

Lippewerk Lünen als „Motor für den Fortschritt“ der KlimaExpo.NRW

Ressourcenschonung durch Kreislaufführung
- Mengenbilanz und Klimawirkung -



01	Vorgehen	3
02	Zusammenfassung der Ergebnisse	5
03	Mengenbilanz des Lippewerk Lünen	8
04	Klimawirkung des Lippewerk Lünen	18



Vorgehen



- Das Stoffstrommanagement am Lippewerk Lünen und die daraus resultierenden Einsparungen an klimaschädlichen Treibhausgasen sowie an natürlichen Ressourcen bilden die wesentliche Grundlage für die Bewerbung als Projekt „**Motor für den Fortschritt**“ im Rahmen der KlimaExpo.NRW. Das Vorgehen bei der Berechnung und Darstellung der Klimawirkungen und Ressourceneinsparungen ist im Folgenden dargestellt.
- Für jeden Anlagenteil des Lippewerkes wurden die spezifischen Input- und Outputströme (Stoffströme, Energie) aufgenommen. In Einzelgesprächen wurden diese verifiziert und dienten anschließend als Basis für die Darstellung der Mengenbilanz und Berechnung der Klimawirkung jedes einzelnen Anlagenteils.
- Anschließend erfolgte die Betrachtung der innerhalb des Lippewerkes Lünen miteinander vernetzten Anlagenteile sowie deren Stoff- und Energieströme. Durch gezieltes Stoffstrommanagement und Kreislaufführung zwischen den Anlagenteilen des Lippewerkes werden u.a. Transportentfernungen minimiert und externe Ressourcen sowie Primärenergieenergieträger eingespart. Dies trägt aktiv zur Ressourcenschonung und zur Vermeidung negativer Umweltwirkungen bei.
- Die Informationen wurden für die Jahre 2012 bis 2014 aufgenommen, um signifikante Unterschiede in den jährlichen Stoffströmen und Verbräuchen durch die Zeitreihenbetrachtung auszuschließen. Für die finalen Betrachtungen und Berechnungen wurde das Jahr 2014 als repräsentatives Bezugsjahr ausgewählt.
- Auf den folgenden Folien sind die Ergebnisse der Mengenbilanz dargestellt:
 - Es wird die Gesamtmengenbilanz der Input- und Outputströme sowie der im Kreislauf geführten Ströme gefolgt von Detailübersichten der einzelnen Stoffströme aufgezeigt.
 - Zur Verdeutlichung der Vernetzung wird an zwei ausgewählten Beispielen der Stoff- und Energiestrom zwischen Anlagenteilen des Lippewerkes Lünen dargestellt.
- Die Berechnungen und Darstellungen der Klimaauswirkungen sind im Anschluss für jeden Anlagenteil getrennt und für das Lippewerk Lünen insgesamt dargestellt.



Zusammenfassung der Ergebnisse



- Im Lippewerk Lünen werden pro Jahr 1 Mio. t an externen Materialien, Sekundärrohstoffen und Abfällen verarbeitet.
- Durch gezieltes Stoffstrommanagement und Kreislaufführung werden pro Jahr 0,4 Mio. t zwischen den Anlagenteilen des Lippewerk ausgetauscht und sowohl stofflich als auch energetisch verwertet.
- So wird bspw. das in der TBA Lünen gewonnene Tierfett in der EcoMotion Anlage zur Herstellung von Biodiesel eingesetzt. Abfallströme aus diversen Anlagenteilen werden im Wirbelschichtkraftwerk energetisch verwertet.
- Die so erzeugte Energie (125.000 MWh/a) deckt in Form von Dampf und Strom den Eigenbedarf des Lippewerks ab. Darüber hinaus wird externen Abnehmern Dampf (64.000 MWh/a) sowie der vom Biomassekraftwerk erzeugte Strom (160.000 MWh/a) zur Verfügung gestellt.
- Jährlich verlassen 0,4 Mio. t verwertbare Produkte das Lippewerk. Dazu zählen, u.a.:
 - 191.000 t/a Produkte (Alpha-HH, RADDiPOR, RADDiPUR) aus der Bindemittelherstellung,
 - 60.000 t/a gewonnener Biodiesel,
 - 42.000 t/a erzeugtes Alumin,
 - 38.000 t/a zertifizierter Kompost für den Landschaftsbau sowie
 - 16.500 t/a Kunststoffgranulate, die in der Möbel-, Elektro-, Automobil- und Bauindustrie eingesetzt werden.



- Die Abschätzung der Klimawirkungen hat ergeben, dass durch die Anlagenkonfiguration am Lippewerk Treibhausgase in Höhe von rund 470.000 Mg CO₂-äq. jährlich eingespart werden.
- Diese Menge an Treibhausgasen entspricht dem jährlichen CO₂-Ausstoß von ca. 50.000 Bundesbürgern, die sie durch eine durchschnittliche Lebensführung produzieren.
- Verglichen mit der CO₂-Einsparung eines Windparks entspricht die Treibhausgaseinsparung des Lippewerkes in etwa dem eines Windparks von 80 Windrädern.
- In der Betrachtung wurden alle durch das Lippewerk bereitgestellten Energieträger und Sekundärrohstoffe bzw. Produkte berücksichtigt.
- Insgesamt trägt die energetische Verwertung zu ca. 2/3 und die stoffliche Verwertung zu ca. 1/3 zu der Treibhausgaseinsparung bei.
- Besonders hohe Einsparungen an Treibhausgasen liefern die energetische Holzverwertung sowie die Dieselproduktion und –verwertung.
- Durch die Verwertung von tierischen Reststoffen hat die Biodieselproduktion im Lippewerk im Vergleich zu Biodieseln aus Pflanzen darüber hinaus den Vorteil der Flächenschonung.



Mengenbilanz des Lippewerk Lünen

Gesamt mengenbilanz des Lippewerk Lünen

(Jahr 2014)

(Detailstoffströme werden in den Folgefolien dargestellt)

prognos



extern

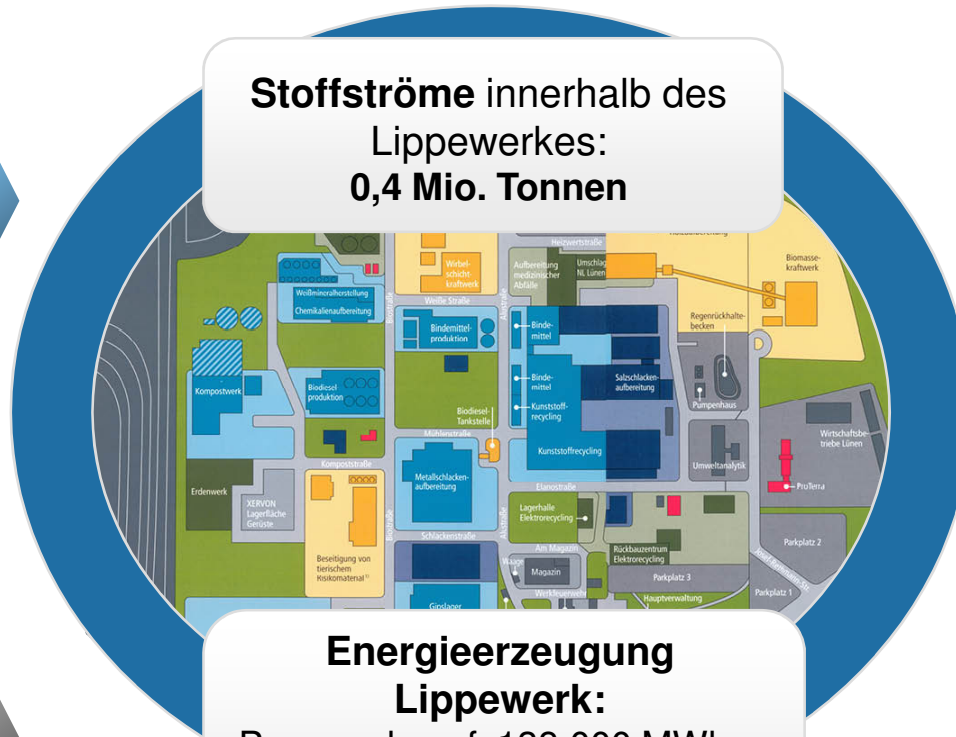
Lippewerk Lünen

extern

Materialien,
Sekundärrohstoffe,
Abfallströme:
1 Mio. Tonnen



**Stoffströme innerhalb des
Lippewerkes:
0,4 Mio. Tonnen**



Produkte /
Rohstoffe:
0,4 Mio. Tonnen



Strom:
30.000 MWh
Gas:
490.000 MWh



**Energieerzeugung
Lippewerk:**
Prozessdampf: 138.000 MWh
Strom: 51.000 MWh
Strom BMK: ca. 157.000 MWh



Prozessdampf
Fremdfirmen:
64.000 MWh
Strom BMK:
ca. 157.000 MWh

Die Diskrepanz der Mengen bei Input- und Outputströme ist u.a. auf prozessbedingte Verluste (z.B. Gewichts- und Rotteverluste), die Energieerzeugung aus Stoffströmen sowie die Entsorgung auf eigenen Anlagenteilen (Deponie, Abwasserbehandlungsanlage) zurückzuführen.

Inputströme des Lippewerk Lünen (externe Quellen) (Jahr 2014)



Input (externe Quellen)	Menge in t	Anlagenteil
REA und chemischer Gips	285.000	Bindemittelproduktion
Altholz verschiedener Qualitäten	158.000	Altholzaufbereitung
Diverse Schlacken	107.000	Schlackenaufbereitung
Laugen und Säuren	67.000	Alumin-Anlage
Tierfett	58.000	EcoMotion (Biodieselproduktion)
Rohware	55.000	Tierkörperbeseitigungsanlage (TBA)
Klärschlämme (kommunal)	54.000	Wirbelschichtkraftwerk
Biogut	36.000	Kompost- / Erdenwerk
Haushaltsgroßgeräte/-kleingeräte	35.000	Elektrorecycling
Grüngut	33.000	Kompost- / Erdenwerk
Ersatzbrennstoffe	22.000	Wirbelschichtkraftwerk
Trinkwasser	22.000	Diverse Anlagenteile
Kunststoffabfälle	20.000	Kunststoffaufbereitungsanlage
Diverse Grundstoffe sowie Hilfs- und Betriebsstoffe	20.000	Diverse Anlagenteile
Weitere Abfallströme	70.000	Diverse Anlagenteile
Gesamt	1.042.000	

- Insgesamt werden 1 Mio. Tonnen an Materialien, Sekundärrohstoffe und Abfallströmen von externen Lieferanten an das Lippewerk Lünen angeliefert.
- Die mengenrelevantesten dieser externen Inputströme sind unter Angabe des angelieferten Anlagenteils in der Tabelle dargestellt.



Stoffstrom und Herkunftsanlage	Menge in t	Verwertung im Anlagenteil
Holz aus der Altholzaufbereitung	158.000	Biomassekraftwerk
Aschen und Schlacken aus diversen Anlagenteilen	136.000	Deponie
Fleischbrei aus der Tierkörperbeseitigungsanlage	57.000	Wirbelschichtkraftwerk
Abwasser aus diversen Anlagenteilen	44.000	Abwasseraufbereitungsanlage
Klärschlämme (industriell) aus diversen Anlagenteilen	12.000	Wirbelschichtkraftwerk
Tierfett aus der Tierkörperbeseitigungsanlage	5.000	EcoMotion (Biodieselproduktion)
Biomasse aus dem Kompost- /Erdenwerk	5.000	Biomassekraftwerk
Alumin aus der Aluminherstellung	2.000	Casul-Synthese (Weißmineralherstellung)
Im Kreislauf geführte Menge	419.000	

- Es werden 0,4 Mio. Tonnen an Stoffströmen im Lippewerk Lünen zwischen den einzelnen Anlagenteilen ausgetauscht und sowohl stofflich als auch energetisch verwertet.
- In der Tabelle sind die mengenrelevantesten Ströme und deren Verwertung in einem anderen Anlagenteil dargestellt.
- Eine beispielhafte Veranschaulichung für ausgewählte Anlagenteile befindet sich auf den Folien 13 bis 17.

Outputströme des Lippewerk Lünen (Jahr 2014)



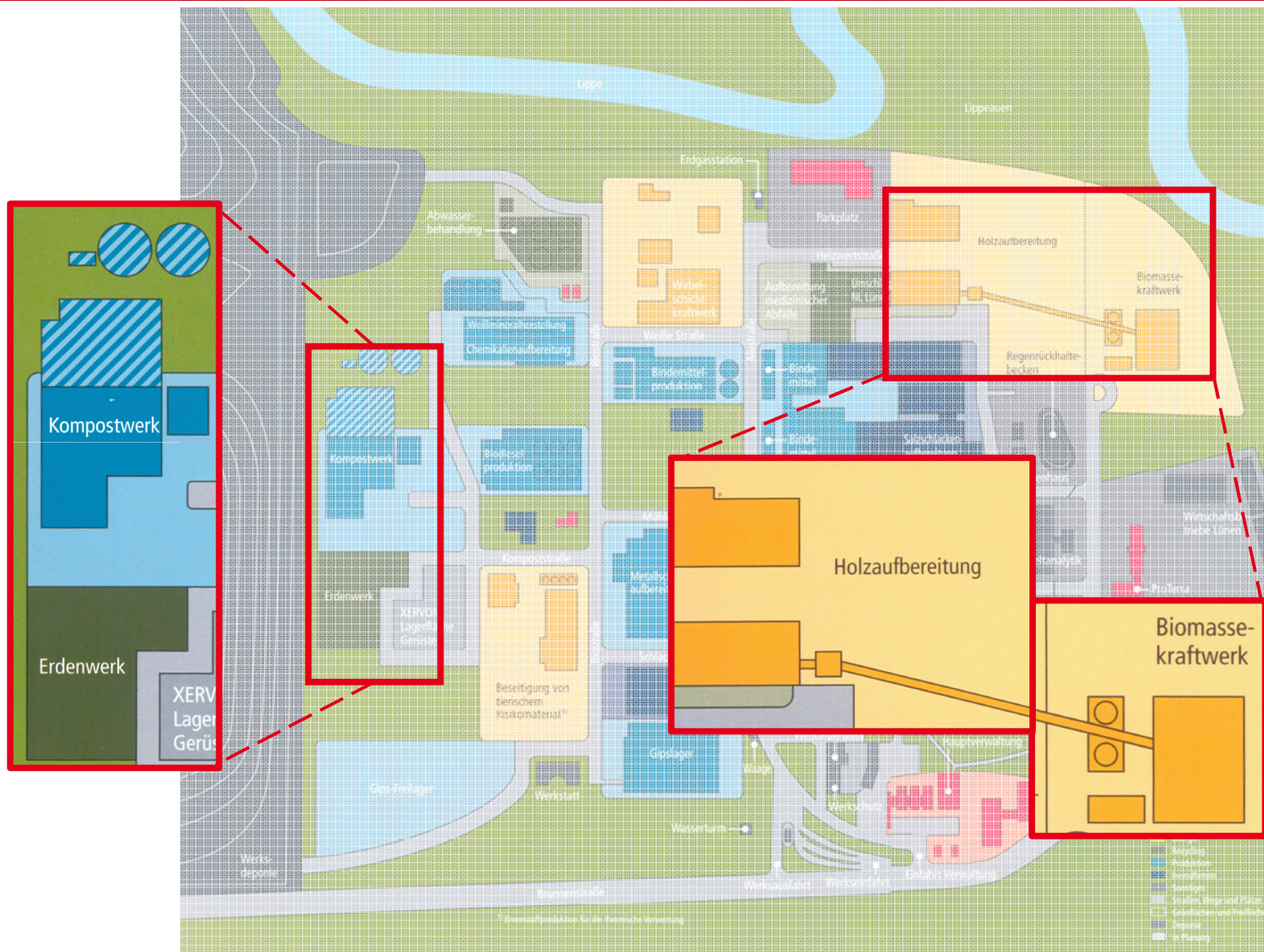
Produkte / Rohstoffe	Menge in t	Einsatzgebiet
RADDiPOR, RADDiPUR, Compound	156.000	Anwendung im Porenbeton, Trockenmörtel und Fliesenstrich
Biodiesel	60.000	Mineralölindustrie
Alumin 7 /8 /10 und HQ	42.000	Wasser- und Abwasserbehandlung, Chemische Industrie
Aktivkomposte gütegesichert nach RAL-GZ sowie Erdsubstrate	38.000	Garten- und Landschaftsbau, Argarindustrie
AlphaHH-Chem, AlphaHH-Sprint, AlphaHH-Dent	35.000	Bauindustrie, Dentalindustrie
Kunststoffgranulate	16.000	Möbelindustrie, Elektroindustrie, Automobilindustrie, Bauindustrie, Freizeitartikel
FE-reiche Fraktionen	12.000	Metallindustrie
Flug- und Grobasche	8.000	Bauindustrie
Metallgranalien	6.000	Metallindustrie
CasulPrint CasulWhite	5.000	Weißpigment für Papierindustrie sowie Farb- und Putzindustrie
Sonstige (z.B. NE-Metalle, Holz, Glas, Biomasse, Kalziumsulfat)	32.000	stoffliche und energetische Verwertung
Gesamt	410.000	

- Jährlich verlassen 0,4 Mio. Tonnen verwertbare Produkte / Rohstoffe das Lippewerk Lünen.
- in der Tabelle sind die mengenrelevantesten dieser Outputströme inklusiver deren Einsatzgebiete dargestellt.

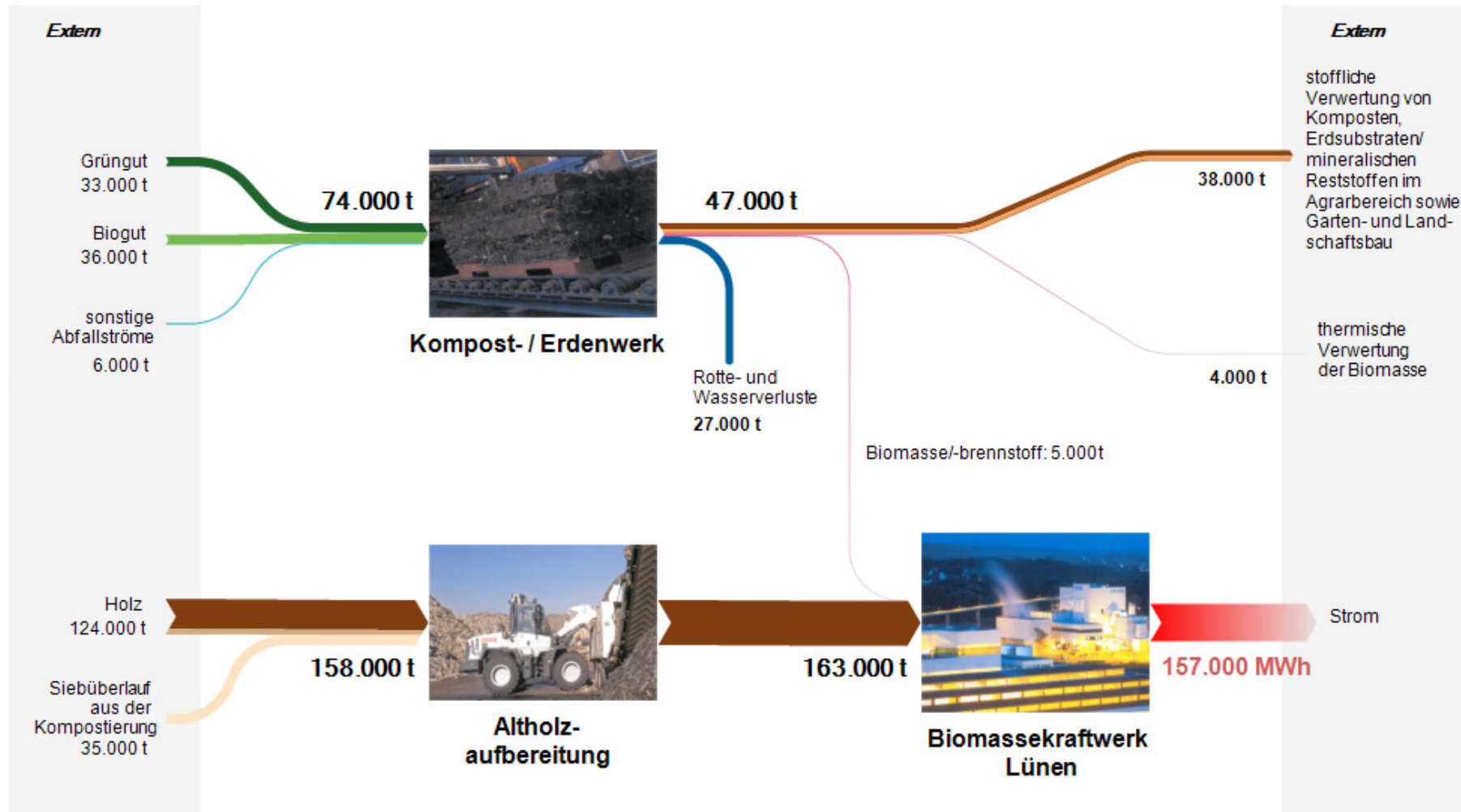


¹⁾ Brennstoffproduktion für die thermische Verwertung

Detailbetrachtung am Beispiel Kompost-/ Erdenwerk, Altholzaufbereitung, Biomassekraftwerk (Jahr 2014)

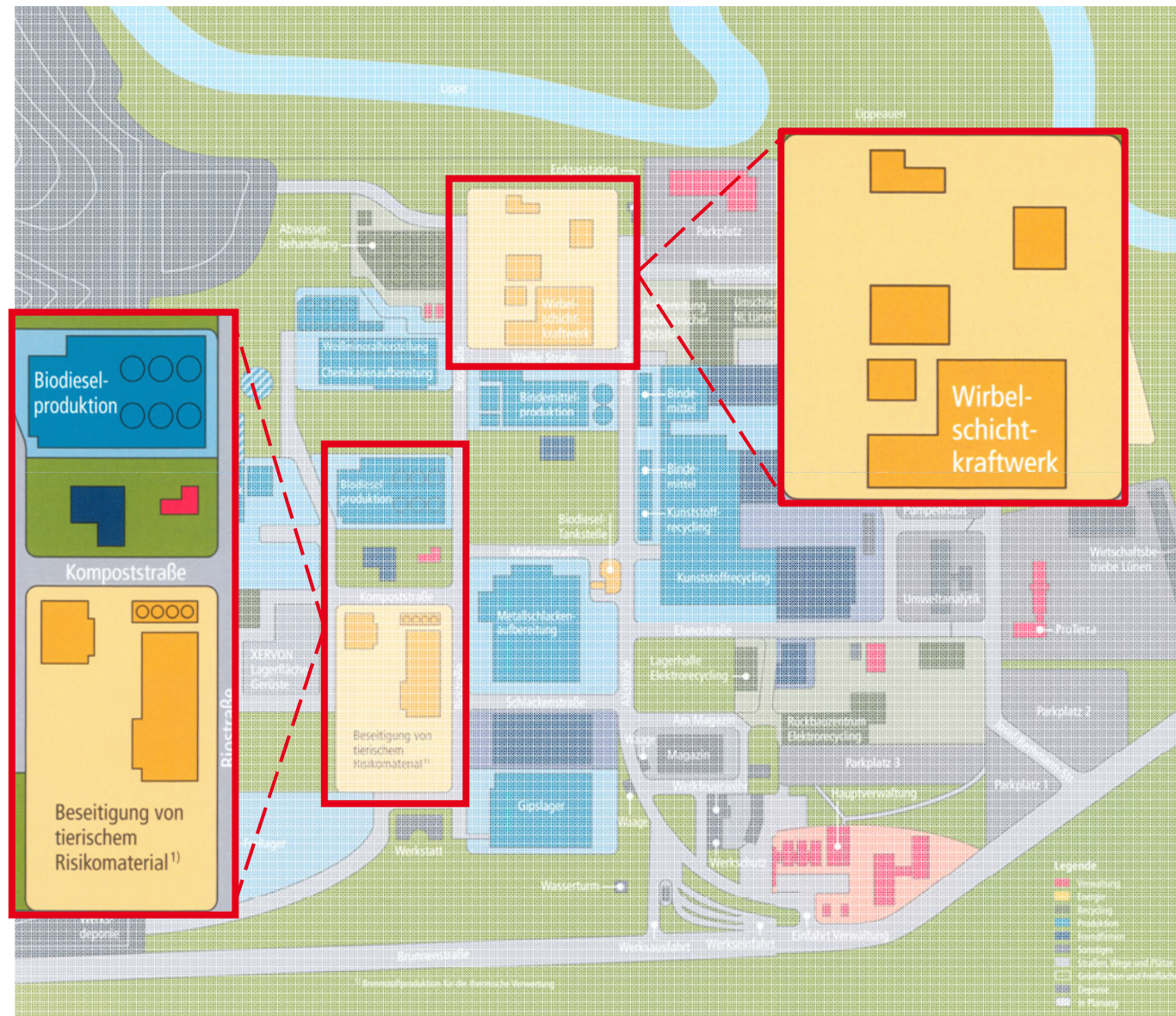


Detailbetrachtung am Beispiel Kompost-/ Erdenwerk, Altholzaufbereitung, Biomassekraftwerk (Jahr 2014)

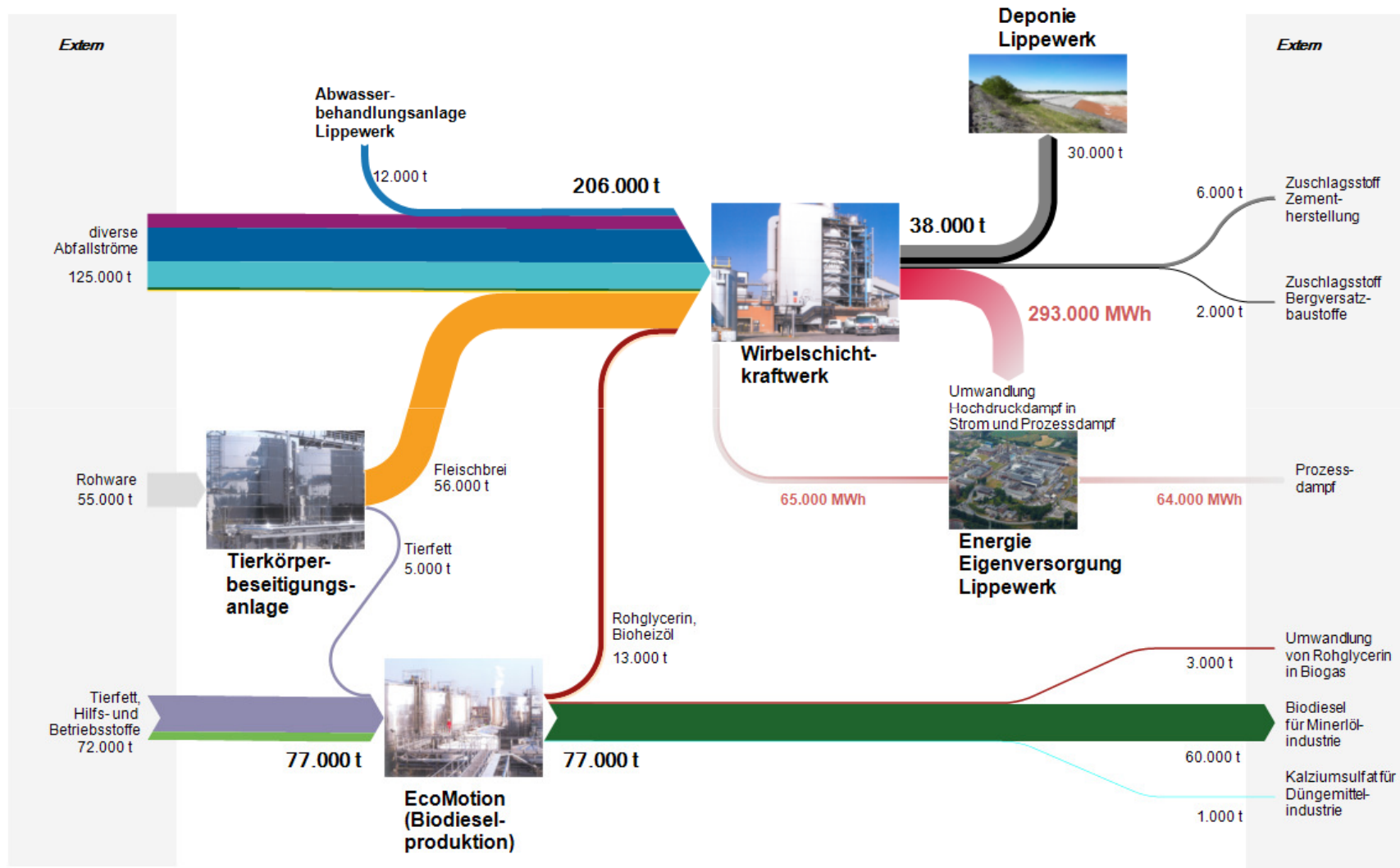


Die Abbildung zeigt die von extern und intern an den jeweiligen Anlagenteilen zugeführten Stoffströme und deren interne sowie externe Verwertung. Die in Anlagenteilen erzeugten Energien sind mit ihren MWh rot dargestellt.

Detailbetrachtung am Beispiel Wirbelschichtkraftwerk, EcoMotion und Tierbeseitigungsanlage



Detailbetrachtung am Beispiel Wirbelschichtkraftwerk, EcoMotion und Tierbeseitigungsanlage (Jahr 2014)



Die Abbildung zeigt die von extern und intern an den jeweiligen Anlagenteilen zugeführten Stoffströme und deren interne sowie externe Verwertung. Die in Anlagenteilen erzeugten Energien sind mit ihren MWh rot dargestellt.



Klimawirkung des Lippewerk Lünen



- Die Abschätzung der Klimawirkung der einzelnen Anlagenteile wurde auf Grundlage von Kennzahlen aus vorhandenen Ökobilanzen.
- Es werden CO₂-Äquivalente dargestellt (CO₂-äq.).
- Die Berechnung der Klimawirkungen basiert im Wesentlichen auf dem Ersatz von Primärrohstoffen durch den Einsatz der im Lippewerk erzeugten Produkte und Rohstoffe.
- Die berücksichtigten Kennzahlen beinhalten bereits die Energieverbräuche bei der Erzeugung der Produkte und Rohstoffe. Aus diesem Grund wurde auf die Berücksichtigung der spezifischen Energieerzeugung im Lippewerk für die Energieversorgung der Anlagen verzichtet. Den spezifischen CO₂-Kennzahlen liegt der Strommix Deutschland zu Grunde, der aufgrund seines geringeren biogenen Anteils eine ungünstigere Klimawirkung als die Energieversorgung durch das Wirbelschichtkraftwerk aufweist.
- Um eine Vergleichbarkeit der einzelnen Anlagen zu ermöglichen wurden die Gesamteinsparungen der jeweiligen Anlage auf die Inputmenge umgerechnet.
- Nicht berücksichtigt wurde der Wasserkreislauf des Lippewerkes.



- Biogener Anteil aller Inputstoffe in das Kraftwerk (alle weiteren Inputstoffe berücksichtigt nach CEN TS 15440): 71 %
 - Biogener Anteil in EBS: 50 %
- Strombereitstellung aus Kraftwerk in Abschätzung nicht berücksichtigt, da Stromverbräuche der weiteren Anlagen bereits in den jeweils genutzten CO₂-Kennzahlen enthalten sind
- Prozessdampfbereitstellung für externe Nutzer: 63.964 MWh/a
- Für die Berechnung der CO₂-Entlastung aus Prozessdampfbereitstellung berücksichtigt:
 - biogener Anteil
 - nur externe Anlagen außerhalb des Lippewerkes
 - 63.964 MWh/a, die an externe Nutzer abgegeben werden
- Unter den dargestellten Annahmen ermittelte spezifische CO₂- Entlastung durch die Prozessdampfbereitstellung des Kraftwerks:
ca. - 62 kg CO₂-äq./Mg Input

**Einsparung Prozessdampfbereitstellung (extern):
ca. - 13.000 Mg CO₂-äq./a**



- Output bezogene Kennzahlen für die Abschätzung genutzt
- Annahme: Aluminiumanteil im CASUL 10 %, Einsparung von Primär-Aluminium angesetzt
- Input in die Casul-Synthese 2014
 - 1.509 t Alumin (Natriumaluminat)
 - 586 t Kalk (CaO)
 - 7.412 t Trinkwasser
 - 1.117 t Gips (CaSo4)
 - 213 t Aktivator
- Unter den dargestellten Annahmen ermittelte spezifische CO₂-Entlastung der Casul-Synthese:
ca. - 320 kg CO₂-äq./Mg Input

Gesamteinsparung: ca. - 3.400 Mg CO₂-äq./a



- Output bezogene Kennzahlen für die Abschätzung angesetzt
- Für den Verwertungsbereich „Agrar“ wurde der Frischkomposteinsatz angenommen.
- Erdsubstrate, mineralische Reststoffe nicht berücksichtigt.
 - Bereits in den CO₂-Kennzahlen enthalten
- Input in das Kompost-/Erdenwerk in 2014:
 - 35.586 Mg Biogut
 - 32.649 Mg Grüngut
 - 5.808 Mg diverse AVV
- Input für den hergestellten Brennstoff: holziges Grüngut
- Unter Berücksichtigung der dargestellten Annahmen ermittelte spezifische CO₂-Entlastung für das Kompost-/Erdenwerk:
ca. - 94 kg CO₂-äq./Mg Input

Gesamteinsparung: ca. - 7.000 Mg CO₂-äq./a



- Tierbeseitigungsanlage ist ein reiner Energieverbraucher
- Gutschriften für den Brennstoffoutput (Fleischbrei, Tierfett) bei EcoMotion-Anlage (Biodieselproduktion) berücksichtigt
- Belastung der Tierbeseitigungsanlage über die Verbräuche Strom, Gas und Dampf berechnet
 - Annahme: Prozessdampf aus standorteigenem Kraftwerk (nur 30 % fossilen Ursprungs)
- Input in die Tierbeseitigungsanlage 2014
 - 54.978 Mg Rohware
- Unter den dargestellten Annahmen ermittelte spezifische CO₂-Belastung für die TBA: ca. 33 kg CO₂-äq./Mg Rohware → Gesamtbelastung: ca. 2.000 Mg CO₂-äq./a
- Auf den Input der EcoMotion- Anlage bezogene Kennzahl für die Abschätzung genutzt
 - Bereits in CO₂-Kennzahl enthalten
 - Erfassung, Sammlung und Transport
 - Belastung durch die TBA
- Input in die EcoMotion 2014
 - 63.000 Mg Tierfett
 - 14.000 Mg Hilfs- und Betriebsstoffe
- Unter den dargestellten Annahmen ermittelte spezifische CO₂-Entlastung für die EcoMotion: ca. - 2.500 kg CO₂-äq./Mg Tierfett

Gesamteinsparung: ca. - 160.000 Mg CO₂-äq./a



- Output bezogene Kennzahlen für die Abschätzung genutzt.
 - Substitution des Primärrohstoffes angenommen
- Input in die Metallschlackenaufbereitung 2014
 - 87.556 Mg unbearbeitete Schlacken
 - 16.582 Mg Edelstahlschlacken (AVV 100809)
 - 3.215 Mg Edelstahlschlacken (AVV 161104)
- Zusammensetzung Metallgranalien
 - 90% Edelstahl, 10% Kupfer
- Unter den dargestellten Annahmen ermittelte spezifische CO₂-Entlastung der Metallschlackenaufbereitung:
ca. - 268 kg CO₂-äq./Mg Schlacke
- Anteil deponierter Schlacken nicht berücksichtigt, da davon auszugehen ist, dass diese aufgrund ihrer mineralischen Qualität in Bezug auf Treibhausgasemissionen nicht relevant sind.

Gesamteinsparung: ca. - 29.000 Mg CO₂-äq./a



- Output bezogene Kennzahlen für verschiedene Recyclate (PE-HD, PA, PP, sonstige Kunststoffe) genutzt
 - Klimawirkungen der Energienutzung bereits in Kennzahlen enthalten
 - Anteil „Abfälle zur werkstofflichen Verwertung“ (1,5 % des Gesamtinputs) nicht berücksichtigt, da Zusammensetzung unbekannt
- Input in die Kunststoffrecyclinganlage 2014
 - 10.468 Mg Fraktion 1 (PE_HD Flaschen)
 - 7.137 Mg Fraktion 2 (Kanister / Fässer / IBC)
 - 1.761 Mg Fraktion 3 (Sonstige Kunststoffe)
 - 139 Mg Fraktion 4 (PA 6)
 - 596 Mg Fraktion 5 (PA 6.6)
 - 102 Mg Fraktion 6 (PP-Kapseln)
- Unter den dargestellten Annahmen ermittelte spezifische CO₂-Entlastung des Kunststoffrecyclings:
ca. - 1.170 kg CO₂-äq./Mg Kunststoffe

Gesamteinsparung: ca. - 24.000 Mg CO₂-äq./a



- Aluminiumanteil im Alumin 7 – 10 %,
- Annahme: für Berechnungen 9 % Aluminiumanteil im Alumin sowie Ersatz von Primär-Aluminium angesetzt
- Anteil Alumin der in der Casul-Synthese genutzt wird, bleibt hier unberücksichtigt
- Input in die Aluminherstellung 2014
 - 39.256 t Rückstandslauge
 - 4.084 t Filterkuchen
 - 21.916 t Zukaufslaugen
 - 1.549 t Aluminiumhydroxid
 - 14.116 t Trink- und Nutzwasser
 - 6.242 t Rückstandssäure
- Unter den dargestellten Annahmen ermittelte spezifische CO₂-Entlastung:
ca. - 350 kg CO₂-äq./Mg Input

Gesamteinsparung: ca. - 30.000 Mg CO₂-äq./a



- Inputbezogene Kennzahlen für die Abschätzung genutzt
 - Kennzahlen sind inklusive der Aufwände für die Aufbereitung
 - Energieverbräuche der Anlage bereits enthalten
 - Kennzahl für S (diverse AVV) nicht zu erheben, da Zusammensetzung unbekannt, auf Grund geringer Mengen nicht berücksichtigt
- Input in die Elektroaltgeräte recyclinganlage 2014
 - 2.450 Mg Haushaltsgroßgeräte
 - 10.080 Mg Haushalts-Kühlgeräte
 - 5.600 Mg Geräte der Informationstechnik & Unterhaltungselektronik
 - 16.800 Mg Haushaltskleingeräte
 - 70 Mg diverse AVV
- Unter den dargestellten Annahmen ermittelte spezifische CO₂-Entlastung des Elektroaltgeräte recycling:
ca. - 1.056 kg CO₂-äq./Mg Elektroaltgeräte

Gesamteinsparung: ca. - 37.000 Mg CO₂-äq./a



- Inputbezogene Kennzahlen für die Abschätzung genutzt
- Ausschließlich energetische Verwertung des Altholzes (Biomassekraftwerke am Standort und extern)
- Input in die Altholzaufbereitung 2014
 - 104.658 Mg Holz
 - 18.556 Mg Holz, das gefährliche Stoffe enthält
 - 29.436 Mg Siebüberlauf aus der Kompostierung externer Firmen
- Unter den dargestellten Annahmen ermittelte spezifische CO₂-Entlastung der Altholzaufbereitung:
ca. - 900 kg CO₂-äq./Mg Input

Gesamteinsparung: ca. - 137.000 Mg CO₂-äq./a



- Output bezogene Kennzahlen für die Abschätzung genutzt
- Erzeugte Bindemittel ersetzen herkömmlich hergestellte Spachtelmassen, Ansetzbinder und Kleber aus Gips sowie Gipsputze
- Input in die Bindemittelproduktion 2014
 - 285.000 Mg REA- und chemischer Gips
- Unter den dargestellten Annahmen ermittelte spezifische CO₂-Entlastung der Bindemittelproduktion:
ca. - 134 kg CO₂-äq./Mg Input

Gesamteinsparung: ca. - 26.000 Mg CO₂-äq./a



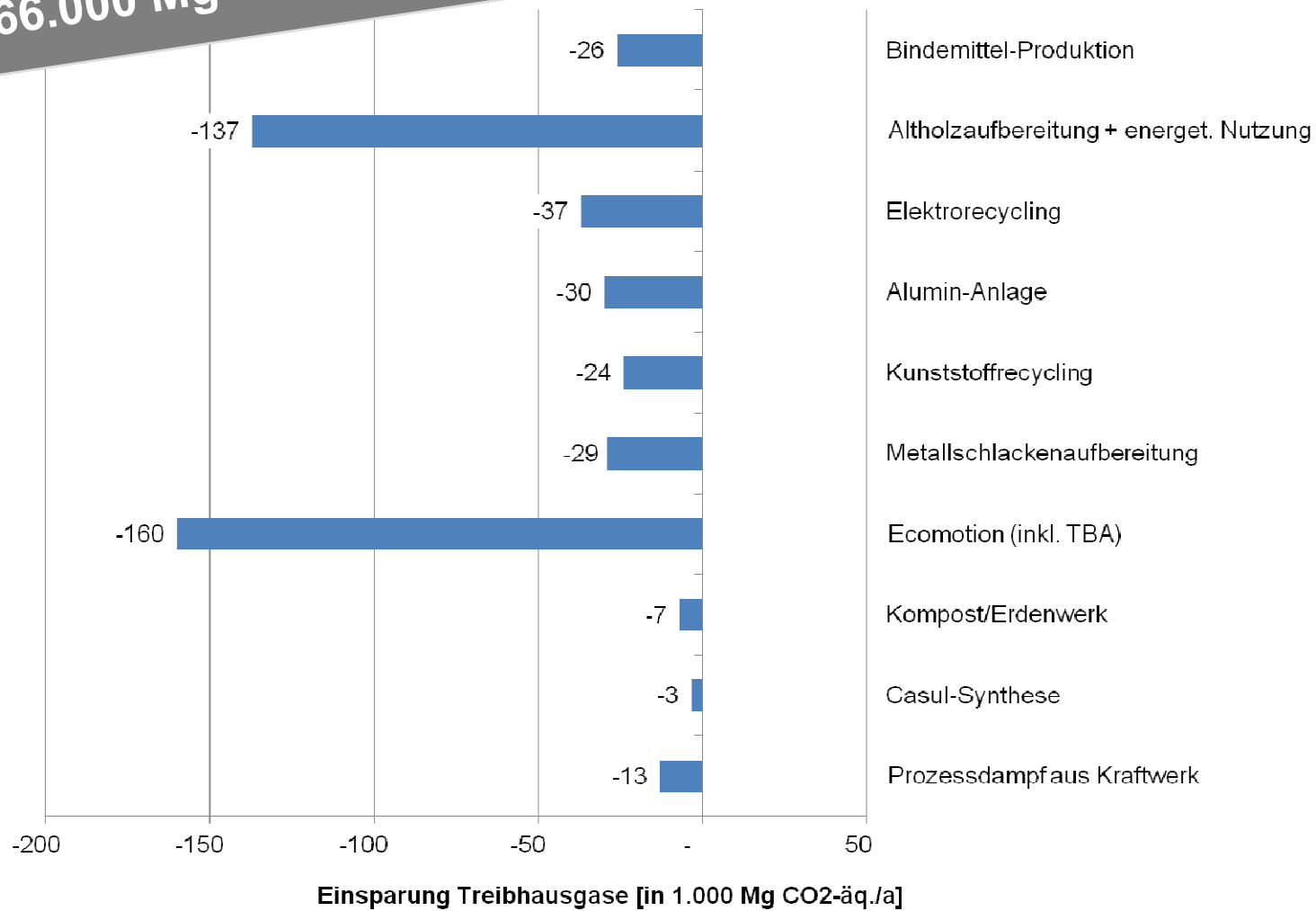
- Einschätzung der Klimawirkung einzelner Anlagen des Lippewerkes Lünen
 - Prozessdampfbereitstellung - 13.000 Mg CO₂-äq./a
 - Casul-Synthese - 3.400 Mg CO₂-äq./a
 - Kompost-/Erdenwerk - 7.000 Mg CO₂-äq./a
 - EcoMotion (inkl. TBA) - 160.000 Mg CO₂-äq./a
 - Metallschlackenaufbereitung - 29.000 Mg CO₂-äq./a
 - Kunststoffrecycling - 24.000 Mg CO₂-äq./a
 - Alumin-Anlage - 30.000 Mg CO₂-äq./a
 - Elektroaltgeräterecycling - 37.000 Mg CO₂-äq./a
 - Altholzaufbereitung und Nutzung in Biomassekraftwerken - 137.000 Mg CO₂-äq./a
 - Bindemittelproduktion - 26.000 Mg CO₂-äq./a

Gesamt circa - 466.400 Mg CO₂-äq./a

Einsparung Treibhausgasemissionen der einzelnen Anlagen des Lippewerkes Lünen (Jahr 2014)



$\Sigma: - 466.000 \text{ Mg CO}_2\text{-}\ddot{\text{a}}\text{q./a}$





- [Bundesverband der Gipsindustrie e.V., 2009] Umweltproduktdeklaration
- [DBFZ 2013] Biodiesel auf der Basis tierischer und pflanzlicher Abfallöle und –fette
- [EdDE-Dokumentation 11] Grünabfälle - besser kompostieren oder energetisch verwerten?
- [Gerke, 2014] Potenziale zur Einsparung von klimarelevanten Emissionen durch den Einsatz von Kunststoffrecyclaten
- [GETEC 2014] Stromrechnung Oktober 2014
- [ifeu 2014] Analysis of allocation approaches of animal by-product treatment in the context of life cycle assessments
- [Infraserv, Höchst 2010] Erfolgsfaktor Energieeffizienz - Carbon Footprint Bericht
- [Institut Bauen und Umwelt e.V., 2014] Umweltproduktdeklaration Hybrid- Fassadenfarbe
- [IWU 2014] Kumulierter Energieaufwand und CO₂-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und -versorgungen
- [Ökoinstitut, HTP 2012] Analyse und Fortentwicklung der Verwertungsquoten für Wertstoffe - Sammel- und Verwertungsquoten für Verpackungen und stoffgleiche Nichtverpackungen als Lenkungsinstrument zur Ressourcenschonung
- [Rat für Nachhaltige Entwicklung 2014] Ressourcenmanagement und Siedlungsabfallwirtschaft
- [UBA 2010] Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft
- [UBA 2012] Optimierung der Verwertung organischer Abfälle
- [UMSICHT, Oryx 2010] CO₂- Reduktion durch intelligentes Recycling von Edelstahlschrott
- [UMSICHT 2011] Recycling für den Klimaschutz
- [ProBas] Abwasserreinigung DE-2005
- [Vogt et al., 2002] Ökobilanz Bioabfallverwertung