen sich Rückschlüsse über den verwendeten Treibstoff ziehen, welcher für die Sammlung und die Transporte der Reststoffe benutzt wurde. Die Liste beschränkt sich auf diejenigen Fahrzeuge, welche hinsichtlich der Datenqualität für weitere Analysen geeignet sind. Zudem stellt sie eine Momentaufnahme zum Zeitpunkt der Datenabfrage im ersten Halbjahr 2017 dar. Aktuelle Bestandszahlen können daher deutlich abweichen. Auch war es bei der Datenverarbeitung nicht immer möglich exakt zwischen Sammel- und Nutzfahrzeugen zu unterscheiden sodass von einer gewissen Unschärfe auszugehen ist. Dennoch bildet die folgende Tabelle eine sehr geeignete Grundlage um Potenziale und Maßnahmenvorschläge abzuleiten.

Tabelle 2-3: Anzahl der Fahrzeuge je Mitglied und Nutzung

ÖrE	Sammelfahrzeuge	Nutzfahrzeuge	PKW	Summe
Rhein-Sieg	95	33	6	134
Bonn	38	-	-	38
Neuwied	20	31	4	55
Rhein-Lahn	19	33	6	58
Ahrweiler	15	2	4	21
Summe	187	99	20	306

Für die Sammlung und den Transport der Reststoffe wird von 187 Fahrzeuge ausgegangen. Bei der Fahrzeugflotte handelt es sich um die Modelle Actros, Antos, Econic und Atego der Marke Mercedes Benz, die G-Reihe von Scania und das Modell TGS von MAN sowie die FM-Reihe von Volvo.

Neben den Sammel- und Transportfahrzeugen, werden zudem Nutzfahrzeuge an den einzelnen Standorten eingesetzt. Damit sind Sonderfahrzeuge wie etwa Bagger, Radlader, Kranwagen oder auch Feuerwehrautos gemeint. Hier verfügt die REK insgesamt laut Angaben der Mitglieder und der Datenauswertung über 99 Fahrzeuge, die in Ahrweiler, Neuwied, im Rhein-Lahn-Kreis und im Rhein-Sieg-Kreis verwendet werden.

Neben den Fahrzeugen der REK-Mitglieder wurde auch die Mitarbeitermobilität via Fragebogen ermittelt. Dies zielt auf die Treibhausgasbelastung ab, welche die Belegschaft durch ihre Fahrten vom Wohn- zum Arbeitsort verursacht. Dazu wurden teils Online-Befragungen bei den Beschäftigten direkt durchgeführt oder es wurde Leitungspersonal um eine Einschätzung gebeten. Die folgende Abbildung zeigt die Aufteilung der unterschiedlichen genutzten Verkehrsmittel. Insgesamt wurden 851 Beschäftigte durch die unterschiedlichen Arten der Befragungen erfasst.

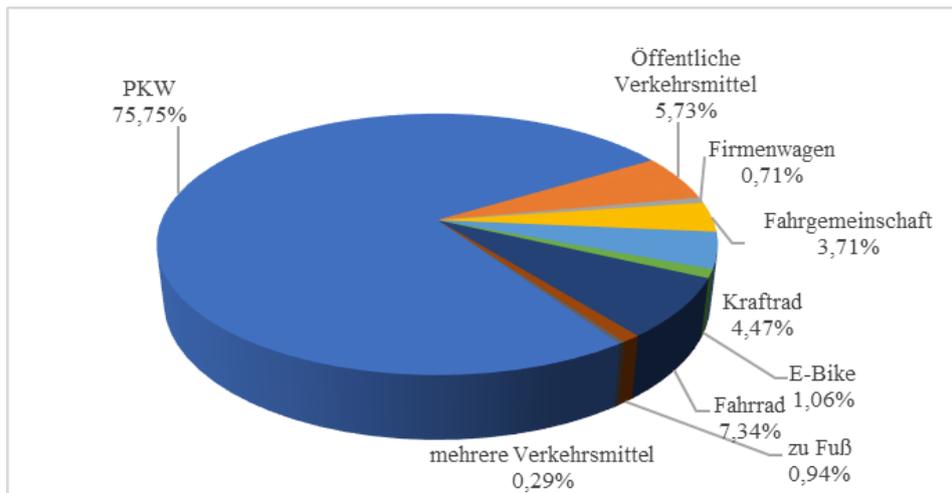


Abbildung 2-2: Verteilung der Verkehrsmittel zur Mitarbeitermobilität²²

Ausgehend von der Ist-Analyse können CO₂-Einsparpotenzial ermittelt und Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

2.4 Stoffstromanalyse

Das gesamte Abfallaufkommen unter Zuständigkeit der örE im REK Gebiet (ohne LVP und Altglas sowie Elektroaltgeräte) betrug im Jahr 2018 ca. 580.000 t. Hiervon entfällt der Großteil (34%) auf den Hausabfall und Biogut (26%). Eine genaue Aufteilung des Abfallaufkommens je örE ist in folgender Abbildung sichtbar:

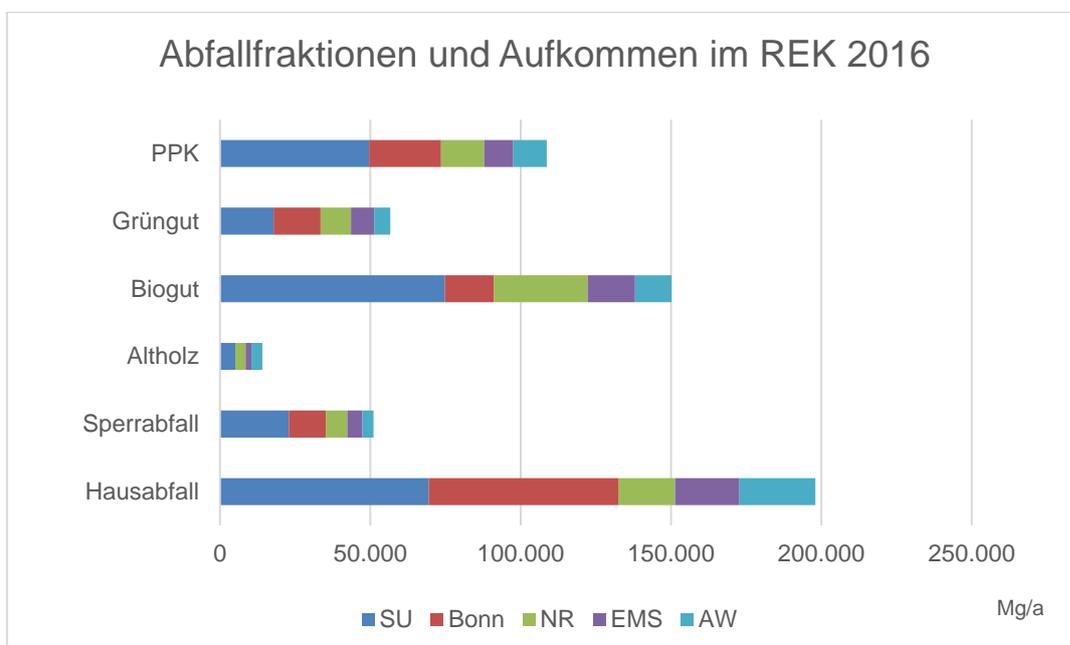


Abbildung 2-3: Abfallaufkommen in der REK

²² Eigene Darstellung nach: Umfrage der Vorgesetzten und Onlineumfrage

Aufgrund ihres großen Mengenaufkommens, der Zuständigkeit der REK Mitglieder für die hochwertige Verwertung und aus Sicht des Klimaschutzes sind vor allem die abgebildeten Stoffströme für die weitere Betrachtung und Eruierung von Optimierungspotentialen interessant. Um diese zu identifizieren wird im folgendem der Status Quo je Stoffstrom, inklusive Sammelsystem und -menge, Verwertungsweg und -orten beschrieben und die Einwohnergleichwerte dem Benchmark des Verbands kommunaler Unternehmen (VKU) bzw. im landesweiten Vergleich gegenübergestellt.

Bei der Darstellung des Status Quo sei vorangeschickt, dass es sich nicht um eine zeitsynchrone Ausgangssituation handelt. Dies wäre aufgrund der heterogenen Datenlage und insbesondere der dynamischen Entwicklung während der Projektbearbeitung nicht zielführend für die Aussagekraft des Konzeptes. Es musste zum einen ein quantitativer Startpunkt (Massenaufkommen pro Jahr) gefunden werden und andererseits mussten laufende und absehbare Entwicklungen (Verwertungswege, Behandlungsanlagen) berücksichtigt werden. Die Datenerhebung hat 2017 begonnen, weswegen 2016 das Basisjahr für die gesammelten Abfallmengen. Zu diesem Zeitpunkt haben sich jedoch Verwertungswege bereits geändert oder standen unmittelbar bevor. Diese wurden in der Stoffstromanalyse in Teilen vorweggenommen, damit das Konzept in seiner Aussagekraft auf dem aktuellen Stand ist. Dies bedeutet, dass sich der Status Quo nicht retrospektiv für das Jahr 2016 validieren lässt. Hinzu kommen Entwicklungen, die sich erst zum Abschluss der eigentlichen Projektarbeit Ende 2018 manifestiert haben aber nicht mehr Eingang in alle Bereiche des Konzeptes finden konnten. Dies betrifft insbesondere große Veränderungen im Mengengerüst des Landkreises Ahrweiler durch Änderungen des Gebührensystems. Dies relativiert sowohl die Ist-Analyse als auch die Szenarienbetrachtung. Davon unbeeinflusst stellt die folgende Stoffstromanalyse eine sehr gute Grundlage für die Klimaschutzstrategie der REK bis zum Jahr 2030 dar – mit Wirkung weit darüber hinaus.

2.4.1 Biogut

Bei allen Mitgliedern des REK wird der häusliche Bioabfall getrennt im Holsystem erfasst. Im Folgenden wird dieser eingesammelte Bioabfall, bestehend aus Küchen- und Speiseabfällen sowie teilweise Gartenabfällen als Biogut bezeichnet. Zusammen mit der Erfassung der privaten Gartenabfälle (Grüngut) ist damit die gesetzliche Getrenntsammlungspflicht für Bioabfälle im gesamten REK-Gebiet erfüllt. Die Biogut-Sammlung erfolgt in allen Mitglieds-Kommunen über die Abfuhr einer Biotonne in unterschiedlichen Größen. Im Landkreis Neuwied, Ahrweiler und künftig auch im Rhein-Sieg-Kreis ist der Abfuhrturnus im Sommer wöchentlich und im Winter jede zweite Woche. Bei den übrigen Mitgliedern erfolgt ganzjährig eine zweiwöchentliche Abfuhr. Bei den erfassten Biogut-Mengen je Einwohner und Jahr fallen die Ergebnisse sehr unterschiedlich aus. In der nachfolgenden Grafik sind die erfassten Biogut-Mengen im

Vergleich der Mitglieder und dem VKU-Benchmark aufgezeigt. Wegen der großen Wechselwirkungen und auch der unterschiedlichen Verteilung zwischen der Biogut-Sammlung über Tonnen und der Erfassung von Gartenabfällen ist nochmals die gesamte Bioabfallmenge als Summe von Bio- und Grüngut im Vergleich dargestellt.

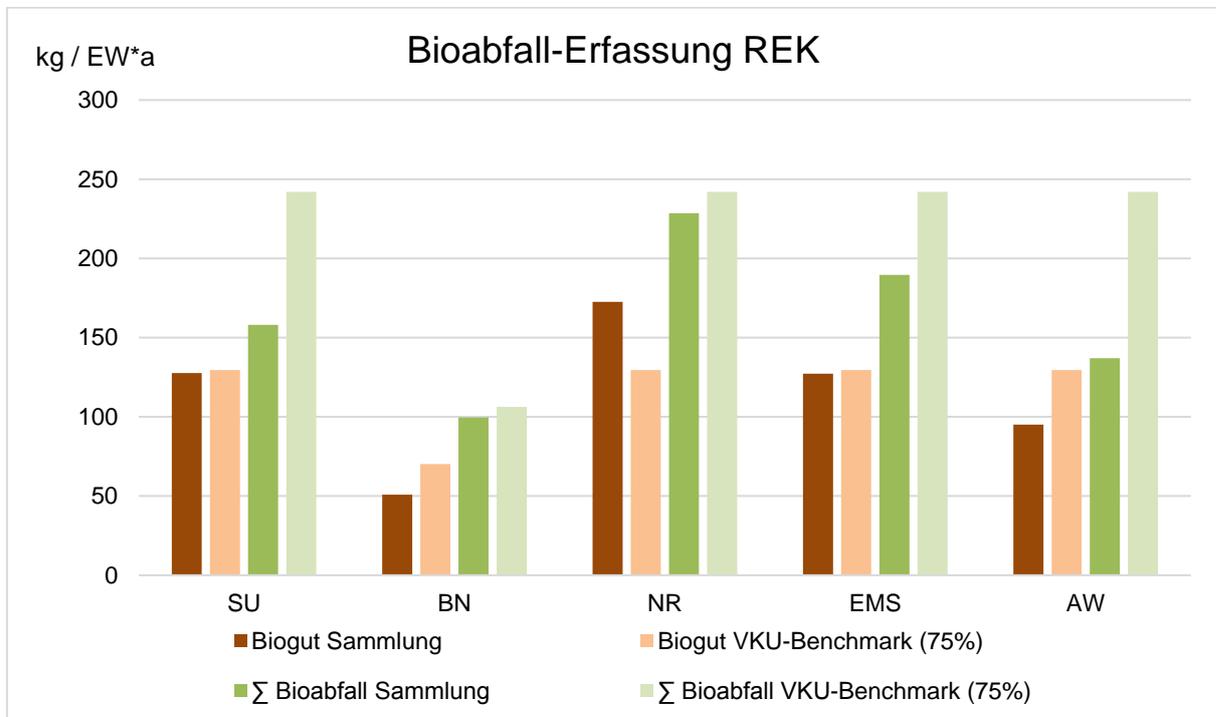


Abbildung 2-4: Spezifische Biogut- und Bioabfallererfassung im Vergleich²³

Zunächst fällt auf, dass die Großstadt Bonn insgesamt deutlich weniger Bioabfälle getrennt erfasst, was in der städtischen Struktur begründet ist. Der Benchmark ist hier entsprechend niedriger und wird in der Summe des Bioabfalls nahezu erfüllt. Im Bereich der Biotonne könnte im Vergleich zum Benchmark etwas mehr erfasst werden. Im Weiteren ist der ausgesprochen hohe Wert für die Bioguterfassung im Landkreis Neuwied auffällig. Er liegt deutlich über dem VKU-Benchmark. Im Landkreis Neuwied zeigt sich jedoch exemplarisch der enge Zusammenhang mit der Grüngutsammlung. In der Summe des Bioabfalls liegt die Erfassung nämlich unter dem Benchmark. Dies ist darin zu begründen, dass mit der Biotonne auch ein großer Anteil krautiger Gartenabfall erfasst wird, der dann beim Grüngut nicht auftaucht. Dafür spricht auch, dass der Gartenabfall zu einem Großteil über Astsammelplätze, d. h. überwiegend holziger Art erfasst wird. Der Rhein-Sieg- und der Rhein-Lahn-Kreis sammeln Biogut in etwa gleicher Höhe und im Rahmen des Benchmarks. Im Rhein-Sieg-Kreis ist jedoch in der Summe des Bioabfalls noch ein deutlicher Abstand zum Benchmark zu erkennen. Nach der Art des Biotonnenabfalls zu urteilen, befindet sich auch darin ein relativ großer Anteil Gartenabfälle,

²³ Datenbasis 2016. VKU-Benchmark entspricht der Grenze des 75%-Quartils aus dem VKU-Benchmarking, durchgeführt durch INFAs mit Datenbasis 2015.

weswegen auch bei den Küchen- und Speiseresten noch Spielraum nach oben besteht. Ähnlich verhält es sich auch beim Rhein-Lahn-Kreis, wobei der Abstand zum Benchmark geringer ausfällt. Schließlich ist im Landkreis Ahrweiler ein deutlicher Zuwachs bei der Bioabfallerfassung möglich, wobei sich dieser durch eine Satzungsänderung mit Anreizen für mehr Biotonnen im Gebührensystem 2018 bereits realisiert hat. Der Rhein-Sieg-Kreis plant eine häufigere Abfuhr der Biotonne und zusätzliche separate Sammlung von Grüngut im Holsystem, wodurch künftig eine bessere Erfassungsquote und schärfere Trennung der beiden Bioabfall-Fraktionen zu erwarten ist. Somit ist künftig eine ansteigende Pro-Kopf-Menge an Bio- und Grüngut zu erwarten. Gleichzeitig wirkt sich auch die Bevölkerungsentwicklung auf die absolute Sammelmenge aus. Ein entsprechendes Szenario zur Entwicklung der Biogut-Menge ist in Abschnitt 5.1 bei der Entwicklung einer künftigen Verwertungsstrategie berücksichtigt.

Was die Biogut-Verwertung angeht, so besteht bereits eine Zusammenarbeit auf REK-Ebene. So werden die Massen aus Bonn im Rhein-Sieg-Kreis und die Massen aus dem Landkreis Neuwied im Rhein-Lahn-Kreis verwertet. Im folgenden Sankey-Diagramm sind die Stoffströme für das Basisjahr 2016 dargestellt. Allerdings wurden die Verwertungswege und Massenverteilung teilweise hinsichtlich aktueller Entwicklungen angepasst. Dies betrifft bspw. die Aufteilung der Biogutmengen aus dem Rhein-Sieg-Kreis und der Stadt Bonn, welche auf Plandaten für das Jahr 2018 beruht sowie die Massen aus dem Landkreis Neuwied, welche erst seit 2017 vollständig in Singhofen verwertet werden. Die Produkte sind jeweils prozentual auf die dargestellte Inputmenge bezogen und entsprechen daher nicht dem tatsächlichen Anlagenoutput. Die Daten stammen entweder direkt von den kommunalen Betreibern oder für das BKW Neuwied aus dem Entsorgungsanlagen-Kataster Rheinland-Pfalz 2016.

Stoffstromanalyse: Biogut

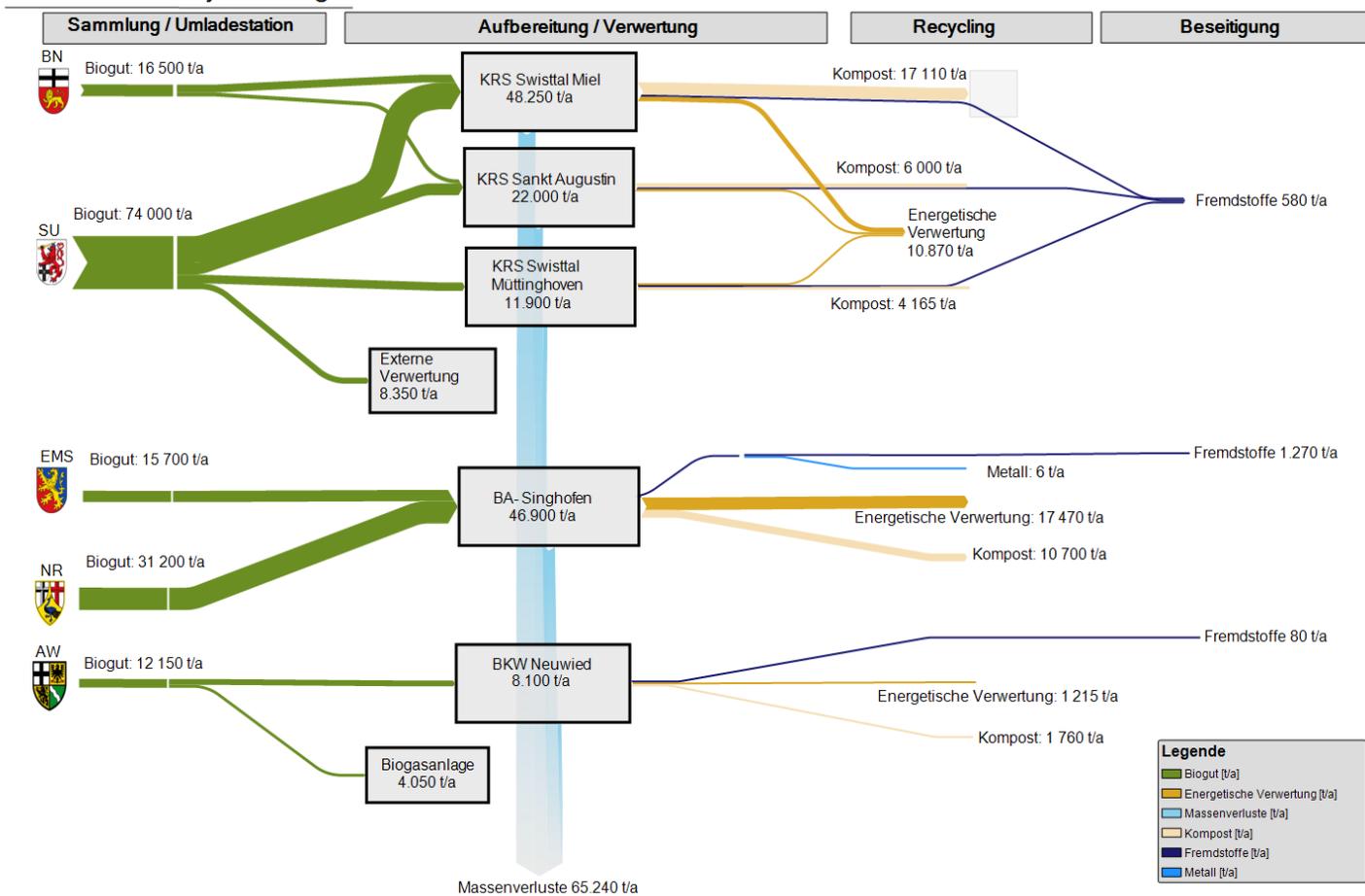


Abbildung 2-5: Erfassung und Verwertung Biogut, Massenaufkommen 2016

Aus der Ist-Analyse geht hervor, dass insgesamt rund 150.000 t/a Biogut aus privaten Haushalten im REK-Gebiet erfasst und verwertet werden. Sämtliche Verwertungsorte sind innerhalb des Verbandsgebietes gelegen. Bis auf das Bioabfallkompostwerk Neuwied befinden sich die Verwertungsanlagen in kommunaler Zuständigkeit. Die drei Kompostwerke im Rhein-Sieg-Kreis erzeugen einen Kompost, welcher regional in der Landwirtschaft eingesetzt wird sowie Siebüberkorn, welches thermisch verwertet wird. Eine schwankend große Biogutmenge wurde in den letzten Jahren extern verwertet, was jedoch übergangsweise stattfand und in einer Er-tüchtigung des Kompostwerkes Miel begründet war. Das Biogut aus dem Landkreis Neuwied wird seit 2018 komplett in der Bioabfall-Aufbereitungsanlage Singhofen des Rhein-Lahn-Kreis-es verwertet. Dabei handelt es sich um eine biologische Trocknung des Bioguts, wodurch ein Großteil des Materials für die thermische Verwertung in einem Biomasse-Heizkraftwerk zur Verfügung steht. Eine Unterkorn-Fraktion wird stofflich als Kompost verwertet. Aus Sicht des Klimaschutzes erreicht damit die Bioabfall-Aufbereitungsanlage Singhofen die größte Treibhausgas-Einsparung, weil die Trocknung mit geringem Energieaufwand einen heizwertreichen Biomassebrennstoff erzeugt, welcher an anderer Stelle fossile Energieträger substituieren kann. In der folgenden Abbildung sind die statistischen Aufkommensschwerpunkte sowie die geografische Lage der Verwertungsanlagen dargestellt.

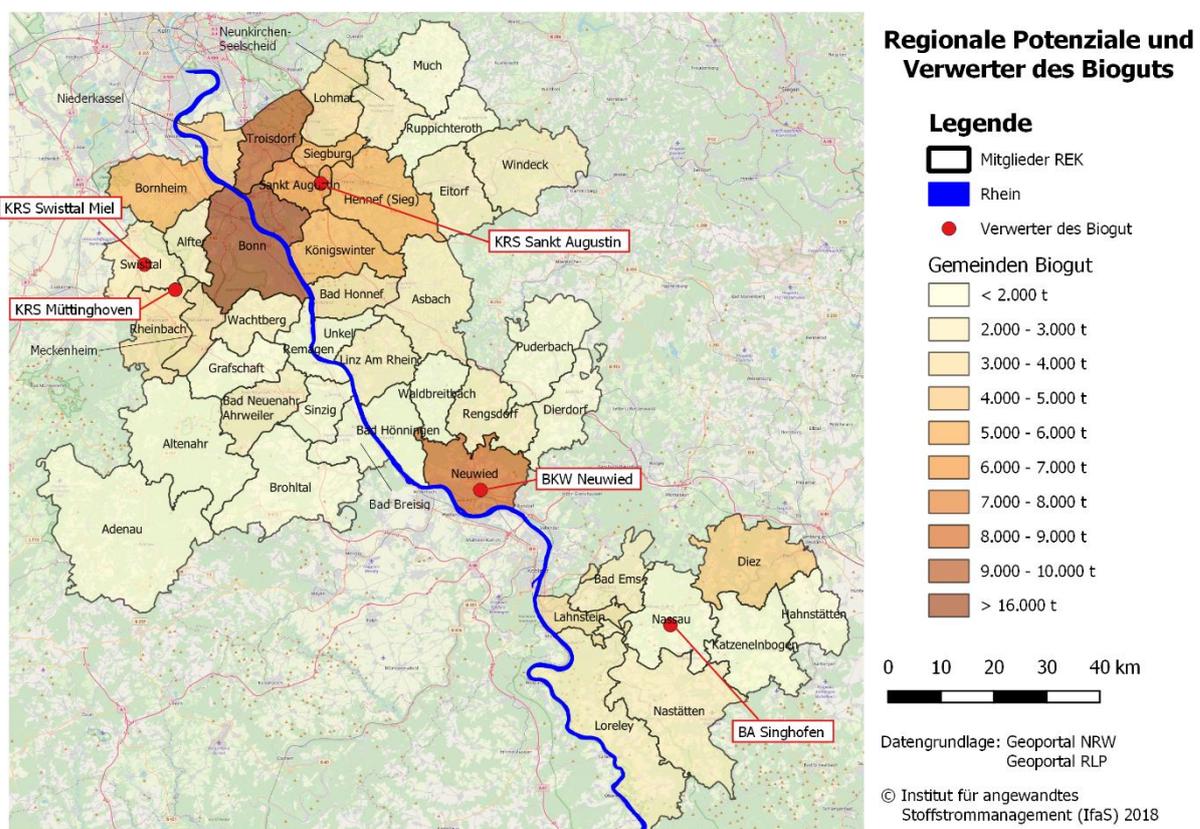


Abbildung 2-6: Biogut-Aufkommen und Verwerter im REK-Gebiet, Massenaufkommen 2016

2.4.2 Grüngut

Die Grüngut-Sammlung erfolgt in unterschiedlichen Kombinationen von Bring- und Holsystemen in den REK-Mitgliedskommunen. Aufgrund der Vielfältigkeit der Sammelsysteme in den REK-Kommunen werden die Strukturen und Erfassungsmengen der Grüngut-Sammlung der Mitglieder kurz dargestellt. Die oben im Abschnitt Biogut beschriebenen Wechselwirkungen zwischen Biogut- und Grüngutsammlung erschweren einen aussagekräftigen Vergleich von Kennzahlen oder Zielwerten. Aus diesem Grund wurde in dem folgenden Kapitel ein Vergleich mit länderspezifischen Erfassungswerten aus Kommunen mit ähnlicher Einwohnerdichte durchgeführt. In Kombination mit den Zielwerten der Bioabfallerfassung des VKU Benchmarks kann so eine grobe Bewertung des Grüngut-Erfassungssystems erfolgen. Einen zusammenfassenden Überblick über das derzeitige Grüngutaufkommen und die Sammlung im REK-Gebiet sowie die Verwertungsorte der erfassten Mengen (Datengrundlage 2016) bietet folgende Abbildung.

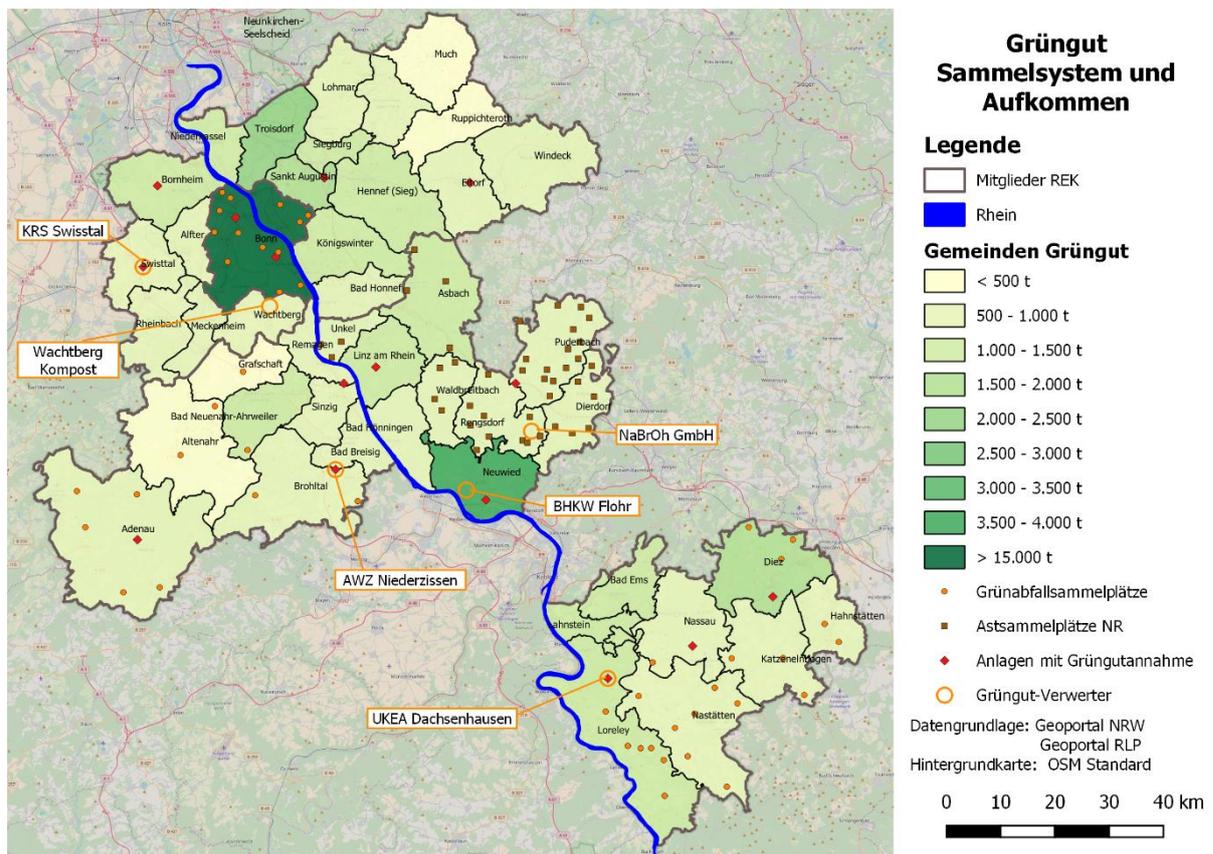


Abbildung 2-7: Grüngut-Aufkommen und Verwerter im REK-Gebiet, Massenaufkommen 2016

Die Stadt Bonn erfasst das Grüngut über 2 Wertstoffhöfe, 13 Sammelpunkte (Friedhöfe), 30 mobile Container, die 2 wöchentlich vom 01.03. – 30.11. bereitgestellt werden. An den Sammelstellen wird das Grüngut gemischt (krautige und holzige Fraktionen) gesammelt. Das Bringsystem erfasst ca. 49 kg/Einwohner (EW) und Jahr, was einer Gesamtmenge von rund 15.600 t/a entspricht. Die erfassten Grüngutmengen entsprechen etwa dem Durchschnitt

(55 kg/EW*a) der Gebietskörperschaften mit einer Einwohnerdichte von 2.000 - 2.500 EW/km² in NRW. Die Spannweite der Sammelmenge liegt hier im Bereich von 16 - 24 kg/EW bis hin zu 86 – 94 kg/EW²⁴. Wie oben dargestellt liegt die Stadt Bonn im Bereich des gesamten Bioabfalls nahe am Zielwert des VKU-Benchmarks. Die Verwertung der 15.600 t/a Grüngut aus Bonn erfolgt im Wachtberger Kompostwerk. Eine Abtrennung der holzigen Grüngutfraktion ist nicht bekannt, aus diesem Grund wird eine rein stoffliche Verwertung der Garten- und Parkabfälle angenommen.

Der Rhein-Sieg-Kreis erfasst das Grüngut über Bring- und Holsysteme. Das Bringsystem beinhaltet 4 Sammelpunkte (Sankt Augustin, Swisttal-Miel, Eitorf und Stadtbetrieb Bornheim). An diesen Sammelstellen wird das Grüngut als gemischte Fraktion (krautige und holzige Bestandteile) erfasst. Weiterhin bietet der öRE seinen Nutzern die Möglichkeit von Grüngut-Beistellungen (Bündel) bei der Biogut-Sammlung. So werden im Ergebnis etwa 30 kg/EW*a erfasst, was einer Gesamtmenge von rund 17.800 t/a entspricht. Aufgrund Bündelsammlung und die somit erfassten Grüngutmengen über die Biotonnenabfuhr wird ein Teil der Garten- und Parkabfälle (auch holziges Grüngut) über dieses Sammelsystem miterfasst. Im Vergleich mit dem Landesdurchschnitt von ca. 48 kg/EW*a (Spannweite von 23 - 30 kg/EW bis hin zu 102 kg/EW) in Gebietskörperschaften mit einer Einwohnerdichte von 400 - 600 EW/km² aus NRW könnte die getrennte Erfassung von Grüngut noch gesteigert werden²⁵. Ein weiteres Indiz zur Steigerung der Bioabfallerfassung und der damit möglichen Erhöhung der Grüngutmengen zeigt der Zielwert des VKU-Benchmarks im vorherigen Kapitel. Wobei eine Steigerung der Grüngutmengen im Rhein-Sieg-Kreis nicht einzig aus neuen Grüngutpotenzialen zu erwarten ist. Es ist davon auszugehen, dass Garten- und Parkabfälle bei einer Systemumstellung auch durch eine Stoffstromumlenkung (vom Biogut zum Grüngut) zusätzlich der Grünguterfassung angedient werden. Die Verwertung des Grüngutes erfolgt größtenteils im Kompostwerk Müttinghoven. Aus den anfallenden Grüngutmengen werden zwischen 15 – 20 Massen% als holziger Brennstoff abgetrennt und an Kraftwerke vermarktet. Der Kompost wird überwiegend in der Landwirtschaft verwertet.

Im folgenden Sankey-Diagramm sind die Stoffströme für Grüngut der REK-Mitglieder aus NRW für das Basisjahr 2016 dargestellt.

²⁴ Vgl. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen 2016: S. 16, S. 43, S. 100 ff.

²⁵ Vgl. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen 2016: S. 16, S. 43, S. 100 ff.

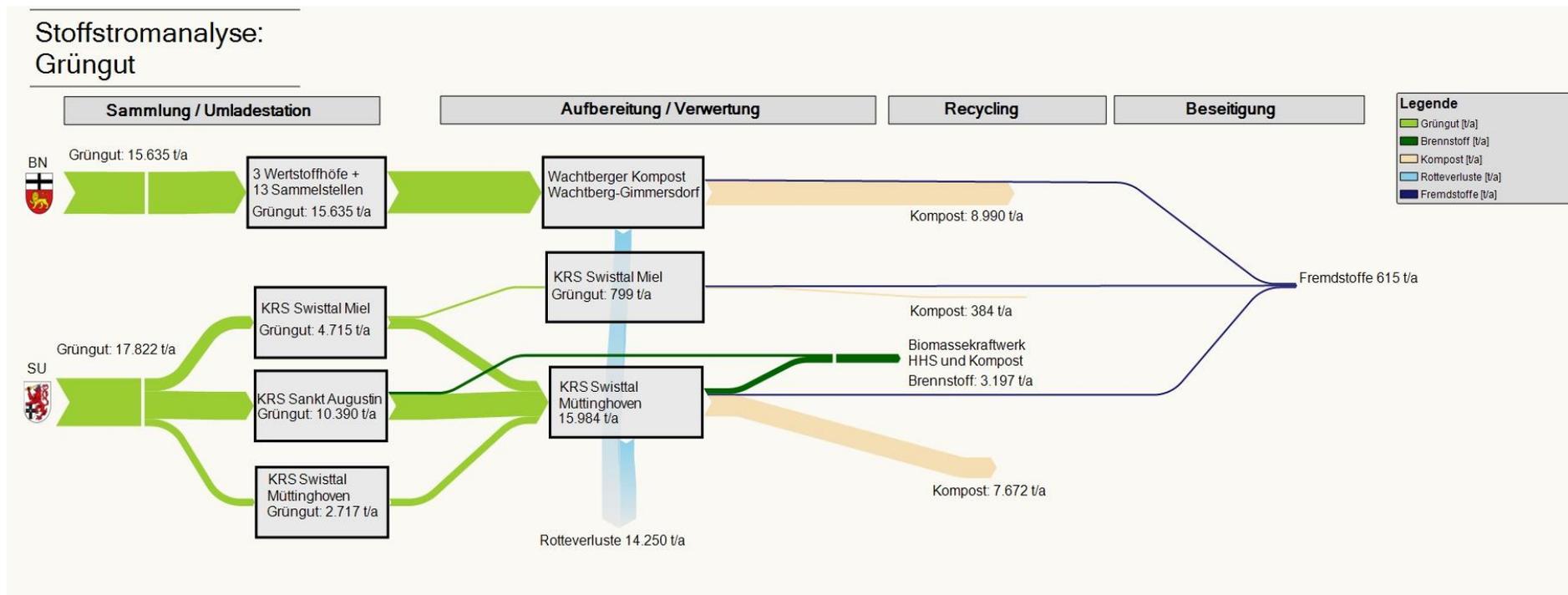


Abbildung 2-8: Erfassung und Verwertung Grüngut (NRW), Massenaufkommen 2016

Der Rhein-Lahn-Kreis erfasst das Grüngut ebenfalls über Bring- und Holsystem. Das Bringssystem verfügt über 25 Sammelpunkte, die 22 Astsammelplätze und 3 Grüngutsammelplätze (UKEA-Dachshausen, Quarz- Kieswerk Cramberg und AWZ Rhein-Lahn) beinhalten. An den Astsammelplätzen wird ausschließlich holziges Grüngut angenommen, während an den anderen Sammelstellen das Grüngut als gemischte Fraktion (krautige und holzige Bestandteile) erfasst wird. Ebenfalls bietet der öRE seinen Nutzern die Möglichkeit von Beistellungen (Papiersäcke) bei der Biogutsammlung. Diese Sammelsysteme erfassen in der Summe etwa 62 kg/EW*a, was einer Gesamtmenge von rund 7.700 t/a entspricht. Ausgehend von dieser Erfassungsmenge werden rund 40%_(Masse) holziges Grüngut über die Astsammelplätze erfasst. Ein Vergleich mit dem Landesdurchschnitt von 113 kg/EW aus RLP (Spannbreite der Grünguterfassung von 16 – 36 kg/EW bis hin zu 226 kg/EW; Gebietskörperschaften mit einer Einwohnerdichte von 100 – 200 EW/km²) zeigt, dass der Rhein-Lahn-Kreis unter diesem Durchschnitt liegt und möglicherweise Grüngutpotenziale noch nicht ausgeschöpft sind²⁶. Ein weiteres Indiz zur Steigerung der Bioabfallerrfassung und der damit möglichen Erhöhung der Grüngutmengen, zeigt der Zielwert des VKU-Benchmarks im vorherigen Kapitel. Wie oben beschrieben können Mengensteigerungen in diesem Bereich nicht einzig neue Grüngutpotenziale beinhalten, auch eine Stoffstromumlenkung der Biogutonne zur Grüngutsammlung kann die Grünguterfassung erhöhen. Die Verwertung der holzigen Grüngutmengen erfolgt über einen externen Verwerter. In der Summe werden so rund 3.300 t/a holziges Grüngut in Kraftwerken energetisch genutzt. Die verbleibenden Grüngutmassen werden an der UKEA zu Kompost verarbeitet.

Im Landkreis Neuwied wird das Grüngut über ein Bring- und Holsystem erfasst. Im Bringssystem gibt es 45 Sammelpunkte, die 42 Astsammelplätze und 3 Wertstoffhöfe (Linz, Linkenbach und Neuwied) beinhalten. Hier erfolgt wie im Rhein-Lahn-Kreis eine ausschließliche Erfassung des holzigen Grüngutes auf den Astsammelplätzen und eine gemischte (holzige und krautige) Sammlung an den Wertstoffhöfen. Das Holsystem beinhaltet eine Grüngutsammlung auf Abruf. Diese Sammelsysteme erfassen in der Summe etwa 56 kg/EW*a, was einer Gesamtmenge von rund 11.000 t/a entspricht. Ausgehend von dieser Erfassungsmenge ist das Ziel, zukünftig rund 50%_(Masse) holziges Grüngut abzutrennen. Der Vergleich mit dem Landesdurchschnitt von 70 kg/EW (Spannbreite von 48 kg/EW bis hin zu 101 kg/EW) in Gebietskörperschaften mit einer Einwohnerdichte von 250 – 350 EW/km² aus RLP zeigt ein mögliches Grüngutpotenzial²⁷. Dies spiegelt sich auch in dem VKU-Benchmark wider. Allerdings ist zu vermuten, dass die außerordentlich hohe Bioguterfassung auch mit einem signifikanten Anteil Gartenabfällen in der Biotonne begründet ist. Demnach wird sich das überschaubare Steigerungs-

²⁶ Vgl. Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten (Hg.) 2016: S. 4, S. 28, S. 33.

²⁷ Vgl. Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten (Hg.) 2016: S. 4, S. 28, S. 33.

potenzial sowohl auf Küchen- und Speiseabfälle als auch auf Gartenabfälle beziehen. Die Verwertung erfolgt derzeit über externe Unternehmen. Während der Konzepterstellung wurde von der Abfallwirtschaft Neuwied eine neue Grüngutverwertung ausgearbeitet, die kurzfristig umgesetzt werden soll.

Der Landkreis Ahrweiler erfasst das Grüngut ebenfalls über ein Bring- und Holsystem. Das Bringsystem beinhaltet 14 Sammelpunkte (Wertstoffhöfe: AWZ Niederzissen, UWZ Leimbach und WSZ Remagen sowie 11 Grünabfallsammelplätze). An diesen Sammelstellen wird das Grüngut als gemischte Fraktion (krautige und holzige Bestandteile) erfasst. Zudem erfolgt zweimal jährlich eine Grüngutsammlung im Hohlsystem. Diese Sammelsysteme erfassen zusammen etwa 42 kg/EW*a, was einer Gesamtmenge von rund 5.360 t/a entspricht. Im Vergleich mit dem Landesdurchschnitt von ca. 113 kg/EW*a (Spannbreite von 16 - 36 kg/EW bis hin zu 226 kg/EW) in Gebietskörperschaften mit einer Einwohnerdichte von 100 - 200 EW/km² aus RLP, ist die Grünguterfassung ausbaufähig. Ein ähnliches Ergebnis zeigt auch der Vergleich mit dem VKU-Benchmark im Bereich der Bioabfallerfassung (Summe aus Biogut und Grüngut) im vorherigen Kapitel. Die Verwertung des Grüngutes erfolgt größtenteils am AWZ in Niederzissen. Aus den anfallenden Grüngutmassen werden etwa 20 Massen% als holziger Brennstoff abgetrennt und an Kraftwerke vermarktet. Der Kompost wird kostenlos an die Bürger abgegeben und im Landkreis eingesetzt.

In der Summe werden in den REK-Kommunen etwa 56.600 t/a Grüngut gesammelt. Aus dieser Masse werden rund 10.200 t/a holzige Grüngutpotenziale abgetrennt und vermarktet. Der Kompost wird größtenteils in der Landwirtschaft verwertet. Die Grüngut-Behandlung erfolgt teilweise (ca. 55%) in Anlagen der REK-Mitglieder. Die verbleibenden 45% der anfallenden Grüngutmengen werden an externe Unternehmen abgegeben.

Im folgenden Sankey-Diagramm sind die Stoffströme für Grüngut aus RLP für das Basisjahr 2016 dargestellt.

Stoffstromanalyse: Grüngut

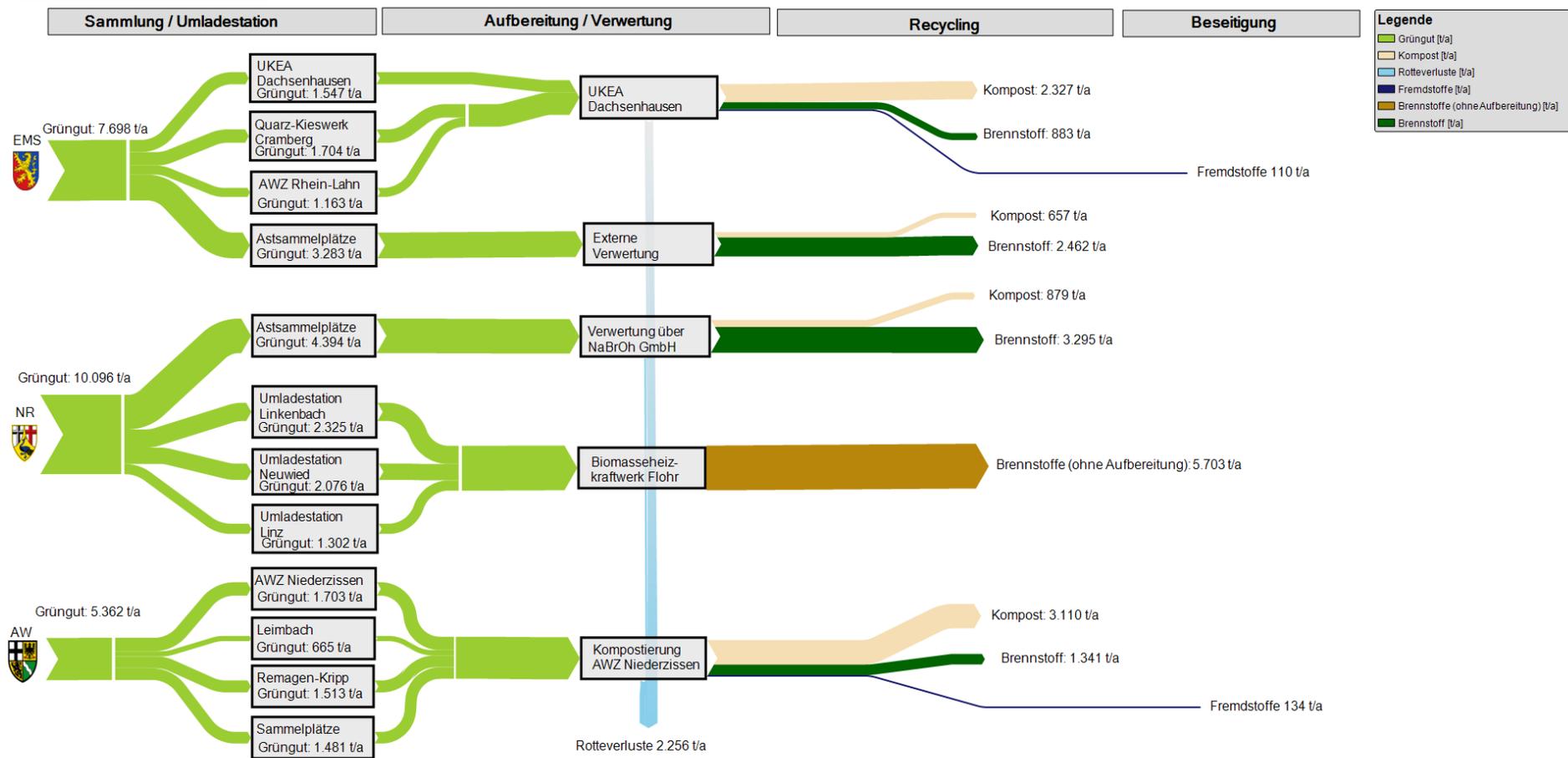


Abbildung 2-9: Erfassung und Verwertung Grüngut (RLP), Massenaufkommen 2016

2.4.3 Restabfall

Der Restabfall, bestehend aus Hausabfall und hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen, stellt einen wesentlichen Stoffstrom für die öRE dar. Einerseits ist er mengenmäßig dominierend und andererseits sind immer noch große Wertstoffpotenziale im Restabfall enthalten. Zudem bieten sich für die öRE aufgrund ihrer originären und umfassenden Zuständigkeit große Handlungsspielräume hinsichtlich Ressourceneffizienz und Klimaschutz. In der REK werden sämtliche Restabfallmengen in kommunalen Anlagen behandelt, teilweise bereits über den Verband, teils bei den Mitgliedern und in anderweitigen kommunalen Kooperationen. Restabfallbehandlungsanlagen sind die MVA Bonn und die beiden Mechanisch-biologischen Aufbereitungsanlagen mit nachgelagerter Deponierung in Linkenbach (Landkreis (LK) Neuwied) und Singhofen (Rhein-Lahn-Kreis). Der Wandel der Abfallwirtschaft durch gesetzliche Änderungen, wie bspw. Deponierungsverbot und verpflichtende Einführung der Biotonne, ist an der historischen Entwicklung des Siedlungsabfallaufkommens und insbesondere am Restabfall nachzuvollziehen. Durch die Analyse der Entwicklung der gesammelten Abfallfraktionen und Behandlungskapazitäten in Deutschland lassen sich das Aufkommen und die Behandlungswege des Restabfalls im Zweckverband perspektivisch einordnen und bewerten. Zunächst erfolgt daher ein Überblick zum Restabfallaufkommen und zur -verwertung in Deutschland bevor auf die spezifische Situation im Zweckverband eingegangen wird.

2.4.3.1 Ist-Situation in Deutschland – Aufkommen und Verwertung

Die Entwicklung des gesamten Siedlungsabfallaufkommens der letzten Jahre war von einem leichten Anstieg der Gesamtmenge in Deutschland gezeichnet. Es zeigt sich jedoch auch, dass die anfallende Restabfallmenge stagniert, woraus folgt, dass der Anteil des Restabfalls am Gesamtaufkommen insgesamt in den letzten Jahren gesunken und demzufolge die Menge der getrennt erfassten Wertstoffe gestiegen ist.

In 2015 lag das Restabfallaufkommen pro Einwohner bei 172 kg, was einer durchschnittlichen Abnahme über die vorherigen fünf Jahre von 1,32% oder rund 2 kg/EW entspricht. Abbildung 2-10 visualisiert diesen Sachverhalt.

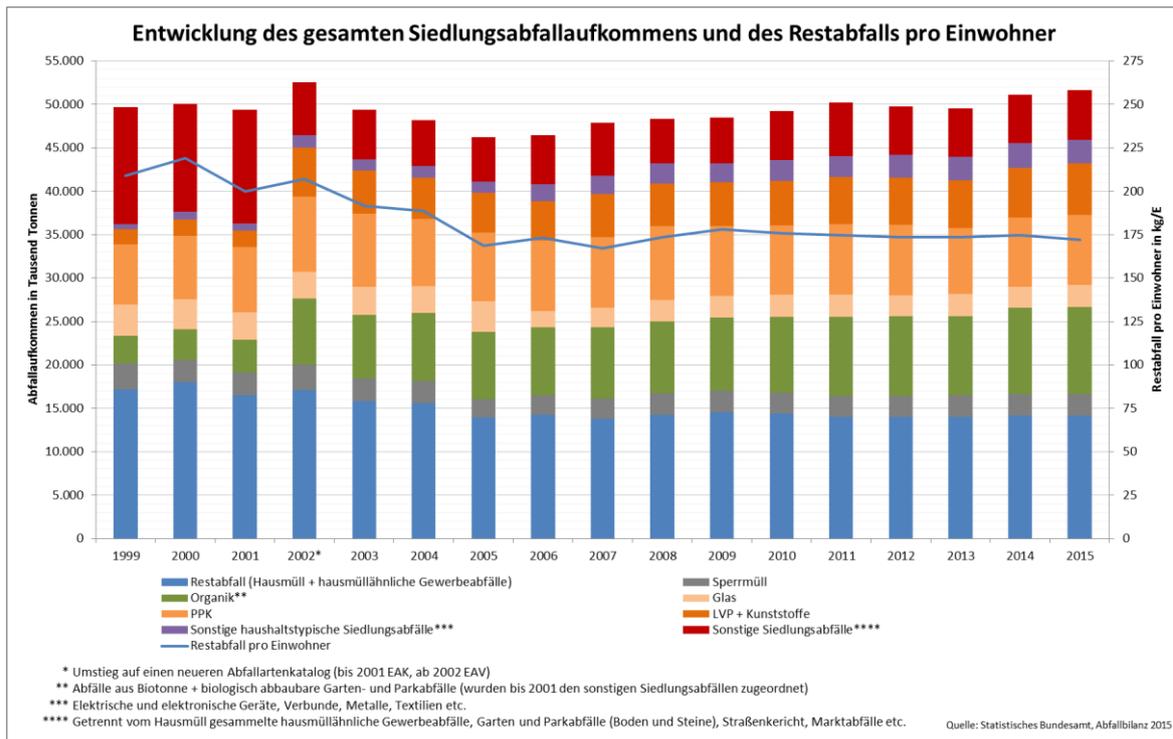


Abbildung 2-10: Entwicklung des Siedlungsabfallaufkommens in Deutschland²⁸

Gemäß Bundesumweltministerium leisten mehr als 15.500 Anlagen durch Recycling und andere Verwertungsverfahren ihren Beitrag zur Ressourcenschonung in Deutschland. Die erzielten Recyclingquoten auf Bundesebene setzen sich wie folgt zusammen: ca. 67% für Siedlungsabfälle, ca. 70% für Abfälle aus Produktion und Gewerbe und ca. 90% für Bau- und Abbruchabfälle²⁹.

Zur Restabfallbehandlung wurden 2017 in Deutschland 68 Müllverbrennungsanlagen mit einer Kapazität von rund 20 Millionen Tonnen betrieben. Darüber hinaus stehen in 32 Ersatzbrennstoffwerken Verbrennungskapazitäten von rund 5 Millionen Tonnen zur Verfügung. In 2017 wurden zur mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (MBA) 45 Anlagen mit einer Kapazität von rund 5 Millionen Tonnen betrieben. Die Anlagenauslastung betrug mit rund 4,5 Millionen Tonnen Restabfälle ca. 90%, lediglich 0,5 Mio. Tonnen wurden deponiert.³⁰

Um die Behandlung der Restabfälle in Deutschland konkurrieren verschiedene Verfahren, im Vordergrund stehen insbesondere die MBAs und die Abfallverbrennungsanlagen (MVA).

Bei der Funktionsweise einer MBA liegt der Schwerpunkt auf der Abtrennung der heizwertreichen Fraktion und dem an organischen Abfällen reichen Unterkorn, welches im biologischen Teil einer MBA behandelt wird. Entweder werden diese Abfälle in einem biologischen Abbauprozess vergärt oder in einem Rotteprozess abgebaut. Die stofflich nicht verwertbaren Restabfälle werden einer mechanischen Behandlung oder der Müllverbrennung zugeführt. Erst die

²⁸ Vgl. Umweltbundesamt 2016.

²⁹ Vgl. BMU 2018

³⁰ Ibid.

aus dieser Behandlung übrigbleibenden sowie bereits inert vorliegende Abfälle werden auf Deponien abgelagert.

Aufgrund ihres modularen Aufbaus hat die MBA-Technologie, die ursprünglich als Behandlungsverfahren für Restabfall entwickelt worden ist, das Potential und die Flexibilität zur Weiterentwicklung bei geänderten Anforderungen des Abfallmarktes. Aufgrund der sinkenden Restabfallmengen können freie Kapazitäten in Zukunft anderweitig genutzt werden. So ist eine Entwicklung der Anlagen zur stoffspezifischen Abfallbehandlung für die folgenden beispielhaften Geschäftsfelder möglich: Bioabfall, Wertstoffgemische, gemischte Gewerbeabfälle, energiereiche feuchte Abfälle, Materialien aus dem Deponierückbau, Integration einer Vergärungsstufe und Nutzung des erzeugten Biogases.³¹

Ein wesentlicher Kritikpunkt an der MBA-Technologie ist die Erzeugung des Deponats, das zwar die gesetzlichen Ablagerungskriterien erfüllt, jedoch im Vergleich zur thermischen Abfallbehandlung in hohen Mengen anfällt und abgelagert werden muss. Neben der geringen zu deponierenden Menge bieten MVA einen wesentlichen Vorteil in der direkten Wärme- und Stromerzeugung aus dem Abfall. Auch die Qualität und die Quantität der recycelten Eisen- und Nichteisen-Metalle ist bei der Abfallverbrennung höher.³²

In den kommenden Jahren stehen Abfallbehandlungsanlagen vor verschiedenen Herausforderungen um sich im Markt zu positionieren bzw. am Markt zu bestehen, wie zum Beispiel:

- Änderungen in den aktuellen wirtschaftlichen, politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen in den Bereichen Vermeidung und Sortierung sowie steigende Recyclingziele
- Veränderungen der Mengenströme und Qualitäten von Siedlungsabfällen durch die:
 - Reduktion von Wertstoffen aufgrund von Getrenntsammlungspflicht sowie Einführung der Wertstofftonne
 - Reduktion der Inputmaterialien in der biologischen Behandlungsstufe durch die Einführung der flächendeckenden getrennten Erfassung von Bioabfällen, was zu einer Stilllegung der biologischen Behandlungsstufe bei der MBA führen könnte
- Verringerung des Heizwertes der Ersatzbrennstoff (EBS)-Fraktion, so dass die Anforderungen von Abnehmern an einen Mindestheizwert nicht mehr eingehalten werden könnten
- Einführung von Grenzwerten, bspw. Vorgaben zur Reduktion des Deponats.

³¹ Vgl. Grundmann, et al. 2018.

³² Vgl. DGAW 2015.

Wie MBA-Betreiber dem entgegenwirken können, zeigt eine Auflistung möglicher Handlungsoptionen nach (DWA 2017):

- Sich für weitere Geschäftsmodelle öffnen
- Die Aufbereitung stärker auf das Recycling ausrichten
- Den Betrieb auf die sich verändernde Zusammenfassung der Abfälle anpassen
- Aufbereitung, Logistik und Zwischenspeicherung an die Qualitätsanforderungen und bedarfsorientierte Bereitstellung der erzeugten Stoff- und Energieströme anpassen
- Potenziale zur wirtschaftlichen Optimierung nutzen

Die Müllverbrennungsanlagen bieten die Möglichkeit, im Zuge der thermischen Behandlung der Abfälle zur Inertisierung, auch Strom und Wärme zu gewinnen. Die MVA besteht prinzipiell aus einem Anliefer- und Zwischenlagerbereich (Müllbunker), einem Verbrennungsteil mit Energierückgewinnung (Müllkessel) und einer Rauchgasreinigung. Die Verbrennungsrückstände wie Schlacke und Rauchgasreinigungsprodukte können weitgehend verwertet werden.

Die nach der Verbrennung verbleibenden reaktionsträgen Schlacken sind nach ihrer Aufbereitung (Abtrennung von Metallen und Störstoffen, Reifung) größtenteils verwertbar, zum Beispiel als Straßenbaumaterial sofern sie die im LAGA-Merkblatt M 20- Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln festgelegten Anforderungen erfüllen. Nicht verwertbare Schlacken können auf Deponien abgelagert werden, sofern sie die Zuordnungswerte der Deponieverordnung einhalten. Von ihnen gehen auch langfristig keine Umweltbelastungen aus.³³

Alle bestehenden Müllverbrennungsanlagen nutzen die entstehende Energie als Strom, Prozessdampf und/oder Fernwärme. Der energetische Gesamt-Nutzungsgrad liegt im Durchschnitt bei ca. 50%. Bei einer besseren Anbindung der Anlagenstandorte könnten die bestehenden Anlagen deutlich mehr Energie in Form von Dampf, zum Beispiel als Fernwärme abgeben.³⁴

Im Fazit ist festzustellen, dass sich durch verändernde wirtschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen eine rückläufige Entwicklung der MBA in Deutschland – u. a. wegen sich ändernden Mengenströmen und Qualitäten der Stoffströme – abzeichnet. Zudem erreichen viele Anlagen in den nächsten Jahren das Ende ihrer rechnerischen Nutzungsdauer. Diese Sachlage führt zu Überlegungen einer (Teil-)Stilllegung, einer Anpassung des bestehenden Anlagenkonzeptes und/oder eines neuen alternativen Nutzungskonzeptes.^{35/36} Gegenteiliges gilt für MVA in Deutschland, welche ein konstant hohes Auslastungsniveau bei leicht steigendem Durchsatz in den letzten Jahren aufweisen.

³³ Vgl. Website BMU 2017.

³⁴ Vgl. Website Umweltbundesamt 2016 b.

³⁵ Vgl. Website Umweltbundesamt 2016 a.

³⁶ Vgl. Bothe 2017.

2.4.3.2 Ist-Situation REK

Die Ist-Situation des Restabfallaufkommens und dessen Sammlung im Verbandsgebiet der REK ist im Folgenden tabellarisch dargestellt. Für das Betrachtungsjahr 2016 ist ein Gesamt-hausabfallaufkommen im Gebiet der REK von ca. 200.000 t zu verzeichnen.

Tabelle 2-4: Hausabfallaufkommen und Sammlung im Verbandsgebiet der REK

ÖrE	Erfassungssystem	Bemerkung	Spezifische Sammelmenge	Gesamtmenge 2016	Verwertung
			in kg/EW*a	in t/a	
SU	Holsystem (2- und 4-wöchentliche Abfuhr, Container 2- bis 3-malige Leerung pro Woche)	Sammlung: RSAG Verwertung übertragen auf REK	119	69.451	MVA Bonn
BN	Holsystem (2-wöchentlich, wöchentlich, 2x pro Woche) Bringsystem	Sammlung: Bonnorange Verwertung übertragen auf REK	197	63.179	MVA Bonn
NR	Holsystem (3-wöchentlich, Container auch wöchentlich)	Sammlung übertragen auf REK (durchgeführt durch RSAG)	104	18.723	MBA Linkenbach
EMS	Holsystem (2-wöchentlich)	Sammlung: Remondis bis 12/2019	173	21.424	MBA Singhofen
AW*	Holsystem (4-wöchentlich), seit Jan 2018	Umstellung des Gebührensystems, der Erfassungsintervalle & Übertragung der Verwertung auf REK seit Jan. 2018	197	25.219	MVA Bonn, seit Jan 2018

* Angaben über das Erfassungssystem und Verwertung beziehen sich auf das Jahr 2018, während Mengen sich auf das Jahr 2016 beziehen.

In den Zahlen ist lediglich der Restabfall enthalten, welcher als Hausmüll deklariert wurde. Je nach Gebietsstruktur sind darin vermutlich auch noch hausmüllähnliche Gewerbeabfälle enthalten, welche gemeinsam mit Hausmülltonnen erfasst und abgerechnet werden. Im Vergleich fällt zunächst die relativ große spezifische Masse in der Bundesstadt Bonn auf, was jedoch für ein städtisches Gebiet nicht ungewöhnlich ist. Im Vergleich mit dem VKU-Benchmark für Städte über 300.000 Einwohner liegt der Wert im unteren Viertel und damit in einem guten Bereich. Der Landkreis Ahrweiler weist eine relativ hohe spezifische Erfassung von fast 200 kg/EW*a auf, welche jedoch durch die Umstellung des Gebührensystems im ersten Halbjahr 2018 bereits deutlich zurückgegangen ist. Mit gut 170 kg/EW*a liegt auch der Rhein-Lahn-Kreis im oberen Drittel des VKU-Benchmarks, was auf einen hohen Wertstoffanteil im Hausabfall schließen lässt. Nur der Landkreis Neuwied und der Rhein-Sieg-Kreis rangieren im unteren Viertel des VKU-Benchmarks. Das Reduktionspotenzial bei der Hausabfallerfassung ergibt sich aus einer gesteigerten Abfallvermeidung bei den Bürgern und einer besseren Trennung von Wertstoffen, insbesondere der Organik-Fraktion. Szenarien zur künftigen Entwicklung des Hausabfallaufkommens sind in Abschnitt 5.2.1 erläutert.

Im Hausabfall nicht enthalten sind die gemessenen hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle, welche ebenfalls von den örE gesammelt und in den kommunalen Anlagen mitbehandelt werden.

Diese betragen im Jahr 2017 insgesamt rund 37.000 t/a, die Anteile am gesamten Restabfall sind aber je öRE sehr unterschiedlich.

Tabelle 2-5: Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle

Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle 2016		
ÖrE	Menge [t/a]	Anteil am Restabfall
SU	21.250	23,4%
BN	6.406	9,2%
NR	6.241	25,0%
EMS	2.811	11,6%
AW	58	0,2%
SUMME	36.766	15,7%

In der untenstehenden Grafik sind die Verwertungswege des Hausabfalls für die REK-Mitglieder zusammengefasst. Die hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle sind nicht enthalten, tragen aber mit zur Anlagenauslastung bei.

Für den Landkreis Ahrweiler ist der Verwertungsweg gemäß 2018 dargestellt während sich die Menge auf das Jahr 2016 bezieht.

Stoffstromanalyse Hausabfall (REK)

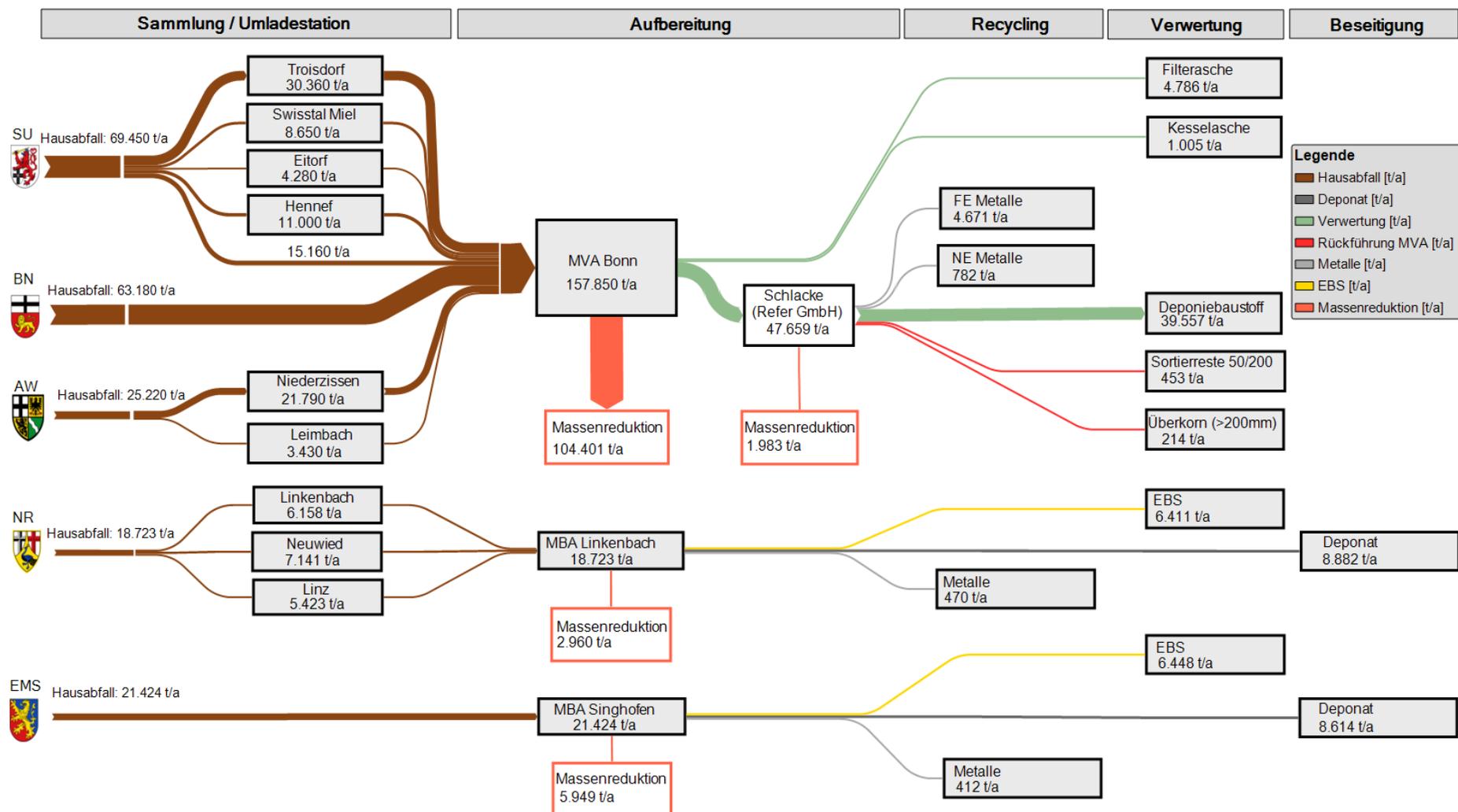


Abbildung 2-11: Erfassung und Verwertung Hausabfall, Massenaufkommen 2016

Obwohl der Abbildung die Werte aus 2016 zugrunde liegen, wurde der Verwertungsweg des Landkreises Ahrweiler schon auf die Situation ab Januar 2018 angepasst. Die MVA gilt als Verwertungsanlage, da auch die Verbrennungsrückstände nicht deponiert werden. Bei den MBA hingegen werden organische Anteile nach der Vorbehandlung deponiert, d. h. beseitigt. Was die Abfallhierarchie nach dem KrWG angeht, kann die MVA demnach als höherwertig eingestuft werden. Die EBS (Ersatzbrennstoffe) aus den MBA sind hochkalorische Ballen, welche in EBS-Kraftwerken in der Region energetisch verwertet werden. Was die Wertstoffrückgewinnung angeht, ist bei beiden Verfahren ein Optimierungspotenzial vorhanden, insbesondere was die Kunststofffraktion angeht (vgl. Abschnitte Potenzialanalyse und Roadmap 2030+).

Die nachfolgende Abbildung zeigt die geografischen Aufkommensschwerpunkte und Behandlungsanlagen für den Restabfall sowie Folgeprodukte. Es zeigt sich deutlich, dass bereits eine aufkommensnahe Verwertung oder Beseitigung realisiert ist.

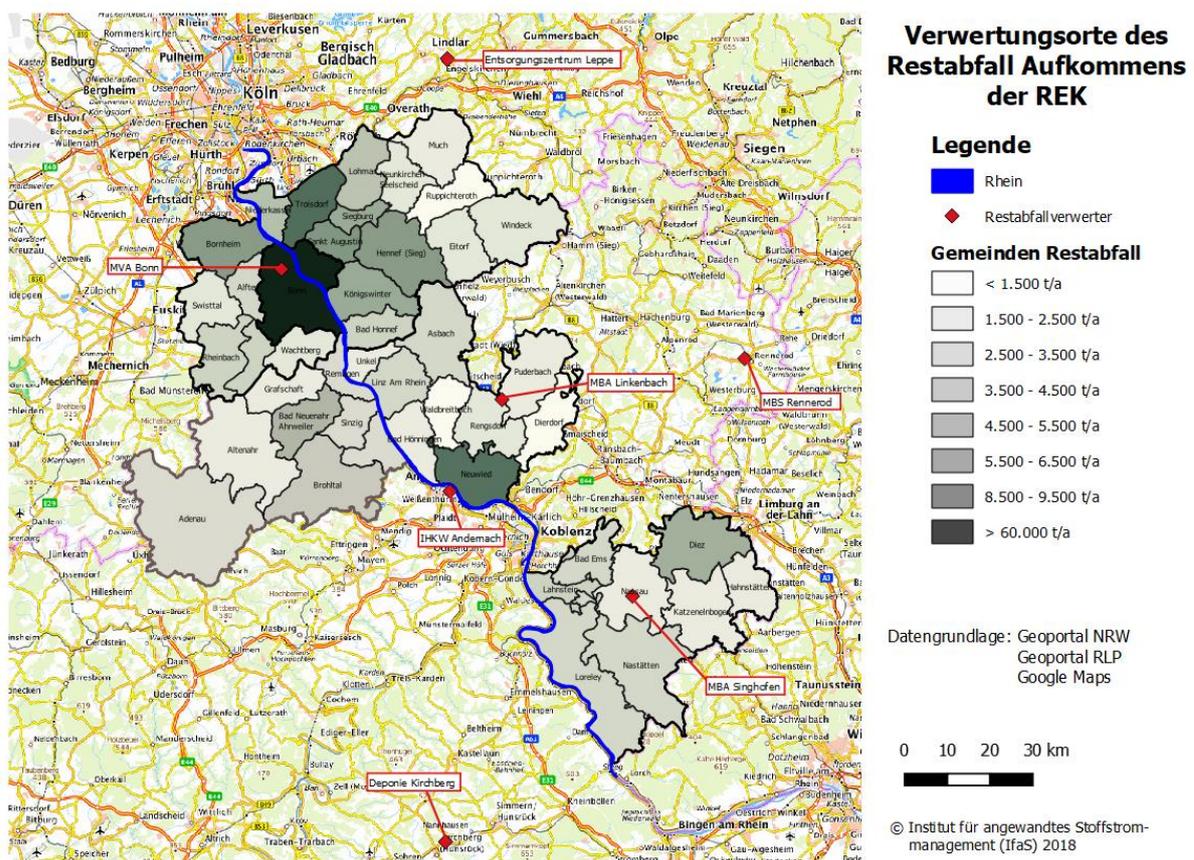


Abbildung 2-12: Restabfall-Aufkommen und Verwerter im REK-Gebiet, Massenaufkommen 2016

2.4.4 Papier, Pappe und Kartonage (PPK)

Die Gesamtmenge der PPK Erfassung im REK Gebiet betrug im Jahr 2016 ca. 109.000 t, wobei der Großteil im Rhein-Sieg-Kreis und der Stadt Bonn anfiel (ca. 68%). Während letztere Mengen in der Papiersortieranlage in Bonn behandelt werden, um höhere Erlöse durch Aus-sortierung der werthaltigen Fraktionen zu erzielen, schreiben die drei Rheinland-Pfälzischen Landkreise ihre Mengen unsortiert mit Preisgleitklausel aus (siehe Abbildung 2-14). Alle REK Mitglieder erfassen den Großteil des Altpapiers über die Papiertonne im Holsystem, wobei die Erfassungsmengen variieren. Im Vergleich mit den Einwohnerwerten des VKU Benchmark befinden sich der Rhein-Sieg-Kreis und Ahrweiler über dem Median von 80,9 kg/EW, während der Rhein-Lahn-Kreis und Neuwied knapp darunterliegen. Da die Stadt Bonn mit 74,6 kg/EW in 2016 auch die Obergrenze des VKU Benchmarks für Städte mit über 300.000 Einwohnern überschreitet, werden die erfassten Mengen am oberen Zielwert des Cluster 3 (Städte mit 100.000 - 300.000 Einwohner) gemessen.

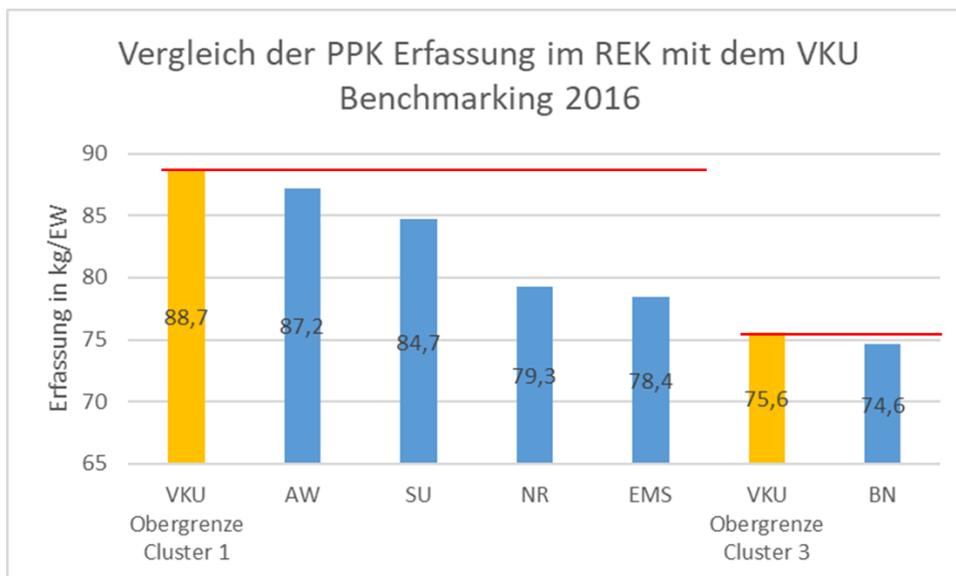


Abbildung 2-13: PPK-Erfassungsmengen der REK Mitglieder im Vergleich mit dem VKU Benchmark

In der Papiersortierung an der MVA Bonn wird der Großteil der Papiermengen aus dem Rhein-Sieg-Kreis und Bonn in vier Papiersorten sortiert (siehe dazu auch Abschnitt 3.1.4); die überschüssige Menge wird von der Umladestation Troisdorf aus unsortiert direkt abgesteuert. Die wertvollste Fraktion der Papiersortierung ist das Deinking-Papier (D39/1.11), welches mit 45 M.-% auch den Großteil des heraussortierten Altpapiers ausmacht. Dem Deinking Papier von der Zusammensetzung her ähnlich mit einem ebenfalls großen Anteil an grafischem Papier, Zeitungen und Illustrierten ist die Druckstempfraktion, die jedoch von geringerer Qualität ist und daher geringere Erlöse erzielt. Des Weiteren werden ca. 19% Kaufhauspapier, bestehend hauptsächlich aus Papier- und Kartonverpackungen, und 16% Mischpapier (B12/1.02)

aussortiert. Die Mengen aus Neuwied und Ahrweiler werden in der Nord-Westdeutsche Papierrohstoff GmbH in Mayen verwertet, wobei Ahrweiler Standortvorteile nutzen kann und daher auch die Möglichkeit der kurzfristigen Absteuerung hat. Der Verwertungsort der PPK-Mengen aus dem Rhein-Lahn-Kreis ist unbekannt, da die Siegrist GmbH aus Baden-Württemberg der Vertragspartner ist. Insgesamt geht der Großteil der REK Mengen nach Mayen in die Nord-Westdeutsche und zur Rhein-Papier GmbH in Hürth. Die Verwertungsorte zur Illustration des Transportaufwandes sind in Abbildung 2-15 ersichtlich.

Stoffstromanalyse PPK (REK)

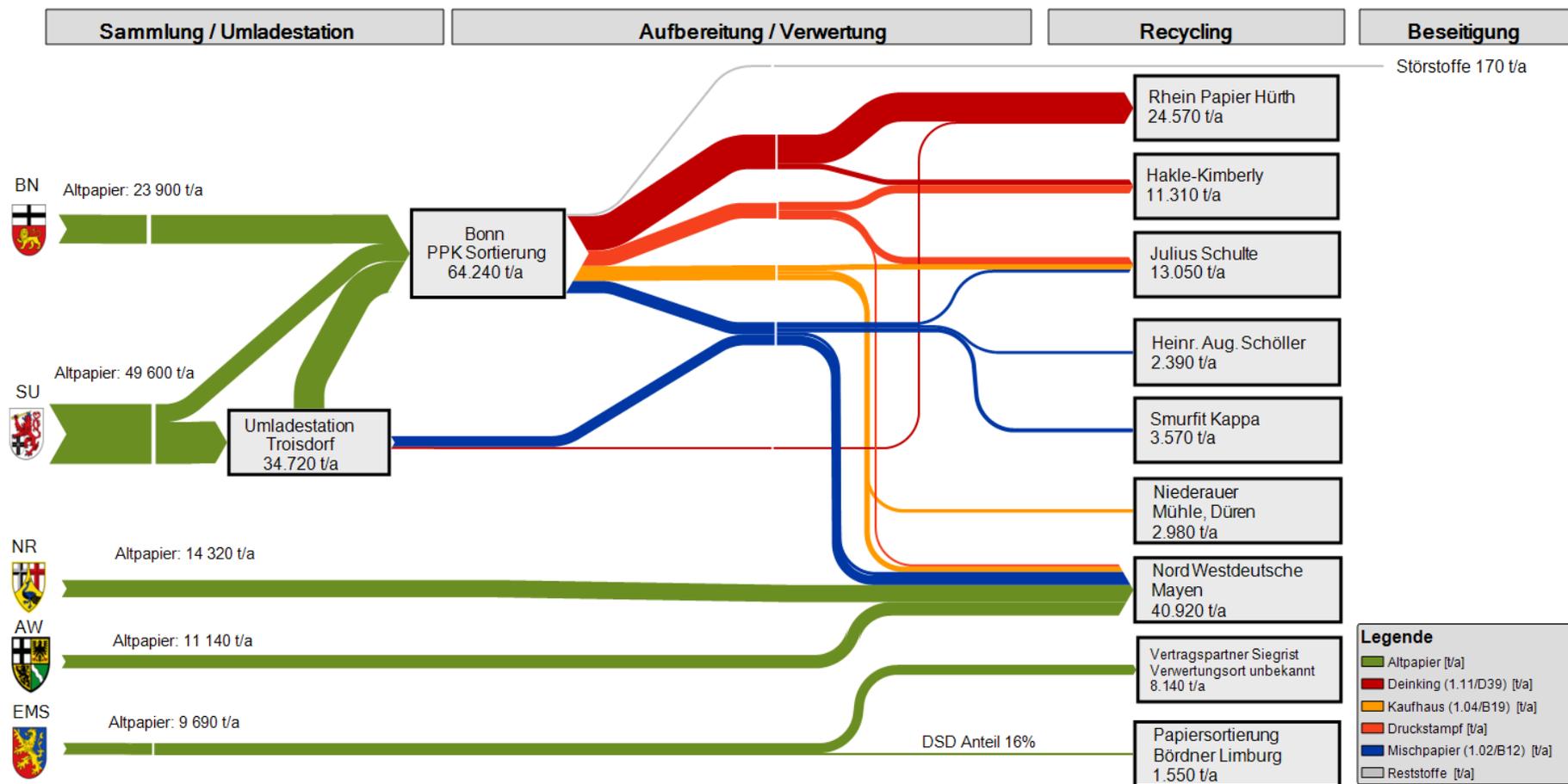


Abbildung 2-14: Erfassung und Verwertung PPK, Massenaufkommen 2016

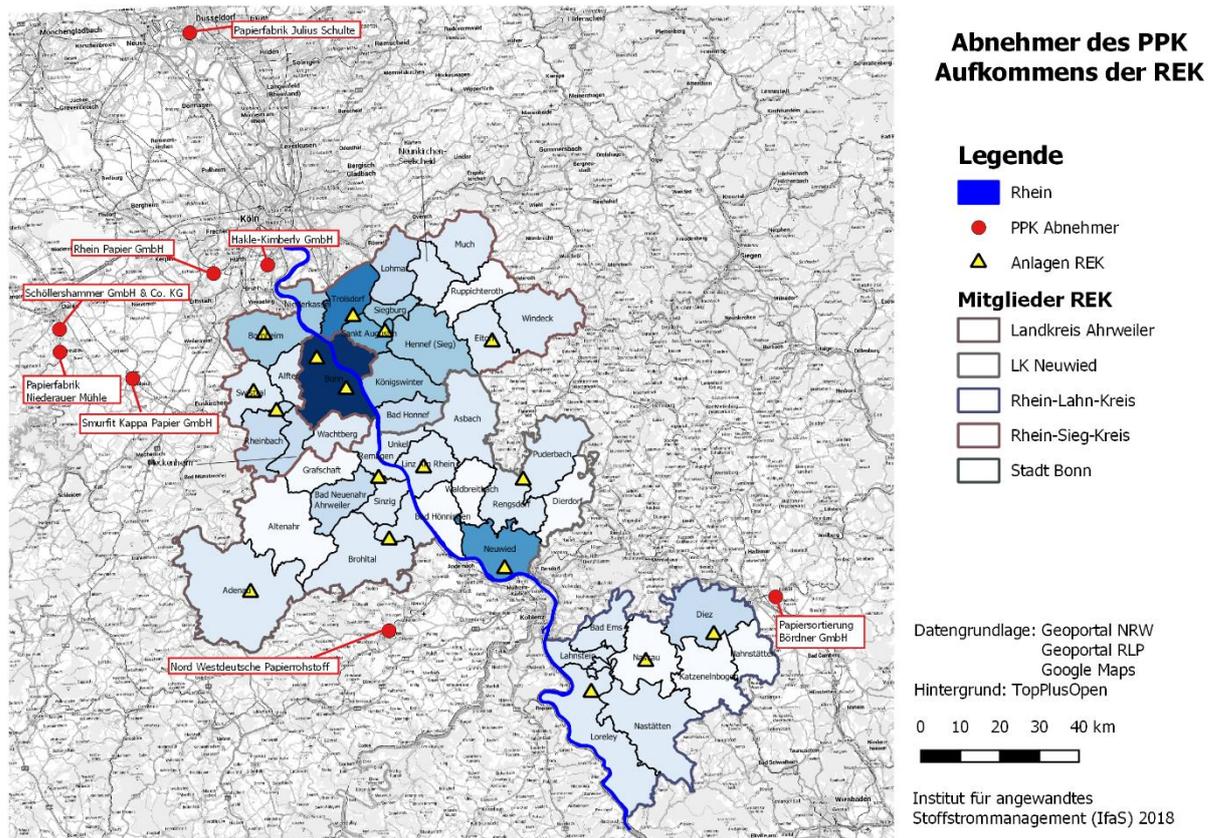


Abbildung 2-15: PPK-Aufkommen und Abnehmer, Massenaufkommen 2016

Aus wirtschaftlicher Sicht ist insbesondere die Preisentwicklung für die verschiedenen Papiersorten bzw. der Zeitpunkt des Vertragsabschlusses und daher die Basis der Preisgleitklausel entscheidend. Das Marktgeschehen kennzeichnet sich vor allem durch volatile Preise, die im Zeitraum 2015 bis 2017 bei den qualitativ weniger hochwertigen Sorten ausgeprägter waren als beim hochwertigeren Deinking Papier. Seit dem Importstopp Chinas zeigt sich allerdings, dass sich das Preisniveau der besseren Qualitäten (Deinking) stabilisiert, da diese Mengen bisher weiterhin nach China verschifft werden konnten.³⁷ Die Preisentwicklung der letzten drei Jahre zeigt zudem, dass wiederkehrend im Spätsommer (August/September) ein relativ hohes Preisniveau herrscht.

³⁷ Vgl. EUWID Recycling 2018.

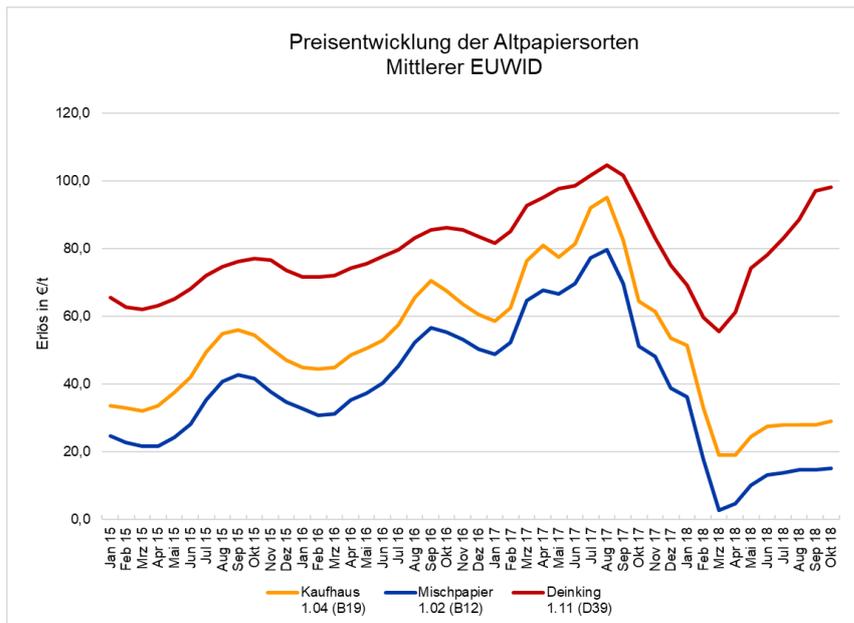


Abbildung 2-16: Preisentwicklung der gängigen Altpapiersorten

Zusätzlich gewinnt der Umgang mit Papierverpackungen an Bedeutung, da hier eine monetäre Vergütung bzw. Mengenherausgabe an die Systembetreiber gesetzlich vorgesehen ist. Mit Ausnahme des Rhein-Lahn-Kreises, der 15,9% des PPK Aufkommens als Papierverpackungen getrennt an Systembetreiber herausgibt, vergüten die restlichen Mitglieder die Systembetreiber monetär. Dabei schwankt der zu vergütende Massenanteil je öRE: Während Bonn und der Rhein-Sieg-Kreis 2016 15,1% als System-Anteil festlegten, lag dieser bei Neuwied bei 17,5% bzw. bei Ahrweiler am höchsten mit 18,1%. Um belastbarere Werte zu ermitteln, sollte bis Ende 2018 eine gemeinsame Papieranalyse seitens der Zweckverbandsmitglieder durchgeführt werden, Ergebnisse lagen zum Zeitpunkt der Berichterstattung noch nicht vor.

2.4.5 Sperrabfall und Altholz

Im Jahr 2016 betrug die Gesamtmenge des Sperrabfalls im REK-Gebiet ca. 51.000 t und die Altholzmenge aus getrennter Erfassung ca. 13.000 t. Dabei variiert die Erfassung, der Umgang und die Bilanzierung des Sperrabfalls und des Altholzes je Mitglied, weswegen beide Stoffströme zusammen behandelt werden. Während die vier Landkreise ein Holsystem auf Abruf haben, wird in der Stadt Bonn der Sperrabfall zu vier festen Terminen im Jahr abgeholt. Eine Umstellung dieses Systems ist jedoch angedacht, da 2018 ein Pilotversuch mit Abholung auf Abruf und Entrümpelungsservice durchgeführt wurde zur Optimierung der Sperrabfallerfassung³⁸. Bei allen REK Mitglieder ist zusätzlich auch die Abgabe des Sperrabfalls und Altholzes an den Wertstoffhöfen ganzjährig möglich.

³⁸ Vgl. Abfallwirtschaftskonzept Bonn 2017.

Ein weiterer Unterschied im Erfassungssystem ist die getrennte Erfassung von holzreichem Sperrabfall und Restsperrabfall im Landkreis Ahrweiler. In diesem System fahren zwei Pressmüllfahrzeuge separat, um die jeweilige Fraktion aufzunehmen. Der holzreiche Sperrabfall wird allerdings nicht im Sperrabfall bilanziert, sondern dem Altholz zugeschlagen. Im Gegensatz dazu wird in Bonn das getrennt erfasste Altholz an den Sammelstellen nicht dezidiert ausgewiesen, sondern im Sperrabfall bilanziert. Durch die unterschiedliche Erfassung und Bilanzierung ist eine Einordnung der spezifischen Sammelmenge je Einwohner im Vergleich zu den Landesdurchschnitten schwierig und wenig aussagekräftig.

Während der Landkreis Neuwied den erfassten Sperrabfall unsortiert abgibt, erfolgt in Singhofen eine stationäre Grobsortierung und in Troisdorf eine stationäre Vorsortierung der Mengen aus Bonn und dem Rhein-Sieg-Kreis. Bei letzterer werden durch einen Bagger die holzreiche Fraktion (71,1%), Matratzen (2%) und größere Kunststoffteile (0,1%) aussortiert, während der Rest in die MVA Bonn geht. Die Erfassung, Aufbereitung und Verwertungspfade der Mitglieder sind in nachfolgendem Sankey dargestellt.

Stoffstromanalyse Sperrabfall (REK)

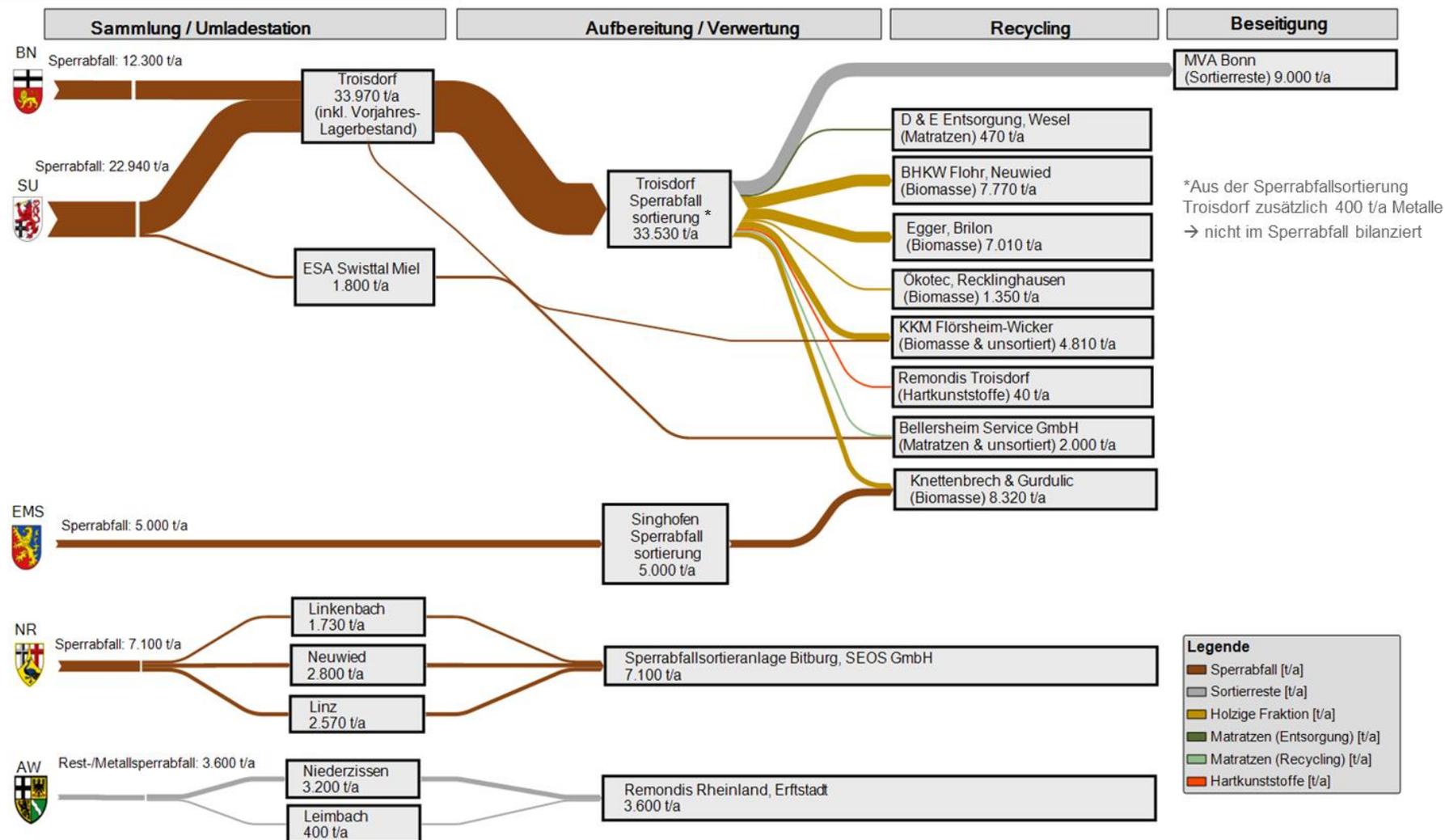


Abbildung 2-17: Erfassung und Verwertung Sperrabfall, Massenaufkommen 2016

Auch die Verwertungspfade und Vertragsmodalitäten unterscheiden sich je öRE. Das Mengenaufkommen je Gemeinde und die Orte der Verwertung sind in nachfolgender Grafik abgebildet und beziehen sich auf das Jahr 2016, lediglich der Verwertungsort des Restsperrabfalls aus Ahrweiler wurde angepasst (statt MBS Rennerod der neue Verwerter Remondis Erftstadt). Während die drei Rheinland-Pfälzischen Landkreise ihre Gesamtmengen ausschreiben über Vertragslaufzeiten von bis zu vier Jahren, erfolgt die Abstimmung der sortierten Fraktionen aus Troisdorf nach Jahresverträgen.

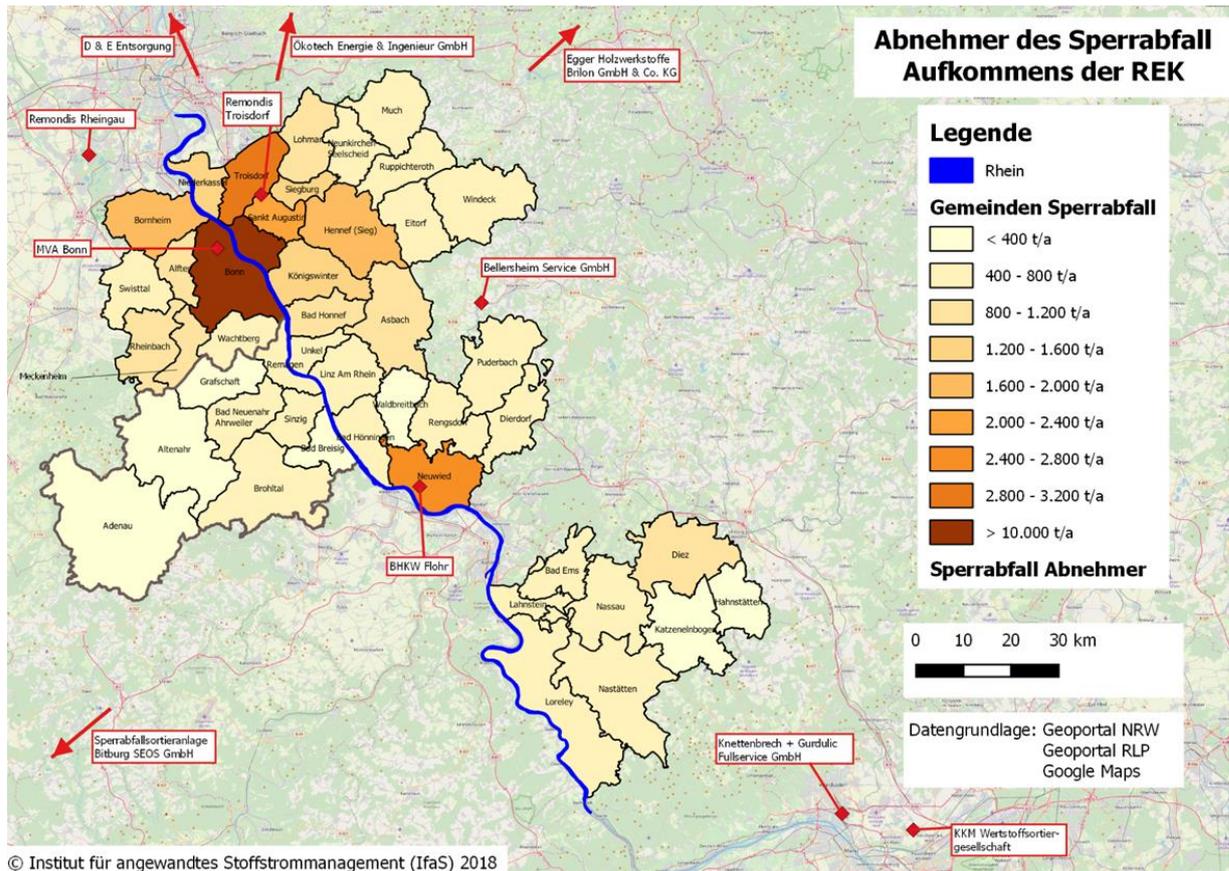


Abbildung 2-18: Sperrabfall-Aufkommen und Abnehmer, Massenaufkommen 2016

Die Verwertungsorte des Altholzes überschneiden sich teilweise mit denen des Sperrabfalls: Die ca. 3.400 t Altholz aus getrennter Erfassung gehen ebenfalls nach Bitburg, während die 1.900 t Altholz aus dem Rhein-Lahn-Kreis bei KKM in Flörsheim-Wicker thermisch verwertet werden. Der Großteil der Altholzmenge aus dem REK Gebiet; die 5.900 t aus dem Rhein-Sieg-Kreis, werden durch den Altholzverwerter Axel Schmitz GmbH & Co. KG in Stockum-Püschen aufbereitet und der weiteren Verwertung zugeführt.

2.4.6 Energie- und THG-Bilanz

Das Vorgehen zur Bestandsaufnahme der einzelnen, wesentlichen Stoffströme wurde in den vorangehenden Kapiteln ausführlich beschrieben und erläutert. Im Folgenden wird die Klimawirkung in Form einer Treibhausgasbilanz dargestellt. Dabei wird eine Betrachtung je Stoffstrom durchgeführt.

2.4.6.1 Methode zur Ermittlung der Klimawirkung

Die Bilanzierung der Klimawirkung in Form des Treibhauseffektes erfolgt auf Basis einer Lebenszyklusanalyse (auch Ökobilanz oder Life Cycle Assessment), die aus der Methode der Ökobilanzierung nach ISO 14040 für die Kreislaufwirtschaft im vorliegenden Betrachtungsgebiet abgeleitet wurde. Im Rahmen der zu ermittelnden THG-Bilanz (Treibhausgas-Bilanz) im vorliegenden Konzept kommen die folgenden methodischen Aspekte zum Tragen:

- Abweichend zur klassischen Lebenszyklusanalyse „von der Wiege bis zur Bahre“ wird die „Dienstleistung Abfallentsorgung“ für ausgewählte Stoffströme entlang ihres Nutzungspfades innerhalb der Betrachtungsgebiete Stadt Bonn, Rhein-Sieg-Kreis, Rhein-Lahn-Kreis, Landkreis Neuwied und Landkreis Ahrweiler bilanziert. Bilanzbeginn ist der Abfallverursacher (hier: die privaten Haushalte) mit der Erzeugung der entsprechenden Abfallfraktion in bestimmter Menge im Betrachtungsjahr 2016.
- Das Vorleben des Abfalls hat für die Dienstleistung der Abfallentsorgung keine Bedeutung, die Herstellungskette der ursprünglichen Produkte bleibt daher im Rahmen der THG-Bilanzierung unberücksichtigt. Auch das individuelle Nutzerverhalten wird nicht mitbetrachtet.
- Es werden keine Abfallbehandlungsanlagen (MVA/MBA) bilanziert, sondern es wird untersucht, wie sich der jeweilige Stoffstrom in einer Anlage bzw. einem Behandlungsverfahren hinsichtlich der Treibhausgaswirkungen darstellt.
- Alle derzeitigen Emissionsbe- und Emissionsentlastungen, die durch die Entsorgung/Verwertung einer Tonne des jeweilig betrachteten Stoffstroms ausgelöst werden, werden in der Bilanzierung der im Bezugsjahr 2016 betrachteten Menge zugeordnet. Es wird dabei die anlagenspezifische Verwertung/Behandlung bezogen auf die Inputmenge des Betrachtungsgebietes berücksichtigt.
- Die Bilanzierung in der Kreislaufwirtschaft im vorliegenden Konzept betrachtet neben einer direkten thermischen Entsorgung oder Deponierung, auch die Erzeugung von Sekundärprodukten, wie z. B. EBS. Die Sekundärprodukte werden als Gutschrift berücksichtigt und bilden somit den erzeugten Nutzen ab.
- Der Fokus zur Bilanzierung der Klimawirkung im vorliegenden Konzept wurde bewusst nur auf die Wirkungskategorie „Treibhauseffekt“ gelegt. Bilanziert werden die relevanten Treib-

hausgase CO₂, CH₄ sowie N₂O. Diese werden als CO₂-Äquivalente³⁹ (CO₂e) ausgewiesen. Die verwendeten Emissionsfaktoren stammen aus dem Globalen Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS) in der Version 4.95 und berücksichtigen auch die Vorketten z. B. aus der Anlagenproduktion oder der Brennstoffbereitstellung.

- Bilanziert werden die betrachteten Stoffströme mittels Gutschriftenmethode. Dabei wird der aus der Dienstleistung Abfallentsorgung resultierende Nutzen, wie z. B. erzeugte Energie oder Sekundärprodukte, den dadurch ersetzten Primärprodukten bzw. konventionell erzeugte Energie gegenübergestellt. In der Folge ergeben sich für jeden betrachteten Stoffstrom Emissionsbe- und Emissionsentlastungen entlang des jeweils spezifischen Nutzungspfades innerhalb der Dienstleistung Abfallentsorgung.
- Zur Anrechnung der erzeugten Energie, z. B. aus der MVA Bonn, wird davon ausgegangen, dass ausschließlich fossile Energieträger ersetzt werden und keinesfalls erneuerbare oder Atomenergie. Dieser Ansatz steht im Zusammenhang mit den Zielen zur Energieerzeugung, u.a. der Ausbau erneuerbarer Energieträger, Ausstiegsbeschluss Atomenergie oder der geplante Kohleausstieg.
- Bei energetischer Verwertung wird nur der biogene Kohlenstoff-Anteil (C-Anteil) als Strom-/Wärmegutschrift bilanziert. Hintergrund ist, dass Heizwert und fossiler Kohlenstoffgehalt der unterschiedlichen Stoffströme, die wesentlichen Kenndaten zur Ermittlung der THG-Emissionen bilden. Organik, PPK und Holz sind die Stoffströme mit 100% biogenem C-Anteil. Über den spez. Heizwert der zuvor genannten Stoffströme sowie ihr Anteil im Hausabfall, lässt sich ein biogener Anteil am Heizwert des Restmülls bestimmen. Bei der Bestimmung der THG-Emissionen unter Berücksichtigung des biogenen Anteils, wird nur der erneuerbare Anteil „gut geschrieben“. Der biogene Anteil bildet aus Sicht der THG-Bilanz eine wesentliche Grundlage zur Einschätzung der Optimierungsmaßnahmen, in denen der Hausabfall in seiner Zusammensetzung verändert wird, z. B. durch eine gesteigerte getrennte Erfassung von trockenen Wertstoffen und Organik.

Im Ergebnis stellt die THG-Bilanz für das Bezugsjahr 2016 die CO₂-Äquivalente über die Nutzungspfade der ausgewählten Stoffströme dar. Grundsätzlich sind die Ergebnisse entsprechend dem gewählten Ansatz als Ergebnisse für den jeweiligen Stoffstrom zu verstehen, d.h. sie zeigen nicht die Leistung einer Behandlungsanlage, sondern die Auswirkungen, die sich durch die Behandlung eines bestimmten Stoffstroms, wie z. B. Restmüll, in dieser Behandlungsanlage ergeben. Das Vorgehen der Bilanzierung je Stoffstrom ist erforderlich, um Optimierungspotenziale für eine klimafreundliche Kreislaufwirtschaft ermitteln zu können, da sich diese in erster Linie an den Behandlungsmöglichkeiten des jeweiligen Stoffstroms bemessen.

³⁹ N₂O und CH₄ wurden in CO₂-Äquivalente umgerechnet (Vgl. IPCC 2007: S. 36.)

2.4.6.2 THG-Bilanz der wesentlichen Stoffströme 2016

Insgesamt wurden im Rahmen der Ist-Analyse vier relevante Stoffströme identifiziert, für die eine THG-Bilanz erstellt wurde. Auswahlkriterien für die vier Stoffströme waren deren Mengenrelevanz, deren potenzieller Beitrag zum Klimaschutz sowie die Zuständigkeit beim öRE. Bei den vier relevanten Stoffströmen handelt es sich um Restabfall, Biogut, Grüngut und PPK, deren THG-Bilanzierung im Folgenden beschrieben wird.

Restabfall

Der Stoffstrom Restabfall beinhaltet in der vorliegenden Betrachtung die überlassungspflichtigen Siedlungsabfälle aus den Haushalten. Gewerbeabfälle werden nicht mit betrachtet. Im Betrachtungsjahr 2016 konnte für diesen Stoffstrom eine Menge in Höhe von 197.996 t innerhalb des Betrachtungsgebietes erfasst werden, die anschließend über drei Müllverbrennungs-/Müllbehandlungsanlagen (MVA Bonn, MBA Singhofen, MBA Linkenbach) entsorgt/verwertet wurde. Das Ergebnis zum Verbleib sowie eine Zusammenfassung der wesentlichen Kenndaten zur Berechnung der THG-Bilanz zeigt folgende Übersicht:

Kurzsteckbrief Restabfall		Quelle
Erfassungsmenge 2016:	197.996 t	Abfrage beim Auftraggeber
Verbleib:	80% MVA Bonn 11% MBA Singhofen 9% MBA Linkenbach	Abfrage beim Auftraggeber
Kenndaten:	Heizwert (H_i) Restabfall: 10 MJ/kg Biogener C-Anteil Restabfall: 27,9% Biogener C-Anteil EBS: 50%	Martin Kranert 2010 Berechnet Martin Kranert 2008

Abbildung 2-19: Kurzsteckbrief Restabfall

Zur Ermittlung der THG-Bilanz des Restabfalls wurden folgende Positionen Berücksichtigt:

Anlagenbetrieb: Diese Position umfasst die THG-Belastungen aus dem Energieeinsatz (Strom, Erdgas, Flüssiggas, Diesel) in MVA/MBA.

Metallaufbereitung: Die Metallaufbereitung umfasst die THG-Belastung, die mit der Aufbereitung der abgetrennten FE- und NE-Metalle einhergeht.

Sammlung & Transport: Diese Position umfasst die THG-Belastung aus der Sammlung des Restabfalls sowie aus weiteren Transportaufwendungen, wie z. B. die Verbringung zu verschiedenen Umschlagplätzen oder der Transport von den Umschlagplätzen zur MVA/MBA. Auch enthalten ist bei den Transportaufwendungen der Nachtransport der Reststoffe aus der MVA.

Metallrecycling: Das Metallrecycling umfasst die Verwertung der abgetrennten Eisen (FE)- und Nichteisen (NE)-Metalle aus den MBA und der MVA-Schlacke-Aufbereitung. Eine Gutschrift erfolgt an dieser Stelle nur für den Metallanteil, der vermarktet wird.

Strom und Wärme: diese beiden Positionen umfassen die substituierten THG-Emissionen durch die Energieerzeugung in der MVA Bonn, die wiederum im HKW Nord der Stadtwerke Bonn in die Stromerzeugung und das Nahwärmenetz integriert werden, sowie durch die EBS-Verbrennung in EBS-Kraftwerken. Zur Ermittlung der Strom- und Wärmesubstitution aus der MVA wurden die Angaben zu den Leistungsdaten des HKW Nord der Stadtwerke Bonn zugrunde gelegt. Die erzeugte Energie der MVA wird an die Stadtwerke Bonn abgegeben und im HKW Nord in die Stromerzeugung und das Nahwärmenetz integriert. Zur Ermittlung der Substitution aus der EBS-Verbrennung wurde als Referenzkraftwerk das IHKW Andernach zugrunde gelegt.

Die spezifischen Ergebnisse der THG-Bilanz pro Tonne Restabfall im Jahr 2016 stellt sich in nachfolgender Abbildung dar. Die Behandlung des Restabfalls ist dabei mit THG-Belastungen verbunden. Diese sind mit Balken nach rechts abgebildet. Die Verwertung des Restabfalls bzw. die erzeugten Sekundärprodukte (EBS, Metalle) führen dagegen zu THG-Entlastungen durch Substitution fossiler Energie bzw. Substitution von Primärprodukten oder -prozessen. Diese THG-Gutschriften sind mit Balken nach links abgebildet. Am Ende werden die THG-Belastungen und die THG-Gutschriften miteinander verrechnet. So ergibt sich dann das Netto-Ergebnis in Form der abgebildeten, einfarbigen Säule.

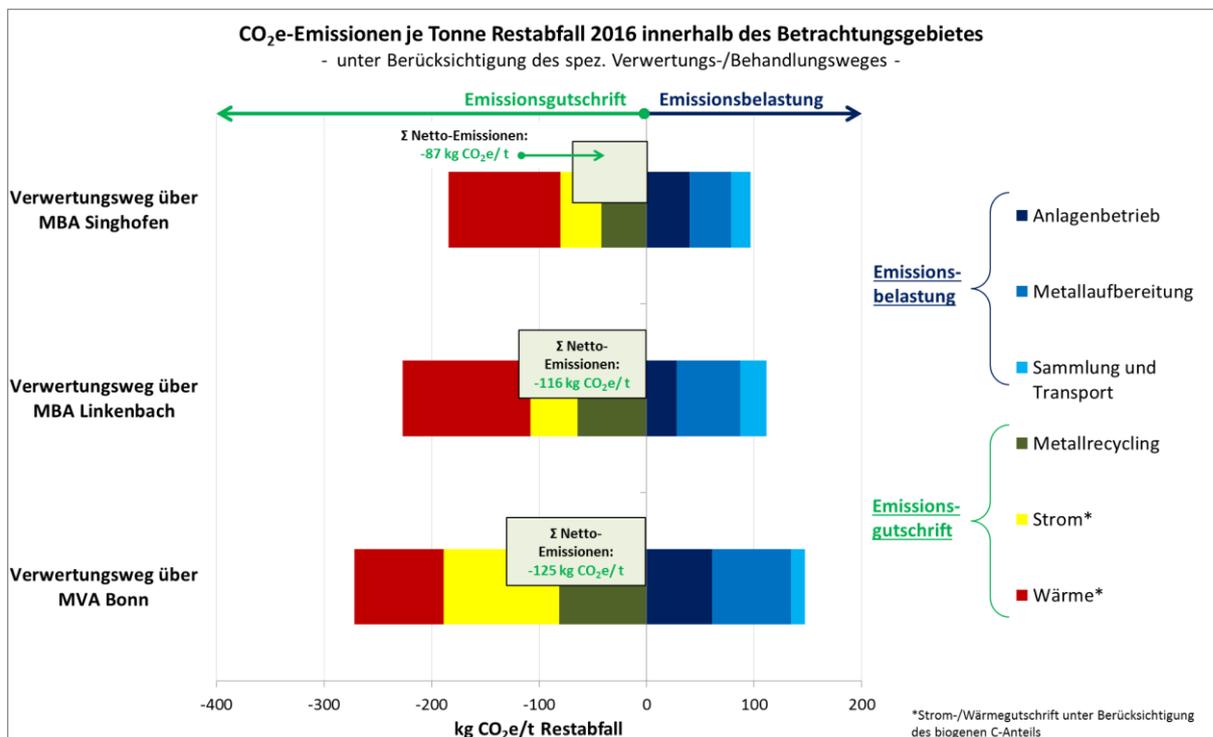


Abbildung 2-20: THG-Bilanz Restabfall 2016

Obenstehende Abbildung zeigt, dass alle Behandlungsverfahren eine Nettoentlastung aufweisen. Die THG-Entlastungen sind umso höher, je mehr Energie zur Strom- und Wärmeerzeugung nutzbar gemacht wird und umso mehr EBS in die Mitverbrennung geht. Gleichzeitig zeigt sich, dass die THG-Belastungen aus Sammlung und Transport eher von untergeordneter Bedeutung sind.

Hochgerechnet auf die betrachtete Gesamtmenge an Restabfall im vorliegenden Betrachtungsgebiet der REK sowie deren Verbleib, ergibt sich für das Jahr 2016 eine Nettoentlastung von insgesamt rund **23.700 t CO₂e**.

Biogut

Der Stoffstrom Biogut umfasst in der folgenden Betrachtung die über die Biotonne sortenrein erfassten organischen Küchen- und Gartenabfälle. Im Betrachtungsjahr 2016 konnte für diesen Stoffstrom eine Menge in Höhe von 150.173 t innerhalb des Betrachtungsgebietes erfasst werden, die anschließend an verschiedenen Standorten behandelt/verwertet wird. Das Ergebnis zum Verbleib sowie eine Zusammenfassung der wesentlichen Kenndaten zur Berechnung der THG-Bilanz zeigt folgende Übersicht:

Kurzsteckbrief Biogut		Quelle
Erfassungsmenge 2016:	150.173 t	Abfrage beim Auftraggeber
Verbleib:	32% KRS Swisttal-Miel 31% BA Singhofen 15% KRS St. Augustin 8% KRS Swisttal-Müttinghofen 8% BKW Neuwied 6% Externe Verwertung	Abfrage beim Auftraggeber
Kenndaten:	Nährstoffgehalt N: 15,5 kg/tFM Nährstoffgehalt P: 6,7 kg/tFM Nährstoffgehalt K: 13,4 kg/tFM Heizwert Biogut aus BA: 1,6 MWh/t Heizwert Grüngut: 3,5 MWh/t Biogener C-Anteil Biogut: 60%	Prüfzeugnis Fertigkompost mittelkörnig der KRS St. Augustin Berechnet in Anlehnung an Vortrag Dr. Ketelsen 2011 Berechnet Martin Kranert 2008

Abbildung 2-21: Kurzsteckbrief Biogut

Zur Ermittlung der THG-Bilanz des Stoffstroms Biogut wurden folgende Positionen berücksichtigt:

Anlagenbetrieb: Diese Position umfasst die THG-Belastungen aus dem Energieeinsatz (Strom, Erdgas, Flüssiggas, Diesel) in der BA Singhofen, den Kompostwerken sowie des BKW Neuwied. Für die BA Singhofen sowie für die Kompostwerke Swisttal-Miel, St. Augustin und Swisttal-Müttinghoven lagen reale Anlagendaten vor, die mittels Abfrage beim Auftraggeber erhoben wurden. Für das BKW Neuwied lagen keine realen Daten vor. Aus diesem Grund wurden in Annahmen zum Anlagenbetrieb in Anlehnung an den Energieverbrauch der Kompostwerke getroffen.

Metallaufbereitung: Die Metallaufbereitung umfasst die THG-Belastung, die mit der Aufbereitung der FE-Metalle aus der BA Singhofen einhergeht.

Kompostierung: Die THG-Belastung durch Kompostierung entsteht durch die Nachkompostierung (Nachrotte) des Feinkorns aus der BA. Damit verbunden sind geringe Lachgas- (N_2O) und Methanemissionen (CH_4). Die Emissionsfaktoren wurden aus der Studie des Umweltbundesamt (UBA) zur Ermittlung der Emissionssituation bei der Verwertung von Bioabfällen⁴⁰ entnommen.

Sammlung & Transport: Diese Position umfasst die THG-Belastung aus der Sammlung des Bioguts sowie aus weiteren Transportaufwendungen, wie z. B. die Verbringung zu verschiedenen Umschlagplätzen und der weitere Transport von den Umschlagplätzen zum finalen Ort der Behandlung/Verwertung.

Metallrecycling: Das Metallrecycling umfasst die Verwertung der abgetrennten FE-Metalle aus der BA Singhofen.

Strom & Wärme: diese beiden Positionen umfassen die substituierten THG-Emissionen aus der energetischen Verwertung. Die energetische Verwertung der BA Singhofen stellt sich so dar, dass das Grobkorn aus der BA zum Biomassekraftwerk Flörsheim-Wicker verbracht und dort verstromt wird. Zur Ermittlung der Stromsubstitution aus der BA Singhofen wurden die Angaben zu den Leistungsdaten des Biomassekraftwerks (BMKW) Flörsheim-Wicker zugrunde gelegt. Strom- und Wärmesubstitution bei den Kompostwerken ergibt sich aus der Menge, die zur energetischen Verwertung in die MVA Bonn geht. Die Verwertung über die MVA Bonn führt im Ergebnis zu THG-Entlastungen durch Gutschriften für Strom und Nutzwärme. Da für das BKW Neuwied keine spezifischen Anlagendaten vorlagen, wurde eine Mengenaufteilung in Anlehnung an die Kompostwerke vorgenommen. Bilanzseitig werden die Mengen analog zu den der Kompostwerke betrachtet, mit gleichem Verwertungsweg.

Düngemittelsubstitution: Für die Anwendung des Kompostes auf Basis der im Kurzsteckbrief Biogut genannten Nährstoffgehalte wurde die Substitution von Mineraldünger angerechnet.

⁴⁰ Vgl. UBA 2015.

Die spezifischen Ergebnisse der THG-Bilanz pro Tonne Biogut im Jahr 2016 zeigt die folgende Abbildung:

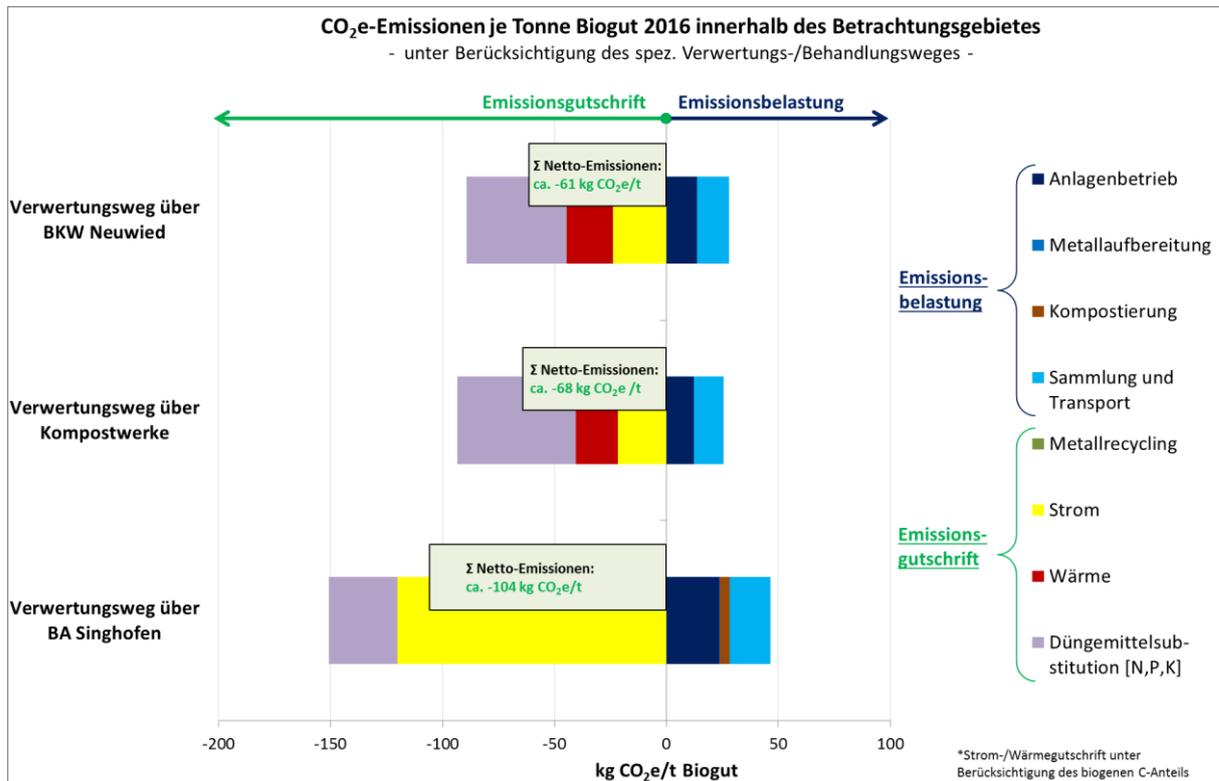


Abbildung 2-22: THG-Bilanz Biogut 2016

Obenstehende Abbildung zeigt, dass alle Verwertungswege des Bioguts eine Nettoentlastung aufweisen. Die THG-Entlastungen sind umso höher, je mehr Biogut in die energetische Verwertung geht und je mehr der erzeugte Kompost angewendet wird. Gleichzeitig zeigt sich, dass die THG-Belastungen aus Anlagenbetrieb sowie Sammlung und Transport eher von untergeordneter Bedeutung sind.

Hochgerechnet auf die erfasste Gesamtmenge Biogut im vorliegenden Betrachtungsgebiet der REK sowie deren Verbleib, ergibt sich für das Jahr 2016 eine Nettoentlastung von insgesamt rund **11.800 t CO₂e**.

Grüngut

Der Stoffstrom Grüngut umfasst in der folgenden Betrachtung die Park- und Gartenabfälle, die im Bringsystem und teilweise auch im Holsystem (LK Ahrweiler und LK Neuwied) gesammelt werden. Im Betrachtungsjahr 2016 konnte für diesen Stoffstrom eine Menge in Höhe von 51.251 t innerhalb des Betrachtungsgebietes erfasst werden, die anschließend an verschiedenen Standorten behandelt/verwertet wird. Das Ergebnis zum Verbleib sowie eine Zusammenfassung der wesentlichen Kenndaten zur Berechnung der THG-Bilanz zeigt folgende Übersicht:

Kurzsteckbrief Grüngut		Quelle
Erfassungsmenge 2016:	51.251 t	Abfrage beim Auftraggeber
Verbleib:	31% KRS Swisttal-Müttighofen 31% Wachtberg Kompost 11% BMKW Flohr 9% NaBrOh GmbH 9% UKEA Dachshausen 6% Externe verwertung 2% KRS St. Augustin 1% KRS Swisttal Miel	Abfrage beim Auftraggeber
Kenndaten:	Nährstoffgehalt N: 8,2 kg/tFM Nährstoffgehalt P: 3,9 kg/tFM Nährstoffgehalt K: 6,9 kg/tFM Heizwert Grüngut: 3,5 MWh/t Biogener C-Anteil Grüngut: 100%	Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. 2011 Berechnet

Abbildung 2-23: Kurzsteckbrief Grüngut

Zur Ermittlung der THG-Bilanz des Stoffstroms Grüngut wurden folgende Positionen Berücksichtigt:

Anlagenbetrieb: Diese Position umfasst die THG-Belastungen aus dem Energieeinsatz (Strom, Flüssiggas, Diesel) in den Kompostwerken sowie des Biomassekraftwerks Flohr. Für die Kompostwerke Swisttal-Miel, St. Augustin und Swisttal-Müttinghoven lagen reale Anlagen-daten vor, die mittels Abfrage beim Auftraggeber erhoben wurden. Für alle anderen Standorte wurden Annahmen zum Anlagenbetrieb in Anlehnung an den Energieverbrauch der Kompost-werke getroffen.

Kompostierung: Die THG-Belastung entsteht durch die offene Kompostierung an verschiedenen Standorten. Damit verbunden sind Lachgas- (N_2O) und Methanemissionen (CH_4). Die Emissionsfaktoren wurden aus dem Nationalen Emissionsinventar für Deutschland 2016 für die Kompostierung von Grüngut⁴¹ entnommen.

⁴¹ Vgl. UBA 2016

Sammlung & Transport: Diese Position umfasst die THG-Belastung aus der Sammlung des Grüngutes sowie aus Transportaufwendungen für die Anlieferung. Für die Sammlung im Holzsystem lagen Realdaten der RSAG sowie aus Neuwied vor. Für die Anlieferung wurde eine durchschnittliche Transportentfernung zur Kompostierungsanlage von 40 km/t angesetzt.⁴²

Strom & Wärme: diese beiden Positionen umfassen die substituierten THG-Emissionen aus der energetischen Verwertung. Eine Strom- und Wärmesubstitution bei den Kompostwerken ergibt sich aus der Menge, die als Brennstoffsubstitut energetisch verwertet wird.

Düngemittelsubstitution: Für die Anwendung des Kompostes auf Basis der im Kurzsteckbrief Grüngut genannten Nährstoffgehalte wurde die Substitution von Mineraldünger angerechnet.

Die spezifischen Ergebnisse der THG-Bilanz pro Tonne Grüngut im Jahr 2016 zeigt die folgende Abbildung:

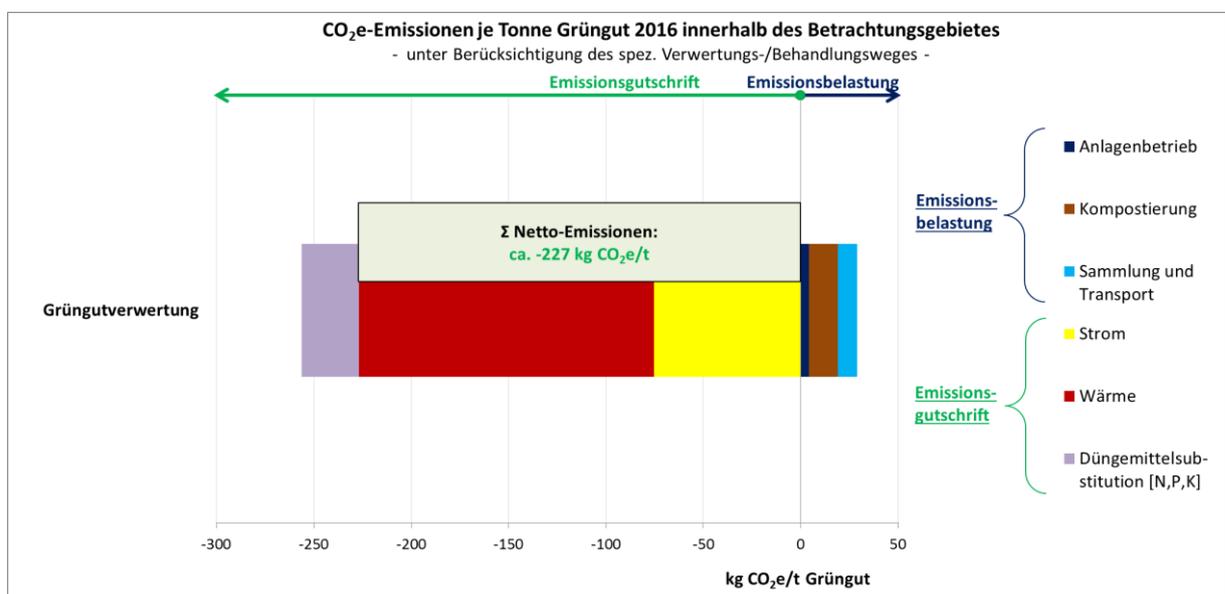


Abbildung 2-24: THG-Bilanz Grüngut 2016

Obenstehende Abbildung zeigt, dass der Verwertungsweg des Grüngutes in Summe eine Nettoentlastung aufweist. Die hohen THG-Entlastungen kommen dadurch zustande, dass eine große Menge Brennstoffsubstitute in die energetische Verwertung gehen. Es zeigt sich auch, dass die THG-Belastungen aus Anlagenbetrieb, Sammlung und Transport sowie der offenen Kompostierung eher von untergeordneter Bedeutung sind.

Hochgerechnet auf die erfasste Gesamtmenge Grüngut im vorliegenden Betrachtungsgebiet der REK sowie deren Verbleib, ergibt sich für das Jahr 2016 eine Nettoentlastung von insgesamt rund **11.600 t CO₂e**.

⁴² Vgl. IFEU 2011

PPK

Der Stoffstrom Papier/Pappe/Kartonnagen umfasst in der folgenden Betrachtung das gesammelte Altpapier innerhalb des Betrachtungsgebietes. Im Betrachtungsjahr 2016 konnte für diesen Stoffstrom eine Menge in Höhe von 108.695 t erfasst werden, die anschließend an verschiedenen Standorten recycelt wird. Das Ergebnis zum Verbleib sowie eine Zusammenfassung der wesentlichen Kenndaten zur Berechnung der THG-Bilanz zeigt folgende Übersicht:

Kurzsteckbrief PPK		Quelle
Erfassungsmenge 2016:	108.695 t	Abfrage beim Auftraggeber
Verbleib:	45% Nord Westdeutsche Mayen 23% Rhein Papier Hürth 12% Julius Schulte 10% Hakle-Kimberly 3% Smurfit Kappa 3% Niederauer Mühle Düren 2% Heinrich Aug. Schöller 2% Papiersortierung Bördner Limburg	Abfrage beim Auftraggeber
Kenndaten:	Emissionsfaktor: -732 kg CO ₂ e/t [gängiger Verwertungsweg]	Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz RLP

Abbildung 2-25: Kurzsteckbrief PPK

Die Ermittlung der THG-Bilanz für den Stoffstrom PPK erfolgt an dieser Stelle über den Nutzungspfad anhand des gängigen Verwertungsweges.⁴³ Im Durchschnitt gelangt Altpapier in Deutschland üblicherweise nach Sortierung direkt zur Verwertung in Papierfabriken, wo das Altpapier unter Einsatz von Hilfsstoffen und Energie zu Altpapierfasern aufbereitet wird. Als Abfälle fallen daraus Spuckstoffe und Papierschlämme an. Die Spuckstoffe werden dabei in MVAs verbrannt, Papierschlämme meist in Kohlekraftwerken. Für die Emissionsgutschrift wird von einer Verwertung und Neufasersubstitution ausgegangen. Weiterhin wird beim gängigen Verwertungsweg davon ausgegangen, dass ein hoher Nutzungsdruck auf Holz besteht und die stoffliche Nutzung von Altholz dazu führt, dass dadurch geschontes Holz für die Energieerzeugung eingesetzt werden kann. Des Weiteren ist im Rahmen der Emissionsgutschrift über einen technischen Substitutionsfaktor berücksichtigt, dass die Sekundärfasern aus Altpapier

⁴³ Vgl. Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz o.J.

eine etwas geringere Qualität gegenüber Primärfasern aufweisen. Zusammengefasst berücksichtigt der gängige Verwertungsweg für PPK im Rahmen der THG-Bilanzierung folgende Positionen:

- Spuckstoffe werden in MHKWs verbrannt
- Die Papierschlämme werden als EBS genutzt
- Ersatz von Neufasern
- Die Holzschonung wird mit betrachtet
- Die Effektivität des Recyclingprozesses wird gewertet.

Unter Berücksichtigung aller zuvor genannten Positionen ergibt sich für den gängigen Verwertungsweg ein Emissionsfaktor in Höhe von $-732 \text{ kg CO}_2\text{e/t}$, was in der Folge eine Emissionsentlastung bedeutet.

Hochgerechnet auf die gesamte Erfassungsmenge PPK im vorliegenden Betrachtungsgebiet der REK sowie deren Verbleib, ergibt sich für das Jahr 2016 eine Nettoentlastung von insgesamt rund **79.600 t CO₂e**.

2.4.6.3 Zusammenfassung Gesamtbilanz

Insgesamt wurde mit den vier untersuchten, relevanten Stoffströmen für das Betrachtungsgebiet der REK im Jahr 2016 eine Menge von rund 508.000 t erfasst. Den größten Anteil an dieser Menge hat der Restabfall mit rund 39%, gefolgt vom Stoffstrom Biogut mit einem Anteil von ca. 30%. Auf den Stoffstrom PPK entfallen rund 21%, während Grüngut einen Anteil von rund 10% an der gesamten Erfassungsmenge der relevanten Stoffströme aufweist.

Das Ergebnis der Bestandsaufnahme hinsichtlich des Verbleibs und der THG-Bilanzen für die vier betrachtete, relevanten Stoffströme zeigt folgende Abbildung:

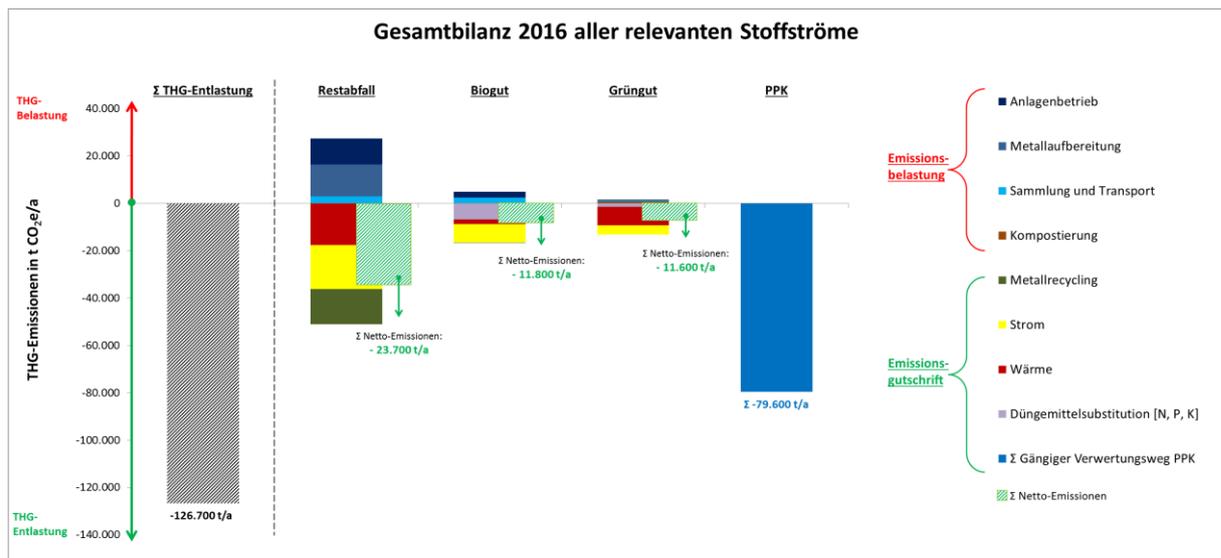


Abbildung 2-26: Ergebnis Gesamtbilanz 2016

Das Ergebnis in obenstehender Abbildung ist als absolutes Nettoergebnis dargestellt. Das negative Vorzeichen steht für eine Nettoentlastung. Es zeigt sich, dass die Verwertung der vier betrachteten Stoffströme bereits in der Bestandsaufnahme für das Betrachtungsjahr 2016 einen Beitrag zum Klimaschutz bewirkt.

3 Potenzialanalyse

Die Potenziale zur klimafreundlichen Abfallentsorgung lassen sich entlang der fünfstufigen Abfallhierarchie des KrWG identifizieren.

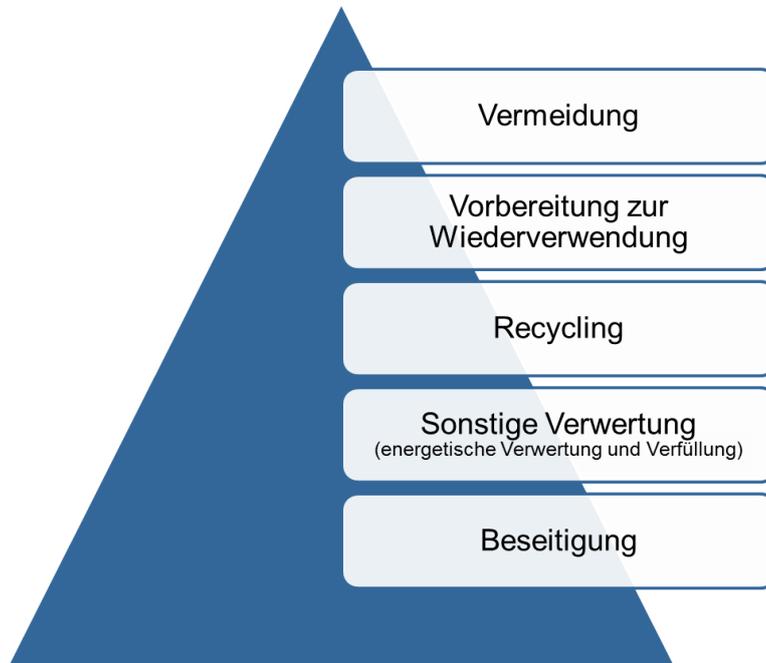


Abbildung 3-1: Abfallhierarchie nach § 6 KrWG

Die vorliegende Untersuchung umfasst als kommunales Klimaschutzteilkonzept in erster Linie die Potenziale aus dem Bereich der überlassungspflichtigen Abfallströme im Zugriff des öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgers (örE).

Obwohl die Abfallvermeidung zu Beginn der Hierarchie steht und das erste Stellglied in einer klimafreundlichen Kreislaufwirtschaft darstellt, lassen sich die Potenziale nur überschlägig im Sinne von qualitativen und teilweise quantitativen Zieldefinitionen ermitteln. Der direkte Handlungsspielraum der örE zur Erschließung der Abfallvermeidungs- und auch Recycling-Potenziale beschränkt sich i. d. R. auf Öffentlichkeitsarbeit sowie auf die Unterstützung von lokalen Strukturen und Initiativen. Die einflussstarken Aktivitäten finden auf der überörtlichen Ebene statt, z. B. im Rahmen des „Abfallvermeidungsprogramms des Bundes unter Beteiligung der Länder“ sowie europäischer Initiativen zur Abfallvermeidung.

Das vorliegende Klimaschutzteilkonzept setzt insbesondere bei der Verbesserung des Recyclings und der Verwertung, also der 3. und 4. Stufe der Abfallhierarchie an. Dabei stehen insbesondere die Stoffströme des Bioabfalls, des überlassungspflichtigen Restabfalls sowie des Sperrabfalls und des Altholzes im Fokus, da dort für die örE und den REK der größte Hebel zur Einsparung von Treibhausgasemissionen anzusetzen ist.

Ein weiteres Handlungsfeld zur Verbesserung des Klimaschutzes und der Ressourceneffizienz liegt beim Betrieb abfallwirtschaftlicher Anlage und Einrichtungen. Dazu erfolgt zunächst eine Analyse ausgewählter Standorte, um entsprechende Potenziale zu identifizieren. Anschließend erfolgt die stoffstromspezifische Analyse und grundsätzliche Betrachtungen zur Reduktion des Restabfallaufkommens. Die Potenzialanalyse zur integrierten Wärmenutzung schlägt eine Brücke zur klimafreundlichen Wärmeversorgung auf Basis biogener Reststoffe. Schließlich werden die Potenziale zur klimafreundlichen Mobilität in der Kreislaufwirtschaft diskutiert.

3.1 Analyse ausgewählter Anlagenstandorte

Im Folgenden werden die wichtigsten Anlagen zur Behandlung der ausgewählten Stoffströme und deren Optimierungspotenziale beschrieben. Für detaillierte Analysen wurden exemplarisch einzelne Anlagenstandorte der REK-Mitglieder ausgewählt. Dabei liegt der Schwerpunkt auf den drei Restabfall-Behandlungsanlagen im Verbandsgebiet, der MVA Bonn, der MBA Singhofen und der MBA Linkenbach, da der Restabfall den Großteil des Gesamt-Abfallaufkommens ausmacht und hohe Klimarelevanz besitzt. Zudem wurde ein Kompostwerk, die Sperrabfall- sowie die Papiersortierung besucht, die aktuelle Situation analysiert und Handlungsempfehlungen zu mehr Klimaschutz und Energieeffizienz abgeleitet. Das Thema Deposition wurde im Rahmen des REK-Klimaschutzkonzeptes ausgeklammert.

Während die MVA Bonn den Restabfall aus dem Rhein-Sieg-Kreis, der Stadt Bonn und dem Landkreis Ahrweiler im Rahmen des REK verwertet, werden die Restabfallmengen aus dem Rhein-Lahn-Kreis und aus dem Landkreis Neuwied in den eigenen MBAs behandelt, wo zusätzlich auch externe Mengen anderer öRE behandelt werden. Im Hinblick auf Biogut besteht eine Kooperation auf REK-Ebene zwischen Neuwied und dem Rhein-Lahn-Kreis, der beide Mengen in der BA Singhofen verwertet. Der Rhein-Sieg-Kreis behandelt zudem die Stoffströme Biogut, Sperrabfall und PPK der Stadt Bonn in den eigenen Anlagen mit.

3.1.1 Müllverwertungsanlage (MVA) Bonn

Die MVA Bonn wurde 1992 erstmalig in Betrieb genommen. Ihre maximale Kapazität beträgt 260.000 t/a. Bei einem Auslegungsheizwert von 14.000 MJ/kg besitzt sie eine Feuerungswärmeleistung von 103 MW. Der Restabfall durchläuft die MVA über einen Vorschubrost im Gleichstromprinzip bei Temperaturen von ca. 1.000 °C bis 1.200 °C. Die nutzbare Dampferzeugung beträgt ca. 500.000 MWh woraus in einer Dampfturbine der Stadtwerke Bonn ca. 180.000 MWh Strom und ca. 270.000 MWh Wärme generiert werden.

Die Reststoffe sind Schlacke, Kesselasche und Filterasche. Die Schlacke fällt am Ende des Rostes in den Nassentschlacker und wird von da aus in den Schlackenbunker befördert, wo sie mittels LKW zu einer Aufbereitungsanlage transportiert wird.

Ein weiterer Reststoff-Massenstrom entsteht durch den Sprühtrockner, der die bei der chemischen Abgaswäsche entstehenden Rauchgasreinigungsabwässer in den Zyklon eindampft. Zusammen mit Kalkmilch werden dort die festen Rückstände (Salz und Gips) abgeschieden und in einem Silo zwischengelagert, bevor sie mit anderen Stäuben als Versatzmaterial unter Tage verwertet werden.

- Erst-Inbetriebnahme: 1992
- Maximale Kapazität: 260.000 t/a
- Feuerung: Vorschubrost, 3 Linien
- Rauchgasreinigungsverfahren: SNCR
 - o Elektrofilter
 - o mehrstufige Nasswäsche,
 - o Flugstromadsorber, abwasserlos durch Sprühabsorber
 - o NO_x-Minderungstechniken SNCR (selektive nicht-katalytische Reduktion, bei der Ammoniak oder Harnstoff in den Feuerraum eingedüst wird)

Die nachfolgende Abbildung zeigt schematisch ein Fließschema der MVA- Bonn.

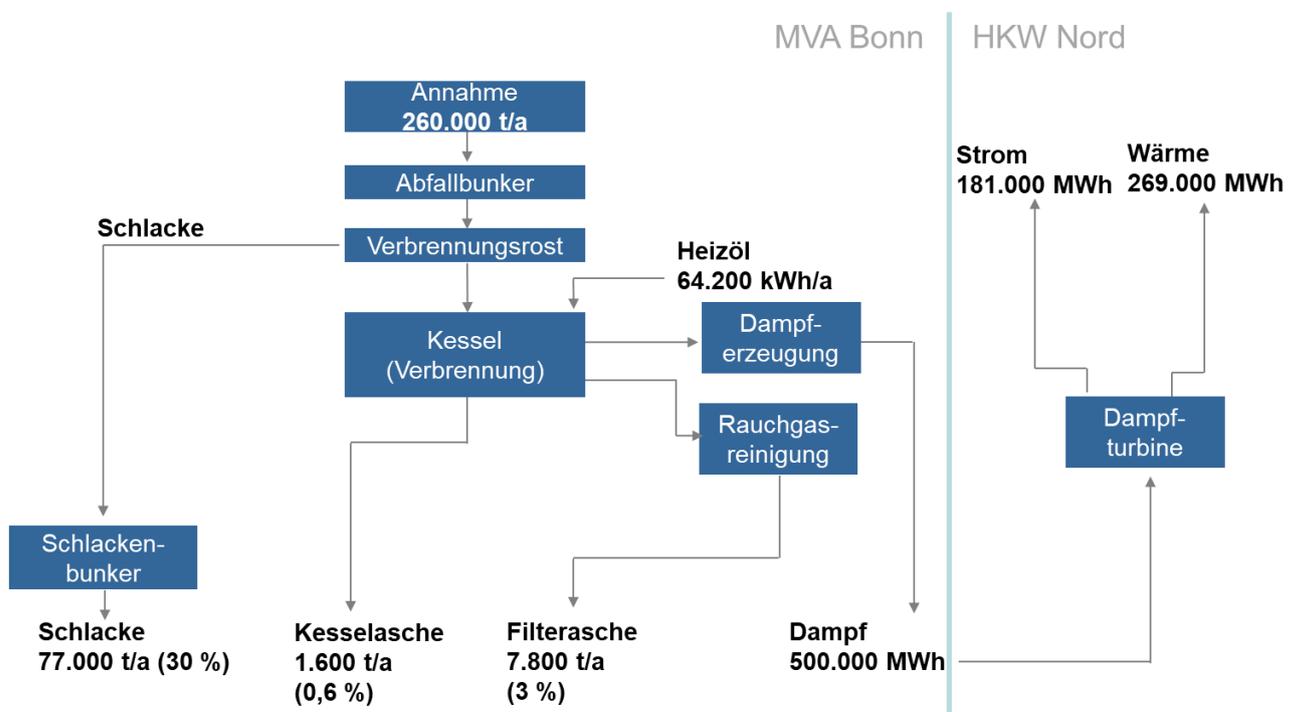


Abbildung 3-2. Fließschema der MVA- Bonn

Für die MVA ist beginnend mit der Planungsphase in den Jahren 2020-2022 ein umfassendes Modernisierungsprogramm bis ca. 2030 geplant. Von den bisherigen drei Feuerungslinien für Restabfall sollen zwei durch modernere ersetzt werden, welche dann die gleiche Kapazität aufweisen. Die dritte Linie soll als Reserve erhalten bleiben bzw. kann alternativ für andere Stoffströme wie bspw. Altholz eingesetzt werden. Des Weiteren ist als neue, vierte Linie eine Klärschlamm-Monoverbrennung in Planung, welche eine (über)regionale Antwort auf die Einschränkungen/Verbote bei der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung bietet. In diesem Zusammenhang ist der im Konzept vorgeschlagene Maßnahmenkatalog in die Gesamtplanung zur Modernisierung der MVA zu integrieren.

Optimierungspotentiale

Am Standort wurden unterschiedliche Optimierungspotenziale erkannt, die nachfolgend aufgelistet sind. Ausgewählte Maßnahmen finden sich im Maßnahmenkatalog.

- Ausschleusung werthaltiger Kunststofffraktionen (Vorsortierung) zur Erhöhung der Recycling-Quote
- Schlackeaufbereitung - Rückgewinnung NE-Metalle aus Feinfraktion <5mm
- Schlackeaufbereitung - Landfill-Mining - Monodeponien für MVA-Schlacke
- Prüfung Wertstoff-Rückgewinnung aus Aschen und Stäuben
- Phosphor-Rückgewinnung aus Klärschlamm-Linie

Energie-Kurzcheck

Ein Kurz-Energiecheck für die MVA zeigt Effizienzpotenziale, die umgesetzt werden können bzw. untersucht werden sollten:

- Prüfung Wärmerückgewinnung Druckluftanlagen
- Prüfung Wärmeversorgung Verwaltungsgebäude mittels MVA-Abwärme (Nahwärme)
- Austauschprogramm Motoren, Gebläse, Pumpen, Regelung

Eine detailliertere Maßnahmenbeschreibung ausgewählter Maßnahmen befindet sich im Maßnahmenkatalog.

3.1.2 Mechanisch-Biologische Abfallbehandlungsanlage (MBA) Linkenbach

Die MBA Linkenbach hat eine genehmigte Kapazität von 90.000 t/a und Stand 2016 eine Auslastung von ca. 57.000 t/a. Die Landkreise Bad Kreuznach, Neuwied und Rhein-Hunsrück liefern ihre Restabfälle in die MBA in Linkenbach. Für die Restabfallverwertung besteht eine Kooperationsvereinbarung zwischen den drei Landkreisen, welche auch die sukzessive Verfüllung der Reststoffe in drei Deponien der Landkreise einschließt.

Die MBA Linkenbach gliedert sich in folgende Teilbereiche (siehe auch Abbildung):

Anlieferungshalle / Anlieferungsbereich: Der Restabfall wird in eine Anlieferungshalle geliefert und dort abgekippt. Durch einen installierten Luftschleier am Tor wird verhindert, dass

belastete Luft während der Anlieferung bei geöffnetem Tor entweicht. Die Abluft aus der Anlieferungshalle dient als Zuluft für die Mechanische Aufbereitung.

Mechanisch Stufe: Der Restabfall wird mit einem Vorzerkleinerer und einer Siebtrommel vorbehandelt. Anschließend wird die heizwertreiche Fraktion > 80 mm mittels Förderbändern automatisch auf Schubbodenfahrzeuge verladen. Sowohl Überkorn als auch Unterkorn (< 80mm) durchlaufen eine Metallabscheidung (NE-, sowie FE-Abscheidung). Die Abluft der mechanischen Stufe wird der Abluftreinigung zugeführt.

Biologische Stufe:

Intensivrotte: In 16 Rottetunnel mit Schaufelradumsetzer und automatischem Eintrags- und Austragssystem. Die Steuerung der Belüftungsintensität der Rottetunnel erfolgt auf Basis der Temperatur und des Sauerstoffgehaltes in der Mietenabluft.

Nachrotte: Offene, überdachte saugbelüftete Nachrotte. Die Nachrotte erfolgt in 4 Tafelmieten von jeweils 36 x 50 m unter offener Überdachung. Die befestigte und gedichtete Rottefläche umfasst ca. 1,3 ha und ist mit einer Brauch- und Prozesswasserfassung und -wiederverwertung ausgestattet. Die Materialumsetzung erfolgt mit einem fahrbaren Mietenumsetzer alle 2 Wochen. Die Mieten werden bei Bedarf bewässert. Die Abluft wird über eine ca. 400 m lange Rohrleitung DN 800 der Abluftreinigung zugeführt.

Abluftbehandlung: Die Abluft aus der mechanischen und der biologischen Stufe wird einem neutralen und sauren Wäscher zugeführt. Der in der Abluft enthaltene Ammoniak wird ausgewaschen, was zu einer Minimierung der Stickoxidbildung während der anschließenden thermischen Abluftbehandlung führt. Die thermische Abluftbehandlung erfolgt mittels regenerativer thermischer Oxidationsanlage (RTO, 2 Blöcke à 46.000 m³/h). Zur Stützfeuerung der RTO wird Erdgas eingesetzt. Außerhalb der Betriebszeiten erfolgt eine Absenkung des Hallenluftwechsels.

Die nachfolgende Abbildung zeigt schematisch ein Fließschema der MBA Linkenbach.

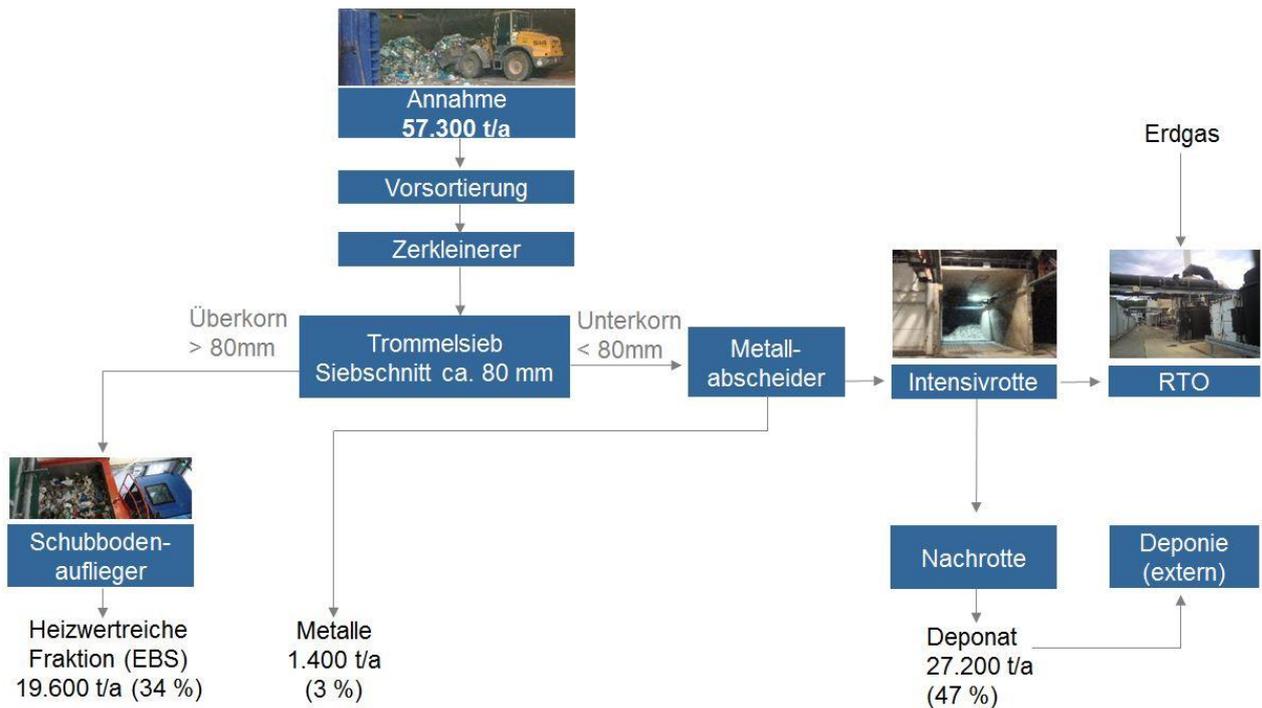


Abbildung 3-3. Fließschema MBA Linkenbach

Optimierungspotenziale:

Am Standort wurden unterschiedliche Optimierungspotenziale erkannt, die nachfolgend aufgelistet sind. Ausgewählte Maßnahmen finden sich im Maßnahmenkatalog.

- Optimierung MBA:
 - o Ausschleusung werthaltiger Kunststofffraktionen zur Erhöhung der Recycling-Quote
 - o Biologische Trocknung Feinanteil anstatt Rotte → Energetische Verwertung anstatt Deponierung der Reste
 - o Vergärung Feinanteil Restabfall → Energiegewinnung und Reduktion des Deponats
 - o Nutzung der Anlage für die Vorbehandlung von Gewerbeabfällen
- Maßnahmen zur Standortentwicklung:
 - o Dezentrale Vorsortierungen Sperrabfall im LK Neuwied
 - o Behandlung von Grüngut und Aufbereitung holziges Grüngut am Standort Linkenbach
 - o Substrat- und Erdenwerk

Energie-Kurzcheck- und sonstige Potenziale

Der Kurz-Energiecheck zeigt im Wesentlichen, dass sich die Anlagentechnik nach erster Beurteilung in einem energetisch guten Zustand befindet. Es zeigen sich jedoch Effizienzpotenziale, die umgesetzt werden können bzw. untersucht werden sollten.

- Beleuchtungsoptimierung
- PV-Eigenstromnutzung

Zum einen ist die Beleuchtung teilweise veraltet. Eine erste Abschätzung zeigt, dass sich die Umrüstung der Beleuchtung in der Anlieferungshalle bereits nach weniger als vier Jahren amortisiert. Ebenfalls bietet eine PV-Eigenstromnutzung hohe wirtschaftliche und ökologische Vorteile. Eine detailliertere Maßnahmenbeschreibung ausgewählter Maßnahmen befindet sich im Maßnahmenkatalog.

3.1.3 Abfallwirtschaftszentrum (AWZ) Singhofen

Das Abfallwirtschaftszentrum beinhaltet zur Abfallbehandlung eine MBA, eine Bioabfall-Aufbereitungsanlage (BA) sowie eine Deponie.

3.1.3.1 Mechanisch-Biologische Abfallbehandlungsanlage (MBA) Singhofen

Die MBA Singhofen hat eine genehmigte Kapazität für die Behandlung von Restabfall von 90.000 t/a und Stand 2016 eine Auslastung von ca. 66.000 t/a.

Die MBA für die Behandlung von Restabfall gliedert sich in folgende Teilbereiche (siehe auch Abbildung):

Mechanische Stufe: Der Restabfall wird unmittelbar in die Halle der mechanischen Aufbereitung angeliefert. Am Eingangstor ist eine Luftschleier-Anlage installiert, die verhindert, dass belastete Luft während der Anlieferung bei geöffnetem Tor entweicht. In der Halle ist eine Lüftungsanlage installiert, mit der eine Trennung von schwach und stark belasteter Abluft ermöglicht wird. Die schwach belastete Hallenluft (> 80%) wird der Intensivrotte zugeführt, während die stark belastete Luft in der Abluftreinigungsanlage behandelt wird.

Der Restabfall wird mit einem Vorzerkleinerer und einer Siebtrommel vorbehandelt. Anschließend wird die heizwertreiche Fraktion > 100 mm zu Ballen für den Abtransport als Ersatzbrennstoff gepresst. Das Unterkorn (< 100 mm) durchläuft eine Metallabscheidung (FE-Abscheidung). Eine NE-Abscheidung findet derzeit nicht statt. Anschließend wird das Unterkorn mittels gekapselten Förderband zur Intensivrotte gefördert.

Biologische Stufe:

Intensivrotte: Die Intensivrotte wird in 28 belüfteten Rottetunnel realisiert. Die Gesamtaufenthaltszeit in den Tunneln beträgt ca. 5 Wochen. Das Material wird anschließend mittels Fahrzeugen zur Nachrotte in Deponienähe transportiert.

Nachrotte: Das angelieferte Material wird zu Tafelmieten aufgeschüttet und umgesetzt. Es stehen zehn überdachte und saugbelüftete Mietenfelder zur Verfügung, die nach Bedarf bewässert werden. Der Nachrotteprozess erfolgt je nach Input neun bis elf Wochen. Über eine Druckleitung wird die Luft aus der Saugbelüftung der Nachrotte zur RTO transportiert.

Abluftbehandlung: Die Abluftbehandlung besteht aus einer regenerativen thermischen Oxidationsanlage (RTO) in zwei Linien mit vorgeschaltetem sauren Wäscher. Es werden die Abluftströme aus der mechanischen Aufbereitung, der Intensivrotte und der Nachrotte behandelt. Außerhalb der Betriebszeiten erfolgt eine Absenkung des Hallenluftwechsels, sodass die Abluftmenge reduziert werden kann. Die Stützfeuerung der RTO wird mittels Erdgas realisiert.

Die nachfolgende Abbildung zeigt schematisch ein Fließschema der MBA Singhofen.

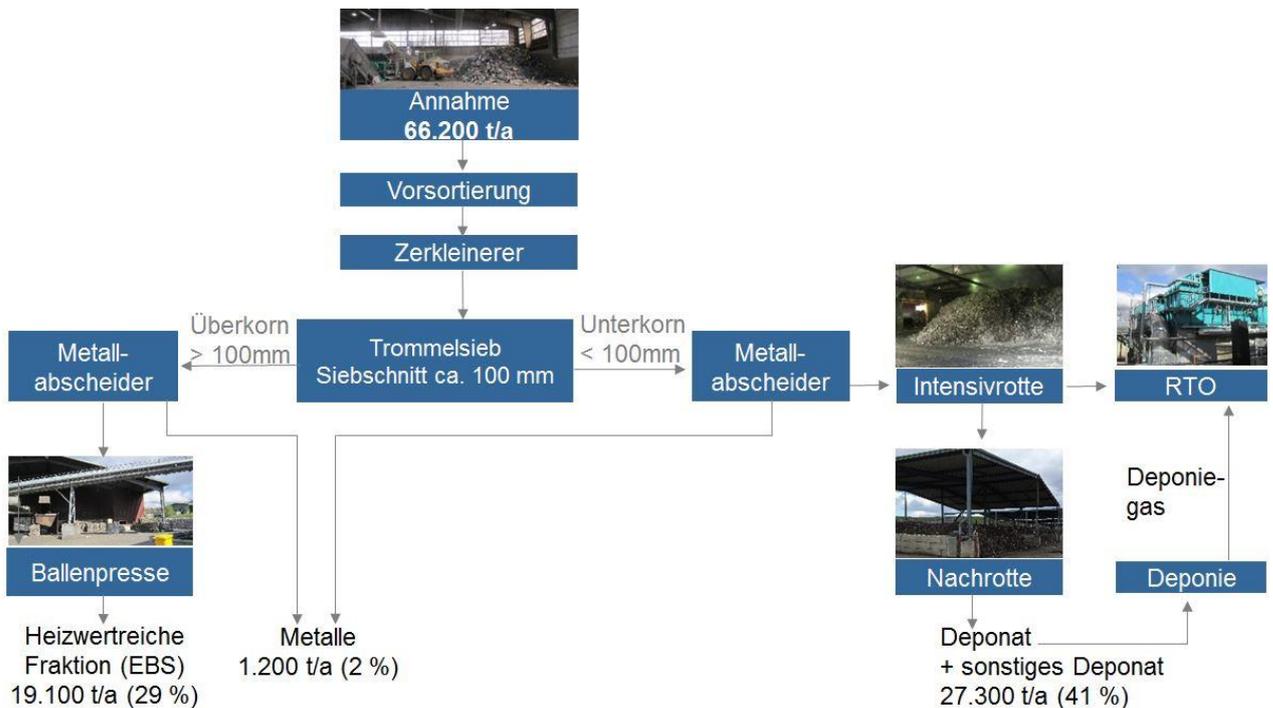


Abbildung 3-4. Fließschema der MBA Singhofen

Optimierungspotentiale

Am Standort wurden unterschiedliche Optimierungspotenziale erkannt, die nachfolgend aufgelistet sind. Ausgewählte Maßnahmen finden sich im Maßnahmenkatalog.

- Einbindung NE-Abscheider zur Erhöhung der Recyclingquote hinsichtlich NE-Metalle
- Ausschleusung werthaltiger Kunststofffraktionen zur Erhöhung der Recycling-Quote
- Biologische Trocknung Feinanteil anstatt Rotte → Energetische Verwertung anstatt Deponierung der Reste
- Vergärung Feinanteil Restabfall → Energiegewinnung und Reduktion des Deponats

3.1.3.2 Bioabfallbehandlungsanlage (BA) Singhofen

Auf dem Gelände des Abfallwirtschaftszentrums wird ebenfalls eine Bioabfallbehandlungsanlage durch den Rhein-Lahn-Kreis betrieben. Die im Rhein-Lahn-Kreis eingesammelte Bioabfallströme werden dieser Anlage zugeführt.

Die BA Singhofen hat eine genehmigte Kapazität zur Behandlung von 80.000 t Bioabfälle pro Jahr, mit einer derzeitigen Auslastung von ca. 46.500 t/a.

Die Bioabfallfraktion wird zur erst von Störstoffen entfachtet und durch ein Trommelsieb (Siebschnitt 80 mm) gesiebt. Hieraus ergeben sich zwei Stoffströme, das Unterkorn und das Überkorn, zur weiteren Behandlung und Verwertung.

Die im Unterkorn enthaltene Metalle werden mittels eine Metallabscheidung aussortiert. Anschließend erfolgt eine Siebung des Materials mittels Sternsieb (variabler Siebschnitt 15-20 mm) und händische Auswahl von weiteren Verunreinigungen.

Die in der BA abgeseibte Feinfraktion wird in einer externen Anlage zu hochwertigem Kompost verarbeitet.

Die Überkorn wird durch einen Trocknungstunnel/Rottebox mittels Belüftung in ca. 9 - 11 Tage getrocknet. Die biologisch getrocknete Masse wird in einem externen Biomassekraftwerk energetisch verwertet.

Optimierungspotentiale

Die biologische Trocknung kann zur besseren Energieausbeute grundsätzlich auf einen anaeroben Prozess zur Biogasgewinnung umgerüstet werden. Diese Option wurde untersucht und ist im Weiteren unter den Überschriften Biogut-Verwertung sowie im Maßnahmenkatalog dargestellt.

Des Weiteren wurde die Aufbereitung von holzigem Grüngut am Standort Singhofen vorgeschlagen.

3.1.3.3 Energie-Kurzcheck

Ein Kurz-Energiecheck für die MBA in Singhofen zeigt Effizienzpotenziale, die umgesetzt werden können bzw. untersucht werden sollten:

- Wiederinstandsetzung und Modernisierung BHKW
- Laufzeiterhöhung BHKW zur Erhöhung der Eigenstromnutzung und Wärmenutzung
- Umrüstung auf LED-Technik in weiteren Hallen inkl. Außenbeleuchtung
- PV- Eigenstromnutzung
- Elektromotorentausch MA-Technik
- Wärmerückgewinnung RTO-Anlage
- Elektrobagger zur Sperrabfall-Vorsortierung

Das vorhandene BHKW wurde Ende 2017 nach einem größeren Defekt modernisiert. Verschiedene Varianten dazu wurden in einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung untersucht. Das BHKW dient vornehmlich zur Wärmeerzeugung und zur Notstromversorgung der RTO.

Eine detailliertere Maßnahmenbeschreibung ausgewählter Maßnahmen befindet sich im Maßnahmenkatalog.

3.1.4 Papiersortierung Bonn

Die Papiersortieranlage auf dem Gelände der MVA Bonn hat eine Kapazität von 65.000 t/a und ist noch bis 2026 durch die RSAG AöR von Remondis gepachtet. Die Anlage betreibt die RSAG AöR nicht nur zur Sortierung des Altpapiers aus Haushalten des Rhein-Sieg-Kreises, sondern auch für die Stadt Bonn im Rahmen der REK.

In einem ersten Schritt werden die großteiligen Pappen und Kartonagen (sog. „Kaufhauspapier“) durch einen Schubboden/Scheibensieb abgetrennt. In einem zweiten nachfolgendem Scheibensieb wird der sog. „Druckstempel“ aussortiert und nachfolgend das nicht den anderen Sorten zuordnungsbar Mischpapier durch zwei Nahinfrarot (NIR)-Sensoren abgetrennt. Die übrige Fraktion wird in zwei Linien händisch nachsortiert und Reststoffe werden aussortiert, welche in der benachbarten MVA thermisch verwertet werden. Druckstempel, Kaufhauspapier sowie Mischpapier werden zeitversetzt zu Ballen gepresst, während das Deinking-Papier in Containern komprimiert zum Verwerter transportiert wird.

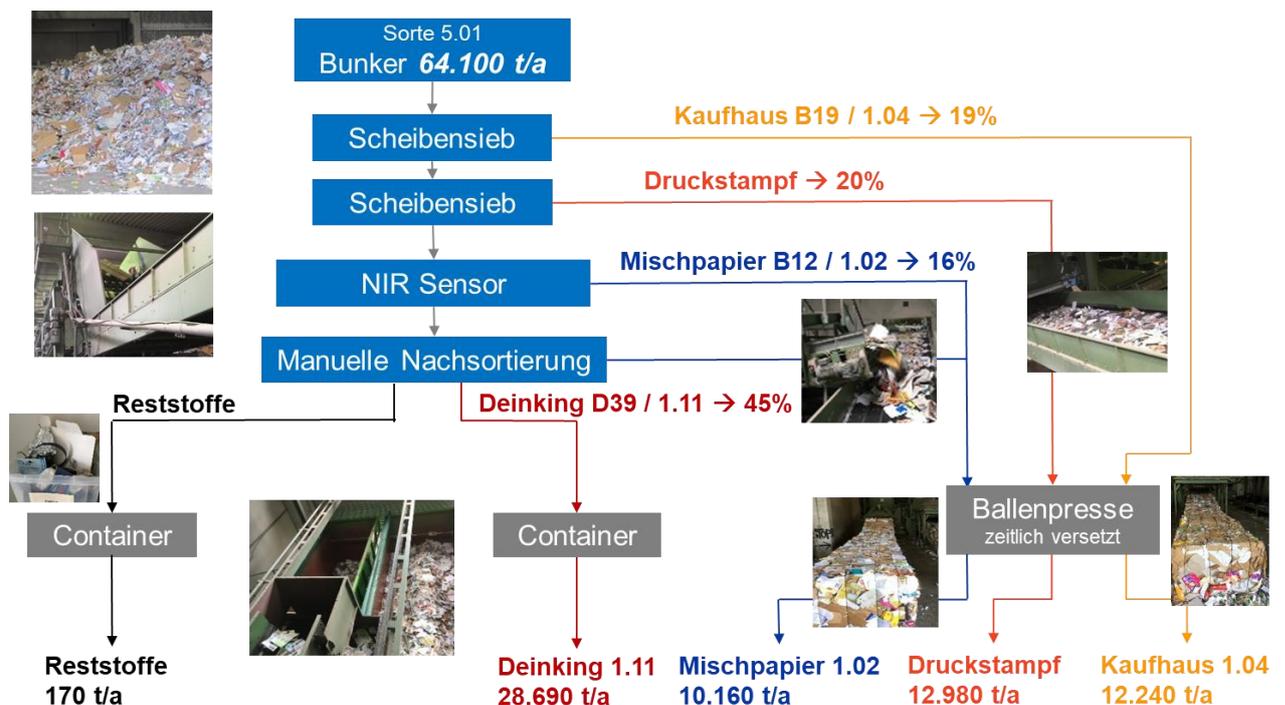


Abbildung 3-5. Fließschema Papiersortierungsanlage Bonn

Die Technik der Papiersortierungsanlage kann mittelfristig von Remondis übernommen werden. Das Gelände ist in kommunalem Eigentum der Stadt Bonn und wird auch langfristig für abfallwirtschaftliche Zwecke zur Verfügung stehen. Die technische Kapazität kann grundsätzlich durch die Ergänzung einer weiteren Schicht erhöht werden, sodass auch zusätzliche Mengen aus dem Zweckverband behandelt werden können (vgl. Abschnitt 5.3 PPK-Verwertung). Zudem befindet sich am Standort eine Fläche, welche künftig als Lagerplatz (Genehmigung für 3.000 t/a) qualifiziert werden kann und derzeit sporadisch von der MVA verwendet wird.

Energie-Kurzcheck

Ein Kurz-Energiecheck zeigt Effizienzpotenziale, die umgesetzt werden können bzw. untersucht werden sollten:

- Anpassung Druckband Druckluftherzeugung
- Leuchtaustausch LED-Deckenstrahler (mit Tageslichtsteuerung)
- Umrüstung auf LED-Technik in weiteren Bereichen
- Elektromotorentausch in der Fördertechnik
- Prüfung PV-Eigenstromnutzung
- Einsatz von Elektrostaplern in Verbindung mit PV-Eigenstromnutzung

Eine detailliertere Maßnahmenbeschreibung befindet sich im Maßnahmenkatalog. Viele technische Instandsetzungsmaßnahmen werden erst umgesetzt, wenn die Anlage in das Eigentum der RSAG AöR übergegangen ist.

3.1.5 Sperrabfallsortierung Troisdorf

Seit Januar 2012 sortiert der Rhein-Sieg-Kreis den eigenen Sperrabfall und die Bonner Mengen in der Sortierhalle in Troisdorf. Die erfassten Mengen im Bringsystem an den Wertstoffhöfen bzw. aus dem Holsystem auf Abruf werden dazu direkt nach Troisdorf transportiert und dort mittels Bagger in eine holzreiche Fraktion und Restsperrabfall sortiert. Zusätzlich werden größere Metall- und Kunststoffteile ausgeschleust und Matratzen vom Sperrabfall separiert. Letztere werden anschließend durch eine Installation aufgeschlitzt, sodass die Matratzen in Federkern und Schaumstoff unterschieden und dem jeweiligen Verwerter zugeführt werden können.

Die Sperrabfallsortierung kann weiter qualifiziert werden, z. B. durch einen Brecher, welcher die holzreiche Fraktion weiter aufbereitet oder Metallabscheider. Näheres dazu ist im Abschnitt 5.4 Sperrabfall-Verwertung sowie im Maßnahmenkatalog ausgeführt.

Energie-Kurzcheck

Durch Austausch des vorhandenen Dieselmotors in einen elektrischen Bagger können Emissionen von ca. 34 t CO_{2e} jährlich vermieden werden. Diese Emissionsreduktion kann noch gesteigert werden durch Eigenstromnutzung der bestehenden PV-Module. Bei einer Nutzung von 1.700 h/a ist der Austausch des 2012 angeschafften Dieselmotors in einen Elektrobagger auch wirtschaftlich interessant (vgl. Maßnahmenblatt). Ein weiteres Effizienzpotenzial kann grundsätzlich die Regenwassernutzung darstellen, jedoch ist diese Maßnahme unter den aktuellen Rahmenbedingungen nicht wirtschaftlich.

Eine detailliertere Maßnahmenbeschreibung befindet sich im Maßnahmenkatalog.

3.2 Potenziale des Bioabfalls zur Verwertung

Für eine hochwertige Verwertung der Bioabfälle wird die getrennte Erfassung als notwendig vorausgesetzt, da nur dann eine sinnvolle stofflich-energetische Verwertung erfolgen kann. Dies spiegelt sich auch in den gesetzlichen Vorgaben wider, welche auf eine flächendeckende Getrennterfassung der Bioabfälle abzielen. Dies ist in allen öRE des REK gewährleistet wobei noch Potenzial besteht, die Anschlussquote an die Biotonnen-Sammlung zu erhöhen sowie zusätzliche Grüngutmengen zu erfassen.

Unter Bioabfall werden im Weiteren insbesondere biologisch abbaubare, organische Haushaltsabfälle (Biogut) sowie Gartenabfälle (Grüngut) verstanden. Die Potenzialanalyse zielt im Wesentlichen auf eine Steigerung der energetischen Verwertung ab, um fossile Energieträger zu substituieren und damit THG-Emissionen einzusparen. Dabei sind die Möglichkeiten der Zusammenarbeit im Zweckverband sowie eine Optimierung des Transportaufwandes berücksichtigt.

3.2.1 Potenzialanalyse Biogut

Für die Potenzialanalyse werden verschiedene Varianten einer optimierten Biogut-Verwertung untersucht. Nach einschlägigen wissenschaftlichen Studien hat sich die anaerobe Behandlung mit anschließender Kompostierung als ökologisch vorteilhafte Variante herausgestellt und inzwischen auch in der praktischen Umsetzung vielfach bewährt.⁴⁴ Dabei können sowohl der Heizwert des Bioguts in Form von Biogas energetisch genutzt als auch die enthaltenen Nährstoffe in den Lebensmittelkreislauf zurückgeführt werden. Bisher werden im Rhein-Sieg-Kreis drei Kompostwerke zur aeroben Massenreduktion und stofflichen Verwertung betrieben. Der Rhein-Lahn-Kreis betreibt eine Biologische Trocknung (Bioabfallaufbereitungsanlage), welche bereits die Vorzüge der energetisch-stofflichen Verwertung nutzt. Dennoch böte sich aus Klimaschutzaspekten durch die Umstellung auf eine Vergärung zusätzliches Optimierungspotenzial.

Aus der Stoffstromanalyse und den Workshop-Ergebnissen wurde die Optionenvielfalt einer Biogut-Vergärung im Verbandsgebiet auf drei Vorzugsvarianten eingegrenzt. Dabei lassen sich bestehende Anlagenstandorte nutzen bzw. umrüsten. Die Varianten unterscheiden sich in der Anlagendimension, d. h. der Anzahl bzw. Kombination beteiligter öRE für eine gemeinsame Verwertung. Die erste Variante sieht eine gemeinsame Verwertung aller REK-Mitglieder an der zentral gelegenen Abfallentsorgungsanlage Linkenbach (Landkreis Neuwied) vor. Dort könnte sowohl hinsichtlich des Platzangebots als auch bzgl. des Anlieferverkehrs eine große Bioabfall-Vergärung errichtet werden. Eine semizentrale Lösung sieht zwei Standorte für das gesamte Verbandsgebiet vor und zwar in St. Augustin und Singhofen, wobei sich für Singhofen

⁴⁴ Vgl. Umweltbundesamt, o.J.

nichts am Mengengerüst ändern würde. Auch bei der dritten, dezentralen Variante würde Singhofen wie bisher Biogut aus dem Landkreis Neuwied und dem Rheingau-Taunus-Kreis verwerten, allerdings mittels Vergärung. Hinzu kämen rechtsrheinisch der Standort St. Augustin und linksrheinisch der Standort Swisttal-Miel. Die Eckdaten der drei Anlagenkonzepte sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 3-1: Varianten der anaeroben Biogut-Verwertung

Basisvarianten für Biogut-Vergärung im REK					Transport (ohne Sammlung)		Rhein- querungen
Variante	Standort	Beteiligte	Massen (t/a)	BHKW- Äquivalent [kW _e]	tkm	CO ₂ e (t/a)	t/a
1. Zentral	Linkenbach	NR+SU+BN+EMS+AW	150.000	3.200	6.597.100	642	48.000
2. Semizentral	St. Augustin	SU + BN + AW	103.300	2.200	1.912.800	363	48.000
	Singhofen	EMS(+RTK)+NR	59.800	1.300	1.818.700		
3. Dezentral	St. Augustin	SU + BN (rechtsrheinisch)	55.300	1.200	0	220	0
	Swisttal-Miel	SU + BN (linksrh.)+ AW	46.100	1.000	440.600		
	Singhofen	EMS(+RTK)+NR	59.800	1.300	1.818.700		
IST-Zustand					3.293.000	321	38.400

Für die weitere Bewertung der Varianten ist zum einen entscheidend, ob Anlagengrößen erreicht werden, die eine Investition in die Biogaserzeugung rechtfertigen. Dies ist grundsätzlich bei allen dargestellten Größenordnungen mit deutlich mehr als 40.000 t/a gegeben. Zum anderen stellt sich die Frage der Konsequenzen auf den Transportaufwand, welcher sich durch eine steigende Konzentration auf weniger Anlagenstandorte erhöht. Die Tabelle zeigt, dass sich bei einer zentralen Vergärung der Transportaufwand voraussichtlich verdoppeln würde und damit auch die resultierenden Treibhausgasemissionen. Bei der semizentralen Variante würde sich keine signifikante Veränderung gegenüber dem Status quo ergeben. Eine gezielte Auswahl drei dezentraler Standorte würde das Transportaufkommen etwas verringern. Eine spezifische Herausforderung des Verbandsgebietes stellt der Rhein dar, dessen Querung ein logistisches Nadelöhr darstellt. Eine dezentrale Verteilung östlich und westlich des Rheins würde dieses Problem entschärfen, da für den Transport von der Sammlung zur Verwertung keine Rhein-Brücke mehr überquert werden müsste. Dies wären im Durchschnitt ca. 8 - 9 LKW weniger pro Tag und würde einerseits den Zeitaufwand reduzieren und andererseits den Brückenverkehr entlasten.

Was die Unterschiede bei der THG-Einsparung zwischen den Anlagengrößen angeht, sind keine signifikanten Unterschiede zu ermitteln, sofern jeweils eine gute Energienutzung realisiert werden kann. Dabei liegen die Unterschiede vielmehr in der geplanten Verfahrenstechnik und der Energieausnutzung begründet. Für das Konzept wurden die derzeit gängigen Verfahren zur Trockenfermentation berücksichtigt: Das kontinuierliche Pfropfenstromverfahren mit liegenden Zylinderfermentern und das Batchverfahren mit Boxenfermenter und Radlader-Be-

füllung. Das Pfropfenstromverfahren zeichnet sich durch einen höheren Automatisierungsgrad, geringeren Platzbedarf und besseren Gasertrag aus, die Boxen- oder Garagenfermenter ähneln vom Aufbau eher einer Kompostierung und sind günstiger in der Investition. Zudem fällt im Batchverfahren i. d. R. weniger flüssiger Gärrest an.

Über die Biogaserzeugung ergäbe sich ein Energiepotenzial, welche zur Substitution von Netzstrom und Wärmenergieträgern führt und damit Treibhausgas-Emissionen einspart wie in folgender Abbildung dargestellt.

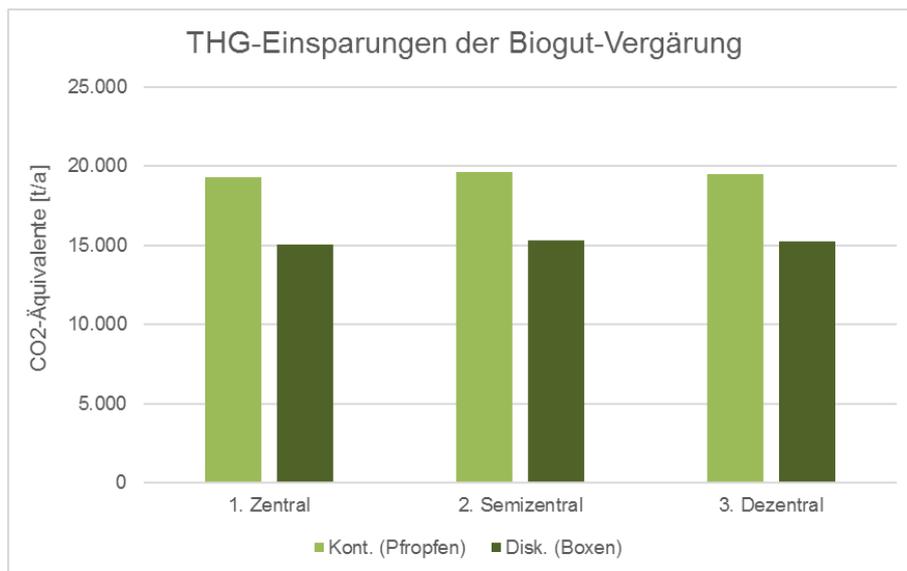


Abbildung 3-6: THG-Einsparpotenzial durch Biogut-Vergärung

Bei der Berechnung sind die jeweiligen Emissionen durch die Anlagen und den oben beschriebenen Zusatztransport bereits in Abzug gebracht. Gutschriften durch die Gewinnung organischer Nährstoffe sind ausgeklammert. Es zeigt sich, dass bei allen Varianten zwischen 15.000 und 20.000 t/a THG-Emissionen eingespart werden können. Dies ist deutlich mehr als im Status quo, wo im gleichen Bilanzrahmen ca. 7.500 t/a eingespart werden.

Das obige Modell beinhaltet eine Biogasnutzung in Kraft-Wärme-Kopplung zur Strom- und Wärmegewinnung. Alternativ kann Biogas auch auf Erdgasqualität zu Biomethan aufbereitet werden. Das Biomethan kann in das Gasnetz eingespeist werden und an anderer Stelle als Brenn- oder Treibstoff verwendet oder auch direkt als CNG für den Fahrzeugantrieb genutzt werden. Hierbei ist auch die Betankung von Abfall-Sammelfahrzeugen mit Erdgas-Motor möglich, welche dann herkömmliche Diesel-LKW ersetzen (vgl. Abschnitt 5.7.2: Einsatz von Biomethan und 5.9: Maßnahmenkatalog).

3.2.2 Potenzialanalyse Grüngut

Die Potenziale aus Grüngut beinhalten den energetisch nutzbaren Anteil des erfassten Grüngutes. Organische Reststoffe aus der Pflege von Garten- und Parkanlagen beinhalten sowohl holzige als auch krautige/grasartige Fraktionen, die zum Teil saisonalen Schwankungen unterliegen. Im Hinblick auf die krautige Fraktion, die in einer Biogasanlage energetisch genutzt werden kann, wird angenommen, dass diese teilweise über die Biotonne erfasst werden. Somit wird ein Großteil des vergärbaren Anteils vom Grüngut über die Biotonne erfasst und einer energetischen Nutzung zugeführt. Aus diesem Grund wird in der folgenden Potenzialabschätzung auf den energetisch nutzbaren Holzanteil im Grüngut abgezielt.

Aufbauend auf den getroffenen Annahmen werden holzige Brennstoffpotenziale aus Grüngut abgeschätzt. Entsprechend der Grüngutsammlung und -aufbereitungstechnik hat die Praxis gezeigt, dass etwa 30 bis 50% Massenprozent holzige Brennstoffe aus Grüngut generiert werden können. Die in der folgenden Tabelle gelisteten nutzbaren Anteile an holzigem Grüngut wurden während des entsprechenden Workshops diskutiert. Als Kalkulationsbasis zur Bestimmung der Energiepotenziale aus Grüngut wird ein gesamtes organisches Reststoffaufkommen aller REK-Kommunen von 56.600 t/a angesetzt. Ausgehend von dieser Grüngutmasse verfügt der Verband über ein nutzbares Brennstoffpotenzial von rund 23.400 t/a, was bei einem Wassergehalt von ca. 30 - 35% einem Energiepotenzial von 70.200 MWh/a, was einem Heizöl-äquivalent von ca. 7 Mio. Litern entspricht. Die folgende Tabelle zeigt die Brennstoffmenge und die entsprechenden Energiepotenziale aus Grüngut.

Tabelle 3-2: Anteile und Brennstoffpotenziale aus Grüngut

Potenzial Grüngut-Brennstoff	% vom Grüngut	t/a	MWh/a
Stadt Bonn	40%	6.250	18.750
Rhein-Sieg-Kreis	40%	7.130	21.390
Landkreis Neuwied	50%	5.050	15.150
Rhein-Lahn-Kreis	43%	3.350	10.050
Landkreis Ahrweiler	30%	1.610	4.830
REK Gesamt		23.400	70.200

3.3 Potenziale des Sperrabfalls zur Verwertung

Im Sperrabfall befinden sich viele werthaltige Fraktionen, die durch eine gezielte Sortierung oder getrennte Erfassung in den Stoffkreislauf zurückgeführt und so einer weiteren Nutzung zugeführt werden könnten. Die Zusammensetzung des Sperrabfalls insbesondere hinsichtlich wertvoller Fraktionen ist in nachfolgender Abbildung dargestellt.⁴⁵

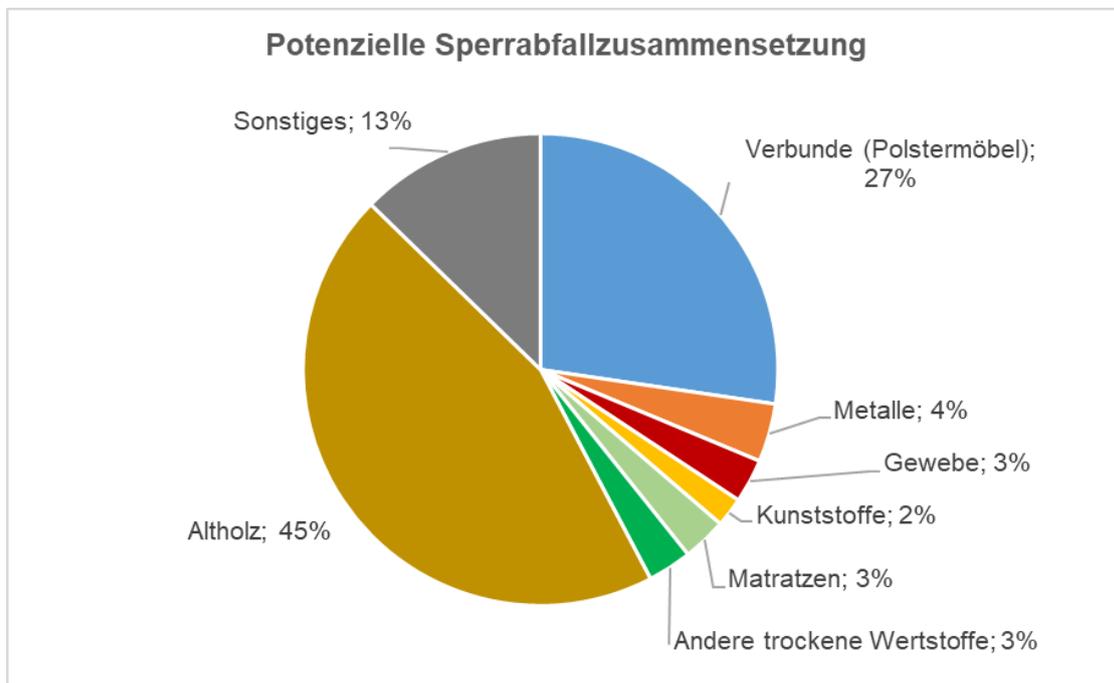


Abbildung 3-7: Sperrabfall-Zusammensetzung

Den Großteil des Sperrabfalls aus gemeinsamer Erfassung macht die holzreiche Fraktion aus. Wenn diese nicht an der Quelle getrennt erfasst wird, kann sie durch eine Baggervorsortierung aussortiert werden. Dabei können ggf. auch A I Hölzer, die naturbelassen und praktisch nicht verunreinigt sind (z. B. Massivholzmöbel)⁴⁶, separiert und der stoffliche Verwertung zugeführt werden. Dazu muss die Baggervorsortierung jedoch um geschulte Mitarbeiter ergänzt werden, welche die unbelasteten Hölzer durch Sichtkontrolle manuell aussortieren. In Versuchen in Osnabrück konnten damit entsprechende Qualitäten des A I Holzes erreicht werden.⁴⁷ Aus ökologischer und ökonomischer Sicht ist eine Altholzaufbereitung im Anschluss interessant, da durch die Verarbeitung des Altholzes und holzreichen Sperrabfalls weitere Metalle zurückgewonnen werden können und zu Holzhackschnittel aufbereitetes Altholz im Durchschnitt einen Preisvorteil von 20 – 30 €/t im Vergleich zu vorgebrochenem Altholz bietet⁴⁸. Zudem lassen sich mit Hackschnitteln höhere Wirkungsgrade im Kraftwerk realisieren, was sich positiv auf die Klimabilanz auswirkt (siehe Maßnahmenblatt Altholzaufbereitung und Maßnahmenblatt

⁴⁵ Zusammenstellung aus Sperrabfallanalyse Luxemburg 2015, Sperrabfallanalysen der Universität Dresden 2006, Hahnenkamp & Tuminski 2017.

⁴⁶ Vgl. Altholzverordnung.

⁴⁷ Hahnenkamp & Tuminski 2017

⁴⁸ Vgl. EUWID Recycling.

Wärmeversorgung mit Altholz)⁴⁹. Die gesamten Altholzpoteziale zur Verwertung im REK-Gebiet aus getrennter Erfassung und der holzreichen Fraktion des Sperrabfalls belaufen sich auf ca. 42.200 t/a und sind in Tabelle 3-3 dargestellt. Während A I bis A III Hölzer, die den überwiegenden Teil der Gesamtmenge ausmachen, thermisch verwertet werden können, sind A IV Hölzer (meist aus dem Außenbereich) stark schadstoffbehaftet und müssen daher als gefährlicher Abfall entsorgt werden. A IV Hölzer werden dementsprechend nicht über die Sperrabfallabfuhr gesammelt, sondern getrennt an den Wertstoffhöfen erfasst. Im Rhein-Sieg-Kreis und im Landkreis Ahrweiler wird die holzreiche Fraktion bereits aussortiert bzw. getrennt erfasst, während im Landkreis Neuwied und im Rhein-Lahn-Kreis dieser Sortierschritt bisher noch nicht erfolgt.

Tabelle 3-3: Altholzerfassung und -potenziale in der REK

Altholz-Potenziale	Sperrabfall-aufkommen 2016	Altholzpotezial aus dem Sperrabfall	Altholzmengen aus der getrennten Erfassung 2016	
			Gemisch A I bis A III	A IV
	t/a	t/a	t/a	t/a
BN	12.300	23.800	-	-
SU	22.900		5.100	730
NR	7.100	3.200 *	2.700	670
EMS	5.000	2.300 *	1.700	210
AW	3.600	-	3.400	240
REK Gesamt	50.900	29.300	12.900	1.850

* Potenzielle Mengen, die durch Grobsortierung separiert werden können

Des Weiteren können über eine grobe Vorsortierung auch Matratzen aussortiert werden und durch eine Aufbereitung einen Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz leisten. Aus den Matratzen werden je nach Typ (Federkern- und Schaumstoffmatratzen) die Sekundärrohstoffe Stahl, Latex, PU-Schaum und Textilien zurückgewonnen, die dann stofflich recycelt oder als Dämmmaterial weiterverarbeitet werden können (siehe Maßnahmenblatt Matratzenaufbereitung).

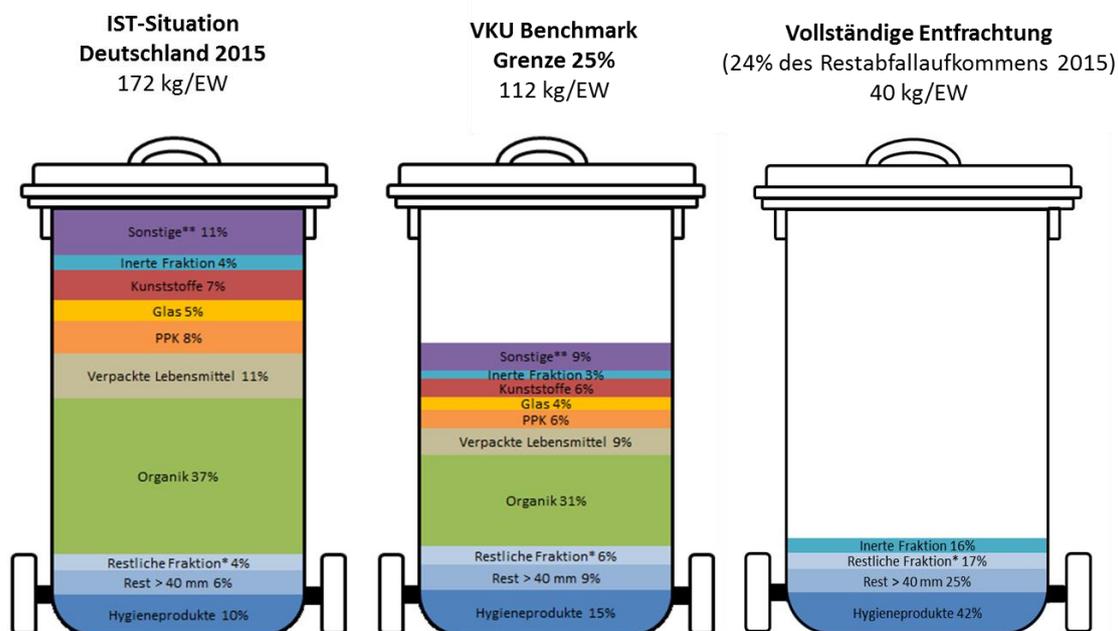
Durch eine weitere (manuelle) Sortierung des Restsperrabfalls können zudem weitere trockene Wertstoffe aussortiert und dem Recycling zugeführt werden, wie beispielsweise Textilien, Kunststoffe und Metalle⁵⁰. Aus wirtschaftlicher Sicht kann diese gezielte Sortierung sinnvoll sein, da somit der kostenintensive Rest zur Entsorgung verringert wird und sich ggf. Erlöse aus den gewonnenen Fraktionen erzielen lassen.

⁴⁹ Vgl. Witzenhausen Institut 2009.

⁵⁰ Vgl. Hahnenkamp & Tuminski 2017.

3.4 Potenziale zur Abfallvermeidung und Entfrachtung der Restmülltonne

Neben Bioabfall und Altholz, deren stofflich-energetische Verwertung einen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann, gilt es, den Restmüll zu entfrachten, um Ressourcen zu schonen. Szenarien erreichbarer Ziele der Restabfallreduktion sind in nachfolgender Grafik dargestellt und messen sich am Einwohnergleichwert des Hausabfallaufkommens in Deutschland⁵¹ sowie der durchschnittlichen Zusammensetzung des Restabfalls.⁵² Der Referenzwert des VKU-Benchmarks stellt die Untergrenze des Cluster 1 dar, in welches alle Landkreise einzuordnen sind. Dies stellt also ein gut erreichbares Ziel dar, was bereits von dem Viertel der „besten“ Landkreise Deutschlands im Jahr 2016 erreicht wurde. Die vollständige Entfrachtung der Restmülltonne ist der Idealfall, dass sämtliche Wertstoffe in den dafür vorgesehenen Systemen erfasst wird. Damit kann der Inhalt einer bundesdurchschnittlichen Restmülltonne maximal um 77% reduziert werden, indem Abfall vermieden und sortenrein getrennt wird.



* Feinmüll < 10 mm; Teil des Mittelmülls 10 – 40 mm, der keiner Wertstoffgruppe zugeordnet werden kann; Schadstoffe
 ** Metalle; Textilien; Verbunde; Elektrokleingeräte; Holz und Kork

Abbildung 3-8: Potenziale der Restabfallreduktion

Die Potenziale zur Verringerung des Restmüllaufkommens lassen sich in die Bereiche Abfallvermeidung und Steigerung der Recyclingquote gliedern. Während die Abfallvermeidung bereits vor der Abfalleigenschaft ansetzt, zielt die Steigerung des Recyclings auf eine Umlenkung der Abfallstoffströme hin zu einer besseren Wertstoffeffassung ab.

⁵¹ Vgl. Statistisches Bundesamt, 2015.

⁵² Vgl. Bothe 2017.

Abfallvermeidung

„Vermeidung [...] ist jede Maßnahme, die ergriffen wird, bevor ein Stoff, Material oder Erzeugnis zu Abfall geworden ist und dazu dient, die Abfallmenge, die schädlichen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt oder den Gehalt an schädlichen Stoffen in Materialien und Erzeugnissen zu verringern.“⁵³

Die Abfallvermeidung kann in unterschiedlichen Bereichen ansetzen, welche in der folgenden Abbildung kategorisiert sind.

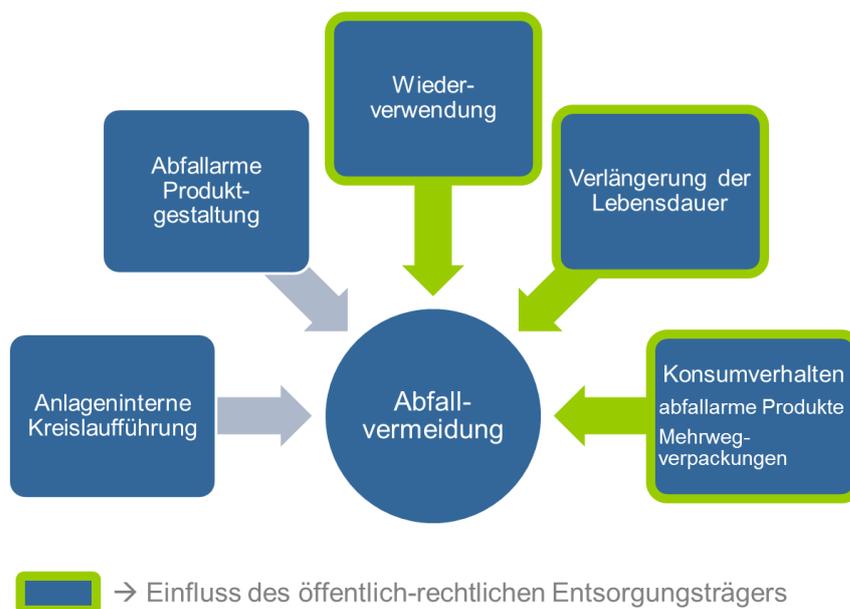


Abbildung 3-9: Handlungsfelder zur Abfallvermeidung⁵⁴

Die kommunale Abfallwirtschaft hat nicht auf alle Handlungsfelder Einfluss, kann aber insbesondere Strukturen zur Steigerung der Abfallvermeidung unterstützen. Einige REK-Mitglieder sind bereits in diesen Bereichen aktiv, wie beispielsweise durch die Einrichtung von Tauschbörsen und dem Angebot eines Geschirrmobils im Landkreis Ahrweiler zur Vermeidung der Nutzung von Einweggeschirr.

Aus rechtlicher Sicht ist Abfallvermeidung auch auf europäischer und nationaler Ebene im Fokus der Gesetzgebung. So arbeitet z. B. die EU an einer Kunststoffstrategie, die vorsieht, dass bis 2030 alle Kunststoff-Verpackungen recyclingfähig sein sollen. Zudem wird über ein Verbot von Einwegprodukten aus Kunststoff diskutiert.⁵⁵ Auf Basis von § 33 KrWG hat der Bund unter Beteiligung der Länder ein Abfallvermeidungsprogramm aufgestellt, welches jedoch keine quantifizierbaren Ziele enthält, die den REK Mitgliedern als Orientierung dienen können. Allerdings sind zahlreiche Maßnahmen enthalten, welche auf verschiedenen Ebenen der Wirtschaft

⁵³ § 3 Abs. 20 KrWG, 2012.

⁵⁴ Eigene Darstellung nach § 3 Abs. 20 KrWG, 2013.

⁵⁵ Vgl. EUWID Recycling und Entsorgung 2018.

und der staatlichen Verwaltung ansetzen. Die folgende Abbildung ist dem Abfallvermeidungsprogramm entliehen und soll die Zusammenhänge veranschaulichen.

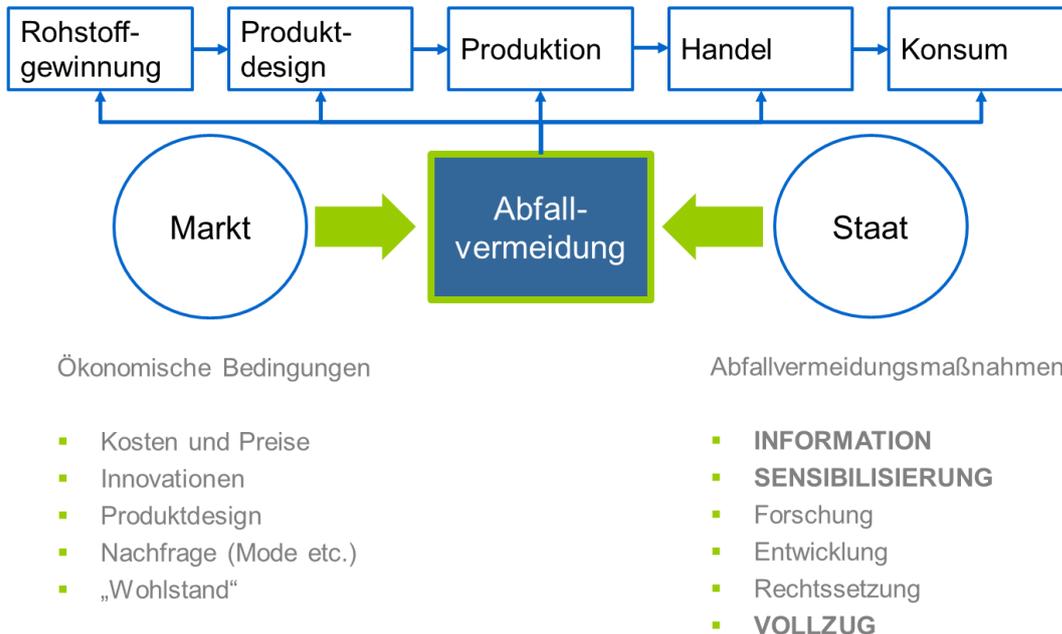


Abbildung 3-10: Abfallvermeidungsprogramm des Bundes⁵⁶

Für die öRE sind besonders die staatlichen Maßnahmen relevant, welche unter den Stichpunkten Information, Sensibilisierung und Vollzug zusammengefasst sind. Was die Wertschöpfungskette angeht, liegt der größte Hebel für den öRE beim Handel und insbesondere dem Konsum. Beispiele sind die Abfallberatung und Kampagnen wie die „Europäische Woche der Abfallvermeidung“. Weitere Handlungsempfehlungen zur Abfallvermeidung sind im Kommunikationskonzept und im Maßnahmenkatalog beschrieben.

Potenziale zur Steigerung des Recyclings

Nach § 3 Abs. 25 KrWG ist „Recycling [...] jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfälle zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden [...], nicht aber die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind.“ Die wesentlichen trockenen Wertstoffe, welche getrennt erfasst und einem Recycling zugeführt werden, sind

- Leichtverpackungen LVP („Gelber Sack“),
- Hohlglas (Glascontainer),
- Papier, Pappe, Kartonage (Container und Vereinssammlung, privatwirtschaftliche PPK-Tonne), und
- Elektronikaltgeräte E-Schrott (Rücknahme durch den Handel, Recyclinghöfe).

⁵⁶ Eigene Darstellung aus BMUB, 2013, S. 8.

Dennoch finden sich in der Restmülltonne Mengen dieser trockenen Wertstoffe, welche für das Recycling zusätzlich getrennt erfasst werden können. Zudem sollte insbesondere der Organikanteil, der sich derzeit im Restabfall befindet, in die Biotonne umgeleitet werden, um so eine hochwertige energetische und stoffliche Verwertung zu erfahren.

Insgesamt könnte eine Restmülltonne gemessen am bundesweiten Durchschnitt so potenziell um 60 bzw. maximal 132 kg/EW*a entfrachtet und damit umgelegt auf das Aufkommen der REK Mitglieder das Restabfallaufkommen von heute rund 200.000 t pro Jahr auf 133.000 bzw. 42.000 t reduziert werden. Durch das zusätzliche Recycling der trockenen Wertstoffe und die hochwertige Verwertung der organischen Fraktion können jährlich THG-Emissionen und Primärrohstoffe eingespart werden. Diese Reduktion ist in der Praxis kurzfristig zwar nicht denkbar, zeigt aber den Möglichkeitsraum für eine zukunftsweisende Kreislaufwirtschaft auf. Zwischenzeitlich bietet sich durch die bessere Vorsortierung des Restabfalls, eine Handlungsoption, um die enthaltenen Wertstoffe zurückzugewinnen (siehe Abschnitte Strategie und Maßnahmenkatalog).

3.5 Potenzialanalyse Wärmenutzung

Im Zuge des Teilkonzeptes Integrierte Wärmenutzung wurden 11 Schwerpunktgebiete mit abfallwirtschaftlichem Bezug identifiziert und deren Wärmebedarfe analysiert. Darauf basierend wurden Potenziale zur Wärmebereitstellung aus Stoffströmen im Zugriff der REK-Mitglieder, wie bspw. Altholz, Bio- und Grüngut eruiert.

3.5.1 Elf Schwerpunktgebiete im REK-Gebiet

Ziel war es, elf Schwerpunktgebiete mit abfallwirtschaftlichem Bezug verteilt im REK-Gebiet in Absprache mit den einzelnen Mitgliedern auszuwählen. Neben der Nähe zu einem abfallwirtschaftlichen Standort, um so regionale Energiepotenziale aus der Abfallwirtschaft erschließen zu können, wurde außerdem besonderes Augenmerk auf den Anschluss kreiseigener Liegenschaften bzw. öffentlicher Gebäude gelegt. Auch potenzielle Wärmegroßabnehmer waren ein Entscheidungskriterium zur Auswahl bestimmter Standorte sowie eine ausreichend hohe Wärmeabnahme und -dichte generell. Die ausgewählten Standorte zur näheren Betrachtung sind in folgender Karte ersichtlich.

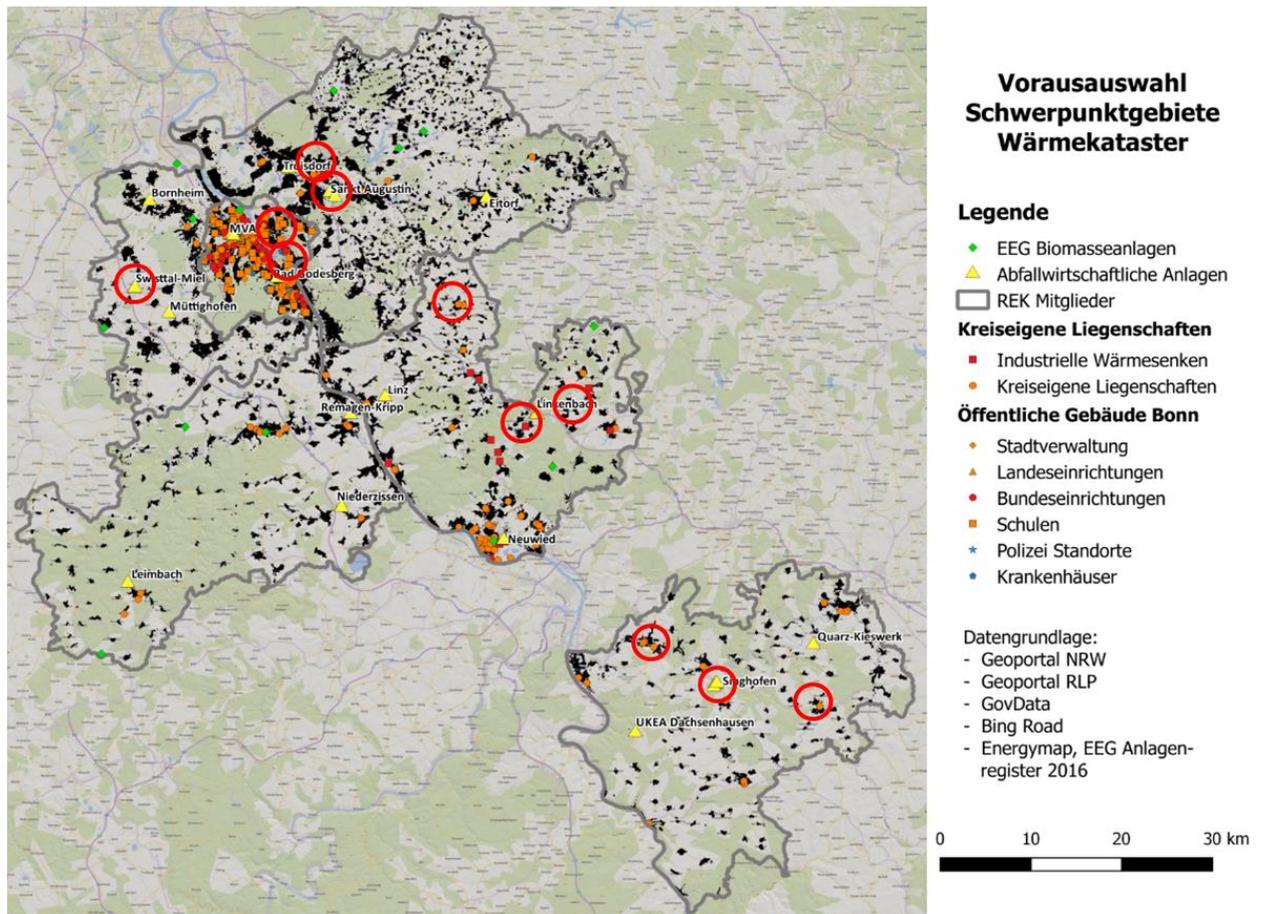


Abbildung 3-11: Elf Schwerpunktgebiete zur klimafreundlichen Wärmenutzung

Mit dem Ziel einer möglichst gleichmäßigen Verteilung der Schwerpunktgebiete im REK-Gebiet wurden jeweils drei Gebiete im Rhein-Sieg-Kreis, im Rhein-Lahn-Kreis und im Landkreis Neuwied sowie zwei Gebiete in der Bundesstadt Bonn ausgewählt. In Bonn war insbesondere der rechtsrheinische Stadtteil Bonn Beuel bezüglich einer Erweiterung des vorhandenen Fernwärmenetzes interessant. Da im Landkreis Ahrweiler im Hinblick auf öffentliche Gebäude kein konkreter Ansatzpunkt bzw. Handlungsbedarf vorhanden war, wurde hier kein Schwerpunktgebiet ausgewiesen. Die ausgewählten Schwerpunktgebiete sind:

- Rhein-Sieg-Kreis:
 - Sankt Augustin
 - Swisttal-Miel und Heimerzheim
 - Siegburg
- Rhein-Lahn-Kreis:
 - Bad Ems
 - Singhofen
 - Katzenelnbogen
- Neuwied
 - Linkenbach
 - Puderbach und Raubach
 - Asbach

- Bonn
 - o Bonn Beuel Süd
 - o Bonn Beuel Ost

3.5.2 Potenzialanalyse Wärmenutzung

Durch die zusätzliche energetische Nutzung von biogenen Reststoffen (Biogut, Grüngut und Altholz) sowie Solarenergie auf Gebäuden der REK-Mitglieder bieten sich Chancen, die Wärmeversorgung im Verbandsgebiet zunehmend aus regionalen und erneuerbaren Potenzialen zu realisieren. Im Sinne einer Kreislaufwirtschaft kann durch gezieltes Stoffstrommanagement ein Großteil der biogenen Stoffströme für die Beheizung kommunaler, öffentlicher und privater Gebäude genutzt werden. Mögliche Abwärmequellen aus bereits existierenden EEG-Anlagen und industrieller Produktion wurden mitbetrachtet, diese sind jedoch innerhalb der 11 ausgewählten Gebiete von geringer Bedeutung. Auch solare Potenziale wurden an einigen Standorten geprüft, im Fokus der Wärmeversorgung stehen jedoch die biogenen Stoffströme, die sich derzeit im Zugriff der REK-Mitglieder befinden. Darüber hinaus können auch externe Potenziale, z. B. aus der Landschaftspflege oder landwirtschaftliche Reststoffe, zur klimafreundlichen Wärmeversorgung im Zweckverband beitragen, diese wurden aber im Rahmen des Klimaschutzteilkonzeptes nicht weiter quantifiziert.

Durch die Errichtung einer regionalen Biogut-Verwertung (siehe Potenzialanalyse Biogut) entsteht eine Wärmequelle, welche genutzt werden sollte, um fossile Brennstoffe zu ersetzen. Nur dann ist eine hochwertige Verwertung mit regionalem Mehrwert gegeben. Auch sollen die festen biogenen Stoffströme des Grünguts und des Altholzes (aus der getrennten Erfassung und Sortierfraktion des Sperrabfalls) als Brennstoffe zu einer Verbesserung der Klimabilanz im Bereich der regionalen Wärmeversorgung beitragen. Das Wärmepotenzial dieser drei biogenen Stoffströme je REK Mitglied ist in folgender Tabelle dargestellt. Auch wenn im Landkreis Ahrweiler keine eigene Verwertung der Altholz- und Grüngutpotenziale betrachtet wird, stehen diese Mengen potenziell in der REK zur Verfügung und werden daher weiterhin mit betrachtet.

Tabelle 3-4: Wärmepotenziale aus biogenen Abfällen im REK Gebiet

Wärmepotenzial aus biogenen Abfällen	Altholz ¹		Grüngut		Biogut ²	Summe
	t/a	MWh/a	t/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a
Stadt Bonn	28.900	40.542	6.250	18.750		59.292
Rhein-Sieg-Kreis			7.130	21.390	19.700	41.090
Landkreis Neuwied	5.935	8.325	5.050	15.150		23.475
Rhein-Lahn-Kreis	3.945	5.534	3.350	10.050	10.800	26.384
Landkreis Ahrweiler	3.408	4.781	1.610	4.830		9.611
REK Gesamt	42.200	59.200	23.400	70.200	30.500	159.900

¹ Aussortiertes Anteil Sperrabfall und Al-III-Holz aus getrennter Sammlung, Wärmepotenzial aus Verwertung im Heizkraftwerk
² Potenzial aus BHKW-Abwärme des dezentralen Biogasanlagen-Konzeptes (St. Augustin, Miel, Singhofen)

Während die Erschließung der Wärmepotenziale des Bioguts an die Standorte der Biogasanlage (BGA) gebunden ist, welche sich aus dem dezentralen Biogasanlagenkonzept ergeben, sind die Altholz- und Grüngutfeuerungen nicht zwingend an den abfallwirtschaftlichen Aufbereitungsort gebunden. Aus dem Altholz ebenso wie aus dem Grüngut lassen sich Hackschnitzel herstellen, welche als Brennstoff lager- und transportfähig sind sowie bedarfsgerecht in der Heizperiode verfeuert werden können. Dies kann aufgrund der minderen Qualität erst bei größeren Anlagen wirtschaftlich sinnvoll erfolgen. Insbesondere bei der thermischen Altholzverwertung ist nur eine gemeinsame zentrale Verwertung aller Altholzmengen der REK an einem Standort mit hoher Wärmenachfrage sinnvoll. Grüngutfeuerungen hingegen sind auch in dezentralen Anlagen denkbar, aber eine gewisse Mindestgröße von mehreren oder großen Gebäuden ist Voraussetzung für den Einsatz der teuren Feuerungstechnik. Die Summe des Wärmepotenzials der biogenen Stoffströme im REK-Gebiet beträgt ca. 160.000 MWh/a, was der Versorgung von ca. 6.400 Einfamilienhäusern entspricht. Im Folgenden wird dieses Wärmeangebot mit der Wärmenachfrage der ausgewählten Schwerpunktgebieten abgeglichen, um so in nachfolgendem Kapitel 5.6 konkrete Projektansätze zu formulieren.

Darüber hinaus gibt es weitere biogene Energiepotenziale aus Reststoffen, welche jedoch für das Wärmekonzept nicht weiter quantifiziert werden. Dies betrifft zum Beispiel den Siebüberlauf aus der Biogutbehandlung, welcher heute bereits in regionalen Biomassekraftwerken verwertet wird und künftig ggf. gemeinsam mit dem Altholz in kommunaler Regie genutzt werden könnte. Des Weiteren gibt es Potenziale aus der Landschaftspflege bzw. Straßen-/Schienen-/Gewässerbegleitgrün sowie holzige Reste aus dem Obst- und Weinbau, welche grundsätzlich ebenfalls zu Hackschnitzeln verarbeitet und in dezentralen Feuerungsanlagen in Wert gesetzt werden können.

3.5.3 Wärmekataster

Für die elf ausgewählten Schwerpunktgebiete wurde jeweils eine GIS-basierte Wärmebedarfsanalyse durchgeführt und der Wärmebedarf in Wärmekatastern abgebildet. Hierbei wurden Wohngebäude, öffentliche Liegenschaften sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungsunternehmen unterschieden. Zunächst wurden hierzu die Daten der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) aufbereitet. Der Layer „Gebäude“ enthält i. d. R. alle Gebäude, die sich im Betrachtungsgebiet befinden. Über die Nutzungsart ist eine Differenzierung nach Wohngebäuden möglich. Die Gebäude werden anhand dieser Nutzungsart in unterschiedliche Kategorien eingeteilt:

- Wohngebäude
- Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe
- Öffentliche Gebäude

Teilweise ist diese Zuordnung unzureichend, da Mehrfachnutzungen eines Gebäudes vorliegen oder Gebäude wie Schuppen und Garagen als Gebäude für Wirtschaft und Gewerbe deklariert werden. Eine nachträgliche Unterscheidung wäre unter sehr großem zeitlichem Aufwand möglich, aber nicht zielführend, da im Wärmekataster die Gebäude aus dieser Kategorie nicht stark ins Gewicht fallen. Zudem liegt der Fokus der Wärmebedarfsanalyse auf großen Wärmeabnehmern und kreiseigenen Liegenschaften sowie einer ersten Makroanalyse für die Identifizierung interessanter Projektansätze.

Während bei den kreiseigenen Liegenschaften teilweise Realdaten zum Wärmeverbrauch zur Verfügung stehen, werden die Wärmebedarfe der übrigen Gebäude über Kennwerte berechnet. Dazu werden öffentliche Gebäude sowie Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungsgebäude mit einer Grundfläche von über 200 m² weiter je Nutzungsart kategorisiert und der nutzungsspezifische Wärmeverbrauchskennwert verwendet (siehe Tabelle 3-5). Die Grundfläche des Gebäudes steht ebenfalls über GIS-Daten zur Verfügung. Bei Gewerbe- und öffentlichen Gebäuden mit geringerer Grundfläche wird der Kennwert für „Büro, Verkauf und Dienstleistung“ angesetzt. Der Gesamtwärmeverbrauch eines Gebäudes berechnet sich dann aus der Grundfläche, der Geschosszahl und dem Wärmeverbrauchskennwert in kWh/m² bezogen auf die Bruttogeschossfläche. Während in den nordrhein-westfälischen Kommunen die Geschosszahl mit Hilfe der in den GIS-Daten angegebenen Gebäudehöhe ermittelt werden kann, erfolgt die Ermittlung der Geschosszahl in Rheinland-Pfalz über einen theoretischen Kennwert. Die verwendeten Kennwerte sind nachfolgend ersichtlich.

Tabelle 3-5: Kennwerte zur Wärmeverbrauchsermittlung⁵⁷

Nutzungsart	Wärmekennwert	Annahme Vollgeschoss*
	BGF VW in kWh/m ²	
Wohnen	140	2,0
Verarbeitendes Gewerbe	115	2,0
Büro, Verkauf & Dienstleistung	125	1,7
Gastgewerbe & Wäscherei	175	2,5
Freizeiteinrichtungen & Gemeinschaftsgebäude	120	2,0
Schwimmbad	500	1,0
Bildungseinrichtungen	110	2,5
Lager & Logistik	80	1,0
Krankenhaus & Seniorenheim	230	3,5
Gebäude ohne Wärmebedarf	0	1,0

*Diese Annahmen werden nur für RLP verwendet, da die Datengrundlage in NRW die Gebäudehöhe beinhaltet.

Zur besseren Überschaubarkeit und Identifikation der relevanten Verbraucher wurden diese Werte dann nicht nur gebäudescharf, sondern auch in einem Wärmeraster dargestellt. Der Wärmebedarf der einzelnen Objekte wird auf eine Flächeneinheit bezogen und in ein Rasternetz aufsummiert. Daraus ergibt sich die Wärmebedarfsdichte in MWh/ha*a. Dieser Wert wird

farblich abgestuft dargestellt und bildet somit einen Wärmekataster für das jeweilige Betrachtungsgebiet. In der folgenden Abbildung ist das Wärmekataster des Schwerpunktgebietes Bonn-Beuel Ost ersichtlich:

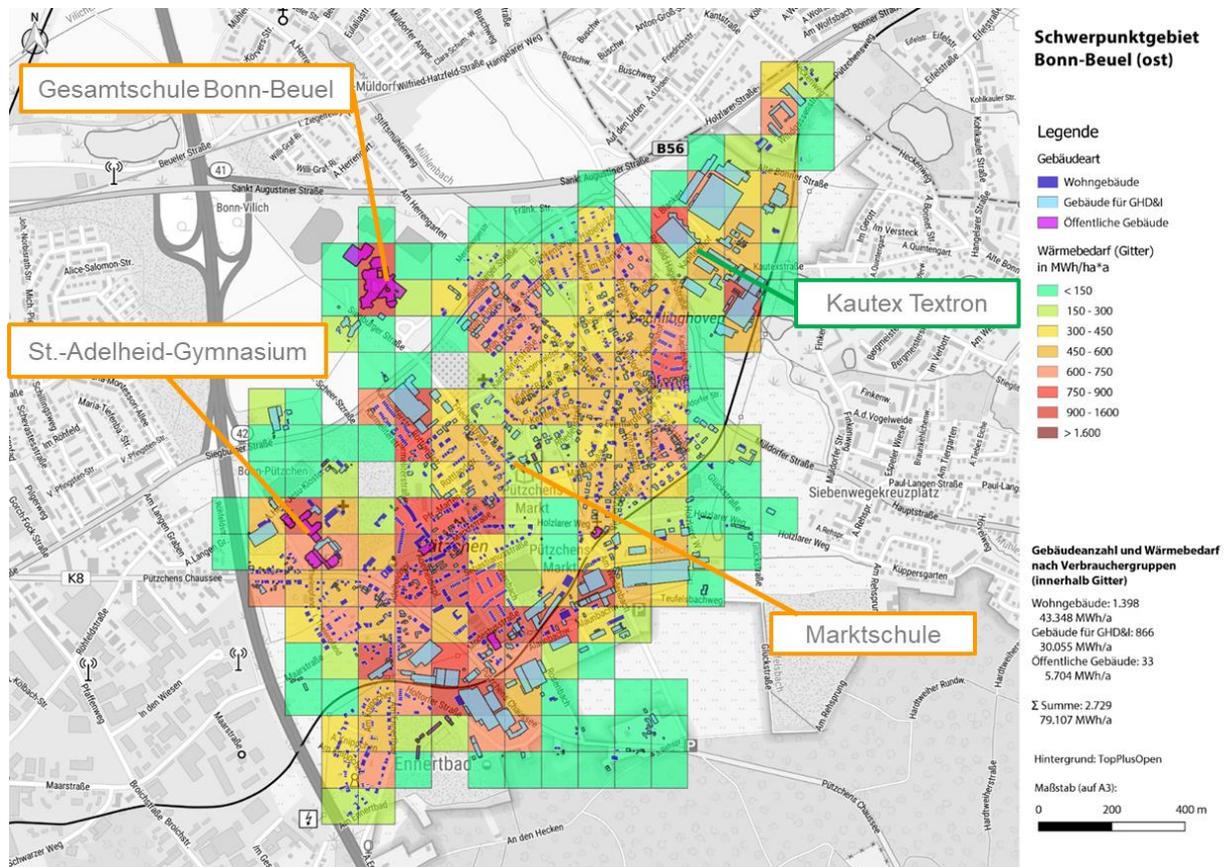


Abbildung 3-12: Wärmekataster Bonn Beuel Ost

Der errechnete Gesamt-Wärmebedarf für alle im Schwerpunktgebiete befindlichen Gebäude beträgt ca. 79.000 MWh/a. Neben der Darstellung der Funktion der Gebäude sind kreiseigene Liegenschaften sowie potenzielle öffentliche und industrielle Großabnehmer gesondert markiert. Die Wärmebedarfsdichte wurde auf Kacheln von 10.000 m² in MWh/a aufsummiert, so dass die Gebiete mit einem hohen Wärmebedarf und hoher Wärmedichte ersichtlich sind. Diese Bereiche mit einer von orange (600 MWh/a) bis roten Färbung (> 1.600 MWh/a) werden im Folgenden weiter betrachtet, weil die hier vorhandene Wärmebedarfsdichte die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes begünstigt. Zudem wurde ein besonderes Augenmerk auf kreiseigene Liegenschaften und große Wärmeabnehmer gelegt, die gesondert gekennzeichnet sind und die als Kristallisationspunkt für dezentrale Wärmenetze fungieren können. Während Bonn in den Stadtgebieten westlich des Rheines bereits über ein Fernwärmenetz (u. a. gespeist aus der MVA) verfügt, ist im rechtsrheinischen Stadtteil Bonn Beuel kein Wärmenetz vorhanden. Die Wärmekataster für alle weiteren zehn Schwerpunktgebiet sind nachfolgend abgebildet.

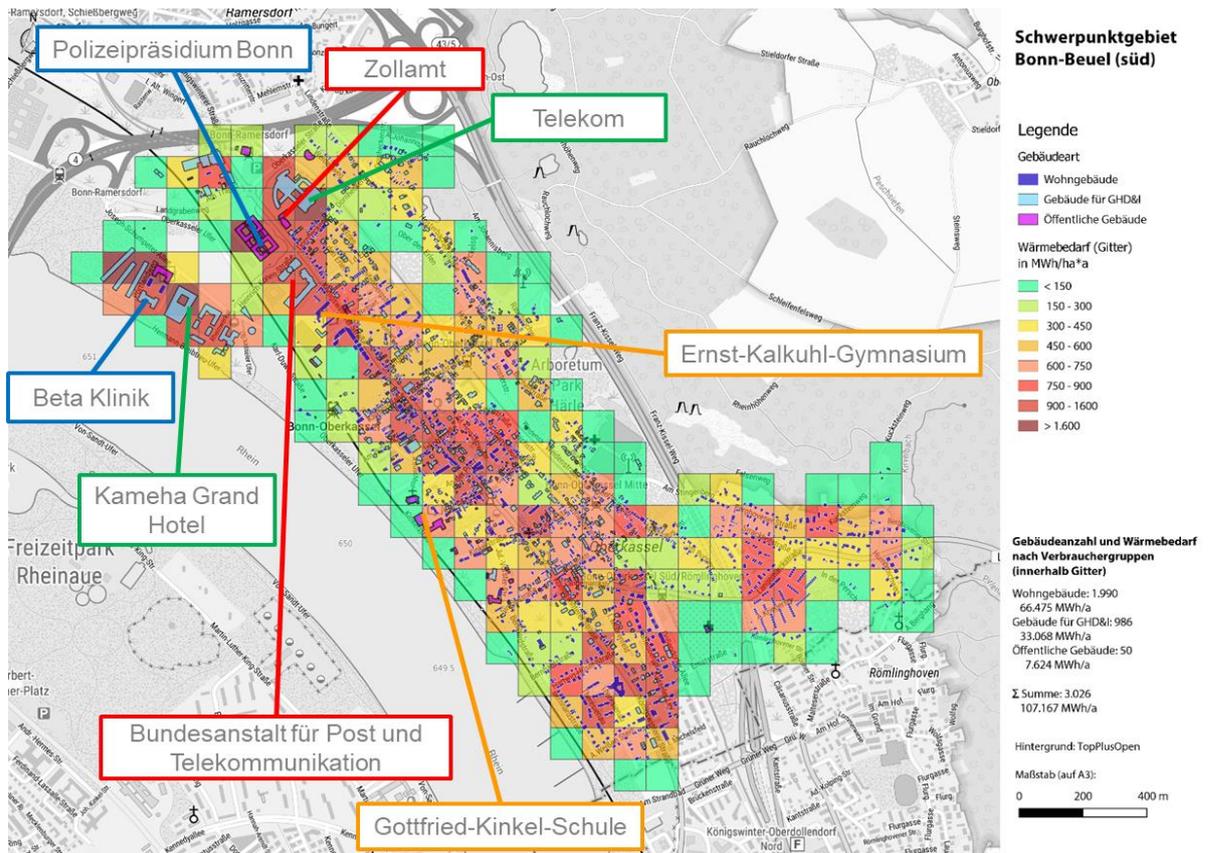


Abbildung 3-13: Wärmekataster Bonn Beuel Süd

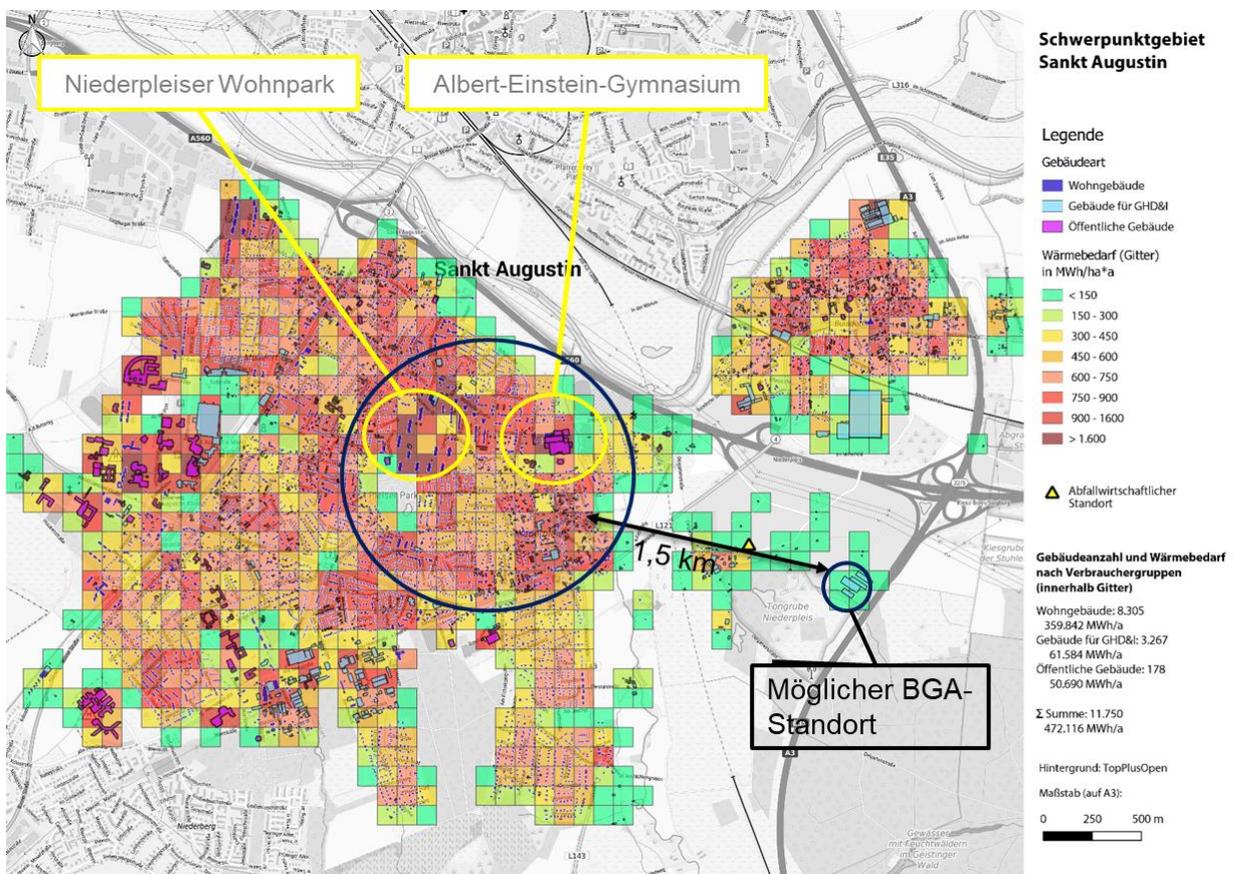


Abbildung 3-14: Wärmekataster Sankt Augustin

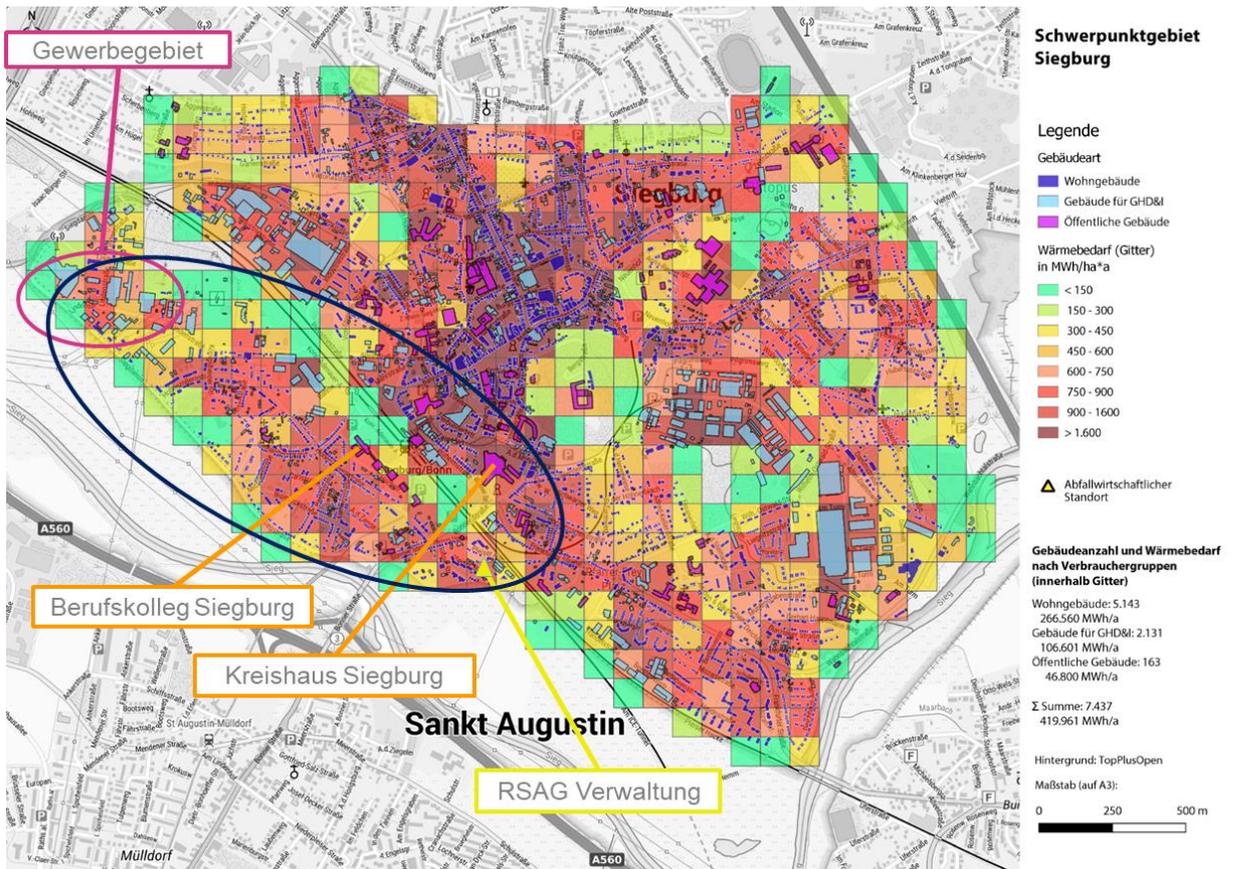


Abbildung 3-15: Wärmekataster Siegburg

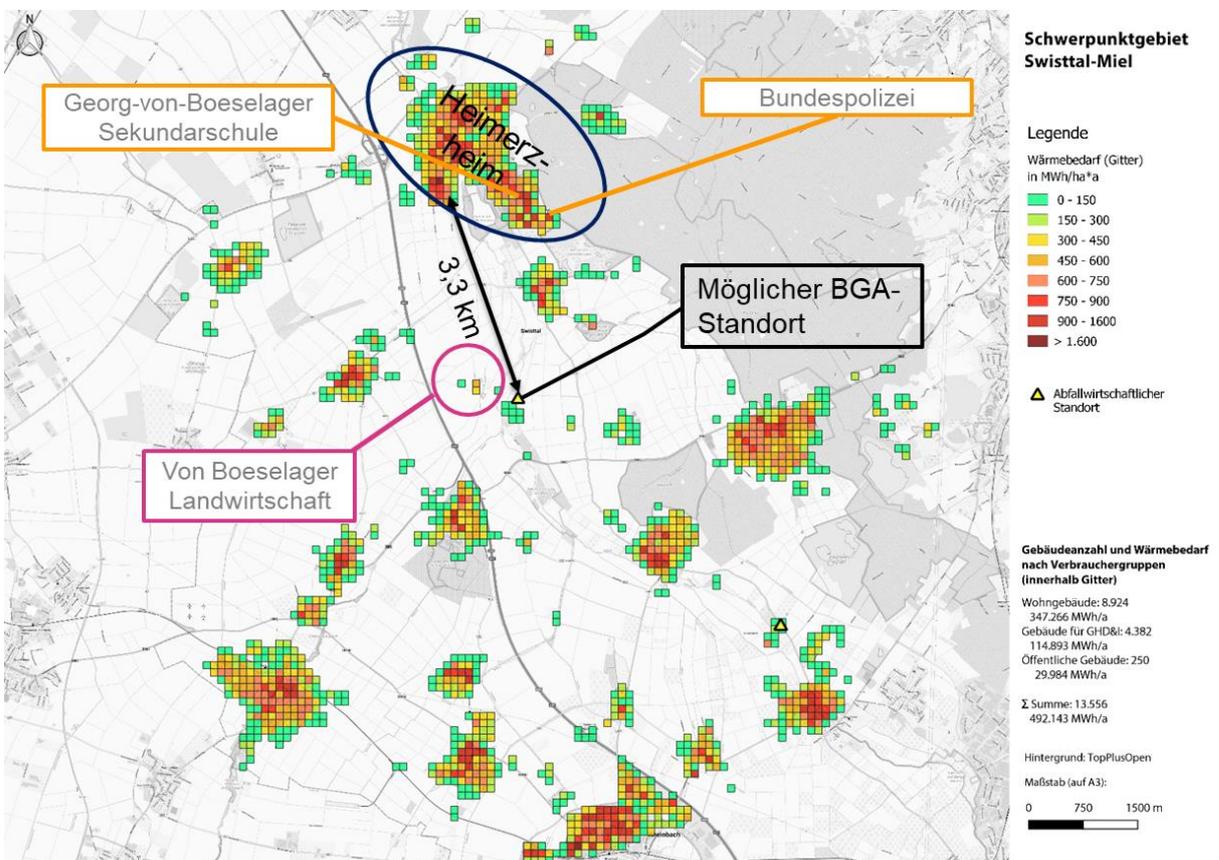


Abbildung 3-16: Wärmekataster Swisttal-Miel

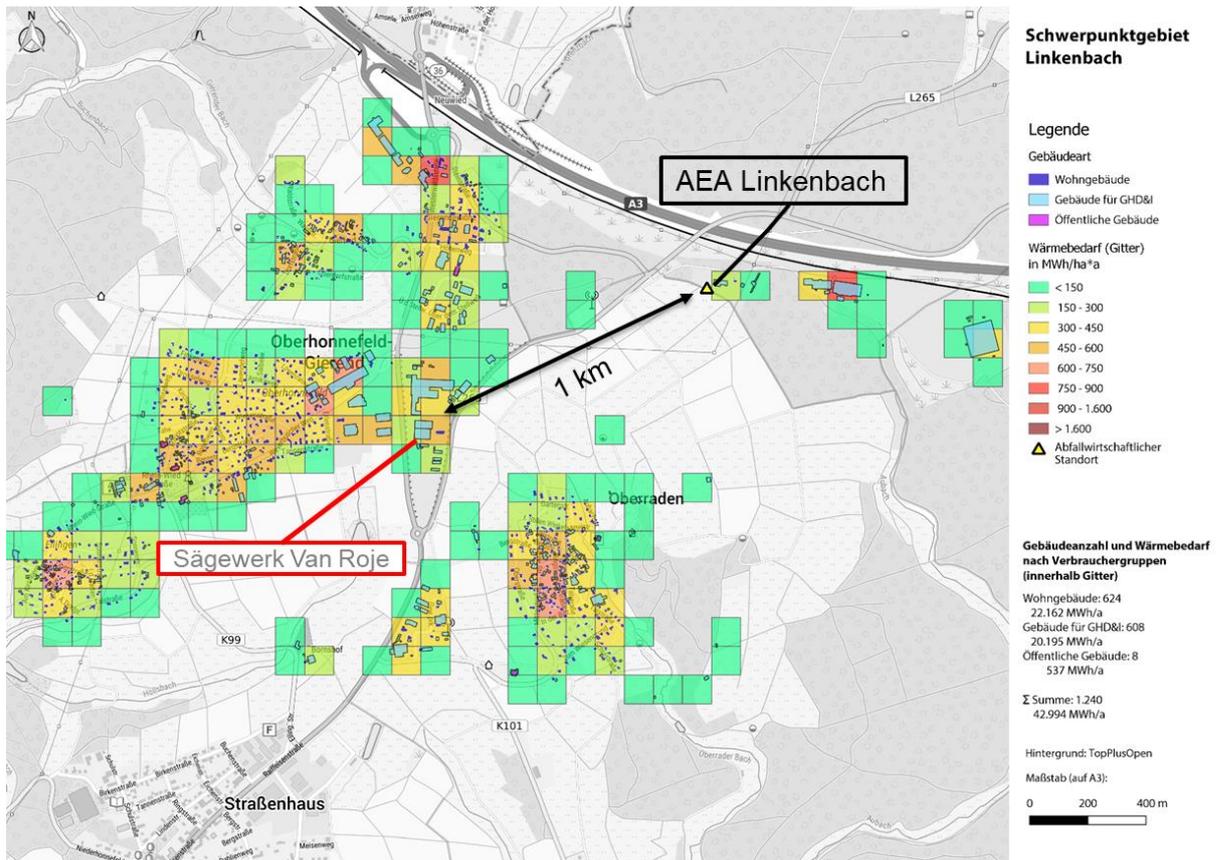


Abbildung 3-17: Wärmekataster Linkenbach

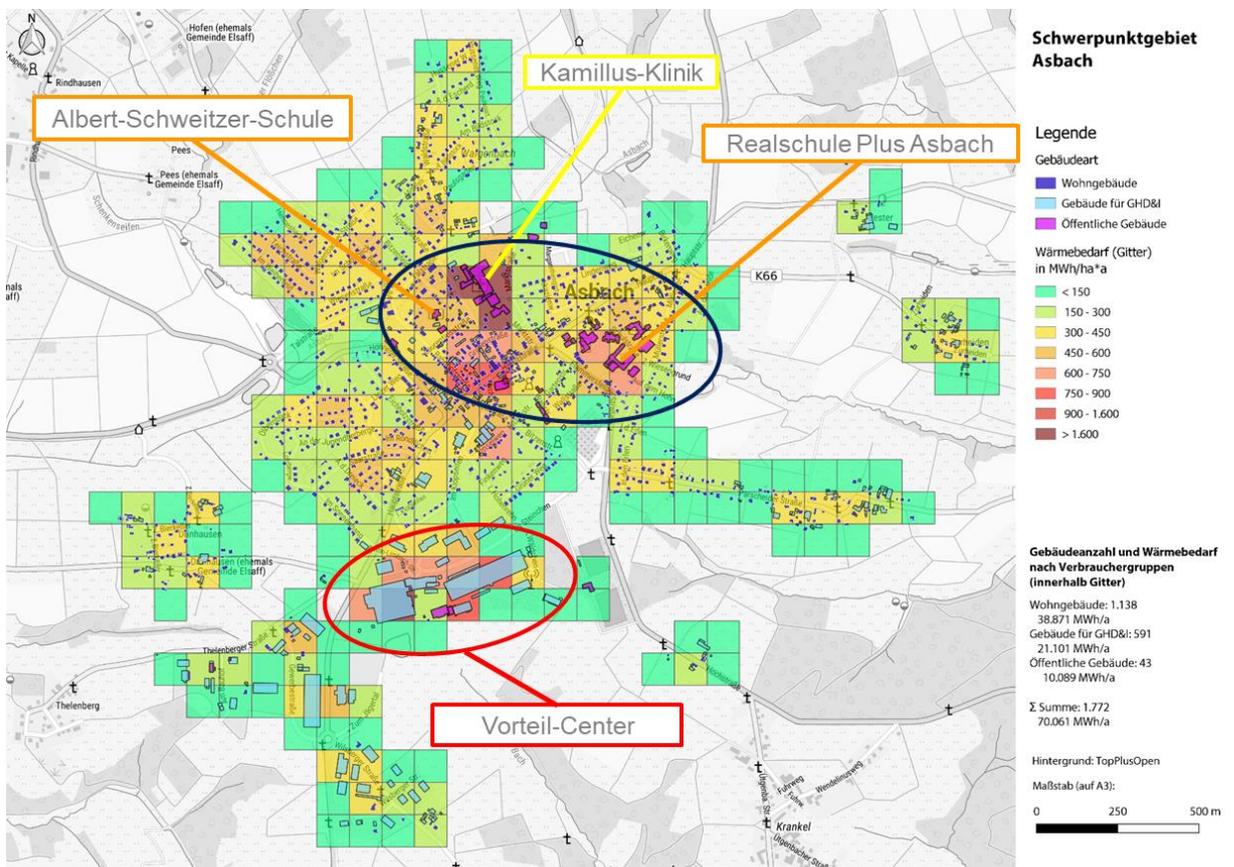


Abbildung 3-18: Wärmekataster Asbach

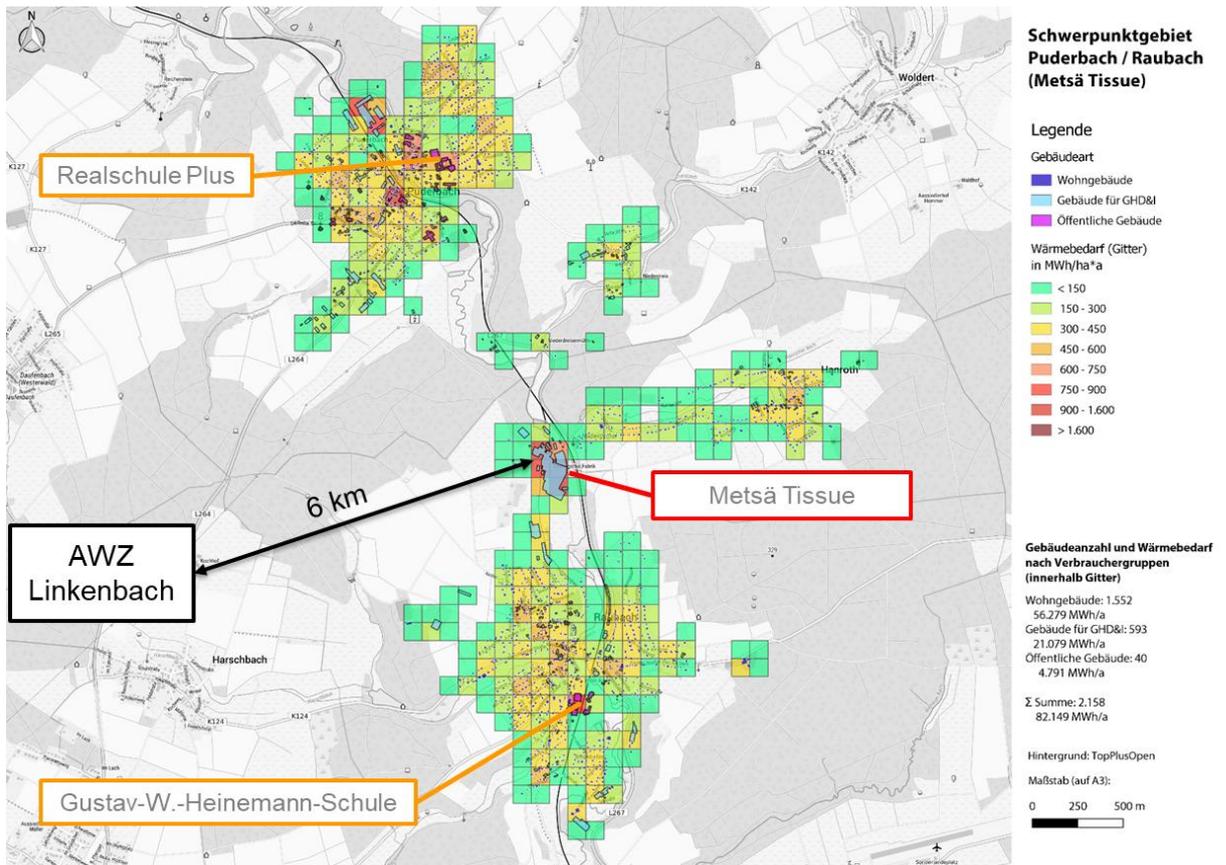


Abbildung 3-19: Wärmekataster Puderbach und Raubach (mit Metsä Tissue Werk)

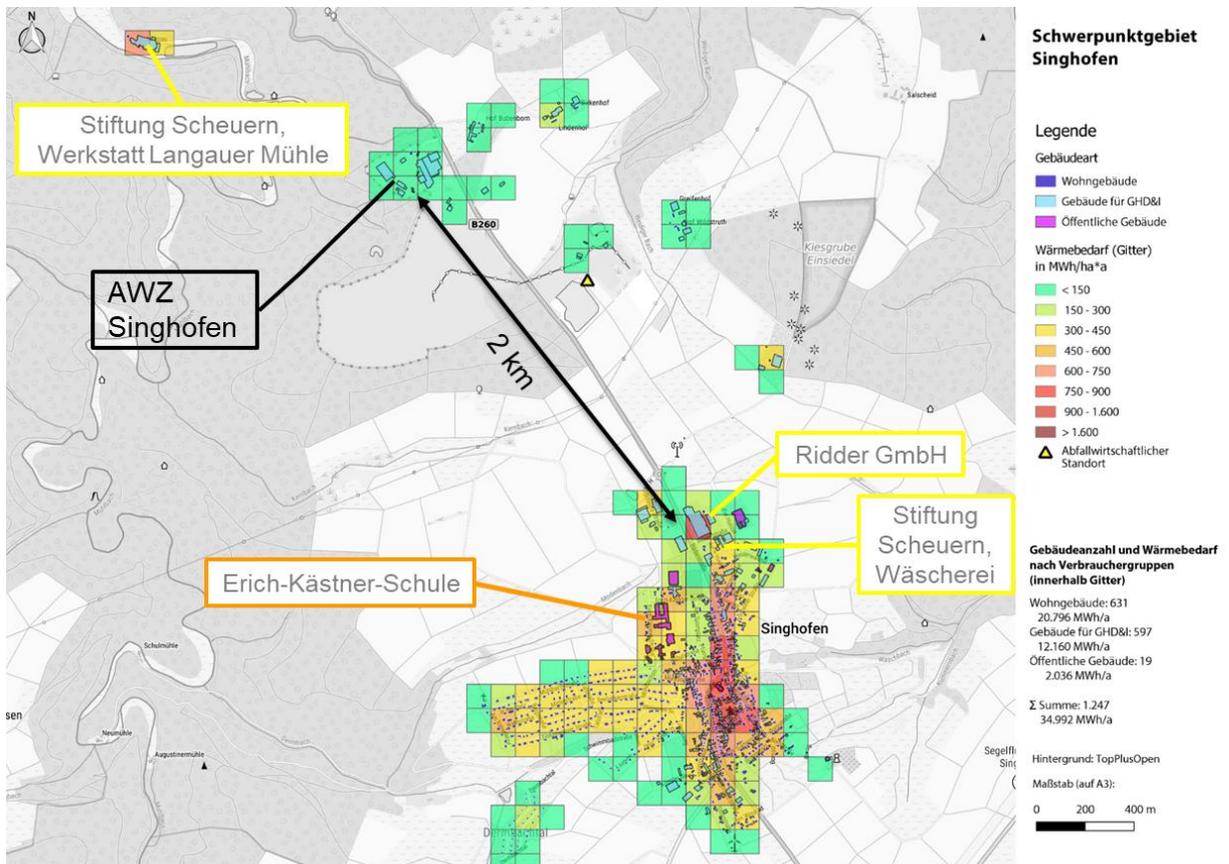


Abbildung 3-20: Wärmekataster Singhofen

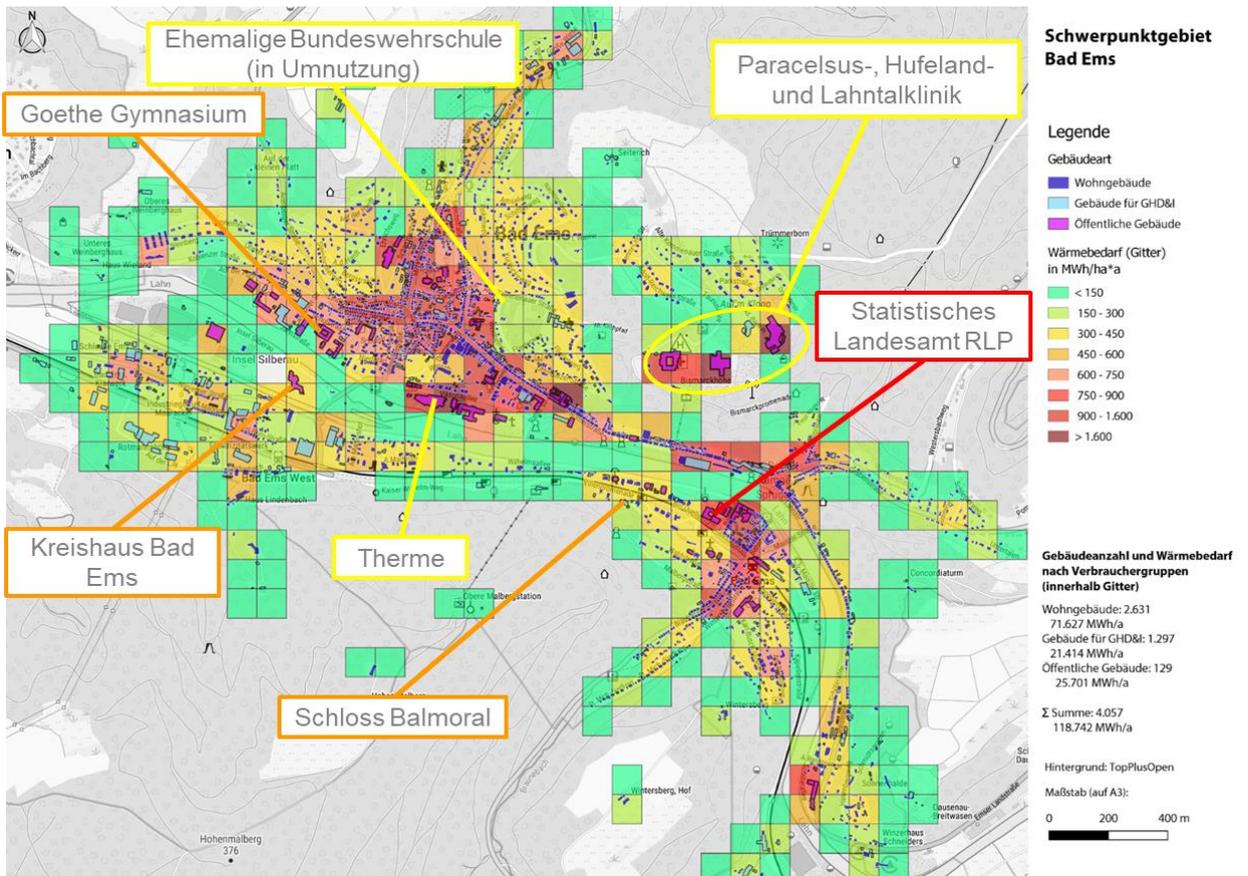


Abbildung 3-21: Wärmekataster Bad Ems

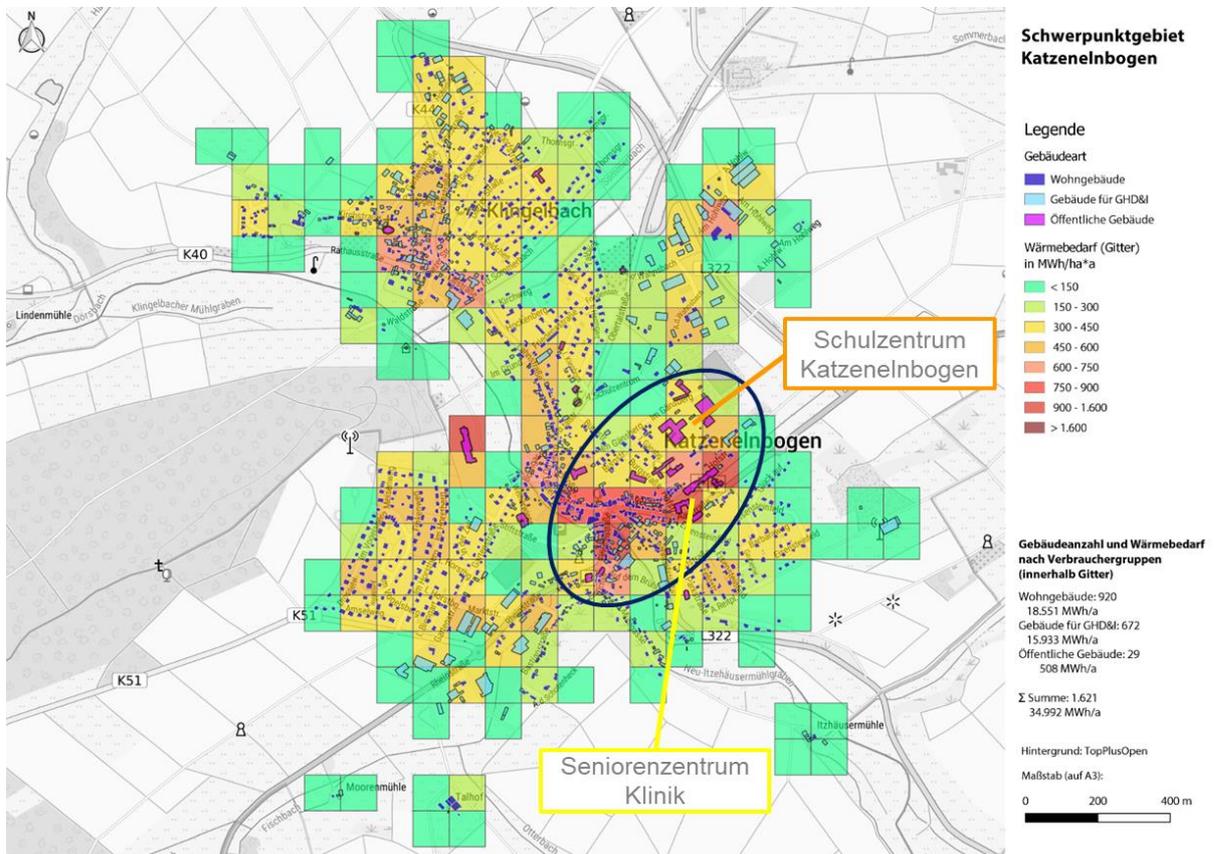


Abbildung 3-22: Wärmekataster Katzenelnbogen

3.5.4 Energie- und THG-Bilanz

Um im Folgenden den Beitrag zum Klimaschutz innerhalb der elf Schwerpunktgebiete quantifizieren zu können, ist es unerlässlich, die Energieversorgung, den Energieverbrauch sowie die unterschiedlichen Energieträger zu bestimmen. Die Analyse stützt sich dabei auf die Ergebnisse der GIS-basierten Wärmebedarfsanalyse aus vorangegangenem Kapitel. Darüber hinaus werden statistische Datengrundlagen zur Verteilung der Wärmebedarfe auf die unterschiedlichen Energieträger herangezogen um im Ergebnis die Treibhausgasemissionen ableiten zu können.

Die Betrachtung der Energiemengen bezieht sich im Rahmen des vorliegenden Konzeptes auf die Form der Endenergie (z. B. Heizöl, Holzpellets, Strom). Die verwendeten Emissionsfaktoren beinhalten die relevanten Treibhausgase CO₂, CH₄ sowie N₂O und werden als CO₂-Äquivalente (CO₂e) ausgewiesen. Die Faktoren stammen aus dem **G**lobalen **E**missions-**M**odell **i**ntegrierter **S**ysteme (GEMIS) in der Version 4.9⁵⁸. Sie beziehen sich ebenfalls auf den Endenergieverbrauch und berücksichtigen dabei auch die Vorketten z. B. aus der Anlagenproduktion oder der Brennstoffgewinnung.

Im Folgenden werden sowohl der Gesamtwärmeverbrauch als auch die derzeitigen Energieversorgungsstrukturen der elf Schwerpunkte für das Jahr 2016 dargestellt.

3.5.4.1 Gesamtwärmeverbrauch und Versorgungsstruktur

Zur Ermittlung des Gesamtwärmeverbrauchs innerhalb der elf Schwerpunktgebiete wurde die GIS-basierte Wärmebedarfsanalyse herangezogen. Diese weist einen Gesamtwärmeverbrauch in Höhe von ca. 1,95 Mio. MWh/a aus.

Eine Verteilung des Gesamtwärmeverbrauchs nach Verbrauchergruppen zeigt die folgende Abbildung:

⁵⁸ Vgl. Fritsche und Rausch 2013

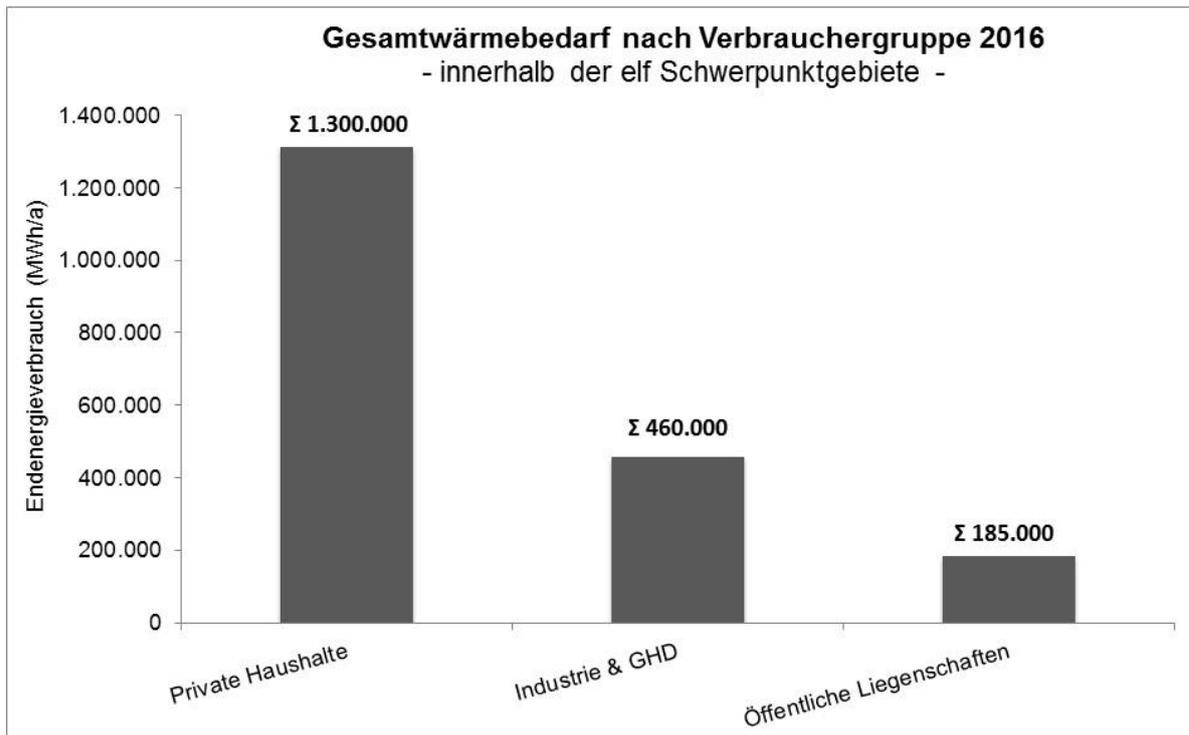


Abbildung 3-23: Gesamtwärmebedarf der Schwerpunktgebiete 2016 nach Verbrauchergruppen

Mit einem jährlichen Wärmebedarf von ca. 1,3 Mio. MWh weisen die privaten Haushalte den höchsten Anteil auf. Der Sektor Industrie & GHD benötigt dagegen jährlich ca. 460.000 MWh. Gemessen am Gesamtwärmebedarf stellen die öffentlichen Liegenschaften mit einer jährlichen Bedarfsmenge von etwa 185.000 MWh erwartungsgemäß die kleinste Verbrauchergruppe dar.

Um in einem nächsten Schritt die Klimawirkung ermitteln zu können, die mit dem Wärmebedarf in den unterschiedlichen Verbrauchergruppen einhergeht, wurden Annahmen zur Verteilung der Energieträger getroffen. Diese stützen sich zum einen auf die Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. (AGEB), die in ihren Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2013 bis 2016 eine verbrauchergruppenspezifische Zuordnung der Energieträger im Wärmebereich vornimmt. Zum anderen wurde der dena-Gebäudereport 2015 mit verschiedenen Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand herangezogen.

Die Verteilung des Gesamtwärmebedarfs nach Energieträgern kommt dabei zu folgendem Ergebnis:

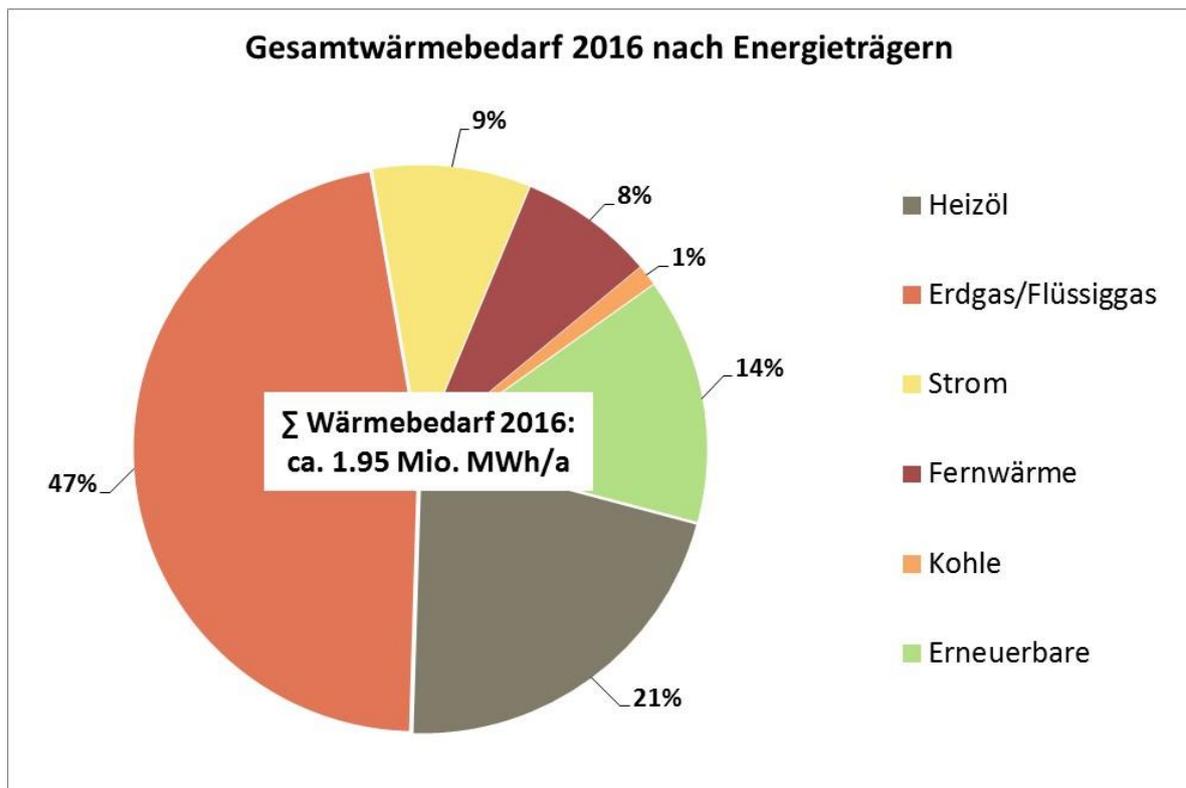


Abbildung 3-24: Gesamtwärmebedarf der Schwerpunktgebiete 2016 nach Energieträgern

Obenstehende Abbildung zeigt, dass das derzeitige Versorgungssystem im Wärmebereich augenscheinlich durch den Einsatz fossiler Energieträger geprägt ist. Für die regenerativen Energieträger ergibt sich demnach ein großer Ausbaubedarf.

3.5.4.2 Treibhausgasemissionen

Ziel der Treibhausgasbilanzierung auf kommunaler Ebene ist es, spezifische Referenzwerte für zukünftige Emissionsminderungsprogramme zu erheben. In der vorliegenden Bilanz werden die Treibhausgasemissionen (CO₂e) für den Wärmebereich auf Grundlage der zuvor erläuterten Wärmebedarfe quantifiziert. Die folgende Darstellung bietet einen Gesamtüberblick der relevanten Treibhausgasemissionen, welche für das Betrachtungsjahr 2016 errechnet wurden.

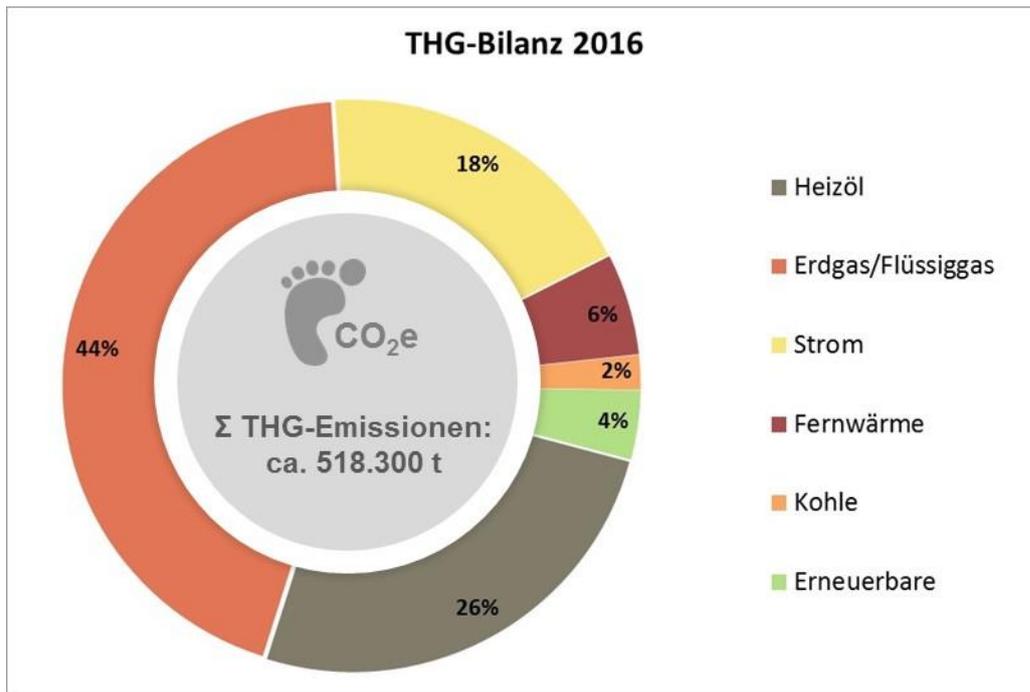


Abbildung 3-25 THG-Bilanz der Schwerpunktgebiete 2016

Für das Betrachtungsjahr 2016 wurden im Ergebnis jährliche Emissionen in Höhe von etwa 518.000 t CO₂e kalkuliert.

3.5.4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse nach Schwerpunktgebiet

Der ermittelte Gesamtwärmebedarf in Höhe von rund 1,95 Mio. MWh/a sowie die damit einhergehenden THG-Emissionen von rund 518.300 t/a stellen sich für die einzelnen Schwerpunktgebiete unter Berücksichtigung der jeweiligen Verbrauchergruppe wie folgt dar:

Schwerpunktgebiete nach Verbrauchergruppen	Wärmebedarf	THG-Emissionen
	MWh/a	CO ₂ e t/a
Bonn Beuel Ost	79.000 MWh	21.000 t
Private Haushalte	55%	55%
Industrie & GHD	38%	37%
Öffentliche Liegenschaften	7%	8%
Bonn Beuel Süd	107.000 MWh	28.400 t
Private Haushalte	62%	63%
Industrie & GHD	31%	30%
Öffentliche Liegenschaften	7%	7%
St Augustin	472.000 MWh	125.500 t
Private Haushalte	76%	77%
Industrie & GHD	13%	13%
Öffentliche Liegenschaften	11%	10%
Siegburg	420.000 MWh	111.200 t
Private Haushalte	64%	64%
Industrie & GHD	25%	25%
Öffentliche Liegenschaften	11%	11%
Swisttal-Miel	492.000 MWh	130.700 t
Private Haushalte	71%	71%
Industrie & GHD	23%	23%
Öffentliche Liegenschaften	6%	6%
Linkenbach	43.000 MWh	11.400 t
Private Haushalte	52%	52%
Industrie & GHD	47%	47%
Öffentliche Liegenschaften	1%	1%
Asbach	70.000 MWh	18.500 t
Private Haushalte	56%	56%
Industrie & GHD	30%	30%
Öffentliche Liegenschaften	14%	14%
Puderbach & Raubach	82.100 MWh	21.800 t
Private Haushalte	69%	69%
Industrie & GHD	26%	25%
Öffentliche Liegenschaften	5%	6%
Singhofen	35.000 MWh	9.300 t
Private Haushalte	59%	60%
Industrie & GHD	35%	34%
Öffentliche Liegenschaften	6%	6%
Bad Ems	118.700 MWh	31.300 t
Private Haushalte	60%	61%
Industrie & GHD	18%	18%
Öffentliche Liegenschaften	22%	21%
Katzenelnbogen	35.000 MWh	9.200 t
Private Haushalte	53%	54%
Industrie & GHD	46%	45%
Öffentliche Liegenschaften	1%	1%
Gesamtsumme	1.953.800 MWh	518.300 t

Tabelle 6: Wärmebedarf und THG-Emissionen je Schwerpunktgebiet nach Verbrauchergruppen

Die Energie- und THG-Bilanz dient als Referenz, um die Wirkung der Maßnahmenvorschläge aus Abschnitt 5.6 einzuordnen zu können.

3.6 Potenzialanalyse Mobilität

Der Energieverbrauch für die Mobilität des Entsorgungszweckverbandes wurde mithilfe der Fragebögen für die einzelnen öRE ermittelt. Der Inhalt dieser Befragungen war der Kraftstoffverbrauch der einzelnen Fahrzeuge, sowie deren Laufleistung, um die angegebenen Werte auf Plausibilität zu prüfen und gegebenenfalls fehlende Angaben zu ergänzen. Für den Verbrauch von einem Liter Diesel werden 328 g CO₂e/kWh angenommen. Dieser Wert umfasst die Dieselproduktion, den Transport und Verarbeitung in einer Tankstelle, sowie die Verbrennung im Motor des Lkws. Zur Berechnung des Energieinhaltes wurde der Faktor 9,86 kWh/l verwendet.

Tabelle 3-7 Jährliche Verbräuche, Kosten und CO₂e-Ausstoß der Sammelfahrzeuge

ÖRE	Verbrauch	Kosten	Energiemenge	t CO ₂ e
Rhein-Sieg-Kreis	1.274.884 l	1.473.765 €	12.570.356 kWh	4.123,08
Bonn	328.156 l	379.348 €	3.235.618 kWh	1.061,28
Neuwied	311.770 l	360.406 €	3.074.052 kWh	1.008,29
Rhein-Lahn-Kreis	380.920 l	440.343 €	3.755.871 kWh	1.231,93
Ahrweiler	300.726 l	347.639 €	2.965.161 kWh	972,57
Summe	2.596.456 l	3.003.501 €	25.601.058 kWh	8.397,15

Durch die Sammelvorgänge der REK wurden 25.600 MWh Energie in Form von Dieselmotorkraftstoff verbraucht. Dies verursachte Kosten von rund 3 Millionen €/a. Aus dem Treibstoffverbrauch resultiert im nächsten Schritt die ausgestoßene CO₂-Menge. Insgesamt werden durch die Sammlungen 8.397,15 t CO₂e ausgestoßen, wobei innerbetrieblicher Transport und der Ausstoß der Nutzfahrzeuge noch nicht mit eingerechnet sind.

Betrachtet man die gesamten gefahrenen Kilometer und die dabei verbrauchte Kraftstoffmenge, so erhält man pro Fahrzeug einen durchschnittlichen Verbrauch von 65,07 l/100 km. Durchschnittlich fährt ein Sammelfahrzeug 21.300 km und verbraucht dabei 13.900 l Diesel. Aus dieser Menge ergeben sich Kosten für den Kraftstoffverbrauch, bei einem angenommenen Dieselpreis von 115,6 ct/l, von 16.100 €. ⁵⁹ Die Kraftstoffkosten im Bereich der Sammlung belaufen sich somit auf 0,75 €/km.

Des Weiteren spielen aber auch die Fahrzeuge eine Rolle, die durch den Zweckverband für Dienstfahrten genutzt werden. Darunter fallen zum Beispiel Kombis oder Kleinwagen, aber auch Transporter. So unterhalten der Rhein-Lahn-Kreis sowie die RSAG jeweils sechs Fahr-

⁵⁹ Vgl. Statista, 2018.

zeuge und Neuwied vier. Auch im Kreis Ahrweiler werden derzeit vier Fahrzeuge zu Dienstreisen von den Mitarbeitern genutzt. Bonnorange hat hierzu keine weiteren Angaben gemacht, sodass insgesamt von einem Fahrzeugpool von etwa 20 Fahrzeugen ausgegangen werden kann. Die Fahrzeuge werden überwiegend von Einzelpersonen genutzt. Der Emissionsfaktor beträgt 309,31 g CO₂e/kWh⁶⁰. Diese Fahrzeuge verbrauchten im Jahr 2016 folgende Kraftstoffmengen.

Tabelle 3-8: Jährliche Verbräuche und Emissionen der Dienstfahrzeuge 2016

ÖrE	Laufleistung in km	Dieserverbrauch in l	Energieverbrauch in kWh	kg CO ₂ e
Rhein-Sieg	86.465	5.742	56.616	17.511
Neuwied	33.172	1.755	17.304	5.352
Rhein-Lahn	26.838	2.943	29.017	8.975
Ahrweiler	57.643	3.828	37.744	11.674
Summe	204.118	14.268	140.682	43.512

Mit diesen Rahmenbedingungen liegt der CO₂-Ausstoß bei rund 43.500 kg CO₂e für das Jahr 2016. Für die Kraftstoffe wurden insgesamt ca. 16.500 € ausgegeben.

Daneben stellt auch die Mobilität des Personals ein hohes Potenzial dar. Mit rund 75% reist ein Großteil der Belegschaft mit dem eigenen Pkw zum Arbeitsort.

Ausgehend von den abgefragten bzw. durchschnittlichen Arbeitsweg-Entfernungen lassen sich die jährlichen Personenkilometer auf die Verkehrsmittel berechnen und über einen spezifischen CO₂e-Faktor die Treibhausgasemissionen ableiten.

⁶⁰ Siehe Gemis Datenbank 4.95.

Tabelle 3-9: Jährliche Laufleistung und THG-Emissionen durch Mitarbeitermobilität

Verkehrsmittel	Pkm/a	kg CO ₂ e
Pkw	3.823.072	868.048
ÖPNV	233.200	15.703
Firmenwagen	47.520	10.790
Fahrgemeinschaften	219.956	24.971
Kraftrad	234.080	20.365
Fahrrad	380.138	1.549
E-Bike	49.280	179
Zu Fuß	41.360	0
Mehrere Verkehrsmittel	14.938	1.486
Summe	5.043.544	943.091

Im nachfolgenden Kreisdiagramm befindet sich eine Zusammenfassung des Emissionsausstoßes der verschiedenen Mobilitätsbereiche.

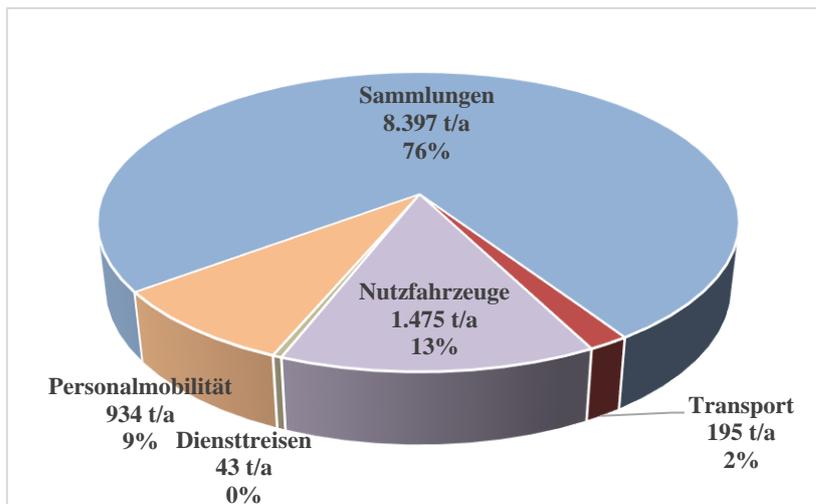


Abbildung 3-26: Zusammensetzung THG-Emissionen durch Mobilität

Insgesamt wird durch die direkte Mobilität der REK-Aktivitäten jährlich rund 11.000 t CO₂e ausgestoßen. Der größte Teil davon wird durch die Sammelvorgänge verursacht. Die Verwendung der Nutzfahrzeuge stößt mit 1.475 t rund 13% aus und durch die Mobilität des Personals werden 934 t ausgestoßen. Weniger verursachen Dienstreisen und der Reststofftransport, wobei die Daten in Bezug auf den Transport aufgrund mangelnder Verfügbarkeit und Erkenntnissen nicht vollständig sind.

Aus den Verbrauchsdaten der Sammelfahrzeuge geht hervor, dass hier ein hohes Einsparpotenzial vorhanden ist, da die Menge der CO₂e am höchsten ist. Hier können durch alternative

Antriebssysteme gute Resultate erzielt werden. Zwei wesentliche Ansatzpunkte sind die Nutzung von Biomethan als CNG-Treibstoff (Compressed Natural Gas). Dieser kann am Markt eingekauft werden oder auch in Teilen selbst aus dem Bioabfallaufkommen gewonnen werden. Mittelfristig bietet sich zudem die Elektromobilität auch für Müllfahrzeuge an. Beide Antriebe haben auch einen deutlichen geringeren Ausstoß an Luftschadstoffen und bieten einen Lösungsbaustein in der aktuellen Diesel-Debatte.

Durchschnittlich legt jeder Beschäftigte der REK 5.790 Pkm jährlich zurück. Dies entspricht einer Entfernung von circa 13 km zwischen dem Arbeits- und Wohnort. Hier können eine vermehrte Nutzung des ÖPNV oder Fahrgemeinschaften Einsparpotenziale erschließen.

Die konkreten Handlungsempfehlungen zur klimafreundlichen Mobilität sind in Abschnitt 5.7 und im Maßnahmenkatalog aufgeführt.

4 Akteursbeteiligung

Die erfolgreiche Entwicklung einer regional adaptierten Klimaschutzkonzeption macht es erforderlich, dass frühzeitig alle relevanten Akteure in den Erstellungsprozess eingebunden werden. Notwendige Aufgaben stellen zu Anfang die Identifikation der Schlüsselpersonen sowie deren Motivation und Einbindung für eine konstruktive Konzepterstellung dar. Dazu wurden unterschiedliche Partizipations- und Beteiligungsformate im Projektverlauf eingesetzt, wie beispielsweise:

- Zukunftswerkstatt
- Themen Workshops
- Orts- und Anlagenbesichtigungen
- Fach- und Einzelgespräche
- Informationsveranstaltungen und Einbindung von Gremien und Politik
- Steuerungsgespräche und Austausch mit der Geschäftsführung

Innerhalb des mit dem vorliegenden Klimaschutzkonzept eingeleiteten Stoffstrommanagementprozesses wurden folgende Themenbereiche durch die Akteursbeteiligung maßgeblich unterstützt und somit unter Beteiligung zahlreicher Mitarbeiter und Fachleute im Umfeld des REK erarbeitet:

- Bestandsaufnahme
- Potenzialanalyse
- Roadmap 2030+

Nur durch die intensive Zusammenarbeit konnte die erforderliche Betrachtungstiefe in den einzelnen Themenkomplexen und Stoffströmen überhaupt innerhalb der Projektlaufzeit erreicht werden. Auf die Darstellung von Details, Bildmaterial und dokumentierten Informationen zu den einzelnen Projekttreffen und -abstimmungen wird in diesem Kapitel weitestgehend verzichtet. Alle Informationen sind inhärent in die Erarbeitung der Projektergebnisse der oben genannten Kapitel eingeflossen bzw. stehen über die Ergebnisprotokolle in gesonderten Dokumenten dem Auftraggeber zur Verfügung. Nachfolgend seien die Termine und eingesetzten Formate kurz dargestellt.

4.1 Zukunftswerkstatt – Vision Kreislaufwirtschaftsverband

Der Beteiligungsprozess wurde zunächst in drei Arbeitsterminen eingeleitet, bei denen die Geschäftsführungen der REK-Mitglieder sowie Vertreter des IfaS beteiligt waren. Um strategische Betätigungsfelder anschließend mit einem größeren Mitarbeiterkreis zu identifizieren, wurde das Format „Zukunftswerkstatt“ gewählt.



Abbildung 4-1: Impressionen Zukunftswerkstatt I und II

Durch die Proklamation einer idealen Zukunft des REK erleichtert dieses Format den Abbau von Denkbarrieren jeglicher Art. Die Teilnehmer waren dazu aufgefordert, retrospektiv den Weg zu beschreiben, welcher den REK zu der idealen Zukunftsvision geführt hat.

Über den Moderations- und Beteiligungsprozess wurde eine Vision des REK für 2030 entwickelt, welche einen modernen und zukunftsorientierten Kreislaufwirtschaftsverband beschreiben könnte:

1. Der Abfallbegriff wird zunächst aus dem Sprachgebrauch und zunehmend auch in seiner Bedeutung eliminiert. Die sogenannten Abfälle, welcher sich die Konsumenten und Unternehmen entledigen, sind potenzielle Ressourcen für die Energie- und Sekundärrohstoffgewinnung. Dies ist bereits heute in einzelnen Reststofffraktionen erkennbar und wird sich bis 2030 auf nahezu alle Stoffströme erstrecken.
2. Bis 2030 sollen mindestens 90% der über den REK und seine Mitglieder erfassten Reststoffe hochwertig verwertet werden. Langfristiges Ziel bis 2050 ist die abfallfreie Gesellschaft, auf welche unter dem Leitbild „Zero Waste“ hingearbeitet wird. Um dies zu erreichen, wird das

Kreislaufwirtschaftssystem im Verbandsgebiet so weiterentwickelt, dass von der Abfallvermeidung über Erfassung und Transport bis hin zur Behandlung ökologisch hochwertige und ökonomisch sinnvolle Verwertungspfade erschlossen werden.

3. Die Kreislaufwirtschaft muss und wird zum Geschäftsmodell werden. Dies bedeutet auch, dass sich der REK dort konsequent der Verwirklichung der Kreislaufwirtschaft widmet, wo sich nachhaltige Geschäftsmodelle abzeichnen. Der REK wird künftig vom Entsorger zum Versorger mit Sekundärrohstoffen, Erden und Düngemittel sowie Energieträgern, Strom und Wärme.

4. Das Instrument zur Verwirklichung der Kreislaufwirtschaft ist das Stoffstrommanagement. Dies bedeutet, dass der REK seine Geschäftsfelder künftig vermehrt an den Stoffströmen orientiert und nicht allein an den ihm übertragenen öffentlich-rechtlichen Aufgaben. Im Sinne der Kreislaufwirtschaft und möglicher Geschäftsmodelle erschließt der REK neue Märkte innerhalb der kommunalen Kreislaufwirtschaft aber auch in Konkurrenz zur privaten Entsorgungs- und Sekundärrohstoffwirtschaft. Über das Stoffstrommanagement wird ein Management-Prozess eingeführt, welcher die regionalen Stoffströme kontinuierlich analysiert und deren Optimierung und Inwertsetzung als unternehmerisches Handlungsfeld begreift.

5. Dementsprechend wird sich der REK nicht auf die ihm übertragenen Aufgaben der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger beschränken, sondern mit einem separaten Geschäftsbereich neue Märkte der Kreislaufwirtschaft und des Stoffstrommanagements erschließen. Dazu wird eine Struktur geschaffen, welche unabhängig von der Gebührenfinanzierung tätig werden kann.

6. Der REK gestaltet den Rechtsrahmen im Sinne der Kreislaufwirtschaft künftig mit. Als Zweckverband setzt er sich für die regionale Kreislaufwirtschaft in kommunaler Hand ein. Auf Verbandsebene können die Interessen der Bürger, Kommunen und regionalen Unternehmen optimal gebündelt sowie in nachhaltiger Wirtschaftsweise umgesetzt werden. Der REK wird als starke kommunale Stimme bei der politischen Willensbildung auf Landes- und Bundesebene auftreten und ist bestrebt diese proaktiv mitzugestalten.

7. Gleichzeitig wird die regionale Wahrnehmung des Verbandes bei Bürgerschaft und Politik gestärkt. Transparenz und Bürgernähe sind Ziele, welchen sich der REK verschreibt. Der Verband wird als Garant für Gebührenstabilität und Entsorgungssicherheit sowie als Vorreiter für Klimaschutz, Umweltschutz und ökologische Nachhaltigkeit wahrgenommen.

4.2 Themen-Workshops

Das Ziel der themenorientierten Workshops war vielfältig. Zum einen folgten die Formate der Zielsetzung, die Bedürfnisse der Zweckverbandsmitglieder im jeweiligen Themenkomplex herauszuarbeiten. Zum anderen stand im Fokus, die unterschiedlichen Interessengruppen gleichberechtigt über ein kontrovers diskutiertes Sachproblem zu informieren, welches es gemeinsam aufzulösen gilt. Die Beteiligung erfolgte immer in themenbezogenen Kompetenzgruppen welche sich auf die jeweiligen Fähigkeiten der Personen fokussieren.

Die Veranstaltungen bestanden immer aus folgenden Elementen: Kennenlernen und Abfrage von Kompetenzen und Erfahrungen, individuelle Maßnahmenplanung sowie der Abschluss und Diskussion.

Tabelle 4-1: Durchgeführte Themen-Workshops

Nr.	Themen-Workshops	Datum	Teilnehmer	Themen, Schwerpunkte
1.	Biogut, Grüngut (WS I)	23.10.2017	siehe Protokoll	Validierung Bestandsdaten, Diskussion Handlungsansätze,
2.	Papier, Pappe, Kartonage (PPK) (WS I)	14.12.2017	siehe Protokoll	Validierung Bestandsdaten, Diskussion Handlungsansätze,
3.	Sperrabfall (WS I)	26.02.2018	siehe Protokoll	Validierung Bestandsdaten, Diskussion Handlungsansätze,
4.	PPK (WS II)	26.02.2018	siehe Protokoll	Vorstellung Handlungsansätze, Verabschiedung Daten und Maßnahmen, Ausblick und nächste Schritte
5.	Sperrabfall (WS II)	24.04.2018	siehe Protokoll	Vorstellung Handlungsansätze, Verabschiedung Daten und Maßnahmen, Ausblick und nächste Schritte
6.	Biogut, Grüngut (WS II)	24.04.2018	siehe Protokoll	Vorstellung Handlungsansätze, Verabschiedung Daten und Maßnahmen, Ausblick und nächste Schritte
7.	Restabfall (WS I)	14.06.2018	siehe Protokoll	Validierung Bestandsdaten, Diskussion Handlungsansätze,
8.	Restabfall (WS II)	30.08.2018	siehe Protokoll	Vorstellung Handlungsansätze, Verabschiedung Daten und Maßnahmen, Ausblick und nächste Schritte
9.	Standortentwicklung, Wärmenutzung (WS I)	11.09.2018	siehe Protokoll	Vorstellung Handlungsansätze, Verabschiedung Daten und Maßnahmen, Ausblick und nächste Schritte
10.	Strategie- und Ergebnisdiskussion	19.11.2018	siehe Protokoll	Ergebnisdiskussion, Strategie

Im Nachgang lässt sich dieses Format als zielführendes Element zur Diskussion von Fragestellungen und Sachproblemen zur kontinuierlichen Fortführung im Verband empfehlen. Die Bündelung von Fachkompetenzen der Zweckverbandsmitglieder gereicht zum Vorteil aller Beteiligten und eröffnet die Möglichkeiten Synergien und Kooperationspotenziale zu erschließen.

4.3 Orts- und Anlagenbesichtigung

Die durchgeführten Orts- und Anlagenbesichtigungen unterstützen den Planungsprozess visuell. Weiterhin wurden diese als geführte Informationsrundgänge ausgeführt, sodass auch die Bestandsaufnahme entsprechend validiert und erweitert werden konnte. Sie sind generell im Rahmen von Planungsprozessen zu empfehlen. Die Teilnehmenden tauschen sich hierbei aus, informieren sich oder erläutern Ideen und Ansätze.

Tabelle 4-2: Durchgeführte Orts- und Anlagenbesichtigungen

Nr.	Orts- und Anlagenbesichtigungen	Datum	Teilnehmer	Themen, Schwerpunkte
1.	Standortbesichtigung MBA Singhofen	19.04.2017	Günter Müller, Andreas Warnstedt, Daniel Oßwald, Jackeline Martinez, Christian Bender	Datenaufnahme, Besichtigung, Abstimmung
2.	Standortbesichtigung Papiersortierung	19.04.2017	Thomas Kötting, Daniel Oßwald, Jackeline Martinez, Christian Bender	Datenaufnahme, Besichtigung, Abstimmung
3.	Standortbesichtigung MVA Bonn	15.05.2017	Manfred Becker, Wolfgang Bender, Tobias Gruben, Christian Bender, Carsten Schütte	Datenaufnahme, Besichtigung, Abstimmung
4.	Standortbesichtigung MBA Linkenbach	30.06.2017	Petra Knopp, Stefan Kraus, Daniel Oßwald, Jackeline Martinez, Christian Bender	Datenaufnahme, Besichtigung, Abstimmung
5.	Standortbesichtigung Umladestation Neuwied	19.07.2017	Ines Finger, Daniel Oßwald	Datenaufnahme, Besichtigung, Abstimmung
6.	Standortbesichtigung Sankt Augustin	05.09.2017	Meinolf Hein, Daniel Oßwald, Karsten Wilhelm	Datenaufnahme, Besichtigung, Abstimmung
7.	Standortbesichtigung Troisdorf	23.10.2017	Michael Dahm, Thomas Kötting, Tobias Gruben, Daniel Oßwald, Karsten Wilhelm	Datenaufnahme, Besichtigung, Abstimmung

Dieses Element wurde im Rahmen der Klimaschutzkonzeption schwerpunktmäßig zum Nutzen des Auftragnehmers eingesetzt. Künftig könnte es von Interesse sein, eine Orts- und Anlagenbezogene Besichtigung mit zuständigen Fachpersonen der örE im Zweckverband als Element einzuführen. Insbesondere im Rahmen von Pilotversuchen, Verfahrensumstellungen und zur Mitteilung von neuen Erkenntnissen könnte dies eine zielführende Vernetzung darstellen.

4.4 Steuerungs-/Fach- und Einzelgespräche

Im Unterschied zu häufig rein technisch orientierten Studien, welche eine konkrete Fragestellung adressieren, enthält die Klimaschutzkonzeption zahlreiche, diverse Themen- und Fragestellungen.

Dabei ist zunächst eine regelmäßige Rückkopplung der Konzepterstellung mit dem Auftraggeber entscheidend, damit ein kontinuierlicher Informationsfluss über die gesamte Projektlaufzeit aufrecht erhalten bleibt. Dazu fand ein regelmäßiger Austausch mit einer Steuerungsgruppe aus Geschäftsführung und Geschäftsbesorgung, ggf. erweitert um die Leitung der jeweiligen örE, statt.

Insgesamt fanden fünf Sitzungen der Steuerungsgruppe von Juni 2017 bis Oktober 2018 statt. Die Termine dienten dazu, Zwischenergebnisse zu diskutieren und die jeweils nächsten Bearbeitungsschritte vorzubereiten. Die Auswahl der Workshop Themen, erforderliche Orts- und Anlagenbesichtigungen und Einzel- und Fachgespräche wurden gemeinsam mit der Steuerungsgruppe abgestimmt und koordiniert. Neben den Steuerungsgesprächen fanden zahlreiche Fach- und Einzelgespräche zur Validierung unterschiedlicher Themen und Fragestellungen statt.

Tabelle 4-3: Durchgeführte Gruppen- und Einzelgespräche

Nr.	Steuerungs- / Fach- und Einzelgespräche	Datum	Teilnehmer	Themen, Schwerpunkte
1.	Steuerungsgespräch	21.06.2017	Projektleitung, Geschäftsführung, Geschäftsbesorgung	Projektkoordination
2.	Steuerungsgespräch	06.11.2017	Projektleitung, Geschäftsführung, Geschäftsbesorgung	Projektkoordination
3.	Steuerungsgespräch	23.03.2018	Projektleitung, Geschäftsführung, Geschäftsbesorgung	Projektkoordination
4.	Fachgespräch RSAG	06.04.2018	Meinolf Hein, Daniel Oßwald	Biogut- und Grüngut-Verwertung
5.	Steuerungsgespräch	18.04.2018	Projektleitung/-management, Geschäftsführung, Geschäftsbesorgung	Projektkoordination
6.	Fachgespräch Tomra	08.05.2018	Jackeline Martinez, Christian Bender,	NIR-Sortierung MBA, MVA
7.	Fachgespräch SWB	09.05.2018	Theo Waerder, Daniel Oßwald	Wärmenutzung, Fernwärme
8.	Fachgespräch Vecoplan	09.06.2018	Jackeline Martinez, Christian Bender, Tobias Gruben	Aufbereitung Sortierfraktionen MBA, MVA
9.	Steuerungsgespräch	16.10.2018	Projektleitung/-management, Geschäftsführung, Geschäftsbesorgung	Projektkoordination
8.	Fachgespräch Stiftung Scheuern	09.06.2018	Günter Müller, Andreas Warnstedt, Tobias Gruben, Ulrike Kirschnick	Stoffliche / Energetische Verwertung, Kooperation Upcycling

4.5 Einbindung von Gremien und Information

Neben den inhaltlichen Fragestellungen und themenorientierten Workshops wurden vier Informationsveranstaltungen durchgeführt. Im Wesentlichen verfolgte man die Absicht, die Politik und Aufsichtsgremien des Verbandes frühzeitig in den Erarbeitungsprozess einzubinden.

Tabelle 4-4: Durchgeführte Gremien- und Öffentlichkeitsinformation

Nr.	Informationsveranstaltungen	Datum	Teilnehmer	Themen, Schwerpunkte
1.	Verbandsversammlung REK	27.01.2017	Verbandsversammlung	Information
2.	Auftaktveranstaltung	16.03.2017	siehe Protokoll	Information
3.	Verbandsversammlung REK	30.08.2017	Verbandsversammlung	Zwischenbericht Projektergebnisse
4.	VKU-Fachtagung	04.09.2018	Öffentlich	Methodik-Vorstellung und Diskussion

Alle Veranstaltungen wurden durch den Auftragnehmer vorbereitet, moderiert und im Nachgang mittels Ergebnisprotokoll dokumentiert.

5 Roadmap 2030+

Vor dem Hintergrund des vorliegenden Klimaschutzkonzeptes wurde eine Strategie für die Entwicklung der REK mit dem Zieljahr 2030 entwickelt, welche dem Verband auch darüber hinaus eine nachhaltige Perspektive bietet. Die Herausforderung besteht darin, Klimaschutzanstrengungen zu erhöhen und dies mit anderen Entwicklungszielen sowie Interessen der einzelnen örE zu verbinden. Von daher wurde die nachfolgende Handlungsempfehlung unter Maßgabe der abgebildeten Kriterien-Hierarchie erarbeitet.



Abbildung 5-1: Kriterien-Hierarchie für die Strategie-Entwicklung

Ausgangslage des Konzeptes ist der Klimaschutz, weswegen sich die Strategie an diesem Ziel zuvorderst orientiert. Des Weiteren ist die Strategie aus der Perspektive des Zweckverbandes entwickelt, kann daher nicht primär an Einzelinteressen der örE ausgerichtet sein, sollte diese aber ausgewogen berücksichtigen. Die Ökonomie ist ein weiteres Kriterium, an welchem sich die konkreten Umsetzungsschritte messen lassen müssen, wobei hierbei nicht die unmittelbare Kosteneinsparung im Vordergrund steht. Schließlich soll die Kreislaufwirtschaft auf regionaler Ebene gestärkt werden, weswegen kommunale Investitionen und Partnerschaften vor Ort vorzuziehen sind.

Auf dieser Prämisse ist die Handlungsempfehlung im Folgenden gegliedert nach

- den Stoffströmen,
- der Entwicklung ausgewählter Anlagenstandorte,
- weiteren Kooperationsmaßnahmen in der Kreislaufwirtschaft,
- Maßnahmen zur integrierten Wärmenutzung und
- Maßnahmen zur klimafreundlichen Mobilität.

Ein Maßnahmenkatalog bricht die strategischen Handlungsfelder auf einzeln Vorhaben herunter.

5.1 Bioabfall-Verwertung

5.1.1 Mengenszenario Biogut bis 2030

Die Entwicklung der Abfallmengen wird durch verschiedene Faktoren unterschiedlich stark und z. T. wechselseitig beeinflusst. Viele Einflussfaktoren und ihre Auswirkungen auf einen bestimmten Abfallstrom sind nicht direkt messbar und oft nur schwer abzuschätzen. Daraus folgt, dass Prognosen immer mit einer großen Unsicherheit behaftet sind.

Die Mengenprognose für den Mengenstrom Biogut für das Jahr 2030 für den Zweckverband, erfolgt auf Basis der Realdaten der Jahre 2013 – 2016. Ausgehend von dieser Datenbasis wurden zwei Szenarien zur zukünftigen Entwicklung des Biogutaufkommens abgeleitet.

Szenario 1: Bevölkerungsbereinigtes Trendszenario

Szenario 1 beschreibt die Entwicklung des Biogutaufkommens unter dem Einfluss der künftigen Bevölkerungsentwicklung. Hierbei wird die Bevölkerungsentwicklung als wesentlicher quantifizierbarer Einflussfaktor angesehen, der die künftige Mengenentwicklung des Bioguts beeinflussen wird. Zur Prognose des Biogutaufkommens von 2017 – 2030 in Szenario 1, wird die potenzielle Trendfortschreibung der Vergangenheitswerte (2013 – 2016) herangezogen. Der Einfluss der Bevölkerungsentwicklung auf das Biogutaufkommen wird auf Grundlage der bevölkerungsbereinigten Vergangenheitswerte potenziell fortgeschrieben. Zur Berechnung des Gesamtaufkommens (t/a) erfolgt die Hochrechnung des potenziellen Trends (bevölkerungsbereinigt) mittels bestehender Demografiestudien aus RLP und NRW.

Szenario 1 - IST Biogut 2016	kg/EW	EW	t	Szenario 1 Biogut 2030	kg/EW	EW	t	Differenz IST kg/EW
SU	125,0	597.854	74.785	SU	124,0	588.570	72.798	-1,0
BN	50,0	324.919	16.326	BN	50,0	331.920	16.551	0
NR	172,0	181.537	31.183	NR	177,0	165.209	29.221	5,0
EMS	126,0	123.543	15.727	EMS	125,0	110.319	13.737	-1,0
AW	94,6	128.455	12.152	AW	93,0	116.916	10.832	-1,6
REK Gesamt	/		150.173	REK Gesamt	/		143.139	/

Tabelle 5-1: Mengenentwicklung Biogut 2030 zu 2016 in Szenario 1

Aus obenstehender Tabelle geht hervor, dass unter dem Einfluss der prognostizierten Bevölkerungsentwicklung das Biogutaufkommen im Verbandsgebiet von 150.000 t im Jahr 2016 um 7.000 t auf 143.000 t im Jahr 2030 sinken wird.

Szenario 2: Szenario zur Ableitung von Handlungsempfehlungen

Szenario 2 bildet das favorisierte Szenario zur Ableitung von Handlungsempfehlungen auf Basis des VKU-Benchmarks ab. Für die Zielwerte in kg/EW im Jahr 2030 wurde die VKU Benchmark Obergrenze (75%-Quartil) herangezogen. Dies entspricht für die Landkreise Rhein-Sieg, Rhein-Lahn und Ahrweiler einem Biogutaukommen im Jahr 2030 pro Einwohner von 129,6 kg, für die Stadt Bonn 70,2 kg pro Einwohner und für den Landkreis Neuwied 172,6 kg pro Einwohner.

Szenario 2 - IST Biogut 2016	kg/EW	EW	t	Szenario 2 Biogut 2030	kg/EW	EW	t	Differenz IST kg/EW
SU	125,0	597.854	74.785	SU	129,6	588.570	76.279	4,6
BN	50,0	324.919	16.326	BN	70,2	331.920	23.301	20,2
NR	172,6	181.537	31.183	NR	172,6	165.209	28.515	0,0
EMS	126,0	123.543	15.727	EMS	129,6	110.319	14.297	3,6
AW	94,6	128.455	12.152	AW	129,6	116.916	15.152	35,0
REK Gesamt	/		150.173	REK Gesamt	/		157.544	/

Tabelle 5-2: Mengenentwicklung Biogut 2030 zu 2016 in Szenario 2

Unter den getroffenen Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung und den angenommenen Zielwerten hat der Zweckverband eine Biogutmenge im Jahr 2030 von 157.500 t. Dies entspricht einer Mengensteigerung von 7.500 t im Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 2016.

Die nachstehende Grafik zeigt zusammenfassend die Prognose der zwei Szenarien auf Basis der Realdaten und getroffenen Annahmen für das Biogutaukommen im Verbandsgebiet für die Jahre 2017 - 2030.

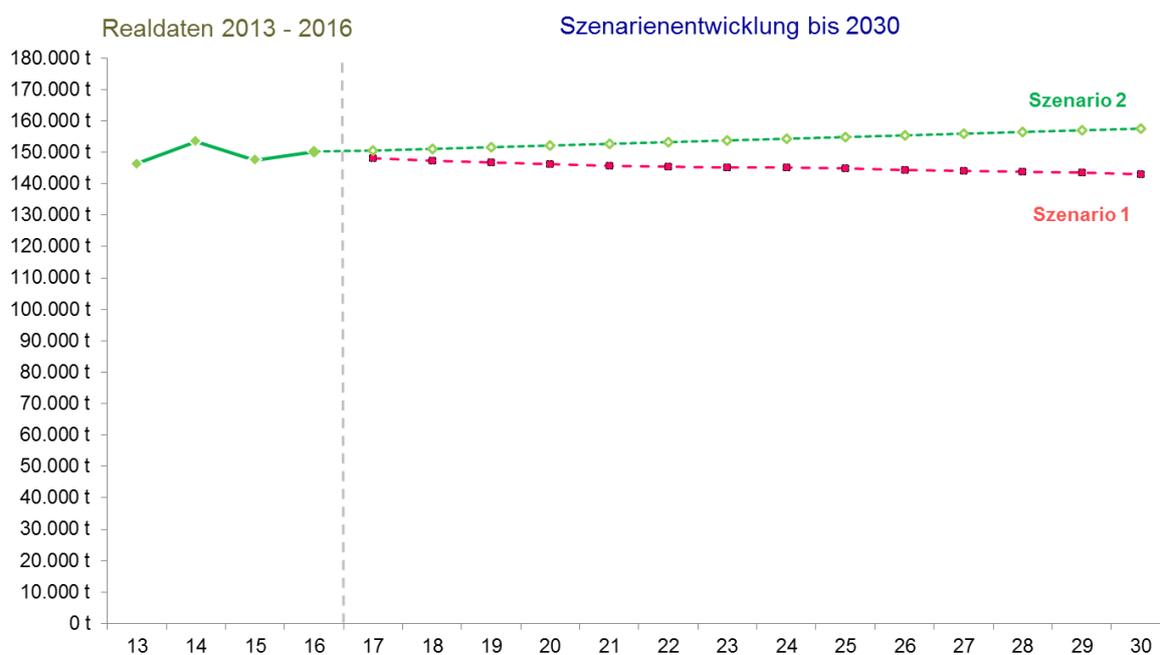


Abbildung 5-2: Szenarien zur Mengenentwicklung Biogut bis 2030

5.1.2 Biogut-Verwertung

Für die künftige Biogut-Verwertung wird die Umstellung auf anaerobe Verfahren, d. h. Biogasanlagen empfohlen, damit bis 2030 sämtliche Bioabfälle aus dem REK energetisch-stofflich verwertet werden. Was die in der Potenzialanalyse vorgestellten Varianten angeht, bringt die dezentrale Lösung einige entscheidende Vorteile mit sich:

- Der Transportaufwand ist bzgl. THG-Emissionen und Verkehrshemmnissen (Rhein-Querungen) deutlich geringer (siehe Abschnitt 2.4.1).
- Die Vermarktung der Gärreste in der Landwirtschaft ist dezentral umweltverträglicher hinsichtlich Transporten und Flächenkonzentration.
- Die Realisierungswahrscheinlichkeit ist höher weil in verschiedenen Geschwindigkeiten und in kleineren Kooperationen geplant werden kann.

Der Vorteil größerer Lösungen (semizentral und zentral) ist:

- Der Planungsaufwand reduziert sich auf weniger Anlagen.
- Die Biogasverwertung in Form einer Aufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz ist in größeren Dimensionen wirtschaftlicher.
- Die Kosten für die Standortvorbereitung und die Standortlogistik sind geringer.

Unter dem Aspekt der Treibhausgasminderung und in Abstimmung mit den Leitungen der öRE überwiegen die Vorteile einer dezentralen Lösung. Insbesondere ist es wichtig, dass die Umstellung in verschiedenen Tempi unter Berücksichtigung der jeweiligen Ausgangsbedingungen erfolgen kann. Für den Rhein-Sieg-Kreis liegt bereits seit längerem ein politischer Beschluss vor, die Biogut-Behandlung von Kompostierung auf Vergärung weiterzuentwickeln. Die Verwertung des Bioguts aus der der Stadt Bonn ist bereits auf die REK übertragen und erfolgt gemeinsam mit dem Rhein-Sieg-Kreis.

Die Planungen zur Weiterentwicklung des Standortes St. Augustin sind bereits weiter fortgeschritten. Aufgrund der begrenzten Platzverhältnisse ist ein Pfpfenstromfermenter im Teilstromverfahren vorgesehen. Dabei wird nur die hochkalorische Feinfraktion mit relativ wenig Ligninanteil der Vergärung zugeführt, die übrige Masse wird zusammen mit dem Gärrest kompostiert. Diese Anlage wird im Wesentlichen mit dem rechtsrheinischen Aufkommen des Rhein-Sieg-Kreises und der Stadt Bonn beschickt. Das erzeugte Biogas soll auf Erdgasqualität aufbereitet werden und als CNG der Treibstoffversorgung zur Verfügung stehen.

Mittelfristig ab ca. 2023 kann auch das bisherige Kompostwerk in Swisttal-Miel umgerüstet werden. Dabei wird ebenfalls das Pfpfenstromverfahren empfohlen. Zum einen ist der Betreiber dann bereits mit der Verfahrenstechnik vertraut und zum anderen ist dieses Verfahren besser geeignet, eine Milchsäureextraktion voran zu schalten. Diese ist zwar heute noch nicht marktreif, aber derartige Extraktionsverfahren sollten künftig in Betracht gezogen werden, um weitere Wertstoffe aus dem Bioabfall zu gewinnen (vgl. auch Abschnitt 5.1.5). Was die Energienutzung angeht, wird eine KWK-Anlage zur Nutzung des Biogases empfohlen, welche dann

ein angrenzendes Wärmenetz speist und den Strom in das öffentliche Netz abgibt (vgl. auch Abschnitt 5.6.1). Alternativ ist auch eine Biogasaufbereitung, analog zum Standort St. Augustin denkbar. Als Massen stünde das linksrheinische Aufkommen aus dem Rhein-Sieg-Kreis und der Stadt Bonn zur Verfügung. Zusätzlich könnte der Landkreis Ahrweiler seine Biogutverwertung auf den REK übertragen.

Die Bioabfallaufbereitung in Singhofen hat bereits heute eine relativ gute Treibhausgasbilanz, da das Biogut in belüfteten Tunneln getrocknet wird und ein Teil davon anschließend als Bioenergie genutzt wird. Die thermische Energie für die Trocknung stammt dabei aus biologischen Abbauvorgängen des Materials selbst. Künftig könnte ein Teil der Tunnel für die Vergärung umgerüstet werden, was einer Biogasanlage im Boxenverfahren entspräche. Die Energieausbeute kann durch die Biogasgewinnung weiter erhöht und damit auch mehr CO₂ eingespart werden. Damit könnten ab 2025 auch die Mengen aus dem Landkreis Neuwied und dem Rhein-Lahn-Kreis einer anaeroben Behandlung zugeführt werden. Das Biogas kann in KWK zur Wärme- und Stromversorgung verwendet oder auf Erdgasqualität aufbereitet und eingespeist bzw. als Treibstoff weiterverwendet werden.

Ein Szenario für die künftige Biogut-Vergärung in der REK ist zusammenfassend im folgendem Diagramm dargestellt.

Szenario Biogut (REK)

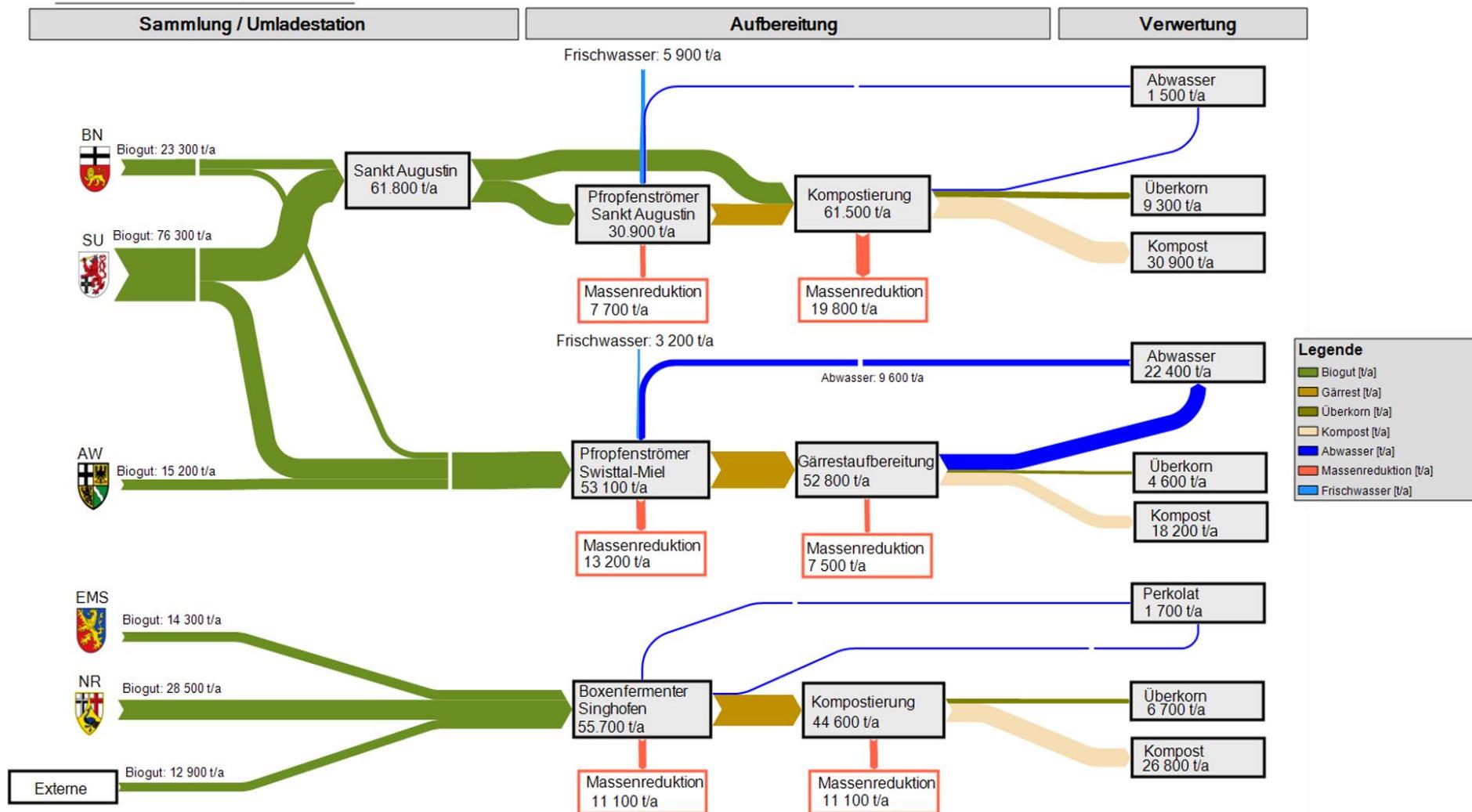


Abbildung 5-3: Szenario der Biogut-Verwertung 2030

Die Massen berücksichtigen eine Steigerung der spezifischen Biogut-Erfassung und die Bevölkerungsprognose entsprechend dem oben beschriebenen Szenario 2.

Die künftigen Transportwege und Anlagenstandorte zeigt die nachfolgende Karte.

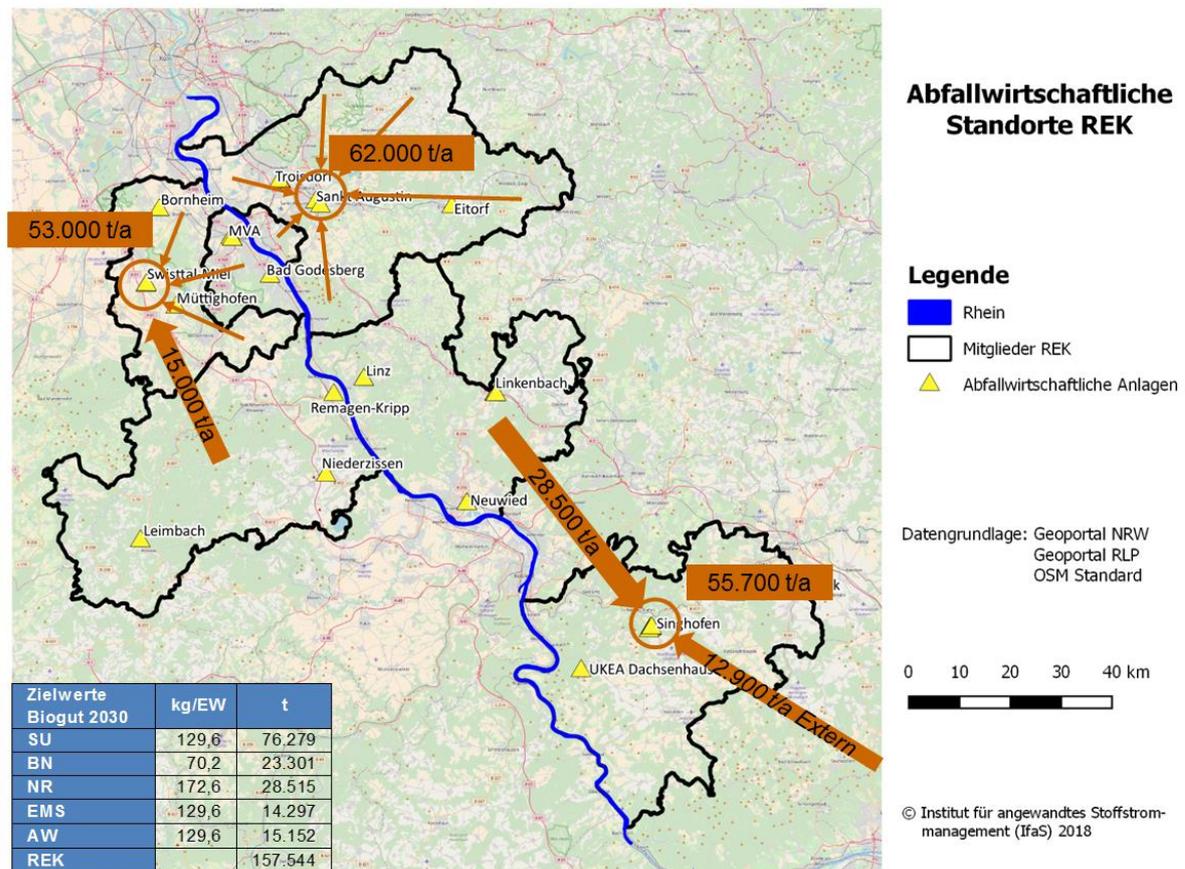


Abbildung 5-4: Transportwege und Anlagenstandorte Biogut 2030

Für den Standort Singhofen ist berücksichtigt, dass auch künftig Massen aus dem Rheingau-Taunus-Kreis mit behandelt werden. Die Strategie nutzt die vorhandenen Standorte mit einer optimierten Verfahrenstechnik und stärkt die Kooperation in der REK.

5.1.3 Gärrestaufbereitung

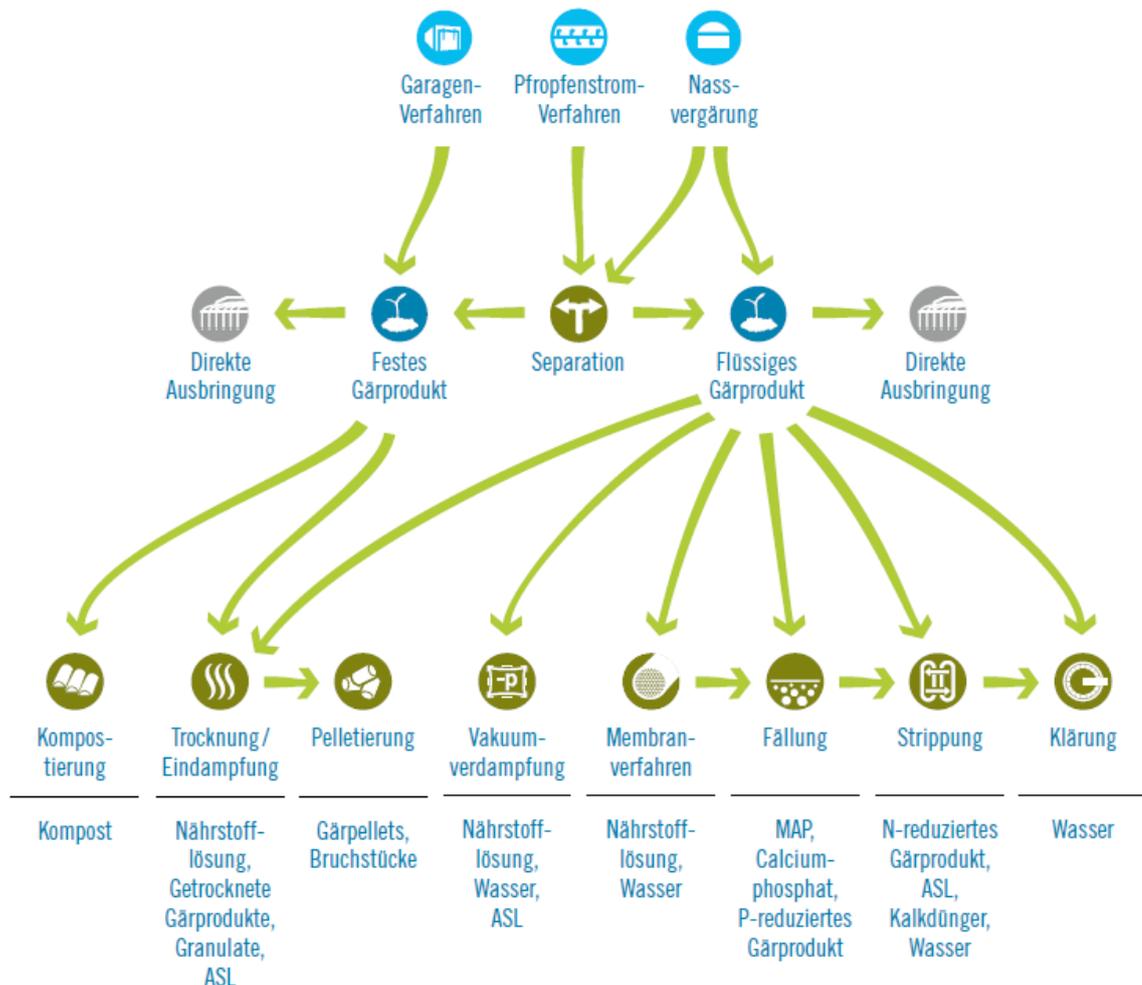
Die Aufbereitung und Vermarktung des Gärrestes ist eine der wichtigsten Stellschrauben zur Wirtschaftlichkeit der Biogut-Verwertung in der REK. Ziel der Gärrestaufbereitung ist dabei eine Volumenreduktion zur Einsparung von Transport- und Ausbringungskosten, Erzeugung von absatzfähigen Düngern/Substraten und die Reduktion von Umweltbelastungen (z. B. Gerüche). Das Aufkommen und die Zusammensetzung des Gärrestes hängt stark von der Wahl der BGA-Technik ab. Während beim Boxenfermenter der Großteil des Gärrestes fest anfällt (ca. 80 M.-% des Biogut-Inputs) und nur ein geringer Anteil an flüssigem Perkolat (ca. 3 M.-% je t Biogut Input) abgeführt wird, wird bei der Vergärung im Pfropfenströmer Prozesswasser

zugeführt, wodurch auch mehr flüssiger Gärrest (ca. 70 - 80 M.-% je t Biogut) resultiert.⁶¹ Dieser Gärrest wird i. d. R. durch eine Schneckenpresse weiter in einen flüssigen Teil (5 - 15 % TM) und einen festen Teil (25 - 40% TM) separiert.⁶² Die Massenzusammensetzung und TM-Gehalte variieren jedoch stark je nach Substratzusammensetzung, Prozesstechnik, Behandlungsdauer und anderen Faktoren.

Während in Abbildung 5-5 die verschiedenen Möglichkeiten der Gärrestaufbereitung und Verwertung dargestellt sind, ist die Anwendbarkeit auf Biogasanlagen, die ausschließlich Biogut verwerten, limitiert. Problematisch bei vielen Verfahren ist insbesondere der Stör- und Fremdstoffanteil sowie die heterogene Zusammensetzung des Inputs. Daher ist der gängige Verwertungsweg des Gärrestes aus Boxenfermentern und aus Pfropfenströmern die Abgabe gegen Zuzahlung in die Landwirtschaft. Auf die drei geplanten Anlagen in der REK bezogen werden nachfolgend die Verbringung in der Landwirtschaft hinsichtlich Flächenverfügbarkeit und Düngemanagement sowie alternative Verwertungswege auch im Hinblick auf Synergien mit anderen Handlungsfeldern (z. B. Grüngutverwertung und Erdenwerk) analysiert.

⁶¹ Vgl. Raussen & Kern 2016; Verschiedene Herstellerangebote.

⁶² Vgl. Kayser 2014. Aufbereitung und Verwertung von Gärresten aus Biogasanlagen; Fachverband Biogas e.V. 2018.

Abbildung 5-5: Gärrestaufbereitungsverfahren nach Biogasanlagentechnik⁶³

Im REK-Gebiet wird derzeit der Großteil des Bioabfalls landwirtschaftlich verwertet, in Neuwied beispielsweise werden 93% des Kompostes in 2016 durch die Landwirtschaft abgenommen.⁶⁴ Die Möglichkeit der regionalen Verbringung von Gärresten in der Landwirtschaft ist stark abhängig von der vorhandenen Struktur, d. h. von Flächenverfügbarkeit einerseits und bereits ausgebrachten organischen Düngern andererseits. Maßgebliche gesetzliche Vorgaben finden sich dazu in der BioabfallV (2013) und der DüngeV (2017), die verstärkt Gärreste in die festgesetzte Obergrenze von 170 kg Stickstoff/(ha*a) mit einbezieht.

Um landwirtschaftliche Ausbringungsmöglichkeiten in der REK zu bewerten, wurde eine überschlägige Analyse der Flächenverfügbarkeit je Landkreis und deren Nutzung durch vorhandenen organischen Düngern mit Hilfe von Literaturwerten zu Aufkommen und Stickstoffgehalt durchgeführt. Dabei wurden nur organische Dünger aus der Viehhaltung und existierenden Biogasanlagen sowie Wirtschaftsdüngerimporte und Klärschlämme betrachtet. Auch wenn

⁶³ Vgl. Fachverband Biogas e.V. 2018.

⁶⁴ Vgl. Entsorgungsanlagenkataster Rheinland-Pfalz2017.

eine Deckung des gesamten Düngemittelbedarfs aus organischen Düngern in der konventionellen Landwirtschaft unwahrscheinlich ist, wird die potenzielle mineralische Düngung aufgrund der hohen Komplexität der Berechnung nicht mit einbezogen. Ebenso wird im Gegenzug die Berechnung der jährlichen Verfügbarkeit des Stickstoffes aus organischen Düngern exkludiert, stattdessen wird der volle Stickstoffgehalt für die jährliche Stickstoffobergrenze von 170 kg/ha herangezogen. Darum dienen die Ergebnisse der Berechnung auch nur einer ersten Einschätzung und dem Vergleich der landwirtschaftlichen Ausbringungsmöglichkeiten von Gärresten und müssen im Detail geprüft werden.

Tabelle 5-3: Überschlägige Abschätzung von landwirtschaftlichen Ausbringungsmöglichkeiten des Gärrestes

Flächenverfügbarkeit Landkreis	Ackerfläche	Gesamtfläche in Nutzung*	Verfügbare Fläche
	ha		
SU	20.500	7.640	12.860
NR	6.500	5.940	560
EMS	18.500	3.760	14.740
AW	12.000	8.010	3.990

* Durch Ausbringung von Klärschlämmen, Wirtschaftsdüngerimporten, Wirtschaftsdüngern aus Tierhaltung und Gärresten aus BGA Bestand

Diese überschlägige Betrachtung der Flächenverfügbarkeit kam zu dem Ergebnis, dass im Rhein-Sieg-Kreis und im Rhein-Lahn-Kreis grundsätzlich ausreichend Ackerflächen vorhanden sind, die eine landwirtschaftliche Verwertung des im dezentralen Anlagenkonzept anfallenden Gärrestes ermöglichen. Der Rhein-Sieg-Kreis importiert zwar Wirtschaftsdünger aus den Niederlanden, verfügt über drei landwirtschaftliche Biogasanlagen und hat eine relativ hohe Tierhaltung⁶⁵, verfügt jedoch gleichzeitig über einen hohen Ackerflächenanteil von 50% an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche. Ebenso ist der Anteil der Ackerfläche im Rhein-Lahn-Kreis sehr hoch, und nur zu 20% bereits durch regionale organische Dünger genutzt. Im Landkreis Neuwied hingegen stehen prinzipiell wenig Ackerflächen zur Ausbringung zur Verfügung, welche zudem insbesondere durch ca. 4.100 t_{TM} Klärschlammasbringung in 2016 zu großem Teil organisch gedüngt werden.⁶⁶ Die zukünftige Ausbringung von Klärschlämmen in der Landwirtschaft ist jedoch fraglich, da die Novellierung der KlärschlammV 2017 die Grenzwerte für die landwirtschaftliche Ausbringung weiter verschärft hat und das P-Recycling (und damit die zentrale thermische Verwertung) von Klärschlämmen favorisiert.⁶⁷

Auch wenn die landwirtschaftliche Ausbringung der Gärreste aus dem dezentralen Biogasanlagenkonzept in der REK möglich ist, stellen eine prozessorientierte Vergärung sowie mechanische und thermische Aufbereitungsverfahren eine ökonomische und ökologisch attraktive

⁶⁵ Vgl. Landwirtschaftskammer NRW 2014.

⁶⁶ Vgl. Statistisches Landesamt RLP 2017.

⁶⁷ Vgl. Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. 2017.

Alternative dar. Zudem können ein höherwertiges Recycling der Nährstoffe erreicht und Potenziale zur Verbesserung der Prozesswasserführung beim Pfropfenströmer realisiert werden.

Da in Sankt Augustin als Prozess eine Teilstromvergärung geplant ist, ist die anschließende gemeinsame Kompostierung des nicht vergärten Anteils und des Gärrestes aus wirtschaftlicher Sicht vorteilhaft sowie wenig komplex und störanfällig. Dies hat den Vorteil, dass wenig flüssiger Gärrest anfällt, der in der Lagerung und Verbringung kostenintensiv ist und zudem eine flexible Anlagenführung möglich ist. Der Gärrest wird mit dem Biogut vermischt, kompostiert und abgeseibt, sodass am Ende ein Kompost zur landwirtschaftlichen Verwertung, Vermarktung oder als Input für das Erdenwerk zur Verfügung steht.

Im Pfropfenströmer in Swisttal-Miel hingegen werden bei Vergärung der geplanten Biogutmenge von 53.000 t rund 13.000 t Brauchwasser pro Jahr benötigt. Bei einem Aufkommen von ca. 52.500 t_{FM} Gärrest jährlich steht ein effizientes Brauchwassermanagement im Fokus. Dazu soll anschließend nach der Schneckenpresse der flüssige Gärrest weiter durch einen Dekanter aufbereitet werden, sodass ca. 75% des flüssigen Gärrest mit ca. 5% Trockenmasse (TM)-Gehalt im Kreislauf geführt werden kann.⁶⁸ Der Dekanterkuchen ist allein nicht kompostierbar durch die hohe Dichte, kann jedoch gemeinsam mit dem festen Gärrest kompostiert und konfektioniert werden und steht ggf. zur weiteren Verarbeitung im Erdenwerk zur Verfügung. Aus wirtschaftlicher Sicht und auch zur Prozessoptimierung muss die Notwendigkeit des Einsatzes von ökologischen Flockungsmitteln ebenso wie die Eignung für Bioabfälle mit Störstoffen weiter geprüft werden. Durch diese Vorgehensweise kann zum einen der Energiegehalt des Bioguts vollumfänglich (anders als bei der Teilstromvergärung) genutzt und gleichzeitig das Aufkommen flüssigen Gärrestes minimiert werden.

In Singhofen ist aufgrund der Ausgangssituation das Trockenvergärungsverfahren mittels Boxenfermenter vorgesehen, daher ist das Brauchwassermanagement von geringer Bedeutung. Zur Anfeuchtung des Bioabfalls kann das aus den Boxen austretende Perkolat rückgeführt werden. Der Vorteil am Standort Singhofen ist, dass bereits vorhandene Tunnel zur Kompostierung des festen Gärrestes genutzt werden können, was sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt. Alternativ zur Kompostierung sollte auch eine Trocknung mit solarer Energie oder Abwärme geprüft werden.

Bei allen drei Standorten bedarf die technische Machbarkeit und die Wirtschaftlichkeit näherer Untersuchung, um konkrete Ansätze zu formulieren. Die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Verfahren und Kombinationen zur Gärrestaufbereitung ist dabei stark vom Standort und regionalen Vermarktungsmöglichkeiten abhängig, sowie von der Zusammensetzung und Aufbereitung des Biogutinputs und damit des Gärrestes.

⁶⁸ ⁶⁸Vgl. Raussen & Kern 2016.

5.1.4 Grüngut-Verwertung

Die Stoffstromanalyse zeigt, dass die Grüngutmassen zu 55% der Massen eigenverantwortlich behandelt werden und 45% der Grüngutmengen extern ausgeschrieben werden. Zudem werden Potenziale einer gemeinsamen Grüngutverwertungsstrategie (z. B. Anlagenauslastung, Brennstoffverwertung, Vermarktung des Kompostes etc.) nicht genutzt. Die folgende Grüngutverwertung hat zum Ziel,

- die Potenziale der Zusammenarbeit bei der Grüngutbehandlung und -verwertung auszuschöpfen,
- Transportwege zu optimieren (z. B. im Rhein Sieg-Kreis die Transporte über den Rhein zu minimieren),
- die Abtrennung der Brennstofffraktion zu maximieren.

Die Zusammenarbeit im Bereich der Grüngutverwertung beinhaltet nicht einzig die Zusammenlegung von Massen aus der Reststofffraktion, sondern berücksichtigt auch einen regelmäßigen Erfahrungsaustausch über die Behandlung und Verwertung der Grüngutmengen. Ein regelmäßiger Austausch ermöglicht eine gemeinsame Grüngutstrategie, da Bedarfe (z. B. gemeinsamer Maschinenpark, Brennstoffqualitäten, administrative Aufgaben, Komposteigenschaften etc.) abgestimmt werden können.

Im Hinblick auf eine gemeinsame Grüngutverwertungsstrategie wird eine dezentrale Sammlung und zentrale Behandlung des Grüngutes in den Gebieten Rhein-Sieg-Kreis, Rhein-Lahn-Kreis, Landkreis Neuwied und Ahrweiler empfohlen. Im Rhein-Sieg-Kreis würde eine Grüngutbehandlung an den Standorten St. Augustin und Swisttal-Müttinghoven die Transporte über den Rhein erheblich reduzieren, da der Transport von rund 10.800 t/a Grüngut entfallen. Weiterhin könnte eine Zusammenarbeit der Stadt Bonn mit dem Rhein-Sieg-Kreis ebenfalls Querungen über den Rhein reduzieren, somit wäre auch die Auslastung des Kompostwerks in Swisttal-Müttinghoven gewährleistet. Am Kompostwerk St. Augustin müsste eine Prüfung der zusätzlichen Behandlungskapazitäten des Grüngutes erfolgen. Die entsprechende Umstellung des Systems ist im folgendem Sankey-Diagramm dargestellt.

Im Hinblick auf die Sammlung und Aufbereitung von Grüngut gibt es in der Praxis unterschiedliche Verfahren, die einen Einfluss auf die energetische Verwertung der Reststofffraktion haben. Ausgehend von den beschriebenen Erfassungssystemen würde eine getrennte Annahme von holzigem und krautigem Grüngut die Brennstoffqualität aus dem Reststoff verbessern. Hierfür müsste an den Sammelstellen im Rhein-Sieg-Kreis, der Stadt Bonn und im Landkreis Ahrweiler die Möglichkeit geschaffen werden, das Material getrennt zu erfassen. Bezugnehmend auf die Stoffstromanalyse könnte auch die Errichtung zusätzlicher Astsammelplätze im Rhein-Sieg-Kreis weitere Grüngutpotenziale erschließen. Hier können Erfahrungen aus dem Landkreis Neuwied zur Entwicklung und Bewirtschaftung solcher Plätze genutzt werden. Dies

gilt auch für die künftige Aufbereitung des holzigen Grüngutes, somit kann ein REK-einheitlicher Grüngut-Brennstoff entstehen, der auch kurzfristige Engpässe in der Verwertung bei REK-Mitgliedern ausgleichen könnte oder gemeinsam vermarktet werden kann.

Grundsätzlich bietet sich die Möglichkeit, das holzige Material aus Ahrweiler im Rhein-Sieg-Kreis zu verwerten z. B. für die klimafreundliche Wärmeversorgung zu verwerten (vgl. 5.6.1 Wärmenetz Swisttal-Miel und Heimerzheim).

Im Landkreis Neuwied ist in Linkenbach bereits eine zentrale Aufbereitung von Grüngut geplant. Auf Grundlage der durchgeführten Studien bezüglich der Grüngutverwertung würde am Standort eine Grüngutaufbereitung der holzigen Fraktion sowie ein Kompost zur weiteren Verarbeitung als Substratzuschlagstoff entstehen. Im Hinblick auf eine bessere Auslastung von Bioguttransporten nach Singhofen könnten die Rückfahrten genutzt werden, um das holzige Grüngut nach Linkenbach zu transportieren. Die folgende Grafik zeigt die Behandlungsmengen der Anlagen. Das Konzept stellt eine logistisch-technische Weiterentwicklung dar und lässt Einschränkungen durch aktuelle Genehmigungen außer Betracht.

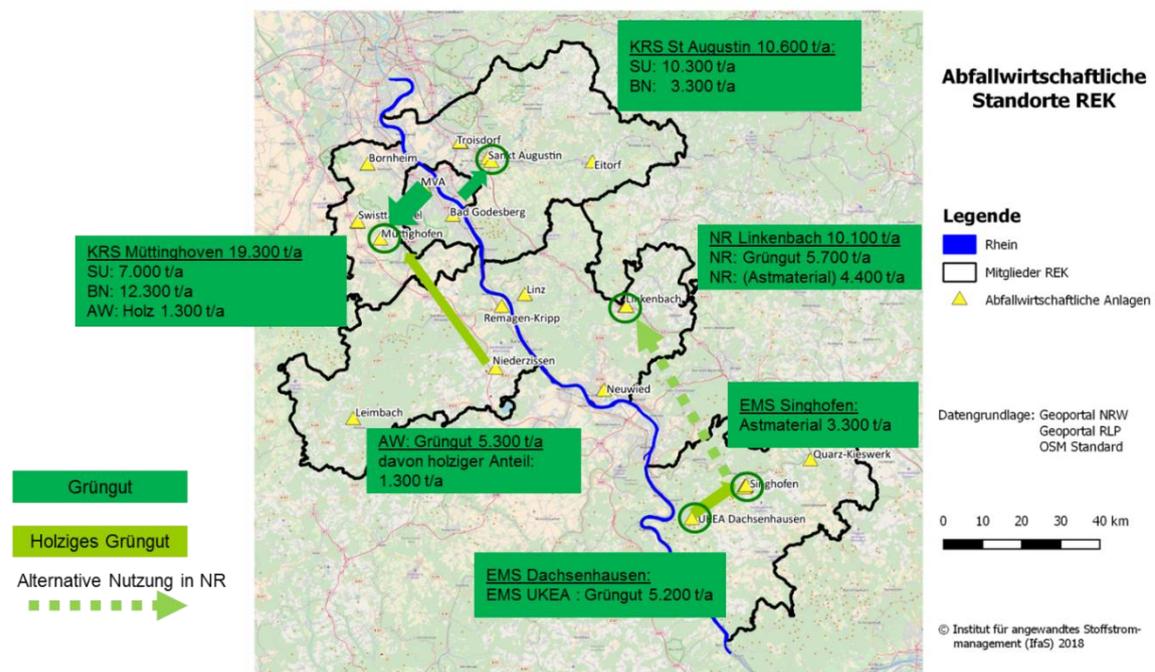


Abbildung 5-6: Transportwege und Anlagenstandorte Grüngut 2030

Somit würden die anfallenden Grüngutmassen REK-intern aufbereitet und verwertet. Dies bietet einmal die Möglichkeit einen REK-einheitlichen Brennstoff aus Grüngut herzustellen. Weiterhin ist eine gemeinsame Grüngutstrategie die Basis für zukünftigen Erdenwerke. Hier könnten Substrate für die Anwendungsbereiche Garten- und Landschaftsbau zum Beispiel Gartenerden, Dachgarten, Rollrasenerden etc. hergestellt werden. Hier könnten auch die Grünflächenämter in den Gebietskörperschaften erste Abnehmer sein bzw. private Dienstleister zur Nutzung der kommunalen Substrate veranlassen.

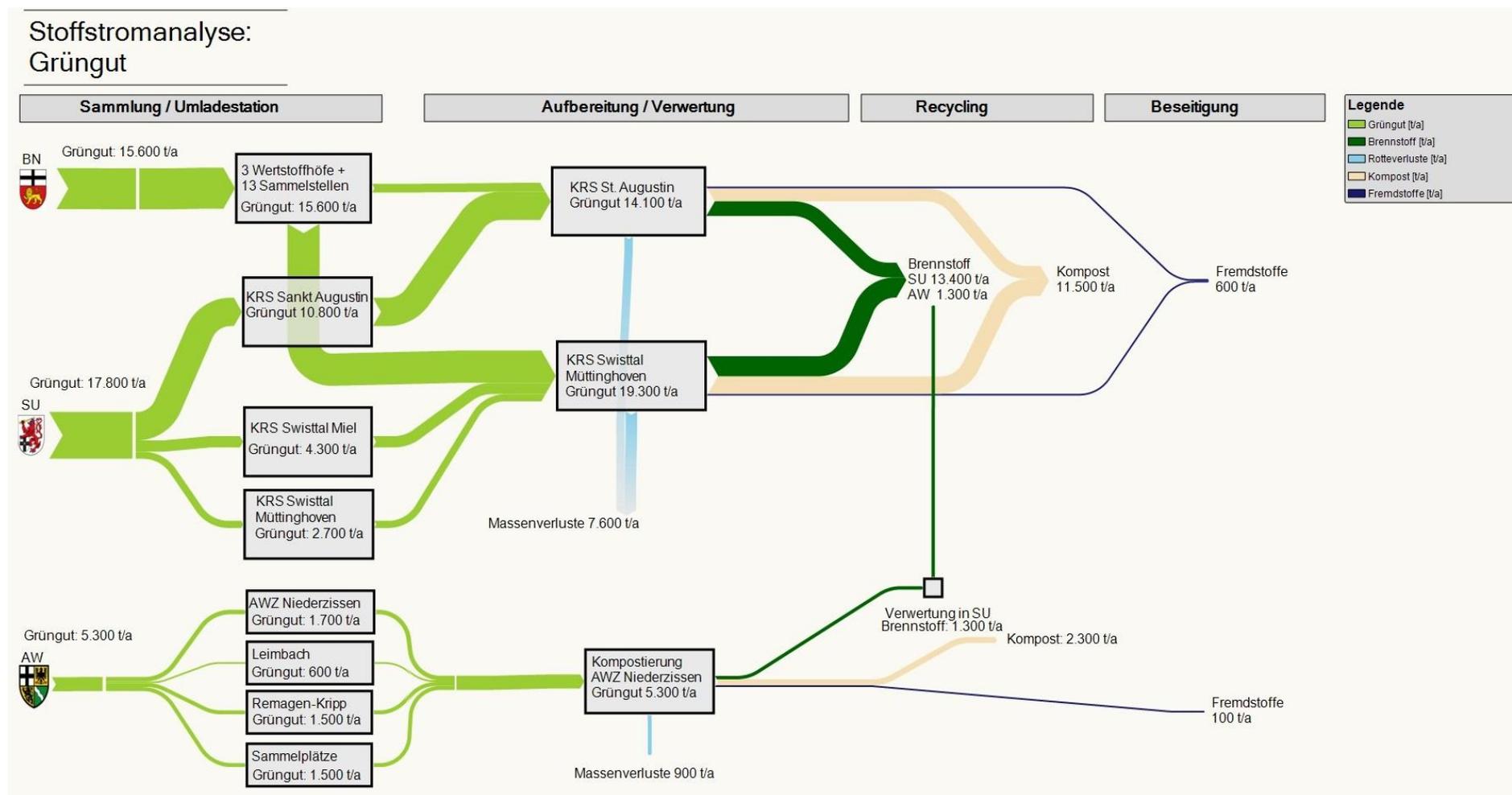


Abbildung 5-7: Szenario der Grüngut-Verwertung 2030 (NRW)

Stoffstromanalyse: Grüngut

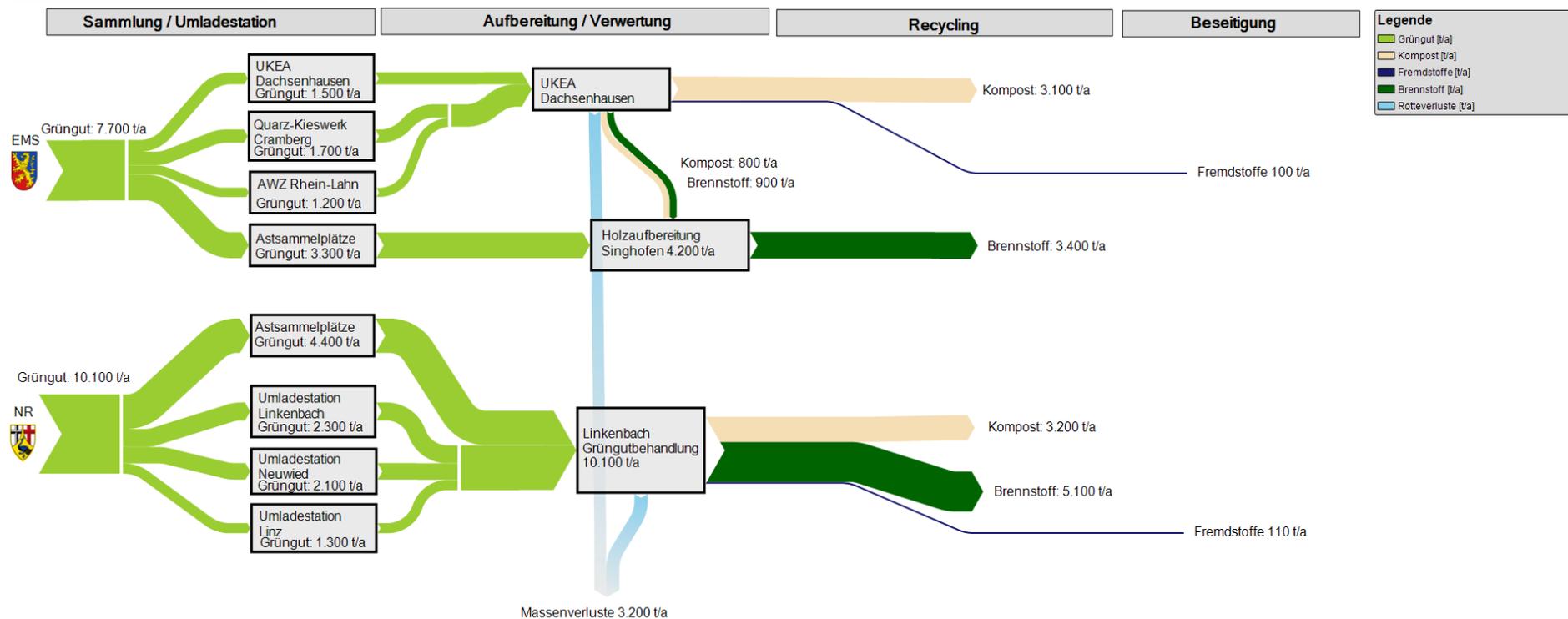


Abbildung 5-8: Szenario der Grüngut-Verwertung 2030 (RLP)

Weitere Synergieeffekte können sich aus den holzigen Reststoffpotenzialen anderer Herkunftsbereiche ergeben. Im REK-Gebiet können holzige Potenziale aus dem Wein- und Obstbau genutzt werden. Zur Nutzung dieser Potenziale müssen die Akteure identifiziert und darauf aufbauend ein Bioenergienetzwerk gebildet werden, um diese Ressourcen zu erschließen.

5.1.5 Bioökonomie

Im Sinne der Kreislaufwirtschaft zielt die Bioökonomie darauf ab, die Wertschöpfung biogener Stoffströme insbesondere durch hochwertige stoffliche Nutzung zu erhöhen und fossile Ressourcen zu substituieren. Dazu können auch biogene Reststoffe im Zugriff der REK-Mitglieder einen Beitrag leisten. Die stoffliche Nutzung ist dabei vielfältig und reicht von der hochwertigen Dünger- und Substratherstellung bis zur Extraktion von Bausteinen für die industrielle Weiterverarbeitung. Während auf die Erden- und Substratherstellung im nachfolgenden Kapitel genauer eingegangen wird und auch das Thema Gärrestverwertung in Kapitel 5.1.3 behandelt wird, sind vor allem die Nutzung von faserhaltigen biogenen Abfällen für die Papierherstellung und die Extraktion von Milchsäure als additionales Modul einer Biogasanlage interessant.

Milchsäure ist ein bei der Vergärung entstehendes Abbauprodukt aus Zucker und pflanzlichen Polymeren, welches in der Lebensmittelherstellung und als Grundstoff der Biokunststoffherstellung eingesetzt wird. Minderwertige Milchsäuren werden zudem als Biokraftstoffadditive eingesetzt. BASF verarbeitet beispielsweise jährlich ca. 75.000 t hochwertige Polymilchsäuren (PLA), welche einen Marktwert von 2 €/kg haben.⁶⁹ Diese können auch aus dem Bioabfall gewonnen werden und so Monosubstrate substituieren, was folgende Vorteile bietet:

- Einsparung von Substrat- und Sterilisationskosten,
- Einsparung von Starterkulturen (da der Bioabfall eine natürliche mikrobielle Vielfalt der Milchsäurebakterien aufweist),
- Keine Konkurrenz zu Nahrungs- und Futtermittelproduktion und
- Erhöhte Wertschöpfungskette des Bioabfalls.⁷⁰

Um die Milchsäure-Potenziale des Bioabfalls zu erschließen, muss die Biogasanlage um einen Bypassreaktor erweitert werden. Diese Erweiterung ist nur bei kontinuierlichen Nassvergärungen möglich, da die Milchsäure aus dem flüssigen Teil durch Elektrodialyse abgespalten wird. Zudem muss der Bioabfall vorher konditioniert und homogenisiert werden, sodass nahezu alle Störstoffe entfernt werden. In der Mazeration werden dann die flüssigen und festen Bestandteile des aufbereiteten Bioabfalls separiert. Die festen Bestandteile gehen direkt in die Biogasanlage während der flüssige Teil den Bypassreaktor durchläuft und erst anschließend dem Fermenter zugeführt wird.

⁶⁹ Vgl. Türk 2014, S. 382.

⁷⁰ Vgl. Schneider & Bockreis 2013.

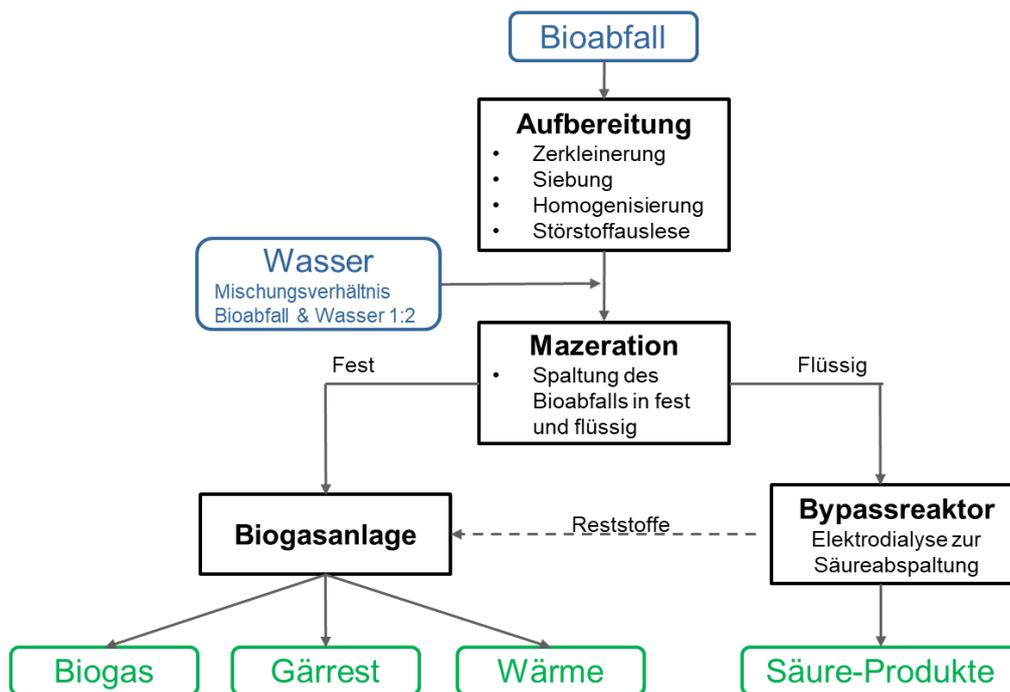


Abbildung 5-9: Verfahren zur Milchsäureextraktion aus Bioabfällen⁷¹

Die Auswirkung der Ergänzung des Bypassreaktors zur Milchsäureabspaltung auf den Biogasertrag variiert je nach Forschungsvorhaben. Während Schneider und Bockreis (2013) ein erhöhtes Biogaspotenzial durch die bessere Aufbereitung des Bioabfalls konstatieren, kommt Hoffmann (2013) zu dem Ergebnis, dass der Biogasertrag vergleichsweise um 21% sinkt. Zudem ist die Art und Menge der Säure-Produkte abhängig von der Qualität und Menge des Input Materials, Lagerung und Transport, sowie der gewählten Verfahrenstechnik. Nachdem erfolgreiche Versuchsanlagen durch das Fraunhofer Institut, der Universität Innsbruck und in der Stadt Darmstadt durchgeführt wurden, hat das Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie in Potsdam eine Demonstrationsanlage in industriellem Maßstab installiert, die jährlich 10 t Milchsäure produziert.⁷²

5.2 Restabfall-Verwertung

5.2.1 Mengenszenario Hausabfall bis 2030

Die Mengenprognose für den Mengenstrom Hausabfall für das Jahr 2030 für den Zweckverband, erfolgt auf Basis der Realdaten der Jahre 2003 – 2016. Hier wird davon ausgegangen, dass die Mengenentwicklung der letzten 13 Jahre unterschiedlichen Einflussfaktoren unterlag. Diese Einflussfaktoren, wenn auch nicht im Einzelnen messbar, werden auch künftig einen Einfluss auf den Mengenstrom Hausabfall haben. Ausgehend von dieser Datenbasis wurden

⁷¹ Vgl. Schneider & Bockreis 2013.; Hoffmann 2012.

⁷² Vgl. Website Leibniz Institut für Agrartechnik und Bioökonomie 2018.

drei Szenarien zur zukünftigen Entwicklung des Hausabfallaufkommens zur Bewertung unterschiedlicher Handlungsoptionen und zukünftigen Kapazitätsauslastungen der Anlagen abgeleitet. Nicht berücksichtigt ist dabei die Entwicklung der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle, da diese mit noch größeren Unwägbarkeiten behaftet ist.

Szenario 1: Bevölkerungsbereinigtes Trendszenario

Szenario 1 beschreibt die Entwicklung des Hausabfallaufkommens unter dem Einfluss der künftigen Bevölkerungsentwicklung. Die Fortschreibung erfolgt äquivalent zur Berechnung des Biogutaufkommens. Lediglich die Realdaten wurden über einen längeren Zeitraum (2003 – 2016) zu Grunde gelegt. Auch hier wird zur Berechnung des Gesamtaufkommens (t/a) die Hochrechnung des potenziellen Trends (bevölkerungsbereinigt) mittels bestehender Demografiestudien aus RLP und NRW vorgenommen.

Szenario 1 - IST Hausabfall 2016	kg/EW	EW	t	Szenario 1 Hausabfall	kg/EW	EW	t	Differenz IST kg/EW
SU	116,2	597.854	69.451	SU	117,0	588.570	68.857	0,8
BN	194,4	324.919	63.179	BN	201,3	331.920	66.826	6,9
NR	103,0	181.537	18.723	NR	80,2	165.209	13.257	-22,8
EMS	173,0	123.543	21.424	EMS	169,7	110.319	18.723	-3,3
AW	196,3	128.455	25.219	AW	203,5	116.916	23.796	7,2
REK Gesamt	/		197.996	REK Gesamt	/		191.459	/

Tabelle 5-4: Mengenentwicklung Hausabfall 2030 zu 2016 in Szenario 1

Die obenstehende Tabelle zeigt das Mengenaufkommen der einzelnen Verbandsmitglieder im Jahr 2016 (IST) sowie den Szenario-Wert im Jahr 2030. Die Entwicklung in Szenario 1 zeigt, dass die Mengenentwicklungen der einzelnen Verbandsmitglieder in Abhängigkeit der Bevölkerungsentwicklung unterschiedlich ausfallen. So hat die Stadt Bonn auf Grund der prognostizierten Bevölkerungszunahme einen Mengenanstieg von 3.647 t im Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 2016 zu verzeichnen, was einem Aufkommen je Einwohner von 201,3 kg entspricht. (2016: 194,4 kg/EW). Bei den andern vier Verbandsmitgliedern ist jeweils eine Mengenabnahme im Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 2016 zu verzeichnen. Unter den getroffenen Annahmen und verwendeten Daten beträgt das Hausabfallaufkommen in Szenario 1 im Jahr 2030 191.459 t im Verbandsgebiet, was einer nicht signifikanten Mengenreduktion von 6.537 t gegenüber dem Jahr 2016 entspricht (197.996 t).

Szenario 2: Favorisiertes Szenario zur Ableitung von Handlungsempfehlungen

Szenario 2 bildet das favorisierte Szenario zur Ableitung von Handlungsempfehlungen auf Basis des VKU-Benchmarks ab. Hier wird davon ausgegangen, dass die Quantität des Hausabfalls gemäß abgestimmter Zielwerte je Verbandsmitglied bis zum Jahr 2030 rückläufig ist. Für die Entwicklung der Hausabfallmenge im Jahr 2030 wurde für die Landkreise Rhein-Sieg, Rhein-Lahn und Ahrweiler die Untergrenze des Cluster 1 (Landkreise) des VKU-Benchmarks

herangezogen. Dies entspricht einem Zielwert für 2030 von 111,8 kg/EW. Für die Stadt Bonn wurde ein Zielwert im Jahr 2030 von 125,7 kg/EW abgestimmt, was der Untergrenze des Cluster 3 des VKU-Benchmarks entspricht. Da der Landkreis Neuwied im Jahr 2016 mit 103,1 kg/EW bereits unter dem VKU-Benchmark liegt, wird dieser Wert bis 2030 fortgeschrieben und bleibt somit konstant.

Szenario 2 - IST Hausabfall 2016	kg/EW	EW	t	Szenario 2 Hausabfall	kg/EW	EW	t	Differenz IST kg/EW
SU	116,2	597.854	69.451	SU	111,8	588.570	65.802	-4,4
BN	194,4	324.919	63.179	BN	125,7	331.920	41.722	-68,7
NR	103,1	181.537	18.723	NR	103,1	165.209	17.017	0,0
EMS	173,0	123.543	21.424	EMS	111,8	110.319	12.334	-61,2
AW	196,3	128.455	25.219	AW	111,8	116.916	13.071	-84,5
REK Gesamt	/		197.996	REK Gesamt	/		149.946	/

Tabelle 5-5: Mengenentwicklung Hausabfall 2030 zu 2016 in Szenario 2

Unter den getroffenen Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung und den abgestimmten Zielwerten hat der Zweckverband eine Hausabfallmenge im Jahr 2030 von 150.000 t. Dies entspricht einer signifikanten Mengenreduktion von rund 50.000 t/a im Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 2016.

Szenario 3: Vollständige Entfrachtung

Szenario 3 bildet das Szenario ab, was einer vollständigen Entfrachtung des Hausabfalls im Jahr 2030 entspricht. Bei der vollständigen Entfrachtung wird angenommen, dass sich lediglich noch diejenigen Stoffe im Hausmüll befinden, für die es keine Wertstofffassungssysteme gibt (vgl. auch Abschnitt 3.4).

Als Zielwert wird für das Jahr 2030 40,1 kg/EW für alle fünf Verbandsmitglieder angenommen.

Szenario 3 - IST Hausabfall 2016	kg/EW	EW	t	Szenario 3 Hausabfall	kg/EW	EW	t	Differenz IST kg/EW
SU	116,2	597.854	69.451	SU	40,1	588.570	23.590	-76,1
BN	194,4	324.919	63.179	BN	40,1	331.920	13.303	-154,3
NR	103,0	181.537	18.723	NR	40,1	165.209	6.622	-62,9
EMS	173,0	123.543	21.424	EMS	40,1	110.319	4.422	-132,9
AW	196,3	128.455	25.219	AW	40,1	116.916	4.686	-156,2
REK Gesamt	/		197.996	REK Gesamt	/		52.623	/

Tabelle 5-6: Mengenentwicklung Hausabfall 2030 zu 2016 in Szenario 3

Unter den getroffenen Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung und dem Zielwert von 40,1 kg/EW hat der Zweckverband eine Hausabfallmenge im Jahr 2030 von 52.623 t. Dies entspricht einer Mengenreduktion von 145.373 t im Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 2016.

Die nachstehende Grafik zeigt zusammenfassend die drei Szenarien auf Basis der Realdaten und getroffenen Annahmen für das Hausabfallaufkommen im Verbandsgebiet für die Jahre 2017 - 2030.

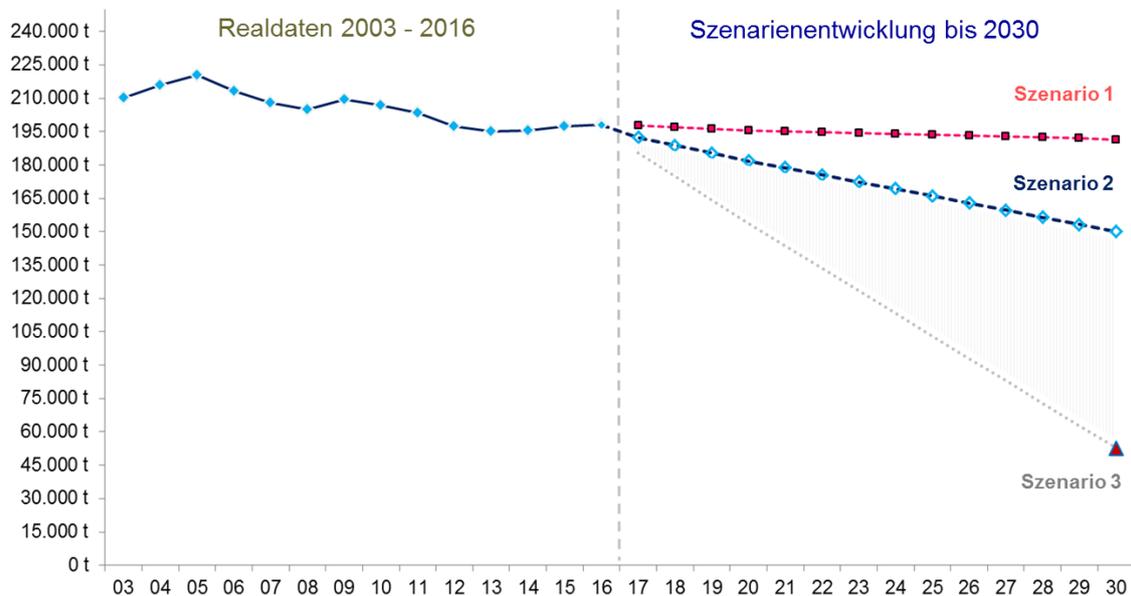


Abbildung 5-10: Überblick der drei Szenarien zur Mengenentwicklung Hausabfall bis 2030

Die drei Szenarien stellen die gesamte Bandbreite der Mengenentwicklung unter den heutigen Systembedingungen dar. Dabei bildet das Szenario 3 einen so nicht erreichbaren Idealwert ab, dessen Zielwert vielmehr als langfristige Orientierung hin zu einer abfallfreien Gesellschaft dienen kann. Das Szenario 1 wäre bei den derzeitigen Diskussionen um Ressourcenschutz, Rohstoffknappheit und Abfallvermeidung eine enttäuschende Entwicklung. Das Szenario 2 stellt hingegen eine Perspektive dar, wie sie mit einer kontinuierlichen Systemverbesserung durch lokale Maßnahmen und gesetzliche Anreize wahrscheinlich ist.

5.2.2 Restabfallverwertung

Für die Restabfallverwertung stehen in der REK eine MVA und zwei MBA in kommunaler Hand zur Verfügung. Für die Strategieentwicklung wurden mehrere Ebenen beleuchtet:

1. Mit welchem Restabfallaufkommen innerhalb REK ist auch 2030 noch zu rechnen?
2. Welche Anlagen-Konstellation ist für die Restabfallbehandlung dann sinnvoll?
3. Welche Modernisierungsmaßnahmen sind bei den einzelnen Anlagen angezeigt?

Für alle drei Fragestellungen ergeben sich verschiedene Varianten, welche im Prozess der Konzepterstellung einzugrenzen waren.

1. Was das Hausabfallaufkommen der Mitglieder angeht, wurde eine moderate Reduktion um 25% bis 2030 als favorisiertes Szenario angenommen (vgl. Abschnitt 5.2.1). Dies entspricht

einer zu behandelnden Masse von rund 150.000 t/a Hausabfall zzgl. hausmüllähnlicher Gewerbeabfälle. Wegen mangelnder Prognose-Parameter werden letztere in der heutigen Größenordnung von rund 37.000 t/a fortgeschrieben. Damit ergibt sich im Szenario 2030 für das Verbandsgebiet eine Restabfallmenge von 187.000 t/a, welche die Planungsgrundlage für die strategische Ausrichtung bildet.

2. Davon ausgehend stellt sich die Frage, ob die derzeitige Anlagenkapazität auch für die Zeit ab 2030 geeignet ist. Für die MVA Bonn ist bereits eine Modernisierung innerhalb der 20er Jahre beschlossen worden. Dies ist auch aus Sicht des Klimaschutzes sinnvoll, da in den kommenden Jahrzehnten weiterhin Bedarf an thermischer Verwertung bestehen wird und die MVA mit dem Anschluss an das Fernwärmenetz Bonn eine sehr gute Energieverwertung aufweist. Die MVA könnte künftig alle Massen aus dem REK direkt thermisch verwerten, weshalb dies eine mögliche Option darstellt. Allerdings würde sich der Transportaufwand dadurch deutlich erhöhen und es würde eine Verengung auf die Verbrennungstechnik in der REK stattfinden. Auch wenn die MBA ursprünglich zur Vorbehandlung mit dem Ziel der Deponierung errichtet wurden, bieten sie heute die Chance, die Ressourceneffizienz bei der Restabfallbehandlung zu erhöhen. Fraglich ist allerdings, ob der Weiterbetrieb beider MBA langfristig sinnvoll ist. Im Szenario 2030 ergäben sich 23.000 t/a in der MBA Linkenbach und 15.000 t/a in der MBA Singhofen. Dies bedeutet, dass auch künftig Kooperationen mit Kommunen außerhalb des REK geschlossen werden müssen, um eine annähernd vollständige Auslastung zu ermöglichen. Aufgrund der geografischen Lage und dem Modernisierungsstand ist es naheliegend, die MBA Linkenbach weiter zu betreiben und dort auch die Mengen aus dem Rhein-Lahn-Kreis mit zu behandeln. Der Standort Singhofen könnte sich dann auf die Bioabfallbehandlung konzentrieren. Aufgrund der Unwägbarkeiten des künftigen Restabfallaufkommens und ggf. langfristiger Behandlungsverträge wurde auch der Weiterbetrieb beider MBA als Variante in die Strategie-Empfehlung aufgenommen.

3. Was die Modernisierungsmöglichkeiten der Restabfall-Behandlungsanlagen angeht, wurden die Ziele einer hochwertigeren Verwertung und einer besseren Klimabilanz verfolgt. Ein Nachteil der jetzigen MBA-Betriebsweisen ist der relativ hohe Anteil (> 40%) an Deponat im Output der Anlage. Dadurch wird zum einen Biomasse einer energetischen Verwertung entzogen und zum anderen wird Deponievolumen „verbraucht“, was eigentlich für andere Abfälle zur Beseitigung genutzt werden könnte. Daher werden Maßnahmen untersucht, um die Deponierung zu vermeiden, d. h. die biologische Behandlung auf ein alternatives Verfahren umzustellen. Des Weiteren werden sowohl bei den MBA als auch bei der MVA nur relativ geringe Anteile der im Restabfall enthaltenen Wertstoffe zurückgewonnen. Ausgehend von der relativ moderaten Entfachung der Restmülltonne, welche sich zudem zum Großteil auf die Organik bezieht, ist auch 2030 noch mit einem deutlichen Anteil trockener Wertstoffe zu rechnen. Auch

im Zuge der Plastik-Strategie der EU wurden daher in Kapitel 3.1 Maßnahmen zur Kunststoffrückgewinnung aus dem Restabfall aufgezeigt, um die Hochwertigkeit der Behandlung zu verbessern. Ausgehend von diesen Überlegungen wurden folgende Varianten zur Anlagen-Modernisierung untersucht:

- Für die beiden MBA
 - Umstellung der Rotte auf Vergärung
 - **Umstellung der Rotte auf biologische Trocknung**
 - **Aussortierung von Kunststoffen mittels Nah-Infrarot-Sensoren (NIR)**

- Für die MVA Bonn
 - **Aussortierung von Kunststoffen (NIR) und Metallen**
 - Optimierung der Schlacke-Aufbereitung
 - Wertstoffgewinnung aus Aschen und Stäuben

Nur die fett dargestellten Optionen wurden direkt in die Strategieempfehlung übernommen. Die Vergärung des Restabfalls (Feinanteil oder Gesamtmasse) stellt sich als sehr kostspielig dar. Die biologische Trocknung hingegen ist weniger aufwendig und bietet zudem bessere THG-Einsparungen, sofern das Trockenstabilat anschließend als EBS in der MVA oder anderen KWK-Anlagen verwertet wird. Die Aussortierung von Kunststoffen scheint grundsätzlich eine interessante Option zu sein, um werthaltige Kunststoffe auszusortieren. Zumal sich die einmal installierte Technik für verschiedene Kunststoffarten umprogrammieren lässt. Die Optimierung der Schlacke-Aufbereitung ist grundsätzlich möglich, konnte aber im vorliegenden Fall nicht abschließend zu einer Empfehlung bearbeitet werden. Ähnlich verhält es sich mit der Wertstoffrückgewinnung aus Aschen und Stäuben, welche noch nicht den Stand der Technik erreicht hat. Diese Option sollte aber im Zuge der MVA-Modernisierung weiterverfolgt werden. Auf Basis dieser Überlegungen ist das Szenario für die künftige Restabfall-Behandlung in der folgenden Grafik zusammengefasst.

Anlagenkonzept Restabfall (REK)

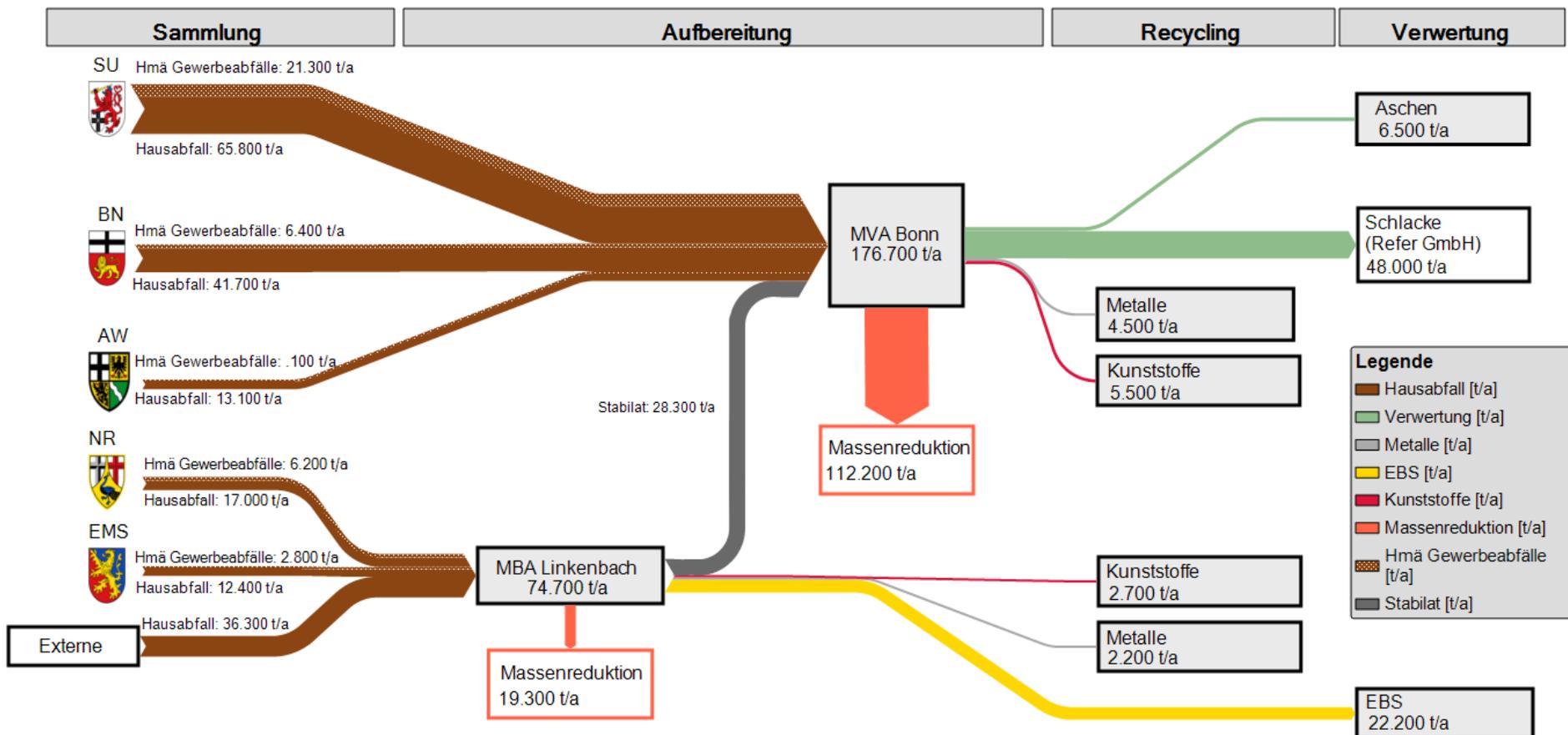


Abbildung 5-11: Szenario der Restabfall-Verwertung 2030

Durch die Umstellung der MBA Linkenbach auf die biologische Stabilisierung werden die Reste nicht mehr deponiert, sondern als mittelkalorischer Brennstoff der MVA Bonn zugeführt. Durch die Trocknung des Feinanteils ist die Masse und damit das Transportaufkommen stark reduziert. Der hochkalorische EBS kann weiterhin am Markt an entsprechende Kraftwerke in der Region abgegeben werden. Durch die NIR-Sortierungen bei MBA und MVA können Kunststoffe zurückgewonnen und dem Recycling zugeführt werden. Allerdings wäre die MBA Linkenbach ohne externe Mengen deutlich unter der Kapazitätsgrenze. In der folgenden Darstellung ist das Szenario geografisch dargestellt.

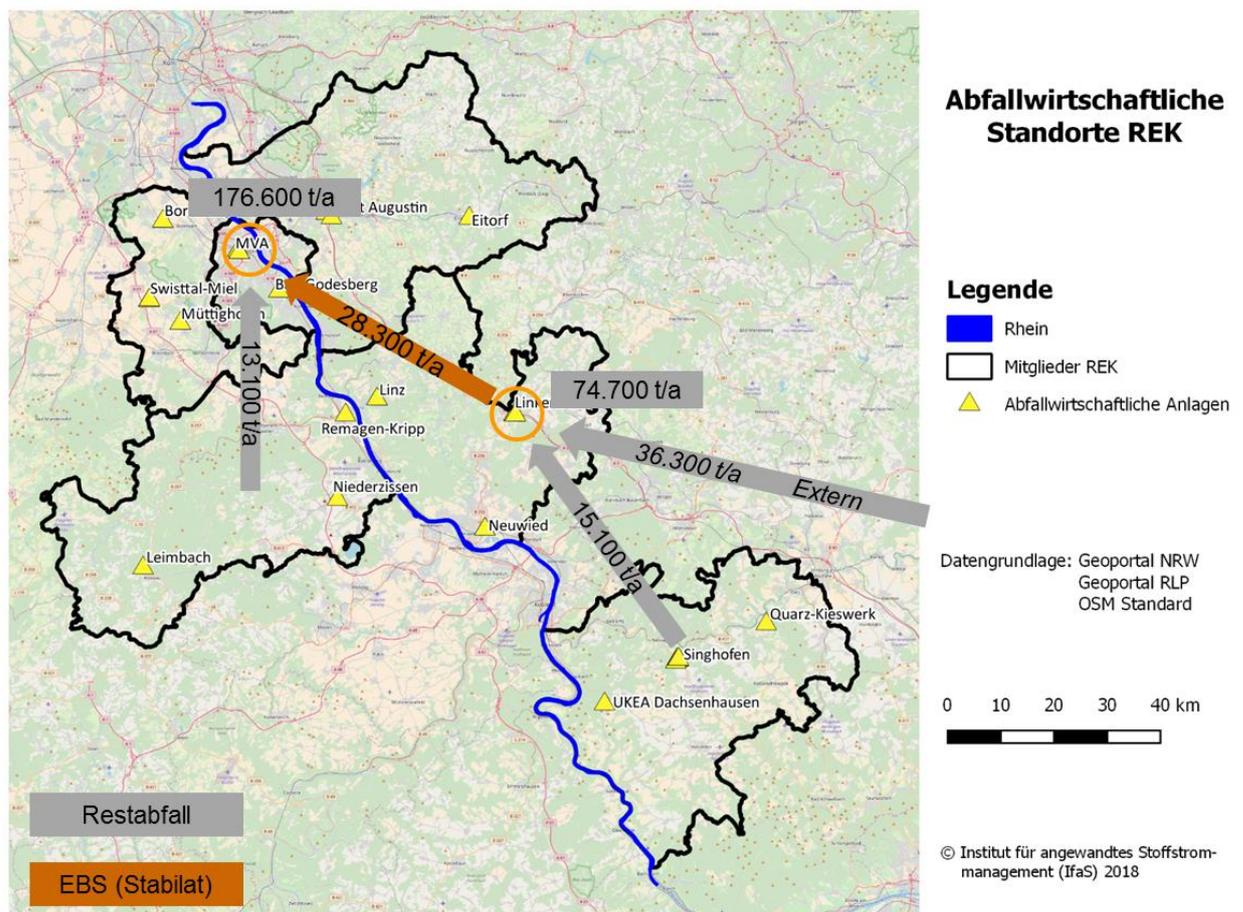


Abbildung 5-12: Transportwege und Anlagenstandorte Restabfall 2030

In dieser Abbildung zeigt sich deutlich, dass künftig keine Mehrtransporte zu erwarten sind und eine aufkommensnahe und effektive Behandlung in der REK möglich ist.

Es kann sich in den kommenden Jahren auch der Weiterbetrieb beider MBA als sinnvoll erweisen, z. B. falls auch langfristig Behandlungskapazitäten anderer Kommunen oder Abfallerzeuger nachgefragt werden. Für den Fall ist in der folgenden Abbildung eine Variante dargestellt, welche die Integration aller drei Behandlungsanlagen visualisiert.

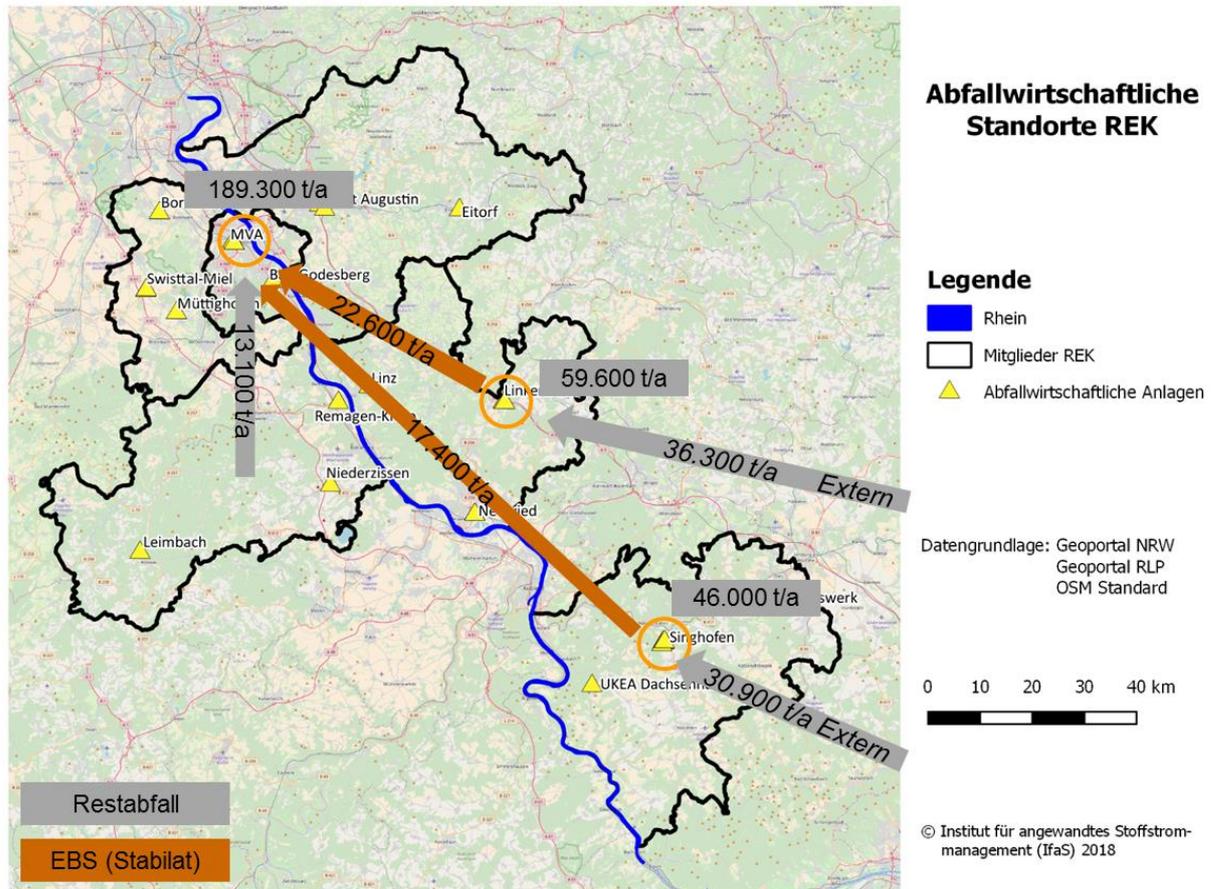


Abbildung 5-13: Transportwege und Anlagenstandorte Restabfall 2030 - Variante

Auch bei dieser Variante wird angenommen, dass die Deponierung in Singhofen beendet wird, indem die MBA auf biologische Trocknung umgestellt und das Stabilat in der MVA energetisch verwertet wird. Allerdings würde die MBA Singhofen mit überwiegendem Anteil aus externen Mengen bedient und wäre dennoch deutlich verkleinert im Vergleich zu heute.

5.3 PPK-Verwertung

Wie die Analysen der derzeitigen PPK Verwertung, der Preisentwicklung einzelner Altpapierorten und der Systembetreiberanteile ergeben haben, gibt es unterschiedliche Voraussetzungen und Prämissen der einzelnen REK Mitglieder zur zukünftigen PPK Strategie in der REK. Während in Ahrweiler wenig Optimierungspotenzial besteht, da die Möglichkeit der kurzfristigen Abstimmung durch die Nähe zur Nord-Westdeutschen Papierrohstoff in Mayen wirtschaftlich vorteilhaft ist und auch ökologische Auswirkungen durch kurze Transportentfernungen bereits gering sind, können die restlichen vier Mitglieder kooperieren, um vor allem hinsichtlich Marktentwicklungen und Abstimmungen mit den Systembetreibern flexibel zu bleiben. Während der Rhein-Lahn-Kreis bereits seine Altpapiermenge ab 2016 auf den Zweckverband übertragen hat, können die Neuwieder Mengen ab 2022 gemeinsam in der REK verwertet werden. Die Kooperation ermöglicht eine vollständige Auslastung der Papiersortieranlage, die gezielte

Sortierung werthaltiger Fraktionen, eine vorteilhafte Verhandlungsbasis mit den Systembetreibern sowie eine bessere Marktposition durch größere Gesamtmengen.

Szenario PPK (REK)

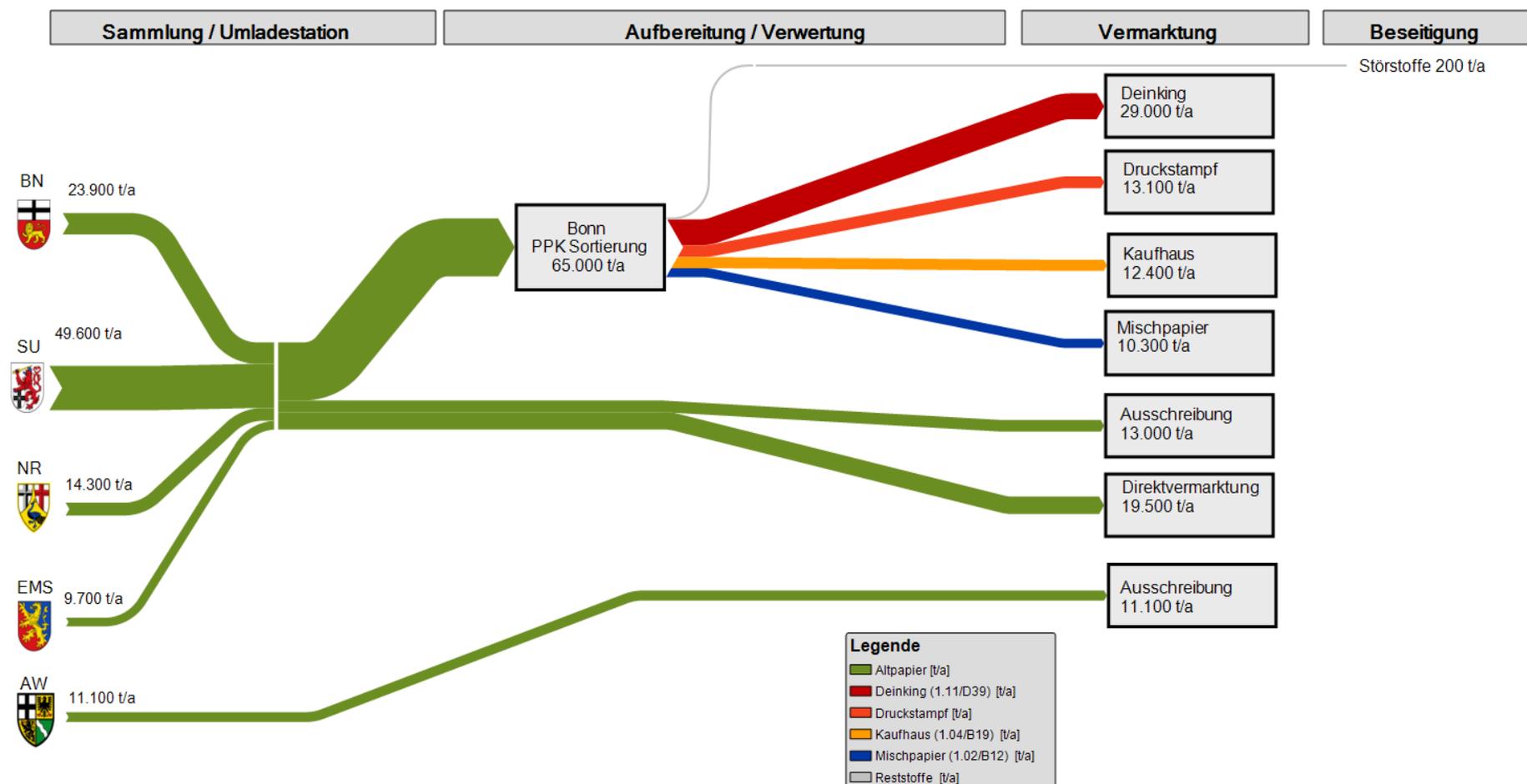


Abbildung 5-14: Szenario der PPK-Verwertung 203

Grundlage der flexiblen Vermarktung sind die Abstimmung über drei mögliche Wege: Direktvermarktung (ca. 20%), Ausschreibung mit Vertragspartnern und Preisgleitklausel (ca. 13%) und Sortierung eines Teils Altpapier mit anschließender Lagerung der gepressten Mengen. Die ausgeschriebenen Vertragsmengen gewährleisten eine gewisse finanzielle Sicherheit, während die Lagerung die Abgabe von Mengen bei einem profitablen Preisniveau ermöglicht. Die direktvermarkteten Mengen stehen außerdem zur Verfügung im Falle eines körperlichen Herausgabeanspruchs seitens der Systembetreiber. Um die Kosten der Lagerung gering zu halten und damit die Wirtschaftlichkeit zu steigern, ist wichtig, dass die Lagerung am Ort der Sortierung stattfindet.

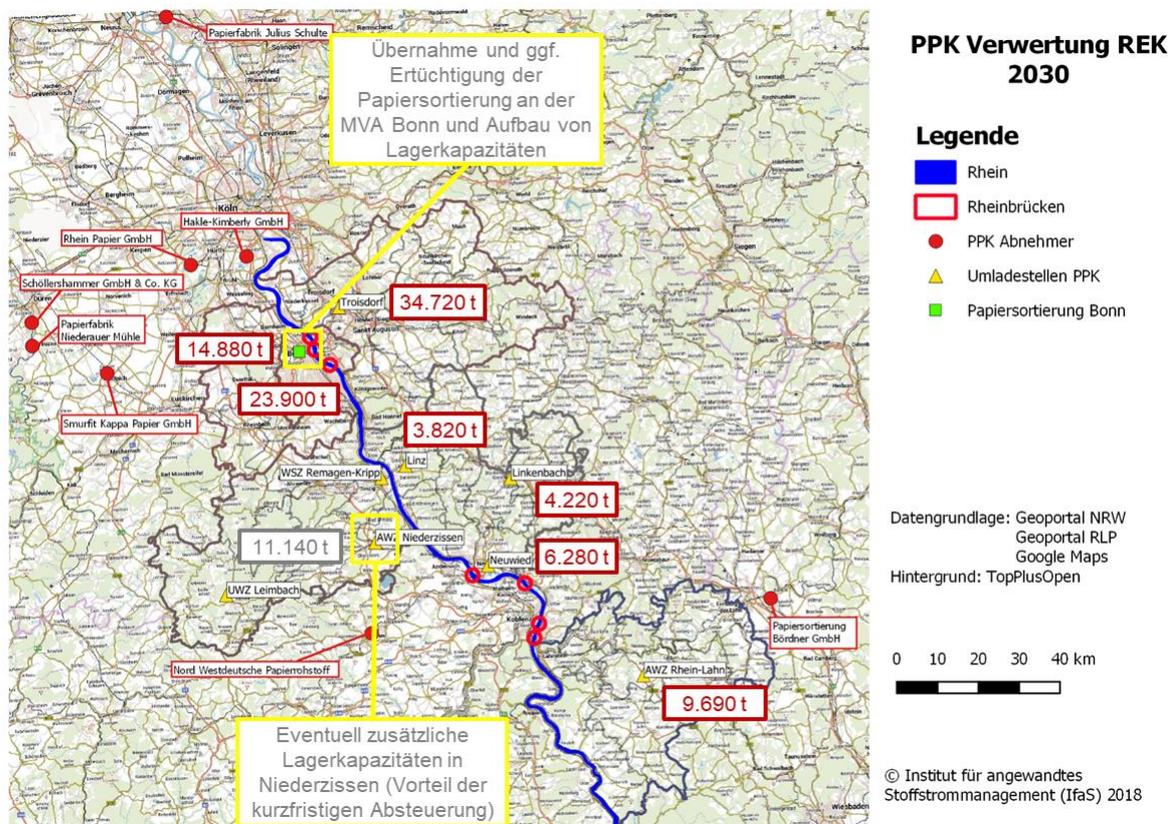


Abbildung 5-15: Orte und Mengen der PPK-Verwertung 2030

Auch in Zukunft empfiehlt es sich, Bonn als Standort der Papiersortierung beizubehalten, da dort der Großteil der Mengen bereits anfällt, zudem die Stadt Bonn von einer Steigerung der Erfassung ausgeht, weil der Sammeltturnus umgestellt wird. Dennoch wurden für das Szenario 2030 keine Mengenänderungen abgeschätzt, da diese schwer quantifizierbar sind. Derzeit stehen an der MVA Bonn noch begrenzt Flächen für die Lagerung zur Verfügung, diese könnten jedoch auch kurzfristig in Betrieb genommen werden (siehe Maßnahmenblatt PPK Lagerung). Zusätzlich sollte geprüft werden, inwiefern Lagerflächen am AWZ Niederzissen wirtschaftlich sinnvoll genutzt werden könnten, sodass auch der REK von diesen Standortvorteilen profitieren könnte. Ab 2026 ist die Übernahme und Ertüchtigung der Papiersortieranlage von

Remondis möglich, wobei weitere Flächen von ca. 43.000 m² frei werden und ggf. für die Sortierung und Lagerung zur Verfügung stünden. Neben der Flexibilität der 3-Wege-Vermarktung sollte zudem die Mengenaufteilung aus den Landkreisen Neuwied, Rhein-Lahn-Kreis und Rhein-Sieg-Kreis unter der Prämisse stattfinden, dass Transportentfernungen minimiert werden und auch das Verkehrsaufkommen um die MVA Bonn nicht zusätzlich erhöht wird. Die konkrete Aufteilung richtet sich dabei auch nach dem Ergebnis der Ausschreibung und damit nach dem Standort des Vertragspartners. Ziel dieser gemeinsamen Aufbereitungs- und Vermarktungsstrategie ist es sich bestmöglich am Markt zu positionieren, wovon alle Mitglieder gleichermaßen profitieren sollten. Dies wird durch das Erlösverteilungsmodell gewährleistet (siehe Maßnahmenblatt 3-Wege-Vermarktung), wobei alle Erlöse, Gemeinkosten der Anlage und Transportkosten berücksichtigt werden und sich somit der Erlös je öRE allein nach der erfassten Menge richtet. Die Berücksichtigung aller Transportkosten ab Umladestation bietet somit auch Anreize zur Optimierung des Transports für alle Mitglieder, was wiederum positive Auswirkungen auf die Klimarelevanz der PPK Vermarktung hat.

5.4 Sperrabfall-Verwertung

Um die im Sperrabfall enthaltenen Potenziale zu erschließen, ist eine Sortierung oder getrennte Erfassung notwendig. Während die RSAG bereits den Sperrabfall aus Bonn und dem Rhein-Sieg-Kreis in Troisdorf vorsortiert, Ahrweiler den holzreichen und Restsperrabfall getrennt erfasst und im Rhein-Lahn-Kreis grob vorsortiert wird, ist in Neuwied die Einrichtung einer Vorsortierung notwendig. Bei der Gegenüberstellung von getrennter Erfassung und Sortierung ist für letztere beide Landkreise die dezentrale Vorsortierung an den Umladestationen vorteilhaft, da somit der Mehraufwand begrenzt werden kann und die vorhandenen Strukturen genutzt werden können. Zudem kann der Restsperrabfall ggf. auch mit dem Hausmüll in der MBA weiter aufbereitet werden, sodass der gemeinsame Transport von Hausmüll und Restsperrabfall von den Umladestationen zu den MBAs den Mehraufwand in Grenzen hält. In Troisdorf hingegen ist aufgrund der großen Menge und der ökonomischen und ökologischen Vorteile eine weitere, gezielte Sortierung empfehlenswert, die die existierende Sortierung um einen Vorbrecher, Sortierkabinen und Metallabscheider erweitert.

Wie die Potenzialanalyse des Sperrabfalls ergeben hat, ist insbesondere die Verwertung von Altholz, als mengenanteilig größter Fraktion, und die Matratzenaufbereitung, als kostenintensive Position, interessant. Unter Zusammenarbeit aller REK Mitglieder sollen die Altholzfraktionen und die Matratzen gemeinsam aufbereitet werden, um so Entsorgungssicherheit zu gewährleisten, und ökonomische sowie ökologische Vorteile zu realisieren (siehe Maßnahmenblätter). Auch die Erhöhung der stofflichen Verwertung des Altholzes wurde eruiert, wurde aber wegen schwer abschätzbarem Sortieraufwand bzw. durch Unsicherheit, ob die notwendigen

Qualitäten erreicht werden können, nicht weiter konkretisiert. Die konkreten Empfehlungen zur REK Sperrabfallstrategie 2030 sind in folgendem Sankey dargestellt.

Szenario Sperrabfall (REK)

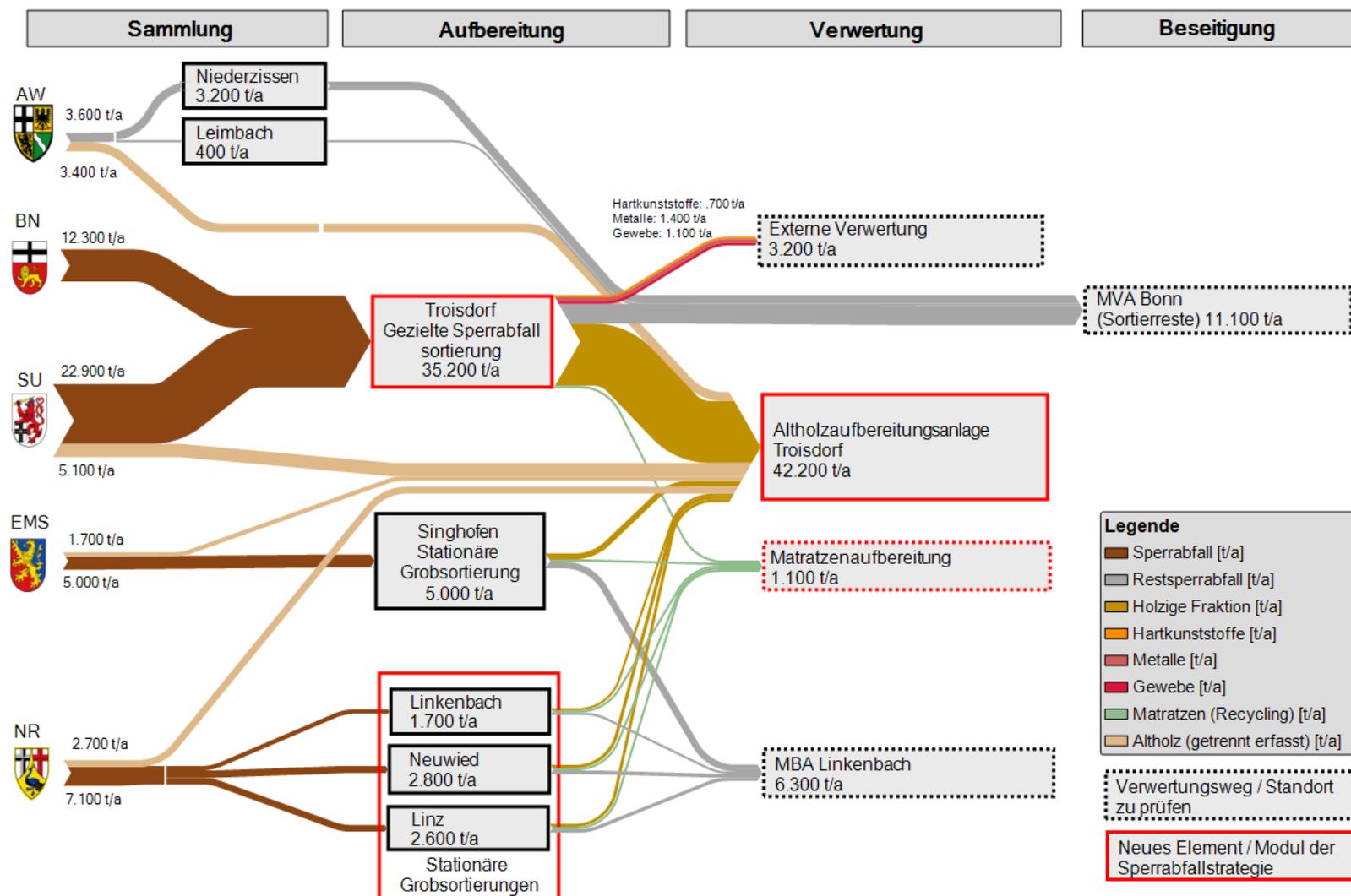


Abbildung 5-16: Szenario der Sperrabfall-Verwertung 2030

Während die Mitglieder über den Verbleib des Sortierrestes (Metall-/Restsperrabfall) in eigenen Anlagen, oder an externe Verwerter variabel entscheiden können, bietet sich Troisdorf als Standort der Altholzaufbereitung an, da hier bereits der Großteil der Menge anfällt. Der Standort der Matratzenaufbereitung hingegen ist flexibel und sollte hinsichtlich Flächenverfügbarkeit und Transportoptimierung entschieden werden. In nachfolgender Grafik wird der Restsperrabfall aus Ahrweiler und der Sperrabfallsortierung in der MVA Bonn verwertet und die Reste aus den Vorsortierungen im Rhein-Lahn-Kreis und Neuwied gehen zur weiteren Aufbereitung in die MBA Linkenbach.

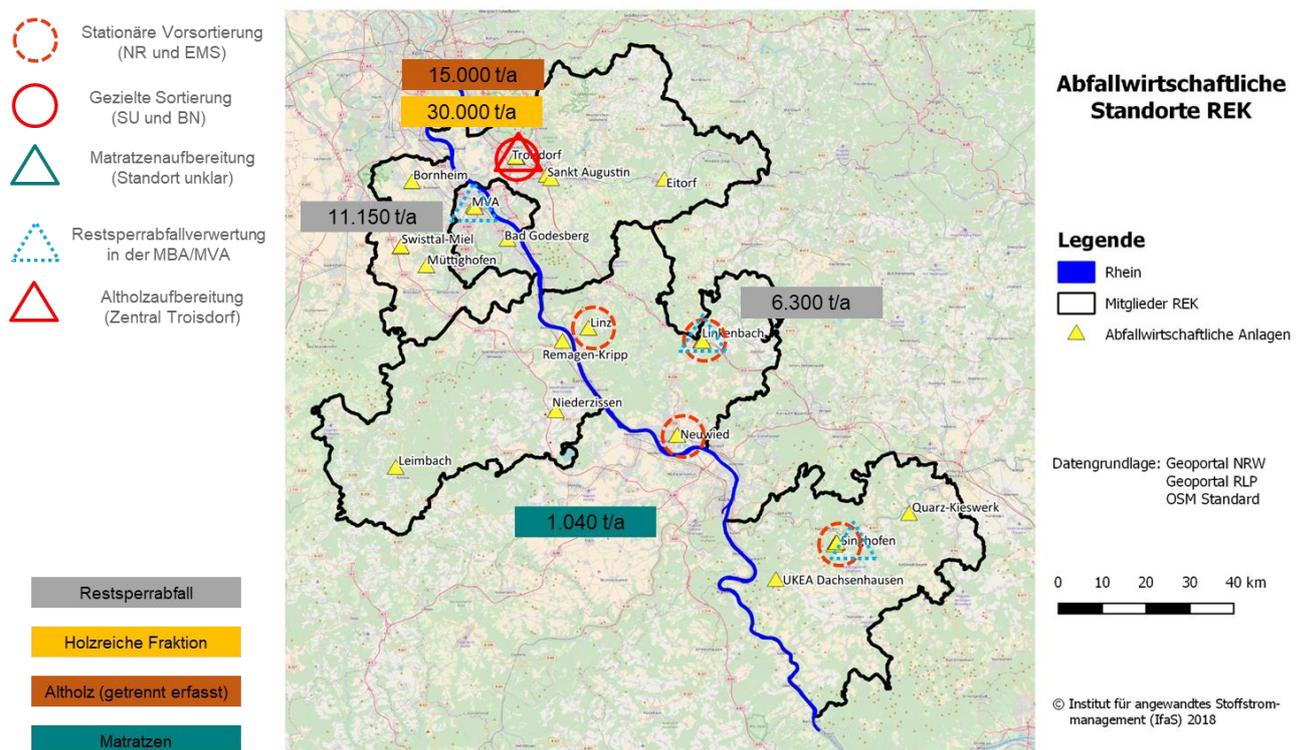


Abbildung 5-17: Orte und Behandlungsmengen der Sperrabfall-Verwertung 2030

Da eine Mengenabschätzung des zukünftigen Sperrabfallaufkommens problematisch ist, werden die Potenziale aus den 2016 erfassten Mengen angesetzt und auch für 2030 exemplarisch angenommen.

5.5 Entwicklung ausgewählter Standorte

Der Erhalt und die nachhaltige Entwicklung der abfallwirtschaftlichen Standorte aller Mitglieder ist erklärtes Ziel der REK. Im Folgenden werden konzeptionelle Entwürfe vorgestellt, wie ausgewählte Standorte bis 2030 und darüber hinaus gestaltet werden können. Dabei sollen die vorhandenen Standortvorteile genutzt und um zukunftsfeste Aspekte erweitert werden. Die technischen Konzepte orientieren sich dabei an den zuvor vorgestellten Strategien zur Behandlung der wesentlichen Stoffströme in der REK. In den meisten Fällen lassen sich die

Standorte modular verändern, sodass in den zehn Jahren bis 2030 schrittweise ein modernisiertes Anlagenkonzept umgesetzt werden kann. Der Maßnahmenkatalog enthält ergänzende Planungsgrundlagen zu Bausteinen der Standortentwicklung. Dabei sind einzelne Machbarkeiten zu prüfen und Planungen durchzuführen, welche dann auch zu abweichenden Ergebnissen führen können. Dieses Klimaschutzkonzept bietet eine erste Zielvereinbarung zwischen den REK-Mitgliedern, wie sowohl die eigenen Interessen gewahrt als auch Synergieeffekte genutzt und gute Lösungen für den Zweckverband insgesamt zu erarbeiten sind.

5.5.1 Energie- und Rohstoffpark Bonn 2030

Der Standort Bonn Immenburgstraße bietet mit der MVA ein zentrales Element für die künftige Weiterentwicklung.

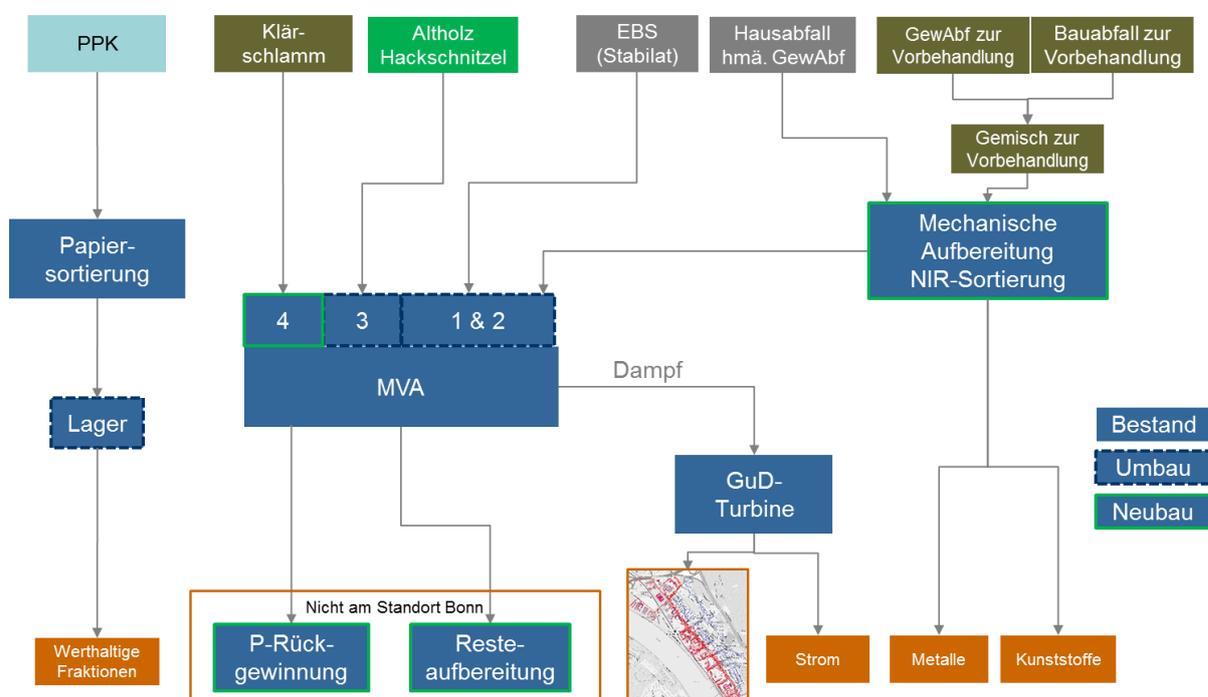


Abbildung 5-18: Energie- und Rohstoffpark Bonn 2030

Die MVA soll bis 2030 umgebaut werden, sodass mit zwei neuen Linien die gleiche Kapazität von etwa 250.000 t/a erreicht wird wie heute mit den drei vorhandenen. Darüber hinaus ist eine Klärschlamm-Monoverbrennung (neue Linie 4) in Planung, welche ebenfalls zur Dampferzeugung beiträgt. Darüber hinaus wird die Entwicklung einer eigenen thermischen Altholz-Verwertung (alte Linie 3) empfohlen, womit auch die Biomasse-Anteile aus der Sperrabfallsammlung verwertet werden können. Neu hinzukommen sollen eine mechanische Aufbereitung und NIR-Sortierung der Restabfälle um die enthaltenen trockenen Wertstoffe für das Recycling auszusortieren. Das Trockenstabilat aus der MBA Linkenbach kann direkt der Restabfall-Verbrennung zugeführt werden. Somit kann auch langfristig Strom und Fernwärme zur

Energieversorgung der Bundesstadt klimafreundlich bereitgestellt werden. Die Papiersortierung kann voraussichtlich von Remondis erworben werden und langfristig einen Baustein zur marktorientierten Altpapierverwertung für den gesamten Zweckverband bieten.

5.5.2 Biomassezentrum Troisdorf 2030

In Troisdorf bietet sich die Möglichkeit, die bestehende Sperrabfallsortierung weiter zu qualifizieren und um eine Altholz-Aufbereitung zu ergänzen.

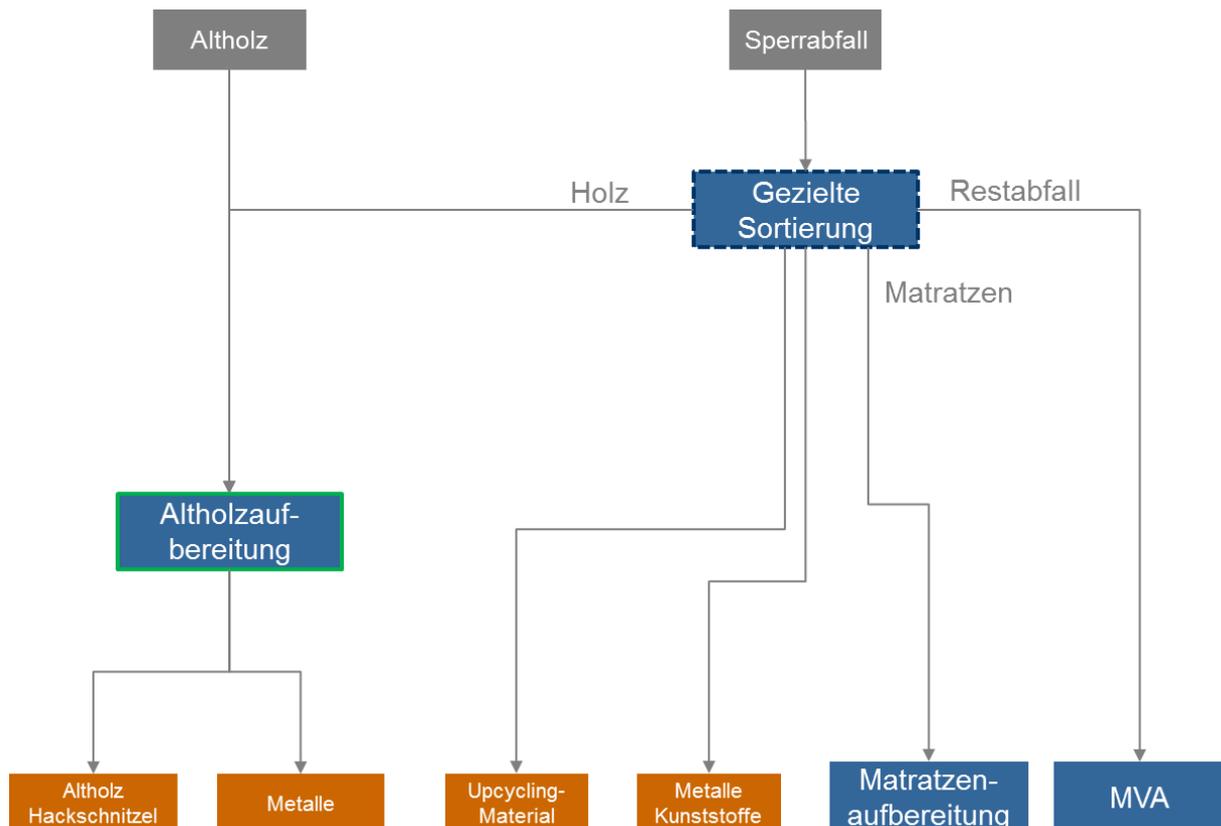


Abbildung 5-19: Biomassezentrum Troisdorf 2030

Die Sperrabfall-Verwertung hat sich in den vergangenen Jahren als volatiler Markt gezeigt, weshalb eine Verlängerung der Wertschöpfungskette in kommunaler Hand und für den gesamten REK zu empfehlen ist. Die Holzanteile stellen bei der Sortierung die größte Fraktion dar, weswegen auch eine eigene Altholzaufbereitung für die thermische Verwertung sinnvoll ist. Die Altholz-Hackschnitzel können dann wiederum für die kommunale Energieversorgung, z. B. an der MVA Bonn eingesetzt werden.

5.5.3 Bioenergiepark St. Augustin 2030

Am Standort St. Augustin ist bereits eine Vorschaltanlage zur Vergärung in der konkreten Planung. Damit soll Biogas erzeugt und auf Erdgasqualität aufbereitet werden. Dieses kann dann auch für den Antrieb der Sammelfahrzeuge der RSAG genutzt werden.

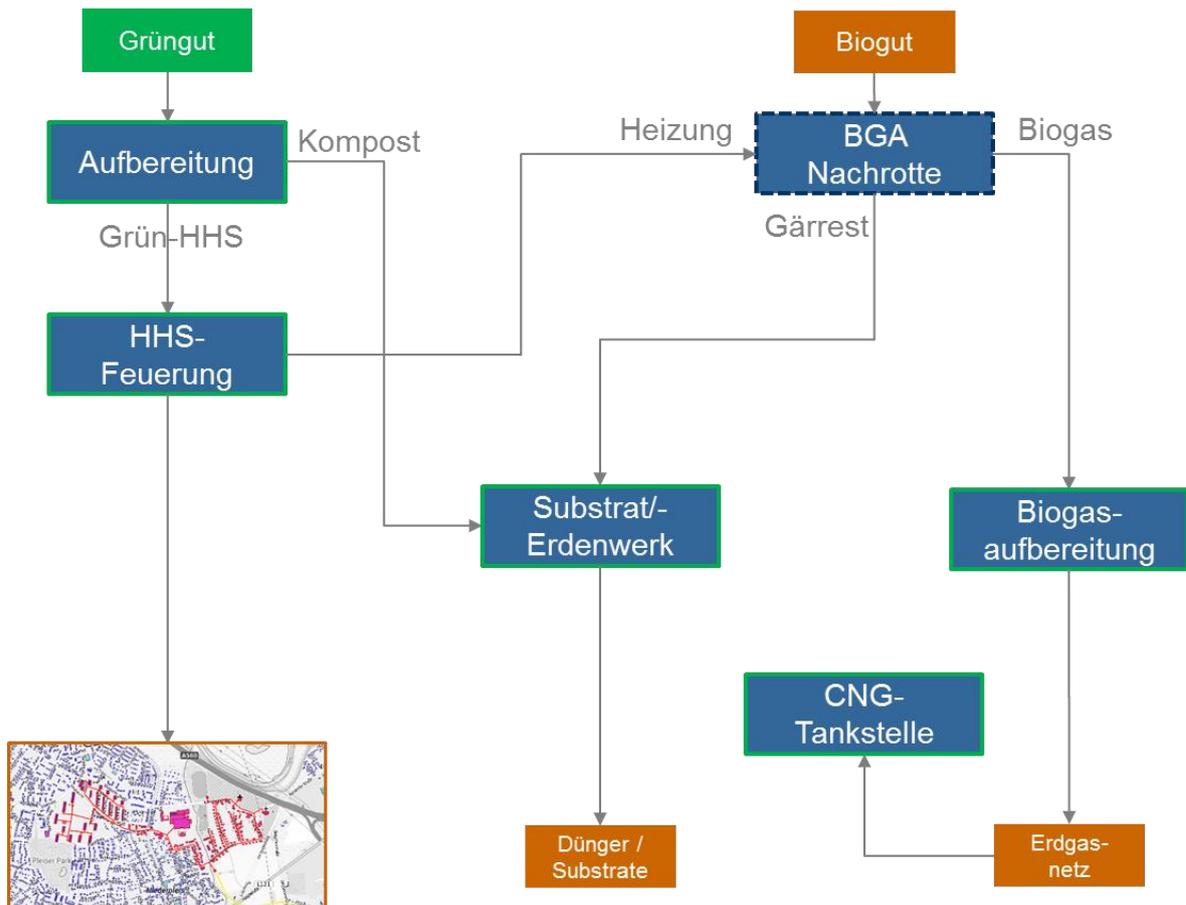


Abbildung 5-20: Bioenergiepark St. Augustin 2030

Künftig sollte auch das Grüngut vermehrt erfasst und energetisch genutzt werden. Zudem wird mittelfristig die Entwicklung eines Erdenwerkes empfohlen, damit die Nährstoffe aus den Bioabfällen bedarfsgerecht in den regionalen Kreislauf zurückgeführt werden können. Hierbei sind Kooperationen mit den anderen REK-Mitgliedern, zumindest bei der Planung zu prüfen und ggf. auch private Fachunternehmen einzubeziehen.

5.5.4 Bioökonomiepark Swisttal-Miel / Müttinghoven 2030

Mittelfristig soll auch die Biogut-Behandlung in Swisttal-Miel um eine Vergärungsstufe erweitert werden. Dies bietet die Gelegenheit innovative Verfahren zur Extraktion organischer Verbindungen wie bspw. Milchsäure. Die Entwicklung der Bioökonomie ist erklärtes Ziel der Bundesregierung, weshalb mit interessanten Förderkonditionen zu rechnen ist.

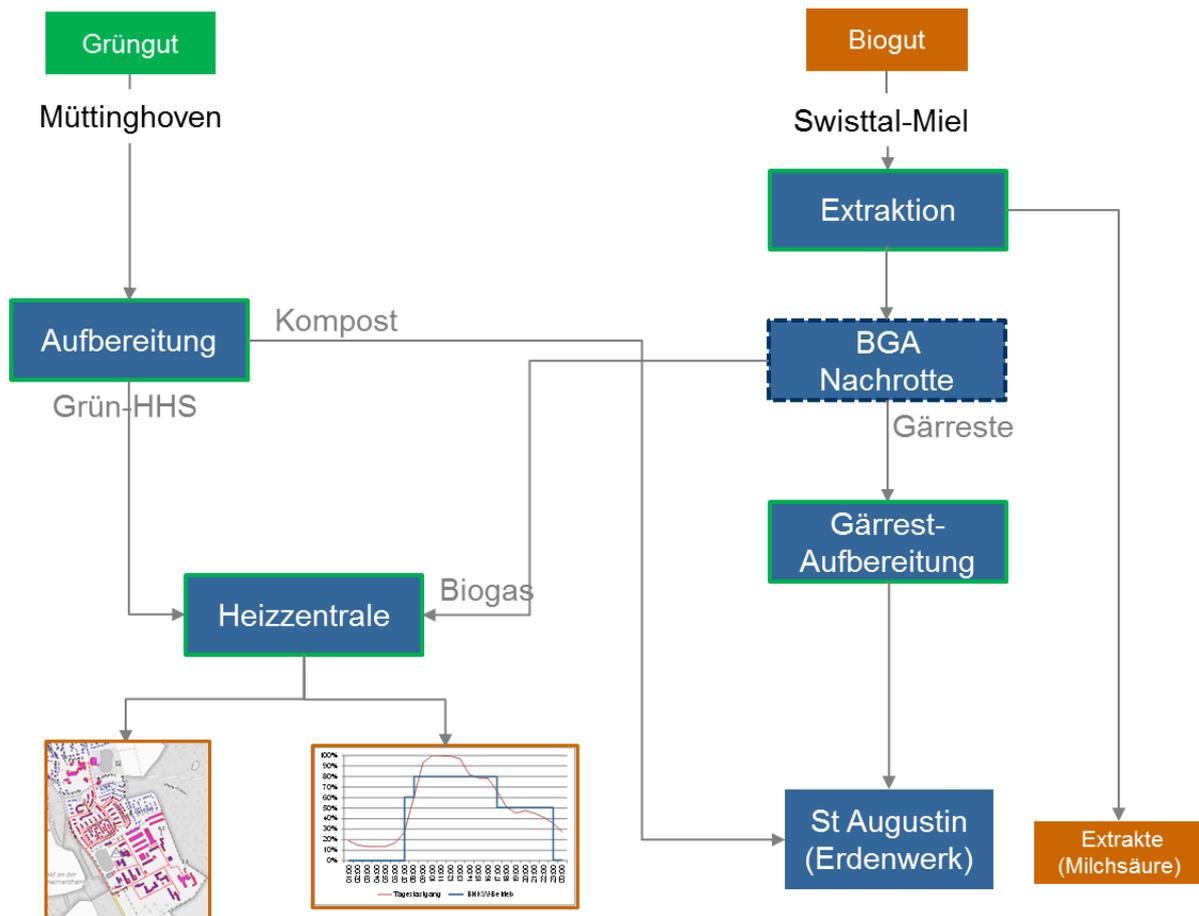


Abbildung 5-21: Bioökonomiepark Swisttal-Miel / Müttinghoven 2030

Das erzeugte Biogas ließe sich in Kombination mit Grüngut-Holz hackschnitzeln aus Müttinghoven für eine lokale Nahwärmeversorgung nutzen (vgl. auch Abschnitt 5.6).

5.5.5 Ressourcenzentrum Linkenbach 2030

In Linkenbach bietet sich mit der bestehenden MBA und einem relativ großen Gelände großes Entwicklungspotenzial. Wie weiter oben beschrieben sollte mittelfristig die Rotte auf biologische Trocknung umgestellt und so ein mittelkalorisches Stabilat erzeugt werden. Damit könnte das Deponievolumen vermehrt für inerte mineralische und Problemabfälle genutzt werden. Zudem sollte eine getrennte (z. B. schichtweise) Behandlung von Gewerbe- und Bauabfällen als Vorbehandlung nach der GewerbeabfallV erwogen werden. Dies würde die Auslastung verbessern und neue Märkte erschließen, allerdings im Wettbewerb zu privaten Entsorgern. Mit der Baggervorsortierung des Sperrabfalls kann dessen Vermarktung verbessert und eine Zusammenarbeit mit der angedachten Altholzaufbereitung in Troisdorf erfolgen. Die zentrale Grüngutaufbereitung ist bereits in der konkreten Planung und unterstützt die regionale Brennstoffbereitstellung aus erneuerbaren Quellen.

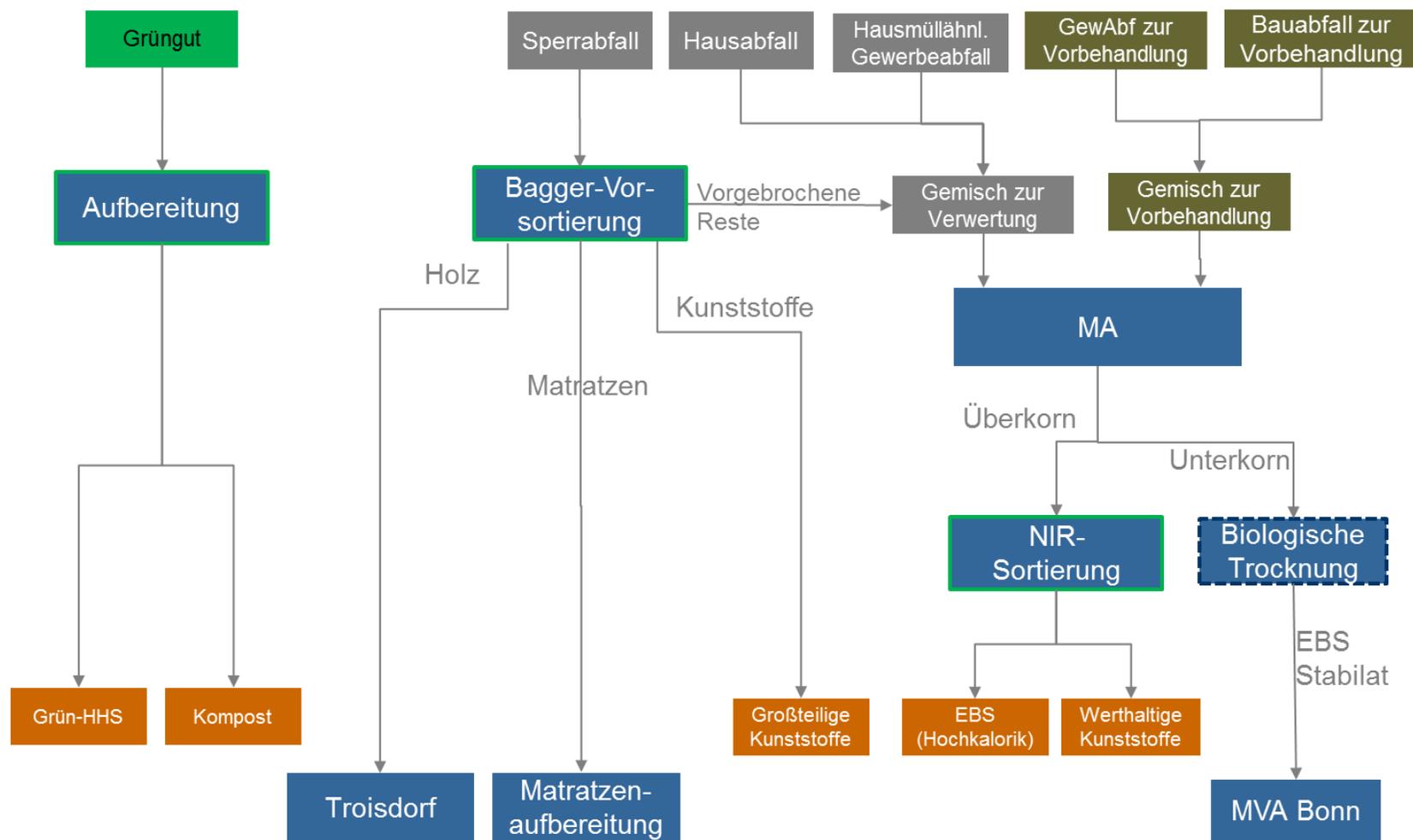


Abbildung 5-22: Ressourcenzentrum Linkenbach 2030

5.5.6 Biomassezentrum Singhofen 2030

Der Standort Singhofen bietet die Voraussetzung für eine Entwicklung der Bioabfall-Behandlung in der Region. Die bestehende Bioabfallaufbereitungsanlage kann auf eine Vergärung umgerüstet werden. Für den Fall, dass die Restabfall-Behandlung beendet wird, kann zudem diese Infrastruktur für einen Ausbau genutzt werden. Auch die Grüngut-Behandlung könnte auf diesem Standort konzentriert werden, sodass Energie für die regionale Wärmeversorgung bereitgestellt werden kann. Die bestehende Vorsortierung des Sperrabfalls kann ausgebaut und wie in Linkenbach eine Zusammenarbeit mit der Altholzaufbereitung Troisdorf etabliert werden. In der zweiten Abbildung ist die Variante dargestellt, bei der die Restabfallbehandlung auch über 2030 hinaus am Standort erfolgt.

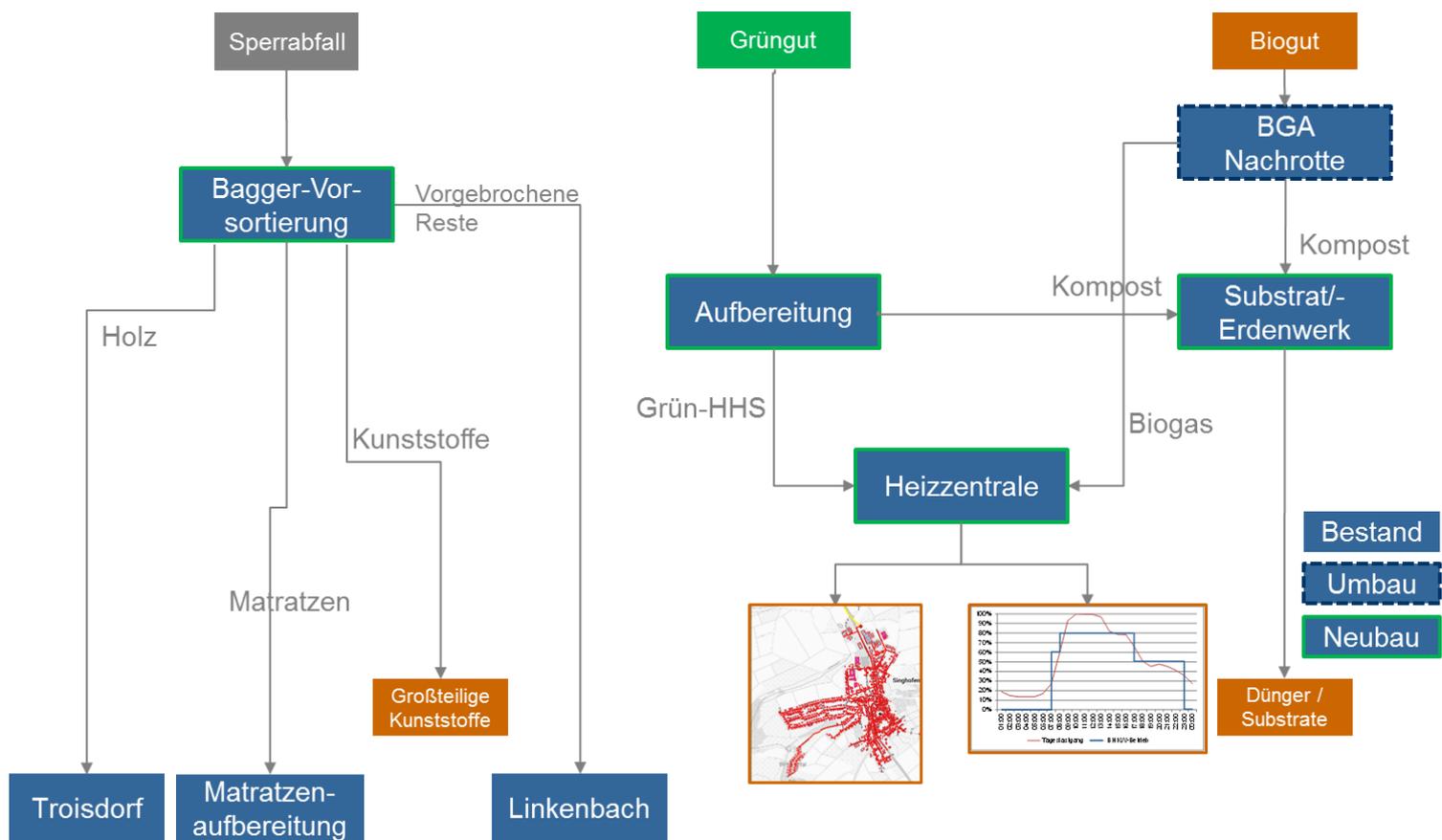


Abbildung 5-23: Biomassezentrum Singhofen 2030

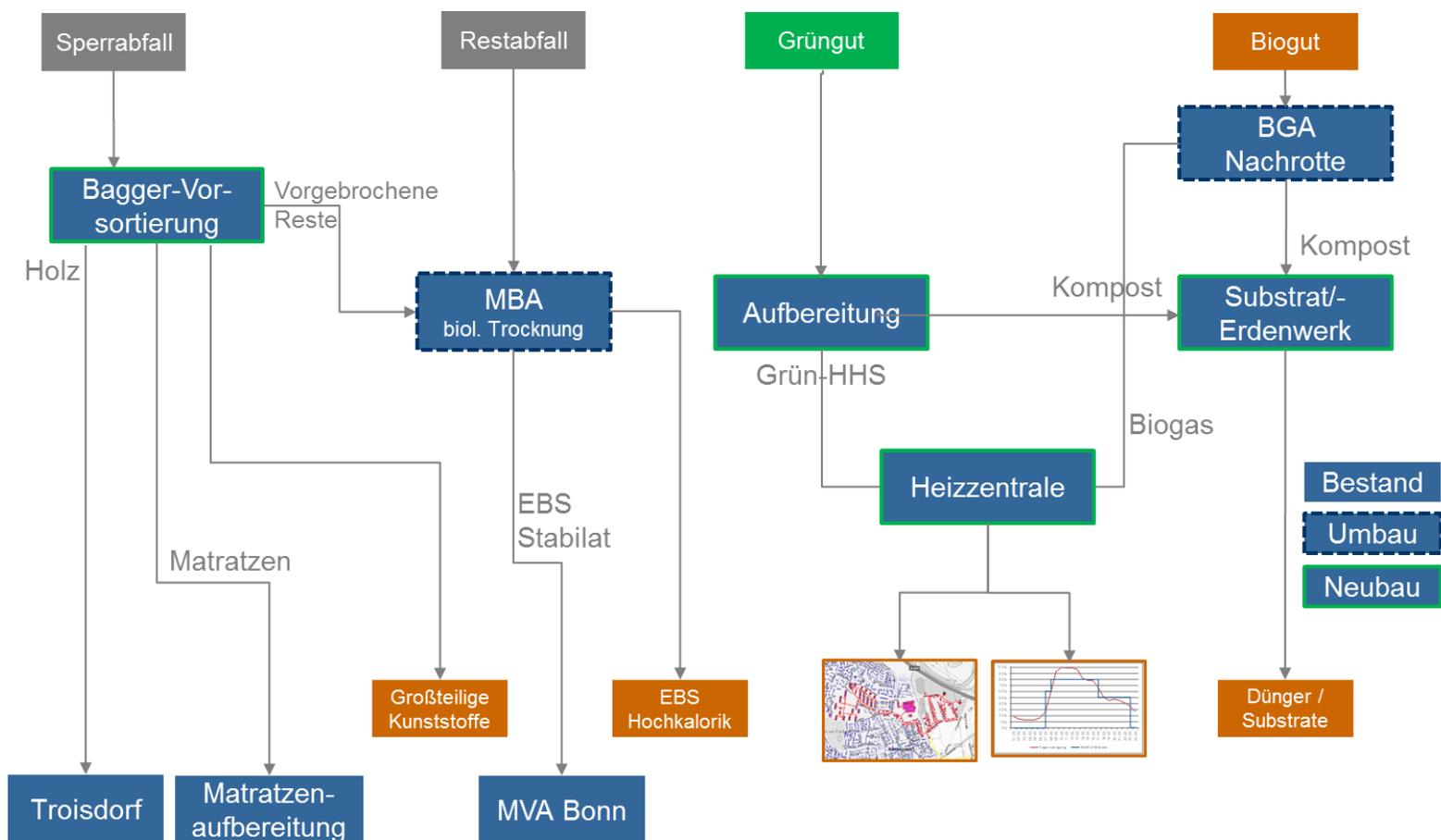


Abbildung 5-24: Variante: Ressourcenzentrum Singhofen 2030

5.6 Maßnahmen zur integrierten Wärmenutzung

Nachdem in Kapitel 3.5 die 11 ausgewählten Schwerpunktgebiete sowie deren Wärmebedarfe beschrieben wurden und das zur Wärmeversorgung bereitstehende Potenzial an biogenen Stoffströmen erhoben wurde, werden Angebot und Nachfrage miteinander abgeglichen, um Ansätze für mögliche Wärmenetze zu formulieren. Dazu wurde ausgehend von der Größe des Gebietes die Wärmedichte mit dem passenden Energieträger und die Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzes abgeschätzt. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung beinhaltet die Investitionen, die insbesondere mit der Länge des Wärmenetzes korrespondieren, die Jahreskosten und die Jahreserlöse, die sich aus der Wärmevermarktung zu 9 ct/kWh Wärme ergeben. Eine Übersicht der untersuchten Wärmenetze je Kommune mit Energieträger, Netz- und Anlagendimensionen sowie ersten Abschätzungen der Wirtschaftlichkeit ist Tabelle 5-7 zu entnehmen. Die Grün markierten Varianten sind dabei die wirtschaftlich interessanten Vorzugsvarianten, die im Folgenden genauer dargestellt werden. Generell ist die Wirtschaftlichkeit stark abhängig von der Länge des Wärmenetzes und der kalkulierten Anschlussquote. Dieser Effekt ist sichtbar bei den zwei Varianten des Wärmenetzes mit Grüngut im Schwerpunktgebiet Asbach. Die große Variante mit einer Anschlussquote von ca. 50% und einer Netzlänge von ca. 9.000 m ist nicht rentabel, während die kompakte Variante mit fast 90% Anschlussquote und 2.800 m Netzlänge in den wirtschaftlich interessanten Bereich fällt.

Insbesondere für die Wirtschaftlichkeit der zentralen Altholzfeuerung ist eine große Wärmedichte entscheidend, sodass der Fokus auf den Ballungsgebieten Bonn und Siegburg liegt. Wegen des industriellen Großabnehmers „Metsä Tissue“ in unmittelbarer Nähe wurde zudem die Möglichkeit eines Wärmenetzes mit Altholzfeuerung für die Orte Puderbach und Raubach untersucht, die jedoch aufgrund der zu geringen Wärmedichte nicht wirtschaftlich ist. Die Altholznutzung an den beiden untersuchten städtischen Standorten steht in Konkurrenz zueinander, wobei eine Erweiterung des Fernwärmenetzes im Stadtteil Bonn Beuel vielversprechender ist, da auf bestehende Infrastruktur aufgebaut werden kann.

Tabelle 5-7: Wärmeversorgungsprojekte in ausgewählten Schwerpunktgebieten

Maßnahmen Wärmeversorgung	Rhein-Sieg-Kreis				Bonn	Landkreis Neuwied			Rhein-Lahn-Kreis		
	St Augustin	St Augustin "kompakt"	Swisttal Miel	Siegburg Süd	Bonn Beuel Süd	Puderbach & Raubach	Asbach "groß"	Asbach "kompakt"	Singhofen "groß"	Singhofen "kompakt"	Katzen- elnbogen
Wärmeangebot Biogas [MWh/a]	8.600		11.100						10.800	9.720	
Wärmeangebot Grüngut [MWh/a]	13.770	13.770	15.263				12.878	12.878	15.429	13.886	8.543
Wärmeangebot Altholz [MWh/a]	-		-	47.200	47.200	47.200					
Wärmeanteil Spitzenlastkessel [MWh/a]	1.177	2.430	1.388	2.484	-	2.484	2.273	2.273	1.380	1.242	1.508
Länge des Wärmenetzes [m]	4.770	2.499	4.861	8.634	9.613	32.587	9.070	2.787	12.083	7.545	2.595
Nachfrage Wärmenetz [MWh/a]	25.844	18.915	27.744	70.925	62.990	70.726	31.536	17.192	32.483	25.230	12.322
Wärmeverteilung Summe [MWh/a]	23.547	16.200	27.750	49.684	47.200	49.684	15.150	15.150	27.609	24.848	10.050
Anschlussquote	91%	86%	100%	70%	75%	70%	48%	88%	85%	98%	82%
Wärmeleistung Summe [kWth]	12.400	8.500	14.600	26.100	24.800	26.100	8.000	8.000	14.500	13.100	5.300
BGA / Altholz [kWth]	2.000	-	1.900	19.700	19.700	19.700	-	-	2.500	2.300	-
Grüngutkessel [kWth]	3.400	3.400	3.800	-	-	-	3.200	3.200	3.900	3.500	2.100
Spitzenlastkessel [kWth]	7.000	5.100	8.900	6.400	-	6.400	4.800	4.800	8.100	7.300	3.200
Investitionssumme [€]	8.300.000	4.520.000	8.650.000	46.190.000	44.470.000	67.550.000	11.320.000	5.290.000	18.300.000	13.710.000	4.430.000
Jahreskosten [€/a]	1.156.000	720.000	1.309.000	3.205.000	2.915.000	4.486.000	1.099.000	737.000	1.881.000	1.527.000	544.000
Wärmeerlöse [€/a]	1.842.838	1.267.826	2.171.739	7.428.330	6.938.400	7.117.263	1.090.800	1.090.800	2.160.706	1.944.636	786.522
Einsparung [€/a]	686.838	547.826	862.739	4.223.330	4.023.400	2.631.263	- 8.200	353.800	279.706	417.636	242.522
Statische Amortisation [a]	12	8	10	11	11	26	-	15	65	33	18
CO2e-Einsparung [t/a]	5.100	3.100	6.000	10.700	10.700	10.700	2.900	2.900	5.900	5.300	1.900

Für die Nutzung des Biogases aus den drei BGA im dezentralen Anlagenkonzept ist die Nähe der Wärmeabnehmer zum abfallwirtschaftlichen Standort von großer Bedeutung. Dabei ist die Biogasnutzung im BHKW jeweils als Alternative zu anderweitiger Nutzung wie beispielsweise im Bereich Mobilität zu verstehen. In Sankt Augustin wird letzterer Nutzungspfad favorisiert, sodass neben der Wärmeversorgung mit Biogas und Grünguthackschnitzeln in Kombination auch eine Wärmebereitstellung einzig aus Grünguthackschnitzeln untersucht wird.

In Singhofen ist die Standortgebundenheit bei einer Wärmeversorgung über Biogas insofern problematisch, dass die Wärmenachfrage im Ort ungefähr dem Wärmeangebot entspricht, sodass zum einen eine sehr hohe Anschlussquote erreicht werden muss und zum anderen externe Mengen an Grüngut (z. B. aus Ahrweiler oder Neuwied) akquiriert werden müssen, um die Biogas-Grundlast zu ergänzen. Aufgrund der resultierenden hohen Netzlänge ist diese Variante jedoch nicht wirtschaftlich. Um diese Stellschrauben zu modifizieren, wurde Singhofen „kompakt“ betrachtet, welche nur einen Teil des Biogases zur Wärmebereitstellung nutzt. Auch wenn sich dadurch die Wirtschaftlichkeit verbessert, wird keine Amortisation im Zeitraum von 20 Jahren erreicht. Da die Wärmeverbräuche jedoch auf Annahmen basieren, besteht weiterhin Potenzial ein wirtschaftlich interessantes Wärmenetz zu entwickeln. Dazu ist eine Absprache mit dem industriellen Großabnehmer Ridder GmbH, der Erich-Kästner-Schule und der Wäscherei der Stiftung Scheuern nötig. Letztere wurde bereits kontaktiert und hat Interesse an einer Zusammenarbeit signalisiert, sodass hier Möglichkeiten zur Deckung der Wärme- und eventuell Dampfbedarfe aus Biogas weiter eruiert werden sollten. Alternativ kann auch eine kleinere Wärmeversorgung ohne Biogas auf Basis des Grüngutes aufgebaut werden wie das Beispiel Katzenelnbogen zeigt.

5.6.1 Wärmenetz Swisttal-Miel und Heimerzheim

Bereits über das Wärmekataster wurde erkennbar, dass Heimerzheim im Umkreis des Abfallwirtschaftlichen Standortes Swisttal-Miel sich zur Abnahme der Biogaswärme in Kombination mit einer Grüngutfeuerung und einem Erdgas-Spitzenlastkessel gut eignet. Mit dem Aus- und Fortbildungszentrum der Bundespolizei und der Georg-von-Boeselager Sekundarschule mit Schwimmbad sind Großabnehmer vorhanden, die die Etablierung einer neuen Heizzentrale mit BHKW und Grüngutfeuerung erleichtern können. Die konkrete Variante des berechneten Wärmenetzes mit Großabnehmern und deren kalkulierten Wärmebedarfen ist in folgender Abbildung ersichtlich.

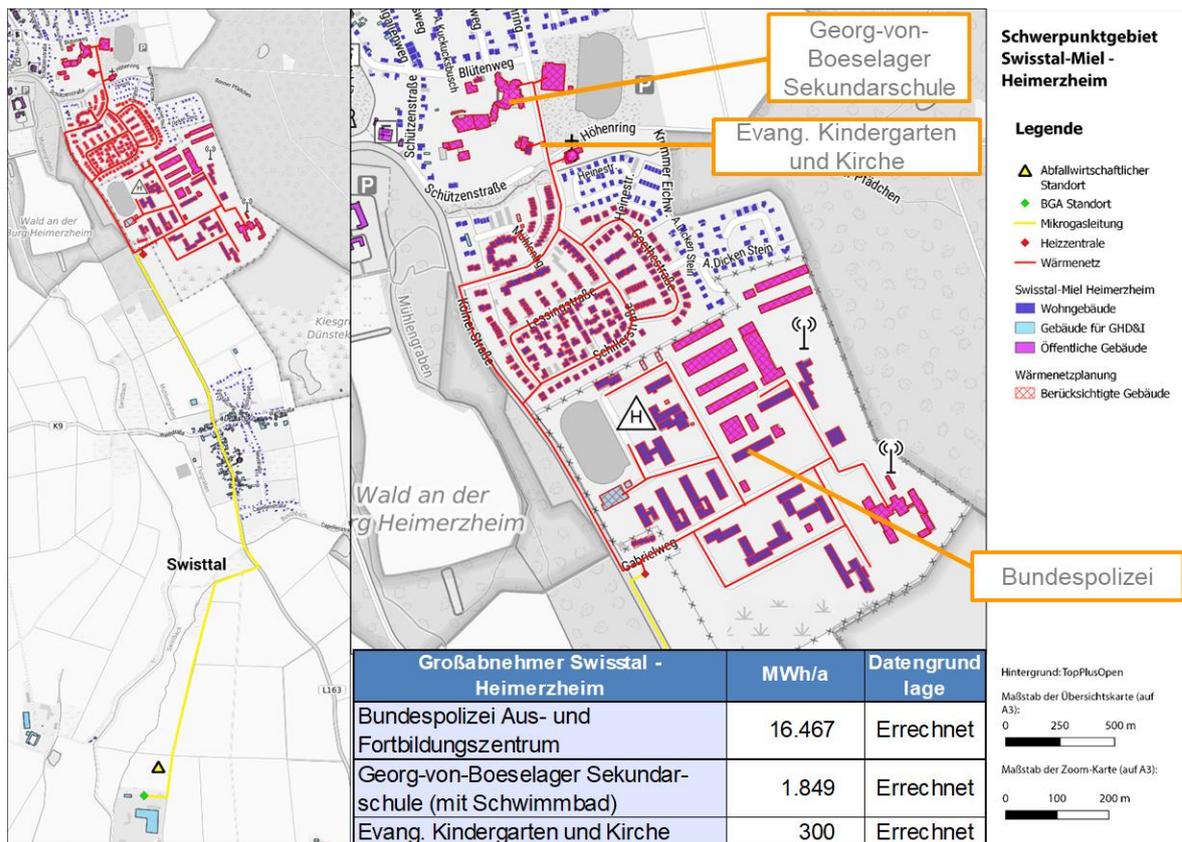


Abbildung 5-25: Wärmenetz Swisttal-Miel und Heimerzheim

Das vorgeschlagene BHKW auf dem Gelände des Aus- und Fortbildungszentrums der Bundespolizei kann über eine ca. 3 km lange Mikrogasleitung vom möglichen Standort der Biogasanlage am Abfallwirtschaftszentrum Swisttal-Miel beliefert werden. Von dort kann außerdem auch die Holzfeuerung mit Hackschnitzeln aus Grüngut versorgt werden. Als durchgezogene rote Linie ist das geplante Wärmenetz dargestellt, welches die rot markierten Gebäude zukünftig mit regenerativer Wärme aus der Region versorgen könnte. Dabei machen Wohngebäude mit 66% und öffentliche Liegenschaften mit 33% den Großteil der jährlichen Wärmeforderung von ca. 27.700 MWh aus. Zur Überprüfung der tatsächlichen Wärmebedarfe und weiteren Konkretisierung dieses Ansatzes sind vor allem Abstimmungen mit der Bundespolizei und der Georg-von-Boeselager Sekundarschule notwendig, welche prinzipiell auch als Betreiber einer zukünftigen Heizzentrale in Betracht kämen. Da die gerechnete Variante jedoch von einer Anschlussquote von 100% ausgeht, sind auch weitere Gespräche mit Anwohnern und sonstigen Wärmeabnehmern im Schwerpunktgebiet notwendig, um ein rentables Wärmenetz zu konzipieren.

5.6.2 Erweiterung des Fernwärmenetzes Bonn im südlichen Beuel

Für die Altholzfeuerung wurde als vielversprechendste Projektskizze die Versorgung des südlichen Teils von Bonn Beuel identifiziert. Dort können entlang der Königswinterer Straße einige öffentliche und Großhandels-, Industrie- und Gewerbegebäude mit großer Wärmeforderung

angeschlossen werden. Das in Troisdorf zu Hackschnitzeln aufbereitete Altholz würde dazu zur MVA Bonn transportiert werden, welche zukünftig eine Linie zur Altholzverbrennung betreiben könnte. Das bestehende Fernwärmenetz könnte dadurch mit einer Rhein-Querung nach Beuel erweitert werden und dort den zusätzlichen Heizwert aus der Altholz-Feuerung verteilen.

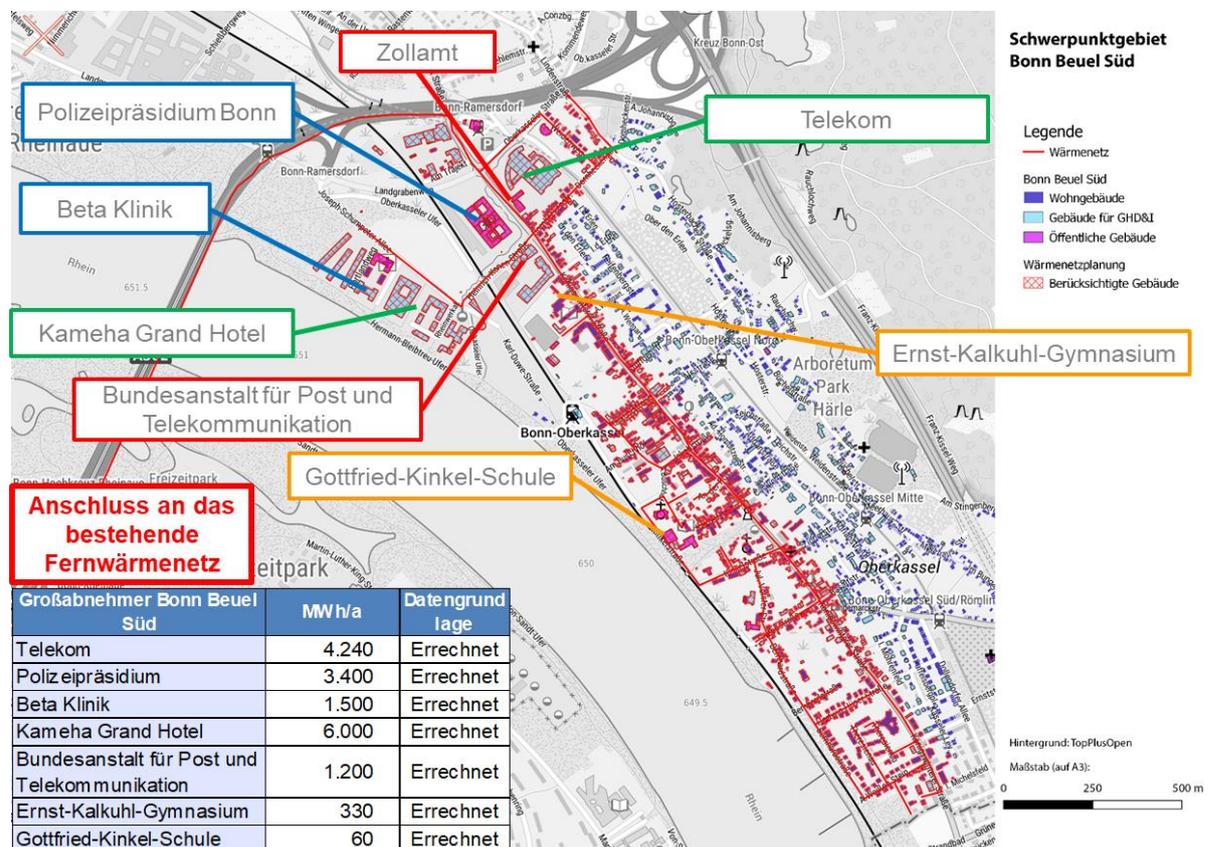


Abbildung 5-26: Wärmenetz Bonn Beuel Süd

Im Vergleich mit anderen städtischen Schwerpunktgebieten bietet sich das dicht besiedelte südliche Schwerpunktgebiet Bonn Beuels vor allem für die Altholzverwertung an, da dort das auf der Westseite des Rheins vorhandene Fernwärmenetz auf der rechtsrheinischen Seite erweitert werden kann. Das Fernwärmenetz Bonn wird unter anderem von der MVA Bonn befeuert, welche im Zuge der geplanten Standorterneuerung einen Kessel für die Altholzfeuerung vorhalten könnte (siehe Kapitel 5.5.1). Durch die Einspeisung der Wärme aus der Altholzfeuerung in ein großes Wärmenetz ist zum einen die Abnahme der erzeugten Wärme gesichert und zum anderen kann sich die bereits am Standort vorhandene Infrastruktur positiv auf die Wirtschaftlichkeit auswirken. In der vorhandenen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden sich dadurch ergebende Potenziale zur Verringerung des Investitionsvolumens jedoch nicht berücksichtigt, sondern diese bedürfen weiterer Untersuchung. Auch die hohe Dichte an Großabnehmern, wie beispielsweise das Polizeipräsidium, die Telekom-Zentrale und diverse öffentliche Gebäude, begünstigt die Wirtschaftlichkeit. Für die Umsetzung des Wärmeverbundes

wäre das weitere Vorgehen eng mit den Stadtwerken Bonn abzustimmen, die als Betreiber des bestehenden Wärmenetzes bereits über langjährige Erfahrung verfügen.

5.6.3 Wärmenetz Asbach „kompakt“

Das Schwerpunktgebiet Asbach im Landkreis Neuwied befindet sich nicht in unmittelbarer Nähe zum 20 km entfernten abfallwirtschaftlichen Standort in Linkenbach, was bei einer Wärmeversorgung mit Grünschnitt jedoch weniger problematisch ist. Das Wärmenetz in Asbach ist insbesondere interessant, da sich hier zwei große kreiseigene Liegenschaften, das Gemeindezentrum zusammen mit der Ortsgemeindeverwaltung sowie die Konrad-Adenauer-Schule, und die Kamillus Klinik als potenzielle Wärmeabnehmer befinden. Somit kann ein kompaktes Wärmenetz mit hoher Anschlussquote konzipiert werden, welches in folgender Abbildung zu sehen ist.

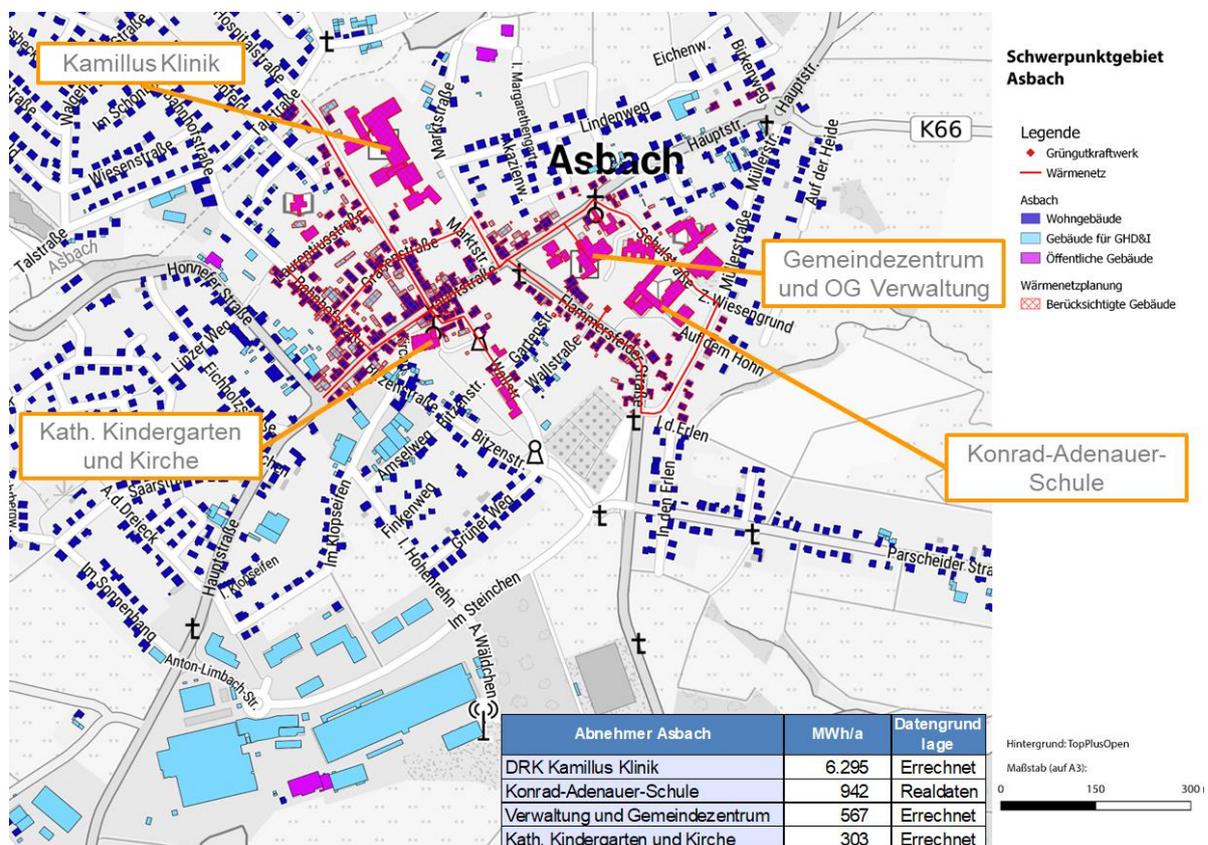


Abbildung 5-27: Wärmenetz Asbach „kompakt“

Die Heizzentrale befindet sich in dieser Variante auf dem Gelände der Gemeindeverwaltung, könnte jedoch auch näher an der Kamillus Klinik als potenziellem Wärmeabnehmer errichtet werden. Um diesen Ansatz weiter zu konkretisieren sollten ebenfalls Abstimmungen mit den genannten Großabnehmern erfolgen, sowie die Flächenverfügbarkeit geprüft werden.

5.6.4 Wärmenetz Katzenelnbogen

Im Rhein-Lahn-Kreis sollen zukünftig jährlich 3.350 t Grünguthackschnitzel zur thermischen Verwertung aufbereitet werden. Diese können vom Aufbereitungsort in Singhofen nach Katzenelnbogen transportiert werden und dort zur Wärmebereitstellung für ein Nahwärmenetz im Ortskern dienen.

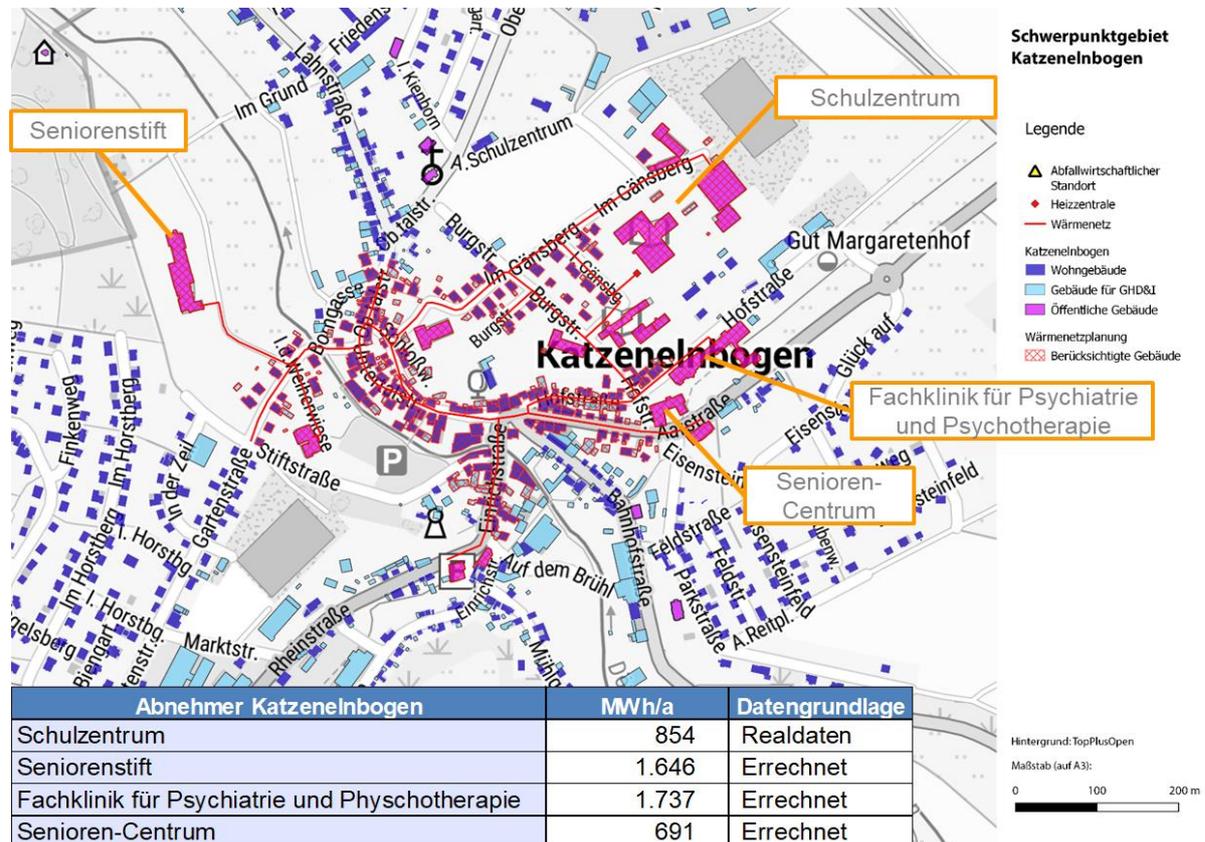


Abbildung 5-28: Wärmenetz Katzenelnbogen

Im Ortskern befindet sich das Schulzentrum, welches aus Grundschule, Realschule und Fachoberschule besteht und derzeit als Energieträger zur Wärmeversorgung Gas einsetzt. In unmittelbarer Nähe liegen zudem die Fachklinik für Psychiatrie und Psychotherapie sowie das Senioren-Centrum. Ein weiterer potenzieller Großabnehmer ist der Seniorenstift, welcher etwas außerhalb liegt. Um ein wirtschaftlich tragbares Wärmenetz zu konzipieren ist zudem der Anschluss einiger Privathaushalte entlang der Untertal- und der Hofstraße inkludiert, was in diesem Projektentwurf zu einer benötigten Anschlussquote von 82% führt. Die Hälfte der aus dem gesamten Grünschnitt bereitgestellten Wärme würde durch die vier großen Konsumenten abgenommen werden, sodass ggf. auch ein kleineres Wärmenetz mit Teilmengen des Grünschnitts aus dem Rhein-Lahn-Kreis für die weitere Betrachtung interessant wäre. In der vorhandenen Skizze befindet sich die Heizzentrale auf dem Gelände des Schulzentrums, deren Errichtungsort ist jedoch variabel.

5.6.5 Wärmenetz Sankt Augustin „kompakt“

Das Wärmenetz in Sankt Augustin ist das wirtschaftlich interessanteste der betrachteten Optionen in den Schwerpunktgebieten, da hier zwei potenzielle Großabnehmer direkt nebeneinander liegen: Der Niederpleiser Wohnpark, bestehend aus den Gebäudegruppen in der Mülldorfer Straße und dem Wacholderweg, und das Albert-Einstein-Gymnasium.

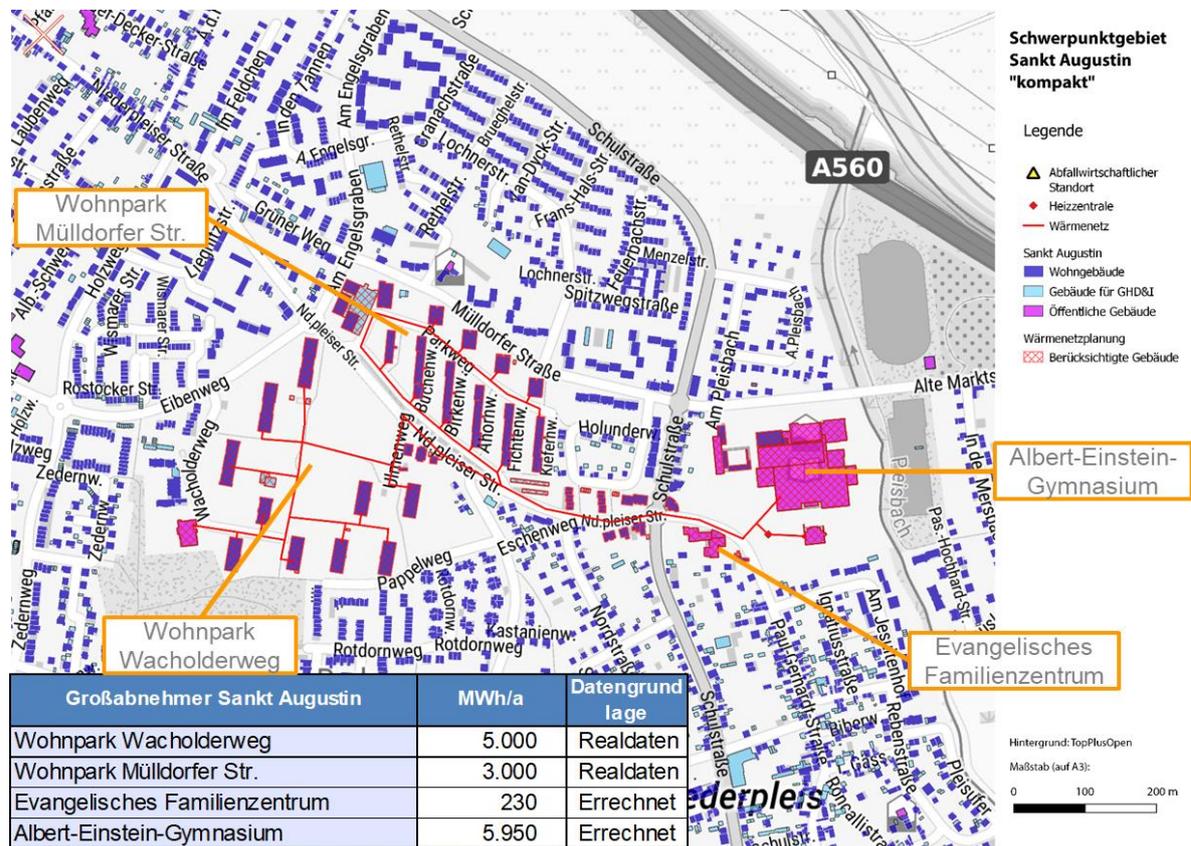


Abbildung 5-29: Wärmenetz Sankt Augustin „kompakt“

Die beiden Wohnparks betreiben derzeit ihre Wärmenetze mit Gas, die Infrastruktur zur Wärmeverteilung ist vorhanden, was die notwendigen Investitionen reduziert. Da nur wenige Einfamilienhäuser bzw. Privathaushalte zur Errichtung dieses Wärmenetzes angeschlossen werden, fällt zudem die Kostenposition der Investitionen für Hausanschlüsse weg. Die Betreiber des Niederpleiser Wohnparks haben bereits Interesse an einer zukünftigen Zusammenarbeit mit der Abfallwirtschaft im Bereich Wärmeversorgung signalisiert, sodass auf diese erste Projektskizze weiter aufgebaut werden kann.

5.7 Maßnahmen zur klimafreundlichen Mobilität

Für die Empfehlungen zur klimafreundlichen Mobilität wurden drei Handlungsfelder untersucht. Zunächst der Einsatz der Elektromobilität, dann die Nutzung von CNG aus Bioabfall-Methan und schließlich die Mitarbeitermobilität.

5.7.1 Elektromobilität

Aktuelle Fahrzeuge:

Vom niederländischen Hersteller Spijkstaal gibt es das Modell Ecotruck 7500 der eigens für die Sammlung von Reststoffen konzipiert wurde. Das vollkommen elektrisch betriebene Fahrzeug verfügt über eine Reichweite von 70 bis 100 km pro Ladung. Die Ladungsdauer beträgt 6 bis 8 Stunden. Je nach Modell können entweder 3.700 oder 3.400 kg Reststoffe im Fahrzeug gelagert werden, was von der gewählten Batteriekapazität abhängt. Dieses Fahrzeug eignet sich für die Sammlung von kleinen Mengen. Für größere Tonnagen werden Lkws mit einem zulässigen Gesamtgewicht von rund 26 t benötigt. Mercedes nahm im Jahre 2017 den Testbetrieb eines vollelektrischen Lkws auf, der dieser Größe entspricht.⁷³ Tesla stellte Ende 2017 ebenfalls einen Elektro-Lkw in dieser Größenordnung vor.⁷⁴ Die Reichweite der beiden Modelle liegt zwischen 200 und 300 km. Ziel ist es, die Modelle ab 2020 dem Massenmarkt zur Verfügung zu stellen.

Anwendung am Beispiel REK

Die Nutzung von Elektro-Lkws wird beispielhaft für das Entsorgungsunternehmen Bonnorange vorgerechnet. Als Basisdaten dienen die Daten der Sammlungen in Bonn. Dazu werden im Moment 36 Fahrzeuge, die im Jahr 2016 427.845 km gefahren sind und dabei 328.156 l Diesel benötigt haben, genutzt.⁷⁵ Anhand der zuvor durchgeführten Berechnung ist dafür eine Energiemenge von 3.236 MWh nötig und 1.061 t CO₂e werden ausgestoßen. Der Verbrauch eines Elektro-Lkws wird mit 180 kWh/100 km beziffert.⁷⁶ Damit würden die 36 Fahrzeuge der Stadt Bonn für die Laufleistung des Jahres 2016 circa 770.000 kWh/a verbrauchen.

Tabelle 5-8: Vergleich Energieverbrauch und Emissionen⁷⁷

Energiequelle	Emissionsfaktor	Jährlicher Ausstoß	Jährliche Einsparung
Diesel	328 g CO ₂ e/kWh	1.061 t CO ₂ e	-
PV-Anlage eigen	68 g CO ₂ e/kWh	52,37 t CO ₂ e	1.009 t CO ₂ e
Strommix Dtl.	527 g CO ₂ e/kWh	405,85 t CO ₂ e	655 t CO ₂ e

Es wird deutlich, dass durch die Umstellung von Diesel-Lkws auf Elektro-Lkws ein großer Teil der CO₂e-Emissionen verringert werden kann. So können durch die Nutzung von eigenen PV-Anlagen die Emissionen um rund 95% gesenkt werden. Eine Wirtschaftlichkeits- und Sensitivitätsanalyse hat jedoch gezeigt, dass die Umstellung der Sammlung auf Elektroantrieb derzeit

⁷³ Vgl. Website Auto-motor-und-sport.

⁷⁴ Vgl. Website Handelsblatt.

⁷⁵ Vgl. Bonnorange 2017.

⁷⁶ Vgl. Website Daimler a.

⁷⁷ Eigene Darstellung nach: Bonnorange 2017.

noch nicht ökonomisch darstellbar ist. Hinzu kommt, dass die Preisangaben für die in der Entwicklung befindlichen E-Lkws noch keine belastbare Größe darstellen. Dennoch ist die Entwicklung interessant, insbesondere für städtische Sammelgebiete. Bei entsprechenden hohen Dieselpreisen und Fördermitteln für die E-Fahrzeuge kann der Umstieg auf die E-Mobilität auch ökonomisch interessant sein.

5.7.2 Einsatz von Biomethan

Bei CNG wird das Erdgas mit einem Druck von 200 bar verdichtet und kann dadurch eine akzeptable Energiedichte erreichen. Aus diesem Grund wird CNG für die Umsetzung der Maßnahme gewählt, um die Fahrzeuge mit Treibstoff zu versorgen.

Aktuelle Fahrzeuge:

Als Pionier für CNG Technologie gilt der italienische Hersteller von Nutzfahrzeugen Iveco. Von Iveco gibt es leichte, mittelschwere und schwere Nutzfahrzeuge, die mit Erdgas betrieben werden können. So wurde im Jahre 2016 auf der Fachmesse für Umwelttechnologien und -dienstleistungen Pollutec der Iveco Eurocargo 120EL21 P vorgestellt. Neben diesem mittelschweren Fahrzeug vertreibt Iveco aber auch den Daily als leichtes Fahrzeug und Stralis als schweres Fahrzeug. Diese Modelle können bereits rein durch einen Erdgasantrieb gefahren werden, wobei es den Stralis als CNG- und LNG-Version gibt.⁷⁸

Vom Hersteller Mercedes Benz gibt es derzeit das Modell Econic NGT, welches mit CNG angetrieben wird. Dieses Fahrzeug wurde für die Nutzung als Abfallsammelfahrzeug entworfen und findet im Zweckverband Gebrauch. Der Econic NGT verfügt über ein Tankvolumen von insgesamt 700 l.⁷⁹

Insgesamt stehen, in Bezug auf die Nutzung von Erdgas als Kraftstoff, aktuell eine Vielzahl von Modellen zur Verfügung. Somit stellt die Verfügbarkeit der Fahrzeuge kein Problem für die Umsetzung der Maßnahme dar.

Schadstoffausstoß, Wirkungsgrade und Energieverbrauch:

Laut Herstellerangaben verbraucht ein CNG Fahrzeug etwa 63 kg CNG/100 km. Der Wirkungsgrad eines Fahrzeugs ist hier etwas geringer als der eines Diesel- oder Benzinfahrzeuges, da der Prozess ähnlich abläuft und ein Großteil der Energie in Form von Wärme verloren geht.⁸⁰

⁷⁸ Vgl. Website Iveco.

⁷⁹ Vgl. Website Daimler b.

⁸⁰ Vgl. Basshuysen 2015, S. 407.

Bei der Nutzung von Biomethan aus biologischen Abfällen, wird jedoch nur die Produktion und Verarbeitung der Ausgangsstoffe eingerechnet und ergibt somit einen Emissionsfaktor für CNG von 122,61 g CO₂e/kWh.⁸¹

Der Verbrauch eines CNG Fahrzeuges liegt bei rund 63 kg CNG auf 100 km. Damit benötigt die REK, für die 2016 gefahrenen 3.500.993 km, rund 2.500.000 kg CNG. Das entspricht bei einer Energiedichte von 13,16 kWh/kg für CNG 33.200.000 kWh, die durch die Sammlungen verbraucht werden.

Energiebereitstellung und Emissionen:

Tabelle 5-9: Übersicht Energieverbrauch und CO₂e-Ausstoß

Kraftstoff	Emissionsfaktor	Energiemenge	Ausstoß CO ₂ e
Diesel (Ist-Zustand)	328 g CO ₂ e/kWh	25.700.000 kWh	8.443 t
CNG Eigenproduktion	122,61 g CO ₂ e/kWh	33.200.000 kWh	4.069 t
CNG Erdgas	271,79 g CO ₂ e/kWh	33.200.000 kWh	9.020 t

Durch die Tabelle lassen sich die Einsparungen der unterschiedlichen Varianten zeigen. Es fällt auf, dass durch die CNG-Eigenproduktion die Menge der CO₂e-Emissionen um mehr als die Hälfte reduziert wird. Die Einsparung bei dieser Maßnahme liegt bei 4.374 t CO₂e/a. Die zweite Variante (CNG aus fossilem Erdgas) würde jedoch dazu führen, dass sich die ausgestoßene Menge an CO₂e nicht verringert, sondern um 577 t CO₂e zunimmt. Dies ist am relativ schlechteren Wirkungsgrad des CNG-Antriebs begründet, welcher nicht durch den geringeren CO₂e-Faktor ausgeglichen werden kann.

Investition Fahrzeuge:

Die untersuchte Anzahl der Fahrzeuge beträgt 207 Stück (Stk.). Diese sind unterteilt in 187 Sammelfahrzeuge, die derzeit in Benutzung sind und 20 Fahrzeuge für Dienstreisen. Die Mehrkosten für die Anschaffung eines CNG-Fahrzeuges zum Sammelbetrieb wird mit 34.000 €/Stk. und für einen Pkw für Dienstreisen mit 2.000 €/Stk angenommen.⁸² In diesem Fall betragen die Gesamtinvestitionen inklusive Kapitalbeschaffungskosten 15.800.000 € und die jährlichen kapitalgebundenen Kosten betragen 1.580.000 €/a.

In der zweiten Variante der Maßnahme stammt das verwendete CNG aus der Tankstelle. Es gibt in einem Umkreis von 50 km um die Stadt Bonn 38 Tankstellen, an denen CNG getankt werden kann.⁸³

⁸¹ Eigene Berechnung nach: Gemis Datenbank Version 4.95.

⁸² Vgl. Website Umweltbundesamt b.

⁸³ Vgl. Website Erdgas Info.

Die jährlichen Kraftstoffkosten betragen dann 2.688.000 €/a. Dem gegenüber stehen jährliche Kosten für Diesel von 3.017.000 €/a. Die jährliche Gesamteinsparung liegt bei 329.000 €/a.

Unter Berücksichtigung der Fahrzeugmehrkosten steht am Ende der Nutzungsdauer ein Nettobarwert von -5.260.000 €, sodass diese Maßnahme zum jetzigen Zeitpunkt nicht rentabel ist. Zudem sind nach aktueller Sachlage keine THG-Einsparungen nachweisbar, weshalb die Option nicht weiterverfolgt wird.

Eigenproduktion Biomethan:

In der ersten Variante der CNG-Fahrzeuge wird Biomethan im Zuge der Bioabfallvergärung hergestellt und als Kraftstoff eingesetzt. Dadurch verbessert sich vor allem die CO₂-Bilanz der Sammlung enorm.

Die Menge von 90.000 t stellt das Biogutpotenzial der Stadt Bonn und des Rhein-Sieg-Kreises dar. Bei einem Ertrag von etwa 90 Nm³/t, können rund 8.100.000 m³ Rohbiogas erzeugt werden. Das Rohbiogas verfügt über einen Methangehalt, der bei circa 65% liegt. Dieser wird durch die Aufbereitung auf 98% angehoben. Dadurch sinkt der Ertrag um 2.700.000 Nm³. Die Aufbereitung wird mithilfe der Druckwasseradsorption durchgeführt. Hierbei kommt es zu weiteren Verlusten von rund 1%, welche im Beispiel 81.000 Nm³ betragen. Der Biomethanertrag liegt abzüglich der Verluste bei 5.346.000 Nm³. Anhand der Dichte von Biomethan, bei Normdruck von 0,76 kg/Nm³, können aus dieser Menge rund 4.000.000 kg CNG im Jahr produziert werden.⁸⁴

In der folgenden Abbildung ist noch einmal der CNG-Bedarf für die eigenen Fahrzeuge und das Angebot aus dem Biogut des REK bzw. der beiden öRE Rhein-Sieg-Kreis und Bonn gegenübergestellt.

⁸⁴ Vgl. Website FNR.

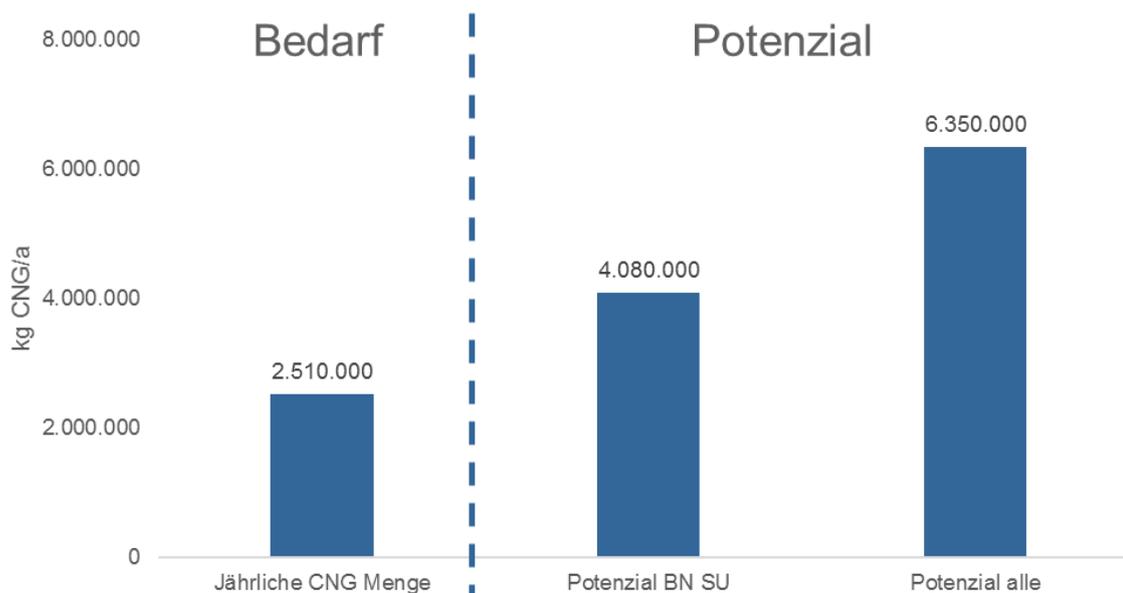


Abbildung 5-30: Biomethan als CNG-Treibstoff – Bedarf und Potenzial

Damit wird deutlich, dass bereits die potenziellen Biogasanlagen in St. Augustin und Swisttal-Miel einen Großteil des Treibstoffbedarfs in der REK decken können.

Die Investitionen sowie verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten für die Produktion von Biomethan als Kraftstoff setzen sich aus Rohbiogaserzeugung, Biogasaufbereitung, Netzanschluss und Tankstelle zusammen. Im Folgenden ist ein Modell für die Bio-CNG-Bereitstellung aus den Biotonnenabfällen des Rhein-Sieg-Kreises und der Stadt Bonn dargestellt.

Tabelle 5-10: Übersicht Investitionskosten Biomethanherstellung

Prozessschritt	Investitionskosten
Rohbiogaserzeugung	36.000.000 €
Biogasaufbereitung	2.400.000 €
Netzanschluss	250.000 €
Tankstellen (5 x 250.000€)	1.250.000 €
Gesamtinvestition	39.900.000 €
Jährliche kapitalgebundene Kosten	2.935.000 €

Verbrauchs- und betriebsgebundene Kosten fallen bei der Rohbiogaserzeugung in Höhe von 3.420.000 €/a an und bei der Biogasaufbereitung in Höhe von 750.000 €/a, was eine Summe von 4.170.000 €/a ergibt.

Die Produktionskosten für 4.000.000 kg CNG belaufen sich inklusive der Fahrzeug-Mehrkosten auf ca. 53 Mio. Investition und 8.700.000 €/a laufende Kosten inklusive Kapitaldienst. Allerdings sind für eine aussagekräftige Bewertung die Einsparungen und Erlöse gegenzurechnen. Diese setzen sich aus den bisherigen Dieseldaten, dem Guthaben aus der Bioabfall-Verwertung (90 €/t) sowie der Vermarktung des überschüssigen Biomethans (5 ct/kWh) zusammen und können mit rund 11.000.000 € abgeschätzt werden. Demnach ergibt sich eine Amortisationsdauer unter 10 Jahren. Damit ist die eigene Erzeugung von Bio-CNG eine interessante Möglichkeit, um den Antrieb der Sammelfahrzeuge klimafreundlich zu gestalten. Zudem verursacht der CNG-Antrieb nahezu keine Luftschadstoffe wie Stickoxid und Feinstaub. Allerdings sind die Berechnungen erste konzeptionelle Abschätzungen und bedürfen einer Detaillierung im Rahmen einer Machbarkeitsstudie oder Planungsphase.

5.7.3 Zusatztechnologien

Neben den neuen Antriebstechnologien gibt es auch ergänzende Zusatztechnologien, um den Verbrauch zu reduzieren. Zwei solcher Systeme werden im Folgenden dargestellt. Diese wurden speziell für den Einsatz bei Entsorgungsbetrieben zur Sammlung konzipiert.

Hydropower:

Beim Hydropowersystem wird ein Hydraulikspeicher in das Fahrzeug integriert. Dieser kann die Bremsenergie speichern und die gespeicherte Energie dazu benutzen, um den Aufbau des Fahrzeuges zu versorgen.⁸⁵ Solche Speicher können bei allen Fahrzeugen nachgerüstet werden. Die Investitionskosten zur Anschaffung dieses Systems konnten nicht ermittelt werden.

Laut dem Hersteller Faun liegt das Einsparpotential, beim Einsatz eines Hydrospeichers bei maximal 14% der Kraftstoffmenge. In Bezug auf die Sammlung von Reststoffen müssen zwangsläufig viele Bremsvorgänge getätigt werden, sodass sich der Hydrospeicher gut füllen lässt. Bei einem Kraftstoffverbrauch von rund 13.884 l pro Fahrzeug, beträgt die maximale Kraftstoffeinsparung 1.940 l. Damit könnten derzeit rund 2.250 € eingespart werden. Im Zuge dessen können rund 19.100 kWh/a beim Endverbrauch eingespart werden und die CO₂-Emissionen würden sich pro Fahrzeug und Jahr um circa 6,3 t CO₂e verringern. Hochgerechnet auf 187 Fahrzeuge könnten mithilfe des Hydropowersystems 362.000 l Diesel, 1.170 t CO₂e und rund 3.577.000 kWh/a vermieden werden. Der monetäre Vorteil würde auf die gesamten Kosten 420.000 €/a betragen. Die Kosten für den Einbau des Hydropowersystems dürfen demnach einen Preis je Fahrzeug von 20.000 € nicht überschreiten. Denn dann steigen steigt die Gesamtinvestitionssumme inklusive der Kapitalbeschaffungskosten auf über 4.200.000 € an. Diese Summe könnten in der Nutzungsdauer nicht durch Einsparungen ausgeglichen werden.

⁸⁵ Vgl. Website Faun a.

Dualpower:

Beim System Dualpower sind zwei Motoren in den Fahrzeugen vorhanden. Der Dieselmotor wird dazu genutzt, um weite Strecken mit hoher Beladung zu bewerkstelligen. Zusätzlich steht ein Elektromotor zur Verfügung. Dessen Versorgung übernimmt ein Aggregat.⁸⁶ Ziel ist es, den Dieselmotor für den Weg ins Sammelgebiet zu nutzen, diesen dort auszuschalten und mit dem sparsameren und emissionsarmen Elektromotor die Sammelvorgänge durchzuführen. Zusätzlich wird bei diesem System auf elektrisches Bremsen gesetzt, um die Energie der Bremsvorgänge zu nutzen. Laut Hersteller können dadurch bis zu 33% der Kraftstoffmenge eingespart werden. Zusätzlich reduzieren sich die Geräuschemissionen. Laut Herstellerangaben können mit dem Dualpowersystem Einsparungen von bis zu 4.580 l/a erzielt werden. Dadurch sinken die jährlichen Kraftstoffkosten pro Fahrzeug um 5.300 €. Zudem wird der CO₂-Ausstoß bei einem Fahrzeug um 14,8 t/a reduziert.⁸⁷ Die Endenergieeinsparungen betragen pro Fahrzeuge etwa 45.200 kWh/a. Beim Einsatz in allen Sammelfahrzeugen beträgt die Endenergieeinsparung 8.452.400 kWh/a. Hochgerechnet auf alle 187 Sammelfahrzeuge der REK ergeben sich Einsparungen von circa 2.770 t CO₂e. Außerdem liegt die Kosteneinsparung hier bei etwa 990.000 €/a. Beim Dualpowersystem dürften die Mehrkosten maximal 45.000 € pro Fahrzeug betragen. Dadurch ergibt sich ein Gesamtinvestitionsvolumen, inklusive der Kapitalbeschaffungskosten, von 9.542.000 €. Innerhalb von zehn Jahren könnte diese Summe durch die Kraftstoffeinsparungen refinanziert werden.

5.7.4 Klimafreundliche Mitarbeitermobilität

Grundsätzlich stellt ein betriebliches Mobilitätsmanagement eine Anreizschaffung dar. Das bedeutet, dass der Belegschaft Alternativen aufgezeigt werden, welche die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln, Fahrrädern, Car-Sharing-Modellen, Fahrgemeinschaften und zudem alternative Antriebe fördern.

Fahrgemeinschaften:

Die Arbeitgeber können Anreize schaffen, um Fahrgemeinschaften für den Arbeitsweg zu fördern. So ist es sinnvoll, Arbeitszeiten anzupassen, um das gemeinsame Fahren zu ermöglichen. Ein Betrieb zeigt durch die Förderung von Fahrgemeinschaften zum einen intern, dass man sich im Unternehmen für die Belange der Angestellten interessiert und Verbesserungen anstrebt. Zum anderen nach außen, dass man Verantwortung übernimmt und Maßnahmen zur Entlastung des Straßenverkehrs und der Umwelt ergreift.

Die REK sollte das Thema in kleinen Schritten auf den Weg bringen. Konkret können hier beispielsweise Bildschirme aufgestellt werden, an denen die Angestellten Fahrten anbieten

⁸⁶ Vgl. Website Faun b.

⁸⁷ Vgl. Website Faun a.

können. Im Zuge der Digitalisierung bietet sich auch die Nutzung einer gemeinsamen Smartphone-App an. Wenn die Fahrgemeinschaft/ App vermehrt Anwendung bei den Angestellten findet, kann die REK weitere Anreize schaffen. Diese Erweiterung kann so aussehen, dass Firmenfahrzeuge zur Nutzung für Fahrgemeinschaften zur Verfügung gestellt oder monetäre Anreize (z. B. Tankgutscheine) als Teil des Mobilitätsmanagements gesetzt werden. Zusätzlich dazu könnten mit einem sehr geringen Kostenaufwand privilegierte Parkplätze für die Fahrzeuge von Fahrgemeinschaften zur Verfügung gestellt werden.

Förderung öffentliche Verkehrsmittel:

Durch den Umstieg einer Person auf den ÖPNV können rund 70% der Emissionen eingespart werden. Dazu sind jedoch mehrere Faktoren ausschlaggebend, um Angestellte von der Nutzung von Bus und Bahn zu überzeugen. Ein wesentliches Kriterium ist die Anbindung der Arbeitsstätte und des Wohnortes an das Netz der öffentlichen Verkehrsmittel. Daneben sind auch die Fahrtzeiten von Bedeutung, denn diese müssen mit den Arbeitszeiten der Angestellten übereinstimmen. Hinzu kommen die Fahrtkosten, denn erst wenn die Preise so gestaltet sind, dass durch den Umstieg kein Nachteil für die Angestellten entsteht, sind öffentliche Verkehrsmittel eine echte Option. In Zusammenarbeit mit den Verkehrsbetrieben können „Jobtickets“ zu besseren Konditionen angeboten werden.

Es bestand bereits eine Zusammenarbeit mit den Stadtwerken Bonn Verkehrs-GmbH, welche jedoch nicht weitergeführt wurde. Eine Verbesserung dieser Kooperation sollte angestrebt werden, denn hier könnten die REK vor allem in der Stadt Bonn und im Rhein-Sieg-Kreis profitieren.

E-Bikes, Pedelecs und Fahrräder:

Aufgrund der kurzen Arbeitswege sowie der Infrastruktur für den Fahrradverkehr, sollte vor allem in urbanen Gebieten an der Umsetzung dieser Maßnahme gearbeitet werden. Diese kann so aussehen, dass durch den Arbeitgeber E-Bikes zur Verfügung gestellt werden, welche durch die Angestellten genutzt werden können. Es könnten Ladesäulen durch den Arbeitgeber aufgebaut werden, die kostenlos genutzt werden können. Sinnvoll wäre außerdem eine Reparaturwerkstatt, in der gemeinsam Wartungsarbeiten oder Reparaturen durchgeführt werden können.

Das Ergebnis der Beschäftigten-Umfrage zeigt, dass erstaunlich viele Befragte ein E-Bike nutzen würden. So befürworteten 62% die Nutzung eines E-Bikes, 14% lehnten es ab. Das Desinteresse begründeten einige Angestellte mit der Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen und der Länge des Arbeitsweges. An den Standorten sollten Duschräume und Umkleiden zur Verfügung stehen. Diensträder sind seit dem Jahre 2012 mit Dienstwagen gleichgestellt⁸⁸.

⁸⁸ Vgl. Website finanztip.

Dadurch wird dem Beschäftigten ein geldwerter Vorteil von 1% des Listenpreises auf das Bruttoeinkommen angerechnet, sofern das Fahrrad auch privat genutzt wird.

Die nachfolgende Grafik zeigt eine Zusammenfassung der jährlich möglichen CO₂-Einsparungen pro Person durch die Nutzung klimafreundlicher Transportmittel. Ausgangswert ist dabei die durchschnittliche Fahrleistung eines Mitarbeiters im Pkw aus der Datenerhebung bei den REK-Mitgliedern.

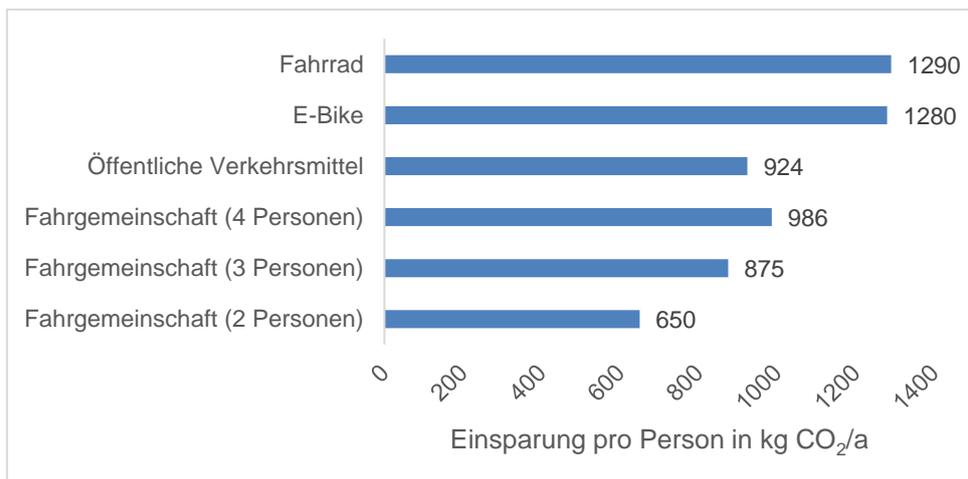


Abbildung 5-31: Zusammenfassung der jährlichen CO₂-Einsparungen

5.8 Ergänzende Handlungsfelder zur Entwicklung der Kreislaufwirtschaft

Neben den oben beschriebenen Handlungsempfehlungen gibt es viele weitere Themen, welche die REK im Verband angehen kann. Darunter zählen bspw. gemeinsame Beschaffung (Fahrzeuge, Behälter, Abfallanalysen...), gemeinsame Fortschreibung der Abfallwirtschaftskonzepte, Abfalldatenerhebung/-management sowie Markt- und Risikoanalysen. Nicht alle konnten im Klimaschutzkonzept behandelt werden aber im Folgenden sind einige weitere skizziert.

5.8.1 Optimierung der Transportlogistik und Digitalisierung

Im Zuge des Ausbaus der Zusammenarbeit in der REK nach dem vorliegenden Konzept ergeben sich weitere Synergiepotenziale bei den Stofftransporten zwischen den Mitgliedern und Anlagenstandorten. Diese können künftig auf REK-Ebene systematisch identifiziert, bewertet und umgesetzt werden. Eine weitgehende Ausarbeitung kann aufgrund des Umfangs im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes zwar nicht erfolgen, aber die Handlungsempfehlungen für das künftige Stoffstrommanagement (vgl. Abschnitte 5.1 bis 5.4) zeigen erste Ansatzpunkte. Exemplarisch ist in der folgenden Abbildung vereinfacht das Potenzial von Rückfrachten dargestellt, welches sich durch die Transporte zwischen dem Landkreis Neuwied und dem Rhein-Lahn-Kreis ergibt.

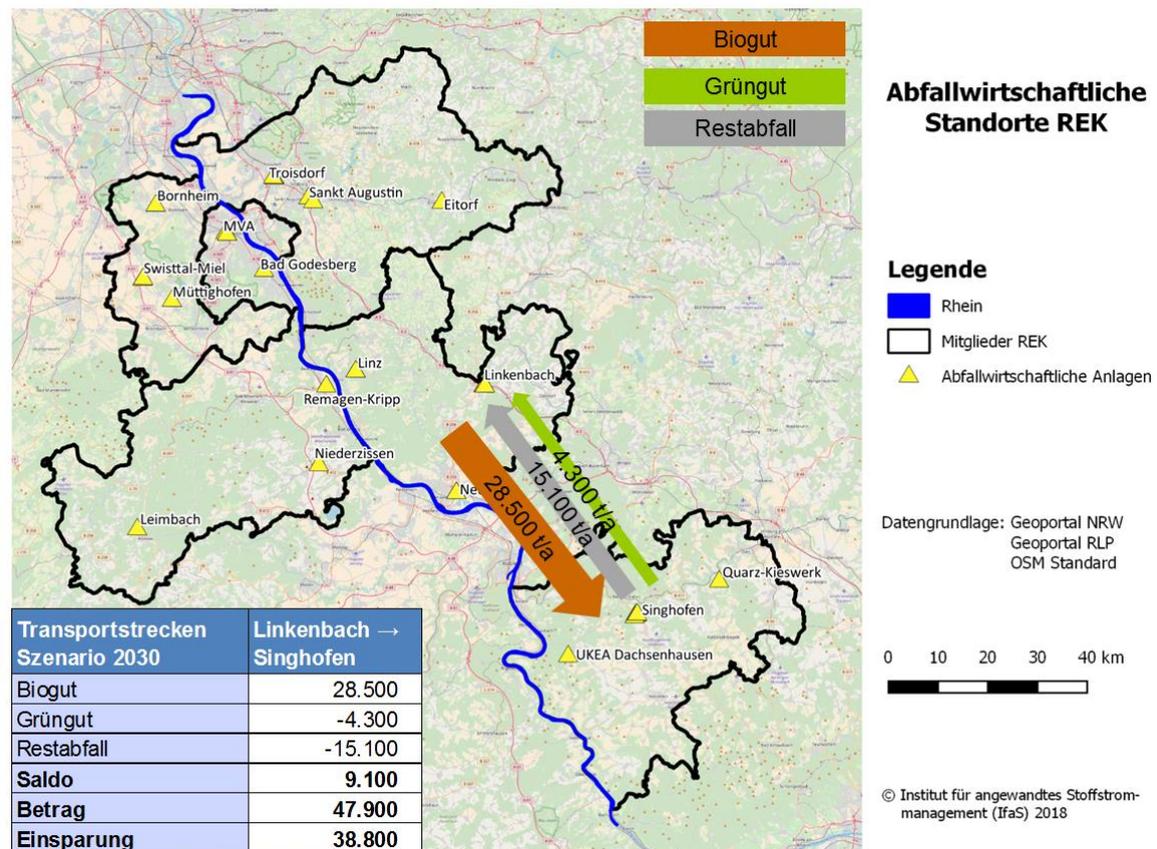


Abbildung 5-32: Beispiel Logistik-Optimierung 2030

Bereits heute wird das Biogut aus den Umladestationen im Landkreis Neuwied nach Singhofen im Rhein-Lahn-Kreis transportiert. Würde künftig wie vorgeschlagen das Astmaterial aus dem Rhein-Lahn-Kreis für die Qualifizierung nach Linkenbach befördert, können damit die Transportfahrzeuge besser ausgelastet werden. Falls künftig eine gemeinsame Restabfallverwertung in Linkenbach erfolgen sollte, lässt sich dieser Transport ebenfalls mit einbeziehen. Im Saldo ergibt sich ein Potenzial gemeinsamer Hin- und Rücktransporte von rund 39.000 t/a bei einem gesamten Aufkommen von 48.000 t/a. Allerdings gibt es weitere Parameter, welche das Potenzial einschränken wie bspw. der zeitliche Verlauf des Aufkommens oder Verunreinigungen der Container. Im Rahmen der Realisierung des zukünftigen Stoffstrommanagements sollten daher ein besonderes Augenmerk auf Kompatibilität der Maßnahmen und potenziellen Synergieeffekten liegen.

Weitere Potenziale ergeben sich, wenn die anderen Standorte und Stoffströme mit einbezogen werden. Insbesondere die trockenen Wertstoffe Altpapier und Altholz sowie der Sperrabfall bieten weitere Potenziale für ein systemisches Transportmanagement. Im Hinblick auf das PPK-Erlösverteilungsmodell (vgl. Maßnahmenblatt) hat die Realisierung von Synergiepotenzialen hinsichtlich der Logistik auch einen direkten ökonomischen Vorteil für alle teilnehmenden REK-Mitglieder. Da bei der PPK-Erlösberechnung die Transportkosten ab Umschlagplatz zur Gänze in die Kosten der PPK-Verwertung einfließen, wirkt sich auch die Reduktion ebendieser

Kosten positiv auf die Gesamterlöse aus. Damit besteht für alle jeweils beteiligten Mitglieder ein unmittelbarer Vorteil, wenn das Transportmanagement optimiert wird. Für die weitere Analyse empfiehlt sich die Nutzung geografischer Informationssysteme und Logistik-Software. Dabei können zunächst regelmäßige und gleichbleibende Transporte betrachtet werden. Hinzu kommen wechselnde Routen und Massen, wie bspw. bei der bedarfsorientierten Verteilung des (sortierten) Altpapiers an verschiedene Abnehmer. Hierfür ist eine komplexere Datenverarbeitung notwendig und damit auch eine bessere, digitale Datenerfassung (Telematik).

Die REK sollte sich gemeinsam dem Thema Digitalisierung in Sammlung und Transport widmen. Dadurch können die Mitglieder voneinander lernen und kooperativ Lösungen testen, Erfahrungen auswerten und optimieren.

5.8.2 Operationalisierung des Themas Energie- und Klimaschutz

Neben den rein Abfall- und Kreislaufwirtschaftlich geprägten Themen tangiert die Klimaschutzkonzeption Handlungsfelder, die nicht die üblichen Aufgaben der öffentlich-rechtlichen Entsorger betreffen.

Um die Handlungsmöglichkeiten im Sinne einer zukunftsfähigen integrierten Projektentwicklung zu erweitern, wird die Gründung einer Organisationsform / Gesellschaft zur Projektentwicklung und dem Betrieb von Energieprojekten vorgeschlagen.

Zur Reduzierung des Transaktionsaufwandes jedes einzelnen Zweckverbandsmitglieds könnte eine zentrale Organisationsform künftig solche Aufgaben unter Federführung des REK und mit dem Ziel wirtschaftlicher Interessen wahrnehmen.

Ziel wäre also die Entwicklung und Realisierung von Abfall- und Kreislaufwirtschaftlich geprägten Projekten mit starken Abhängigkeiten im Sektor der Energieauskopplung und Vermarktung sowie dem Klimaschutz.

Ein weiterer positiver Aspekt wäre die Verlängerung der Wertschöpfungskette und somit die Erschließung der mit den Energieprojekten einhergehenden regionalen Wertschöpfung.

Mögliche Ziele und Aufgaben:

- Bündelung von Fachkompetenz im Energiesektor
- Einfluss und Entscheidungsmöglichkeit der örE wird erweitert
- Konzentration auf interkommunal abgestimmte, umweltverträgliche Projekte z. B. Grüngutfeuerung (ökologischer und ökonomischer Nutzen)
- Herstellung eines Vorteils- / Nachteilsausgleichs unter den Gesellschaftern
- Partizipation an Energieerlösen und Möglichkeit der Direktvermarktung
- Risikoverteilung
- Nachhaltige Erhöhung der regionalen Wertschöpfung

Mögliche Projekte:

- Brennstofflogistik (Grüngut) und Betrieb von Heizzentralen
- Entwicklung von Wärmenetzen und Wärmelieferung
- Produktion von EE-Strom und Direktvermarktung
- Contracting von Energieeffizienzmaßnahmen (In-House Geschäft)

Nächste Schritte:

- Konkretisierung der Aufgaben der Projektgesellschaft
- Festlegung der Gesellschaftsform
- Bilden einer Gesellschafterstruktur

5.8.3 Phosphorrückgewinnung Klärschlamm

Derzeit ist eine Verbundlösung zur nachhaltigen Klärschlammverwertung an der MVA Bonn in der Planungsphase. Dadurch könnten künftig die Klärschlämme aus Bonn sowie der Region thermisch verwertet und die gesetzlichen Anforderungen langfristig eingehalten werden. Das Konzept für die Klärschlammverwertung zeigt die folgende Abbildung.

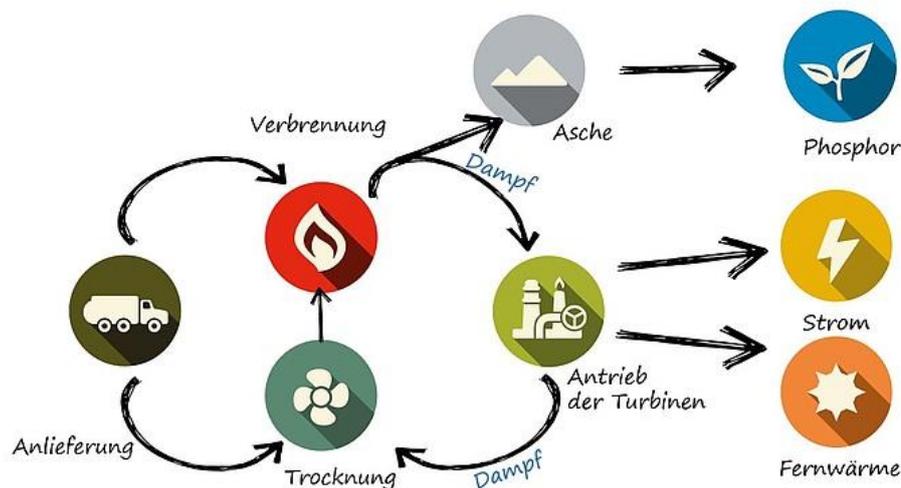


Abbildung 5-33: Konzept Klärschlammverwertung Bonn⁸⁹

Die Novelle der Klärschlammverordnung sieht vor, dass Klärschlämme für die Wiedergewinnung von Phosphor ab 2029 aus Kläranlagen für mehr als 50.000 Einwohner recycelt werden müssen.⁹⁰ Phosphor ist eine begrenzte Ressource, weshalb der Gesetzgeber eine Pflicht für die Rückgewinnung des Nährstoffs im Klärschlamm beschlossen hat.

Zur Phosphorrückgewinnung bieten sich verschiedene Möglichkeiten an, bezogen auf die Art des Stoffstroms. Diese werden in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.⁹¹

⁸⁹ Vgl. Website kva bonn.

⁹⁰ Vgl. Website BMU 2017.

⁹¹ Vgl. Website vivis 2011.

Tabelle 5-11: Optionen der P-Rückgewinnung aus Abwasser

Einsatzstelle	Volumenstrom	P-Konzentration	P-Bindungsform	P-Rückgewinnungspotential
Kläranlagenablauf	200 l/(E*d)	2-8 mg/l	gelöst	15-50%
Prozesswässer der Schlammbehandlung	1-10l/(E*d)	20-100 mg/l	gelöst	~ 45%
Entwässerter Klärschlamm	0,15l/(E*d)	~ 10g/kg	Biologisch/ chemisch gebunden	~ 85%
Klärschlamm- asche aus Monoverbrennung	0,03 kg/(E*d)	~ 50g/kg	Chemisch gebunden	~ 85%

Insgesamt variieren die Kosten der unterschiedlichen Rückgewinnungsverfahren in einem Bereich von 2 bis 18 € je kg Phosphor. Aufgrund der Phosphor-Konzentration und des Phosphor-Rückgewinnungspotentials bietet Klärschlamm-Asche die vielversprechendste Möglichkeit.⁹² Klärschlamm muss jedoch erst getrocknet werden bevor dieser der Monoverbrennung zugeführt werden kann. Klärschlamm weist einen TS-Gehalt (Trockensubstanz) von 25-30% auf. Des Weiteren besitzt Klärschlamm einen durchschnittlichen Glührückstand von 52%.⁹³ Die Asche enthält 6 -11 M.-% Phosphor.⁹⁴

Phosphor ist in der Asche chemisch gebunden und muss deshalb nasschemisch oder thermochemisch aufgeschlossen werden. Hierzu stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung.

Mögliche Maschinen/Verfahren

RecoPhos-Prozess

Im RecoPhos-Prozess (thermochemisch) wird mit Hilfe von Phosphorsäure der Phosphor aus der Klärschlamm-Asche gelöst, jedoch stammt lediglich ein Drittel des im Produkt enthaltenen Phosphors aus dem Einsatzstoff Klärschlamm-Asche. Der restliche Anteil stammt aus der Phosphorsäure. Des Weiteren wird dieses Verfahren auf Grund der nicht vorhandenen Schadstoffausschleusung der in der Klärschlamm-Asche enthaltenen Schwermetalle kritisiert.

⁹² Vgl. Website Kompost.

⁹³ Vgl. Website Müllhandbuch.

⁹⁴ Ibid.

AshDec/Outotec/SUSAN-Verfahren

AshDec oder auch unter SUSAN bekannt, ist ebenfalls ein thermochemischer Aufschluss. Eine Pilotanlage mit einem Durchsatz von 7 Mg/d wurde in Leoben (Österreich) von der inzwischen insolventen Firma AshDec betrieben. Die Klärschlammasche wird mit Chloriden wie bspw. Kaliumchlorid gemischt und auf 1.000 °C erhitzt, wodurch die enthaltenen Schwermetalle als Chloride in die Gasphase übergehen und größtenteils abgetrennt werden können.

ASH DEC Bilanzen für 13.800 t/a Asche

Energieverbrauch gesamt:	400-850 kWh/t Asche
Turnkey Anlage CAPEX:	12-20 Mio. €
Produktionskosten:	900-1.200 €/t P ₂ O ₅
In Anlagen >40.000 t/a	700-750 €/t P ₂ O ₅ ⁹⁵

PASH-Verfahren

- Chemischer Aufschluss der Aschen (Laugung)
- Reinigung der Aufschlusslösung und
- Produktfällung.

Klärschlammasche wird in einem Rührbehälter mit verdünnter Salzsäure vermischt. Anschließend wird die Lösung von dem verbliebenen Rückstand getrennt, der Rückstand gewaschen und vom Waschwasser befreit. Die chloridische Laugungslösung wird zur Abtrennung der mit dem Phosphor ebenfalls aus der Asche heraus gelösten Metalle, einem mehrstufigen Solvent-Extraktionsprozess unterzogen. Als letzter Prozessschritt wird die Produktfällung aus der Laugungslösung durchgeführt.

Das PASCH-Verfahren ermöglicht die Herstellung zweier unterschiedlich zusammengesetzter Calciumphosphate sowie eines Magnesiumphosphates. Das derzeit priorisierte Verfahrenskonzept sieht die Produktion von Calciumphosphat unter Einsatz von Kalkmilch als Fällmittel vor.⁹⁶

Pasch-Verfahren/Anlage:

Durchsatz im Jahr:	20.000 t Asche
Investition:	3,4 Mio. €
Betriebskosten:	4,3 Mio. € /a
Rückgewinnbarer Phosphor:	1.624 t P/a ⁹⁷

Das Pasch-Verfahren ist am vielversprechendsten und wird nachfolgend genauer berechnet.

⁹⁵ Vgl. Website Prueck-bw.

⁹⁶ Vgl. Website Umweltbundesamt a.

⁹⁷ Vgl. Website Umwelt-Hessen.

Wirtschaftlichkeitsabschätzung

Tabelle 5-12: Phosphorrückgewinnung am Beispiel Klärschlammverwertung Bonn

P-Rückgewinnung	Bsp. Pasch-Verfahren (Durchsatz: 20.000 t/a)	Bsp. Klärschlamm- verbrennung Bonn
Klärschlammaufkommen	128.300.000 kg/a	36.000.000 kg/a
TS-Gehalt (25-30%)	38.500.000 kg/a	10.800.000 kg/a
Klärschlammmasche (52% Glührückstand)	20.000.000 kg/a	5.620.000 kg/a
P-Anteil in der Asche (9,55%)	1.910.000 kg/a	536.710 kg/a
P-Rückgewinnungspotential (85%)	1.624.000 kg/a	456.000 kg/a
Erlöse aus P recycelt (0,50 €/kg)	812.000 €/a	228.000 €/a

Die Betriebskosten werden mit 4,3 Mio. € jährlich inklusive Kapitaldienst angegeben. Dem gegenüber steht ein möglicher Erlös von 812.000 €. Damit ist die Phosphor-Rückgewinnung derzeit nicht rentabel, selbst bei einer hohen Investitionsförderung. Zudem liefert die geplante Verbrennung in Bonn deutlich weniger Asche als die Rückgewinnungsanlage vorsieht, weshalb eine Kooperation mit anderen Verwertern anzustreben ist.

Die Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm ist allerdings noch nicht großtechnisch erprobt und wird bis 2030 sicher noch Skaleneffekte zur Kostenreduktion erschließen können. Es empfiehlt sich zudem weiterhin den Markt auf kostengünstigere und kleinere Anlagen mit einem geringeren Durchsatz zu beobachten.

5.8.4 Urban Mining und seltene Erden

Unter *Urban Mining* wird die Rückgewinnung und Aufbereitung von Sekundärrohstoffen verstanden, die zeitlich in anthropogenen Lagern / Deponien gebunden sind / waren. Anthropogene Lager sind Städte, die als Rohstoffminen angesehen werden – Rohstoffe sind alle anfallenden Wertstoffe einer Stadt. Die anteilsmäßig größten Rohstoffe nehmen Bau- und Abbruchabfälle ein. Diesbezüglich kann die Wiederverwendung von Altbeton zur Herstellung von Recycling-Beton genannt werden, was bereits heute stattfindet aber noch deutlich ausbaufähig ist. Dies geschieht, indem Bauschutt (Altbeton) sowie rückgewonnener Eisen- und Stahlschrott aufbereitet werden.

Darüber hinaus können weitere Rohstoffe, wie z. B. Kunststoffe, Deponiegas/Biogas, regeneriert werden, indem ein Deponierückbau stattfindet⁹⁸.

⁹⁸ Vgl. Jung, 2016, S. 99 ff.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Verfahrensschritte des Deponierückbaus:⁹⁹



Abbildung 5-34: Das Prinzip des *Urban minings*

Vorteile des Deponierückbaus sind:

- Gewinnung von Sekundärrohstoffen
- Erlöse aus Flächenrecycling und durch Gewinnung Sekundärrohstoffe
- Kosteneinsparung bei Stilllegung und Nachsorge Deponieertüchtigung und Altlastensanierung
- Klima-, Gewässer-, Boden-, Landschaftsschutz

Der Deponierückbau ist heute keine wirtschaftliche oder verbreitete Maßnahme, kann aber künftig bei steigenden Primärrohstoffpreisen zunehmen interessant sein. Daher sollte bereits heute bei der Deponie-Nachsorge entsprechend vorausgeplant werden.

Rückgewinnung Seltene Erden

Siebzehn Metalle befinden sich in der dritten Nebengruppe des Periodensystems der Elemente und zählen zu den Seltenerdmetallen (SEM). Diese Elemente gelten als besonders wertvoll, da ihr Vorkommen auf wenige Länder begrenzt ist. Die großen Industrienationen (USA, Japan, Europa) sind beispielsweise mit über 90% von einem Import aus China abhängig.

Verstärkt eingesetzt werden SEM in Hochtechnologiebereichen, u.a. in Elektro- und Elektronikgeräten, in Leuchtmitteln, Neodym-Magneten, Katalysatoren etc. Überwiegend durch falsche Entsorgung gelangen SEM auch in die Müllverbrennung und dementsprechend letztlich in die MVA-Schlacken.

Aufgrund der geringen Konzentrationen von SEM in den Abfallprodukten und der zusätzlichen Vermischung mit dem Verbrennungsmüll ist eine wirtschaftliche Rückgewinnung aus MVA-Schlacken derzeit nicht zu erwarten. [Schmeisky et al., 2011]

5.9 Maßnahmenkatalog

Der Maßnahmenkatalog für das Klimaschutzkonzept gliedert sich gemäß der drei Teilkonzepte in die Bereiche Abfall, Wärme und Mobilität. Die tabellarische Auflistung aller Maßnahmen je Themenbereich ermöglicht es, Kennzahlen wie CO₂-Einsparung, Kosten oder Energiepotenzial direkt auszuwerten und zu vergleichen. Es dient in erster Linie als Controlling-Instrument

⁹⁹ Vgl. Website URBAN MINING® e.V., 2016 und Vgl. Fricke, et. al. 2012.

für die Umsetzung des Konzeptes. Im Anhang zu diesem Bericht befindet sich ergänzend der Maßnahmenkatalog mit zusätzlichen Informationen und Erläuterungen. Insgesamt sei erwähnt, dass sich die Maßnahmen außerdem deutlich in der Betrachtungstiefe, Innovationsgrad sowie den enthaltenen Kennzahlen unterscheiden.

5.9.1 Maßnahmenkatalog Teilkonzept Abfall

Auch im Bereich des Maßnahmenkataloges ist das Teilkonzept Abfall in standortbezogene und stoffstrombezogene Maßnahmen unterteilt. Dies bietet den Vorteil, dass die Maßnahmen im Bereich der Stoffströme für alle REK Mitglieder von Bedeutung sind, während die Standortbezogenen Maßnahmen oft auf Energieeffizienz und die Energieversorgung mit Erneuerbaren Energien abzielen, welche vordergründig für die jeweiligen Anlagenbetreiber interessant sind.

Tabelle 5-13: Stoffstrombezogene Maßnahmen

Kategorie	Nr.	Titel	Zielgruppe	THG- oder Ressourceneinsparung	Ausgaben	Wirtschaftlichkeit
Biogut	S_01	Biogutvergärung St. Augustin im Pfpfenstromverfahren (Teilstromvergärung 30.000 t/a)	KRS GmbH	THG-Einsparung: 3.000 t/a	32.000.000 €	stark abhängig von der Produktvermarktung
	S_02	Gärrestaurebereitung und -vermarktung i.V.m. Substrat-/Erdenwerk	RSAG / KRS GmbH Abfallwirtschaft Rhein-Lahn-Kreis	k.A.	k.A.	k.A.
	S_03	Prüfung Module zur Bioökonomie (Gewinnung von Extrakten/Milchsäure)	RSAG / KRS GmbH	k.A.	ca. 50.000 € für Studie	k.A.
	S_04	Biogutvergärung Swistal-Miel im Pfpfenstromverfahren	KRS GmbH	THG-Einsparung: 6.000 t/a	28.000.000 €	stark abhängig von der Produktvermarktung
	S_05	Biogutvergärung Singhofen im Batchverfahren	Abfallwirtschaft Rhein-Lahn-Kreis	THG-Einsparung: 3.200 t/a	Je nach Weiternutzung des Bestands	stark abhängig von der Produktvermarktung
Grüngut	S_06	Grüngutbehandlung und Aufbereitung holziges Grüngut in St. Augustin und Müllinghoven	KRS GmbH	THG-Einsparung: 8.600 t/a	ca. 1.500.000 €	k.A.
	S_07	Umstellung des Erfassungssystems Grüngut im Rhein-Sieg-Kreis und in Bonn	RSAG bonnorange	k.A.	ca. 50.000 € für Studie	k.A.
	S_08	Grüngutbehandlung und Aufbereitung holziges Grüngut in Linkenbach	Abfallwirtschaft LK Neuwied	THG-Einsparung: 1.500 t/a	ca. 1.300.000 €	k.A.
	S_09	Grüngutbehandlung und Aufbereitung holziges Grüngut in Singhofen	Abfallwirtschaft Rhein-Lahn-Kreis	THG-Einsparung: 750 t/a	HHS-Lager ca. 250.000 €	k.A.
	S_10	Substrat- und Erdenwerke in Linkenbach und Sankt Augustin	Abfallwirtschaft LK Neuwied / RSAG	THG-Einsparung: 1.100 t/a	ca. 1.375.000 € für Pyrolyseanlage	stark abhängig von der Produktvermarktung
Restabfall	S_11	MBA Linkenbach: Biologische Trocknung Feinanteil	Abfallwirtschaft LK Neuwied	THG-Einsparung: 20.000 t/a	ca. 500.000 €	k.A.
	S_12	MBA Linkenbach: Ausschleusung werthaltiger Kunststofffraktionen	Abfallwirtschaft LK Neuwied	THG-Einsparung: 675 t/a	ca. 2.050.000 €	Kapitalwert: -245.000 € interne Verzinsung: -1,4 % stat. Amortisation: 15,4 a
	S_13	MBA Singhofen: Biologische Trocknung Feinanteil	Abfallwirtschaft Rhein-Lahn-Kreis	THG-Einsparung: 25.000 t/a	ca. 500.000 €	k.A.
	S_14	MBA Singhofen: Nichteisen-Metallabscheider	Abfallwirtschaft Rhein-Lahn-Kreis	THG-Einsparung: 1.102 t/a	330.000 €	Kapitalwert: 1.287.000 € interne Verzinsung 30,8 % stat. Amortisation 2,8 a
	S_15	MBA Singhofen: Ausschleusung werthaltiger Kunststofffraktionen	Abfallwirtschaft Rhein-Lahn-Kreis	THG-Einsparung: 715 t/a	ca. 2.050.000 €	Kapitalwert: 160.000 € interne Verzinsung: 0,9 % stat. Amortisation: 12,2 a
	S_16	MVA Bonn: Ausschleusung werthaltiger Kunststofffraktionen (Vorsortierung)	MVA Bonn GmbH	THG-Einsparung: 8.000 t/a	21.300.000 €	Kapitalwert: 16.000.000 € interne Verzinsung: 7,1 % stat. Amortisation: 7,8 a
PPK	S_17	Realisierung der 3-Wege-Vermarktung Altpapier	RSAG / REK	Cgf. Transportreduktion	k.A.	k.A.
	S_18	Lagerung von sortierten Altpapiersorten (3.000 t; 6 Monate Lagerzeitraum)	RSAG MVA Bonn GmbH	k.A.	ca. 58.000 €/a (Pacht MVA-Gelände)	Mehrerlöse: ca. 72.000 €/a Ergebnis: ca. 14.400 €/a
Sperrabfall	S_19	Dezentrale Vorsortierungen Sperrabfall im LK Neuwied und in Singhofen	Abfallwirtschaft LK Neuwied und Rhein-Lahn-Kreis	k.A.	k.A.	k.A.
	S_20	Gezielte Sortierung Restsperrabfall in Troisdorf	RSAG	THG-Einsparung: 10.900 t/a	345.000 €	Kapitalwert: 143.000 € interne Verzinsung: 4,1 % stat. Amortisation: 9,6 a
	S_21	Altholzaufbereitung in Troisdorf	RSAG	THG-Einsparung: 6.270 t/a	ca. 1.100.000 €	Kapitalwert: 865.200 € interne Verzinsung: 7,4 % stat. Amortisation: 7,6 a
	S_22	Matratzenaufbereitung	REK	THG-Einsparung: 540 t/a	660.000 € Bedarf Überprüfung	Kapitalwert: -149.000 € interne Verzinsung: -2,6 % stat. Amortisation: 17,6 a

Zusammengefasst können durch die stoffstrombezogenen Maßnahmen rund **97.000 t/a Treibhausgase** zusätzlich eingespart werden

Tabelle 5-14: Anlagen- und standortspezifische Maßnahmen

Kategorie	Nr.	Titel	Zielgruppe	THG- oder Ressourceneinsparung	Ausgaben	Wirtschaftlichkeit
MVA Bonn	A_01	Prüfung Wärmerückgewinnung Druckluftanlagen	MVA Bonn GmbH	k.A.	k.A.	Untersuchung notwendig
	A_02	Prüfung Wärmeversorgung Verwaltungsgebäude mittels MVA-Abwärme	MVA Bonn GmbH	k.A.	k.A.	Untersuchung notwendig; Potenzielle Einsparung: ca. 137.000 kWh/a; 6.500 €/a
	A_03	MVA Bonn: Kampagne Motoren, Gebläse, Pumpen, Regelung	MVA Bonn GmbH	k.A.	k.A.	Untersuchung notwendig
	A_04	Schlackeaufbereitung MVA Bonn: Umstellung von Nassaustrag der Schlacken auf Trockenaustrag	MVA Bonn GmbH refer GmbH	k.A.	k.A.	Untersuchung notwendig
	A_05	Schlackeaufbereitung MVA Bonn: Rückgewinnung NE-Metalle aus Feinfraktion < 5mm	MVA Bonn GmbH refer GmbH	k.A.	k.A.	Untersuchung notwendig
	A_06	Prüfung Wertstoff-Rückgewinnung aus Aschen und Stäuben	MVA Bonn GmbH	k.A.	k.A.	Untersuchung notwendig
	A_07	P-Rückgewinnung aus Klärschlamm-Mono-Verbrennung	MVA Bonn GmbH	THG-Einsparung: 2.000 t/a	Ca. 1,7 Mio. €	Derzeit unwirtschaftlich
Papier-sortierung Bonn	A_08	Anpassung Druckband / Drucklufterzeugung	RSAG	k.A.	k.A.	Untersuchung notwendig, fehlende Daten
	A_09	Leuchtentausch LED Deckenstrahler inkl. Tageslichtsteuerung	RSAG	THG-Einsparung: 6,3 t/a	8.300 €	stat. Amortisation: 3,3 a
	A_10	Leuchtentausch LED Deckenstrahler Variante 2	RSAG	THG-Einsparung: 5,6 t/a	7.400 €	stat. Amortisation: 3,3 a
	A_11	Umrüstung auf LED-Technik in weiteren Bereichen	RSAG	k.A.	k.A.	Untersuchung notwendig
	A_12	Elektromotorentausch in der Fördertechnik	RSAG	k.A.	k.A.	Untersuchung notwendig
	A_13	Prüfung PV-Eigenstromnutzung	RSAG	k.A.	k.A.	Untersuchung notwendig
	A_14	Einsatz von Elektrogabelstaplern in Verbindung mit PV-Eigenstromnutzung	RSAG	k.A.	k.A.	Untersuchung notwendig
Sperrabfall-sortierung Troisdorf (SU)	A_15	Elektrobagger für die Sperrabfallsortierung	RSAG	THG-Einsparung: 34 t/a	422.000 €	Kapitalwert: 161.400 € interne Verzinsung: 19,9 % stat. Amortisation: 4,2 a
	A_16	Regenwassernutzung für die Staubvermeidung	RSAG	Frischwassereinsparung ca. 1.000 m³/a	33.700 €	stat. Amortisation: 19 a
Wertstoffhof Neuwied	A_17	Leuchtentausch Außenbeleuchtung (Mastaußsatzleuchten)	Abfallwirtschaft LK Neuwied	THG-Einsparung: 7,2 t/a	5.900 €	stat. Amortisation: 2,0 a
	A_18	PV-Anlage auf Hallendach zur Stromdirektvermarktung	Abfallwirtschaft LK Neuwied	THG-Einsparung: 14 t/a	37.100 €	Kapitalwert: 2.300 € interne Verzinsung: 5,7 % stat. Amortisation: 11,6 a
	A_19	PV-Eigenstromnutzung Verwaltungsbau	Abfallwirtschaft LK Neuwied	THG-Einsparung: 4 t/a	14.100 €	Kapitalwert: 930 € interne Verzinsung: 5,8 % stat. Amortisation: 11,9 a
	A_20	Umrüstung Beleuchtung Bürogebäude	Abfallwirtschaft LK Neuwied	k.A.	k.A.	Untersuchung notwendig
	A_21	Leuchtentausch Arbeitsstrahler (250 W, NAV)	Abfallwirtschaft LK Neuwied	THG-Einsparung: 0,2 t/a	8.500 €	stat. Amortisation: >20 a
AEA Linkenbach (NR)	A_22	Umrüstung auf LED - Annahmehalle Austausch Deckenstrahler	Abfallwirtschaft LK Neuwied	THG-Einsparung: 7,2 t/a	8.500 €	stat. Amortisation: 3,6 a
	A_23	PV-Eigenstromnutzung auf Halle zur Abluftreinigung	Abfallwirtschaft LK Neuwied	THG-Einsparung: 18 t/a	47.500 €	Kapitalwert: 25.600 € interne Verzinsung: 10,4 % stat. Amortisation: 8,6 a
	A_24	Vorbehandlung Gewerbeatfälle	Abfallwirtschaft LK Neuwied	k.A.	k.A.	Untersuchung notwendig
AWZ Singhofen (EMS)	A_25	Wiederinstandsetzung und Modernisierung BHKW	Abfallwirtschaft Rhein-Lahn-Kreis	keine	61.200 €	Kapitalwert: 98.000 € interne Verzinsung 33% stat. Amortisation 2 a
	A_26	Laufzeiterhöhung BHKW zur Erhöhung der Eigenstromnutzung und Wärmenutzung	Abfallwirtschaft Rhein-Lahn-Kreis	k.A.	k.A.	Untersuchung notwendig
	A_27	Umrüstung auf LED-Technik in weiteren Hallen inkl. Außenbeleuchtung	Abfallwirtschaft Rhein-Lahn-Kreis	k.A.	k.A.	Untersuchung notwendig
	A_28	PV-Eigenstromnutzung Variante 1	Abfallwirtschaft Rhein-Lahn-Kreis	THG-Einsparung: 254 t/a	635.000 €	Kapitalwert: 299.000 € interne Verzinsung 9,97 % stat. Amortisation 8,7 a
	A_29	Elektromotorentausch MA-Technik	Abfallwirtschaft Rhein-Lahn-Kreis	k.A.	k.A.	Untersuchung notwendig
	A_30	Wärmerückgewinnung RTO-Anlage	Abfallwirtschaft Rhein-Lahn-Kreis	k.A.	k.A.	Untersuchung notwendig
	A_31	Elektrobagger zur Sperrabfall-Vorsortierung	Abfallwirtschaft Rhein-Lahn-Kreis	THG-Einsparung: 8 t/a	422.000 €	Derzeit unwirtschaftlich
Allgemein	A_32	PV- Eigenstromnutzung Variante 2	Abfallwirtschaft Rhein-Lahn-Kreis	THG-Einsparung: 172 t/a	429.000 €	Kapitalwert: 191.500 € interne Verzinsung: 9,7 % stat. Amortisation: 8,8 a
	A_33	Weiterentwicklung der Wertstoffhöfe zu Ressourcenzentren	Alle REK-Mitglieder	k.A.	k.A.	k.A.

Durch die Maßnahmen an abfallwirtschaftlichen Standorten können insgesamt bis zu **2.350 t/a THG-Emissionen** eingespart werden.

5.9.2 Maßnahmenkatalog Teilkonzept Wärme

In nachfolgender Tabelle sind die wirtschaftlich interessanten Optionen zur nachhaltigen Wärmeversorgung mit regionalen Stoffströmen zusammengefasst. Die Vorzugsvarianten bzw. konkreten Handlungsempfehlungen sind fett markiert.

Tabelle 5-15: Maßnahmen im Bereich regionale Wärmeversorgung

Kategorie	Nr.	Titel	Zielgruppe	THG- oder Ressourceneinsparung	Ausgaben	Wirtschaftlichkeit
Wärmenetze	W_01	Wärmenetz St Augustin "kompakt", Grüngut-Feuerung	RSAG, Stadtwerke, Energieagentur SU	THG-Einsparung: 3.100 t/a	4.520.000 €	stat. Amortisation: 8 a
	W_02	Wärmenetz Swisttal & Heimerzheim, Biogas-BHKW und Grüngut-Feuerung	RSAG, Gemeinde, Energieagentur SU	THG-Einsparung: 6.000 t/a	8.650.000 €	stat. Amortisation: 10 a
	W_03	Wärmenetz Siegburg Süd, Altholz-Heizkraftwerk	RSAG, Stadtwerke, Energieagentur SU	THG-Einsparung: 10.700 t/a	46.190.000 €	stat. Amortisation: 11 a
	W_04	Fernwärmeausbau Bonn-Beuel "Süd", Altholz-Linie MVA	MVA GmbH, SWB Netze GmbH	THG-Einsparung: 10.700 t/a	44.470.000 €	stat. Amortisation: 11 a
	W_05	Wärmenetz Asbach "kompakt", Grüngut-Feuerung	Abfallwirtschaft NR, Verbandsgemeinden	THG-Einsparung: 2.900 t/a	5.290.000 €	stat. Amortisation: 15 a
	W_06	Wärmenetz Katzenelnbogen, Grüngut-Feuerung	Abfallwirtschaft EMS, Verbandsgemeinden	THG-Einsparung: 1.900 t/a	4.430.000 €	stat. Amortisation: 18 a

Durch die Umsetzung des Teilkonzeptes Integrierte Wärmenutzung in Kommunen können insgesamt ca. **24.600 t/a THG-Emissionen** eingespart werden. Teilweise gibt es Überschneidungen zu den stoffstrombezogenen Maßnahmen sodass eine einfache Addition über die Teilkonzepte nicht möglich ist.

5.9.3 Maßnahmenkatalog Teilkonzept Mobilität

Aus dem Teilkonzept Mobilität sind ebenfalls die Maßnahmen mit erhobenen Kennzahlen aufgeführt.

Tabelle 5-16: Maßnahmen im Bereich klimafreundliche Mobilität

Kategorie	Nr.	Titel	Zielgruppe	THG- oder Ressourceneinsparung	Ausgaben	Wirtschaftlichkeit
Sammlung und Transport	M_01	Ersatz Diesel-LKW durch Elektro-Fahrzeuge am Beispiel Bonn	bonnorange	THG-Einsparung: 655 t/a	Mehrkosten: 5.400.000 €	Derzeit nicht wirtschaftlich
	M_02	Ersatz Diesel-LKW durch Elektro-Fahrzeuge am Beispiel Bonn i. V. m. PV-Eigenstromnutzung	bonnorange	THG-Einsparung: 1.000 t/a	Mehrkosten: 11.800.000 €	Derzeit nicht wirtschaftlich
	M_03	Ersatz von Dieselfahrzeugen durch CNG-Fahrzeuge auf Erdgasbasis	Alle REK-Mitglieder	Einsparung Luftschadstoffe (PM ₁₀ , NO _x)	Mehrkosten: 7.900.000 €	stat. Amortisation: 23 a
	M_04	Ersatz von Dieselfahrzeugen durch CNG-Fahrzeuge auf Biomethanbasis	REK / RSAG	Einsparung Luftschadstoffe CO ₂ -Einsparung: 4.370 t/a	Mehrkosten: 7.900.000 €	stat. Amortisation: 9 a
	M_05	Zusatztechnologie Hydropower für 187 Sammel- / Transportfahrzeuge	Alle REK-Mitglieder	THG-Einsparung: 1.170 t/a	k.A.	k.A.
	M_06	Zusatztechnologie Dualpower (Hybrid) für 187 Sammel- / Transportfahrzeuge	Alle REK-Mitglieder	THG-Einsparung: 2.770 t/a	k.A.	k.A.
Mitarbeiter-Mobilität	M_07	Förderung Fahrgemeinschaften	Alle REK-Mitglieder	k.A.	k.A.	k.A.
	M_08	Förderung der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel	Alle REK-Mitglieder	k.A.	Personeller Aufwand	k.A.
	M_09	Förderung Fahrrad, E-Bike oder Pedelec	Alle REK-Mitglieder	k.A.	k.A.	k.A.

Eine Aufsummierung der THG-Emissionen ist nicht ohne weiteres möglich, da einige Maßnahmen alternativ oder nur teilweise komplementär umgesetzt werden können.

5.9.4 Maßnahmenkatalog zur Klimaschutzkommunikation

Tabelle 17: Maßnahmen im Bereich Klimaschutzkommunikation

Kategorie	Nr.	Titel	Zielgruppe	(Mehr-)Aufwand
Bildung von Strukturen	K_01	Teambildung für den Bereich Öffentlichkeitsarbeit	Alle REK-Mitglieder	Mittel
	K_02	Dissemination und Zentralisierung bestehender Abfallvermeidungsmaßnahmen	REK Team Öffentlichkeitsarbeit	Gering
	K_03	Bildung einer festen Arbeitsgruppe für den Bereich Lobbyarbeit und Kommunikation	Alle REK-Mitglieder	Mittel
	K_04	Integration von Schwerpunktthemen in die Verbandsversammlung	Alle REK-Mitglieder	Mittel
Instrumente, Maßnahmen und Medien	K_05	Einführung von REK-Newslettern	REK Team Öffentlichkeitsarbeit	Hoch
	K_06	Ergänzung des REK-Logos um einen Slogan	Alle REK-Mitglieder	Mittel
	K_07	Änderung des Sprachgebrauchs	REK Team Öffentlichkeitsarbeit	Mittel
	K_08	Entwicklung gemeinsamer Printmaterialien	REK Team Öffentlichkeitsarbeit	Gering
	K_09	Nutzung von Müllfahrzeugen als Werbefläche	Alle REK-Mitglieder	Mittel
	K_10	Initiierung gemeinsamer Aktionswochen	REK Team Öffentlichkeitsarbeit	Hoch
	K_11	Entwicklung von Comics zur spielerischen Erklärung des richtigen Abfalltrennverhaltens	REK Team Öffentlichkeitsarbeit	Hoch
	K_12	Nutzung der Abfallkalender als Kommunikationsmedium	REK Team Öffentlichkeitsarbeit	Gering
Themenfelder	K_13	Kooperation im Bereich Bildung	Alle REK-Mitglieder	Mittel
	K_14	Entwicklung von Abfallvermeidungsplänen	REK Team Öffentlichkeitsarbeit	Hoch
	K_15	Kommunikation zur Einführung der hochwertigen Biogut-Verwertung	REK Team Öffentlichkeitsarbeit	Hoch
	K_16	Kommunikation der Strategie zur Verwertung von Bioabfällen im Bereich nachhaltige Mobilität	REK Team Öffentlichkeitsarbeit	Gering
	K_17	Kommunikation des Grünschnitt-Konzepts	REK Team Öffentlichkeitsarbeit	Gering
	K_18	Kommunikation von geplanten Upcycling-Maßnahmen unter REK-Dach	REK Team Öffentlichkeitsarbeit	Gering
	K_19	Nahwärmenetzkampagne durchführen	REK Team Öffentlichkeitsarbeit	Hoch
Additionelle Maßnahmen	K_20	Einführung eines Spielmobils	REK Team Öffentlichkeitsarbeit	Hoch
	K_21	Durchführung von Wertstoffevents	REK Team Öffentlichkeitsarbeit	Mittel

Eine ausführliche Herleitung der Maßnahmen erfolgt im nachfolgenden Abschnitt 6: Kommunikationsstrategie.

6 Kommunikationsstrategie

Die Planung der Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit dient der Bekanntmachung der erarbeiteten Inhalte des Klimaschutzkonzepts. Andererseits soll für die Umsetzung der im Teilkonzept entwickelten Maßnahmen ein breiter Konsens und aktive Mitarbeit erreicht werden.

Im Folgenden wird zunächst erläutert, wie die Kommunikationsstrategie grundsätzlich aufgestellt werden kann und im Anschluss werden spezifische Erkenntnisse und Empfehlungen für das Klimaschutzkonzept der REK aufgeführt.

6.1 Entwicklung einer Kommunikationsstrategie

Die Kommunikationsstrategie stellt einen Handlungsrahmen zur Erreichung gesteckter Kommunikationsziele dar.¹⁰⁰ Die folgende Abbildung veranschaulicht die Festlegung der Kommunikationsstrategie.

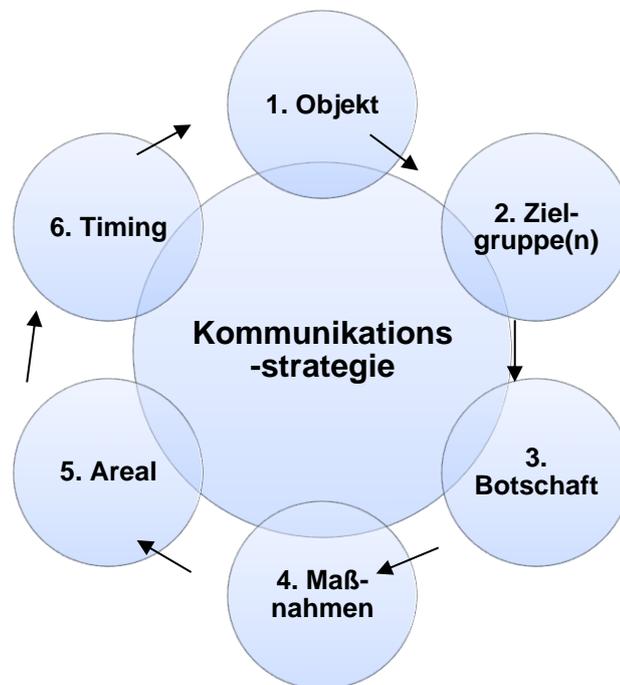


Abbildung 6-1: Elemente der Kommunikationsstrategie¹⁰¹

Bei der Festlegung einer Kommunikationsstrategie müssen alle sechs aufgeführten Dimensionen betrachtet werden:

1. Auswahl des Kommunikationsobjektes („**Wer**“?): D.h. welche Objekte schwerpunktmäßig kommunikativ unterstützt werden sollen bzw. wer der Absender der Kommunikationsbotschaft sein wird.

¹⁰⁰ Vgl. Esch 2016, S.327.

¹⁰¹ Vgl. Bruhn 2009.

2. Auswahl der Kommunikationszielgruppen („**Wem**“?): Um die Botschaften ohne Streuverluste kommunizieren zu können, müssen vorab weitere Eingrenzungen im Hinblick auf die Zielgruppen vorgenommen werden. Es muss geklärt werden, welche Zielgruppen intensiv angesprochen werden sollen und welche Zielgruppen hingegen eine untergeordnete Rolle spielen.
3. Definition der Kommunikationsbotschaft („**Was**“?): Neben dem Botschaftsinhalt muss auch über den Stil und die Tonalität der Botschaft entschieden werden. Des Weiteren steht die Botschaftsgestaltung in einem engen Zusammenhang mit der Auswahl der Kommunikationsträger bzw. -mittel. All diese Dimensionen müssen zugleich auf die Ansprache der Zielgruppen abgestimmt werden.
4. Auswahl der Kommunikationsmaßnahmen („**Wie**“?): D.h. über welche Kommunikationsträger und -mittel sollen die Kommunikationsziele vermarktet werden? Die Wahl eines jeweiligen Mediums muss vorab auf die zu kommunizierende Maßnahme abgestimmt werden. Außerdem müssen das Kommunikationsbudget sowie das Mediennutzungsverhalten der anzusprechenden Zielgruppe betrachtet werden.
5. Welches Kommunikationsareal („**Wo**“?): Damit ist gemeint, ob die Kommunikationsaktivitäten z. B. lokal, regional, überregional oder national bzw. international gestreut werden sollen.
6. Kommunikationstiming („**Wann**“?): In welchem Zeitraum sollen die entwickelten Kommunikationsmaßnahmen kommuniziert werden?¹⁰²

Bei Gestaltung von Kommunikationsmaßnahmen stehen vier Optionen für die Vermittlung an die wichtigen Zielgruppen zur Verfügung:

- Emotionale Kommunikationsgestaltung
- Informative Kommunikationsgestaltung
- Emotionale und informative Kommunikationsgestaltung
- Aktualisierende Kommunikationsgestaltung

Wird die Bekanntmachungsstrategie zur Vermarktung eines bestimmten Kommunikationszieles verfolgt, so wird die Art der Gestaltung entweder emotional, informativ oder emotional und informativ ausfallen.¹⁰³

Des Weiteren spielt die Werbewirkung eine entscheidende Rolle. Das wohl bekannteste Modell der Werbewirkung stellt das AIDA-Modell nach Lewis (1898) dar. Dieses Modell ist in die folgenden vier Stufen unterteilt:

¹⁰² Vgl. Esch et al. 2016, S. 327- 341.

¹⁰³ Vgl. Bruhn 2009, S. 226-230.



- 1. Stufe: Aufmerksamkeit erregen (**A**ttention)
- 2. Stufe: Interesse wecken (**I**nterest)
- 3. Stufe: Wunsch auslösen eigene Maßnahmen durchzuführen (**D**esire)
- 4. Stufe: Kauf/Reaktion bewirken (**A**ction)¹⁰⁴

Abbildung 6-2: AIDA-Modell¹⁰⁵

Laut AIDA-Formel müssen die einzelnen Stufen hierarchisch durchlaufen werden. Denn erst, wenn die Aufmerksamkeit der Zielgruppen erregt wurde, kann das Interesse geweckt werden. Somit wird deutlich, dass die Verarbeitung von Werbeinformationen nur in einem mehrstufigen Prozess erfolgen kann.¹⁰⁶

6.2 Kommunikationsstrategie REK

Ausgehend von den theoretischen Planungsgrundlagen zeigen die folgende Abschnitte die Kommunikationsstrategie für den Zweckverband und seine Mitglieder.

6.2.1 Zielgruppendefinition

Die Auflistung der wesentlichen Akteure, die bei der Entwicklung einer Kommunikationsstrategie mit dem Fragewort „**Wem**“? beschrieben wird, erfolgt anhand nachfolgender Grafik. Dabei wird unterschieden zwischen internen und externen Zielgruppen.

Der Abfallentsorgungsverband *REK* besteht aus insgesamt fünf Mitgliedskommunen. Aus dieser Kooperation ergeben sich verschiedene Stakeholder¹⁰⁷, die sich wiederum in interne und externe gliedern lassen.

¹⁰⁴ Vgl. Seebohn 2011, S. 5.

¹⁰⁵ In Anlehnung an Homburg 2015, S.761.

¹⁰⁶ Vgl. Bruhn 2010, S. 207.

¹⁰⁷ Stakeholder = Interessens- oder Anspruchsgruppen, die in Beziehung zu einer Unternehmung/Institution stehen.

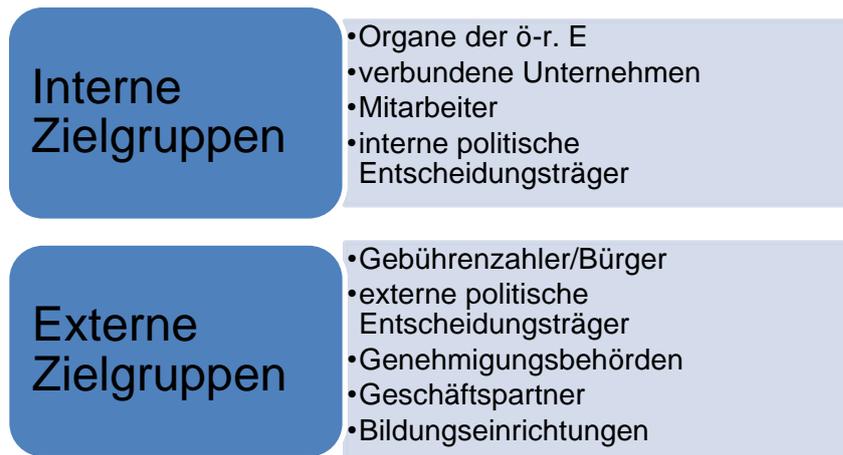


Abbildung 6-3: Übersicht der Zielgruppen

6.2.2 Analyse der Kommunikationsstrukturen

Interne Kommunikation:

Eine verbandsinterne Kommunikationsstruktur vor allem im Bereich der gemeinsamen Öffentlichkeitsarbeit der einzelnen öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger, ist noch ausbaufähig. Insbesondere die kontinuierlichen Sitzungen der Verbandsversammlung und die Abstimmungen in der Geschäftsführung stellen einen Teil der internen Kommunikationsstruktur dar. Die *RSAG* nutzt z. B. zur internen Kommunikation ein Intranet und verfügt darüber hinaus über eine Mitarbeiterzeitung namens „Abgefahren MAZ-die Mitarbeiterzeitung“, die dreimal im Jahr verteilt wird. Dahingegen erscheint bei der *bonnorange* ein Newsletter, um Neuigkeiten an alle Mitarbeiter zu kommunizieren.¹⁰⁸

Es sollten Abläufe und Konzepte zur Verbesserung der verbandsinternen Kommunikation entwickelt und Brücken zur externen Kommunikation (z. B. die Kommunikation mit den Gebührenzahlern/Bürgern) geschlagen werden.

Externe Kommunikation:

Der Internetauftritt bzw. die gesamte Öffentlichkeitsarbeit des Zweckverbands erfolgt im Rahmen der Geschäftsbesorgung durch die *RSAG* und in enger Abstimmung mit der MVA Bonn. Somit wird unter anderem der Internetauftritt der *REK* von der Marketing/Öffentlichkeitsarbeit der *RSAG* gepflegt.

Die Verlinkung der REK-Kooperation seitens der Partner ist jedoch ausbaufähig. Der Abfallwirtschaftsbetrieb des Rhein-Sieg-Kreises verweist z. B. unter dem Punkt Unternehmen-*RSAG*-Gruppe auf die *REK*.¹⁰⁹ Die *bonnorange* verweist auf deren Homepage lediglich mit

¹⁰⁸ Vgl. Riesop 2017, Mangold 2017.

¹⁰⁹ Vgl. Website *RSAG*.

einem Link in der Fußzeile auf den Zweckverband. Alle anderen Organe der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger verweisen jedoch auf ihren Internetseiten nicht auf den *REK*.¹¹⁰

Der Hörfunk wurde unter anderem zur Bekanntmachung der Abfall-App genutzt. Des Weiteren hat die *bonnorange* mit dem Radiosender *Radio Bonn/Rhein-Sieg* vereinbart, dass sie bei Straßensperrungen und somit geändertem Abfahrplan, die Bürger darüber informieren dürfen.¹¹¹

Die *RSAG* wirbt in unterschiedlichen Tageszeitungen sowie in diversen Wochenzeitungen, wie z. B. den Wochenmagazinen der 19 Städte und Gemeinden des Rhein-Sieg-Kreises. Die *bonnorange* schaltet regelmäßig Anzeigen im Bonner *Express* sowie im *General-Anzeiger*. Der Abfallwirtschaftsbetrieb des Rhein-Lahn-Kreises wirbt in den Amtsblättern der Gemeinden sowie in Tageszeitungen. Des Weiteren liegen diverse Flyer und Informationsbroschüren (mehrsprachig) online zum Download bereit oder in den Abfallwirtschaftsbetrieben aus, sowie ein Abfallkalender, der jährlich verschickt wird.

Nachfolgend werden einige positive, schon praktizierte, Beispiele für externe Kommunikation aufgezeigt. Die *RSAG*, der Abfallwirtschaftsbetrieb des Landkreises Neuwied sowie die *bonnorange* entwickelten jeweils eine sog. Abfall-App. Diese steht zum kostenlosen Download auf das Smartphone zur Verfügung und beinhaltet unter anderem das Abfall-ABC, sowie Informationen zu Kosten und der fachgerechten Entsorgung, Abfahrtermine und Informationen über Container-Standorte. Des Weiteren werden zur Bekanntmachung und Veranschaulichung von bestimmten Themen Videospots im Internet veröffentlicht. (AWB Landkreis Neuwied) Neben dem eigenen Internetauftritt verfügt die *RSAG* über einen Social-Media-Account bei *Facebook*, um auch Jugendliche gezielt zu erreichen.

6.2.3 Klimaschutzaktivitäten der Entsorgungs-Kooperation

Etliche Aktivitäten und Projekte zum Thema Klimaschutz wurden bereits von einzelnen Organen der örE durchgeführt und angeboten.

Abfallvermeidung und Wiederverwendung:

Die Themen Abfallvermeidung und Wiederverwendung sind den Organen der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger sehr wichtig. Die Abfallwirtschaftsbetriebe *bonnorange* sowie die *RSAG* bieten beispielsweise einen „Tausch- und Verschenkenmarkt“ an.¹¹² Der Abfallwirt-

¹¹⁰ Vgl. Website Rhein-Lahn-Kreis, Website Landkreis Neuwied, Website Landkreis Ahrweiler.

¹¹¹ Vgl. Mangold 2017.

¹¹² Vgl. Website *RSAG*; Website *bonnorange*.

schaftsbetrieb des Landkreises Ahrweiler bietet eine solche Börse unter dem Namen „Sperrmüllbörse“ an.¹¹³ Außerdem bietet der Abfallwirtschaftsbetrieb des Landkreises Ahrweiler eine „Baustoffbörse“ sowie eine „Erdaushubbörse“ an.

Des Weiteren bieten die Abfallwirtschaft der Stadt Bonn sowie des Rhein-Sieg-Kreises eine Nachhaltigkeitskarte an, mithilfe derer u. a. Repair-Cafés und Second-Hand-Läden gefunden werden können. Diese sind unter den Namen „Teilen statt besitzen“ (*RSAG*) und „Gesucht und gefunden“ (*bonnorange*) auf den Internetseiten der Abfallwirtschaftsbetriebe zu finden. (Link: <https://www.nachhaltigkeitskarte.de/>)

Die *bonnorange* AöR engagiert sich im Bereich Upcycling, indem die ausgediente Arbeitskleidung der Mitarbeiter des Abfallwirtschaftsbetriebes zu Taschen und anderen Dingen umfunktioniert wird und gleichzeitig Geflüchtete beschäftigt werden

Die *RSAG* bietet verschiedene Angebote für Schulen und Kitas an, damit die Kinder den richtigen Umgang mit Abfall und Wertstoffen lernen. Hierzu werden Beratungen vor Ort, Führungen auf den Entsorgungsanlagen und Exkursionen zum Lern- und Kompetenzzentrum :metabolon angeboten. Des Weiteren bietet der AWB Materialien für Lehrer zur Unterrichtsgestaltung an.¹¹⁴ Die *bonnorange* bietet Fachkräften in pädagogischen Einrichtungen Projektberatungen, Führungen und Arbeitsmaterialien (auch Filme) zum Ausleihen an. Der Abfallwirtschaftsbetrieb des Rhein-Lahn-Kreises bietet für die Schüler einen besonderen Stundenplan an, auf deren Rückseite Tipps zur Abfallvermeidung an Schulen abgebildet sind. Der AWB des Landkreises Neuwied hat zudem einen eigenen außerschulischen Lernort in Linkenbach errichtet, wo Kinder und Jugendliche spielerisch Wichtiges zum Thema Abfall und Abfallentsorgung lernen sollen.¹¹⁵ Auch der AWB des Landkreises Ahrweiler verfügt über einen außerschulischen Lernort, die „Umweltlern-Schule plus“ für Kinder, Jugendliche und Erwachsene

6.2.4 SWOT-Analyse

Nachfolgend werden die Stärken und Schwächen sowie die Chancen und Risiken im Bereich der Kommunikation der REK aufgezeigt.

Stärken:

Die fünf Abfallwirtschaftsbetriebe, die dem Zweckverband angeschlossen sind sowie die *REK* selbst, bilden ein großes Netzwerk und haben jeweils einen eigenen Internetauftritt, Printmedien, Hörfunk-Verträge und zum Teil Abfall-Apps.¹¹⁶

¹¹³ Vgl. Website Landkreis Ahrweiler 2017–.

¹¹⁴ Vgl. Website *RSAG*.

¹¹⁵ Vgl. Website Landkreis Neuwied.

¹¹⁶ Vgl. Website REK-Mitglieder.

Die kommunikativen Strukturen, die für die Bekanntmachung der *REK* sowie für die Klimaschutzkommunikation benötigt werden, sind bereits vorhanden und die Streuung der Kommunikationsbotschaften kann erfolgen.

Schwächen:

Eine Schwäche ist der kleine Bekanntheitsgrad der Kooperation bei der Bevölkerung sowie bei den politischen Entscheidungsträgern in der Region. Damit einhergehend wird nicht deutlich, welche Aufgaben der *REK* im Unterschied zu seinen Mitgliedern wahrnimmt. Darüber hinaus ist die interne Kommunikation zwischen den einzelnen Partnerbetrieben ausbaufähig, sodass relevante Informationen auch innerhalb der *REK* weitergegeben werden.

Chancen:

Klimaschutzmaßnahmen könnten ohne großen Aufwand weit verbreitet werden, indem alle Kooperationspartner die Maßnahmen kommunizieren und auf die *REK* verweisen. Bei der Entwicklung von Kommunikationsmaßnahmen und etwaigen Beteiligungen an Kampagnen können die Abfallwirtschaftsbetriebe zusammenarbeiten und dadurch Synergieeffekte nutzen. Somit wird auch die Bekanntheit des Zweckverbandes gesteigert und finanzielle Mittel könnten gezielter eingesetzt werden.

Zusätzlich können nicht nur Flyer und Prospekte, sondern auch die Klimaschutzmaßnahmen mehrsprachig veröffentlicht werden, um mehr Bürger zu erreichen.

Risiken:

Eine divergierende Informationsbereitstellung der einzelnen Organe der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger kann zu einem Reaktanz-Verhalten bei den Gebührendzahlern/Bürgern, Mitarbeitern führen. Insbesondere falls die die Kernbotschaften von Kampagnen voneinander abweichen schwächt dies die gemeinsame Außendarstellung des Verbandes.

Tabelle 6-1: SWOT-Analyse Öffentlichkeitsarbeit

		Intern	
		Stärken	Schwächen
Extern	Chancen	<u>Stärken-Chancen-Strategie</u> Vorhandenes Netzwerk nutzen, um viele Zielgruppen anzusprechen. <ul style="list-style-type: none"> • Weite Streuung von Informationen 	<u>Schwächen-Chancen-Strategie</u> Interne Kommunikation ausbauen, um gemeinsame Kampagnen/ Maßnahmen durchzuführen <ul style="list-style-type: none"> • Synergieeffekte nutzen
	Risiken	<u>Stärken-Risiken-Strategie</u> Maßnahmen miteinander koordinieren, um Doppelstrukturen und divergierende Informationsbereitstellung zu vermeiden. <ul style="list-style-type: none"> • Abgestimmtes Vorgehen 	<u>Schwächen-Risiken-Strategie</u> Verbandsinterne Kommunikationsstrukturen nutzen und ausbauen, um die Gefahr der unterschiedlichen Informationsbereitstellung der einzelnen AWB zu eliminieren. <ul style="list-style-type: none"> • Konsistente Außendarstellung

6.2.5 Ausbau der Kommunikationsstrukturen

Nachfolgend werden zunächst einige beispielhafte Empfehlungen zum Ausbau der Kommunikationsstrukturen im Zweckverband erläutert.

Bildung eines Teams für die Öffentlichkeitsarbeit des REK:

Die Mitglieder aus den Abfallwirtschaftsbetrieben müssten noch benannt werden. Wichtig ist, dass alle fünf öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger in diesem Team vertreten sind. Nachdem die Teammitglieder bestimmt wurden, können diese einen regelmäßigen Austausch sowie feste Zuständigkeiten vereinbaren. Die Zusammenarbeit im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit ist für die zielführende und integrierte Kommunikation unabdingbar. Es wird die Einführung eines regelmäßigen Jour Fixe (zu Deutsch: fester Tag) empfohlen.¹¹⁷ Diesen regelmäßigen Termin könnte man beispielsweise jeweils auf einen festen Wochentag zu Beginn des Quartals ansetzen. Hierbei sollten u. a. folgende Punkte auf der Tagesordnung stehen:

¹¹⁷ Vgl. Führmann et al., 2016: S. 34

- Zeitnahe Kommunikationsmaßnahmen planen und abstimmen,
- Absprache bisher durchgeführter/ zukünftiger Klimaschutzmaßnahmen,
- Austausch über öffentlichkeitswirksame Prozesse in den einzelnen AWB und
- anstehende Vortragsinhalte/ -botschaften bzgl. REK-Aktivitäten vorbereiten.

Durch den regelmäßigen Austausch können die einzelnen kommunalen Entsorgungsträger ihre Vorhaben und Wünsche bzgl. der Klimaschutzkommunikation miteinander teilen und auch ihr Wissen austauschen. Auch die gegenseitige Unterstützung bei Problemen soll hier Platz finden. Des Weiteren sollen die Teammitglieder auch gemeinsame Broschüren entwickeln mit einem prägnanten Hinweis auf den Zweckverband.

Schwerpunkthemen in die Verbandsversammlung integrieren:

In der Verbandsversammlung sind jeweils Personen aus der kommunalen Politik, u. a. Bürgermeister, Landräte sowie Mandatsträger verschiedener Parteien vertreten. Innerhalb der Verbandsversammlungen sollen künftig vermehrt inhaltliche Themen, wie z. B. geplante Klimaschutzaktivitäten vorgestellt und diskutiert werden. Sinn und Zweck ist die Sensibilisierung der politischen Entscheidungsträger zu wichtigen Themen des Klimaschutzes und der damit verbundenen Abfallvermeidung. Die Mitglieder der Verbandsversammlung stellen Multiplikatoren für von Kampagnen und Ideen der REK dar. Außerdem können Dinge innerhalb der Verbandsversammlung diskutiert werden, die zur Identifikation der Mitglieder mit dem *REK* beitragen. Die Gründe für den Zusammenschluss, Sinn und Aufgaben des Zweckverbandes sowie die Bedeutung des gemeinsam angestrebten Klimaschutzes können an dieser Stelle gefestigt werden.

Bildung einer Arbeitsgruppe für Lobbyarbeit:

Die gebündelte Interessensvertretung der einzelnen öRE bei den kommunalen (externen) politischen Entscheidungsträgern, bei den Genehmigungsbehörden sowie den Landesregierungen kann als ein wesentlicher Vorteil des Zweckverbandes genutzt werden. Für diesen Zweck kann eine Arbeitsgruppe gebildet werden, die die Interessen des Zweckverbandes bei den politischen Entscheidungsträgern vertritt. Mitglieder dieser Arbeitsgruppe sollten bestenfalls die Geschäftsführungen oder leitende Angestellte der einzelnen AWB sein. Die Mitglieder dieser Taskforce sollen die Interessen der Rheinischen Entsorgungs-Kooperation bei den externen politischen Entscheidungsträgern vertreten und gleichzeitig die Vorteile des Zweckverbandes kommunizieren.

6.2.6 Handlungsempfehlungen der Kommunikationsstrategie

Nach dem Aufbau der internen Kommunikationsstrukturen angenommen kann die gemeinsame Öffentlichkeitsarbeit im Zweckverband ausgebaut werden.

Die wesentlichen Kommunikationsziele des Zweckverbandes sind:

- die verstärkte Öffentlichkeitsarbeit im Bereich Klimaschutz,
- die Interessensvertretung bei den politischen Entscheidungsträgern sowie
- die Stärkung der verbandsinternen Kommunikation.

Die Handlungsempfehlungen orientieren sich an dem Modell zur Kommunikationsstrategie wie unter Abschnitt 6.1 aufgeführt.

1. Auswahl des Kommunikationsobjekts („Wer“?):

Die Kommunikation des Zweckverbandes soll über die einzelnen Organe der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger erfolgen. Denn die Abfallwirtschaftsbetriebe sind vor Ort vertreten und bei den Bürgern und politischen Entscheidungsträgern bekannt.

Aber die einzelnen AWB sollten ihre Kommunikationsmaßnahmen untereinander absprechen und dann jeweils in ihrem Zuständigkeitsgebiet kommunizieren. Andererseits können auch Kommunikationsmaßnahmen vom REK geplant ausgehen und dann nach Abstimmung durch die öRE operativ umgesetzt werden. Bei Anknüpfungen zum Zweckverband sollte es einen Hinweis auf die REK mit Hilfe des Logos (Corporate Design) geben. Dadurch wird die Zugehörigkeit zum Zweckverband deutlich gemacht, jedoch bleibt die Eigenständigkeit eines jeden Abfallwirtschaftsbetriebes bestehen.

2. Auswahl der Kommunikationszielgruppe(n) („Wem“?):

Alle im Vorfeld definierten Zielgruppen sollten auf spezifische Art und Weise angesprochen werden. Die Mitarbeiter der Organe der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger sowie die internen politischen Entscheidungsträger müssen über die Kommunikationsmaßnahmen vorab informiert und aufgeklärt werden. Vor allem die Mitarbeiter stellen die Ansprechpartner der Gebührenzahler/Bürger dar. Daher müssen diese u. a. über Abfallvermeidungsmaßnahmen und geplante Kampagnen in diesem Bereich frühzeitig im Bilde sein.

3. Definition der Kommunikationsbotschaft („Was“?):

Maßnahmen/Kampagnen beinhalten die Botschaften Klimaschutz und Abfallvermeidung. Die Kommunikation der einzelnen Maßnahmen sollte zielgruppengerecht und maßnahmenspezifisch erfolgen. Dabei ist über die Gestaltungsart, d.h. informierende, emotionale oder aktualisierende Kommunikationsgestaltung, zu entscheiden. Kommunikationsbotschaften können mit Bildern verdeutlicht schneller und besser wahrgenommen werden als in reiner Textform.

Des Weiteren muss darauf geachtet werden, dass die Botschaften für die jeweilige Zielgruppe leicht verständlich sind, damit eine Aktivierung zum Handeln erreicht wird.

4. Auswahl der Kommunikationsmaßnahmen („Wie?“):

Die Kommunikation der einzelnen Maßnahmen erfolgt mit Hilfe unterschiedlicher Kommunikationsträger und -mittel. Zur reinen Information über den Zweckverband und die bereits ausgeführten und geplanten Maßnahmen eignen sich die Printmedien als Kommunikationsträger. Um über aktuelle Themen zu informieren, eignen sich zum einen Onlinebeiträge auf der jeweiligen Homepage der AWB und der Landkreise/Stadt Bonn oder bei *Facebook*¹¹⁸, zum anderen kann auch mit dem Kommunikationsträger Hörfunk u. a. mit dem Radiosender Rhein-Sieg eine große Zielgruppe schnell erreicht werden

Die Werbefläche eines Müllfahrzeugs lässt sich sehr gut einsetzen, um mit Hilfe eines Plakats auf Kampagnen oder Abfallvermeidungsmaßnahmen aufmerksam zu machen. Dadurch können die Botschaften ohne externe Medien zielgerichtet gestreut werden.

Zur reinen Information der Zielgruppen eignen sich u. a. Broschüren, Artikel in Amtsblättern und Informationsveranstaltungen. An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Art der Kommunikation an dem zur Verfügung stehenden Budget orientiert sein und ggf. eine Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt werden sollte.

5. In welchem Kommunikationsareal („Wo“?)

Die Organe der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger sollen eigenständig in der jeweiligen Region die Klimaschutzkommunikation vorantreiben. Da sich nicht alle Kommunikationsmaßnahmen auf den Zweckverband, sondern manchmal auch nur auf einen einzelnen Landkreis bezieht, werden die Kommunikationsaktivitäten eher lokal ausgerichtet. Wenn zusätzlich mit den Genehmigungsbehörden und externen politischen Entscheidungsträgern kommuniziert wird, werden die jeweiligen Kommunikationsbotschaften des Zweckverbandes über das Verbandsgebiet hinaus gestreut, z. B. Artikel in der Fachliteratur oder Tagungsbeiträge.

Das Areal verändert sich wiederum auch entsprechend der Botschaft bzw. Maßnahme, die kommuniziert wird. So zum Beispiel bei der Teilnahme der RSAG an der Europäischen Woche für Abfallvermeidung, die als bundesweite Kampagne organisiert wird.

6. Kommunikationstiming („Wann“?)

die Maßnahmen zur Strukturierung der verbandsinternen Kommunikation umgesetzt worden sind, können die Klimaschutzmaßnahmen kommuniziert werden. Dabei wird die AIDA-Formel als einfache Orientierungshilfe empfohlen. Die Maßnahmen müssen aufeinander aufbauen, damit zunächst die Aufmerksamkeit der anzusprechenden Zielgruppe(n) erreicht wird. Z. B:

¹¹⁸ Laut einiger Statistiken ist Facebook in Deutschland für die Unternehmen die wichtigste Social-Media Plattform

Werbebotschaften zur besseren Bioabfall-Trennung auf den Müllfahrzeugen. Daraufhin müssen die Bürger über Details der Kampagne informiert werden, sodass ihr Interesse geweckt wird und sie in Folge dessen zur Umsetzung der Abfallvermeidungs- und Klimaschutzmaßnahmen aktiviert werden.

Mit Hilfe der folgenden Abbildung soll beispielhaft die Werbewirkung nach der AIDA-Formel an Hand der Kampagne „Bioabfall als Fahrzeugantrieb“ gezeigt werden.

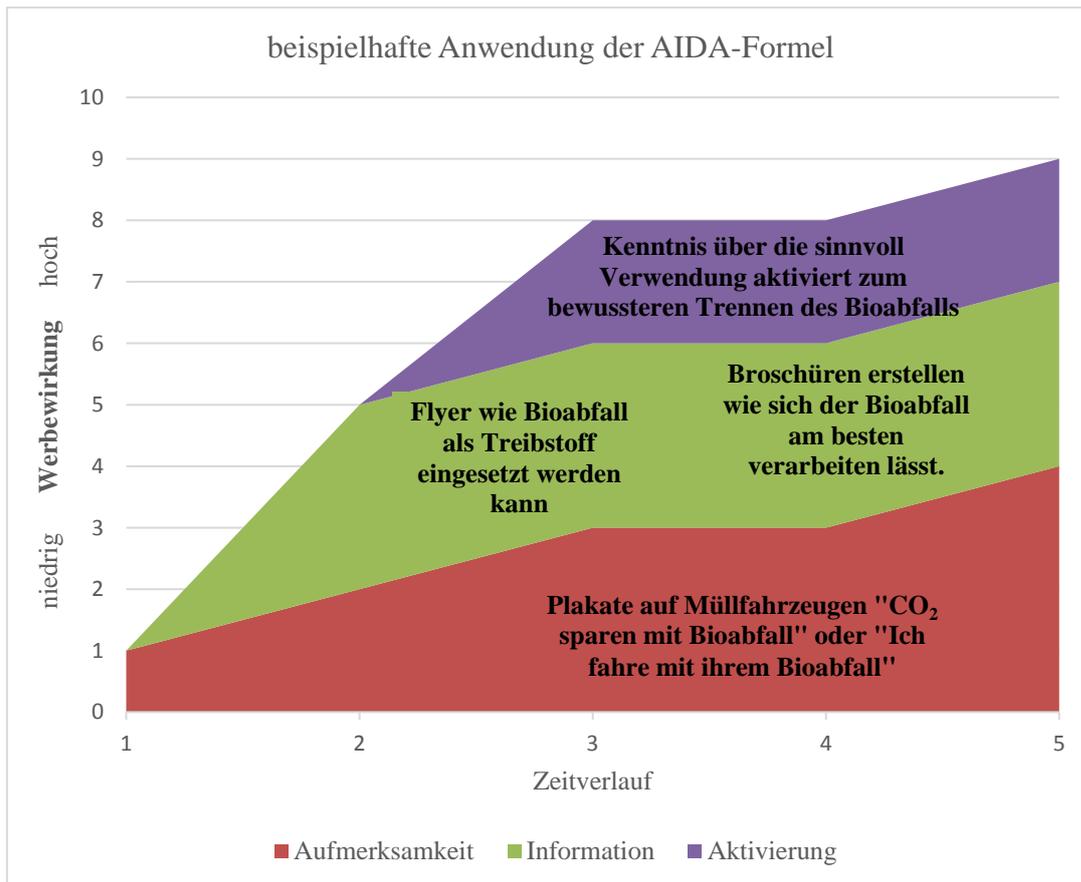


Abbildung 6-4: Kampagne "Kommunikation Bioabfall als Fahrzeugantrieb"

Grundsätzlich ist zu klären, ob sich die Kommunikationsaktivitäten auf einen kürzeren Zeitraum konzentrieren sollen oder ob eine kontinuierliche Verteilung der Werbemaßnahmen über mehrere Perioden sinnvoll ist. Bei der Verteilung der Botschaft über das ganze Jahr steigt die Erinnerungsleistung der Zielgruppe(n) mit jedem zusätzlichen Kontakt.¹¹⁹ Daher ist zu empfehlen, dass der Zweckverband die Werbemaßnahmen über einen größeren Zeitraum verteilt und auf diese Weise immer wieder auf den Zweckverband und Klimaschutzaktivitäten im Verbandsgebiet aufmerksam macht.

In der folgenden Abbildung sind abschließend einige Kommunikationsmaßnahmen im Zeitverlauf dargestellt.

¹¹⁹ Vgl. Esch et al. 2016, S. 340.

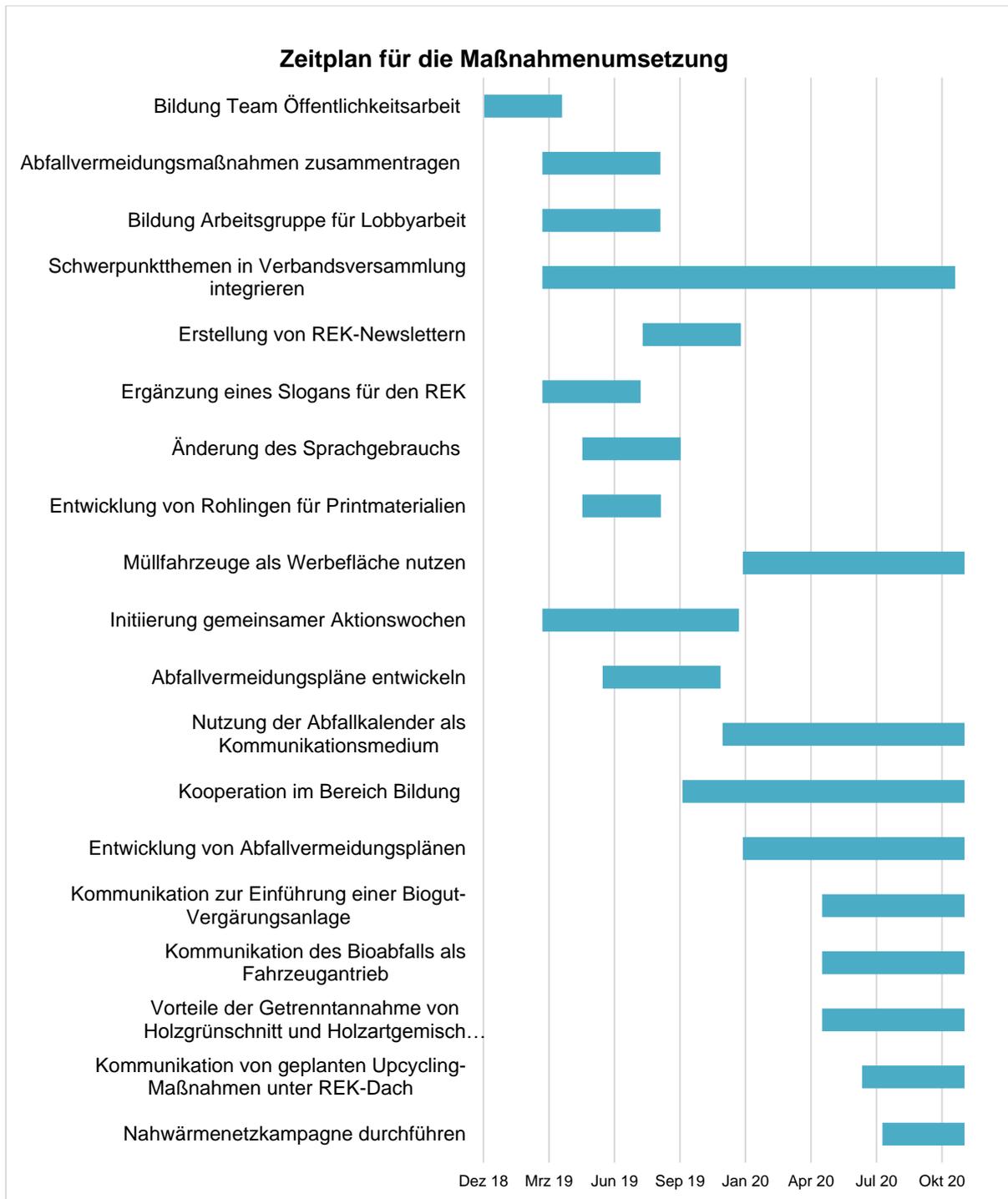


Abbildung 6-5: Kommunikationstiming

Im Abschnitt „Maßnahmenkatalog zur Klimaschutzkommunikation“ sind weitere Informationen zu den einzelnen Punkten enthalten.

7 Controlling-Konzept und Verstetigungsstrategie

Die REK möchte die regionale Abfallwirtschaft klimafreundlich weiterentwickeln. Die Ergebnisse des vorliegenden Klimaschutzkonzeptes zeigen verschiedene strategische und kurzfristige Handlungsoptionen auf.

Es bedarf jedoch einer regelmäßigen Kontrolle und Steuerung, um die personellen und finanziellen Ressourcen effektiv und effizient einzusetzen. In Folge dessen ist die Einführung eines Controlling-Systems erforderlich, in dessen Prozess der Zeitraum der definierten Ziele eingehalten und ggf. Schwierigkeiten bei der Bearbeitung frühzeitig erkannt und Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können (Konfliktmanagement).

Insbesondere in einem Zweckverband mit fünf Mitgliedern in unterschiedlichen Bundesländern, mit unterschiedlichem Portfolio und unterschiedlichen Strukturen stellt die Verstetigung der Klimaschutzaktivitäten eine Herausforderung dar.

Die Zuständigkeiten für die Betreuung und Durchführung des Controllings sind daher klar zu regeln. Die Frage, welche Organisationseinheit und welche Personen verantwortlich sind, muss folglich definiert werden. Da derzeit die RSAG die Geschäftsbesorgung und mithin die operativen Tätigkeiten für den REK wahrnimmt, sollte auch das Controlling dort angesiedelt werden. In diesem Zusammenhang bietet sich die Möglichkeit eine durch das BMU förderfähige Personalstelle für das sogenannte Klimaschutzmanagement zu schaffen. Alternativ können Personen aus dem bestehenden Personalstamm für diese Aufgaben freigestellt werden.

7.1 Elemente des Controlling-Systems

Zur regelmäßigen Kontrolle können zwei feste Elemente:

- die Abfallbilanz,
- der Maßnahmenkatalog

genutzt und jährlich fortgeschrieben werden. Dabei ist die Abfallbilanz als Top-Down- und der Maßnahmenkatalog als Bottom-Up-Ansatz zu verstehen. So wird darüber ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess im Sinne eines Stoffstrommanagements initiiert. Ergänzend und auf Grundlage der Abfallbilanz sollte in regelmäßigen Abständen die Energie- und THG-Bilanz entlang der wesentlichen Abfallfraktionen fortgeschrieben werden. Dies sollte mindestens im Rahmen der Fortschreibung von Abfallwirtschaftskonzepten erfolgen oder wenn sich wesentliche Verwertungswege oder -verfahren der Abfallbehandlung verändern.

7.2 Abfallbilanz

Die Abfallbilanz ist bereits ein etabliertes Planungsinstrument der einzelnen örE, welche jährlich fortgeschrieben und den Bundesländern gemeldet wird. Die Top-Down-Ebene liefert eine

Vielzahl von Informationen, die eine differenzierte Betrachtung zulassen. Darüber hinaus können Ist- und Soll-Vergleiche angestellt sowie im Vorfeld festgelegte Indikatoren (z. B. Erfassungs- und Recyclingquoten) überprüft werden. Da die Abfallbilanz von allen öRE in Deutschland aufgestellt und veröffentlicht wird, können ähnlich strukturierte Regionen als Benchmark herangezogen werden. Zudem gibt der VKU einen jährlichen Benchmark-Bericht heraus, welcher Kennwerte für einen Vergleich zwischen ähnlich strukturierten öRE enthält. Um den REK als gemeinsam agierenden Verband zu festigen, sollte künftig ergänzend eine gemeinsame Abfallbilanz aufgestellt werden. Die Struktur sollte sich an den bestehenden Erhebungen orientieren, Rechenwerte und Rahmenbedingungen müssen einmalig abgestimmt werden. Im Idealfall melden die einzelnen Mitglieder ihre Bilanzdaten sowohl an die Landesregierung als auch an die REK-Geschäftsbesorgung. Diese überträgt die Daten in eine gemeinsame Maske und erstellt eine Auswertung zwischen den Mitgliedern und mit den historischen Werten. In einer Arbeitssitzung sollten die Ergebnisse jährlich diskutiert und Handlungsbedarf abgeleitet werden.

Auf Basis der Abfallbilanz kann außerdem die Energie- und THG-Bilanz fortgeschrieben werden. Allerdings wirken sich auch Veränderungen in den jeweiligen Verwertungsverfahren -orten oder Kooperationen auf die Ergebnisse aus. Falls für diese Aufgaben keine eigenen Personalressourcen zur Verfügung stehen, kann die Dienstleistung extern eingekauft werden. Es wird empfohlen, die Energie- und THG-Bilanz alle zwei Jahre fortzuschreiben.

7.3 Maßnahmenkatalog

Der Katalog beinhaltet Maßnahmen, die sich in verschiedene Bereiche untergliedern. Der Katalog ist fortschreibbar angelegt, sodass stets neue Maßnahmen hinzugefügt bzw. umgesetzte Maßnahmen als solche markiert werden können. Die bisherigen Maßnahmen können jährlich neu bewertet und bei Bedarf angepasst werden.

Durch die Untersuchung der Wirkung von Einzelmaßnahmen können Aussagen zu Kosten, Personaleinsatz, Einsparungen (Energie/CO₂) etc. getroffen werden.

Für diese Bottom-Up-Ebene ist es empfehlenswert Kennzahlen zunächst überschlägig zu ermitteln, da eine detaillierte Betrachtung unter Umständen mit hohen Kosten verbunden sein kann und bei der tatsächlichen Umsetzung dann ohnehin ansteht. So können für „harte“, meist technische, Maßnahmen mit wenig Ressourceneinsatz Kennzahlen gebildet werden. Bei „weichen“ Maßnahmen (z. B. Informationskampagnen) können diese Faktoren nicht verlässlich oder kaum gemessen werden. Hier sollten leicht erfassbare Werte erhoben werden. Die gebildeten Kennzahlen geben schließlich Aufschluss über den Erfolg oder Misserfolg und entscheiden im Anschluss über das weitere Vorgehen.

Um die kontinuierliche Fortschreibung zu gewährleisten sollte sich jeweils zu Jahresbeginn eine Arbeitsgruppe aus den REK-Mitgliedern über die kurzfristig geplanten Maßnahmen verständigen. Dadurch findet ein Informationsaustausch zu den aktuellen Aktivitäten statt und es können Synergieeffekte im Verband erschlossen bzw. Redundanzen vermieden werden.

7.4 Dokumentation

Die jährliche Erstellung eines kurzen Maßnahmenberichtes in Ergänzung zur Abfallbilanz ist notwendig, um eine regelmäßige Darstellung der Aktivitäten in einer Übersicht festzuhalten. Diese sollte zunächst in der Geschäftsführung abgestimmt und anschließend in die Verbandsversammlung getragen werden.

Zusätzlich sollte alle 2-4 Jahre ein verbandsweiter Klimaschutzbericht erstellt werden, in dem über den aktuellen Stand der Maßnahmenumsetzung informiert wird sowie Strukturen und übergreifende Ergebnisse des Klimaschutzes dargestellt werden. Dadurch können die geplanten Strategien aufgrund eines aktuellen Informationsstandes angepasst und gegebenenfalls neue Maßnahmen entwickelt werden. Durch die Information der Gebührenzahler kann das Bewusstsein der Bevölkerung geweckt und der Vorbildcharakter zum Ausdruck gebracht werden. Weiterhin trägt der Klimaschutzbericht zur Motivation der teilnehmenden Akteure bei. Eine enge Zusammenarbeit mit der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit kann als gute Informationsgrundlage genutzt werden.

Alternativ wäre eine Überlegung, die Abfallwirtschaftskonzepte der örE auf Verbandsebene fortzuschreiben und um einen Klimaschutz-Teil zu ergänzen. Dies würde weitere Synergieeffekte bündeln und zu einer gemeinsamen Identifikation sowie Außendarstellung des REK beitragen. Dennoch sollten im gemeinsamen Awiko auch die einzelnen örE deutlich unterscheidbar bleiben, um deren Identität und lokale Besonderheiten zu betonen.

Die folgende Abbildung zeigt eine schematische Darstellung des Controlling-Konzeptes.

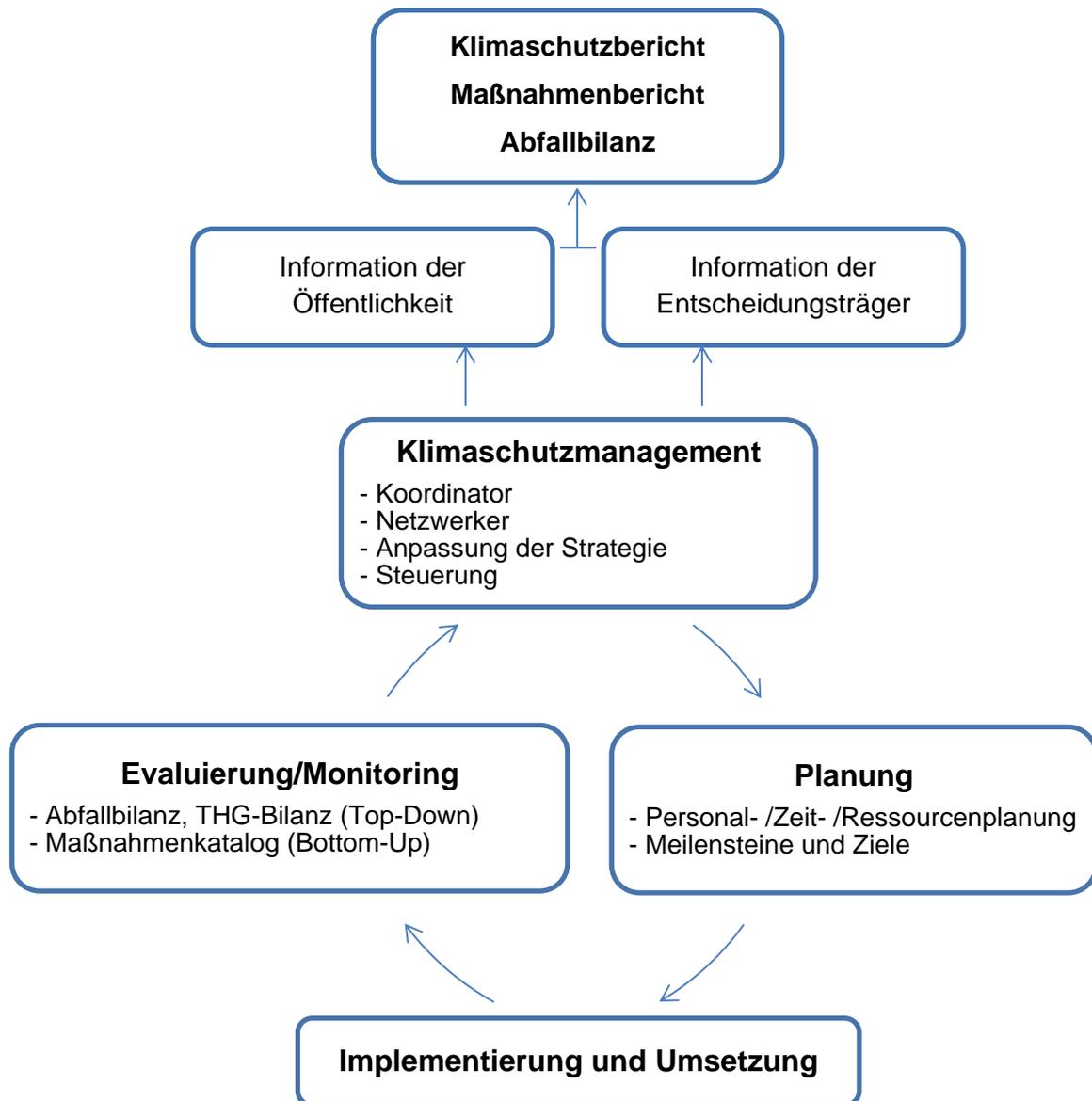


Abbildung 7-1: Übersicht Controlling-System

8 Fazit

Die kommunale Kreislaufwirtschaft leistet mit rund 125.000 t/a bereits heute einen maßgeblichen Beitrag an CO₂-Einsparungen, was insbesondere durch die energetische Abfallverwertung begründet ist. Restabfälle und Bioabfällen werden mindestens anteilig zur Energiegewinnung eingesetzt und substituieren so fossile Brennstoffe. Noch größer sind die Treibhausgasersparungen jedoch bei der stofflichen Verwertung, wozu die kommunalen Entsorger durch eine hochwertige Wertstoffeffassung, Sortierung und Vorbehandlung noch stärker beitragen können. Durch Recycling werden nicht nur direkt Energieträger ersetzt, sondern auch viele Prozesse von der Rohstoffgewinnung über die Verarbeitung bis zum Transport vermieden. Zusätzlich werden Ressourcen geschont und die Kreislaufwirtschaft gestärkt. Ein weiteres Feld betrifft die Optimierung der Transportwege, welche sich auch durch eine verstärkte Zusammenarbeit innerhalb der REK ergibt. Je kürzer die Wege und je besser die Anlagen ausgelastet sind, desto geringer die Emissionen je Tonne gesammelten Reststoff. Schließlich untersucht das Klimaschutzkonzept wie in der energetischen Verwertung die regionalen Stoffkreisläufe weiter gestärkt werden können. Während bei der Abfallbewirtschaftung biogene Reststoffe mit erheblichem Energiepotenzial anfallen, hat der Sektor Gebäudeheizung einen großen Bedarf regenerativer Versorgungsalternativen. Die wesentlichen Untersuchungsinhalte des Klimaschutzkonzeptes und deren Wechselwirkungen ist in folgender Grafik zusammengefasst.

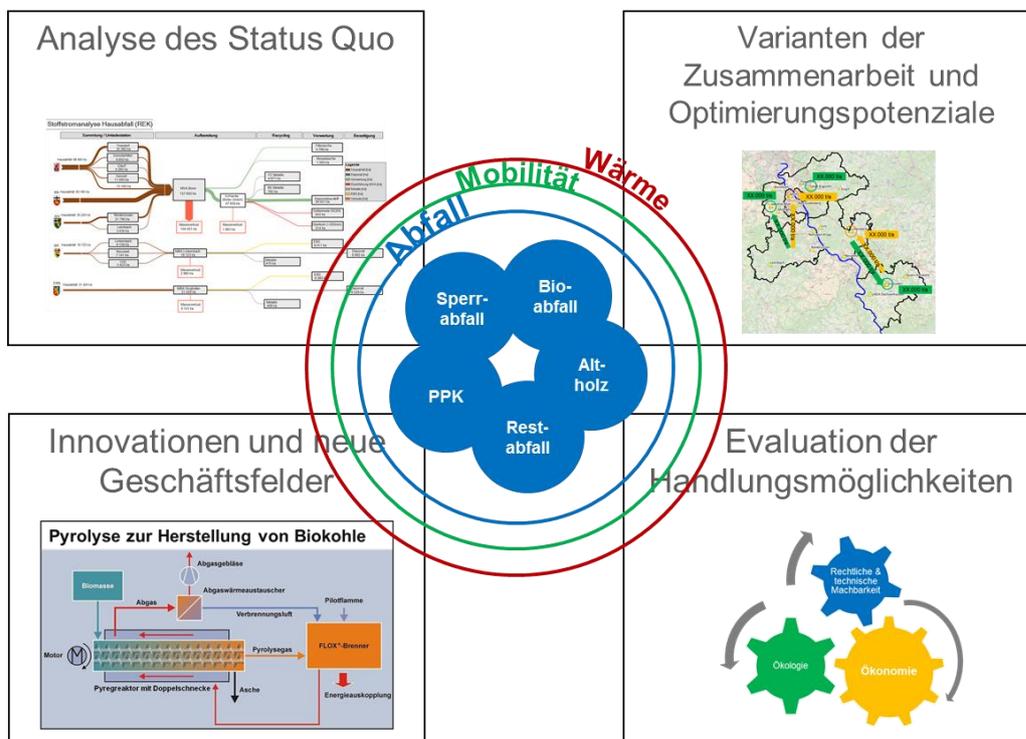


Abbildung 8-1: Betrachtungsebenen des Klimaschutzkonzeptes

Im Ergebnis der Konzepterstellung konnte in enger Zusammenarbeit zwischen den REK-Mitgliedern eine Handlungsstrategie entwickelt werden, welche auf eine vermehrte Zusammenarbeit bei der Bewirtschaftung der wesentlichen Stoffströme der REK abzielt. Dies betrifft insbesondere eine hochwertigere Verwertung der Bioabfälle, eine Abkehr von der Deponierung zugunsten stofflich-energetischer Verwertung behandelter Restabfälle und eine optimierte Nutzung der Sperrabfälle. Verzahnt mit dem Stoffstrommanagement beinhaltet die Handlungsempfehlung auch eine langfristige Perspektive für die abfallwirtschaftlichen Standorte, wobei die Behandlungsanlagen als vernetztes System konzipiert ist. Schließlich wurden auch Maßnahmen zum umweltfreundlichen Transport ausgearbeitet, um Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffe zu reduzieren.

Zusätzlich wurden Handlungsfelder adressiert, welche nicht direkt im Aufgabenfeld der klassischen öffentlichen Entsorgungswirtschaft liegen. Dies betrifft insbesondere den Wärmesektor, für den fünf Projekte zur kommunalen Nahwärmeversorgung entwickelt wurden und die gemeinsam mit regionalen Partnern umgesetzt werden können. Alleine diese Maßnahmen können THG-Einsparungen von knapp 25.000 t/a erzielen. Andere Zukunftsaufgaben wie die Digitalisierung, die Phosphorrückgewinnung und das Urban Mining wurden skizziert und sollten als Schwerpunktthemen weiterentwickelt werden.

Die berechneten Treibhausgaseinsparungen durch ein optimiertes Stoffstrommanagement belaufen sich in Summe und bis zum Jahr 2030 auf über 100.000 t/a. Daneben führen die Maßnahmen zu einem deutlichen Anstieg der Verwertung und des Recyclings mit der damit verbundenen Schonung fossiler und regenerativer Ressourcen. Nicht zuletzt ist mit dem Klimaschutzkonzept eine Steigerung der regionalen und kommunalen Wertschöpfung verbunden, da rentierliche Investitionen in Anlagenmodernisierung/-neubau und eine Stoffstromoptimierung die Wertschöpfungskreisläufe vor Ort weiter stärken.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Kreislaufwirtschaftspaket der EU-Kommission (Stand: 2018): Abfallwirtschaftsziele und Vorgaben	11
Tabelle 2-1: Jährliche Kosten der Biotonne je REK-Mitglied, Stand 2018	16
Tabelle 2-2: Kommunale Behandlungsanlagen im REK-Gebiet	18
Tabelle 2-3: Anzahl der Fahrzeuge je Mitglied und Nutzung	19
Tabelle 2-4: Hausabfallaufkommen und Sammlung im Verbandsgebiet der REK	36
Tabelle 2-5: Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	37
Tabelle 3-1: Varianten der anaeroben Biogut-Verwertung	72
Tabelle 3-2: Anteile und Brennstoffpotenziale aus Grüngut	74
Tabelle 3-3: Altholzerfassung und -potenziale in der REK	76
Tabelle 3-4: Wärmepotenziale aus biogenen Abfällen im REK Gebiet	82
Tabelle 3-5: Kennwerte zur Wärmeverbrauchsermittlung	84
Tabelle 6: Wärmebedarf und THG-Emissionen je Schwerpunktgebiet nach Verbrauchergruppen	95
Tabelle 3-7 Jährliche Verbräuche, Kosten und CO ₂ e-Ausstoß der Sammelfahrzeuge	96
Tabelle 3-8: Jährliche Verbräuche und Emissionen der Dienstfahrzeuge 2016	97
Tabelle 3-9: Jährliche Laufleistung und THG-Emissionen durch Mitarbeitermobilität	98
Tabelle 4-1: Durchgeführte Themen-Workshops	103
Tabelle 4-2: Durchgeführte Orts- und Anlagenbesichtigungen	104
Tabelle 4-3: Durchgeführte Gruppen- und Einzelgespräche	105
Tabelle 4-4: Durchgeführte Gremien- und Öffentlichkeitsinformation	106
Tabelle 5-1: Mengenentwicklung Biogut 2030 zu 2016 in Szenario 1	108
Tabelle 5-2: Mengenentwicklung Biogut 2030 zu 2016 in Szenario 2	109
Tabelle 5-3: Überschlägige Abschätzung von landwirtschaftlichen Ausbringungsmöglichkeiten des Gärrestes	116
Tabelle 5-4: Mengenentwicklung Hausabfall 2030 zu 2016 in Szenario 1	124
Tabelle 5-5: Mengenentwicklung Hausabfall 2030 zu 2016 in Szenario 2	125

Tabelle 5-6: Mengenentwicklung Hausabfall 2030 zu 2016 in Szenario 3	125
Tabelle 5-7: Wärmeversorgungsprojekte in ausgewählten Schwerpunktgebieten	148
Tabelle 5-8: Vergleich Energieverbrauch und Emissionen	155
Tabelle 5-9: Übersicht Energieverbrauch und CO ₂ e-Ausstoß	157
Tabelle 5-10: Übersicht Investitionskosten Biomethanherstellung	159
Tabelle 5-11: Optionen der P-Rückgewinnung aus Abwasser	167
Tabelle 5-12: Phosphorrückgewinnung am Beispiel Klärschlammverwertung Bonn	169
Tabelle 5-13: Stoffstrombezogene Maßnahmen	171
Tabelle 5-14: Anlagen- und standortspezifische Maßnahmen	172
Tabelle 5-15: Maßnahmen im Bereich regionale Wärmeversorgung	173
Tabelle 5-16: Maßnahmen im Bereich klimafreundliche Mobilität	173
Tabelle 17: Maßnahmen im Bereich Klimaschutzkommunikation	174
Tabelle 6-1: SWOT-Analyse Öffentlichkeitsarbeit	182

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Einordnung des Konzeptes in die Klimaschutz-Aktivitäten der REK.....	7
Abbildung 1-2: Ganzheitliche und systemische Betrachtung als Basis eines Stoffstrommanagements.....	9
Abbildung 1-3: Fünfstufige Abfallhierarchie	10
Abbildung 2-1: Anlagenstandorte der REK Mitglieder	17
Abbildung 2-2: Verteilung der Verkehrsmittel zur Mitarbeitermobilität.....	20
Abbildung 2-3: Abfallaufkommen in der REK	20
Abbildung 2-4: Spezifische Biogut- und Bioabfallerfassung im Vergleich	22
Abbildung 2-5: Erfassung und Verwertung Biogut, Massenaufkommen 2016	24
Abbildung 2-6: Biogut-Aufkommen und Verwerter im REK-Gebiet, Massenaufkommen 2016	25
Abbildung 2-7: Grüngut-Aufkommen und Verwerter im REK-Gebiet, Massenaufkommen 2016	26
Abbildung 2-8: Erfassung und Verwertung Grüngut (NRW), Massenaufkommen 2016.....	28
Abbildung 2-9: Erfassung und Verwertung Grüngut (RLP), Massenaufkommen 2016	31
Abbildung 2-10: Entwicklung des Siedlungsabfallaufkommens in Deutschland.....	33
Abbildung 2-11: Erfassung und Verwertung Hausabfall, Massenaufkommen 2016.....	38
Abbildung 2-12: Restabfall-Aufkommen und Verwerter im REK-Gebiet, Massenaufkommen 2016.....	39
Abbildung 2-13: PPK-Erfassungsmengen der REK Mitglieder im Vergleich mit dem VKU Benchmark.....	40
Abbildung 2-14: Erfassung und Verwertung PPK, Massenaufkommen 2016	42
Abbildung 2-15: PPK-Aufkommen und Abnehmer, Massenaufkommen 2016	43
Abbildung 2-16: Preisentwicklung der gängigen Altpapiersorten	44
Abbildung 2-17: Erfassung und Verwertung Sperrabfall, Massenaufkommen 2016	46
Abbildung 2-18: Sperrabfall-Aufkommen und Abnehmer, Massenaufkommen 2016.....	47
Abbildung 2-19: Kurzsteckbrief Restabfall.....	50
Abbildung 2-20: THG-Bilanz Restabfall 2016	51

Abbildung 2-21: Kurzsteckbrief Biogut.....	52
Abbildung 2-22: THG-Bilanz Biogut 2016.....	54
Abbildung 2-23: Kurzsteckbrief Grüngut.....	55
Abbildung 2-24: THG-Bilanz Grüngut 2016.....	56
Abbildung 2-25: Kurzsteckbrief PPK.....	57
Abbildung 2-26: Ergebnis Gesamtbilanz 2016.....	59
Abbildung 3-1: Abfallhierarchie nach § 6 KrWG.....	60
Abbildung 3-2. Fließschema der MVA- Bonn.....	62
Abbildung 3-3. Fließschema MBA Linkenbach.....	65
Abbildung 3-4. Fließschema der MBA Singhofen.....	67
Abbildung 3-5. Fließschema Papiersortierungsanlage Bonn.....	69
Abbildung 3-6: THG-Einsparpotenzial durch Biogut-Vergärung.....	73
Abbildung 3-7: Sperrabfall-Zusammensetzung.....	75
Abbildung 3-8: Potenziale der Restabfallreduktion.....	77
Abbildung 3-9: Handlungsfelder zur Abfallvermeidung.....	78
Abbildung 3-10: Abfallvermeidungsprogramm des Bundes.....	79
Abbildung 3-11: Elf Schwerpunktgebiete zur klimafreundlichen Wärmenutzung.....	81
Abbildung 3-12: Wärmekataster Bonn Beuel Ost.....	85
Abbildung 3-13: Wärmekataster Bonn Beuel Süd.....	86
Abbildung 3-14: Wärmekataster Sankt Augustin.....	86
Abbildung 3-15: Wärmekataster Siegburg.....	87
Abbildung 3-16: Wärmekataster Swisttal-Miel.....	87
Abbildung 3-17: Wärmekataster Linkenbach.....	88
Abbildung 3-18: Wärmekataster Asbach.....	88
Abbildung 3-19: Wärmekataster Puderbach und Raubach (mit Metsä Tissue Werk).....	89
Abbildung 3-20: Wärmekataster Singhofen.....	89
Abbildung 3-21: Wärmekataster Bad Ems.....	90
Abbildung 3-22: Wärmekataster Katzenelnbogen.....	90

Abbildung 3-23: Gesamtwärmebedarf der Schwerpunktgebiete 2016 nach Verbrauchergruppen.....	92
Abbildung 3-24: Gesamtwärmebedarf der Schwerpunktgebiete 2016 nach Energieträgern.	93
Abbildung 3-25 THG-Bilanz der Schwerpunktgebiete 2016	94
Abbildung 3-26: Zusammensetzung THG-Emissionen durch Mobilität	98
Abbildung 4-1: Impressionen Zukunftswerkstatt I und II.....	101
Abbildung 5-1: Kriterien-Hierarchie für die Strategie-Entwicklung	107
Abbildung 5-2: Szenarien zur Mengenentwicklung Biogut bis 2030	109
Abbildung 5-3: Szenario der Biogut-Verwertung 2030	112
Abbildung 5-4: Transportwege und Anlagenstandorte Biogut 2030	113
Abbildung 5-5: Gärrestaufbereitungsverfahren nach Biogasanlagentechnik	115
Abbildung 5-6: Transportwege und Anlagenstandorte Grüngut 2030	119
Abbildung 5-7: Szenario der Grüngut-Verwertung 2030 (NRW).....	120
Abbildung 5-8: Szenario der Grüngut-Verwertung 2030 (RLP)	121
Abbildung 5-9: Verfahren zur Milchsäureextraktion aus Bioabfällen	123
Abbildung 5-10: Überblick der drei Szenarien zur Mengenentwicklung Hausabfall bis 2030	126
Abbildung 5-11: Szenario der Restabfall-Verwertung 2030.....	129
Abbildung 5-12: Transportwege und Anlagenstandorte Restabfall 2030	130
Abbildung 5-13: Transportwege und Anlagenstandorte Restabfall 2030 - Variante.....	131
Abbildung 5-14: Szenario der PPK-Verwertung 203	133
Abbildung 5-15: Orte und Mengen der PPK-Verwertung 2030.....	134
Abbildung 5-16: Szenario der Sperrabfall-Verwertung 2030	137
Abbildung 5-17: Orte und Behandlungsmengen der Sperrabfall-Verwertung 2030	138
Abbildung 5-18: Energie- und Rohstoffpark Bonn 2030	139
Abbildung 5-19: Biomassezentrum Troisdorf 2030.....	140
Abbildung 5-20: Bioenergiepark St. Augustin 2030	141
Abbildung 5-21: Bioökonomiepark Swisttal-Miel / Müttinghoven 2030	142
Abbildung 5-22: Ressourcenzentrum Linkenbach 2030	143

Abbildung 5-23: Biomassezentrum Singhofen 2030.....	145
Abbildung 5-24: Variante: Ressourcenzentrum Singhofen 2030.....	146
Abbildung 5-25: Wärmenetz Swisttal-Miel und Heimerzheim.....	150
Abbildung 5-26: Wärmenetz Bonn Beuel Süd	151
Abbildung 5-27: Wärmenetz Asbach „kompakt“	152
Abbildung 5-28: Wärmenetz Katzenelnbogen	153
Abbildung 5-29: Wärmenetz Sankt Augustin „kompakt“	154
Abbildung 5-30: Biomethan als CNG-Treibstoff – Bedarf und Potenzial	159
Abbildung 5-31: Zusammenfassung der jährlichen CO ₂ -Einsparungen	163
Abbildung 5-32: Beispiel Logistik-Optimierung 2030	164
Abbildung 5-33: Konzept Klärschlammverwertung Bonn	166
Abbildung 5-34: Das Prinzip des <i>Urban minings</i>	170
Abbildung 6-1: Elemente der Kommunikationsstrategie.....	175
Abbildung 6-2: AIDA-Modell	177
Abbildung 6-3: Übersicht der Zielgruppen	178
Abbildung 6-4: Kampagne "Kommunikation Bioabfall als Fahrzeugantrieb“	186
Abbildung 6-5: Kommunikationstiming	187
Abbildung 7-1: Übersicht Controlling-System	191
Abbildung 8-1: Betrachtungsebenen des Klimaschutzkonzeptes.....	192

Abkürzungsverzeichnis

<u>Abkürzung</u>	<u>Bedeutung</u>
%	Prozent
€	Euro
§	Paragraph
a	Jahr
Abs.	Absatz
AG	Arbeitsgemeinschaft, Aktiengesellschaft
ALK	Automatisierten Liegenschaftskarte
AW	Ahrweiler
AWZ	Abfallwirtschaftszentrum
BA	Bioabfall-Aufbereitungsanlage/ Bioabfallbehandlungsanlage
BG	Biogas
BGA	Biogasanlage
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMKW	Biomassekraftwerk
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMWI	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BN	Bonn
bspw.	Beispielsweise
BW	Baden-Württemberg
bzw.	beziehungsweise
C	Kohlenstoff
ca.	circa
CH ₄	Chemische Summenformel für Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ e	Kohlenstoffdioxid-Äquivalent
d. h.	das heißt
EAL	Eigenbetrieb Abfallwirtschaft Landkreis Lörrach
EBS	Ersatzbrennstoff
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
el	elektrisch
EMS	Rhein-Lahn-Kreis
etc.	et cetera
evtl.	eventuell
EW	Einwohner
FE	Eisen
g	Gewichtseinheit Gramm
GEMIS	Globalen Emissions-Modell integrierter Systeme
ggf.	gegebenenfalls
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistung
GIS	Geographisches Informationssystem
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung

h	Stunde(n)
ha	Hektar
HHS	Holz hackschnitzel
i. d. R.	in der Regel
IfaS	Institut für angewandtes Stoffstrommanagement
inkl.	Inklusive
IWB	Industrielle Werke Basel
k	Vorzeichen für Tausend
K	Kalium
KA	Kläranlage
km	Kilometer
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KRS	Kompostwerke Rhein-Sieg
KSG	Klimaschutzgesetz
KVA	Kehrrichtverwertungsanlage
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
l	Liter
lfd.	laufend
LK	Landkreis
LKW	Lastkraftwagen
LVP	Leichtverpackung
m	Meter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
MBA	Mechanisch-Biologische Behandlungsanlage
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
MVA	Müllverwertungsanlage
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
N	Stickstoff
NIR	Nahinfrarot
NE	Nichteisen
Nm ³	Volumeneinheit Normkubikmeter
NR	Neuwied
NRW	Nordrheinwestfalen
örE	öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger
P	Phosphor
PKW	Personenkraftwagen
PLA	Polymilchsäuren
PPK	Papier, Pappe, Kunststoffe
REK	Rheinische Entsorgungs-Kooperation
RLP	Rheinland-Pfalz
RTO	regenerativer thermischen Oxidationsanlage
RWS	Regionale Wertschöpfung

SNCR	selektive nicht-katalytische Reduktion
SSM	Stoffstrommanagement
SU	Rhein-Sieg-Kreis
t	Gewichtseinheit Tonne
th	thermisch
THG	Treibhausgas
TK	Teilkonzept
tkm	Tonnenkilometer
TM	Trockenmasse
ü.	über
u.a.	unter anderem
u.ä.	und ähnlichem
UBA	Umweltbundesamt
UM	Umweltministerium
vgl.	vergleiche
VKU	Verband kommunaler Unternehmen
z. B.	zum Beispiel
Σ	Summe

Quellenverzeichnis

Abfallgebührensatzung des Landkreis Ahrweiler: in der Fassung vom 27.10.2017.

Abfallgebührensatzung des Rhein-Lahn-Kreises: in der Fassung vom 09.09.2010.

Abfallgebührensatzung Landkreis Neuwied: in der Fassung vom 19.12.2012.

Abfallsatzung für den Rhein-Sieg-Kreis: in der Fassung vom 17.12.2018.

Abfallwirtschaftskonzept der Bundesstadt Bonn 2017: Abfallwirtschaftskonzept für die Bundesstadt Bonn.

Abfallwirtschaftskonzept des Landkreises Neuwied 2014: Abfallwirtschaftskonzept des Landkreises Neuwied 2014, S.12.

Abfallwirtschaftskonzept des Rhein-Lahn-Kreises 2014: Abfallwirtschaftskonzept des Rhein-Lahn-Kreises 2014, S. 65.

Altholzverordnung: Altholzverordnung vom 15. August 2002 (BGBl. I S. 3302), das zuletzt durch Artikel 62 des Gesetzes vom 29. März 2017 (BGBl. I S. 626, 638) geändert worden ist.

Basshuysen 2015: Basshuysen, Richard van, (Hrsg.): Erdgas und erneuerbares Methan für den Fahrzeugantrieb, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015.

BMU 2018: Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und nukleare Sicherheit, Abfallwirtschaft in Deutschland 2018. Fakten, Daten, Grafiken.

BMUB 2013: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Abfallvermeidungsprogramm des Bundes unter Beteiligung der Länder.
http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/abfallvermeidungsprogramm_bf.pdf, Abgerufen am 10.11.2014.

Bonorange 2017: Fragebogen kommunale Abfallwirtschaft.

Bothe 2017: Bothe, D. Restabfall: Was steckt in unserem Müll? Müll und Abfall(07/2017), S. 358-367, 2017.

Bruhn 2009: Bruhn, M. Kommunikationspolitik Systematischer Einsatz der Kommunikation für Unternehmen, 5. aktualisierte Auflage. München: Verlag Franz Vahlen GmbH, 2009.

Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. 2011: Statistik zu gütegesicherten Komposten Deutschlandweit 2011.

DGAW 2015: Stellungnahme der DGAW zum Thema Zukunft der MBA im Abfallmarkt in DE, Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft e.V. (DGAW, 2015) : <http://recyclingportal.eu/Archive/12622>.

DWA 2017: Stoffspezifische Behandlung von Haushaltsabfällen in der Praxis – Status Quo und Entwicklungstendenzen der Mechanisch-Biologischen-(Rest)-Abfallbehandlung (MBA). Hennef: DWA.

- Entsorgungsanlagenkataster Rheinland-Pfalz 2017:** Entsorgungsanlagenkataster Rheinland-Pfalz 2016.
- Esch 2016:** Esch, F.-R., & Winter, K. Entwicklung von Kommunikationsstrategien. In M. Bruhn, F.-R. Esch, & T. Langner (Hrsg.), Handbuch Strategische Kommunikation. Grundlagen- Innovative Ansätze- Praktische Umsetzungen, 2. Auflage (S. 327-344). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2016.
- Europäische Kommission 2017:** Europäische Kommission, Zwischenbilanz zur Kreislaufwirtschaft und neue Vorschläge für 2017. Nachrichten der EU-Kommission und des Europäischen Parlaments.
- EUWID Recycling 2018:** Marktbericht Altpapier Deutschland, Oktober 2018.
- EUWID Recycling und Entsorgung 2018:** Ausgabe 44/2018 erschienen am 30.10.2018.
- EUWID Recycling:** Marktspiegel Altholz: <https://www.euwid-recycling.de/maerkte/altholz/sortiert-nach-sorten.html>, letzter Zugriff: 05.01.2019.
- Fachverband Biogas e.V. 2018:** Düngen mit Gärprodukten.
- Fricke, et. al. 2012:** Fricke K, Münnich K., Heußner C., Schulte B. und Wanka S.: Landfill Mining – ein Beitrag der Abfallwirtschaft für die Ressourcensicherung – in: Recycling und Rohstoffe – Band 5 Thomé-Kozmiensky, Goldmann, Neuruppin: TK Verlag , 2012.
- Führmann 2016:** Führmann, U., & Schmidbauer, K. Wie kommt System in die interne Kommunikation? Ein Wegweiser für die Praxis, 3. vollständig überarbeitete Auflage. Talpa-Verlag, 2016.
- Gebührenordnung über die Abfallentsorgung in der Bundesstadt Bonn:** in der Fassung vom 14.12.2019.
- Gemis Datenbank 4.95:** IINAS (Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien): Pkw-Diesel-mittel-DE-2010 exkl. Bio (je kWh); Tankstelle\BioCNG-Biomüll-DE-2005.
- Grundmann, et al. 2018:** Grundmann, T., Büscher K., Weppel, J.: Müll und Abfall. Fachzeitschrift für Abfall- und Ressourcenwirtschaft, Weiterentwicklungsmöglichkeiten der MBA-zwischen Anspruch und Wirklichkeit, S. 284 – 289.
- Hahnenkamp & Tuminski 2017:** Hahnenkamp N.J. und Tuminski Dr.R.: Endbericht Sperrmüll: Untersuchung zur optimierten stofflichen Verwertung von Sperrmüll - insbesondere Matratzen, Teppiche/Teppichböden und Kunststoffe – aus Haushaltungen unter Berücksichtigung der gemeinsamen Behandlung mit gewerblichen Sperrmüllanteilen.
- Heck / Bemmann (Hrsg.):** Praxishandbuch Stoffstrommanagement 2002/2003, Deutscher Wirtschaftsdienst, Köln, 2002.

- Hoffmann 2012:** Hoffmann: Abfalltechnische Erweiterung von Bioabfallbehandlungsanlagen für die Herstellung biobasierter Produkte.
- Homburg 2015:** Homburg, C. (2015). Marketingmanagement; Strategie- Instrumente- Umsetzung- Unternehmensführung, 5. Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler.
- IFEU 2011:** Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH – Ifeu: Maßnahmenplan zur Umsetzung einer vorbildhaften klimafreundlichen Abfallentsorgung im Land Berlin, Heidelberg, September 2012.
- IPCC 2007:** IPCC, Climate Change 2007: Synthesis Report, S. 36, 2007.
- ITAD. 2018:** Jahresbericht 2017, Berlin.
- Jung 2016:** S. 99 ff.
- Kallmünzer 2010:** Kallmünzer, B. Integrierte Klimaschutzkonzepte für Kommunen. Stärken-Schwächen-Analyse und Konzeptionierung eines idealen Leitprojektes (Bd. 36). Hamburg: Diplomica Verlag GmbH, 2010.
- Kayser 2014:** Katrin Kayser, Vortrag im Rahmen der 14. Biomasse-Tagung Rheinland-Pfalz, Aufbereitung und Verwertung von Gärresten aus Biogasanlagen, Birkenfeld, 20.11.2014.
- Ketelsen 2011:** Ketelsen Dr. Ing. K., Energieeffizienz und Klimarelevanz der MBA und BA Singhofen, Vortrag im Werksausschuss am 13.04.2011.
- Kranert 2008:** Kranert M., Abfalltage 2008, Ressourcenschutz durch Abfallwirtschaft, o.O., 2008.
- Kranert 2010:** Kranert M., Einführung in die Abfallwirtschaft, 4. Auflage, o.O., 2010.
- KrWG 2012:** Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen. I. d. F. vom 22.05.2013, BGBl. I S. 1324.
- Landwirtschaftskammer NRW 2014:** Nährstoffbericht NRW.
- Mangold 2017:** Mangold, J. (25. 10. 2017). Leitfaden Telefongespräch Klimaschutzaktivitäten im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der bonnorange. (C. Gordner, Interviewer).
- Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen 2016:** Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Abfallbilanz Nordrhein-Westfalen für Siedlungsabfälle 2015: S. 16, S. 43, S. 100ff..
- Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten 2016:** Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten (Hrsg.) 2016: Landesabfallbilanz Rheinland-Pfalz 2015: S. 4, S. 28, S. 33.

- Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz o.J.:** 20 Jahre Abfallbilanz RLP, Mainz, o.J.
- Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen 2015:** Abfallwirtschaftsplan Nordrhein-Westfalen: Teilplan Siedlungsabfälle.
- Ministerium für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung Rheinland-Pfalz 2013:** Abfallwirtschaftsplan Rheinland-Pfalz: Teilplan Siedlungsabfälle, S. 38.
- Petersen 2017:** Petersen, F: Aktuelle Entwicklungen im Kreislaufwirtschaftsrecht in der EU und auf Bundesebene, S. 11 ff.
- Rausen & Kern 2016:** Rausen & Kern Hrsg. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg: Optimale Aufbereitung von Gärresten aus der Bioabfallbehandlung; Verschiedene Herstellerangebote.
- Rausen 2012:** RAUSSEN, T; SPRICK, W.: Kosten- und Erlösstruktur integrierter Bioabfallvergärungs- und Kompostierungsanlagen.
- Riesop 2017:** Riesop, T. (05. 10. 2017). Leitfaden Telefongespräch Klimaschutzaktivitäten im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der RSAG. (C. Gordner, Interviewer).
- Schneider & Bockreis 2013:** Schneider, Bockreis: Produktion von Milchsäure durch die kaskadische Nutzung von Bioabfall.
- Seebohn 2011:** Seebohn, J. Gabler Kompaktlexikon Werbung; 1400 Begriffe nachschlagen, verstehen, anwenden, 4.Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2011.
- Sperrabfallanalyse Luxemburg 2015:**
- Sperrabfallanalysen der Universität Dresden 2006:** Universität Dresden 2006 in Daniela Becker 2013, Schlafender Riese, RECYCLING magazin 24.
- Statistisches Bundesamt 2015:** Abfallaufkommen Deutschland 2015.
- Statistisches Landesamt RLP 2017:** Öffentliche Klärschlamm Entsorgung 2016.
- Stengler 2018:** Stengler, E.: Das EU-Kreislaufwirtschaftspaket. Zwischen Visionen und Realitäten, S. 24 ff, 2018.
- Türk 2014:** Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe, S. 382.
- UBA 2015:** Ermittlung der Emissionssituation bei der Verwertung von Bioabfällen, Texte 39/2015, Dessau-Roßlau, Mai 2014.
- UBA 2016:** Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2016, Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2014, EU-Submission 15.01.2016.
- Umweltbundesamt o.J.:** UBA (Hrsg.) „Ökologische Verwertung von Bioabfällen“.
- Website Abfallwirtschaftsbetrieb Kreis Ahrweiler (AWB) 2018:**
<https://www.meinawb.de/page/156> .

Website Auto-Motor-und-Sport: <https://www.auto-motor-und-sport.de/news/mercedes-urban-etruck-elektroantrieb-fuer-lkw-11501254.html>, letzter Zugriff: 05.01.2018.

Website BMU 2017: <https://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/abfallbehandlung-abfalltechnik/muellverbrennung/>.

Website BMU: <https://www.bmu.de/pressemitteilung/phosphor-rueckgewinnung-aus-klaerschlamm/>, letzter Zugriff: 08.12.2018.

Website bonnorange: <http://www.bonnorange.de/>, letzter Zugriff: 27.12.2017.

Website Daimler a: <https://www.daimler.com/produkte/lkw/mercedes-benz/mercedes-benz-elektro-lkw.html>, letzter Zugriff: 27.12.2017.

Website Daimler b: <http://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko/Mercedes-Benz-Econic-NGT---Weltpremiere-Erdgasmotor-Mercedes-Benz-M-936-G-im-Spezialisten-fuer-Entsorgungs--und-Verteilerverkehr.xhtml?oid=9920259>, letzter Zugriff: 01.09.2017.

Website Erdgas Info: <https://www.erdgas.info/erdgas-mobil/erdgas-tankstellen/tankstellenfinder/>, letzter Zugriff: 08.01.2018.

Website Europäisches Parlament 2018: <http://www.europarl.europa.eu/news/de/press-room/20180411IPR01518/abfall-und-kreislaufwirtschaft-mehr-recycling-weniger-mull>.

Website Faun a: https://www.faun.com/fileadmin/prospekte/fuo_prospekt_ECO-Operation_4s_low.pdf, letzter Zugriff: 03.11.2017.

Website Faun b: <https://www.faun.com/produkte/ecopower/dualpower/>, letzter Zugriff: 17.01.2017.

Website Finanztip: <http://www.finanztip.de/dienstoffahrad/>, letzter Zugriff: 24.01.2018.

Website FNR: <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen/>, letzter Zugriff: 20.12.2017.

Website Handelsblatt: <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/auto-von-morgen/elektro-trucks-tesla-gegen-daimler/20592094-all.html>, letzter Zugriff: 05.01.2017.

Website Iveco: https://www.iveco.com/germany/neufahrzeuge/pages/iveco_natural_power.aspx, letzter Zugriff: 01.09.2017.

Website Kompost: https://www.kompost.de/uploads/media/P_Rueckgewinnungsverfahren_10_12.pdf, letzter Zugriff: 07.12.2018.

Website kva bonn: <http://kva-bonn.pageflow.io/swb-klaerschlammverwertung#177790>, letzter Zugriff: 25.01.2019.

Website Landkreis Ahrweiler: <https://www.meinawb.de/>, letzter Zugriff 13.11.2017.

Website Landkreis Neuwied: https://www.kreis-neuwied.de/kv_neuwied/Home/Landkreis/Allgemeines%20&%20Statistik/Statistik ,
letzter Zugriff: 30.06.2017.

Website Leibnitz Institut für Agrartechnik und Bioökonomie 2018: <https://www.atb-potsdam.de/institut/ueber-uns/forschungsinfrastruktur/pilotanlage-milchsaeure.html#CID1673>,
letzter Zugriff: 08.01.2019.

Website Müllhandbuch: <http://www.muellhandbuchdigital.de/download/lbw/pdf/3410.pdf>,
letzter Zugriff: 08.12.2018.

Website Prueck-bw: https://prueck-bw.de/cms/content/media/1.3.1_Thermochemischer_Aufschluss_von_Klaerschlammaschen.pdf, letzter Zugriff: 08.12.2018.

Website Rhein-Lahn-Kreis: <http://www.rhein-lahn-kreis-abfallwirtschaft.de/>, letzter Zugriff: 12.11.2017.

Website RSAG 2018: <https://www.rsag.de/service/gebuehren-preise/arbeitspreis/> .

Website RSAG: <https://www.rsag.de>, letzter Zugriff: 27.12.2017.

Website Statista: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/779/umfrage/durchschnittspreis-fuer-dieselmotoren-seit-dem-jahr-1950/>, letzter Zugriff: 06.01.2018.

Website UBA 2018: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/short/k2900.pdf>.

Website Umweltbundesamt 2016 a:
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltschutzgerechte-verwertung-nicht-etablierter>, letzter Zugriff: 05.2018.

Website Umweltbundesamt 2016 b: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/entsorgung/thermische-behandlung#textpart-1>, letzter Zugriff: 12.10.2018.

Website Umweltbundesamt 2018: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/eu-plastikstrategie-guter-ansatz-aber-zu-unkonkret>.

Website Umweltbundesamt a: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_98_2015_bewertung_konkreter_massnahmen_einer_weitergehenden_phosphorrueckgewinnung.pdf, letzter Zugriff: 07.12.2018.

Website Umweltbundesamt b: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_32_2015_kraftstoffeinsparung_bei_nutzfahrzeugen.pdf, letzter Zugriff: 21.09.2018.

Website Umwelt-Hessen: https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/media/hmuelv/9_impulsvortrag_pasch_.pdf, letzter Zugriff: 08.12.2018.

Website URBAN MINING® e.V 2016: Bericht in: <http://www.urban-mining-verein.de/index.php?id=135>.

Website vivis 2016:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwikkuXapIrcAhVDiSwKHaxaB7IQFjAAegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Fwww.vivis.de%2Fphocadownload%2FDownload%2F2016_spu%2F2016_SPU_57-80_Vodegel.pdf&usg=AOvVaw3qevOqn4vqAgwX-2pcB7Hh, letzter Zugriff: 07.07.2018.

Website vivis: http://www.vivis.de/phocadownload/Download/2011_wm/2011_WM_CD_44_Mocker.pdf,

letzter Zugriff: 08.12.2018.

Website vivis 2018:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiq_ZTlplrcAhXHWiwKHTrWCHIQFjAAegQIABAC&url=http%3A%2F%2Fwww.vivis.de%2Fphocadownload%2FDownload%2F2018_eaa%2F2018_EaA_121-132_Briese_Gatena.pdf&usg=AOvVaw1WDd77DTJ_4jZGUVs20PLC, letzter Zugriff: 07.07.2018.

Witzenhausen Institut 2009: Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH, Nutzung von Biomasse in Berlin: Endbericht – Kurzfassung.