



0. INHALTSVERZEICHNIS ERDE

1. Steinwüsten in Vorgärten
2. Wie gehen wir mit unserer ERDE um? Unsere Waldbewohner
3. „Wachstum“ im begrenzten System ERDE?
4. Die Überlastung der ERDE
5. Wachsendes weltweites Abfallaufkommen auf der ERDE
6. Sichere Deponien – aktiver Schutz der ERDE
7. Bioabfall – Ressource für Energie und Kompost
8. Schlacke aus dem MHKW – eine Rohstoffquelle
9. Eine sichere Schadstoffsенке – Filterstaubverwertung unter der ERDE

1. STEINWÜSTEN IN VORGÄRTEN

- Stein“gärten“ werden leider immer beliebter.
- Angeblich sind sie modern, unkrautfrei und pflegeleicht.



- Unter Stein“gärten“ leidet aber die Artenvielfalt: Sie sind ökologisch tote Steinwüsten! ¹

¹ <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/oekologisch-leben/balkon-und-garten/trends-service/trends/23829.html>



- Die Probleme solcher Steinwüsten sind:
 - wenig oder gar keine Pflanzen,
 - häufig werden Neophyten gepflanzt (Verdränger heimischer Pflanzen) und
 - die Steine stammen teilweise nicht aus heimischen Steinbrüchen, sondern z.B. aus China oder Indien.
 - Kies- und Steinflächen heizen sich stärker auf, speichern Wärme und strahlen sie wieder ab.
- Vorgärten und kleine Grünflächen haben eine besondere Bedeutung für die Artenvielfalt und das Klima in der Stadt. Sie bilden ökologische Nischen für Pflanzenarten, Insekten und Vögel, die auf der Suche nach Nahrung und Nistplätzen sind. Sie locken Schmetterlinge, Insekten und Vögel in die Gärten.
- Grünflächen liefern saubere, frische Luft.
- Weitere Infos, wie du es richtig machst unter:
<https://www.ludwigshafen.de/nachhaltig/umwelt/umweltberatung/vorgarten-naturnah-gestalten>.



2. WIE GEHEN WIR MIT UNSERER ERDE UM? UNSERE WALDBEWohner

- Es gibt leider kaum etwas, das nicht schon einmal in der Natur entsorgt wurde.
- Das ist vollkommen unverständlich, denn in Deutschland gibt es viele Möglichkeiten, Abfälle kostenlos oder kostengünstig auf Wertstoffhöfen zu entsorgen.
- Trotzdem passiert es immer wieder. Ein solches Verhalten ist illegal!
- Wer Abfälle vorsätzlich oder fahrlässig illegal entsorgt, der begeht eine Ordnungswidrigkeit und kann mit Geldbußen von bis zu 50.000 Euro belangt werden.
- Und es ist schädlich für unsere ERDE!
- Aus Bauschutt, Batterien, Elektrogeräten und Altholz können mit der Hilfe des Regens Schadstoffe in die ERDE und bis in das GrundWASSER eindringen.¹
- Zigarettenstummel können nicht nur Waldbrände auslösen, sie enthalten Nikotin, welches in das GrundWASSER gelangt, wo es WASSERlebewesen schädigt.
- Bis zu 450 Jahren dauert es, bis sich zum Beispiel eine PET-Flasche im Wald vollständig abgebaut hat. Die Witterung bildet Mikroplastikpartikel, die ERDE und GrundWASSER verunreinigen.
- Gartenabfälle im Wald schleppen die Samen gebietsfremder Pflanzenarten (sogenannte Neophyten) ein, die die heimischen Pflanzen verdrängen.

¹ <https://recyclingportal.eu/Archive/55456>



(mit freundlicher Genehmigung der Werbeagentur Hagenhoff, Osnabrück)



3. „WACHSTUM“ IM BEGRENZTEN SYSTEM ERDE?

- Ist ständiges Wachstum auf der ERDE möglich? Nein!
- Die Masse des Planeten ERDE beträgt 6×10^{21} Tonnen
= 6.000.000.000.000.000.000.000 Tonnen.
- Gibt es Veränderungen an dieser Masse? Ja! ¹
 - Jedes Jahr gehen 36.500 Tonnen Meteoritenstaub auf der ERDE nieder
(+ 100 Tonnen / Tag).
 - Die ERDE wird auch durch die Erderwärmung (= Energie) etwas schwerer.
Dies bewirkt nach Einstein eine Massenzunahme um 160 Tonnen / Jahr.
 - Die ERDE verliert jährlich 16 Tonnen Masse durch radioaktive Abstrahlung.
 - Außerdem verliert die ERDE jedes Jahr 95.000 Tonnen Wasserstoff sowie
1.600 Tonnen Helium.
- Das macht in Summe einen Massenverlust der ERDE von ca. 60.000 Tonnen / Jahr.
→ Die ERDE wird also jedes Jahr ein bisschen kleiner, aber auf keinen Fall größer!
- Die ERDE ist mit ihrer enormen Masse und den sehr geringen Verlusten also ein fast geschlossenes System.
- Wir müssen wohl mit dem klar kommen, was wir auf der ERDE haben!

¹ <https://www.science.lu/de/die-erde-auf-diaet/wie-veraendert-sich-die-masse-der-erde-von-tag-zu-tag>

▽ ERDE

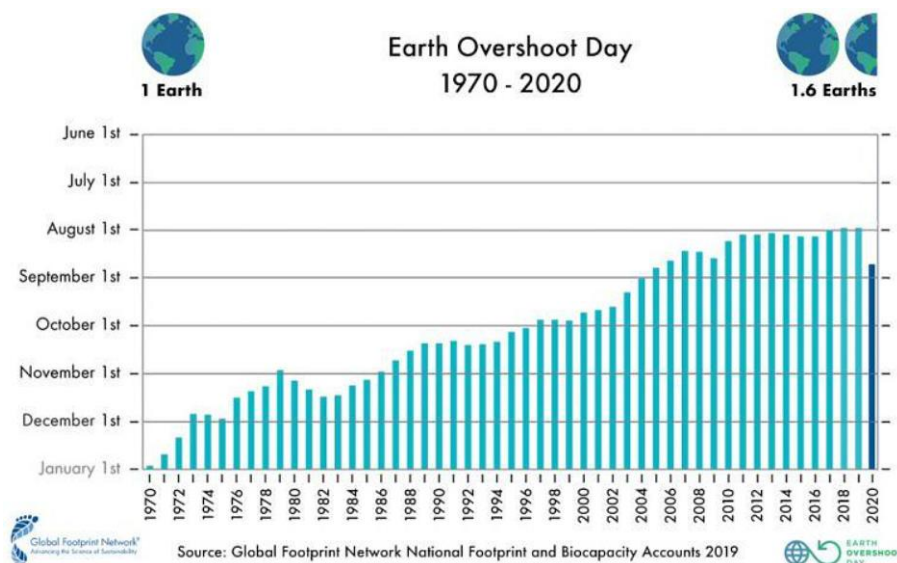
- Was bewirkt das Wachstum eines Teils der ERD-Bewohner im fast geschlossenen System ERDE?
 - Den Verbrauch endlicher Ressourcen,
 - Folgeeffekte in anderen Umweltbereichen (z.B. Klimawandel, s. LUFT) und
 - den Verbrauch von Ressourcen zu Lasten anderer ERD-Bewohner.





4. DIE ÜBERLASTUNG DER ERDE

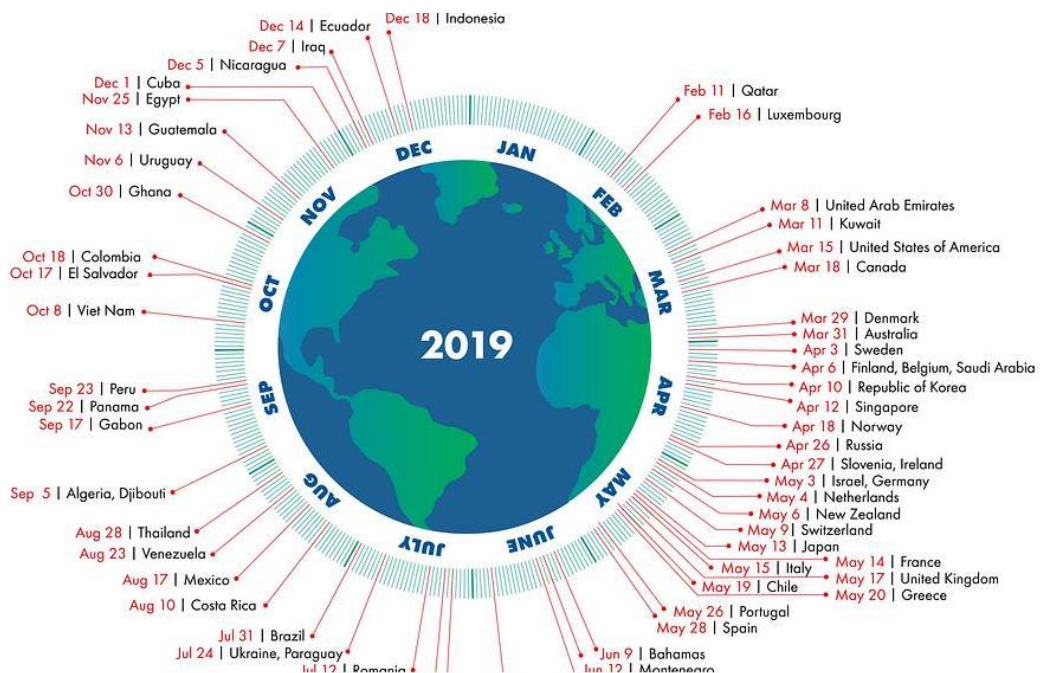
- Die Menschheit auf der ERDE wächst und verbraucht mehr Energie und Ressourcen als sich neu bilden können. Wir überlasten die ERDE!
- Als Messgröße hierfür gibt es zum Beispiel den Welt-Überlastungs-Tag (EARTH Overshoot Day)¹. Dieser gibt an, wann im Laufe eines Jahres die erneuerbaren Ressourcen der ERDE verbraucht sind. In 2020 war dies weltweit bereits am 22. August 2020 der Fall. Das heißt, dass die Menschen sich 2020 so verhalten haben, als ob sie nicht eine, sondern als ob sie 1,6 ERDEN hätten.
- In den letzten fünfzig Jahren haben wir uns auf der ERDE ständig verschlechtert: In den 70er-Jahren reichten die Ressourcen der ERDE noch für ein Jahr bis zum Dezember.



¹ <https://klimaohnegrenzen.de/artikel/2020/06/08/earth-overshoot-day-2020-ressourcen-fuer-dieses-jahr-am-22-august-aufgebraucht>



- In Deutschland war wegen des noch höheren Ressourcenverbrauchs im Jahr 2019 die „Welt-Überlastung“ bereits am 3. Mai gegeben. Wir Deutschen verhalten uns also so, als hätten wir dreimal die ERDE.
- Das nachfolgende Bild zeigt, welche Länder mit Ressourcen schonender und welche mit Ressourcen unvernünftiger umgehen:



- Das können wir alle verändern, wenn Staaten, aber auch Jeder für sich selber, über seinen Ressourcenverbrauch nachdenkt und weniger verbraucht!

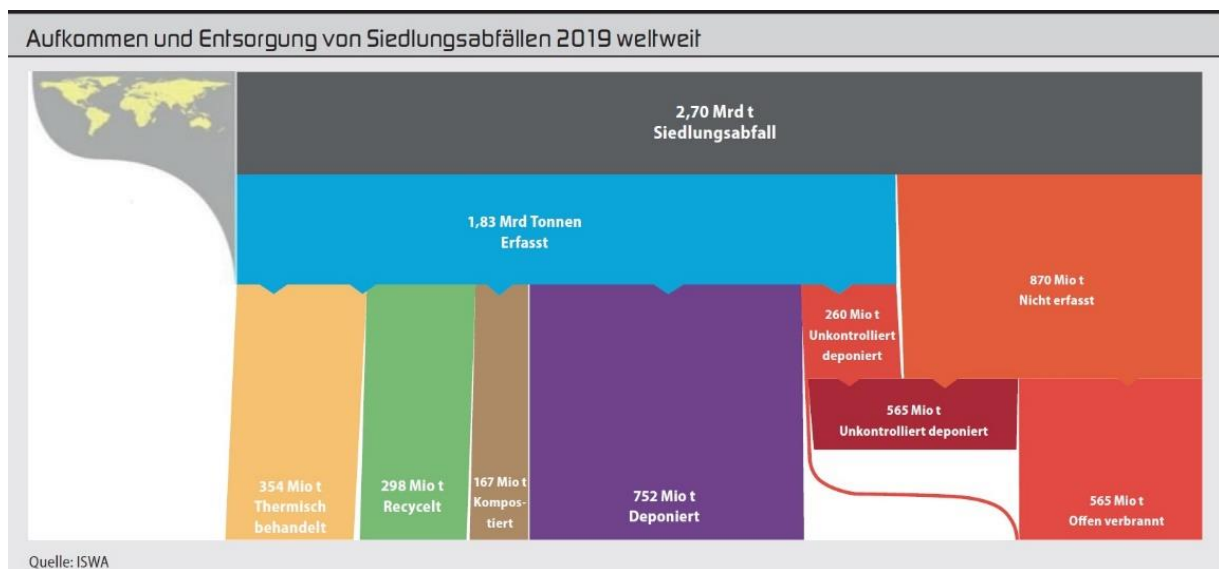
5. WACHSENDES WELTWEITES ABFALL- AUFKOMMEN AUF DER ERDE

- Das Aufkommen an Siedlungsabfällen von Menschen auf der ERDE ist in den vergangenen Jahren deutlich angestiegen.¹
- 2019 sind weltweit 2,7 Milliarden Tonnen Siedlungsabfall angefallen, etwa 700 Millionen Tonnen mehr als 2014 (+35 Prozent).
- Insgesamt sind 20 Milliarden Tonnen Abfall angefallen (2014: 18 Milliarden Tonnen = + 10 Prozent).
 - Das korreliert mit dem weltweiten Wirtschaftswachstum 2014 bis 2019 von 12 Prozent.
 - Die Weltbevölkerung stieg 2014 bis 2019 von 7,3 auf 7,7 Milliarden Menschen (+ 5 Prozent).
 - Der Ressourcenverbrauch nahm 2014-2019 um 17 Prozent, der Energieverbrauch um 8 Prozent zu.
 - Die Menschheit auf der ERDE wächst, verbraucht immer mehr Energie und Ressourcen und erzeugt immer mehr Abfälle.

¹ EUWID Recycling und Entsorgung 07.10.2020: <https://www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/einzelansicht/Artikel/aufkommen-an-siedlungsabfall-steigt-weltweit-deutlich-an.html>



- Von einer Kreislaufwirtschaft ist die ERDE noch weit entfernt:
 - Von 2,7 Milliarden Tonnen an Siedlungsabfällen wurden 2019 nur zwei Drittel (1,83 Milliarden Tonnen) erfasst.
 - Ein Drittel (0,87 Milliarden Tonnen) wurden 2019 gar nicht erfasst. Sie wurden zusammen mit 0,26 Milliarden Tonnen, die eigentlich schon erfasst waren, illegal entsorgt. Das waren insgesamt 1,13 Milliarden Tonnen Abfall = 42 Prozent, die offen verbrannt oder unkontrolliert abgekippt wurden!
 - Nur 1,57 Milliarden Tonnen (= 58 Prozent) wurden in geregelter Weise recycelt, kompostiert, verbrannt oder deponiert.
-





6. SICHERE DEPONIEREN – AKTIVER SCHUTZ DER ERDE

- Nach den gesetzlichen Regelungen ist es in Deutschland schon seit 2005 verboten, nicht-mineralische Abfälle (das heißt, die Abfälle, die einen bestimmten Gehalt an organischen Stoffen überschreiten) zu deponieren.
- Hausmüll und Sperrmüll aus Haushalten sowie Gewerbeabfälle dürfen daher seit 2005 nicht mehr auf Deponien abgelagert werden. Deponiert werden dürfen nur noch mineralische Abfälle, wie z. B. Bauschutt, Boden und Straßenaufbruch.
- Deponiert werden dürfen zusätzlich nur Abfälle, die so vorbehandelt wurden, dass sie nur noch sehr geringe organische Bestandteile enthalten. Das gelingt am besten durch das Verbrennen des Abfalls in einem Müllheizkraftwerk.
- Ohne eine solche Vorbehandlung der Abfälle würden in der Deponie jahrzehnte- bis jahrhundertelange chemische Reaktionen und physikalische Prozesse stattfinden, die zur SickerWASSER-Bildung führen, welche letztlich das GrundWASSER belastet. Dieses SickerWASSER enthält eine Vielzahl von organischen und anorganischen Substanzen. Es kann über Jahrzehnte austreten und in das GrundWASSER gelangen.
- Außerdem würden sich mit nicht vorbehandelten Abfällen dauerhaft Deponiegase bilden, die klimaschädlich sind (s. hierzu **LUFT**: Klimaschutz durch sichere Deponien).

▽ ERDE



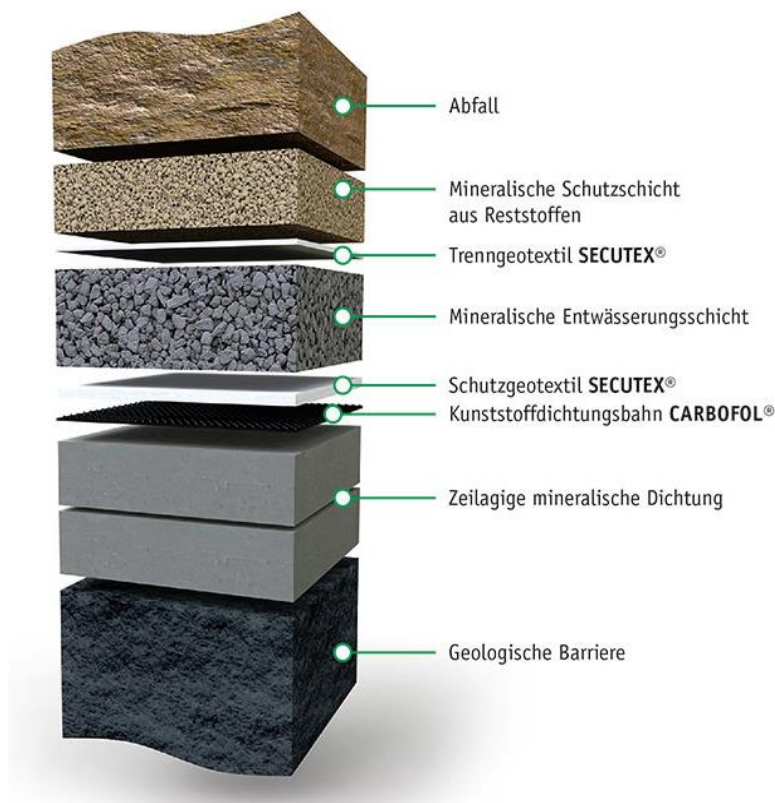
frühere Hausmüll-Deponie



heutige Deponie mit Oberflächen- und Basis-Abdichtung

▽ ERDE

- Durch die gesetzlich geregelten Deponie-Vorschriften müssen Abfalldeponien neben der Oberflächen-Abdichtung (s. hierzu **LUFT**) zusätzlich eine untere Basis-Abdichtung zum Schutz der darunter liegenden **ERDE** und eine Sicker**WASSER**-Erfassung und -Reinigung haben.



Basis-Abdichtung einer Deponie

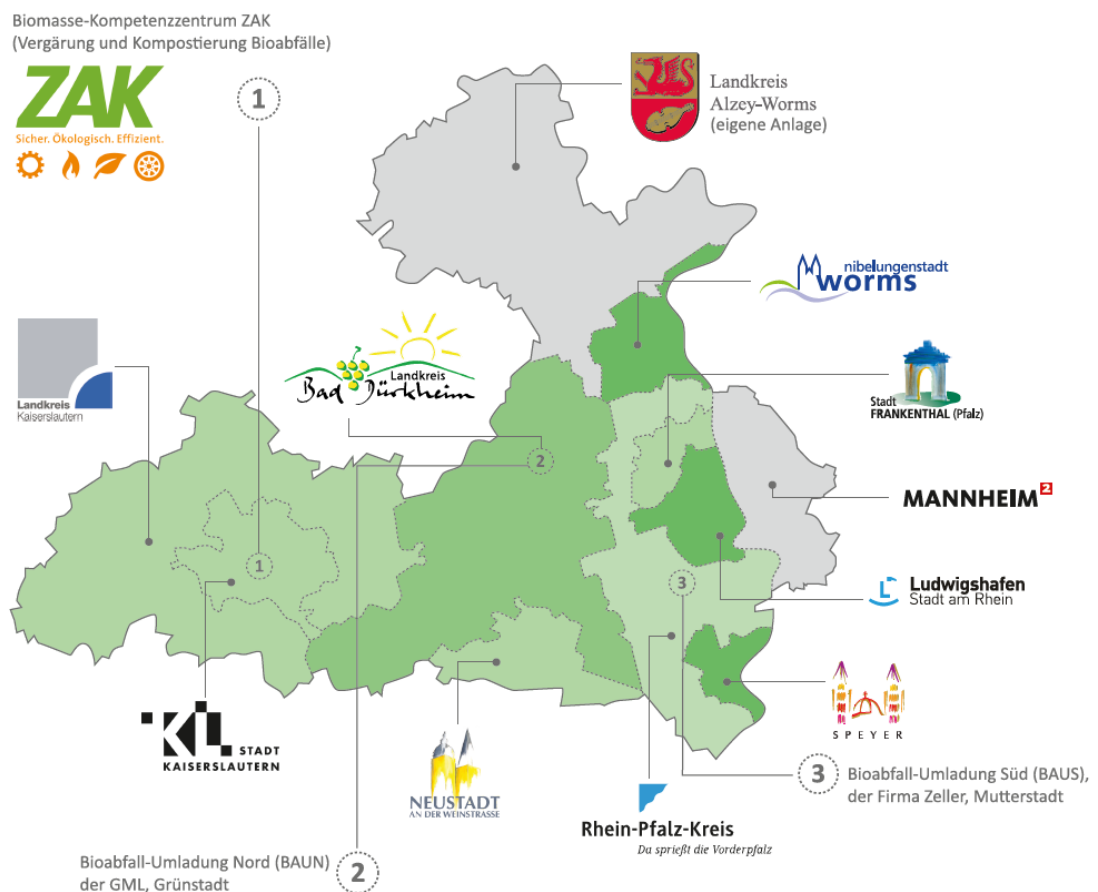
- Aus den Siedlungsabfällen evtl. durch Regen**WASSER** ausgewaschene Schadstoffe – das sog. Deponie-Sicker**WASSER** – wird so wirksam aufgefangen und gelangt nicht mehr in das Grund**WASSER**.

7. BIOABFALL – RESSOURCE FÜR ENERGIE UND KOMPOST

- Bioabfälle – mancherorts auch „Biogut“ genannt – enthalten Kohlenstoff, der bio-gen, d.h. ursprünglich durch Lebewesen aus dem Kohlenstoffdioxid (CO₂) der Luft gebildet wurde.
- Wenn dieser Kohlenstoff durch Verbrennung wieder in CO₂ umgewandelt wird, dann ist das genau dann „klimaneutral“, wenn dies in dem Maße geschieht, in dem auch neue Biomasse entsteht.
- Denn bei einer Verrottung würde chemisch genau dasselbe in gleicher Menge passieren, nur langsamer.
- Bei einer modernen Bioabfall-Verwertung werden aus Bioabfällen, die aus z.B. Gemüse, sonstigen Küchen- und teilweise Gartenabfällen entstehen, Strom und Fernwärme sowie Qualitäts-Kompost (zum Beispiel Blumenerde) gewonnen.
- So z.B. bei der Zentralen Abfallwirtschaft Kaiserslautern – ZAK in Kaiserslautern: Hier werden die Bioabfälle der ZAK (Stadt und Landkreis Kaiserslautern) mit den Bioabfällen der anderen GML-Gesellschafter (Ludwigshafen, Worms, Speyer, Frankenthal, Neustadt, Rhein-Pfalz-Kreis und Landkreis Bad-Dürkheim) gemeinsam verwertet. Einzige Ausnahmen: Die Stadt Mannheim erledigt dies zusammen mit der Stadt Heidelberg und der Landkreis Alzey-Worms betreibt seine eigene Anlage in Framersheim.

▽ ERDE

- Es werden so ca. 60.000 Tonnen/Jahr an Bioabfällen von immerhin rund 1.000.000 Einwohnern zur energetischen und stofflichen Verwertung gebündelt!
- Die Bündelung dieser Bioabfallmengen in einer gemeinsamen Anlage steigert die Wirtschaftlichkeit für alle GML-Gesellschafterkommunen (Synergie) als Grundlage für stabile Abfallgebühren!



Einzugsgebiet des Biomasse-Kompetenzzentrums der ZAK in Kaiserslautern

▽ ERDE

- Die Bioabfälle werden in der Bioabfall-Umladeanlage Süd (BAUS) der Firma Zeller in Mutterstadt und der Bioabfall-Umladeanlage Nord (BAUN) der GML in Grünstadt umgeschlagen und nach Kaiserslautern-Kapiteltal transportiert. Das sind nur max. 60 Kilometer Entfernung und die Transporter der ZAK sind in der anderen Fahrtrichtung jeweils mit den Restabfällen der ZAK ausgelastet, die zum MHKW Ludwigshafen transportiert werden.



Transportkette Bio- und Restabfälle GML / ZAK

- Im Kapiteltal werden die Bioabfälle einem komplizierten mehrstufigen Abfallbehandlungsverfahren zur energetischen und stofflichen Abfallverwertung unterzogen.
- Nach der Entladung werden sie zunächst mechanisch in einer Hochdruckpresse (VM-Presse) mit rund 50 Bar Überdruck ausgepresst. In dieser Presse erfolgt die Aufteilung des Bioabfalls in den flüssigen Nassanteil und den trockenen Pressrest (Trockenanteil).



Hochdruckpresse (VM-Presse) der ZAK

- Der Nassanteil wird in einen etwa 2.000 Kubikmeter großen Behälter, den Vergärungs-Reaktor geführt und dort anaerob (d.h. unter Luftabschluss) vergoren. Während einer etwa dreiwöchigen Verweilzeit wird kontinuierlich Biogas mit einem Methangehalt von etwa 55% erzeugt und zur Energieproduktion in das benachbarte Biomasse-Heizkraftwerk der ZAK geleitet. Täglich wird neuer Nassanteil zugegeben und Gärrest, der nicht entwässert wird, abgezogen.



Vergärungsreaktor der ZAK



- Im Biomasse-Heizkraftwerk werden Altholz, Biogas und Grobanteil aus der Kompostierung (nicht spezifikationsgerechter Kompost) energetisch verwertet.
- Es werden so jährlich ca. 11.000.000 Kilowattstunden Strom ins Stromnetz eingespeist – das entspricht dem jährlichen Strombedarf von ca. 3.000 Ein-Personenhaushalten.
- Außerdem werden an die Stadtwerke Kaiserslautern jährlich über 40.000.000 Kilowattstunden Fernwärme abgegeben – das entspricht dem Wärmebedarf von ca. 3.000 Haushalten.



Biomasseheizkraftwerk der ZAK

- Der Trockenanteil aus der VM-Pressen und der nicht entwässerte Gärrest werden einem Mischer zugeführt, in dem der Gärrest aerobisiert, d.h. belüftet wird. Die Abluft aus diesem Mischer wird dem Biomasse-Heizkraftwerk als Primärluft und zur Abluftbehandlung zugeführt.
- Der mit dem Gärrest durchmischte Trockenanteil fällt aus dem Mischer in Anhänger und wird zum Kompostwerk transportiert. Über Fördertechnik werden dort die 16 Intensiv-Rotteboxen befüllt und der Bioabfall kompostiert sowie hygienisiert, d.h. Keime werden durch die Wärme abgetötet. Dabei anfallendes Presswasser wird aufgefangen und in einer Abwasserbehandlungsanlage gereinigt.
- Nach Abschluss der Hygienisierung wird das Material aus den Rotteboxen per Radlader entnommen, auf überdachten Freiflächen zu Kompostmieten aufgesetzt und mehrmals mit einem Brückenumsetzer gewendet.



Kompostierungsanlage der ZAK



- Nach Ablauf der Rotte wird der Kompost mehrstufig aufbereitet: Durch Grob- und Feinklassierer, Magnetscheider und spezielle Kunststoff- und Glasabtrenner wird das Material in Kompost und eine Grobfraction getrennt. Der Kompost unterliegt einer Gütesicherung und wird landwirtschaftlich verwertet, die Grobfraction wird im Biomasseheizkraftwerk energetisch verwertet.
- Es wird so eine Menge von ca. 20.000 Tonnen pro Jahr gütegesichertem Kompost produziert, der unter dem Namen „Palatium – das Qualitäts-Düngemittel aus der Pfalz“ vermarktet wird.



Kompostabholung ¹

- Ein weitgehend geschlossener Kreislauf, bei dem aus Bioabfällen, die aus der **ERDE** stammen und Sonnenenergie gespeichert haben, Strom und Fernwärme sowie Kompost (= neue **ERDE**) entstehen!

¹ VHE, <https://www.vhe.de/presse/bildmaterial/>

8. SCHLACKE AUS DEM MHKW – EINE ROHSTOFFQUELLE

- Auch das, was nach der Abfallverbrennung im Gemeinschafts-Müllheizkraftwerk Ludwigshafen verbleibt – die Schlacke – findet einen umweltverträglichen Weg: Sie gelangt für ein Recycling zunächst in eine Aufbereitungsanlage; aktuell in die der Firma REMEX Mineralstoff GmbH in Mannheim.



Aufbereitungsanlage für Schlacke der REMEX in Mannheim

- Zunächst wird die Schlacke einige Wochen auf dem Gelände der Aufbereitungsanlage gelagert. In diesem Zeitraum altert sie. Es finden u.a. chemische Reaktionen statt, welche die enthaltenen Schwermetallsalze von Blei oder Kupfer binden.
- Danach beginnt die Aufbereitung. Zunächst werden Störstoffe aussortiert, welche die nachfolgende Metallsortierung stören würden. Hierzu gehört z.B. auch Unverbranntes, wie Papier oder Holz, welches wieder in die Abfallverbrennung zurückgeführt wird.



- Im Anschluss daran werden die Metalle aussortiert. Dies geschieht mit Hilfe von Magnetscheidern für Eisenmetalle und mit Wirbelstromscheidern für Nicht-Eisenmetalle.
- Aus ursprünglich 200.000 Tonnen Siedlungsabfall pro Jahr werden insgesamt ca. 4.000 Tonnen Metalle zurückgewonnen, darunter ungefähr 3.200 Tonnen Eisenmetalle und ca. 800 Tonnen Nicht-Eisenmetalle wie Aluminium, Kupfer oder Zink.
- Die Sekundär-Metalle werden recycelt und an spezialisierte Metallverwerter zur weiteren Verarbeitung übergeben. Sie ersetzen Primärrohstoffe und tragen damit zur Ressourcen- und Energieschonung bei.
- Die verbleibenden mineralischen, inerten (d. h. nicht mehr reaktiven) Anteile der Hausmüllverbrennungsschlacke gelangen derzeit zur Ablagerung auf die Deponie Kapiteltal in Kaiserslautern.
- Mit dem Recycling der Metalle aus Schlacken ist der Mehrfach-Nutzen der Abfallverbrennung komplett:

1. Massenreduzierung des Abfalls um 70 bis 75 Prozent	✓
2. vollständige Hygienisierung des Abfalls, Zerstörung von brennbaren Schadstoffen	✓
3. Energiegewinnung aus dem Rauchgas	✓
4. Abgasreinigung und Ausschleusung von Schadstoffen in der Rauchgasreinigung	✓
5. Metall-Rückgewinnung aus der Schlacke	✓

9. EINE SICHERE SCHADSTOFFSENKE – FILTERSTÄUBE UNTER DER ERDE

- Die im Gewebefilter der Rauchgasreinigung im Gemeinschafts-Müllheizkraftwerk Ludwigshafen abgeschiedenen Filterstäube enthalten alle Schadstoffe, die nicht im **FEUER** zerstört werden können. Über die Filterstäube werden sie wirksam aus dem Rauchgas ausgeschleust.
- Etwa 7.000 Tonnen an Filterstäuben entstehen so im Jahr und für die gilt es, einen sicheren Ort für die Entsorgung zu wählen. Denn Filterstäube sind wegen ihrer Inhaltsstoffe gefährliche Abfälle („Sonderabfälle“).



Silo-Transporter für Filterstaub-Transporte



- Zunächst werden sie im Gemeinschafts-Müllheizkraftwerk Ludwigshafen in geschlossenen Silos gelagert. Von dort holen sie spezielle Silo-Transporter ab. Diese verfügen über einen geschlossenen Tank, der die Stäube aufnimmt.
- Die Silo-Transporter sind Gefahrgut-Transporter. Sie sind speziell ausgerüstet und besonders gekennzeichnet, damit sie im Gefahrenfall erkannt werden können.
- Diese Silo-Transporter fahren aktuell von Ludwigshafen etwa 230 Kilometer in Richtung Nordosten nach Unterbreizbach in Thüringen. Dort gibt es ein Kalibergwerk der K+S Gruppe. In ca. 800 Metern Tiefe („unter Tage“ im Bergmanns-Deutsch) sind durch den Abbau von Rohsalz Hohlräume entstanden. Es gibt dort kilometerweit kein Wasser, keine Lebewesen und keine Verbindung mit der Biosphäre! Mit diesen besonderen geologischen Bedingungen aus mächtigen, undurchlässigen Salz- und Tonschichten bieten sie ein ideales Umfeld für die Verwertung von Filterstäuben und isoliert diese von der Umwelt.
- Und das Besondere: Die Filterstäube erfüllen hier noch eine sehr wichtige Funktion, denn ihre Festigkeit wird genutzt, um Teile des Bergwerks zu sichern und so Senkungsgefahren auszuschließen. Das nennt man „Unter-Tage-Versatz“.

- In Unterbreizbach werden die Filterstäube zunächst in einer übertägigen Anlage angenommen und pneumatisch in Silos umgeschlagen.



LKW-Entladung in der Untertage-Verwertung Unterbreizbach

- Von den übertägigen Silos aus gelangen sie über geschlossene Rohrleitungen in eine Tiefe von etwa 800 Metern unter Tage, wo sie in der sogenannten „Dickstoffanlage“ zu einer Suspension (Mischung aus Flüssigkeit und nicht gelöstem Feststoff) verarbeitet werden. Das geschieht durch Versetzen mit einer Salz-Lösung aus dem Bergwerk. Der dabei entstehende Dickstoff wird über Rohrleitungen in Hohlräume gepumpt. Er härtet dort unter kompletter Abbindung der Flüssigkeit aus. Die betonähnliche Masse übt die Stützwirkung aus, die für die Sicherung des Hohlraums gebraucht wird (Unter-Tage-Versatz).



Dickstoffanlage unter Tage in Unterbreizbach

- Ein Salzstock in der ERDE ist der perfekte Ort, um die Filterstäube absolut sicher zu verwerten und die ERDE zu schützen.