

CO₂-Bilanzierung der Entsorgungs- und Wirtschaftsbetriebe der Stadt Landau in der Pfalz - EWL

Dr. Stefan Jergentz

März 2012

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	1
1. Einleitung.....	1
2. Aufbau der EWL.....	2
2.1 Kenndaten Landau.....	3
3. Methodik der Bilanzierung.....	5
3.1 Abfallwirtschaft und Straßenreinigung.....	5
3.2 Abwasserbeseitigung.....	6
3.3 Verwaltung.....	6
3.4 Bauhof.....	6
4. Bilanzierung der einzelnen Betriebszweige.....	7
4.1 Abfallentsorgung.....	7
4.1.1 Systemgrenzen.....	7
4.1.2 Abfallwirtschaftskonzept.....	8
4.1.3 Abfallsammelsystem.....	8
4.1.4 Bringsystem.....	9
4.1.5 Transport.....	10
4.1.6 Abfallmengen und Stofffluss IWM-2.....	10
4.1.7 Entsorgungswege.....	11
4.1.8 CO2-Bilanz des Abfallkonzeptes 2009.....	15
4.1.9 Vergleich der Bilanzierung.....	16
4.1.10 Entwicklung der CO2-Emissionen seit 1990.....	21
4.2 Abwasserbeseitigung.....	23
4.2.1 Systemgrenzen.....	23
4.2.2 Abwasser- und Klärschlammaufkommen.....	23
4.2.3 Energetische Verwertung des Klärschlammes in einem BHKW.....	24
4.2.4 Betriebsmittel.....	26

4.2.5 Transport Klärschlamm.....	26
4.2.6 Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft.....	26
4.2.7 Gesamtbewertung.....	27
4.3 Verwaltung.....	29
4.3.1 Gebäude.....	29
4.3.2 Fuhrpark.....	29
4.4 Bauhof.....	31
4.4.1 Abfuhrbetrieb.....	31
4.4.2 Fuhrpark Bauhof.....	35
4.4.3 Gebäude Bauhof.....	36
4.4.4 Bauhof gesamt.....	37
4.5 Gesamtbetrachtung der einzelnen Betriebszweige der EWL.....	38
5. Literatur.....	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Aufbau der EWL nach einzelnen Abteilungen.....	2
Abbildung 2. Aufgabenverteilung der EWL nach den einzelnen Betriebszweigen... 	3
Abbildung 3. Bevölkerungsentwicklung der Stadt Landau 1990 bis 2010.....	4
Abbildung 4. Kilogramm Hausmüll je Einwohner Landaus.....	4
Abbildung 5. Systemgrenzen der Abfallentsorgung nach dem Programm IWM-2... 	7
Abbildung 6. Abfallsammelsystem der Haushaltsabfälle mit Abfallmengen für 2009.....	8
Abbildung 7. Bringsystem der Haushalts- und Gewerbeabfälle mit Abfallmengen von 2009.....	9
Abbildung 8. Stoffstromdiagramm der Abfallmengen nach Verwertung, Recycling, Kompostierung und energetische Verwertung.....	11
Abbildung 9. Entsorgungsweg Recycling.....	12
Abbildung 10. Anteile der Entsorgungswege Deponierung, Müllverbrennung und Stoffrecycling am Abfallaufkommen 1990 bis 2010.....	13
Abbildung 11. Entsorgungsweg Kompostierung	13
Abbildung 12. Energetische Verwertung des Restmülls.....	14
Abbildung 13. CO2-Bilanz des Abfallwirtschaftskonzeptes EWL 2009 nach IWM-2.....	16
Abbildung 14. CO2-Bilanz des Abfallwirtschaftskonzeptes EWL 2009 nach IFEU/Öko-Institut.....	17
Abbildung 15. CO2-Emission der Abfallwirtschaft in Landau seit 1990.....	22
Abbildung 16. Systemgrenzen, Ökobilanzierung Klärwerk nach Remy et al. 2011.....	23
Abbildung 17. Abwasser- und Klärschlamm-mengen der Kläranlage Landau Mörlheim von 2000 bis 2010.....	24
Abbildung 18. Wärmebedarf in kWh/a der Kläranlage Landau Mörlheim und der Deckung durch Faulgas und Erdgas.....	25
Abbildung 19. Strombedarf in kWh/a der Kläranlage Landau Mörlheim und Anteile der Eigenproduktion und des Bezugs durch den Stromversorger	25
Abbildung 20. CO2-Bilanzierung der Kläranlage, der Bereiche Strombezug, Gasbezug, Fuhrpark, Transport und Betriebsmittel.....	27

<u>Abbildung 21. CO2-Bilanzierung der Gutschrift der Kläranlage, der Bereiche Strom, Wärme und Substitution von Mineraldünger</u>	<u>28</u>
<u>Abbildung 22. Netto-CO2-Bilanzierung der Kläranlage.....</u>	<u>28</u>
<u>Abbildung 23. Tonnen CO2-Äquivalente verursacht durch den Strom- und Gasverbrauch des Verwaltungsgebäudes der EWL.....</u>	<u>29</u>
<u>Abbildung 24. Tonnen CO2-Äquivalente verursacht durch den Fuhrpark der Verwaltung der EWL.....</u>	<u>30</u>
<u>Abbildung 25. Gramm CO2-Äquivalente pro gefahrenen Kilometer des Fuhrparks der EWL Verwaltung.....</u>	<u>30</u>
<u>Abbildung 26. Kraftstoffverbrauch Abfallsammlung.....</u>	<u>32</u>
<u>Abbildung 27. Tonnen CO2-Äquivalente der Abfallsammlung unterteilt in die einzelnen Abfallfraktionen.....</u>	<u>33</u>
<u>Abbildung 28. Kraftstoffverbrauch Abfalltransport zu Entsorgungseinrichtungen.....</u>	<u>34</u>
<u>Abbildung 29. Tonnen CO2-Äquivalente des Abfalltransports zu den einzelnen Entsorgungseinrichtungen.....</u>	<u>34</u>
<u>Abbildung 30. Tonnen CO2-Äquivalente verursacht durch den Fuhrpark des Bauhofes.....</u>	<u>36</u>
<u>Abbildung 31. Tonnen CO2-Äquivalente verursacht durch die Gebäude des Bauhofes.....</u>	<u>37</u>
<u>Abbildung 32. Tonnen CO2-Äquivalente verursacht durch den Fuhrpark und das Betriebsgelände des Bauhofes.....</u>	<u>37</u>
<u>Abbildung 33. Gesamtbetrachtung der CO2-Emission der einzelnen Betriebszweige der EWL.....</u>	<u>38</u>

Tabellenverzeichnis

<u>Tabelle 1. Berechnung der CO₂-Emission der Müllverbrennung im MKW nach spezifischen Treibhausgas-Emissionsfaktoren (THG-EF) aus IFEU, Öko-Institut 2010.....</u>	<u>18</u>
<u>Tabelle 2. Berechnung der CO₂-Emission der energetischen Verwertung von Altholz nach spezifischen Treibhausgas-Emissionsfaktoren (THG-EF) aus IFEU, Öko-Institut 2010.....</u>	<u>18</u>
<u>Tabelle 3. Berechnung der CO₂-Emission des Biomülls nach spezifischen Treibhausgas-Emissionsfaktoren (THG-EF) aus IFEU, Öko-Institut 2010.....</u>	<u>19</u>
<u>Tabelle 4. Berechnung der CO₂-Emission des Grünschnitts nach spezifischen Treibhausgas-Emissionsfaktoren (THG-EF) aus IFEU, Öko-Institut 2010, 1/3 des Grünschnitts wird thermisch Verwertet und 2/3 wird kompostiert.....</u>	<u>19</u>
<u>Tabelle 5. Berechnung der CO₂-Emission von Papier/Pappe/Karton nach spezifischen Treibhausgas-Emissionsfaktoren (THG-EF) aus IFEU, Öko-Institut 2010.....</u>	<u>20</u>
<u>Tabelle 6. Berechnung der CO₂-Emission der Leichtverpackungen nach spezifischen Treibhausgas-Emissionsfaktoren (THG-EF) aus IFEU, Öko-Institut 2010.....</u>	<u>20</u>
<u>Tabelle 7. Berechnung der CO₂-Emission von Glas nach spezifischen Treibhausgas-Emissionsfaktoren (THG-EF) aus IFEU, Öko-Institut 2010.....</u>	<u>20</u>
<u>Tabelle 8. Fahrzeuge zur Müllsammlung der EWL.....</u>	<u>31</u>
<u>Tabelle 9. Kraftstoffverbrauch in L/t für die einzelnen Abfallfraktionen der EWL 2010/2011 und der ASF (2005-2010).....</u>	<u>31</u>
<u>Tabelle 10. Transportentfernungen (einfache Fahrt) zu den Entsorgungseinrichtungen.....</u>	<u>33</u>
<u>Tabelle 11. Fuhrpark des Bauhofes.....</u>	<u>35</u>

1. Einleitung

Der Klimawandel stellt eine enorme Herausforderung für die Menschheit dar. Um die Auswirkungen des Treibhauseffektes zu begrenzen, ist eine Reduktion von klimarelevanten Emissionen notwendig. Die Reduktionsziele der Bundesregierung liegen bei einer Einsparung von 40% CO₂ bis 2020 im Vergleich zu 1990. Langfristig soll bis 2050 eine Verringerung des CO₂-Ausstoßes von 80% erreicht werden. Eine wesentliche gesellschaftliche Aufgabe wird es in den nächsten Jahrzehnten sein, CO₂-Einsparpotentiale aufzuzeigen und in Energieeffizienz und erneuerbare Energien zu investieren. Das Prinzip der Nachhaltigkeit gebietet es, sorgsam und sparsam mit Umweltressourcen umzugehen und Umweltauswirkungen so weit es geht zu vermeiden.

Die Entsorgungs- und Wirtschaftsbetriebe der Stadt Landau in die Pfalz (EWL) haben sich in ihrem Leitbild, ein nachhaltiges Wirtschaften, das sozial und ökologisch ist, zum Ziel gesetzt. Als eine Maßnahme auf dem Weg zu diesen Zielen, soll eine erste CO₂-Bilanz der Entsorgungs- und Wirtschaftsbetriebe aufgestellt werden, die regelmäßig fortgeschrieben werden soll. Die hier vorgelegte Studie zur CO₂-Bilanz der EWL ermittelt die CO₂-Emissionen der Betriebszweige Abfallentsorgung, Abwasserbeseitigung, Straßenreinigung, Bauhof und der Verwaltung.

In einem ersten Schritt werden die Daten gesammelt, die für eine CO₂-Bilanz relevant sind. Es wird nach einem Modell gesucht, das die Situation der EWL gut abbildet und für eine Berechnung der CO₂-Emission herangezogen werden kann. Die Bilanzierung wird dann für ein Referenzjahr vorgenommen, für das eine gute Datenlage vorhanden ist. Weiterhin werden historische Daten zurück bis zum Jahre 1990 recherchiert. Ausgehend von dem Referenzjahr wird eine rückwirkende Bilanzierung erarbeitet. In einer Gesamtbilanz werden die Zeitreihen betrachtet und Trends abgeleitet.

Die CO₂-Bilanz der EWL fügt sich in das Klimaschutzkonzept der Stadt Landau ein. Mit dem Beitritt zu der EU-Klimaschutzinitiative „Konvent der Bürgermeister“ hat sich die Stadt Landau eine Selbstverpflichtung zur Einsparung von 20% CO₂ bis zum Jahre 2020 auferlegt.

Die Abfallwirtschaft in Deutschland leistet heute schon einen bedeutenden Anteil an der Reduktion des Treibhausgases CO₂. Die Potentiale zur CO₂-Reduktion sind aber bei weitem noch nicht ausgeschöpft, wie die Szenarienrechnungen in mehreren Studien bis 2020 aufzeigen (IFEU, Öko Institut, BMU). Somit trägt die Abfallwirtschaft einen erheblichen Anteil an dem Erreichen der Klimaschutzziele der Bundesregierung, von 40% CO₂-Einsparung bis zum Jahre 2020 bei. In lokalen CO₂- und Energiebilanzen taucht der Sektor der Entsorgungs- und Kreislaufwirtschaft meistens im Industriesektor oder dem kommunalen Bereich auf. Daher ist die Leistungsfähigkeit in der CO₂-Einsparung nicht immer ersichtlich und Potentiale zur Optimierung werden kaum ausgeschöpft. Eine grundlegende CO₂-Bilanzierung von Entsorgungsbetrieben zeigt die vorhandenen Einsparungen auf und benennt die zukünftigen Potentiale durch nachhaltiges Wirtschaften.

In der Studie „20 Jahre Landesabfallbilanz Rheinland Pfalz“ kommt das Witzenhausen Institut auf eine Reduktion der CO₂-Emission der Abfallwirtschaft von Rheinland Pfalz von 2,5 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten, was in etwa einer Entlastung von 600 kg CO₂-Äquivalente pro Einwohner des Landes Rheinland Pfalz beträgt.

2. Aufbau der EWL

Die Entsorgungs- und Wirtschaftsbetriebe Landau (EWL) sind laut Satzung eine Einrichtung der Stadt Landau mit der Rechtsform einer Anstalt öffentlichen Rechts (AöR). Damit ist die EWL aus dem Eigenbetrieb der Entsorgungswerke Landau hervorgegangen. Die EWL gliedert sich in die Betriebszweige Abwasserbeseitigung, Abfallentsorgung, Straßenreinigung und den Bauhof. Als neuer Betriebszweig ist die Projektentwicklung Landesgartenschau 2014 hinzugekommen.



Abbildung 1. Aufbau der EWL nach einzelnen Abteilungen

Die EWL übernimmt kommunalen Aufgaben in den einzelnen Betriebszweigen. Die Stadt Landau überträgt der EWL die Pflicht zur öffentlichen Abwasserbeseitigung. Weiterhin betreibt die EWL die Kläranlage Landau-Mörlheim und die Pflanzenkläranlage im Taubensuhl. Die EWL berät die Einwohner Landaus zur Abfallvermeidung und entsorgt die im Stadtgebiet

anfallenden Abfälle. Des Weiteren werden die öffentlichen Straßen nach der Straßenreinigungssatzung der Stadt von der EWL gereinigt. Dem Betriebshof obliegen die Aufgabe des Straßenunterhalts, der Betrieb von Parkscheinautomaten, die Grünflächenpflege, Stadtreinigung und der Stadtteilservice.

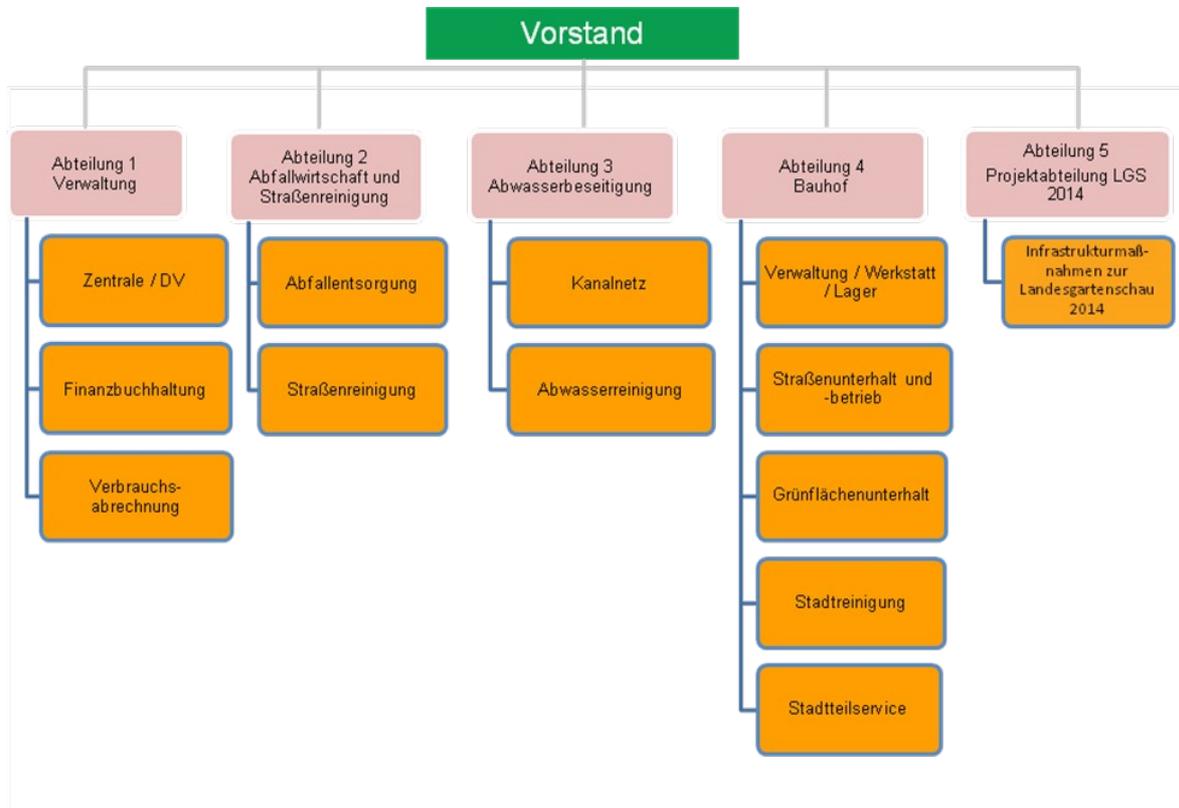


Abbildung 2. Aufgabenverteilung der EWL nach den einzelnen Betriebszweigen

2.1 Kenndaten Landau

Die kreisfreie Stadt Landau liegt im Süden des Landes Rheinland-Pfalz und ist die größte Stadt der Südpfalz mit ca. 43.000 Einwohnern. Die Bevölkerungszahlen stammen vom statistischen Landesamt Rheinland-Pfalz. Die Stromkennzeichen des bundesweiten Energiemix wurden vom Umweltbundesamt (UBA 2011) übernommen. Weiter Stromkennzeichen liegen vom lokalen Energieversorger, Energie Südwest vor. Eine kommunale CO₂-und Energiebilanzierung wurde vom Institut für Umweltwissenschaften der Universität Koblenz-Landau, Campus Landau im Rahmen des BMBF(Bundesministerium für Bildung und Forschung)-Wettbewerbs „Energieeffiziente Stadt“ durchgeführt. Zum Vergleich werden Werte aus dieser Studie herangezogen. Zahlen zur Verteilung der Kraftstoffarten Diesel und Benzin für PKWs, wurden beim Kraftfahrtbundesamt (2002 bis 2010) recherchiert. Verbrauchsdaten für Kraftstoffe stammen aus dem Umweltmanagement Bericht ASF GmbH, Freiburg 2009 und aus dem Programm GEMIS 4.5 (siehe 3. Methodik der Bilanzierung).

Die Abfallmengen des öffentlichen-rechtlichen Stoffstrommanagements wurden von der EWL zur Verfügung gestellt. Für Vergleichswerte wurden die Landesabfallbilanzen des Landes Rheinland-Pfalz herangezogen.

Die Einwohnerzahl in Landau stieg in den letzten 20 Jahren kontinuierlich von 37.300 auf 43.000 Personen an. Korrespondierend kann auch ein Ansteigen der Menge an Haushaltsabfall von 20.000 auf 25.000 kg verzeichnet werden (Abbildung 3). Abbildung 4 zeigt die Menge an Haushaltsmüll pro Einwohner an, die ebenfalls eine steigende Tendenz aufweist.

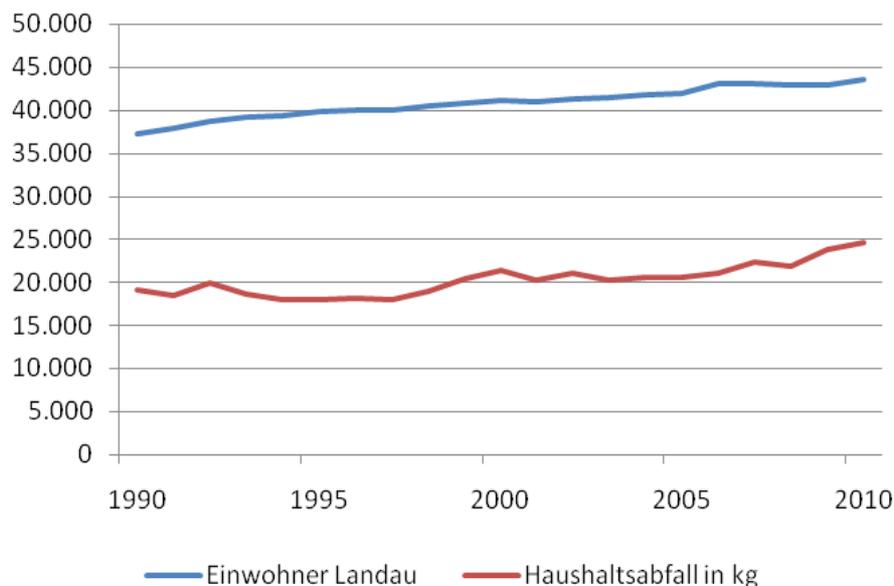


Abbildung 3. Bevölkerungsentwicklung der Stadt Landau 1990 bis 2010

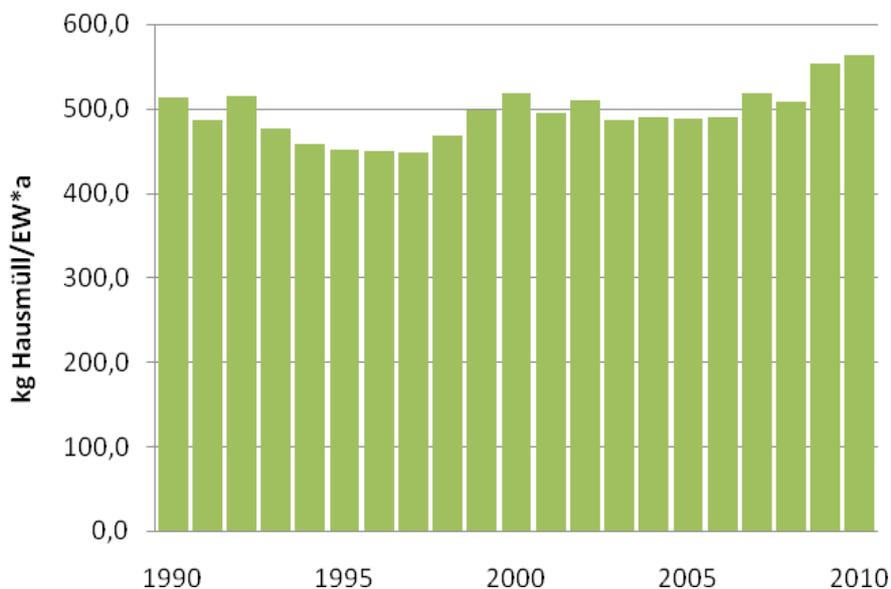


Abbildung 4. Kilogramm Hausmüll je Einwohner Landaus

3. Methodik der Bilanzierung

Die CO₂-Bilanzierung wurde nach der Methode der Ökobilanzierung erstellt. Die Ökobilanz versucht die gesamten Umweltauswirkungen eines Prozesses oder eines Produktes von „der Wiege bis zur Bahre“ zu betrachten. In einem vorher festgelegten Untersuchungsrahmen wird zuerst eine Sachbilanz erstellt, wo alle Ressourcen, Stoffe, Hilfsmittel und der Energieverbrauch von Prozessen in die Bilanz eingehen. Es werden der Input eines Prozesses und dessen Output bilanziert. In der darauf folgenden Wirkungsbilanz werden die Umweltauswirkungen der genutzten und frei werden Stoffe nach unterschiedlichen Wirkkategorien bewertet. Eine Umweltauswirkung ist dabei die CO₂-Emission, die der Kategorie Treibhauseffekt zugeordnet wird.

3.1 Abfallwirtschaft und Straßenreinigung

In der vorliegenden Studie wird grundlegend das Abfallentsorgungskonzept der Entsorgungs- und Wirtschaftsbetriebe der Stadt Landau mittels einer Ökobilanzierung untersucht. Hierfür wird das Programm IWM-2 (Integrated Waste Management 2) benutzt. Weiterhin wird eine Bilanzierung mit Daten des Programms GEMIS 4.5 (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme) durchgeführt. GEMIS 4.5 ist sowohl ein Programm um Prozesse in einer Ökobilanz zu berechnen, als auch eine Datenbank, in der Werte für Prozesse und Produkte hinterlegt sind. In einer historischen Betrachtung wird auch die Veränderung der Abfallentsorgung in der Stadt Landau rückwirkend bis zum Jahr 1990 bilanziert. Hier werden in den einzelnen Jahren unterschiedliche Abfallentsorgungsoptionen verglichen.

Die Ökobilanzierung in der Abfallwirtschaft betrachtet nur das Ende des Lebenszyklus eines Produkts, was auch als End of Life (EOL)-Phase bezeichnet wird.

Nach Klöpffer und Grahl (2009) werden in Ökobilanzen der Abfallentsorgung im wesentlichen zwei Fragestellungen behandelt:

1. Modellierung der Abfallentsorgung eines Produktes. Diese Methode wird in dieser Studie nicht angewandt.
2. Vergleich unterschiedlicher Abfallentsorgungsoptionen.

Über den Betrachtungszeitraum von 1990 bis 2010 hat sich das Abfallwirtschaftskonzept verändert. Mit den folgenden bedeutende Meilensteine und gesetzliche Regelungen:

1995 Einführung der Biotonne

1998 Einstieg in die Müllverbrennung

2005 Umsetzung der Technischen Anleitung Siedlungsabfall (TASi): Danach ist die Ablagerung unbehandelter biologisch abbaubarer sowie organikhaltiger Siedlungsabfälle auf Deponien nicht mehr zulässig. Nicht mehr verwertbare Restabfälle müssen thermisch oder mechanisch-biologisch behandelt werden, bevor sie deponiert werden.

3.2 Abwasserbeseitigung

Die CO₂-Bilanzierung der Abwasserbeseitigung wurde mit Daten von GEMIS berechnet. Für eine ganzheitliche Betrachtung wurde einzelne Prozesse in der Kläranlage Landau-Mörlheim zuerst getrennt betrachtet, wie der Energieaufwand zur Wärmebereitstellung und der Strombedarf. Dem gegenüber wurde die Eigenproduktion von Faulgas zur Energieerzeugung in den zwei BHKW (Blockheizkraftwerken) bilanziert und als Gutschrift dem Energieverbrauch abgezogen. Weiterhin wurde als Gutschrift die Substitution von Mineraldünger durch die Ausbringung von Faulschlamm kalkuliert. Als weitere energieverbrauchende Prozesse wurden der Transport des Faulschlammes und der Einsatz von Betriebsmitteln (als Flockungs- und Fällmittel) berechnet.

Folgende bauliche Veränderungen und Optimierungen wurden auf der Kläranlage vorgenommen. 1983 wurde die Kläranlage Landau-Mörlheim in Betrieb genommen. Im Jahre 1994 wurde die Belüftung zur Stickstoffentfernung umgerüstet und zur chemischen Fällung von Phosphaten wurde eine Fällmittelstation errichtet. Weiterhin wurde eine Zentrifugenstation zur Überschussschlammeindickung gebaut. 1996 kam eine Entwässerungszentrifuge zur Klärschlammmentwässerung hinzu. Weiter Optimierungen der Kläranlage waren im Jahr 2003 der Bau einer neuen Gebläsestation und 2004 eine neue Belüftungsregelung. Im gleichen Jahr wurde die Stickstoffentfernung über einen Prozeßwasserspeicher verbessert. Ein neues Leitsystem für die Kläranlage wurde 2007 eingebaut.

Die EWL betreibt auch eine Pflanzenkläranlage am Taubensuhl im Pfälzer Wald. Hier werden die Abwässer von zwei Gebäuden und des Restaurants geklärt. Wegen der geringen Größe wird die Pflanzenkläranlage nicht mit in die CO₂-Bilanzierung einbezogen.

3.3 Verwaltung

Der Strom- und Gasverbrauch des Verwaltungsgebäudes der EWL in der Friedrich-Ebert-Straße 5 wurde mit Daten des Programms GEMIS und den bundesweiten Stromkennzeichen bilanziert. Eine CO₂-Bilanzierung des Fuhrparks der EWL wurde über die Kraftstoffverbräuche der einzelnen PKWs vorgenommen.

3.4 Bauhof

Über den Bauhof wird die Abfuhr der Anfälle organisiert, sowohl die Abfallsammlung im innerstädtischen Bereich, als auch der Umschlag zur weiteren Entsorgung. Zur Straßenreinigung und zum Straßenunterhalt stehen weitere Fahrzeuge zur Verfügung. Somit unterhält und wartet der Bauhof einen Fuhrpark an unterschiedlichen Fahrzeugen. Die Kraftstoffverbräuche der Fahrzeuge liegen für das Jahr 2010 vor und können somit in die CO₂-Bilanzierung eingehen.

4. Bilanzierung der einzelnen Betriebszweige

4.1 Abfallentsorgung

4.1.1 Systemgrenzen

Zur Modellierung des Abfallwirtschaftskonzeptes der Entsorgungs- und Wirtschaftsbetriebe der Stadt Landau wurde die Software IWM-2 (Integrated Waste Management) benutzt. Die Software benötigt als Input für eine Ökobilanz die Menge der festen Abfälle, die in der Stadt Landau anfallen. Als Prozesse gehen die unterschiedlichen Verwertungsarten, Recycling, Kompostierung, Deponierung und energetische Nutzung in die Bilanzierung ein. Die Systemgrenzen sind in der folgenden Graphik dargestellt.

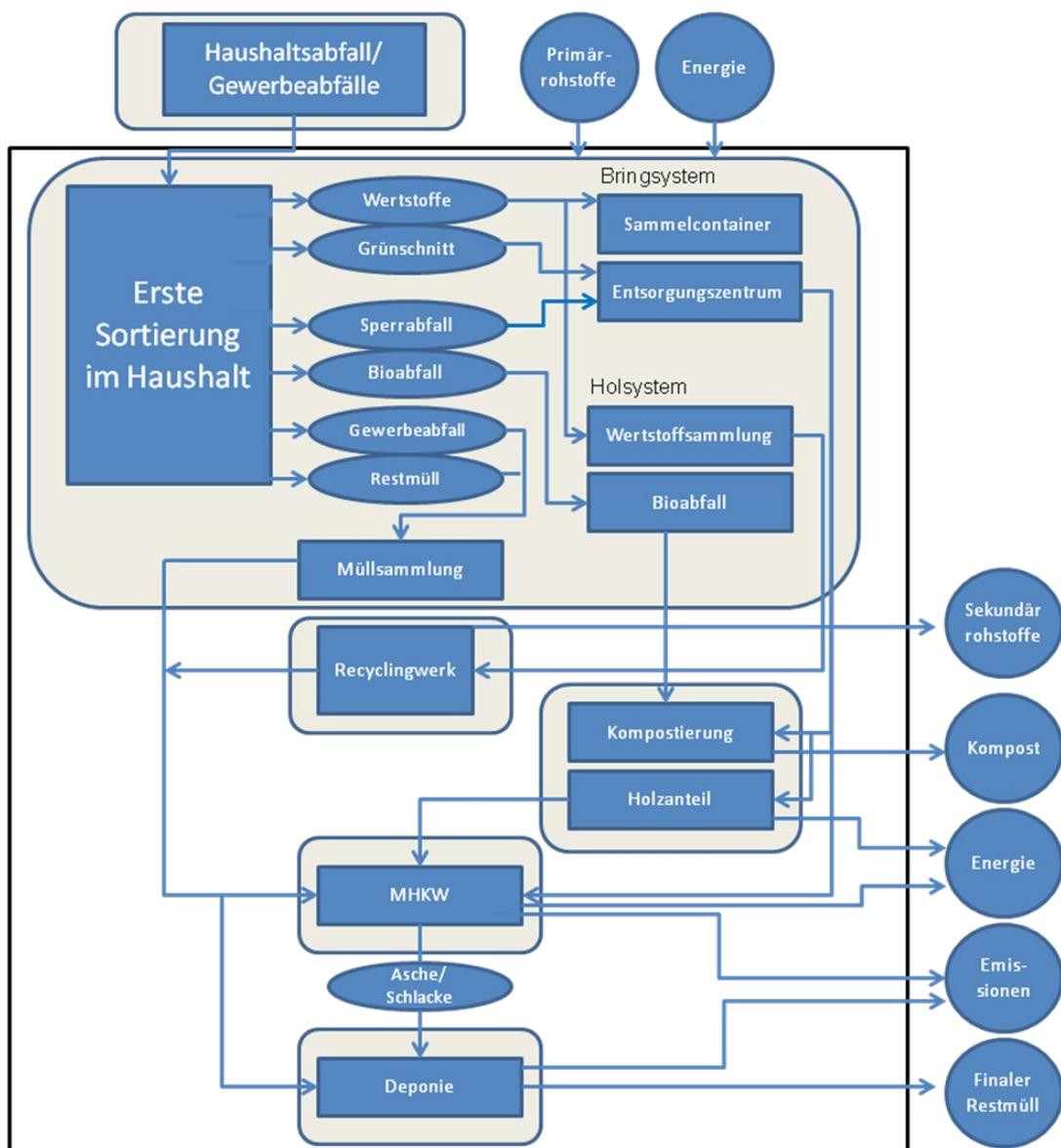


Abbildung 5. Systemgrenzen der Abfallentsorgung nach dem Programm IWM-2

4.1.2 Abfallwirtschaftskonzept

Die Organisation der Abfallwirtschaft ist im „Abfallwirtschaftskonzept für die Stadt Landau in der Pfalz 2009“ der Entsorgungs- und Wirtschaftsbetriebe in Landau (EWL) niedergelegt. Im folgendem wird das Abfallsystem der Stadt Landau auf das Programm IWM-2 übertragen und beispielhaft für das Jahr 2009, das Jahr des Abfallwirtschaftskonzeptes, modelliert. Die Daten stammen vom öffentlich-rechtlichen Stoffstrommanagement der Stadt Landau.

Als erster Schritt werden im IWM-2 die Systemgrenzen abgesteckt. Hier wird grundlegend die Einwohnerzahl des betrachteten Abfallwirtschaftskonzeptes angegeben und über die Anzahl der Personen der Haushalte, die Anzahl Haushalte ermittelt. Im weiteren Verlauf beziehen sich die Abfallmengen auf die Anzahl der Einwohner oder die Anzahl der Haushalte oder es wird eine Prozentuale Verteilung der unterschiedlichen Abfallsorten abgefragt.

An dieser Stelle wird auch die prozentuale Verteilung der PKWs nach den Kraftstoffarten Benzin und Diesel angegeben. Diese Daten wurden für die Jahre 2002 bis 2010 beim Kraftfahrtbundesamt recherchiert und für die Jahre 1990 bis 2001 hochgerechnet. Es handelt sich dabei um bundesweite Daten. Ein Vergleich von vorhandenen Daten für Landau 2008 ergab aber gute Übereinstimmungen, so dass mit den bundesweiten Daten weitergearbeitet wurde.

4.1.3 Abfallsammelsystem

In IWM-2 wird in ein Abfallsammelsystem und ein Abfallbringsystem unterschieden. Das Sammelsystem stellt die regelmäßige Müllabfuhr mit Mülltonnen als Sammelbehälter für den Haushaltsabfall dar. In Landau findet eine Mülltrennung der Haushaltsabfälle in einem Sacksystem statt. In Wertstoffsäcke wird Papier, Pappe und Karton (PPK), Glas und Leichtverpackungen (LVP: Kunststoffe, Metall als Dosen) getrennt gesammelt. Als Mülltonnen gibt es eine Restabfalltonne und eine Biotonne. In Abbildung 6 sind die Abfallfraktionen des Sammelsystems mit den angefallenen Mengen in Jahr 2009 dargestellt.

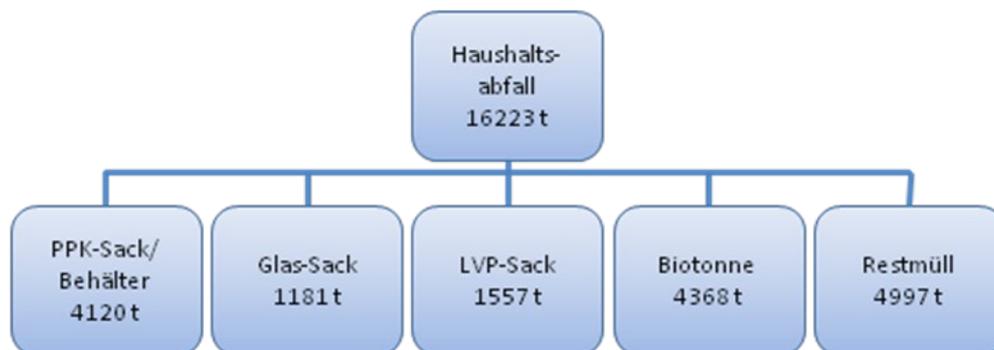


Abbildung 6. Abfallsammelsystem der Haushaltsabfälle mit Abfallmengen für 2009

Die Eingabe in IWM-2 erfolgt als Abfallmenge pro Einwohner und Jahr im Sammelsystem. Die Zusammensetzung der Abfallfraktionen wird prozentual für die Gesamtmenge angegeben.

4.1.4 Bringsystem

Als Bringsysteme gelten im IWM-2 Sammelcontainer in der Straße und die Anlieferung von Abfall an ein Entsorgungszentrum. Papier, Pappe und Karton wird in Landau zu einem Teil in Sammelcontainern gesammelt. Metall und Schrott, Grünschnitt und Sperrmüll werden zum Entsorgungszentrum transportiert und dort einer weiteren Verwertung zugeführt. Beim Sperrmüll wird die Holzfraktion noch mal gesondert abgetrennt und erfasst. Als Eingabe in IWM-2 wird die angelieferte Menge pro Haushalt und Jahr für einzelne Abfallfraktionen abgefragt. Grünschnitt und Metall können direkt eingegeben werden, die Sperrabfälle werden als Restmüll betrachtet und eine gesonderte Eingabe des Holzanteils ist nicht möglich.

Gewerbeabfälle werden ebenfalls über das Entsorgungszentrum gesammelt. In IWM-2 kann die gesamt Abfallmenge pro Jahr eingegeben werden. Danach gibt es die Möglichkeit die prozentuale Verteilung der einzelnen Abfallfraktionen zu bestimmen. Da hierzu aber keine Daten vorliegen, werden alle Abfallfraktionen mit dem gleichen Anteil bewertet. Hierdurch kann es zu geringen Verzerrungen der Gesamtabfallmengen kommen. Da der Gewerbeanteil weniger als 3% (695 t) der Gesamtabfallmenge ausmacht, kann von einem zu vernachlässigenden Effekt ausgegangen werden.

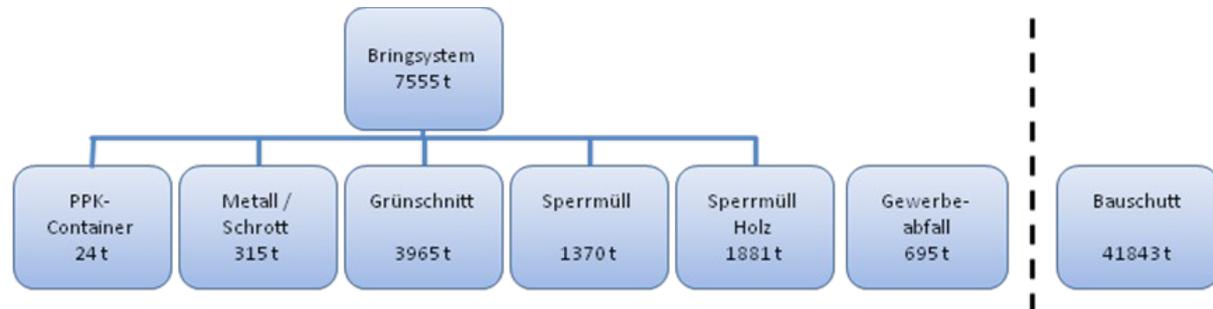


Abbildung 7. Bringsystem der Haushalts- und Gewerbeabfälle mit Abfallmengen von 2009

Der Bauschutt, der ebenfalls zum Entsorgungszentrum gebracht wird, wird in dieser Modellierung nicht betrachtet, da er nicht primär zu den Haushaltsabfällen gezählt wird und gesondert behandelt wird.

Als nächsten Schritt gibt es in IWM-2 die Möglichkeit verschiedene Sammelsysteme für eine Region zu definieren. Für Landau ist maßgeblich das Abfuhrsystem mit der Sammlung der Wertstoffsäcke und der Leerung der Mülltonnen. Ein geringer Teil wird über Container in der Straße gesammelt. Bei der Wertstoffsammlung wird noch die Menge der Fehlwürfe als Anteil der Verunreinigung in den Wertstoffsäcken abgefragt.

4.1.5 Transport

Als Energieaufwand für den Transport des Abfalls wird der Kraftstoffverbrauch der Müllfahrzeuge und beim Bringsystem der Weg und die Anzahl der Fahrten zum Entsorgungszentrum angegeben.

Über den Kraftstoffverbrauch der Sammelfahrzeuge liegen von der EWL Daten für das Jahr 2010 und 2011 vor. Auf diesen Daten konnten die Kraftstoffmengen für die Müllfraktionen Restmüll, Bioabfall und Papier errechnet werden. Diese Daten werden unter dem Kapitel 4.4 Bauhof ausgewertet. Zusätzlich wurden Daten der Abfallwirtschaft und Stadtreinigung Freiburg GmbH (ASF 2009) verwendet. In ihrem Umweltbericht wertet die ASF für die einzelnen Abfallfraktionen den Kraftstoffverbrauch pro Tonne für das Sammeln, den Umschlag und den Transport des Abfalls aus. Der Transport zur Deponie, MHKW, Kompostierung und zu Recyclinghöfen wurde mit Kraftstoffverbräuchen von LKW aus dem Programm GEMIS 4.5 berechnet. Eine detaillierte Auswertung erfolgt im Abschnitt 4.4 Bauhof.

Die private Anlieferung des Abfalls ans Entsorgungszentrum wird über die Verteilung der PKW in Landau nach Kraftstoffarten (Diesel und Benzin) für jedes Jahr ermittelt. Es wird davon ausgegangen, dass jeder Haushalt zweimal im Jahr seinen Abfall anliefert und dabei eine mittlere Entfernung von 4 km zurücklegt.

4.1.6 Abfallmengen und Stofffluss IWM-2

Abbildung 8 gibt eine Übersicht über den Stofffluss der Modellrechnung in IWM-2. Oben links sind als Eingabeparameter die Abfallmengen angezeigt. Danach erfolgt eine Aufteilung der Mengen nach den einzelnen Entsorgungswegen. Eine erste Sortierung nach Wertstoffen findet durch Sammelcontainer und im Entsorgungszentrum statt (Materials 245 t). Dann werden die Mengen dargestellt die in den Wertstoffsäcken gesammelt werden (Sorting). Beim sortieren der Wertstoffe fällt Restmüll an (136 t), der in die Müllverbrennung eingeht. Der organische Anteil an Bioabfall und Grünschnitt (Biological) wird der Kompostierung zugeführt und ca. 1/3 des Grünschnitts wird zur Energiegewinnung verbrannt (Biological-Incinerators). Der größte Teil der Abfallmenge wird der Müllverbrennung zugeführt. Hieran sind der Rest- und der Sperrmüll beteiligt. Der Restmüll wird hauptsächlich im MHKW Pirmasens energetisch genutzt. Der Holzanteil am Grünschnitt und am Sperrmüll wird in Holzöfen verfeuert. Ein geringer Anteil an Restmüll wird deponiert (Landfill).

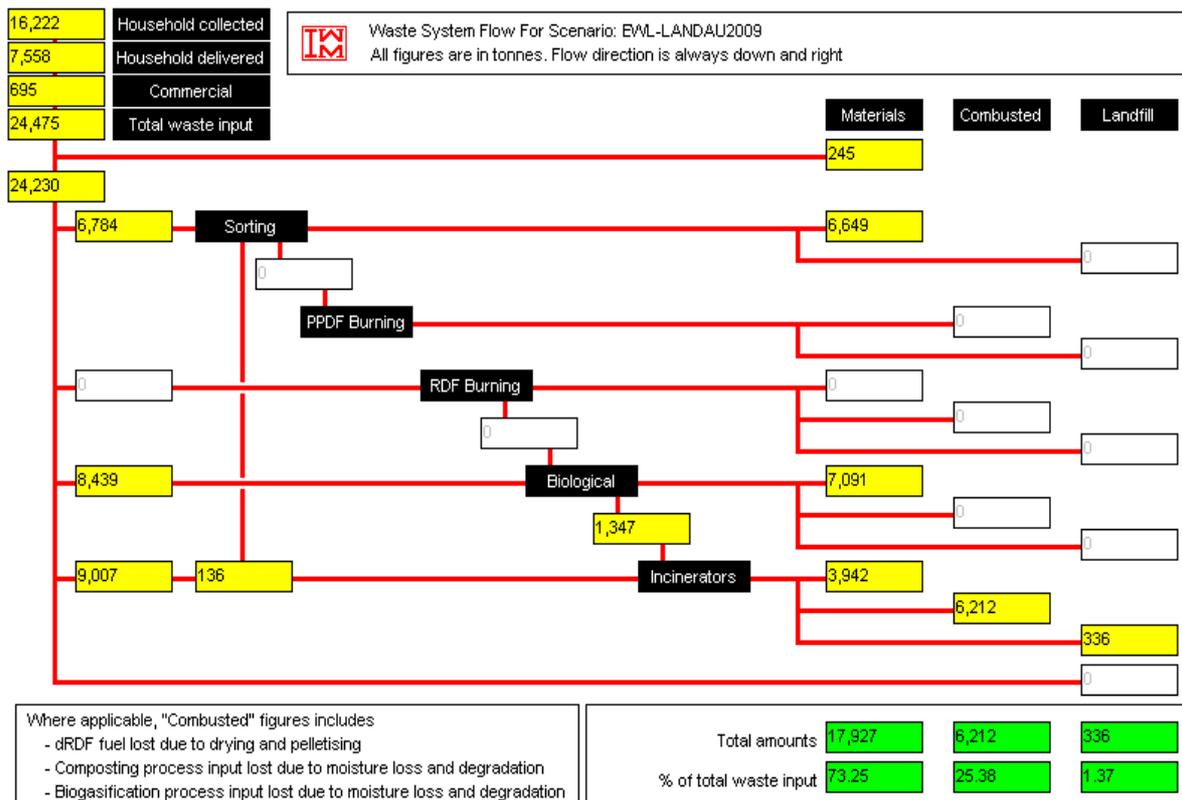


Abbildung 8. Stoffstromdiagramm der Abfallmengen nach Verwertung, Recycling, Kompostierung und energetische Verwertung.

4.1.7 Entsorgungswege

4.1.7.1 Recycling

Die Wertstoffe Glas und Leichtverpackung werden im Auftrag des dualen Systems durch private Entsorger gesammelt und weiter vermarktet. Die Mengen an Papier, Pappe und Karton werden über den Bauhof erfasst und an einen externen dritten Entsorger weitergegeben. Schrott und Metalle werden auch von einem externen Entsorger weiter vermarktet.

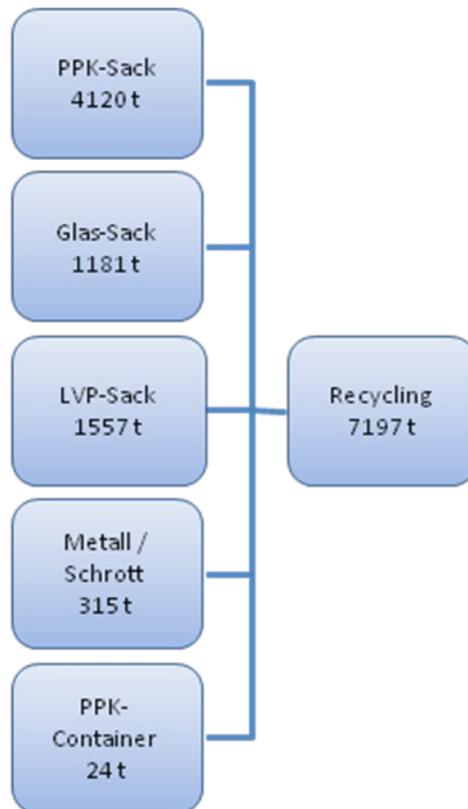


Abbildung 9. Entsorgungsweg Recycling

4.1.7.2 Recyclingquote

Aus dem Stoffstromdiagramm in Abbildung 8 kann auch die Recyclingquote abgelesen werden. Unter der Rubrik „Materials“ sind alle Stoffe aufgeführt, die nach dem Abfallwirtschaftskonzept dem Stoffkreislauf wieder zugeführt wurden und als Sekundärrohstoffe gelten. Es sind Wertstoffe, organischen Stoffe, die als Kompost weiterverwendet werden, als auch die Reststoffe aus der Müllverbrennung (Schlacke Metalle und Aschen) die einer weiteren Verwertung zugeführt werden. Ein nur geringer Anteil der Abfälle fällt für die Deponierung an. Als Recyclingquote für 2009 können somit 73,25% (% of total waste input) angenommen werden, als Stoffe, die eine Wiederverwertung erfahren. In Abbildung 10 werden die Recyclingquoten über den Zeitraum von 1990 bis 2010 dargestellt. Im Jahr 1990 liegt die Recyclingquote bei 20% und steigt bis 1998 auf über 50%. Dementsprechend geht die Quote der deponierten Abfälle zurück. Im Jahr 1998 kommt die energetische Verwertung der Restabfälle hinzu und die Recyclingquote steigt weiterhin auf über 75% in den Jahren 1999 bis 2003. Seit 2004 stabilisiert sich die Recyclingquoten bei um die 73%. Der Anteil der Müllverbrennung trägt zu einem gleichbleibenden Anteil von um die 25% bei. Seit der Müllverbrennung ist die Quote der deponierten Abfälle auf unter 2% gefallen.

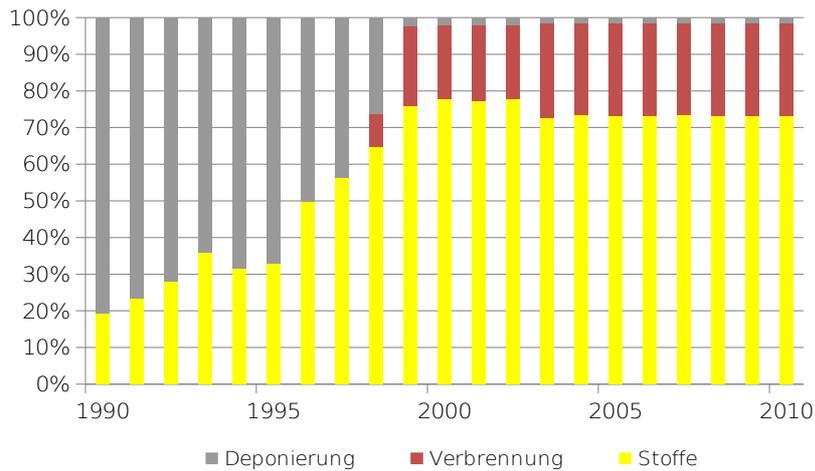


Abbildung 10. Anteile der Entsorgungswege Deponierung, Müllverbrennung und Stoffrecycling am Abfallaufkommen 1990 bis 2010

4.1.7.3 Kompostierung

Die Bioabfälle werden direkt an ein Kompostwerk geliefert und dort zu Kompost aufgearbeitet. Die Grünabfälle werden von einem externen Entsorgungsbetrieb abgeholt und zerkleinert. Etwa ein Drittel des Grünschnitts enthält holzige Anteile, die thermisch verwertet werden. Der Rest wird zu Kompost weiterverarbeitet.

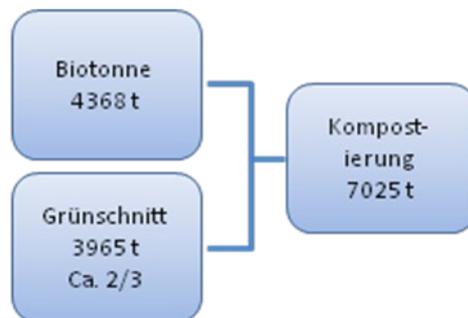


Abbildung 11. Entsorgungsweg Kompostierung

4.1.7.4 Energetische Verwertung

Die Haushaltsrestabfälle, die Sperrabfälle und die Gewerberestabfälle zur Beseitigung werden im Müllheizkraftwerk Pirmasens energetisch genutzt. Die bei der Verbrennung entstehende Wärme wird in dem Prozess der Kraft-Wärme-Kopplung zur Erzeugung von Strom und zur Bereitstellung von Fernwärme genutzt. In IWM-2 kann der Müllverbrennungsprozess durch den Heizwert des Abfalls und dem Wirkungsgrad des MHKW definiert werden. Der mittlere Heizwert des MHKW Pirmasens ist in der Siedlungsabfallbilanz 2009 des Landes Rheinland-Pfalz mit 10.290 kJ/kg angegeben. Durch die Kraft-Wärme-Kopplung haben moderne MHKWs einen Wirkungsgrad von 80-85%. Für die Modellierung wurde ein mittlerer Wirkungsgrad von 82,5% angenommen. Die Reststoffe aus der Müllverbrennung wie Flugasche und Schlacke werden weiter einer Verwertung zugeführt. Auch werden die Rückstände aus der Gasreinigung weitgehend weiterverwertet, so dass nur ein geringer Anteil der Reststoffe eine Deponierung zugeführt wird. Die erzeugten Strom und Wärmemengen werden als Gutschrift in der CO₂-Bilanzierung verrechnet, da durch den Einsatz von Abfall als Brennstoff, fossile Brennstoffe wie Kohle und Gas ersetzt werden. Das vom Sperrmüll getrennte Holz wird, wie der Holzanteil vom Grünschnitt, von einem externen Entsorger thermisch verwertet.

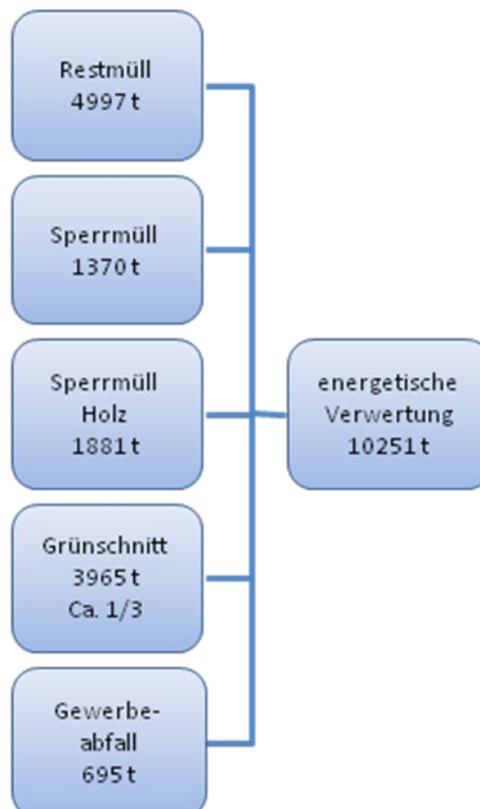


Abbildung 12. Energetische Verwertung des Restmülls

4.1.8 CO₂-Bilanz des Abfallkonzeptes 2009

Die CO₂-Emission wird in dem Programm IWM-2 für die unterschiedlichen Entsorgungswege, Recycling, Deponierung und Müllverbrennung bilanziert. Weiterhin werden die Emissionen der Müllsammlung und Sortierung und der Aufbereitung von Biomüll für die Kompostierung berechnet.

1. Ausschlaggebend für die Sammlung (einzelne Punkte in Abbildung 13) ist das Abfallsammel- und Bringsystem des Abfallkonzeptes. Als Eingangsparameter wird der gesamte Kraftstoffverbrauch für die Sammelfahrzeuge aufgenommen. Weiterhin werden die Fahrten der Einwohner zum Entsorgungszentrum berücksichtigt. Hier wird über die Anzahl der Fahrten und die Wegstrecke eine grobe Abschätzung getroffen.

2. Bei der Sortierung der Wertstoffe wurde ein durchschnittlicher Wert für den Energieaufwand von 25 kWh pro Tonne angenommen. Der Kraftstoffverbrauch für das Sammeln und den Transport der Wertstoffe wurde der Abfallsammlung zugeschlagen und taucht dementsprechend in dem vorhergehenden Punkt auf.

3. Beim Biomüll wird der Energieverbrauch durch die Aufbereitung durch die Kompostierung berücksichtigt. Nach verschiedenen Studien kann der Energieverbrauch variieren. Für eine deutsche Anlage wird ein Energieverbrauch von 20-50 kWh/Tonne angegeben. Es wurde in dem Programm nach Auskunft des Kompostwerkes ein Wert von 46,5 kWh/Tonne gewählt.

4. In die Müllverbrennung gehen die Verbrennung im MHKW Pirmasens und die Verbrennung von gesammeltem Holz aus der Sperrmüllfraktion ein. Da durch die energetische Verwertung der Abfälle Strom und Wärme erzeugt wird, weist der Prozess eine negative CO₂-Bilanz auf, d.h. dass CO₂ durch die Schonung von fossilen Brennstoffen eingespart wird. Die Größenordnung der CO₂-Einsparung wird durch den Brennwert des Restmülls (bzw. Holz) und durch den Wirkungsgrad der Anlage bestimmt.

5. Bei der Deponierung von Abfällen wird auf der Deponie durch Zersetzungsprozesse Deponiegas über Jahre hinweg frei. Deponiegas enthält CO₂ und Methan, also Treibhausgase. In dem Programm IWM-2 wird sich auf zahlreiche Studien bezogen und danach mit einer mittleren Deponiegasmenge von 250 Nm³ pro Tonne Restmüll gerechnet.

6. Im Recyclingprozess wird Energie durch die Wiederverwertung von Material eingespart. Die Materialien müssen nicht neu produziert werden, sondern werden im Sinne der Kreislaufwirtschaft als sekundäre Rohstoffe dem Produktionsprozess wieder zugeführt. Dadurch kommt es zu einer Einsparung von Energie und Rohstoffen, die sich in einer negativen CO₂-Bilanz, also einer Einsparung von CO₂ niederschlägt.

7. Als Letztes wird die gesamte CO₂-Emission der sechs Bereiche bilanziert. Im Jahre 2009 kann es nach dem Abfallwirtschaftskonzept der EWL zu einer

Einsparung von über 5000 Tonnen CO₂-Äquivalenten. Diese Einsparung geht vor allem auf die Bereiche Müllverbrennung und Rohstoffrecycling zurück.

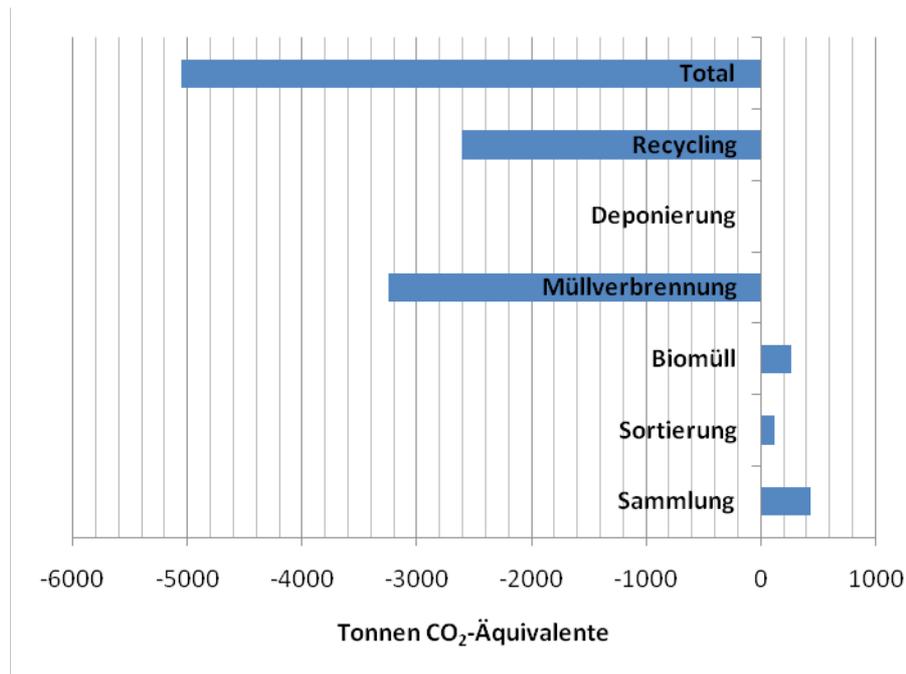


Abbildung 13. CO₂-Bilanz des Abfallwirtschaftskonzeptes EWL 2009 nach IWM-2

4.1.9 Vergleich der Bilanzierung

Um die Plausibilität der Berechnungen des Programms IWM-2 zu testen, wurde die Studie „Klimaschutzpotentiale der Abfallwirtschaft am Beispiel von Siedlungsabfällen und Altholz“ (IFEU, Öko-Institut 2010) zur CO₂-Bilanzierung herangezogen und Berechnungen mit den Abfallmengen der EWL und in der Studie vorgegebenen CO₂-Emissionsfaktoren durchgeführt. Die Aufteilung der einzelnen Bereiche wurde wie bei dem Programm IWM-2 vorgenommen. Bei der Sammlung des Abfalls wurden bei der IFEU/Öko-Institut-Studie geringere Werte errechnet (380 Tonnen CO₂-Äquivalente gegenüber 431 CO₂-Äquivalente bei IWM-2). Hier könnte ausschlaggebend sein, dass eine unterschiedliche Betrachtung von Hol- und Bringsystemen vorliegt, was allerdings in der Studie nicht zu klären ist. In der IFEU/Öko-Institut-Studie ist die Sortierung der Abfälle nicht als einzelner Schritt definiert und wird unter dem Punkt Recycling bei der jeweiligen Abfallfraktion mit bilanziert. Daher müsste die CO₂-Reduktion, die mit der IFEU/Öko-Institut-Studie für den Bereich Recycling bilanziert wurde geringer ausfallen. Für den Biomüll errechnet IWM-2 eine CO₂-Emission von 266 Tonnen CO₂-Äquivalenten gegenüber der IFEU/Öko-Institut-Studie mit 225 Tonnen. Bei der Müllverbrennung kann in der IFEU/Öko-Institut-Studie zwischen der Fraktionen Restmüllverbrennung im MKW und der thermischen Altholzverwertung unterschieden werden. Insgesamt wird für die Müllverbrennung bei der IFEU/Öko-Institut-Studie eine CO₂-Einsparung von 2717 Tonnen CO₂-Äquivalenten errechnet. IWM-2 bilanziert einen höheren Wert mit 3249 Tonnen CO₂-Äquivalenten-Einsparung. Umgekehrt sieht es beim Recycling aus, wo die IFEU/Öko-Institut-Studie eine höhere CO₂-Einsparung mit 3563 Tonnen CO₂-

Äquivalenten errechnet gegenüber der Modellierung in IWM-2 mit 2605 Tonnen CO₂-Einsparung.

Insgesamt würde nach der Berechnung der IFEU/Öko-Institut-Studie eine höhere CO₂-Einsparung mit 5676 Tonnen CO₂-Äquivalenten erreicht werden. Die Bilanzierung mit IWM-2 kommt auf eine CO₂-Einsparung von 5045 Tonnen CO₂-Äquivalenten. Somit liegt der Unterschied von beiden Bilanzierungswegen bei 9,5%, was bedeutet, dass mit einer Ungenauigkeit von ca. 10% zu rechnen ist. Die Bilanzierung zurück bis zum Jahr 1990 wurde mit dem Programm IWM-2 erstellt, da die Szenarien dort dynamischer angelegt werden können. Bei den Ergebnissen muss allerdings bedacht werden, dass eine Abweichung von bis zu 10% möglich ist.

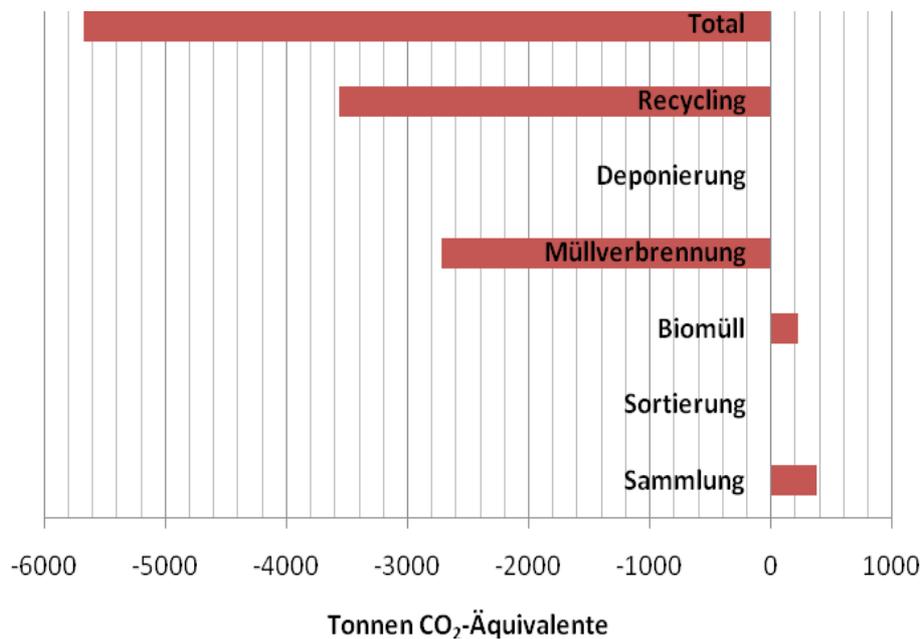


Abbildung 14. CO₂-Bilanz des Abfallwirtschaftskonzeptes EWL 2009 nach IFEU/Öko-Institut

Die folgenden Tabellen geben die Berechnungen nach der IFEU/Öko-Institut-Studie (2010) „Klimaschutzpotentiale der Abfallwirtschaft am Beispiel von Siedlungsabfällen und Altholz“ wieder. Die Aufteilung wurde wie bei den Bilanzierungsbereichen nach IWM-2 gewählt. Für die Kategorie „Sammlung“ in Abbildung 14 wurden in den folgenden Tabellen die Werte für den Transport zusammengefasst. Der Biomüll setzt sich aus den CO₂-Emissionen der Bereiche „Betrieb“, „Kompost“ und „MVA“ der Tabellen 3 und 4, Bioabfall und Grünschnitt zusammen. Bei der Müllverbrennung gehen alle Werte (bis auf den Transport) der Tabelle 1 MHKW ein, sowie die thermische Verwertung von Altholz (Tabelle 2). Die Kategorie „Recycling“ errechnet sich aus den Werten aus den Tabellen 5 PPK, Tabelle 6 LVP und Tabelle 7 Glas.

4.1.9.1 Müllverbrennung

In die energetische Verwertung der Abfälle geht die Müllverbrennung im MHKW, die energetische Verwertung des Altholzes und Holz aus der Grünschnittfraktion (Anteil am Grünschnitt ist 1/3).

Tabelle 1. Berechnung der CO₂-Emission der Müllverbrennung im MHKW nach spezifischen Treibhausgas-Emissionsfaktoren (THG-EF) aus IFEU, Öko-Institut 2010

MHKW	Input	kg CO ₂ -Äq/t	t CO ₂ -Äq
Transport	6953	9,5	66,1
Betrieb	6953	361,5	2513,5
Metalle	6953	-18,9	-131,4
Strom	6953	-226,5	-1574,9
Wärme	6953	-255,8	-1778,6
Gesamt		-130,2	-905,3

Tabelle 2. Berechnung der CO₂-Emission der energetischen Verwertung von Altholz nach spezifischen Treibhausgas-Emissionsfaktoren (THG-EF) aus IFEU, Öko-Institut 2010

Altholz	Input	kg CO ₂ -Äq/t	t CO ₂ -Äq
Transport	1805	6,9	12,5
Stofflich	1805	-3,7	-6,7
Betr. Verbrennung	1805	41,6	75,1
Strom	1805	-504,9	-911,3
Wärme	1805	-190	-343,0
Holz-GTS	1805	-292,3	-527,6
Gesamt		-942,4	-1701,0

Die energetische Verwertung von Restmüll und Altholz stellt eine CO₂-Einsparung nach der IFEU/Öko-Institut-Studie von 2717 Tonnen CO₂-Äquivalenten dar (Abbildung 14).

4.1.9.2 Biomüll/Grünschnitt

Beim Biomüll und Grünschnitt ist die Kompostherstellung maßgeblich und stellt ein CO₂-Einsparpotential dar. Beim Grünschnitt wird 2/3 des Materials zur Kompostherstellung genutzt. Das restliche Drittel stellt die Holzfraktion dar, die thermisch verwertet wird.

Tabelle 3. Berechnung der CO₂-Emission des Biomülls nach spezifischen Treibhausgas-Emissionsfaktoren (THG-EF) aus IFEU, Öko-Institut 2010

Bioabfall	Input	kg CO ₂ -Äq/t	t CO ₂ -Äq
Transport	4368	3,7	16,2
Betrieb	4368	71,9	314,1
Strom und Wärme	0	0	0,0
Kompost	4368	-52,4	-228,9
MVA	218,4	-6	-1,3
Gesamt		17,2	100,0

Tabelle 4. Berechnung der CO₂-Emission des Grünschnitts nach spezifischen Treibhausgas-Emissionsfaktoren (THG-EF) aus IFEU, Öko-Institut 2010, 1/3 des Grünschnitts wird thermisch Verwertet und 2/3 wird kompostiert.

Grünschnitt	Input	kg CO ₂ -Äq/t	t CO ₂ -Äq
Transport	3965	3,7	14,7
Betrieb	3965	71,9	285,1
Strom und Wärme	1308,5	-24,3	-31,8
Kompost	2656,6	-52,4	-139,2
MVA	198,25	-28,7	-5,7
Gesamt		-29,8	123,1

Die Fraktion des Biomülls hat einen Anteil von 225 Tonnen CO₂-Äquivalenten (Abbildung 14) nach der IFEU/Öko-Institut-Studie.

4.1.9.3 Recycling/Wertstoffe

Bei dem Wertstoff Papier/Pappe/Karton wird davon ausgegangen, dass 90% des Materials recycelt wird. Die IFEU/Öko-Institut-Studie geht bei der Herstellung von neuem Papier davon aus, dass 57% Altpapier und 43% neuer Holzstoff eingesetzt werden. Für das Holz wurde daher zusätzlich der Transport (TSP Holz) und der Aufwand für die Papierherstellung bilanziert. Das Holz, das durch das Recycling eingespart wurde, steht einer energetischen Nutzung zu Verfügung (Strom und Wärme Holz). Das Modell geht davon aus, dass der Nutzungsdruck beim Holz sehr hoch ist und das Holz, das durch die Einsparung zur Verfügung steht, fossile Energieträger ersetzt.

Tabelle 5. Berechnung der CO₂-Emission von Papier/Pappe/Karton nach spezifischen Treibhausgas-Emissionsfaktoren (THG-EF) aus IFEU, Öko-Institut 2010

PPK	Input	kg CO ₂ -Äq/t	t CO ₂ -Äq
Transport	4120	33,8	139,3
Papierrecycling	3708	-706,6	-2620,1
MVA	206	-3,4	-0,7
TSP Holz	1771,6	41,9	74,2
Aufwand Holz	1771,6	107,4	190,3
Strom Holz	1771,6	-50,6	-89,6
Wärme Holz	1771,6	-156,2	-276,7
Gesamt		-733,7	-2583,4

Tabelle 6. Berechnung der CO₂-Emission der Leichtverpackungen nach spezifischen Treibhausgas-Emissionsfaktoren (THG-EF) aus IFEU, Öko-Institut 2010

LVP	Input	kg CO ₂ -Äq/t	t CO ₂ -Äq
Transport	1557	47,8	74,4
Betrieb	1557	56,1	87,3
Stofflich	1557	-345,5	-537,9
Energetisch	1557	-207,7	-323,4
MVA	155,7	6	0,9
Gesamt		-443,3	-698,6

In der IFEU/Öko-Institut-Studie steht keine detailliertere Aufschlüsselung der Bilanzierung für Glas zur Verfügung. Für den Transport wurden 10% der Gesamtemission angenommen und dem Bereich Sammlung zugeschlagen.

Tabelle 7. Berechnung der CO₂-Emission von Glas nach spezifischen Treibhausgas-Emissionsfaktoren (THG-EF) aus IFEU, Öko-Institut 2010

Glas	Input	kg CO ₂ -Äq/t	t CO ₂ -Äq
	1181	-465	-549,2

Durch das Recycling von PPK, LVP und Glas kommt es zu einer CO₂-Einsparung von 3563 Tonnen CO₂-Äquivalenten nach der IFEU/Öko-Institut-Studie (Abbildung 14).

Die Bilanzierung der Abfallwirtschaft in Rheinland-Pfalz „20 Jahre Abfallwirtschaft Rheinland-Pfalz“ nutzt die spezifischen Treibhausgas-Emissionsfaktoren (THG-EF), die sich maßgeblich aus den Studien „Statusbericht zum Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz und mögliche Potentiale“ (IFEU, Öko-Institut 2005) und „Klimaschutzpotentiale der Abfallwirtschaft am Beispiel von Siedlungsabfällen und Altholz“ (IFEU, Öko-Institut 2010) ergeben. Die

Emissionsfaktoren werden hier allerdings als Summenparameter verwendet und nicht mehr weiter aufgeteilt.

4.1.10 Entwicklung der CO₂-Emissionen seit 1990

Nach der Erstellung des Referenzszenarios für das Jahr 2009 in IWM-2 und einer Plausibilitätsprüfung mit einem weiteren Bilanzierungsverfahren, wurde für jedes Jahr seit 1990 bis 2010 ein Szenario in IWM-2 aufgestellt. Hierzu wurden die Daten des öffentlich-rechtlichen Stoffstrommanagements der Stadt Landau verwendet. In einer Zeitreihe können nun so die Veränderungen im den Entsorgungskonzepten der EWL im Verlauf dargestellt werden.

Bei der Abfallsammlung (Abbildung 15) ist ein kontinuierlicher Anstieg der CO₂-Emissionen von 336 Tonnen (1990) bis 426 Tonnen (2010) zu verzeichnen. Das repräsentiert die gestiegenen Abfallmengen. Allerdings gingen in dem Zeitraum auch durch technischen Fortschritt die Kraftstoffverbräuche der Fahrzeuge zurück. Eine detaillierte Betrachtung des Transports und der Sammlung der Abfälle wird unter Kapitel 4.4.1 Abfuhrbetrieb gegeben.

Der ebenso kontinuierliche Anstieg der Emissionen bei der Sortierung von 33 Tonnen CO₂-Äquivalenten (1990) auf 112 Tonnen (2010) geht auf die kontinuierliche Zunahme der Wertstoffe am Gesamtmüllaufkommen zurück. Die Recyclingquote steigt beständig über die Jahre (Abbildung 10). Die Biotonne wurde 1995 eingeführt (vorher wurde Grünschnitt gesammelt) und seit dem nimmt auch die Menge an organischem Abfall kontinuierlich zu, was sich in der steigenden CO₂-Emission niederschlägt, von 74 Tonnen CO₂-Äquivalenten (1990) auf 279 Tonnen (2010). Seit 1998 wird der Restmüll im MHKW Pirmasens energetisch verwertet und nicht mehr deponiert. Bei der Deponierung ist ein Rückgang der CO₂-Emission seit 1990 zu verzeichnen, was mit sinkenden Restabfallmengen zusammenhängt. Im gleichen Zeitraum steigt die Recyclingquote und die Menge der sekundären Rohstoffe wächst. Im Jahr 1999 wird die gesamte Restabfallmenge energetische verwertet, was zu einer immensen Reduktion der CO₂-Emission führt. Die Deponierung ist 1990 für CO₂-Emission von 2463 Tonnen verantwortlich. Bis 1999 sinken die Emissionen auf unter 200 Tonnen CO₂-Äquivalenten. Die Müllverbrennung führt 1999 zu einer Reduktion der CO₂-Emission von 4600 Tonnen. Seit dem geht diese Einsparung aber wieder leicht zurück, hervorgerufen durch sinkende Restabfallmengen. Durch die weiter steigenden Recyclingquoten, kommt es kontinuierlich zu zusätzlichen CO₂-Einsparungen. Die Gesamtbilanz errechnet 1990 eine Emission von 2850 Tonnen CO₂-Äquivalenten. Bis 1997 geht die Gesamtemission auf fast null zurück, durch steigende Recyclingquoten und sinkenden Mengen an Restmüll, die deponiert werden. Seit 1998 kommt es zu einer CO₂-Einsparung, durch die energetische Verwertung der Restmüllmengen und die steigenden Recyclingquoten. Seit 1999 stabilisieren sich die CO₂-Einsparungen und bewegen sich auf einem Niveau um die 5000 Tonnen CO₂-Äquivalenten (Abbildung 15).

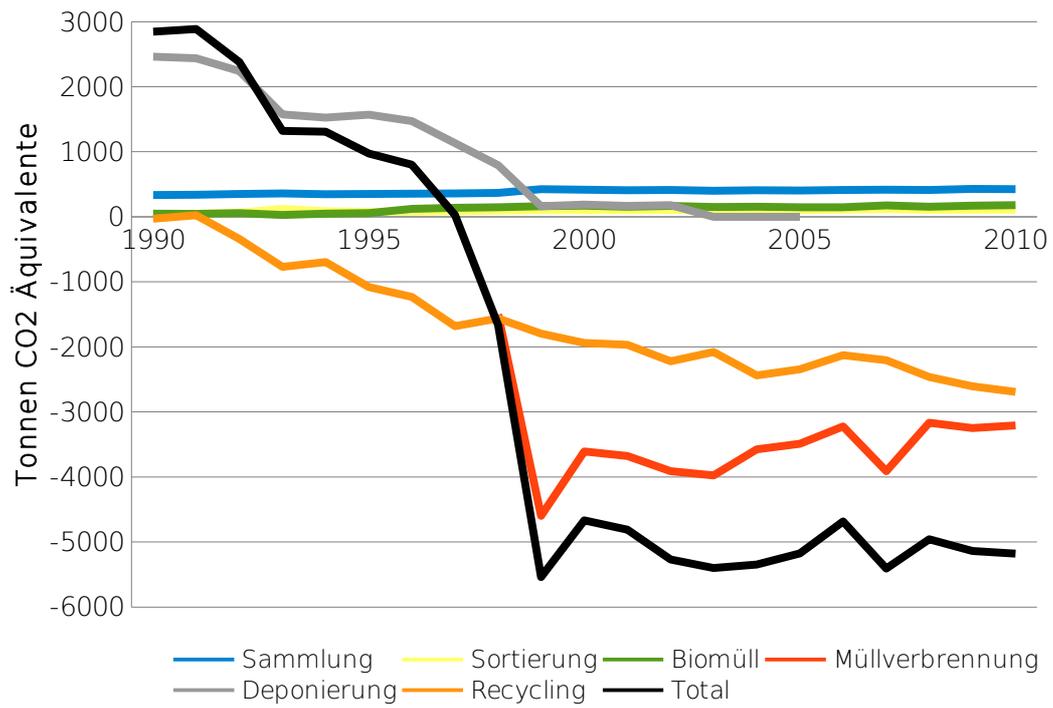


Abbildung 15. CO₂-Emission der Abfallwirtschaft in Landau seit 1990

4.2 Abwasserbeseitigung

Die Kläranlage in Landau Mörlheim nimmt nicht nur die Abwässer von Landau, sondern auch von benachbarten Gemeinden auf. Zusätzlich werden die Abwässer von Industrie- und Gewerbebetrieben geklärt. Somit kommt die Kläranlage insgesamt auf ein Volumen von 90.000 Einwohnergleichwerten. Die Pflanzenkläranlage im Taubensuhl wird in diesem Rahmen nicht bilanziert. Die Bilanzierungsgrenzen der Kläranlage werden in Abbildung 16 schematisch aufgezeigt.

4.2.1 Systemgrenzen

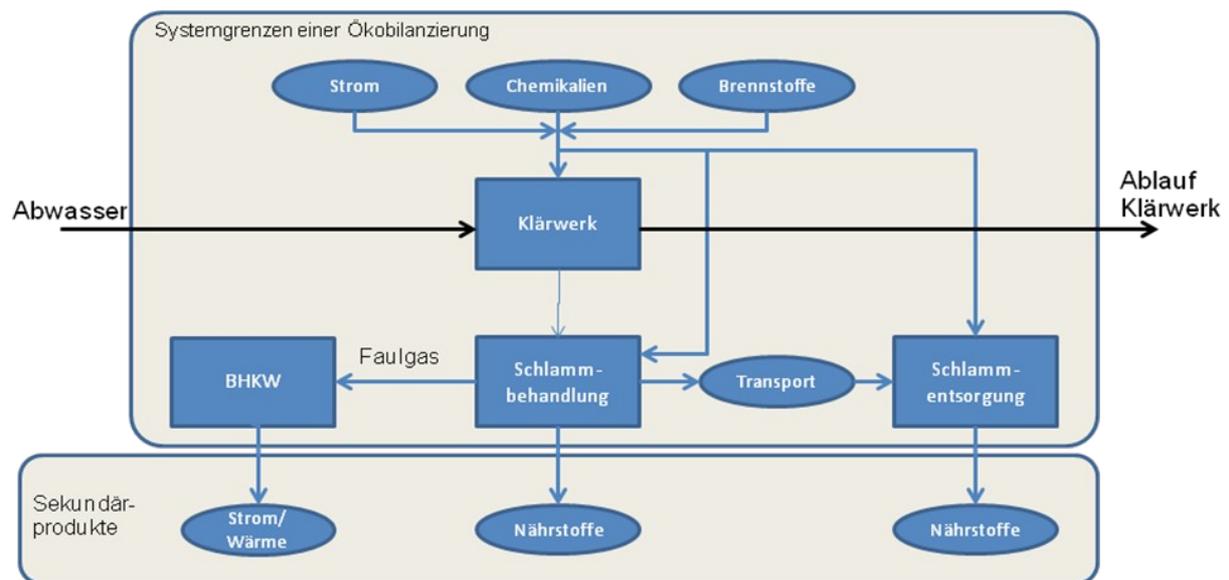


Abbildung 16. Systemgrenzen, Ökobilanzierung Klärwerk nach Remy et al. 2011

4.2.2 Abwasser- und Klärschlammaufkommen

Seit dem Jahr 2001 ist ein Rückgang der Abwassermengen von 9.000.000 m³/a auf um die 6.000.000 m³/a zu verzeichnen. Die Klärschlammengen sind in dem gleichen Zeitraum allerdings einigermaßen konstant bei um die 4.000 Tonnen/a geblieben (Abbildung 17).

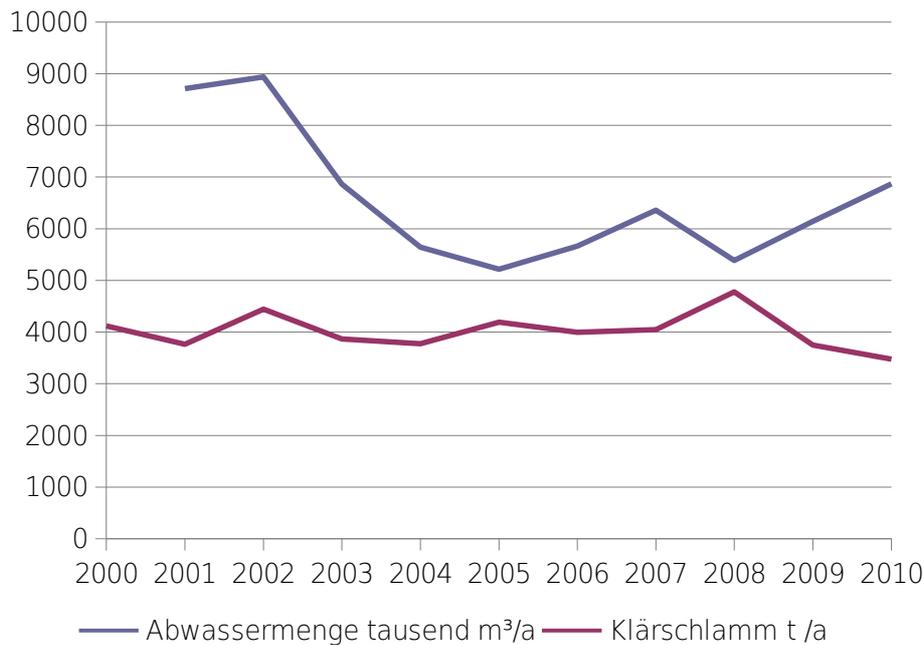


Abbildung 17. Abwasser- und Klärschlamm-mengen der Kläranlage Landau Mörlheim von 2000 bis 2010

4.2.3 Energetische Verwertung des Klärschlammes in einem BHKW

Der Klärschlamm wird in zwei Faultürmen zur Faulgaserzeugung genutzt. Mit dem Faulgas werden zwei Motoren angetrieben, die Strom und Wärme (Kraft-Wärme-Kopplung, KWK) erzeugen. Weiterhin wird mit dem Faulgas eine Heizung betrieben, die zusammen mit dem BHKW die Wärme für die Faulung liefert. Strom und Wärme werden direkt auf der Kläranlage verbraucht. Allerdings reicht die Eigenerzeugung nicht zur Deckung des Energiebedarfs der Kläranlage aus und es wird zusätzlich Gas und Strom von Außen bezogen.

4.2.3.1 Wärmebedarf

In Abbildung 18 wird der Wärmebedarf und dessen Deckung durch selbst erzeugtes Faulgas und von außen bezogenes Erdgas der Kläranlage Landau Mörlheim seit 2000 dargestellt. Das Faulgas wird zur Wärmeerzeugung in zwei BHKWs und der Heizung für die Faulung eingesetzt. Für die gelieferten Erdgasmengen von Energieversorger lagen Daten vor. Die Faulgasmengen wurden über die Wärmeerzeugung in der Heizung und den zwei BHKWs errechnet. Im Mittel kann der Wärmebedarf der Kläranlage zu 76% durch die Eigenerzeugung von Faulgas abgedeckt werden. Dieser Anteil schwankt über die Jahre von 64% im Jahr 2005 bis auf 91% im Jahr 2010. Der Wärmebedarf schwankt im Mittel über Jahre um die 2,7 GWh/a (Abbildung 18).

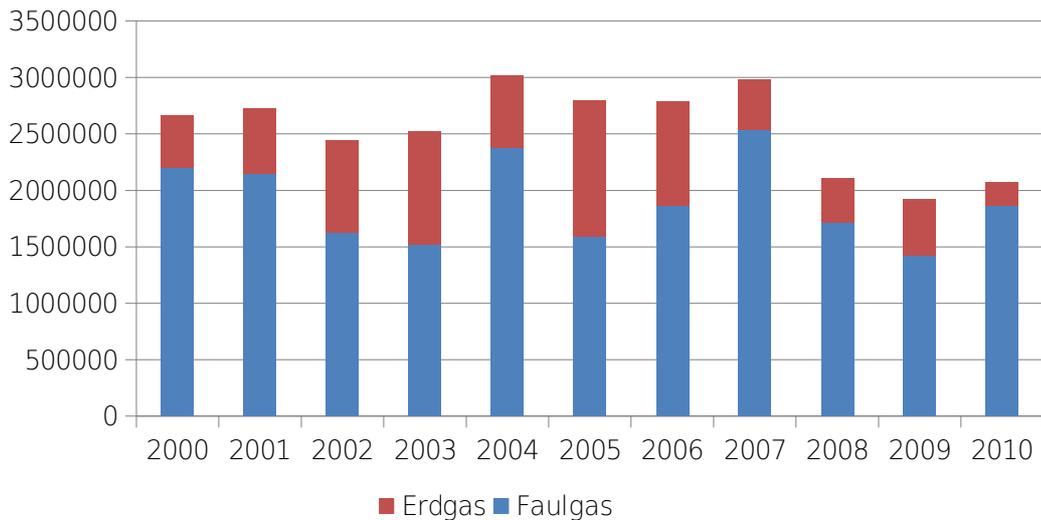


Abbildung 18. Wärmebedarf in kWh/a der Kläranlage Landau Mörlheim und der Deckung durch Faulgas und Erdgas

4.2.3.2 Strombedarf

Beim Strombedarf der Kläranlage zeigt sich in Abbildung 19, dass bis 2005 ein Anstieg des Strombedarfs zu verzeichnen war, der aber bis 2010 wieder rückläufig ist. Im Mittel hat die Kläranlage einen Strombedarf von 2,1 GWh/a. In dem Zeitraum von 2000 bis 2007 konnten 56% bis 68% des Strombedarfs selbst erzeugt werden. In den Jahren 2007 bis 2010 war es um die 46%.

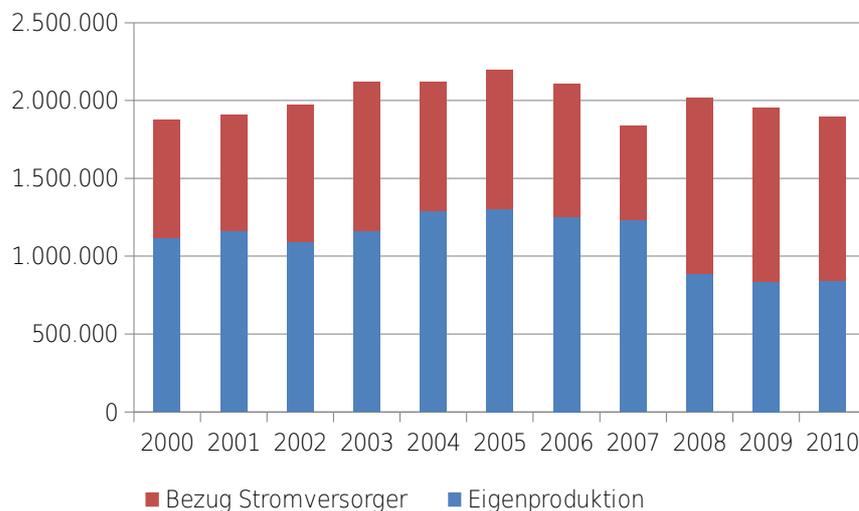


Abbildung 19. Strombedarf in kWh/a der Kläranlage Landau Mörlheim und Anteile der Eigenproduktion und des Bezugs durch den Stromversorger

Als Energiekennwert für Kläranlagen werden die jährlichen Verbrauchten kWh pro angeschlossenen Einwohnerwert für Energieverbräuche herangezogen (UBA, 2009). Für den Energiekennwert ist auch die Größe der betrachteten Kläranlage entscheidend. Die Kläranlage in Landau-Mörlheim ist für 90.000 Einwohnerwerte

ausgelegt. Sie fällt demnach in die Größenklasse 4 (von 5 Größenklassen) mit einem Energiekennwert von 35 kWh/EW*a im Bundesdurchschnitt für diese Größenklasse. Der Energiekennwert für die Kläranlage Landau-Mörlheim liegt im Durchschnitt der letzten 10 Jahre bei 22 kWh/EW*a und wird durch die eigene Stromerzeugung auf 10 kWh/EW*a verringert.

Die Abwassereinigung ist in vielen Kommunen für einen hohen Energieverbrauch von rund 20% der Gesamtenergie verantwortlich (DWA Rundbrief 2011). In diesem Zusammenhang ist der Stromverbrauch der Kläranlage Landau-Mörlheim mit ca. 2 GWh/a eher gering, da es nur 1% der in Landau verbrauchten Strommenge von ca. 200 GWh/a (eigene Berechnungen) ausmacht.

4.2.4 Betriebsmittel

Als Chemikalien werden mehrere Substanzen wie Fällmittel für Phosphorverbindungen und Flockungsmittel in der Schlammmentwässerung eingesetzt. Für diese Betriebsmittel liegen Daten vor und der Energieaufwand für die Herstellung der Chemikalien wird in die Ökobilanz einbezogen.

4.2.5 Transport Klärschlamm

Nach der Vergärung im Faulturm, wird der Faulschlamm für eine weitere Verwertung in der Landwirtschaft als Düngemittel ausgebracht. Dafür wird der Hauptanteil des Faulschlammes über eine Distanz von 100 km transportiert. Ein kleinerer Teil des Klärschlammes geht in die Rekultivierung mit einer Transportentfernung von 500 km. Das Transportaufkommen wird über die gefahrenen Kilometer und dem damit verbundenen Dieserverbrauch bilanziert. Die Daten für den Verbrauch der LKWs stammen aus dem Programm GEMIS 4.5.

4.2.6 Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft

Klärschlamm wird in der Landwirtschaft als Düngemittel verwertet. Durch die Nährstoffe, die im Klärschlamm enthalten sind, wird weniger Mineraldünger verwendet. Mineraldünger wird mit einem hohen Energieaufwand hergestellt. Wenn er jetzt durch Klärschlamm substituiert wird, kann das als Gutschrift in die Energiebilanz der Kläranlage einfließen. Die Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor sind allerdings nicht im gleichen Maße pflanzenverfügbar, wie bei anderen Düngemitteln. Weiterhin müsste der Nährstoffgehalt des Klärschlammes bekannt sein, um genauere Aussagen machen zu können. Die hier verwendete Bilanzierung lehnt sich an eine Studie des IFEU über die Klärschlammverwertung in Schleswig-Holstein an. Als substituiertes Düngemittel wurde Ammoniumnitratphosphat (ANP) als NP-Dünger ausgewählt, da es zu etwa gleichen Anteilen Stickstoff und Phosphor enthält. In der IFEU Studie wird als substituierte Düngemittelmenge 25,1 kg pro Tonne Trockenmasse Klärschlamm angegeben. Somit werden nach dem Klärschlammaufkommen 25-30 Tonnen NP-Dünger substituiert. Im Wirtschaftsjahr 2009/2010 wurden in Rheinland-Pfalz 647 Tonnen NP-Dünger abgesetzt (destatis, Fachserie 4, Reihe 8.2).

4.2.7 Gesamtbewertung

Für die Gesamtbewertung der CO₂-Emission der Kläranlage wurden der Energieverbrauch durch Strom, Gas, Betriebsmittel und der Transport des Klärschlammes zur Verwertung in der Landwirtschaft aufsummiert. Der Fuhrpark der Fahrzeuge auf der Kläranlage, der Transport des Klärschlammes und der Einsatz von Betriebsmitteln (wie Flockungsmittel) spielt bei der CO₂-Emission keine bedeutende Rolle.

4.2.7.1 Energieverbrauch

Die größte CO₂-Emission geht vom Strom und Gasverbrauch aus, wobei die Emissionen des Stromverbrauchs über denen des Gasverbrauchs liegen. Die CO₂-Emission des gesamten Energieverbrauchs der Kläranlage lag im Jahre 2000 bei 1500 Tonnen CO₂-Äquivalenten. Bis 2004 nahm die Emission auf über 2000 Tonnen CO₂-Äquivalente zu und ging dann bis 2010 wieder auf 1600 Tonnen CO₂-Äquivalente zurück (Abbildung 20).

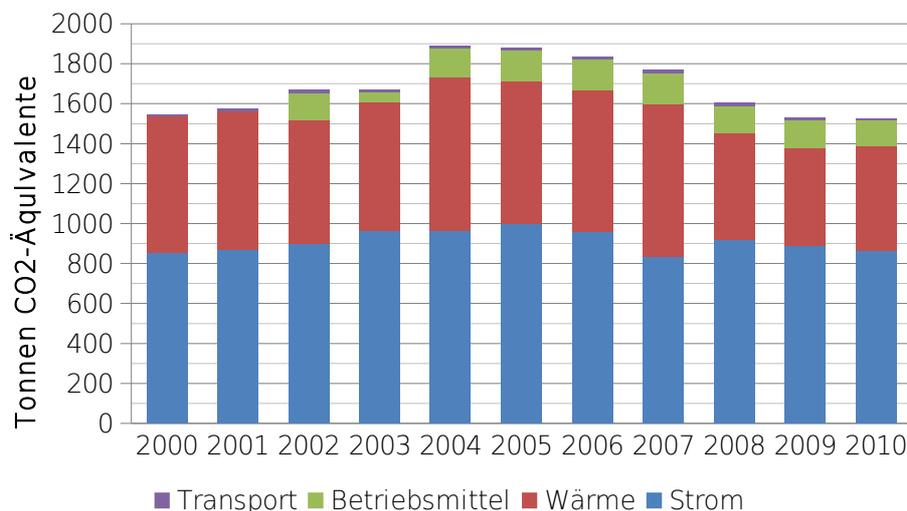


Abbildung 20. CO₂-Bilanzierung der Kläranlage, der Bereiche Strombezug, Gasbezug, Fuhrpark, Transport und Betriebsmittel

4.2.7.2 Gutschrift

Als Gutschrift für die CO₂-Emission werden des erzeugte Faulgas und der darüber in einem BHKW erzeugte Strom angerechnet. Die Ausbringung des Klärschlammes in der Landwirtschaft ersetzt Mineraldünger und wirkt sich daher auch positiv auf die CO₂-Bilanz aus. In dem Zeitraum 2000 bis 2010 schwankt die CO₂-Einsparung zwischen 1000 und 1360 Tonnen CO₂-Äquivalenten (Abbildung 21).

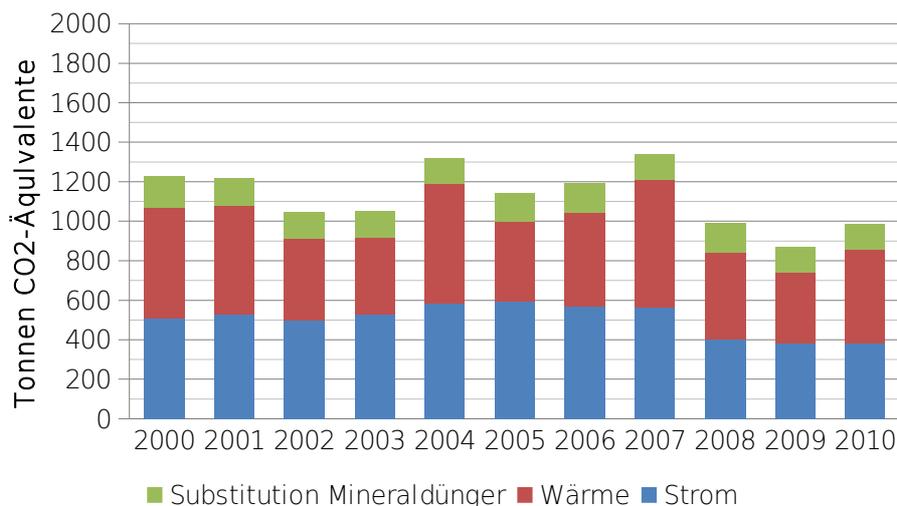


Abbildung 21. CO₂-Bilanzierung der Gutschrift der Kläranlage, der Bereiche Strom, Wärme und Substitution von Mineraldünger

4.2.7.3 Nettobilanz

Für die Nettobilanz wird die Gutschrift von den Emissionen des Energieverbrauchs abgezogen. Im Mittel kann auf der Kläranlage die CO₂-Emission durch den Einsatz des Faulgases für die Heizung und das BHKW und durch Substitution von Mineraldünger auf ein Drittel der ursprünglichen Menge gesenkt werden. Die Werte für die Reduktion bewegen sich zwischen 60 und 80% CO₂-Einsparung durch energetische Maßnahmen. Trotz Schwankungen ist seit dem Jahr 2000 mit einer CO₂-Emission von 300 Tonnen CO₂-Äquivalenten ein Ansteigen der CO₂-Emission auf über 500 Tonnen CO₂-Äquivalenten seit 2002 (mit der Ausnahme von 2007) zu beobachten (Abbildung 22).

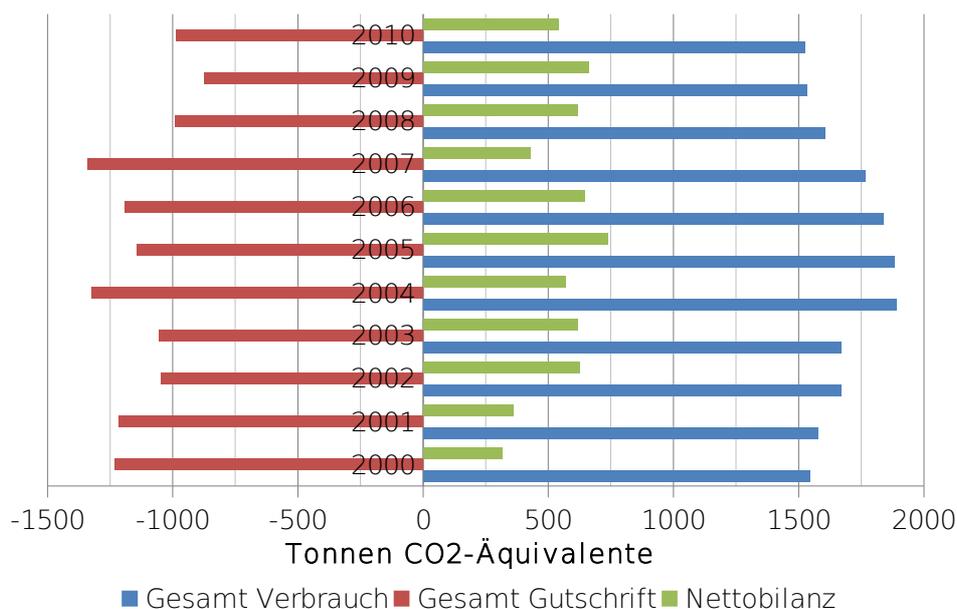


Abbildung 22. Netto-CO₂-Bilanzierung der Kläranlage

4.3 Verwaltung

4.3.1 Gebäude

Für die Bilanzierung des Verwaltungsgebäudes der EWL in der Friedrich-Ebert-Straße 5, liegen Verbrauchsdaten für Gas und Strom seit 1998 vor. Als CO₂-Emissionsfaktoren für Strom wurden die Werte des bundesweiten Energiemixes (UBA) herangezogen. Die Emissionswerte für den Gasverbrauch wurden nach GEMIS 4.5 für Gaszentralheizungen gewählt. Als Trend ist eine Abnahme der CO₂-Emission von 1998 mit 160 Tonnen CO₂-Äquivalente bis 2006 auf 90 Tonnen CO₂-Äquivalente zu verzeichnen. Ab 2007 ist wieder ein Anstieg auf 140 Tonnen CO₂-Äquivalenten im Jahre 2010 zu beobachten. Der Stromverbrauch hat 1998 einen Anteil von 60 Tonnen CO₂-Äquivalenten und sinkt bis 2006 auf 40 Tonnen. Ab 2007 sind die CO₂-Emissionen des Stromverbrauchs gleichbleibend um die 50 Tonnen, während die CO₂-Emissionen für die Gasheizung ansteigen. Aktuell im Jahr 2011 versorgt das Verwaltungsgebäude der EWL in einem lokalen Wärmeverbund das benachbarte Verwaltungsgebäude mit, wodurch eine Energieeinsparung erreicht werden soll.

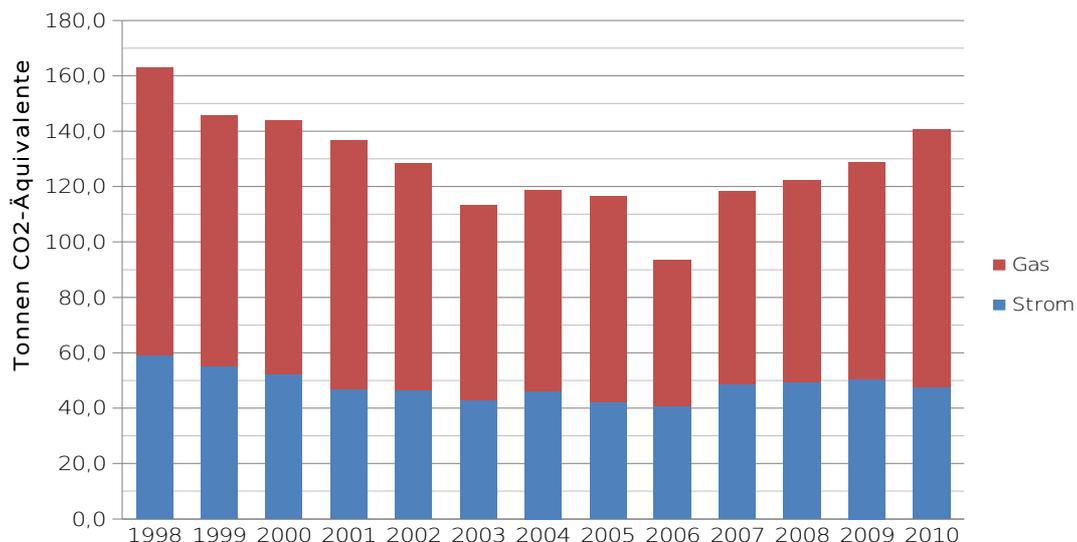


Abbildung 23. Tonnen CO₂-Äquivalente verursacht durch den Strom- und Gasverbrauch des Verwaltungsgebäudes der EWL

4.3.2 Fuhrpark

Für die Verwaltung der EWL stehen fünf Firmenwagen zur Verfügung. Über die gefahrenen Kilometer und einem mittleren Treibstoffverbrauch der Fahrzeugtypen wurden die CO₂-Äquivalente in Abbildung 24 berechnet. Es ist ein Anstieg der CO₂-Emissionen zu verzeichnen. Allerdings wurden seit 2008 auch mehr Kilometer mit den Fahrzeugen zurückgelegt. Abbildung 25 zeigt die CO₂-Emissionen pro gefahrenen Kilometer auf. Danach kam es zu einem Rückgang

der CO₂-Emissionen von 37 g CO₂-Äquivalente auf 32 g CO₂-Äquivalente pro Kilometer.

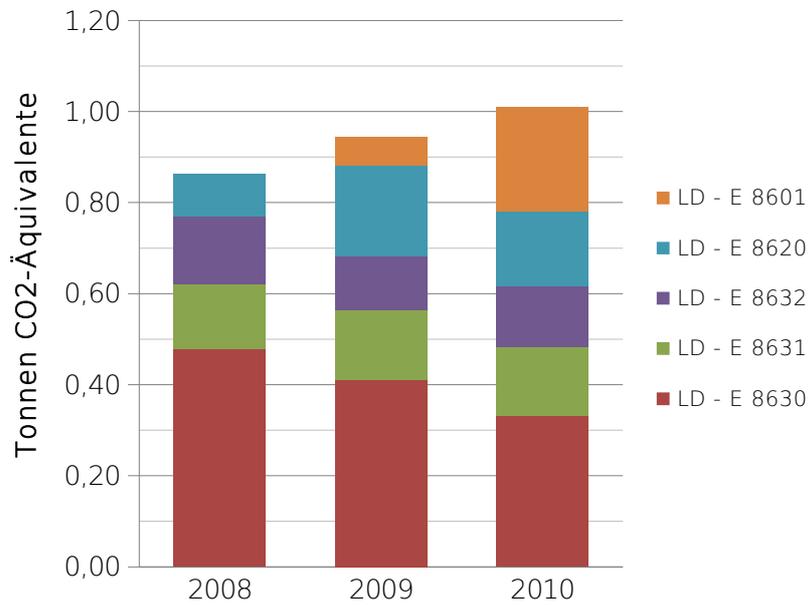


Abbildung 24. Tonnen CO₂-Äquivalente verursacht durch den Fuhrpark der Verwaltung der EWL

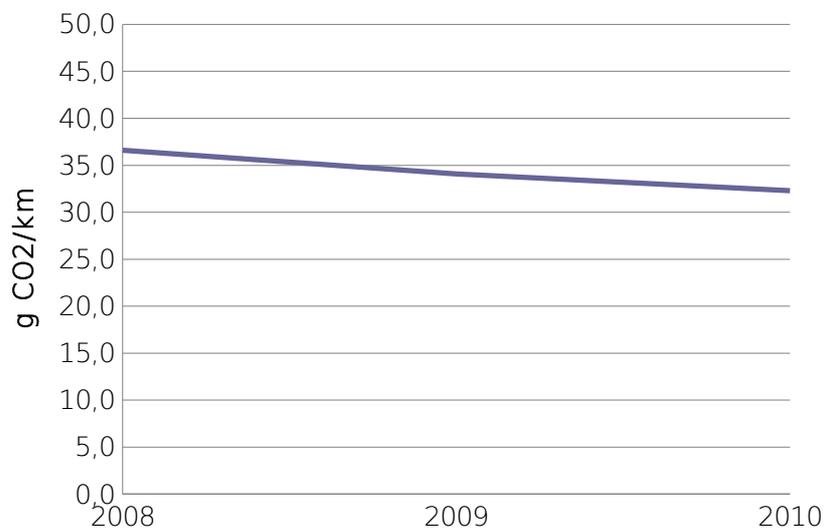


Abbildung 25. Gramm CO₂-Äquivalente pro gefahrenen Kilometer des Fuhrparks der EWL Verwaltung

4.4 Bauhof

4.4.1 Abfuhrbetrieb

Im Bauhof der EWL werden sowohl die Fahrzeuge zur Müllsammlung gewartet, als auch die Fahrzeuge zur Straßenreinigung und zum Straßenunterhalt betreut.

4.4.1.1 Müllfahrzeuge

Bei der Abfallsammlung kommen vier Müllwagen der EWL zum Einsatz. Zwei weitere Müllfahrzeuge werden zur Leerung von Papierkörben oder zur Müllbeseitigung auf Plätzen eingesetzt.

Tabelle 8. Fahrzeuge zur Müllsammlung der EWL

Fahrzeug	Jahresfahrleistung km	Jahresverbrauch	Verbrauch l/100km	t CO ₂ -Äq./Ja
LD E 8621	12335	7406	60,04	3,15
LD E 8622	15579	19111	81,52	8,12
LD E 8623	14453	17971	80,42	7,64
LD E 8624	14645	8569	58,51	3,64
LD E 8645	17480	2298	13,15	1,17
LD E 8658	21511	2645	12,30	1,12

4.4.1.2 Müllsammlung

Der Kraftstoffverbrauch der Müllfahrzeugen zur Sammlung und für den Transport des Abfalls per LKW zu Entsorgungseinrichtungen wurde separat bilanziert. Für den Kraftstoffverbrauch bei der Müllsammlung wurden Daten von der EWL für die Abfallfraktionen Restmüll, Biomüll und Papier genutzt. Für die Abfallfraktionen Leichtverpackung und Glas wurden Daten der ASF Freiburg GmbH herangezogen, die über mehrere Jahre (2005-2010) Verbrauchsdaten nach Abfallfraktionen ausgewertet haben (Tabelle 9). Die Daten der EWL und der ASF werden in der Tabelle 9 verglichen. Für die folgenden Berechnungen wurden die Daten der EWL verwendet. Für das Jahr 2009/2010 konnte für Landau ein Kraftstoffverbrauch für die Müllsammlung von insgesamt 58.001 Litern errechnet werden. Die Bilanzierung über die Kraftstoffverbräuche pro Müllmenge ergeben einen gesamten Kraftstoffverbrauch von 57.909 Litern.

Tabelle 9. Kraftstoffverbrauch in L/t für die einzelnen Abfallfraktionen der EWL 2010/2011 und der ASF (2005-2010).

Kraftstoffverbrauch l/t	EWL 2010/2011	ASF 2005-2010
Restmüll	3,37	3,33
Biomüll	3,44	3,82
PPK	2,92	2,38
LVP	k.A.	6,6
Glas	k.A.	3,13

k.A. = keine Angaben

Die Werte in Tabelle 9 wurden mit den Abfallmengen seit 1990 verrechnet. Die Berechnung berücksichtigt nicht die sinkenden Kraftstoffmengen, die durch eine effizientere Fahrzeugtechnik verursacht werden. Wahrscheinlich gab es in der 90er Jahren höhere Kraftstoffverbräuche.

Seit 1990 steigt der Kraftstoffverbrauch bei der Sammlung des Abfalls kontinuierlich von 1990 bis 2010 von 49000 Litern auf 58000 Liter. Der Rückgang bei der Sammlung der Restabfälle wird durch die Sammlung der Bioabfälle wieder aufgewogen. Bei den Leichtverpackungen und bei Papier, Pappe und Karton ist ein Ansteigen des Kraftstoffverbrauches zu beobachten, der wahrscheinlich durch höhere Mengen bedingt ist. Allein beim Glas kommt es zu einer leichten Stagnation der durch die Sammlung benötigten Kraftstoffmengen (Abbildung 26).

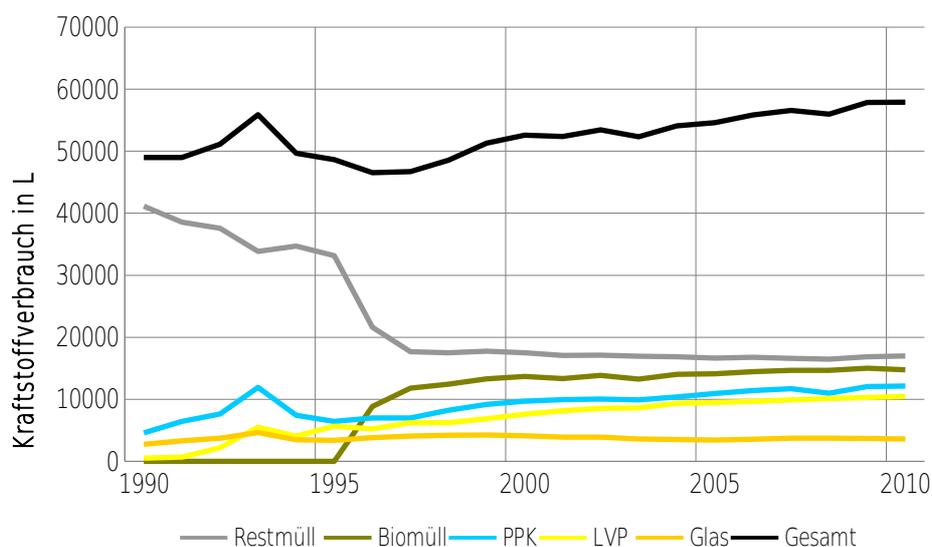


Abbildung 26. Kraftstoffverbrauch Abfallsammlung

Die CO₂-Bilanzierung (Abbildung 27) spiegelt die Trends des Kraftstoffverbrauchs nach Müllfraktionen wieder. Hier ist auch die Abnahme durch den Kraftstoffverbrauch der Restmüllmengen und die Zunahme durch die Sammlung von Biomüll zu beobachten. Über den Zeitraum von 20 Jahren, ist eine Zunahme der CO₂-Äquivalenten von 20,8 Tonnen im Jahre 1990 auf 24,6 Tonnen im Jahre 2010 zu bilanzieren (Abbildung 27).

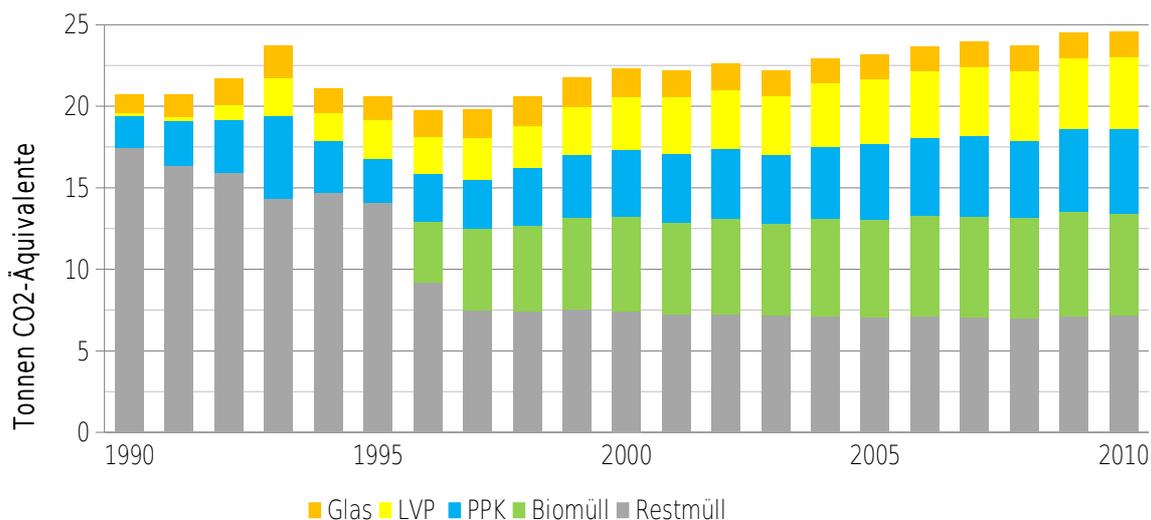


Abbildung 27. Tonnen CO₂-Äquivalente der Abfallsammlung unterteilt in die einzelnen Abfallfraktionen

4.4.1.3 Mülltransport, Umschlag

Der Kraftstoffverbrauch für den Transport der Abfälle zu Entsorgungseinrichtungen wurde mit Kennwerten für den Kraftstoffverbrauch von LKWs aus dem Programm GEMIS berechnet. Es wurde von einem LKW mit 12 Tonnen Nutzlast ausgegangen und die Fahrten errechnet, mit denen die Abfallmengen abtransportiert werden können. Für jedes Fahrziel wurde auch die Transportentfernung ermittelt. Die Fahrzeugtechnik ist in GEMIS berücksichtigt, da Daten für verschiedene Jahre vorhanden sind. Es wurden auch unterschiedliche Verbräuche für die Vollbeladung und die leere Rückfahrt angesetzt.

Tabelle 10. Transportentfernungen (einfache Fahrt) zu den Entsorgungseinrichtungen

Transport	Mittlere Entfernung in km
Deponie Heßheim	57
MHKW PS Umschlag	9
Transport zum MHKW PS	50
Kompostwerk	20
Papier	15
Gartenabfälle	40

Abbildung 28 zeigt, dass der Gesamtverbrauch durch die Anlieferung des Restmülls in die Deponie Heßheim seit 1990 zurückgeht. Der Kraftstoffverbrauch des Transports der Restmüllmengen zum MHKW Pirmasens liegt unter den Verbräuchen (auf einem gleichbleibenden Niveau), die Nötig waren, um den Restmüll zur Deponie zu fahren. Beim Grünschnitt schwankt der Kraftstoffverbrauch mit den schwankenden Mengen. Recht stabile

Kraftstoffverbräuche zeigen seit 2000 der Bioabfall und der Transport von Papier, Pappe und Karton.

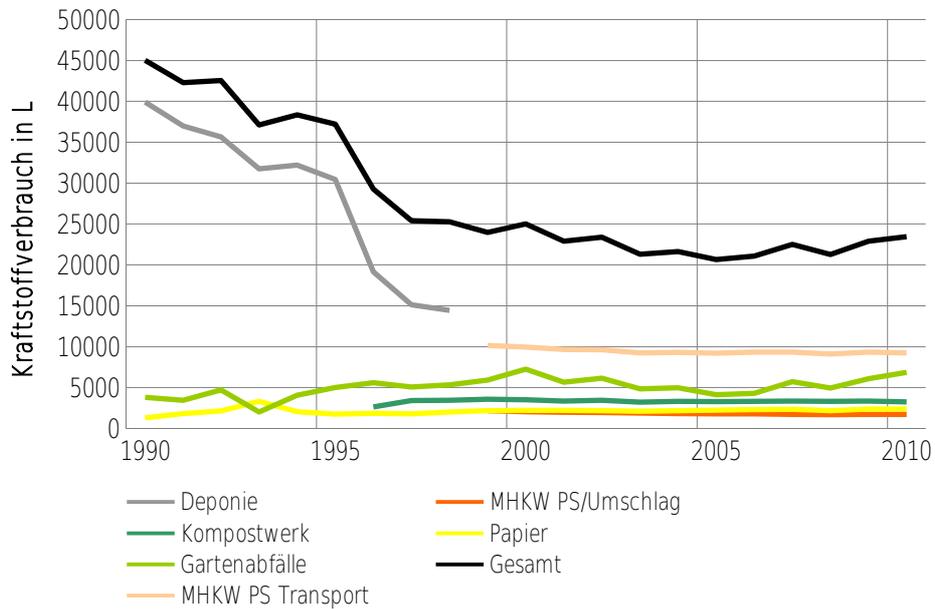


Abbildung 28. Kraftstoffverbrauch Abfalltransport zu Entsorgungseinrichtungen

Insgesamt ist es durch das Auslaufen der Fahrten zur Deponie bis 1998 zu einer schrittweise Reduktion der CO₂-Emission des Abfalltransport zu den einzelnen Entsorgungseinrichtungen gekommen. 1990 betrug die Emission noch 19 Tonnen CO₂-Äquivalente und 2010 nur noch 10 Tonnen CO₂-Äquivalente.

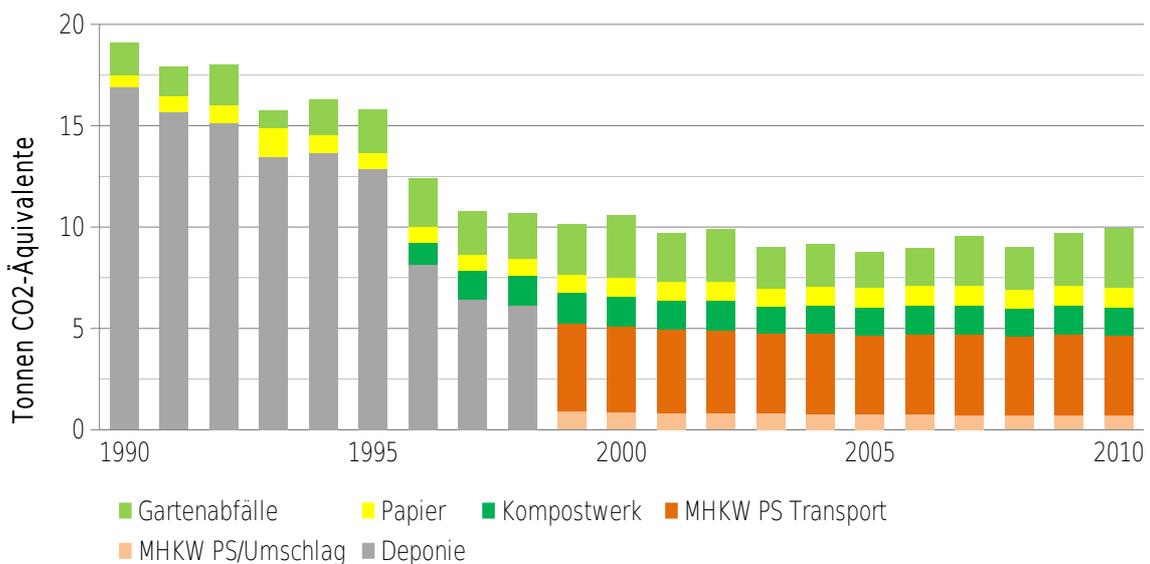


Abbildung 29. Tonnen CO₂-Äquivalente des Abfalltransport zu den einzelnen Entsorgungseinrichtungen

4.4.2 Fuhrpark Bauhof

Der Bauhof der EWL unterhält einen Fuhrpark mit Fahrzeugen für den Winterdienst und den Straßenunterhalt. Für den Winterdienst kommen 3 LKWs und eine Unimog zum Einsatz. Weiterhin wird der Straßenunterhalt durch das Ausbessern der Fahrbahn gewährleistet. Hierfür stehen auch LKWs und ein Walze zur Verfügung. Die LKWs können zu unterschiedlichen Arbeiten ausgerüstet werden, wie zum Schneeräumen, Streusalz ausbringen und Pflanzen bewässern. Es wird daher darauf verzichtet ein Fahrzeug einer bestimmten Funktion zuzuordnen.

Weiterhin wird vom Bauhof die Pflege von Grünflächen betrieben. Hier kommen verschiedene Transportfahrzeuge zum Einsatz, die allerdings auch im Straßenunterhalt genutzt werden können. Bei den Sonderfahrzeugen kann keine Jahresfahrleistung ermittelt werden, da nur die Betriebsstunden aufgenommen werden.

Tabelle 11. Fuhrpark des Bauhofes

Fahrzeug	Jahresfahrleistung km	Jahresverbrauch L	Verbrauch l/100km	t CO₂-Äq./a
LKW				
LD E 8640	6849	2645	48,04	1,12
LD E 8659	7133	2065	28,95	0,88
LD E 8647	943	483	51,25	0,21
LD E 8646	6033	1083	17,94	0,46
LD E 8654	2951	531	17,98	0,23
Transporter				
LD E 8644	10181	1507	14,80	0,64
LD E 8661	10795	1057	9,79	0,45
LD E 8641	7101	854	12,02	0,36
LD E 8642	15451	1952	12,63	0,83
LD E 8657	4561	1027	22,51	0,52
LD E 8656	4110	430	10,46	0,18
PKW				
LD E 8660	3430	210	6,13	0,11
LD E 8655	3666	383	10,43	0,16
LD E 8662	15866	1716	10,81	0,87
Sonderfahrzeuge				
LD E 8643		1376		0,58
Radlader		607		0,26
Walze		191		0,08

Die Gesamtemission des Fuhrparks des Bauhofes betrug 32,8 Tonnen CO₂-Äquivalente im Jahr 2010. Dieser Wert stimmt gut mit der errechneten Emission nach Müllfraktionen und des Transports und Umschlags der gesammelten Müllmenge mit 34,5 Tonnen CO₂-Äquivalente im Jahr 2010 überein (Kapitel 4.4.1.2 und 4.4.1.3). Somit variieren die beiden Berechnungsmethoden, nach Kraftstoffmengen und Fahrleistung und nach Kraftstoffmengen und Müllfraktionen nur um 5%, was einer guten Näherung entspricht.

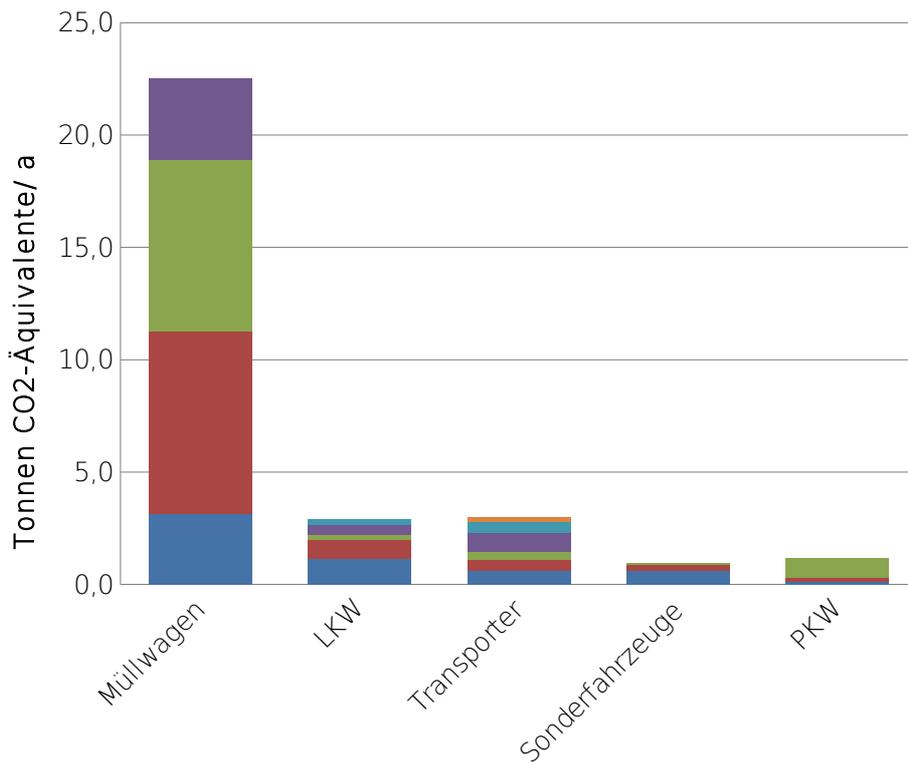


Abbildung 30. Tonnen CO₂-Äquivalente verursacht durch den Fuhrpark des Bauhofes

4.4.3 Gebäude Bauhof

Das Betriebsgelände des Bauhofes wurde im Mai 2008 aus der Ostbahnstraße in Landau in die Albert-Einstein-Straße 18 in neu errichtete Gebäude verlegt. Die neuen Gebäude werden mit einer Holzhackschnitzelheizung versorgt. Auf dem alten Betriebsgelände wurde mit Gas geheizt. Gasverbrauchsdaten liegen ab 2004 für das alte Betriebsgelände bis Mai 2008 vor. Danach wurde die Energieerzeugung aus Holzhackschnitzeln bilanziert. Stromdaten lagen für den Zeitraum 2004 bis 2010 für das alte und das neue Betriebsgelände vor. Abbildung 31 zeigt, dass durch die Umstellung von Gas auf Holzhackschnitzel eine Reduktion der CO₂-Emission auf 4% der ursprünglichen Menge stattgefunden hat. Es konnten dadurch 76 Tonnen CO₂-Äquivalente vermieden werden.

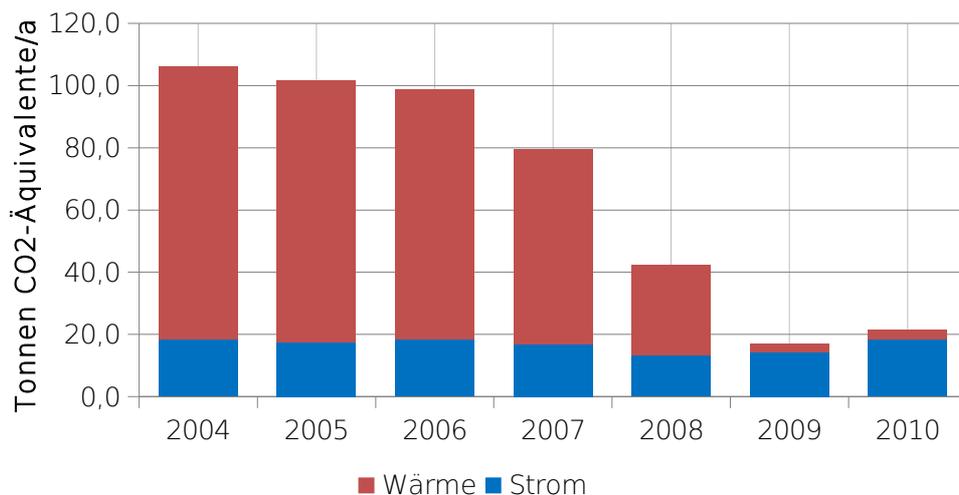


Abbildung 31. Tonnen CO₂-Äquivalente verursacht durch die Gebäude des Bauhofes

4.4.4 Bauhof gesamt

Bei der Gesamtbetrachtung der CO₂-Emissionen des Bauhofes werden die Ergebnisse für den Abfuhrbetrieb, den Fuhrpark und die Werte für das Betriebsgelände aufsummiert. Die CO₂-Emissionen des Abfuhrbetriebes blieben über den betrachteten Zeitraum von 2000 bis 2010 recht konstant. Durch Umstellung der Heizungsanlage von Gas auf dem alten Betriebsgelände auf Holzhackschnitzel auf dem neuen Betriebsgelände konnte die CO₂-Emission des Bauhofes von durchschnittlich 135 Tonnen CO₂-Äquivalente von 2000 bis 2006 auf durchschnittlich 52 Tonnen CO₂-Äquivalente gesenkt werden (Abbildung 32).

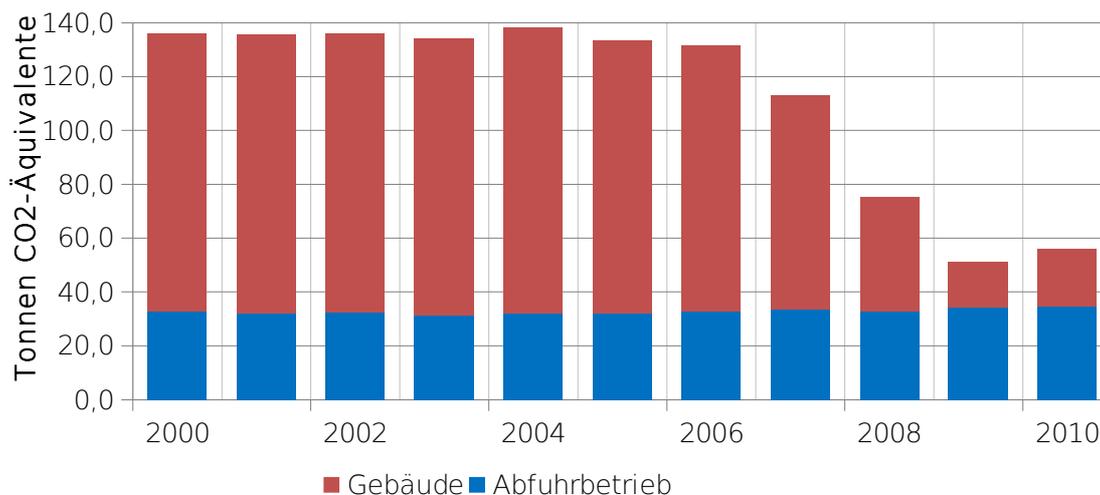


Abbildung 32. Tonnen CO₂-Äquivalente verursacht durch den Fuhrpark und das Betriebsgelände des Bauhofes

4.5 Gesamtbetrachtung der einzelnen Betriebszweige der EWL

Bei der Gesamtbetrachtung der CO₂-Bilanz aller Betriebszweige werden nur die letzten zehn Jahre berücksichtigt, da in diesem Zeitraum nur eine gemeinsame Datenbasis für einen Vergleich vorliegt. Einzelne Veränderungen, wie der Ausstieg aus der Deponierung von Abfällen, die eine große CO₂-Reduktion gebracht haben, können in der Bilanzierung der einzelnen Betriebszweige betrachtet werden.

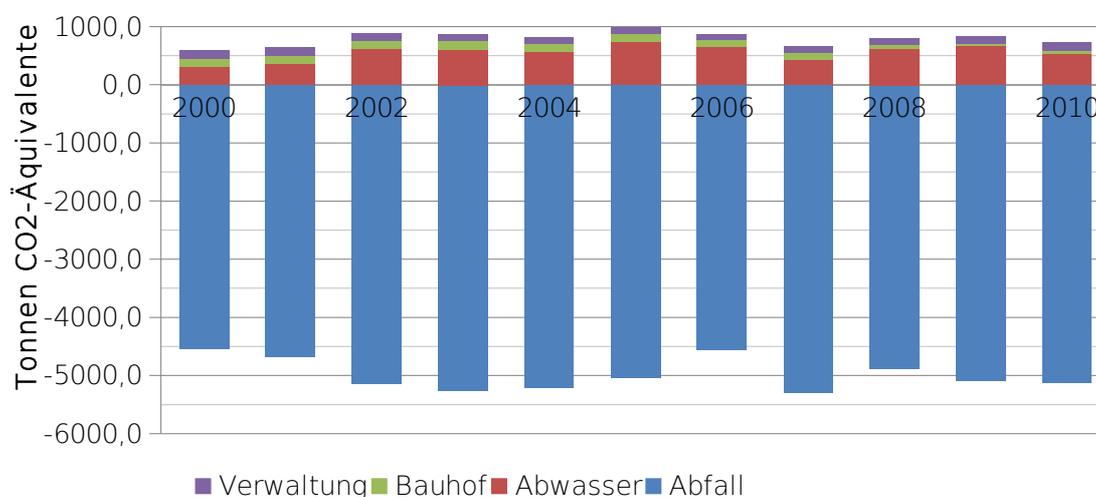


Abbildung 33. Gesamtbetrachtung der CO₂-Emission der einzelnen Betriebszweige der EWL

Dominiert wird die CO₂-Bilanz der EWL durch die CO₂-Einsparungen im Bereich der Abfallentsorgung. Zwei Entwicklungen sind hier ausschlaggebend,

1. die Einsparung von fossilen Brennstoffen durch die Müllverbrennung und
2. die steigenden Quoten beim Recycling.

Während im Jahre 1990 noch 2460 Tonnen CO₂-Äquivalente durch die Deponierung frei wurden, konnte 2010 durch die Müllverbrennung 3200 und durch Recycling 2690 Tonnen CO₂-Äquivalente eingespart werden. Die Abwasserbeseitigung ist im Vergleich zu den anderen Betriebszweigen für die höchste CO₂-Emission verantwortlich, die über die Jahre allerdings stark variiert von 315 bis 660 Tonnen CO₂-Äquivalente. Durch die energetische Nutzung des Faulschlammes lässt sich allerdings die CO₂-Emission durch Gutschriften um zwei Drittel reduzieren. Die Verwaltung ist im Mittel mit 124 Tonnen CO₂-Äquivalente an der CO₂-Bilanz der EWL beteiligt, wobei in den letzten Jahren die Tendenz steigend war. Die Emission, die durch das Sammeln und den Transport von Abfall

und durch die Aufgaben des Bauhofs entstehen, liegt in dem Betrachtungszeitraum ab 2000 recht konstant bei um die 32 Tonnen CO₂-Äquivalenten. Durch die Versorgung des neuen Bauhofs mit einer Holzhackschnitzelheizung, konnte gegenüber der Beheizung des alten Betriebsgeländes mit Gas, eine Reduktion der Gesamtemission des Bauhofes von 135 auf 52 Tonnen CO₂-Äquivalente erreicht werden.

Die Ergebnisse dieser Studie stimmen gut mit der Studie „20 Jahre Landesabfallbilanz Rheinland Pfalz“ über ein, in der das Witzenhausen Institut auf eine Reduktion der CO₂-Emission durch die Abfallwirtschaft Rheinland-Pfalz von 2,5 Mio Tonnen CO₂-Äquivalenten kommt. Für Landau lässt sich eine Entlastung der CO₂-Emission von um die 100 kg CO₂-Äquivalente pro Einwohner errechnen. In der Studie „Energieeffiziente Stadt“ wurde für Landau eine pro Kopf CO₂-Emission von 6,7 Tonnen CO₂-Äquivalente bestimmt.

5. Literatur

ASF, Abfallwirtschaft und Stadtreinigung Freiburg GmbH, 2009. Bericht 2009 Umweltmanagement. S 32.

EWL, Entsorgungs- und Wirtschaftsbetrieb Landau in der Pfalz 2009. Abfallwirtschaftskonzept für die Stadt Landau in der Pfalz 2009, Entwurf, S. 24

Fehrenbach, H. und F. Knappe 2002. Ökobilanzielle Betrachtung von Entsorgungsoptionen für Klärschlamm im Land Schleswig-Holstein. IFEU Heidelberg GmbH, S. 204

MUFV, Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz 2008. Landesabfallbilanz Rheinland-Pfalz 2008. Siedlungsabfallbilanz, Sonderabfallbilanz. S 144

MUFV, Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz 2009. Landesabfallbilanz Rheinland-Pfalz 2009. Siedlungsabfallbilanz, Sonderabfallbilanz. S 152

MUFV, Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz 2009. 20 Jahre Abfallbilanz Rheinland-Pfalz 2008. S 49

Remy, C., Lesjean, B. und A. Hartmann 2011. Die Methodik der Ökobilanz zur ganzheitlichen Erfassung des Energieverbrauchs in der Abwasserreinigung. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 2011 (58) Nr. 6, 572-576

Hartwig, P. und K-H. Rosenwinkel 2011. Möglichkeiten zur Verbesserung der Energiebilanz einer Kläranlage am Beispiel der Kläranlage Rheda-Wiedenbrück. . KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 2011 (58) Nr. 6, 558-565

Meß, R., Bernatzky, C. und G. Kolisch 2011. Klimarelevante Emissionen beim Betrieb abwassertechnischer Anlagen - Das Beispiel der hanseWasser Bremen GmbH. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 2011 (58) Nr. 7, 656-661

McDougall, F.R., White, P.R., Franke, M. and P. Hindle 2001. Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory. second edition, Blackwell Science 2001, s. 513.

UBA 2005. Statusbericht zum Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz und mögliche Potentiale. IFEU und Öko-Institut, Forschungsbericht 205 33 314, S 86

UBA 2009. Hintergrund: Energieeffizienz kommunaler Kläranlagen. S 10

UBA, Umweltbundesamt 2010. Klimaschutzpotentiale der Abfallwirtschaft – Am Beispiel von Siedlungsabfällen und Altholz. IFEU und Öko-Institut, Darmstadt, Heidelberg, Berlin FKZ 3708 31 302, Januar 2010, S 138.