



Bericht zum Abgasversuch vom 11.03. – 20.03.2024

Kunde: Hemeyer Verpackungen GmbH, Bitterfeld

Bericht zu Abgasversuch

Datum: 22.03.2024

Hemeyer Holding GmbH

Farbenstraße 5, Bitterfeld

Teilnehmer: Hr. Krassowski, Hemeyer

Hr. Kirchberg, Hr. Lühr PlasUV

Vom 11.03.2024 – 20.03.2024

•Ist-Zustand

Die Hemeyer GmbH fertigt am Standort Bitterfeld Stahlblechbehälter (Deckelfässer, zylindrische Behälter und Deckel) für industrielle Anwendungen. Deckel und Fässer werden mit unterschiedlichen Lacken behandelt:

- Fassinnenlack:
 - R78433 INTERIOR DRUMCOAT R78433 BRAUN / BROWN
- Fassaußenlack:
 - ELASTIC-EB Fasslack, alle RAL Farben
- Verdünnung V 0449 THINNER V 0449

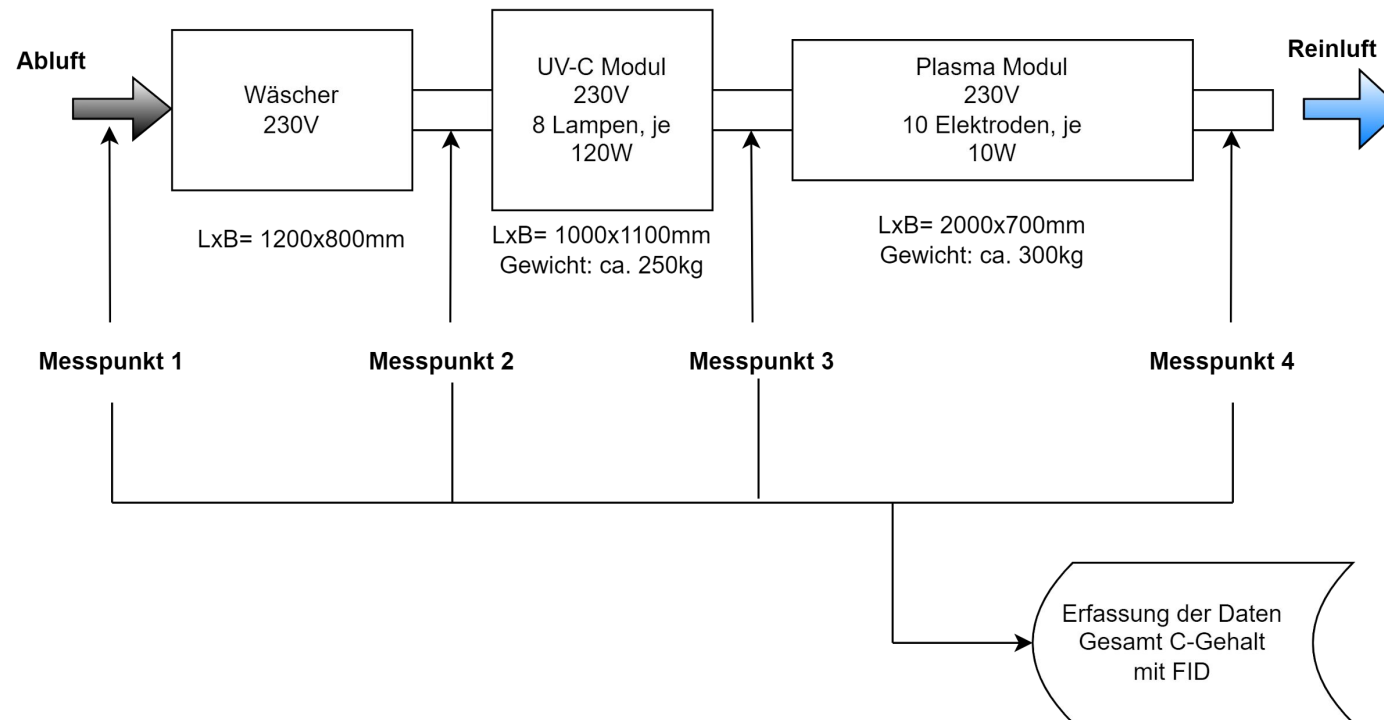
Die Lackierung erfolgt an zwei Plätzen, die Wärmebehandlung und das Abkühlen wird auf zwei parallelen Produktionsstraßen realisiert. Die Deckel/Fässer werden dabei auf 160 – 230°C aufgeheizt. Die dabei entstehenden Abgase, im wesentlichen VOC's (Volatile Organic Components) und Formaldehyd werden derzeit Aufkonzentriert (ca. 70% der Abluft wird im Umluftbetrieb gefahren) und durch eine thermischen Nachverbrennungsanlage mit einem max. Volumenstrom von 58.000m³/h und einer Temperatur bis zu 790°C, geleitet.

Der Versuch soll zeigen, das ein Abbau der Schadstoffe mit UV-C/Plasma/Wäscher/Aktivkohle möglich ist und die Grenzwerte eingehalten werden.

Zusammenfassung der VOCs:

Verdünnung V0449 Thinner	
n-Butylacetat	35<45%
Xylol	25<35%
n-Butanol	15<20%
iso-Butanol	1<2%
1-Methoxy-2-propanol	7 - < 10 %
Ethylbenzol	5 - < 7 %
4-Hydroxy-4-methyl-pentan-2-on	1 - < 2 %
Toluol	0,1 - < 0,2 %
Fassinnenlack R78433 (braun)	
1-Ethoxypropan-2-ol	12 < 15%
Phenol	3 < 5%
n-Butanol	3 < 5%
Formaldehyd	0,5 < 1%
n-Butylacetat	10 - < 12,5 %
Xylol	7 - < 10 %
Ethylbenzol	1 < 2%
Alkydharz-Aminoharz-Kombination	
Xylol	25 - 50%
Lösungsmittelnaphtha (Erdöl), leicht, aromatisch	5 -10%
2-Methyl-1-propanol	1 - 2,5%

2. Versuchsaufbau und Messstellen



Im Laufe des Versuches wurde der Ablauf zweimal geändert:

1. Wäscher > UV-C > Plasma
2. UV-C > Plasma > Wäscher
3. Plasma > UV-C > Wäscher

2. Versuchsaufbau und Messstellen

Der Formaldehyd Gehalt wurde im Rohgas und auf der Reingas-Seite nass-chemisch untersucht

Für eine genauere Untersuchung wurden Abluftproben nach den Modulen gezogen und im Labor untersucht

a) UV-C Technologie

UV-Strahlung: UV-C-Licht wird verwendet, um eine chemische Reaktion zu induzieren. Die UV-Strahlung (185 -200nm) wird eingesetzt, um den Abbau von VOCs zu unterstützen.

Ozon: Ozon (O₃) kann als Oxidationsmittel eingesetzt werden. In Kombination mit UV-Licht kann Ozon VOCs oxidieren und oxidativ abbauen.

Wasser: Wasser (Feuchtigkeit in der Luft) ist ebenfalls Teil des Prozesses. Es spielt eine Rolle bei der Bildung von Hydroxylradikalen. Diese hochreaktiven Verbindungen tragen dazu bei VOCs zu zerlegen und oxidativ abzubauen.

Die Kombination von UV-Strahlung, Ozon und Feuchtigkeit in der Abluft führt zu einer fotolytischen Oxidation, wodurch VOCs in der Abluft abgebaut werden.

b) Plasma-Technologie

Das Grundprinzip beruht auf der Erzeugung von NT (nichtthermische) - Plasmen - einem ionisierten Gas - bei Raumtemperatur und Atmosphärendruck.

Das Grundprinzip besteht aus mehreren Schritten:

Plasmaerzeugung: Ein nichtthermisches Plasma wird durch Anlegen eines elektrischen Feldes in einem Gas erzeugt. Dies kann durch verschiedene Methoden wie die Verwendung von Hochspannungselektroden oder Mikrowellen erreicht werden.

Ionisation: Wenn Energie auf das Gas übertragen wird, ionisieren die Gasmoleküle zu weiteren Elektronen (e^-) und positiven Ionen im Plasma. Dies führt zu chemischen Reaktionen und erzeugt reaktive Spezies wie Elektronen, Ionen, freie Radikale und UV-Photonen.

Chemische Reaktionen: Die reaktiven Spezies im Plasma können mit den Schadstoffen in der Abluft reagieren, um diese abzubauen. Die hochreaktiven Spezies im Plasma können flüchtige organische Verbindungen (VOCs), Gerüche, Schadstoffe und andere Verunreinigungen abbauen oder in hydrophile Substanzen umwandeln.

Abbau von Schadstoffen: Die verschiedenen Prozesse im Plasma, einschließlich Dissoziation, Ionisation, Anregung und Bildung reaktiver Spezies, tragen zur Zerstörung oder Inaktivierung von Schadstoffen bei.

3. Messung

Die Messung des Gesamt-C-Gehaltes erfolgte mit PID's (Photoionisationsdetektor) an 4 Messstellen:

Messstelle 1: Rohgas

Messstelle 2: hinter Wäscher

Messstelle 3: hinter UV-C/Plasma

Messstelle 4: hinter Aktivkohle

Ablufttemperatur im Rohgas nach einer Kühlstrecke: 45°C;
hinter den einzelnen Modulen zwischen 37 -42°C
Der Volumenstrom wurde auf 100-150 m³/h eingestellt.

4. Messergebnisse

Durch die Aufkonzentration um ca. 70% betrug der Gesamt-C-Gehalt in der Abluft im Mittel 2.050mg/m^3 . Die drei unterschiedlichen Versuchsaufbauten haben gezeigt, dass die Reduzierung des Gesamt-C-Gehaltes möglich ist.

1. Wäscher > UV-C > Plasma

In diesem Aufbau diente der Wäscher dazu die Eingangstemperatur zu senken und evtl vorhandene Staubpartikel zu filtern.

Die nachfolgende UV-C und Plasma-Einheiten konnten dann Kohlenstoffgehalt um ca 30% reduzieren

2. UV-C > Plasma > Wäscher

Zur Absenkung der Eingangstemperatur wurde die Strecke vor der ersten Einheit verlängert. Die durch die UV-C und Plasma-Einheit voroxidierten VOC's konnten durch den Wäscher nahezu kompl. reduziert werden.

3. Plasma > UV-C > Wäscher

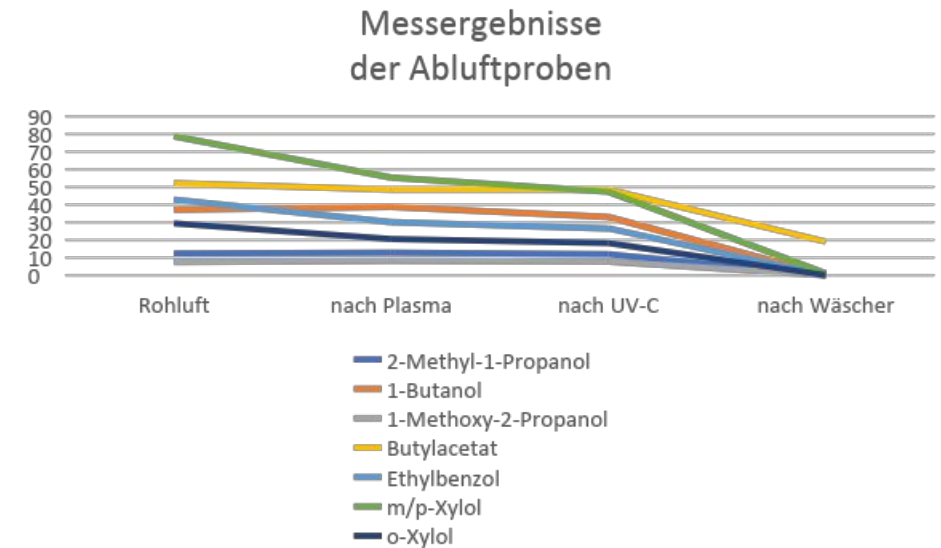
Um die Verschmutzung der Plasma-Elektroden zu untersuchen/zu vermeiden, haben wir die Plasma-Einheit an den Anfang gestellt.

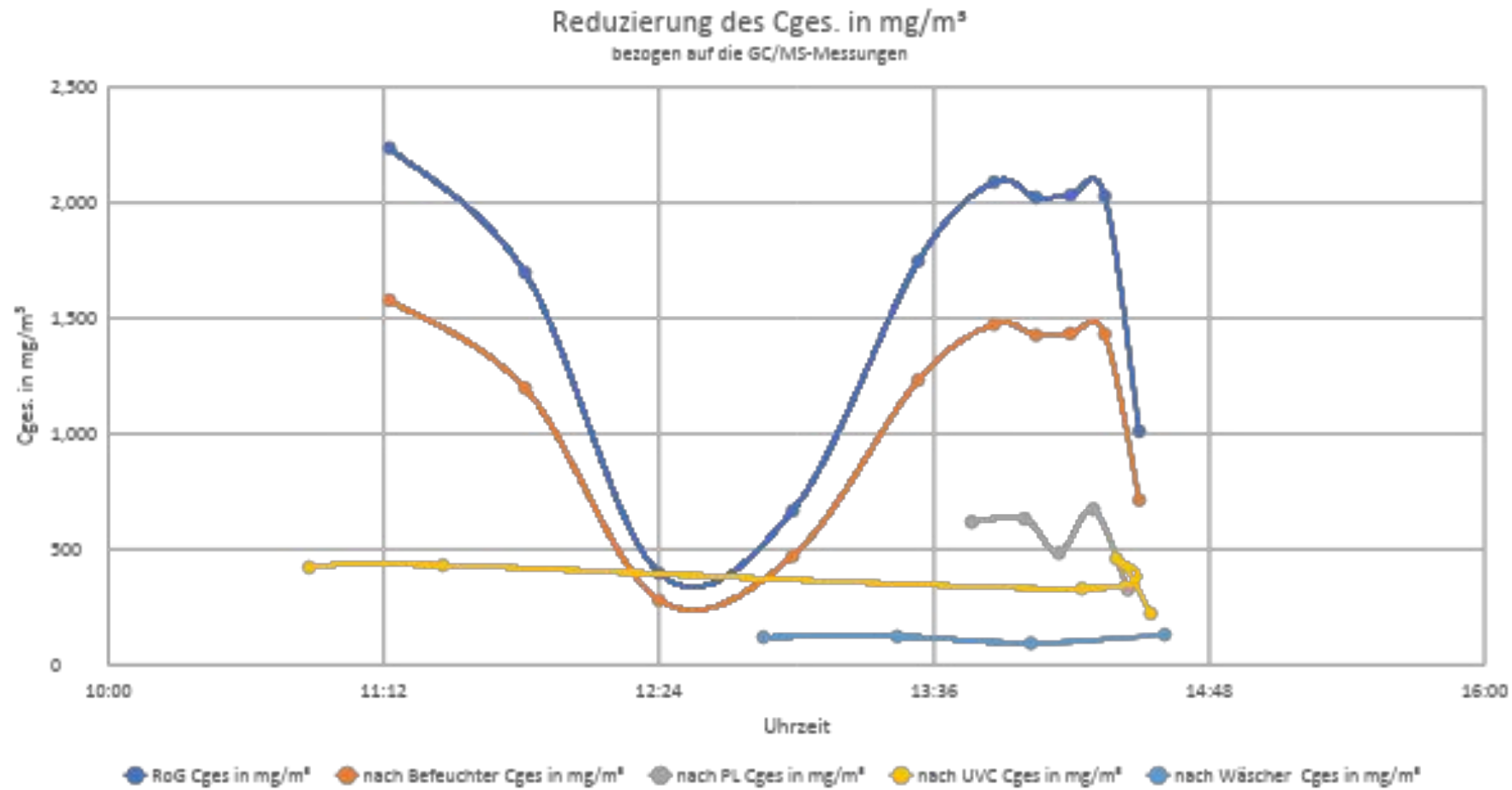
4.1 Messergebnisse

- Formaldehydmessung:
 - Rohluft 12,5 mg/m³
 - Abluft 5,0 mg/m³

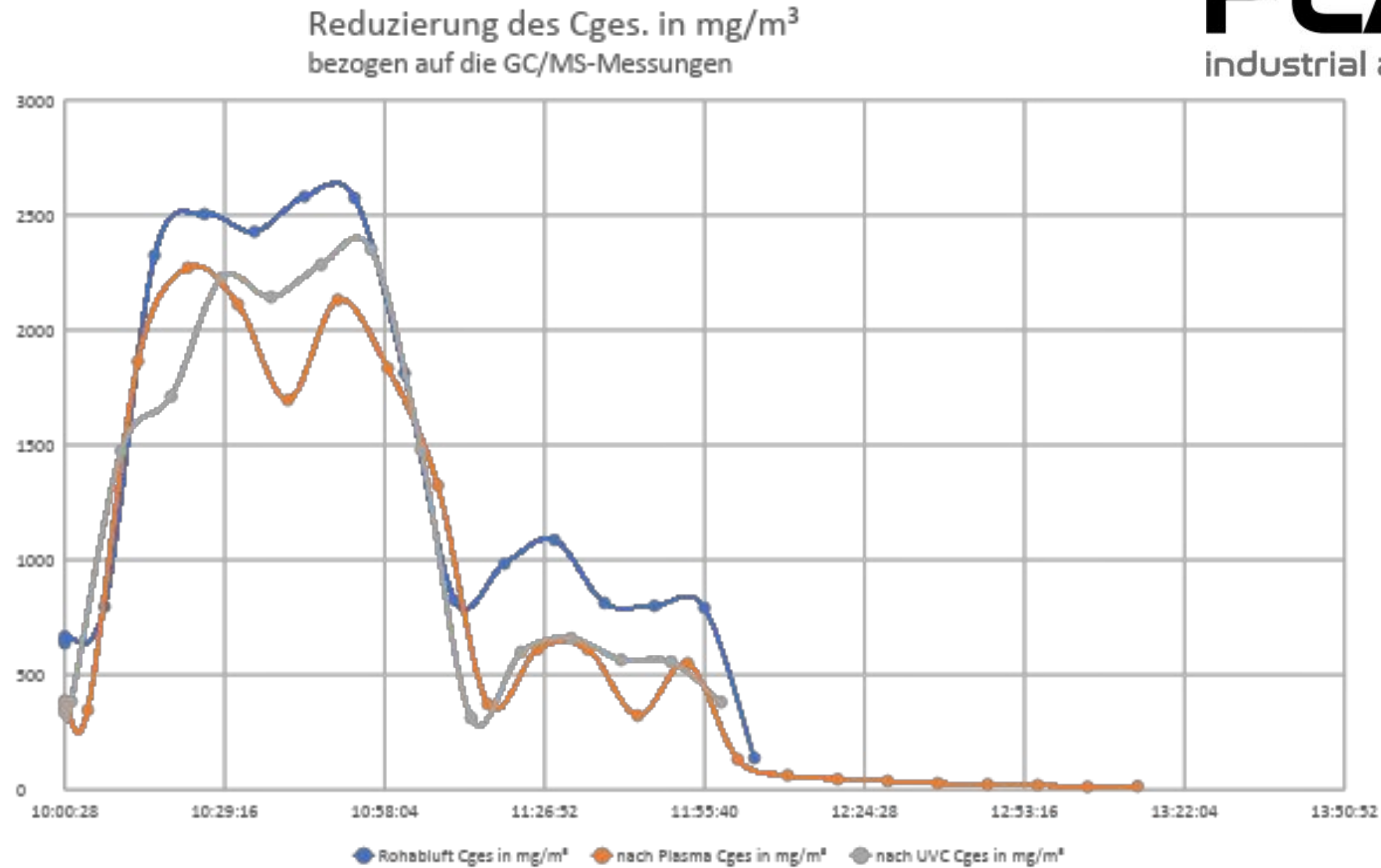
2. Abluftproben:

	Probennr.D-24-03-2215	D-24-03-2217	D-24-03-2219	D-24-03-2221
Position	Rohluft	nach Plasma	nach UV-C	nach Wäscher
12-Methyl-1-Propanol	12,3	12,7	11,8	<1
21-Butanol	37,1	38,6	33	<1
31-Methoxy-2-Propanol	7,46	8,21	7,87	<1
4Butylacetat	52	48,4	48,5	19
5Ethylbenzol	42,8	30	26,5	<0,5
6m/p-Xylol	78,7	55,2	47,3	1,18
7o-Xylol	29,4	20,5	18,3	<0,5

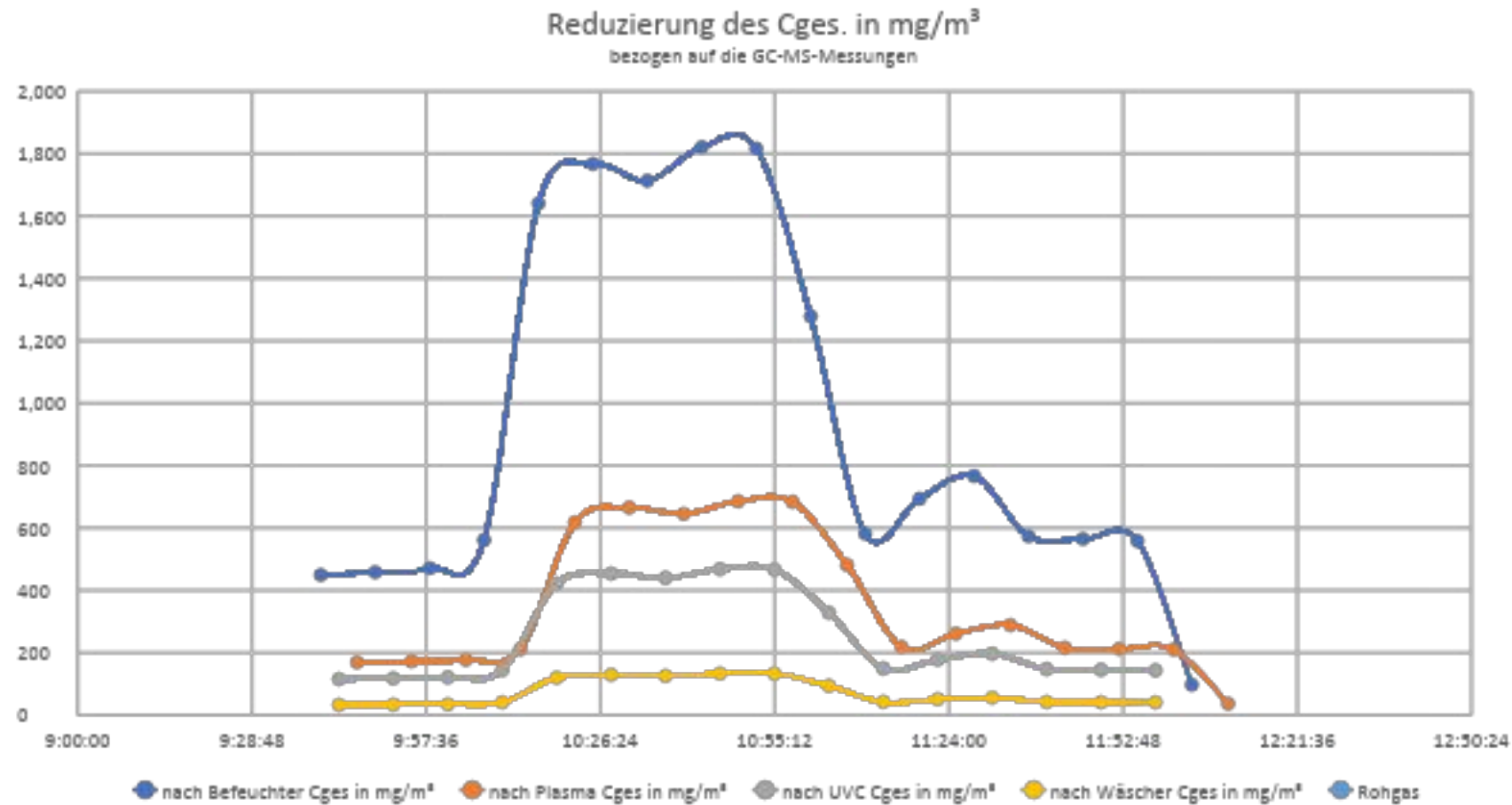




Darstellung der Abbauraten für den 20.03.2024



Darstellung der Abbauraten für den 21.03.2024



5. Bewertung der Ergebnisse

Anhand der Messdaten konnte nachgewiesen werden, dass eine Gesamt-Abbauleistung von 93% nach dem Wäscher möglich ist. Die Ergebnisse zeigen das folgende Module für eine Abgasreinigung, als Ersatz für die bisher betriebenen TNV-Anlage erforderlich sind, um die Grenzwerte der TA-Luft (50mg/m³ Gesamt-C) einzuhalten:

- **Luft-Luft Wärmetauscher**

Zur Reduzierung der Abgastemperatur um ca 100°C. Die Abwärme kann genutzt werden, als Basis für das Aufheizen der Öfen.

- **Plasma-Einheit:**

Die im Abgas vorhandenen VOC's und das Formaldehyd werden in dieser Stufe oxidiert. Die Abbaurate beträgt ca 35%

- **UV-C Einheit:**

Die UV-C Einheit bewirkt einen Abbau von weiteren 30% des Gesamt-c-Gehaltes

- **Kreuzstrom-Wäscher:**

Durch die nach der Plasma- und UV-C Einheit jetzt wasserlöslichen organischen Inhaltsstoffe wird der Gesamt-C-Gehalt bis auf 50 – 100 mg/m³ Eine vollständige Lösung ist aufgrund des Dampfdruckes bei der jeweiligen Betriebstemperatur nicht möglich, da die gelösten Stoffe aus der flüssigen Phase freigesetzt werden und in der Abluft verbleiben.

- **Aktivkohle-Katalysator:** Mit diesem Modul können die restlichen VOCs abgebaut werden und es wird gewährleistet, dass kein Ozon die Anlage verlässt.

6. Auslegung

Die Auslegung der Anlage erfolgte auf Basis der gemessenen Werte und der zur Verfügung gestellten Datenblätter der Lacke, aus denen die eingesetzten Lösemittel hervorgehen.

Um die Größe der Anlage ($58.000\text{m}^3/\text{h}$) und einen auf die Bedürfnisse abgestimmte Lösung zu realisieren, schlagen wir, je Ofenstrecke eine Anlage mit jeweils $30.000\text{m}^3/\text{h}$ vor.

Kapazität einer Anlage: bis $30.000\text{m}^3/\text{h}$

Abgastemperatur: bis 230°C

- Luft-Luft-Wärmetauscher mit Wärmerückgewinnung
- Plasma-Modul mit ca. 80 Elektroden
- UV-C Modul mit 360 Lampen
- Kreuzstromwäscher
- 2 Aktivkohlemodule mit ca. 5t Aktivkohle; Haltbarkeit je nach Beladung der Aktivkohle ca. 1,2 Jahre