

△ LUFT

DIE LUFT-FRAGEN

1. Was ist **LUFT**?
2. Für saubere **LUFT** – gesetzliche Regeln für das MHKW
3. Wo liegen die tatsächlichen Emissionen des MHKWs?
4. Was und wieviel ist ein Nanogramm?
5. Waren die Abgase von MHKWs immer so?
6. Wie werden die Emissionen im MHKW gemessen?
7. Wie werden die Rauchgase des MHKWs gereinigt?
8. Warum sieht die Dampffahne manchmal dunkel aus?
9. Die Schadstoffsenke Abfallverbrennung
10. Ist das im MHKW entstehende CO₂ schlecht für unser Klima?
11. Klimaschutz durch sichere Deponien
12. Steigen die **LUFT**-Temperaturen an?
13. Wie hat sich der CO₂-Gehalt der **LUFT** langfristig verändert?
14. Was ist der Kohlenstoff-Kreislauf der **ERDE**?
15. Hängen der CO₂-Anstieg der **LUFT** und der Temperaturanstieg zusammen?

△ LUFT

16. Warum wird die LUFT mit mehr CO₂ wärmer?
17. Die Keeling-Kurve
18. Abfallwirtschaft und Klimaschutz

△ LUFT

1. WAS IST LUFT?

- Saubere **LUFT** ist für den Menschen unsichtbar:



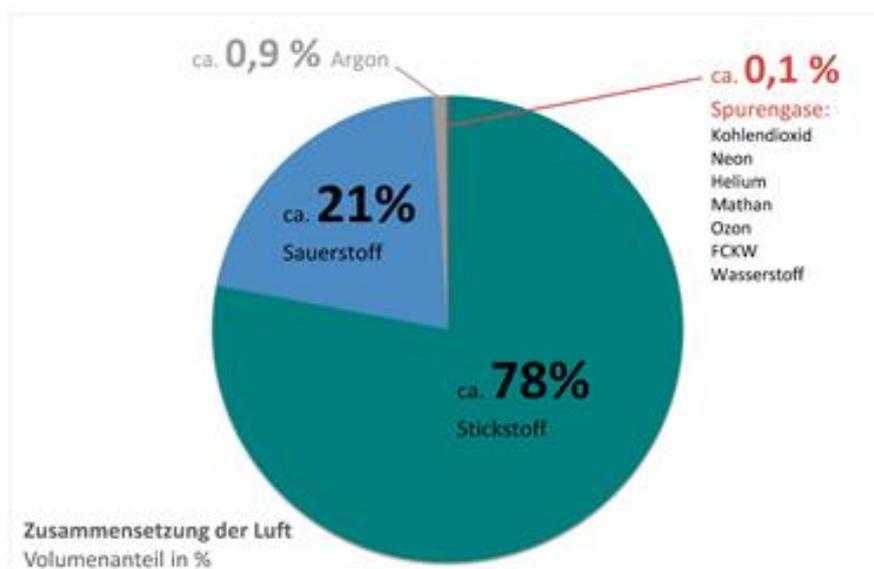
Auf diesem Foto sieht man den kondensierten **WASSER**dampf in der **LUFT**, der die Wolken bildet.

- **LUFT** ist ein Gemisch verschiedener Gase¹:
- Den größten Anteil an den Gasen hat Stickstoff (N₂) mit 78 Prozent.
- Danach folgt der lebenswichtige Sauerstoff (O₂) mit 21 Prozent und danach das Edelgas Argon (Ar) mit 0,9 Prozent.
- Das sind bereits 99,9 Prozent.

¹ <http://www.br.de/themen/wissen/meteorologie-wetter-atmosphaere100.html>

△ LUFT

- Nur insgesamt ca. 0,1 Prozent = 1 Promille machen Spurengase aus, wie:
 - Kohlenstoffdioxid (CO₂),
 - Methan (CH₄),
 - die Edelgase Helium (He) und Neon (Ne) und
 - Ozon (O₃), Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKW) und Wasserstoff (H₂).



- **LUFT** bzw. den in ihr enthaltenen Sauerstoff brauchen wir alle zum Atmen.
- Eine schadstoffhaltige **LUFT** macht uns krank!

△ LUFT

2. FÜR SAUBERE LUFT – GESETZ- LICHE REGELN FÜR DAS MHKW

- Bereits seit dem Jahr 1974 gibt es das Bundes-Immissionsschutz-Gesetz¹, welches den Menschen und die Natur vor schädlichen Einwirkungen – den sogenannten "Immissionen" – schützt.
- Immissionen sind das, was auf den Menschen insgesamt einwirkt, also eine Summe verschiedener Einflüsse.
- Die 17. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes² aus dem Jahr 1990 regelt streng die Emissionen von Abfallverbrennungsanlagen. Emissionen sind das, was von einer einzelnen Anlage ausgeht, z.B. die Abgase (aber auch Lärm).
- Immissionen sind also die Summe aller an einem bestimmten Ort einwirkenden Emissionen verschiedener „Emittenten“.
- Bezüglich der Emissionen einer Abfallverbrennungsanlage gilt: Die Konzentration bestimmter zu messender Stoffe im Abgas darf die vom Gesetzgeber festgelegten Emissions-Grenzwerte nicht übersteigen.

¹ <https://de.wikipedia.org/wiki/Bundes-Immissionsschutzgesetz>

² https://de.wikipedia.org/wiki/Verordnung_%C3%BCber_die_Verbreunung_und_die_Mitverbreunung_von_Abf%C3%A4llen

△ LUFT

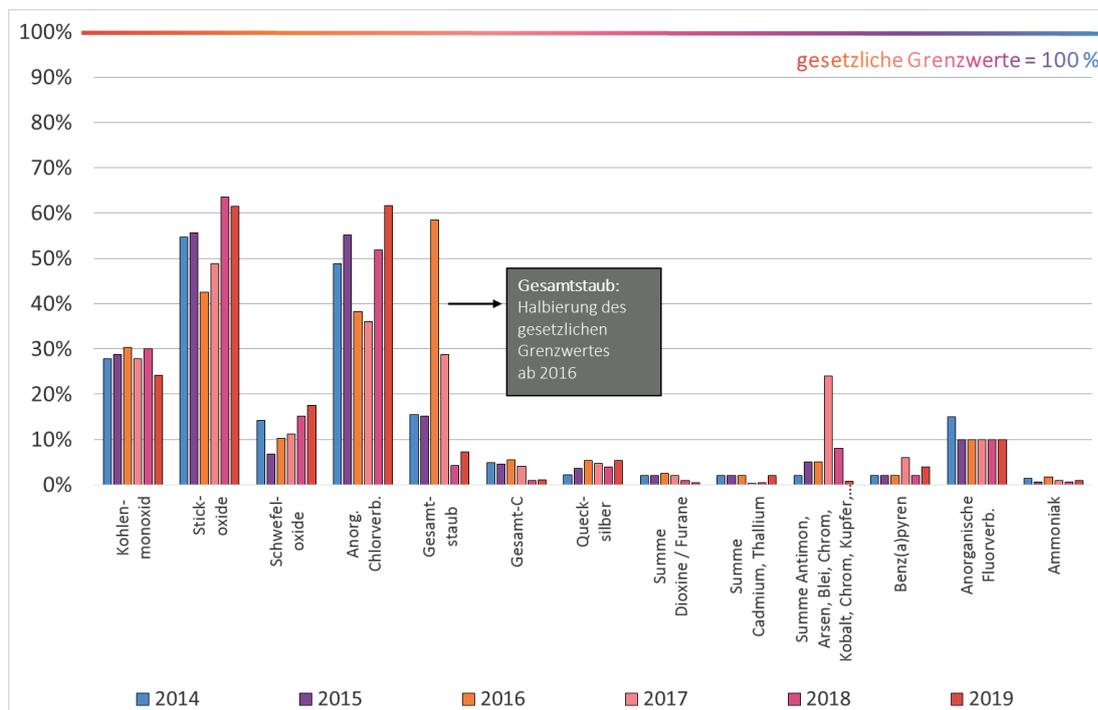
- Die gemessenen Werte werden elektronisch dokumentiert und können nicht manipuliert werden.
- Die Aufsichtsbehörde – im Fall der GML die SGD Süd (Struktur- und Genehmigungsdi- rektion Süd in Neustadt an der Weinstraße) – hat jederzeit Einsicht in diese Daten und überprüft diese.
- Die SGD Süd kann bei Verstößen die Betriebserlaubnis entziehen.
- Die vom Gesetzgeber geforderten Grenzwerte hält das Gemeinschafts-Müllheizkraft- werk Ludwigshafen sehr sicher ein.

△ LUFT

3. WO LIEGEN DIE TATSÄCHLICHEN EMISSIONEN DES MHKW?

- In der nachfolgenden Darstellung werden alle gesetzlich vorgegebenen Grenzwerte als „100 Prozent“ dargestellt. Dies geschieht, da die Grenzwerte alle sehr unterschiedliche Dimensionen haben.
- Ein Beispiel: Der Gesetzgeber erlaubt maximal:
 - z. B. die Emission von 100 Milligramm pro Kubikmeter an Stickoxiden
= **0,1 Gramm** pro Kubikmeter Abgas,
 - aber nur eine Emission von 0,1 Nanogramm pro Kubikmeter an Dioxinen
= **0,000000001 Gramm** pro Kubikmeter Abgas.
 - Alleine zwischen diesen beiden gesetzlichen Grenzwerten besteht ein **Verhältnis von eins zu einer Milliarde!** Das könnte man in einer Abbildung gar nicht mehr darstellen, also bezieht man es auf den erlaubten Grenzwert.
- Die nachfolgende Abbildung zeigt damit, wie weit die Emissionen des MHKW Ludwigshafens unter den gesetzlichen Grenzwerten liegen.

ALUFT



Einhaltung gesetzlicher Grenzwerte im Gemeinschafts-Müllheizkraftwerk Ludwigshafen (Jahres-Mittelwerte 2019)

- Wie diese Abbildung zeigt, liegt das Müllheizkraftwerk Ludwigshafen bei Stickoxiden – einem der Verursacher des „sauren Regens“ (Waldsterben¹) in den siebziger Jahren – bei 61 Prozent vom Erlaubten, also bei etwa 60 Milligramm pro Kubikmeter Abgas – die gesetzlichen Werte werden damit sicher unterschritten!
- Bei Quecksilber werden nur max. 5 Prozent vom Erlaubten erreicht.
- Im Falle des Umweltgiftes Dioxin² (diese Umweltgifte bilden sich bei unvollständiger Verbrennung) werden nur unter ein Prozent vom Erlaubten erreicht.

¹ https://de.wikipedia.org/wiki/Saurer_Regen

² <https://de.wikipedia.org/wiki/Dioxin>

△ LUFT

4. WAS UND WIEVIEL IST EIN NANOGRAMM?

- Im Falle der Dioxine¹ (diese gehören zu den stärksten Umweltgiften und entstehen bei unvollständiger Verbrennung) gibt es einen einzuhaltenden gesetzlichen Grenzwert von 0,1 Nanogramm pro Kubikmeter = 0,0000000001 Gramm pro Kubikmeter Abgas.
- Das Gemeinschafts-Müllheizkraftwerk Ludwigshafen lag 2019 bei nur 0,5 Prozent vom Erlaubten, also bei 0,0000000000005 Gramm Dioxin pro Kubikmeter Abgas!
- Eine solch niedrige Konzentration sucht zum Verständnis einen Vergleich:
 - Der Ist-Wert 2019 des Müllheizkraftwerks von 0,0005 Nanogramm Dioxin pro Kubikmeter Abgas bedeutet 0,0000000000005 Gramm Dioxin pro Kubikmeter Abgas.
 - Das bedeutet bei einer Luftdichte von 942 Gramm pro Kubikmeter: 0,00000000000000053 Gramm Dioxin pro Gramm Abgas.

¹ <https://de.wikipedia.org/wiki/Dioxin>

△ LUFT

- Wie viel ist das? Dazu ein Vergleich:
 - Der Bodensee hat ein Volumen von immerhin 48 Kubik-Kilometern ² an WASSER. Das sind 48.000.000.000.000.000 Gramm WASSER.
 - Der o.g. Dioxin-Konzentration 0,0005 Nanogramm Dioxin pro Kubikmeter Abgas würde es entsprechen, wenn man 8,5 Stücke Würfelzucker im gesamten Bodensee-Wasser auflöst und durch Umrühren gleichmäßig verteilt.

Dioxin im Abgas	0,0005	Nanogramm Dioxin / Kubikmeter Abgas
	0,00000000000005	Gramm Dioxin / Kubikmeter Abgas
	0,0000000000000053	Gramm Dioxin / Gramm Abgas
Würfelzucker im Bodensee	3	Gramm / Stück Zucker
	48	Kubik-Kilometer Bodensee
	48.000.000.000	Kubikmeter Bodensee
	48.000.000.000.000.000	Gramm Bodensee
1 Würfelzucker	0,000000000000000006	Gramm Zucker / Gramm Bodensee
8,5 Stücke Würfelzucker	0,0000000000000053	Gramm Zucker / Gramm Bodensee

² <https://de.wikipedia.org/wiki/Bodensee>

△ LUFT

5. WAREN DIE ABGASE VON MHKW'S IMMER SO?

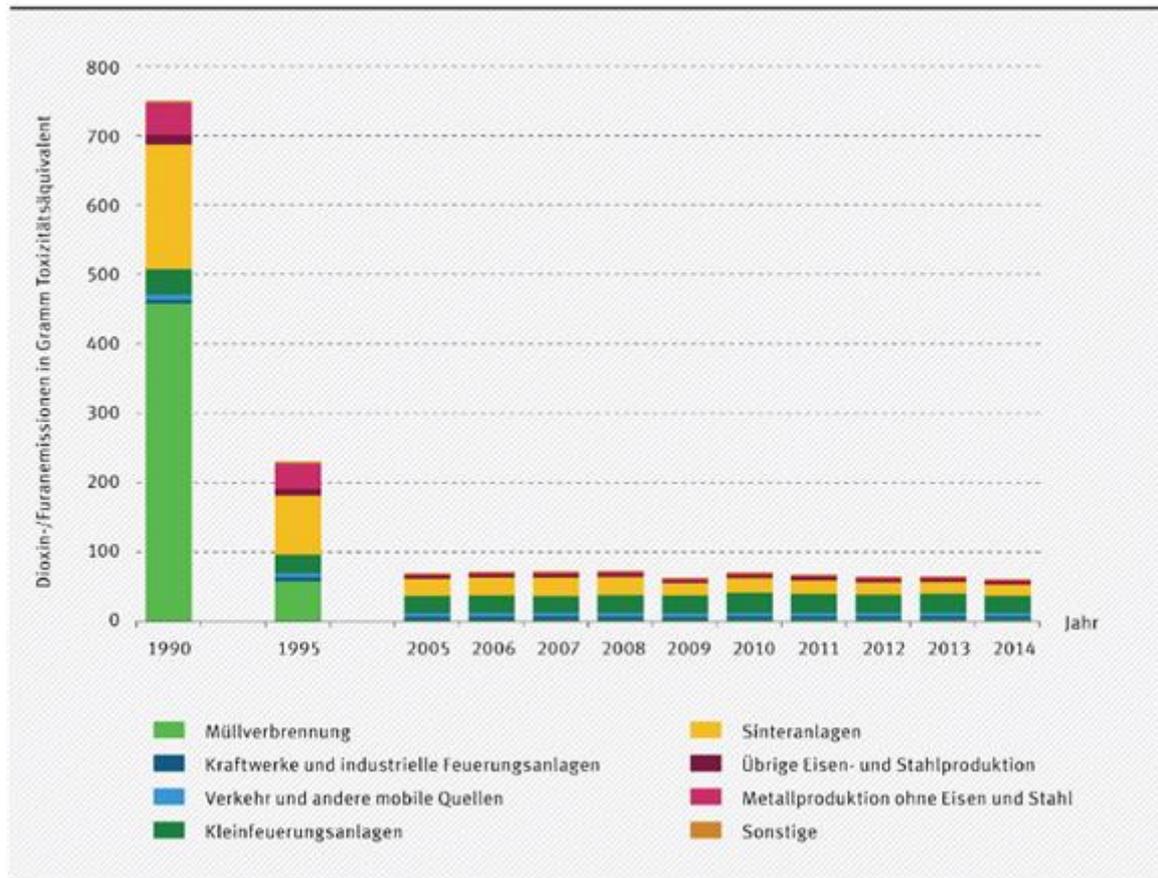
- **Nein!** Es brauchte einen Entwicklungsweg dorthin!
- Noch in den 1970er Jahren wurden Müllverbrennungsanlagen als sogenannte „Dioxinschleudern“ bezeichnet!
- Die damals noch junge Umweltbewegung reklamierte dies (aus heutiger Sicht) vollkommen zu Recht und setzte damit einen erfolgreichen politischen und technischen Entwicklungsprozess – beginnend bei den Kritikern, über die Wissenschaft und den Gesetzgeber bis hin zu den Anlagenbauern und Anlagenbetreibern – in Gang.
- Das seinerzeit noch unbekannte Umweltgift Dioxin (diese gehören zu den stärksten Umweltgiften und entstehen bei unvollständiger Verbrennung) ¹ verstand noch Niemand.
- Zunächst dachte man, es würde bei den hohen Verbrennungstemperaturen eines Müllheizkraftwerks restlos zerstört. Das ist auch so, aber man wusste damals noch nicht (und erfuhr es dann durch Forschung), dass es sich in kalten Zonen eines Kessels unter Sauerstoffmangel neu bilden kann: Die sog. „De-Novo-Synthese“²!

¹ <https://de.wikipedia.org/wiki/Dioxin>

△ LUFT

- Nachdem man dies erkannt hatte, war schnell eine wirksame Gegenmaßnahme formuliert: Die Verbrennungsgase müssen mindestens zwei Sekunden bei 850 °C verweilen, damit Dioxine (egal, ob vorher vorhanden oder neu gebildet) sicher zerstört werden.
- Sollte dieser Wert unterschritten werden, so müssen automatisch Stützbrenner angehen und mit ihrer enormen Wärme dafür sorgen, dass die Dioxine zerstört werden.
- Und dies wurde zur gesetzlichen Regel in § 6 der 17. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutz-Gesetzes: *„... Abfallverbrennungsanlagen sind so ... zu betreiben, dass für die Verbrennungsgase, die bei der Verbrennung von Abfällen entstehen ... eine Mindesttemperatur von 850°C eingehalten wird. Die Mindesttemperatur muss ... für eine Verweilzeit von mindestens zwei Sekunden eingehalten werden. ...“*.
- Diese gesetzliche Regel ist nun seit vielen Jahren Betriebspraxis in Deutschland! Was ist das Ergebnis dieses beispielhaften Entwicklungsprozesses?

Entwicklung der jährlichen Dioxin-/Furanemissionen in Deutschland entsprechend dem deutschen Emissionsinventar



Quelle: Umweltbundesamt, Nationales Emissionsinventar für Luftschadstoffe, 2014

Entwicklung der Dioxin-Emissionen in Deutschland ²

- Das Umweltbundesamt hat registriert, dass die gesamte Dioxinbelastung von 1990 bis 2014 von etwa 750 Gramm Toxizitätsäquivalenten (TE) auf etwa 60 Gramm TE – also um über 90 % – abgenommen hat (ein TE ist die Menge aller Dioxine und Furane umgerechnet auf ein Standard-Dioxin).

² <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/dioxine-dioxinahnliche-pcb-in-umwelt-nahrungsketten>,
Abbildung 4, Seite 11

ALUFT

- Besonders stark über diesem Zeitraum ist die Abnahme der Dioxin-Emissionen aus Abfallverbrennungsanlagen; eine Folge der o.g. gesetzlichen Regelungen.
- Der Dioxinbeitrag der sogenannten Kleinf Feuerungsanlagen – das sind zum Beispiel die vielen Kaminöfen in Deutschland! – beträgt heute das Mehrfache der Dioxinmenge aus Abfallverbrennungsanlagen!
- Dies zeigt insgesamt, dass die Kritik der Umweltbewegung an Müllverbrennungsanlagen in den 1970er Jahren konstruktiv war und durch die danach folgenden Veränderungen eine erhebliche Verbesserung erreicht wurde!
- Jetzt muss sich etwas bei den vielen Kaminöfen tun!

△ LUFT

6. WIE WERDEN DIE EMISSIONEN IM MHKW GEMESSEN?

- Die Emissionswerte des MHKWs werden im Kamin gemessen:
 - Der Emissions-Rechner misst dort automatisch alle fünf Sekunden einen Wert.
 - Aus diesen zwölf Messwerten wird ein Minutenwert ermittelt.
 - Und aus diesen Minutenwerten werden die gesetzlich definierten Halbstunden-Mittelwerte, die Tages-Mittelwerte und die Jahres-Mittelwerte berechnet.
- Eventuelle Eingriffe oder Veränderungen am Emissionsrechner würden jederzeit nachverfolgbar dokumentiert. Genau deswegen unternimmt sie keiner! Manipulationen sind so nicht möglich!
- Die Genehmigungsbehörde erhält jährlich einen Emissionsbericht, in dem alle registrierten Daten vorhanden sind.
- Die Tages- und Jahres-Mittelwerte sind innerhalb genau definierter gesetzlicher Grenzen einzuhalten.
- Sollte eine Überschreitung dieser Grenzen geschehen, muss der Behörde sofort eine Meldung erstattet und ein Bericht abgegeben werden.
- Bei den Halbstunden-Mittelwerten erlaubt der Gesetzgeber es in besonderen Situationen, dass bis zu maximal acht Halbstunden-Mittelwerte in Folge (also max. vier

Stunden) und insgesamt in 60 Stunden pro Jahr (also 120 Halbstundenmittelwerte pro Jahr = 0,7 %) überschritten werden.

- Der Behörde ist stets sofort zu berichten und die Anlage ist nach diesem kurzen Zeitraum herunterzufahren, es sei denn die Behörde entscheidet etwas Anderes.
- Von den errechneten Tagesmittelwerten gibt es maximal 365 pro Jahr, von den Halbstunden-Mittelwerten gibt es maximal 17.520 im Jahr. Diese Mittelwerte eines jeden Jahres hielt die GML in 2019 wie folgt ein:

MHKW Ludwigshafen 2019	Eingehaltene Tagesmittelwerte eines Jahres		Eingehaltene Halbstundenmittelwerte eines Jahres	
	absolut	%	absolut	%
Kohlenmonoxid	365,0	100,00	15.588	99,68
Stickoxide	365,0	100,00	15.639	100,00
Schwefeldioxiide	364,0	99,73	15.617	99,86
Anorganische Chlorverbindungen	364,5	99,86	15.636	99,99
Gesamtstaub	365,0	100,00	15.637	99,99
Gesamt-Kohlenstoff	365,0	100,00	15.636	99,98
Quecksilber	365,0	100,00	15.625	99,91

Einhaltung der Tagesmittel- und Halbstunden-Mittelwerte (2019) ¹

¹ GML-Veröffentlichung der Emissionswerte 2019

△ LUFT

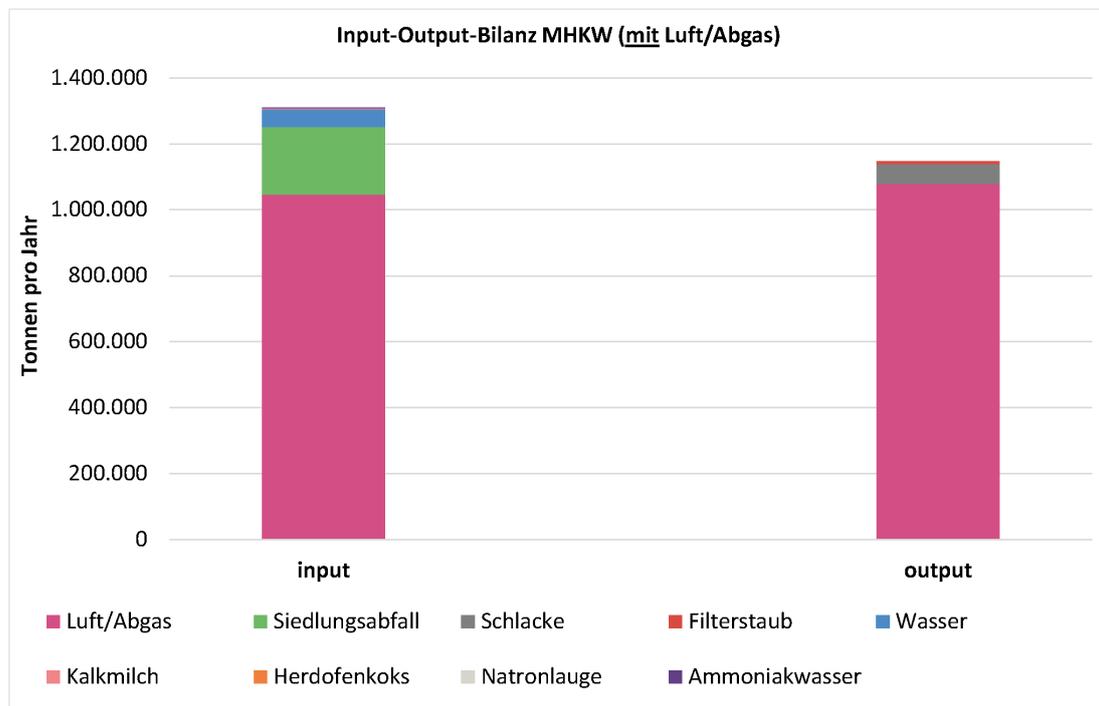
- In den weit überwiegenden Fällen werden die Tages-Mittelwerte und die Halbstunden-Mittelwerte also eingehalten.
- Nur in besonderen Betriebssituationen gibt es in Einzelfällen Überschreitungen der Halbstundenmittelwerte.
- Im Tages- oder Jahresmittel wird dies aber mehr als ausgeglichen, denn es gibt viel häufiger erhebliche Unterschreitungen der Grenzwerte.
- So liegen die Jahresmittelwerte stets weit unter dem gesetzlich Erlaubten.

△ LUFT

7. WIE WERDEN DIE RAUCHGASE DES MHKWS GEREINIGT?

- Die Rauchgase der Abfallverbrennung verlassen die drei Müllkessel in 40 Meter Höhe auf dem Kesselhausdach mit 200 bis 250 °C Temperatur.
- Über zwei Rauchgasweichen können die Rauchgase der drei Müllkessel gleichmäßig auf die zwei Rauchgas-Reinigungsanlagen verteilt werden.
- Das gesamte Rauchgas wird durch sogenannte „Saugzüge“ – das sind riesige Ventilatoren – aus den drei Müllkesseln gezogen und durch die beiden abschließenden Katalysatoren hindurch in den Kamin gedrückt.
- Mit Hilfe dieser Saugzüge wird in den drei Müllkesseln – trotz der dort eingeblasenen Verbrennungs-LUFT – ein ständiger Unterdruck gehalten, der dafür sorgt, dass die noch ungereinigten Rauchgase im Kessel bleiben und nicht in die Umwelt gelangen.
- Stündlich werden so 125.000 Kubikmeter Rauchgas aus den Müllkesseln abgezogen.
- Auch wenn Luft scheinbar nichts wiegt: Die LUFT (bzw. nach der Verbrennung das Abgas) ist der bedeutendste Massenstrom des Müllheizkraftwerks!

△ LUFT



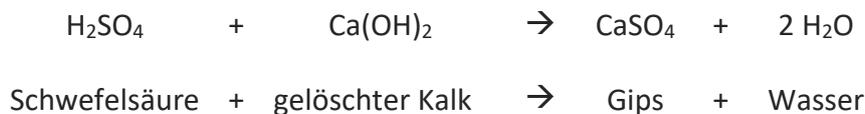
Massenbilanz des Müllheizkraftwerks Ludwigshafen

- Unglaublich: 80 % der Masse, die in ein MHKW eingebracht wird, ist **LUFT** bzw. Abgas! Nur 16 % des Massenstroms macht der zu verbrennende Abfall aus, 4 % ist Wasser.
- Die anderen Betriebsstoffe bzw. die Reststoffe fallen nahezu nicht ins Gewicht.
- Wie läuft die Abgasreinigung ab?
 - Zunächst wird in den beiden sogenannten Verdampfungskühlern Wasser eingedüst. Das Abgas wird damit auf etwa 140 °C abgekühlt und dabei mit

ALUFT

Wasserdampf gesättigt. Am Boden des Verdampfungskühlers setzt sich Kesselstaub ab und wird von dort in die Filterstaubsilos gefördert.

- Das abgekühlte und von Staub teilweise befreite Rohgas wird danach in die Umlenkreaktoren weitergeführt: In diesen Reaktoren findet bei ca. 140 °C einerseits eine chemische Reaktion saurer Rauchgase mit gelöschtem Kalk statt. Zum Beispiel reagiert Schwefelsäure dort mit dem Kalk und es entsteht so Gips:



- Andererseits werden Schadstoffe physikalisch an Aktivkohle adsorbiert, d.h. an deren Oberfläche angelagert. Aktivkohle wird zum Beispiel aus Kohle hergestellt und ist ein feinkörniger Kohlenstoff mit großer innerer Oberfläche.
- Die Betriebsstoffe gelöschter Kalk und Aktivkohle werden immer im 1,6- bis 1,8-fachen Überschuss eingesetzt.
- Im Bedarfsfall, z. B. wenn Gipskartonplatten im Müll sind und im Rohgas deshalb viel Schwefeloxide oder Schwefelsäure enthalten sind, kann ein 4-facher Überschuss an gelöschtem Kalk zugegeben werden, um solche „Säurespitzen“ abzufangen.
- Danach folgen zwei Gewebefilter, in denen die Staubphase wirksam abgetrennt wird. Dazu wird der Rauchgasstrom mit den Saugzügen durch Teflon-Schläuche gesogen. Von diesen Teflon-Schläuchen gibt es etwa 5.000 Stück mit einer Länge von ca. drei Metern und einem Durchmesser von ungefähr 10 Zentimetern.
- Das ist eine Schlauchlänge von insgesamt 15 Kilometern bzw. eine Oberfläche von 4.700 Quadratmetern!

ALUFT

- Auf der Außenseite der Schläuche bleibt der Filterstaub haften. Er wird von Zeit zu Zeit mit Druckluftpulsen von diesen abgeschlagen und gelangt von dort über Förderschnecken in die Filterstaubsilos.
- Teilweise kann der Filterstaub wieder als das sogenannte „Rezirkulat“ dem Reaktor zugeführt werden, weil er noch unverbrauchte Betriebsstoffe enthält (s. Überschuss!).



Blick in den Gewebefilter mit den Filterschläuchen (auf dem Foto links unten erkennt man gut den auf der Außenseite der Filterschläuche abgeschiedenen Filterstaub)

- Der in den Silos gelagerte Filterstaub wird unter Tage in alten Salzbergwerken entsorgt. Weitere Informationen hierzu findest du in der Ausstellung [ERDE](#).

ALUFT

- Auf der Innenseite des Gewebefilters befindet sich das „Rein-Rauchgas“; es ist bis auf die Stickoxide gereinigt.
- Die abschließende Reinigung des Rauchgases findet in den SCR-Katalysatoren (SCR = Selective Catalytic Reduction = selektive katalytische Reduktion) statt.
- In diesen Reaktoren geschieht mit Hilfe von Ammoniak und Katalysatoren die Umwandlung von Stickoxiden zu unschädlichem Stickstoff und zu Wasser.



- Die Katalysatoren bestehen aus Titandioxid, Wolframtrioxid und Vanadiumpentoxid. Sie wurden von der BASF entwickelt und 1994 in die Anlage eingebaut.
- Abschließend tritt das gereinigte Abgas mit 160 °C in den Kamin ein. Es finden dort die abschließenden amtlichen Emissionsmessungen statt, die verbindlich einzuhalten sind und kontrolliert werden!
- Das Reingas verlässt mit ca. 160 °C den Kamin in 125 Meter Höhe. Den weitaus größten Anteil (84 %) in diesem Abgas haben Stickstoff und Wasser! Danach folgen Kohlenstoffdioxid und Sauerstoff (16 %).

Stoff	Anteil (Volumen-%)		
Stickstoff (N ₂)	> 63		> 99
Wasser (H ₂ O)	> 21	> 84	
Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	> 7		
Sauerstoff (O ₂)	8		
sonstige Gase	< 1		

Zusammensetzung des Abgases eines Müllheizkraftwerks

△ LUFT

8. WARUM SIEHT DIE DAMPFFAHNE MANCHMAL DUNKEL AUS?

Um mit einem häufigen Missverständnis aufzuräumen:

- Bei kaltem Wetter kondensiert der Wasserdampf im 110 Grad heißen Abgas des Gemeinschafts-Müllheizkraftwerks bei Austritt aus dem Kamin zu kleinen Wassertröpfchen, die als Wolke erscheinen.
- Wenn man dann westlich vom Müllheizkraftwerk an der Industriestraße / Pettenkoferstraße steht und bei schönem Wetter gegen die Morgensonne schaut, dann sieht die Abgasfahne dunkel aus.
- Das ist kein Ruß, der den Kamin verlässt! Was man dann sieht, ist eine optische Täuschung, das Ergebnis einer sogenannten Reflektion.
- Die Wassertröpfchen-Wolke reflektiert den größten Teil des Sonnenlichtes der dahinter – im Osten – aufgehenden Sonne zurück nach Osten. Und daher gelangt weniger Licht durch die Wolke nach Westen und sie sieht dunkel aus. Man steht auf der „Schattenseite“ der Wolke.
- Schau dir doch dieselbe Dampffahne am selben Ort und bei schönem Wetter im Sonnenuntergang an! Du siehst dann das nach Westen reflektierte Sonnenlicht. Und deswegen sieht die Wolke dann weiß aus.

△ LUFT



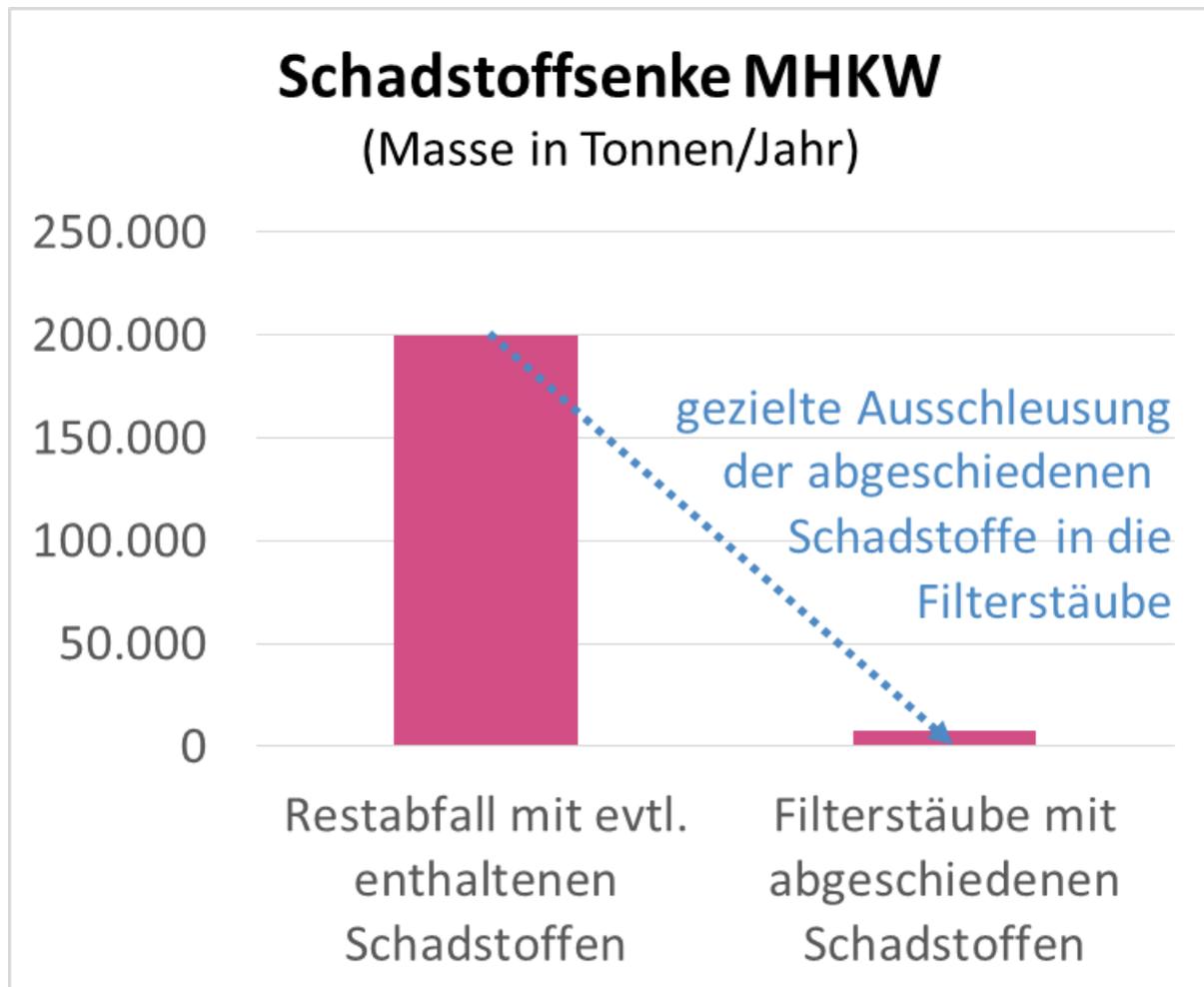
Dampffahne des Gemeinschafts-Müllheizkraftwerks Ludwigshafen gegen das Sonnenlicht bei Sonnenaufgang (oben) und mit Sonnenlicht bei Sonnenuntergang (unten)

9. DIE SCHADSTOFFSENKE

ABFALLVERBRENNUNG

- Warum ist die Abfallverbrennung das ideale Verfahren, um wirksam die Umwelt vor Schadstoffen zu schützen?
- Abfallverbrennungsanlagen zerstören einerseits brennbare Schadstoffe im Feuer.
- Ein Teil der nicht brennbaren Schadstoffe, wie z. B. Schwermetalle, wird mit dem Kesselstaub aus der Anlage geführt und gelangt in die Silos mit den Filterstäuben.
- Weitere nicht brennbare Schadstoffe, wie z. B. Quecksilber, werden an der Aktivkohle fest adsorbiert und im Gewebefilter der Rauchgasreinigung herausgefiltert. Sie gelangen somit auch in die Filterstäube.
- Dies bedeutet, dass die Schadstoffe, die in etwa 200.000 Tonnen Abfall pro Jahr sein können und die im Feuer nicht zerstört werden können, zielgerichtet in den etwa 8.000 Tonnen Filterstäuben pro Jahr, also in nur 4 % enthalten sind!

△ LUFT



Schadstoffsenke MHKW

- Die Abfallverbrennung ist von allen Abfallbehandlungstechniken das einzige Verfahren, welches diese wirksame „Schadstoffsenke“, die Zerstörung oder die gezielte Ausschleusung von Umweltschadstoffen leisten kann!

△ LUFT

- Nach der Rauchgas-Reinigung sind also vier von fünf wichtigen Funktionen der Abfallverbrennung erfüllt:

1.	Massenreduzierung des Abfalls um 70-75%	✓
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	

Mehrfach-Nutzen der Abfallverbrennung

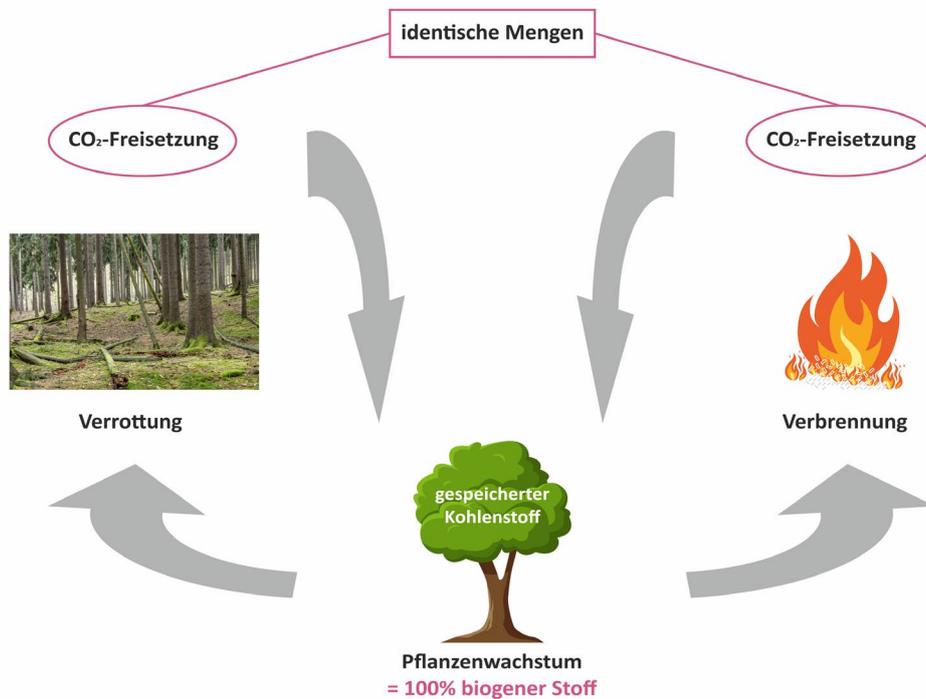
△ LUFT

10. IST DAS IM MHKW ENTSTEHENDE CO₂ SCHLECHT FÜR UNSER KLIMA?

Es wird bei der Abfallverbrennung zwar Kohlenstoffdioxid (CO₂) erzeugt, allerdings wird im Vergleich zur herkömmlichen Energieerzeugung CO₂ eingespart! Wieso das so ist, wird hier erklärt:

- Die Endprodukte einer jeden vollständigen Verbrennung sind CO₂ und Wasser. Egal ob Kohle, Erdgas, Heizöl, Holz, Biogas oder Abfall eingesetzt werden.
- Zuviel CO₂ in der Atmosphäre bewirkt, dass die Atmosphäre durch den höheren CO₂-Gehalt stärker von der Sonne aufgeheizt wird, denn das CO₂-Molekül wird durch die Sonnenstrahlung in Wärmeschwingungen versetzt.
- Ganz entscheidend ist, woher der Kohlenstoff stammt, der durch die Verbrennung zu CO₂ wird:
- Wenn der Kohlenstoff aus einer biogenen Quelle stammt, z. B. Holz oder Bioabfall oder Biogas (sogenannte „Biomasse“) und wenn diese Biomasse nur so schnell verbrannt wird wie auch neue Biomasse entsteht (= nachhaltige Nutzung), nur dann ist dies neutral, also nicht klimaschädlich. Denn: Würde man z. B. das Holz im Wald liegenlassen, würde dieselbe Oxidation mit derselben Menge an CO₂ geschehen, nur viel langsamer und ohne Energienutzung!

△ LUFT



Der CO₂-Kreislauf der Biomasse: CO₂ wird z.B. durch Bäume aus der **LUFT** aufgenommen und sorgt so für deren Wachstum. Die Bäume verrotten oder werden verbrannt. In beiden Fällen entsteht dieselbe Menge CO₂, wie sie aus der **LUFT** aufgenommen wurde.

- Bei Siedlungsabfällen ist es übrigens so, dass etwas mehr als 50 Prozent des Abfalls biogenen Ursprungs – also klimaneutral – sind. Damit sind Müllheizkraftwerke zur Hälfte eigentlich Biomasse-Kraftwerke! Dies wird vom deutschen Gesetzgeber formal aber nicht anerkannt. Müllheizkraftwerke erhalten also keine Vergütung für Ökostrom nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz.
- Die andere Hälfte des Siedlungsabfalls ist mineralischen, metallischen oder fossilen Ursprungs. Fossilen Ursprungs sind z. B. Kunststoffe (Quelle: Erdöl). Hier ist es so, dass Menschen die fossilen Rohstoffquellen Kohle, Gas und Öl erst etwa seit 150

△ LUFT

Jahren im groß-industriellem Maßstab abbauen und große Teile davon bereits verbraucht haben.

- Das sind aber Vorräte, die Millionen von Jahren zu ihrer Entstehung benötigt haben. Der Mensch verbraucht also fossile Ressourcen in wesentlich kürzerer Zeit, als sie je wieder neu gebildet werden können. Im Gegensatz zur oben genannten „Biomasse“ verursacht dies ein starkes Ungleichgewicht! Und dieses führt dazu, dass ein großer Teil, den die ERDE als „Kohlenstoff-Depot“ unter Tage gespeichert hatte, durch die Industrialisierung nun in CO₂ in der Atmosphäre verwandelt wird.

Welche Chance bieten hierbei Abfallverbrennungsanlagen?

- Sie haben einerseits den etwas mehr als 50 prozentigen biogenen, also klimaneutralen Anteil.
- Zum anderen nutzen sie einen Brennstoff, der sowieso entsteht: nicht recycelbare Restabfälle. Und vermeiden damit die Nutzung von endlichen, nicht klimafreundlichen Primär-Ressourcen, wie Steinkohle, Erdgas oder Heizöl.

Wieviel CO₂ wird im MHKW im Vergleich zur herkömmlichen Energieerzeugung:

- Stromerzeugung in Kohle-, Gas-, Atomkraftwerken und mit erneuerbaren Energien im deutschen Kraftwerksmix sowie
- Wärmeerzeugung mit Erdgas- oder Heizölkesseln

eingespart ¹?

¹ Bachelor-Arbeit Marc-Andre Hois, DHBW Mannheim 2013 und Aktualisierung 2018 Daniel Nirschl, DHBW Mannheim

△ LUFT

- Im MHKW (und FHKW) Ludwigshafen entstanden dagegen in 2017 nur ca. 15.000 Tonnen CO₂.
- Im Saldo macht dies eine Emission von etwa 88.000 Tonnen weniger als bei der herkömmlichen Strom- und Wärmeerzeugung aus.
- Diese Einsparung entsteht dadurch, dass etwa 50% des Abfalls biogen ist. Das CO₂ aus diesem Anteil ist also das, was vorher beim Wachstum der Pflanzen/Bäume gebunden wurde; es ist also neutral. Außerdem wird CO₂ gespart, weil aus der Schlacke der Verbrennung 4.000 Tonnen an Metallen zurückgewonnen werden können. Diese müssen nicht mehr als Erz abgebaut, transportiert und zu Metall verhüttet werden. Auch die kurzen Transportwege (maximal 60 km aus Kaiserslautern) im Vergleich zu weltweiter Beschaffung fossiler Energieträger erspart CO₂.