



طاقة الشمال

North Lebanon Alternative Power

www.nlap-lb.com

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



AECENAR

Association for Economical and Technological Cooperation  
in the Euro-Asian and North-African Region

www.aecenar.com

مؤتمر "مشروع محطة طاقة كهربائية عن طريق حرق النفايات لانارة شوارع رأسنحاش - هل هناك ضرر على البيئة؟"، الزمان: السبت 28 تشرين الثاني، الساعة 3 - 6 بعد

الظهر، المكان: رأسنحاش - البترون (لبنان الشمالي)، قاعة مسجد القببيسي

Conference "Environment Aspects of the Ras Nhache Incineration Power Plant Project", 28 November 2015, Ras Nhache/Batroun

	كلمة الافتتاح و راية مشروع المحيط النظيف وتغذية جميع سكان الشمال بالكهرباء 24\24 المهندس سمير مراد	15.30 - 15.00
منظومة محطة الطاقة: الجزء الاول و الثاني والثالث (تصميم construction) من فيلم <a href="https://docs.google.com/file/d/0B0NCZCDwLnUrS24zRTVUWVpWV1E/edit">https://docs.google.com/file/d/0B0NCZCDwLnUrS24zRTVUWVpWV1E/edit</a> قبل ادخال المحرقة: 1 منطقة التخزين 2 حزام نقل النفايات 3 آلة تقطيع النفايات 4 الفلتر المزبل للرائحة 5 عملية فرز الحديد عن مجمل النفايات باستخدام تقنية المغنطيس	منظومة محطة الطاقة وشروط وكيفية ادخال النفايات الى المحرقة الفزيائية بنان الكردي \ المهندس سمير مراد تليها مناقشة	16.00 - 15.30
	الدخان الناتج عن حرق النفايات المنزلية وتنقيته قبل الخروج من المحطة الفزيائية وندي اسطفان تليها مناقشة	16.30 - 16.00
	فرصة صلاة المغرب و قهوة و شاي	17.00 - 16.30
	رماد الحرق ومعالجته والاستفادة منه المهندس سمير مراد تليها مناقشة	17.30 - 17.00
	حوار مفتوح	18.00 - 17.30

## المضمون

4	مشروع المحيط النظيف وتغذية جميع سكان الشمال بالكهرباء 24\24	1
5	منظومة محطة الطاقة وشروط وكيفية ادخال النفايات الى المحرقة	2
5	منظومة محطة الطاقة	2.1
6	كمية النفايات اليومية	2.2
7	خيارات الفرز من المصدر الممكن اتباعها	2.3
8	تصل النفايات الى منطقة التخزين	2.4
11	تمرير النفايات تحت جهاز مخصص لازالة المعادن باستخدام المغنطيس	2.5
10	عملية الفرز اليدوي لازالة كل ما تبقى من مواد تؤثر سلبا على عملية الحرق	2.6
10	مواد حرجة يجب ان لا تحرق حتى لا تنتج دخان سام يوجب معالجة مكلفة	2.6.1
13	الدخان الناتج عن حرق النفايات المنزلية وتنقيته قبل الخروج من المحطة	3
13	DISCUSSION WITH LUHR FILTER	3.1
13	Costs:	3.1.1
13	To be specified for filter supplier:	3.1.2
13	SCHEMA	3.2
14	الطرق الحالية والمستقبلية لتنقية الغاز الناتج عن محارق النفايات باستعمال $Ca(OH)_2$ / $CaO$ أو $NaHCO_3$	3.3
39	رماد الحرق ومعالجته والاستفادة منه	4
39	توصيف رما الحرق (CHARAKTERISIERUNG VON ROSTASCHE)	4.1
41	الملوثات	4.1.1
42	معالجة الرماد (AUFBEREITUNG VON ROSTASCHE) بعد حرق النفايات المنزلية	4.2
43	Rostaschenaufbereitung 80er, 90er Jahre bis heute	4.2.1
44	ROSTASCHENAUFBEREITUNG NACH STAND DER TECHNIK	4.3
47	MATERIALANSPRACHE DER FRAKTION 0 BIS 3 (4) MM	4.4
49	Ergebnisse einer optimierten, konventionellen Aufbereitungstechnik	4.4.1

FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT. ....	INNOVATIONEN IM BEREICH DER ROSTASCHENAUFBEREITUNG	4.5
52 .....	تلخيص	4.6
53 .....	مراجع	4.7
<b>54 .....</b>	<b>FILTERASCHE</b>	<b>5</b>
54 .....	ELEKTROFILTER	5.1
54 .....	<i>Funktionsbeschreibung</i>	5.1.1
56 .....	<i>Dimensionierung</i>	5.1.2
56 .....	<i>Elektrische Ausrüstung</i>	5.1.3
57 .....	HYBRID FILTER	5.2
59 .....	<i>Funktionsbeschreibung</i>	5.2.1
59 .....	<i>Resultate</i>	5.2.2

1 مشروع المحيط النظيف وتغذية جميع سكان الشمال بالكهرباء 24\24

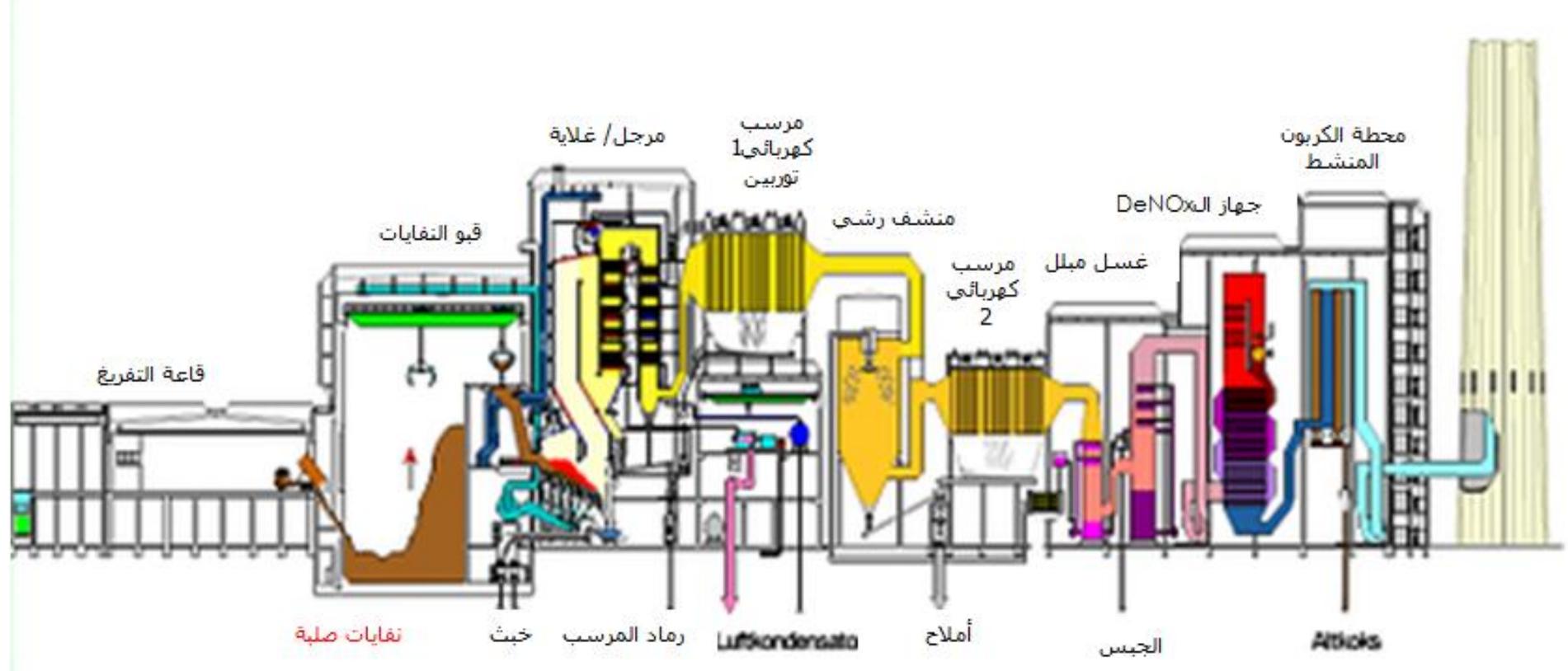
ID	Name	Start	Finish	2015		2016			2017			2018			2019		
				Okt	Jan	Apr	Jul	Okt	Jan	Apr	Jul	Okt	Jan	Apr	Jul	Okt	
0.25 Mio.\$	TEMO-IPP kassara 40 kW	03.12.2015	08.04.2016														
	نقل المحطة وتشغيلها	03.12.2015	27.01.2016														
	تشغيل عادي	21.01.2016	08.04.2016														
10 Mio.\$	TEMO-IPP 2,5 MW	04.05.2016	22.06.2017														
	تصنيع المحطة	04.05.2016	03.01.2017														
	نقل المحطة وتشغيلها	11.01.2017	04.04.2017														
	تشغيل عادي	21.02.2017	22.06.2017														
100 Mio.\$	Tripoli-IPP 3x40 MW (3x800 t/day waste) نفقات لـ 2.5 مليون نسمة	03.07.2017	04.10.2018														
	تصنيع المحطة	03.07.2017	17.05.2018														
	نقل المحطة وتشغيلها	17.05.2018	28.08.2018														
	تشغيل عادي	04.09.2018	04.10.2018														
100 Mio.\$ -0	Akkar-IPP 3x40 MW (3x800 t/day waste) نفقات لـ 2.5 مليون نسمة	19.09.2018	06.11.2019														
	تصنيع المحطة	19.09.2018	05.08.2019														
	نقل المحطة وتشغيلها	16.06.2019	30.09.2019														
	تشغيل عادي	06.10.2019	06.11.2019														
100 Mio. \$-1	Dinniye-IPP 3x40 MW (3x800 t/day waste) نفقات لـ 2.5 مليون نسمة	19.09.2018	06.11.2019														
	تصنيع المحطة	19.09.2018	05.08.2019														
	نقل المحطة وتشغيلها	16.06.2019	30.09.2019														
	تشغيل عادي	06.10.2019	06.11.2019														

تشغيل 5000 ناس اي اطعام 5000 عائلة

## 2 منظومة محطة الطاقة وشروط وكيفية ادخال النفايات الى المحرقة

### 2.1 منظومة محطة الطاقة

(0:00-4:51)	<a href="https://docs.google.com/file/d/0B0NCZCDwLnUrS24zRTVUWVpWV1E/edit">https://docs.google.com/file/d/0B0NCZCDwLnUrS24zRTVUWVpWV1E/edit</a> من فيلم (تصميم construction) الجزء الاول و الثاني والثالث <a href="D:\backups_PapasLaptop\privatParallelZuHEREProjekt_1805-130815\presentationJune15\Kraftwerk4.wmv">D:\backups_PapasLaptop\privatParallelZuHEREProjekt_1805-130815\presentationJune15\Kraftwerk4.wmv</a>
-------------	--



wikipedia.de:

Eine herkömmliche Müllverbrennungsanlage besteht beispielsweise aus

1. Müllanlage:

1. Brückenwaage, zur Ermittlung des Abfallgewichts durch eine Eingangs- und Ausgangswiegung
2. Müllentladehalle, in der der Müll über Rutschen in den Müllbunker befördert wird
3. Müllbunker, der zur Zwischenlagerung und Homogenisierung des Mülls dient
4. Greifkran, über den der Müll in den Aufgabetrichter der Feuerung gegeben wird

2. Verbrennungsanlage im engeren Sinne mit Dampferzeuger:

1. Feuerung, in der der Müll verbrennt (Bauarten siehe unten)
2. Entschlacker, in den die Schlacke fällt und in den Schlackebunker transportiert wird
3. Dampferzeuger, in dem mittels der heißen Rauchgase Dampf erzeugt wird, der die Turbine antreibt und über einen Generator elektrischer Strom erzeugt wird oder der als Fernwärme zum Heizen von Haushalten bzw. als Prozesswärme für industrielle Produktionsprozesse genutzt wird

3. Rauchgasreinigungsanlage

1. Filteranlage, mit der Staub abgeschieden wird, als Oberflächenfilter und/oder Elektrofilter
2. chemische Reinigung, zum Abscheiden von Schadstoffen (insbes. HCl, SO<sub>2</sub>, Schwermetalle, Dioxine/Furane, etc.; i. d. R. als nasse Gaswäsche oder trockene Absorption unter Zugabe von Kalkverbindungen und/oder Aktivkohle)
3. Schornstein, durch den die gereinigten Rauchgase an die Außenluft abgegeben werden.

4. diversen Neben- und Hilfsystemen



## 2.2 كمية النفايات اليومية

يتراوح معدّل إنتاج الفرد من النفايات المنزلية الصلبة في لبنان بين 0,8 و 1 كلف يومياً

يعني كل 1000 نسمة تنتج 0.8 الى 1 طن بفايات يومياً

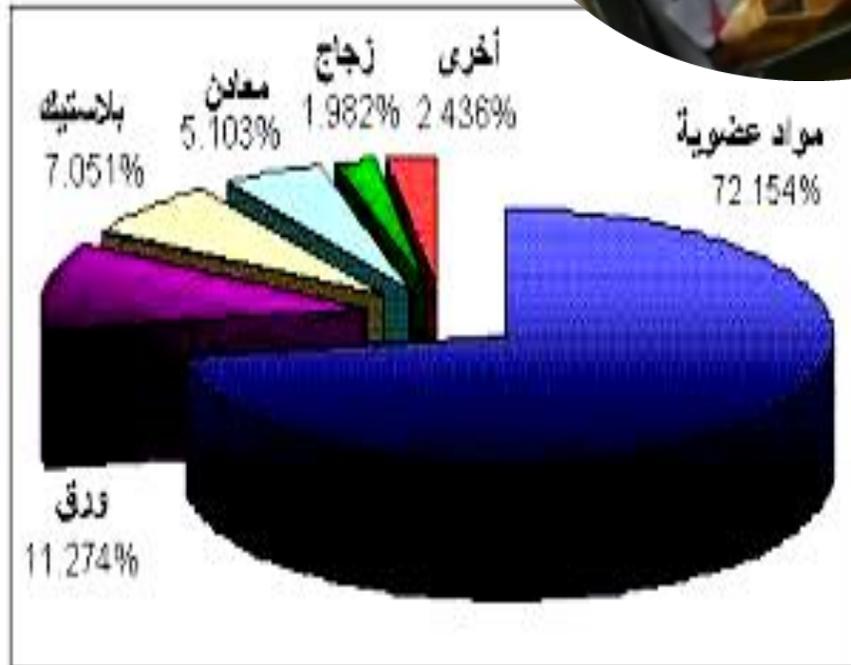
و 1 طن تنتج تقريباً

24hX50kW = 1200 kWh كهرباء

### 2.3 خيارات الفرز من المصدر الممكن اتباعها

-**الفرز الفردي:** تطلب وضع الورق والزجاج والمعدن والبلاستيك معاً في مستوعب واحد منفصل عن المواد العضوية. يعتبر هذا الفرز سهل التحقيق، حيث لا يحتاج الى الكثير من الوقت للجمع ويكون عدد المستوعبات المستعملة قليل مستوعبين فقط.

-**الفرز المتعدد:** يمكن فرز النفايات في أربعة مستوعبات مخصصة للورق والبلاستيك والمعدن والزجاج، بالإضافة إلى مستوعب مخصص للنفايات العضوية (الرطبة). يتطلب هذا النظام وعياً وتجاوباً كبيراً من المجتمع الأهلي لإنجاح عملية الفرز.

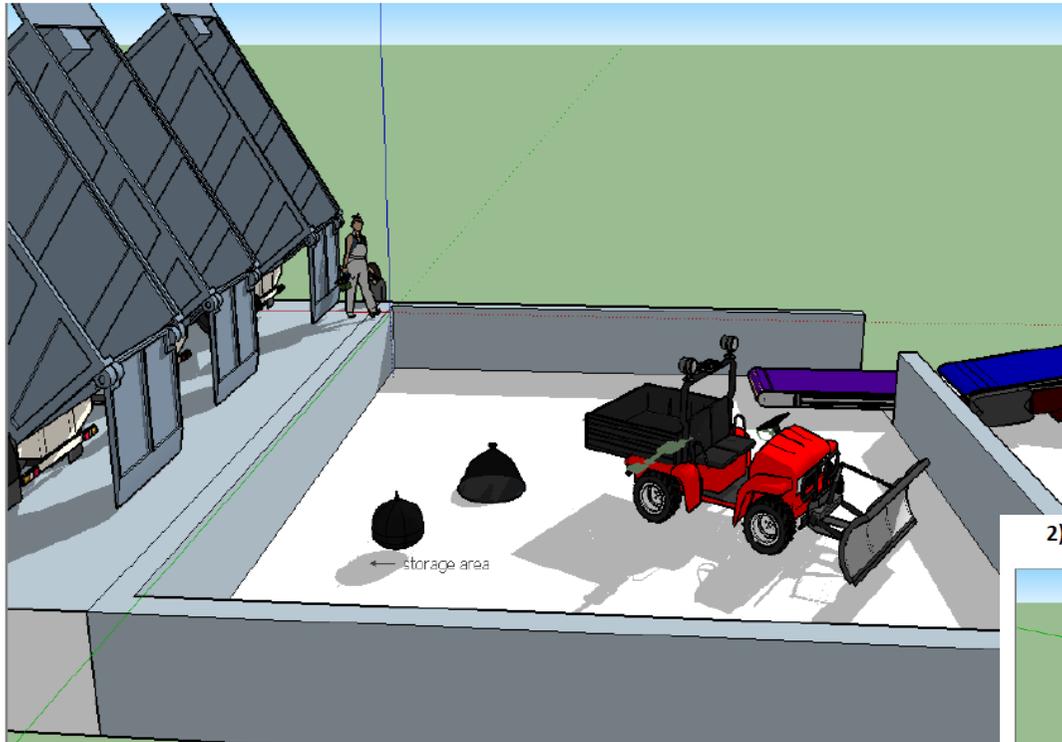


المادة	مدة التحلل البيولوجي
الإطارات	١٠٠٠ سنة
محارم الورق	٣ أشهر
تنكة ألومنيوم	٣٥٠ سنة
الزجاج	٤٠٠٠ سنة
النيلون	٤٠٠ سنة
عبوة بلاستيك	٨٠٠ سنة
عقب السيارة	١٢ سنة
عود كبريت	٦ أشهر
علكة	٥ سنوات
الحفاض	٥٠٠ سنة

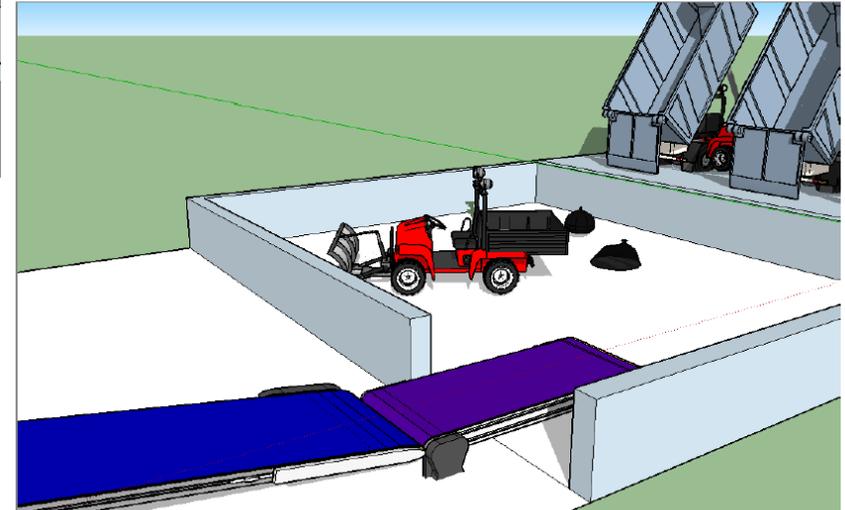
في الجدول أعلاه مدة التحلل البيولوجي لبعض المواد التي نستخدمها يوميا

## 2.4 تصل النفايات الى منطقة التخزين

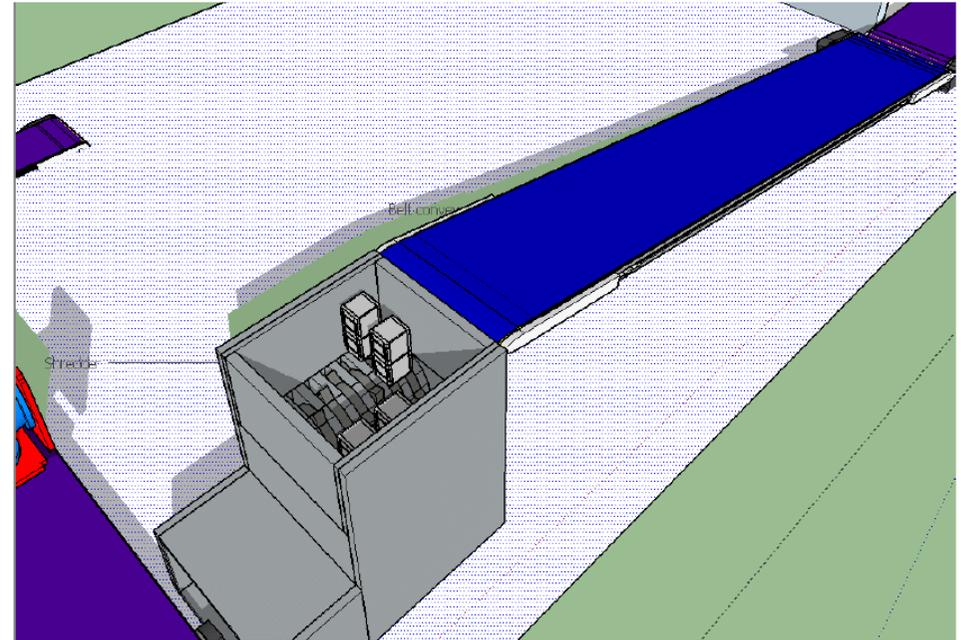
### 1) Storage area (منطقة التخزين)



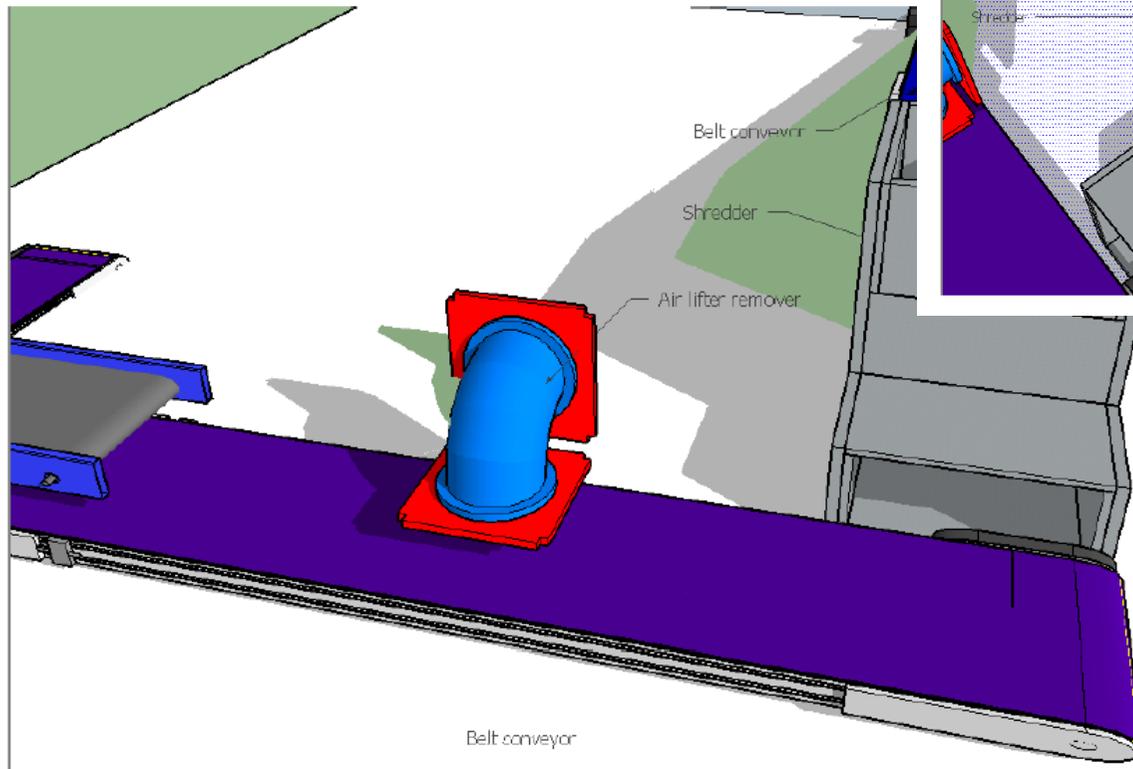
### 2) Belt conveyor (حزام نقل النفايات)



3) Shredder (آلة تقطيع النفايات)



4) Air filter remover (الفلتر المزيل للرائحة)



## 2.6 عملية الفرز اليدوي لازالة كل ما تبقى من مواد تؤثر سلبا على عملية الحرق



ومن ثم تخضع لعملية الفرز اليدوي لازالة كل ما تبقى من مواد تؤثر سلبا على عملية الحرق. وهكذا نحصل على نفايات جاهزة للحرق

2.6.1 مواد حرجة يجب ان لا تحرق حتى لا تنتج دخان سام يوجب معالجة مكلفة

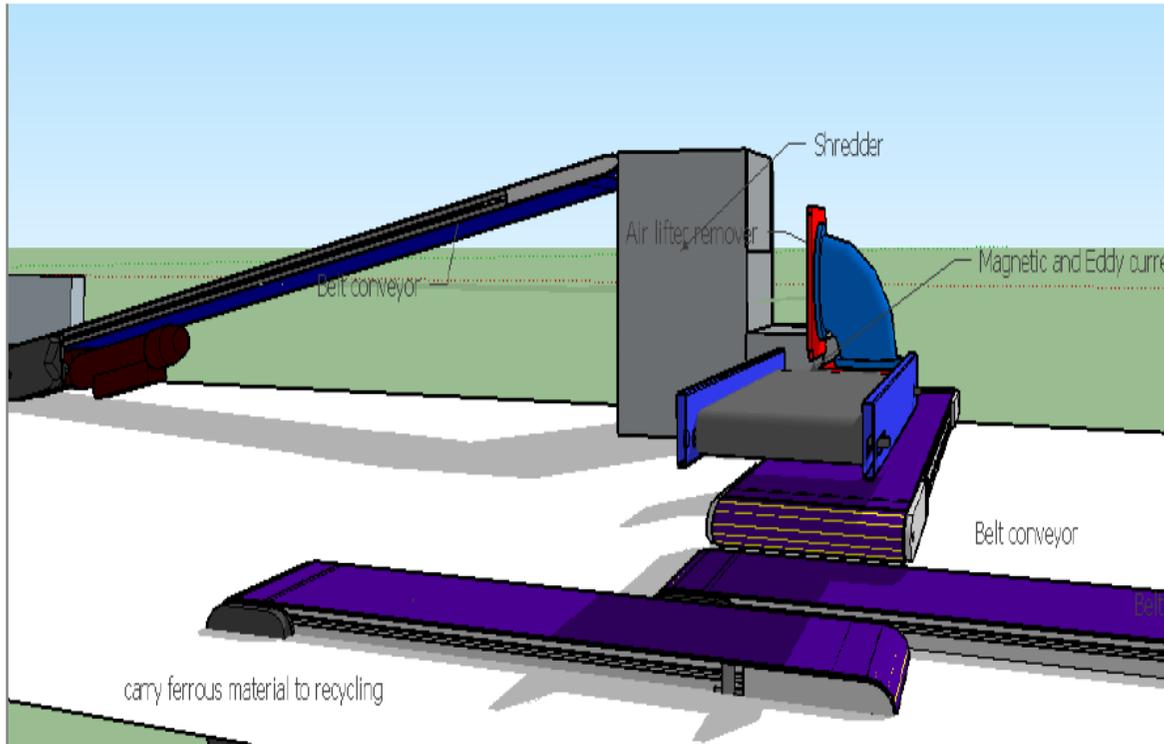
PVC

بطاريات

## 2.7 تمرير النفايات تحت جهاز مخصص لإزالة المعادن باستخدام المغنطيس



5) Carry ferrous material to recycling (عملية فرز الحديد عن مجمل النفايات باستخدام تقنية المغنطيس)



و هذه هي الخطوة ما قبل  
الأخيرة قبل الحرق وهي  
تمرير النفايات تحت جهاز  
مخصص لإزالة المعادن  
باستخدام المغنطيس

## 2.8 ادخال النفايات الى الفرن



ومن ثم نبدأ بادخال النفايات في الفرن المخصص للحرق

### 3.1 Discussion with LUHR Filter

Dirk Band, Prokurist / Gesamtvertriebsleiter

**LÜHR FILTER GmbH & Co. KG**, Enzer Straße 26 | D-31655 Stadthagen

Tel.: +49 5721 708-300, Fax: +49 5721 708 233-300, Mobil: +49 170 222 26 85, E-Mail: [d.band@luehr-filter.de](mailto:d.band@luehr-filter.de), Internet: [www.luehr-filter.com](http://www.luehr-filter.com)

flue gas from combustion chamber -> Heat exchanger (warming of the combustion air and cooling of flue gas) -> with 145 °C to the filter (max. 250°C)  
-> after filter: ventilator -> chimney

#### 3.1.1 Costs:

Flue Gas Purification for 40 kW el.power : 10.000 EUR (only filter) or 30.000 with Calc etc.( Additiv - Silo)

Flue Gas Purification for 3x40 MW el.power : 5-10 Mio. EUR

Suppliers:

Fa. Reiz (Ventilator), Baumgarter (Rost)

Filter for Ras Nhache TEMO-IPP:

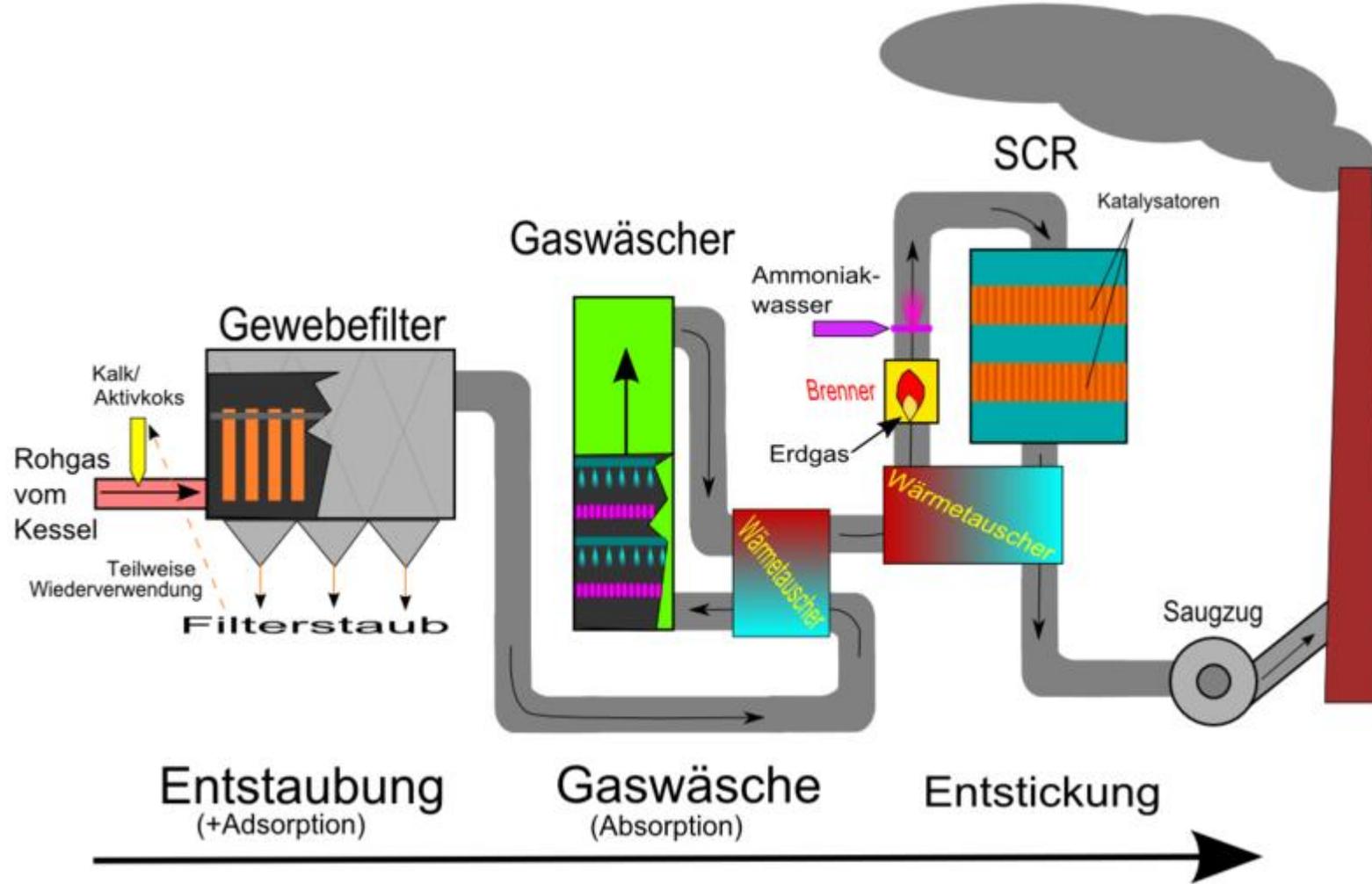
- 2-3 Monate Fertigungszeit von Bestellung bis zur Lieferung (ohne Versandzeit)
- 8000 - 1000 EUR

#### 3.1.2 To be specified for filter supplier

Particles (from Genehmigungsbehörde), temperature of flue gas

### 3.2 Schema

flue gas from combustion chamber -> Heat exchanger (warming of the combustion air and cooling of flue gas) -> with 145 °C to the filter (max. 250°C)  
-> after filter: ventilator -> chimney



3.3 الطرق الحالية والمستقبلية لتنقية الغاز الناتج عن محارق النفايات باستعمال  $\text{NaHCO}_3$  و  $\text{Ca(OH)}_2$  /  $\text{CaO}$

1- المقدمة:

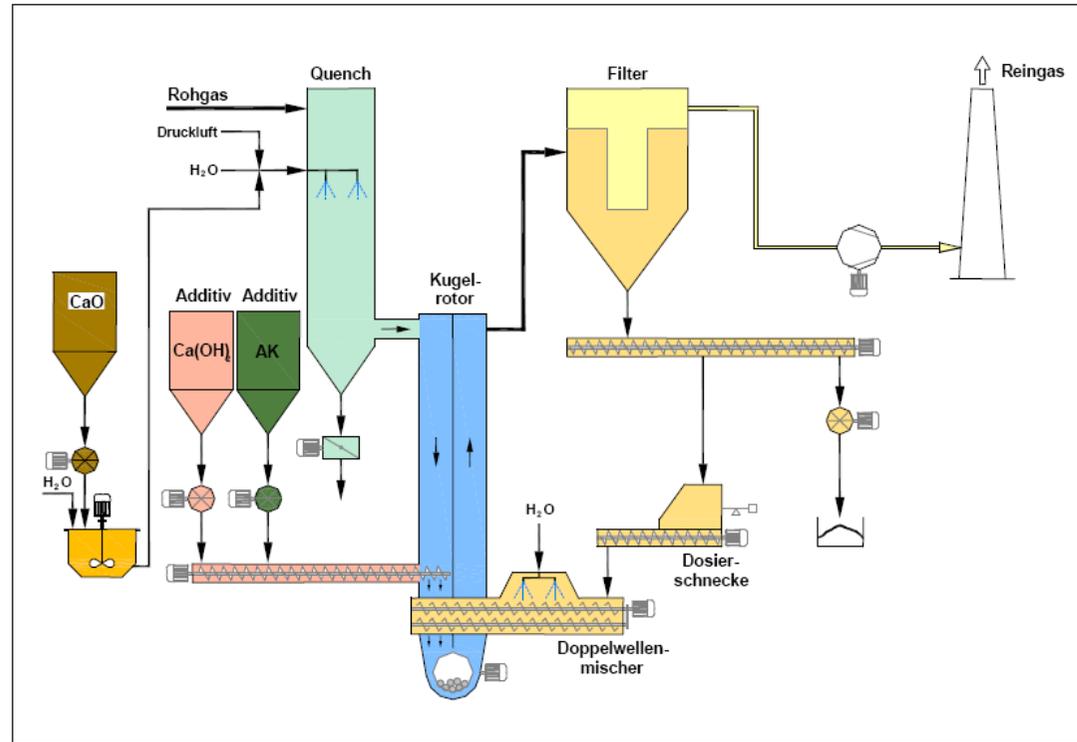
المشغلين للمنشآت التي تعنى بحرق النفايات أصبحوا يجدون أنفسهم مضطرين - ولو لاسباب إقتصادية- لإستعمال تقنيات غير مكلفة وأكيدة النتائج لتنقية الغازات الناجمة عن الحرق للمحافظة على معدل الإنبعاثات أثبتت الطرق الجافة في التنقية أو طرق التكتيف جدارتها في هذا المجال.

هذه الأساليب تُطور دائماً لتجاري التحديات والمتطلبات خصوصاً بما يخص التعليمات الصارمة بخصوص الإنبعاثات ومعدلها المسموح به وبما يخص زيادة معدل الغازات المضرة.

2- الإمتصاص الجاف بإضافة اجسام تحتوي على **Ca**

2.1- البخاخ الممتص و تكتيف الجزيئات

2.1.1- البناء بشكل عام:



الطريقتين معاً: الإمتصاص الجاف والبخاخ الممتص



المحرقة في لودفيغسهافن ويظهر الفيلتر والممتص

- المرحلة الاولى من طريقة الجمع بين التقنيتين يشكلها البخاخ الممتص. مهمته هي:
- تكثيف الغاز للحصول على درجة حرارة ملائمة والتخلص من الرطوبة.
- مرحلة ما قبل الإمتصاص بإضافة الحليب الكلسي.
- إضافة الحليب الكلسي من شأنه تخفيض درجة ذوبان الأسييد وبالتالي تجنب التآكل.

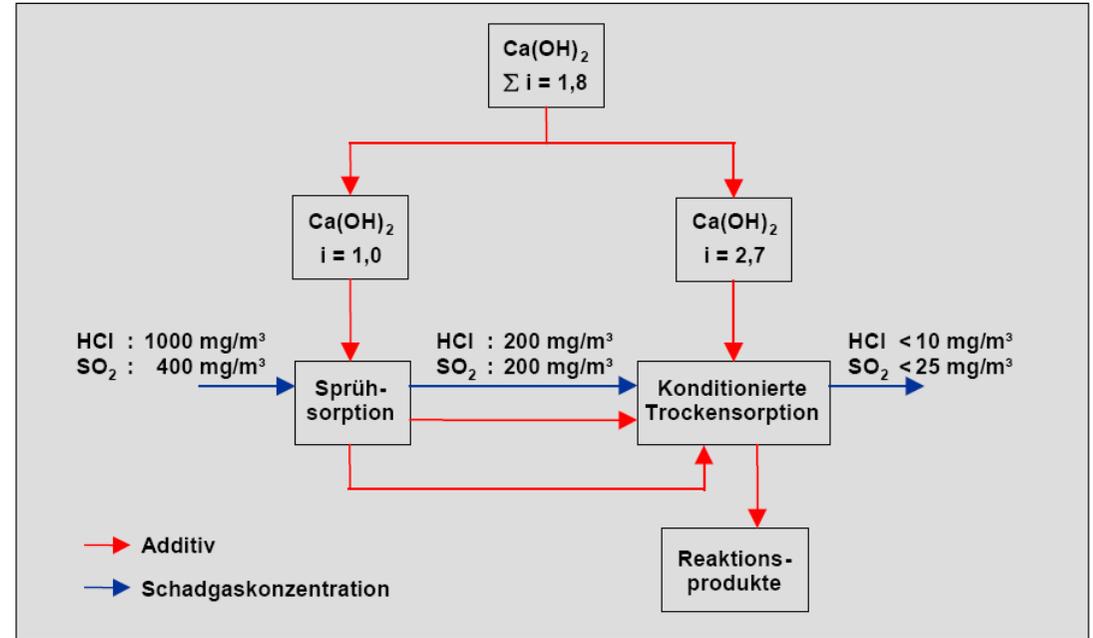
المرحلة الثانية يشكلها الجمع بين المفاعل والفيلتر وذلك بإضافة الـ  $\text{Ca(OH)}_2$  وإعادة متكررة للجزيئات المرذودة و تكثيفها من مهماتها:  
- خلق شروط تفاعل جيدة من خلال تدوير متكرر للجزيئات يصل إلى  $n \times 100 \text{ g/m}^3 \cdot \text{i.N.}$

- تحسين التخلص من الـ  $\text{SO}_2$  بشكل خاص من خلال ترطيب الجزيئات المدورة.  
- تخفيض درجة حرارة الغاز ولو بنسبة بسيطة.

## 2.1.2- إيجابيات وسلبيات هذه الطريقة

بالمقارنة مع طرق جافة أخرى تركز على إضافة الـ  $\text{Ca}$  تحصل هذه الطريقة رغم صعوبة ودقة تطبيقها على الإيجابيات التالية:  
- الإضافة التدريجية

الرسم ادناه يبين لنا بوضوح الإيجابية من وراء الإضافة التدريجية. في المرحلة الأولى وبنسبة جزئية متدنية إستناداً على المدخول من الغاز الضار نتخلص من قسم كبير من الـ  $\text{HCl}$  (80%) وحوالي نصف كمية الـ  $\text{SO}_2$  في المرحلة الثانية وهي مرحلة التنظيف الدقيق لما ننتظره من غازات ضارة بعد المرحلة الأولى . فسند مقارنة بالطريقة الطنانة (stoechiométrie buzz) سنجد أن الـ stoechiométrie مرتفع جداً.



السهم الأحمر: المضافات

السهم الأزرق: تكثيف الغاز الضار

- التفاوت في معدلات الغازات الضارة

هذا البرنامج لا يتأثر بالتغير الكبير الذي قد يحصل على نسبة الغاز الضار في الغاز الغير مكرر.

## 2.2- تبريد البخار وتكثيف الجزيئات

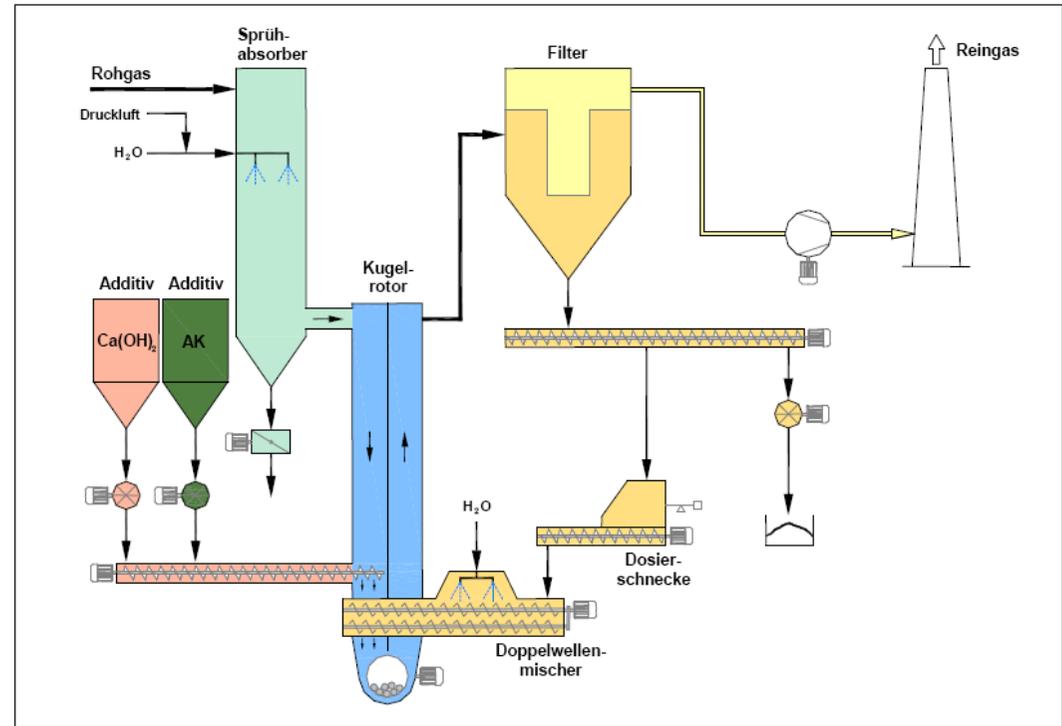


Abb. 5: Chemiesorption mit Partikel- und Gaskonditionierung

إمتصاص كيميائي مع تكثيف للجزيئات والغاز

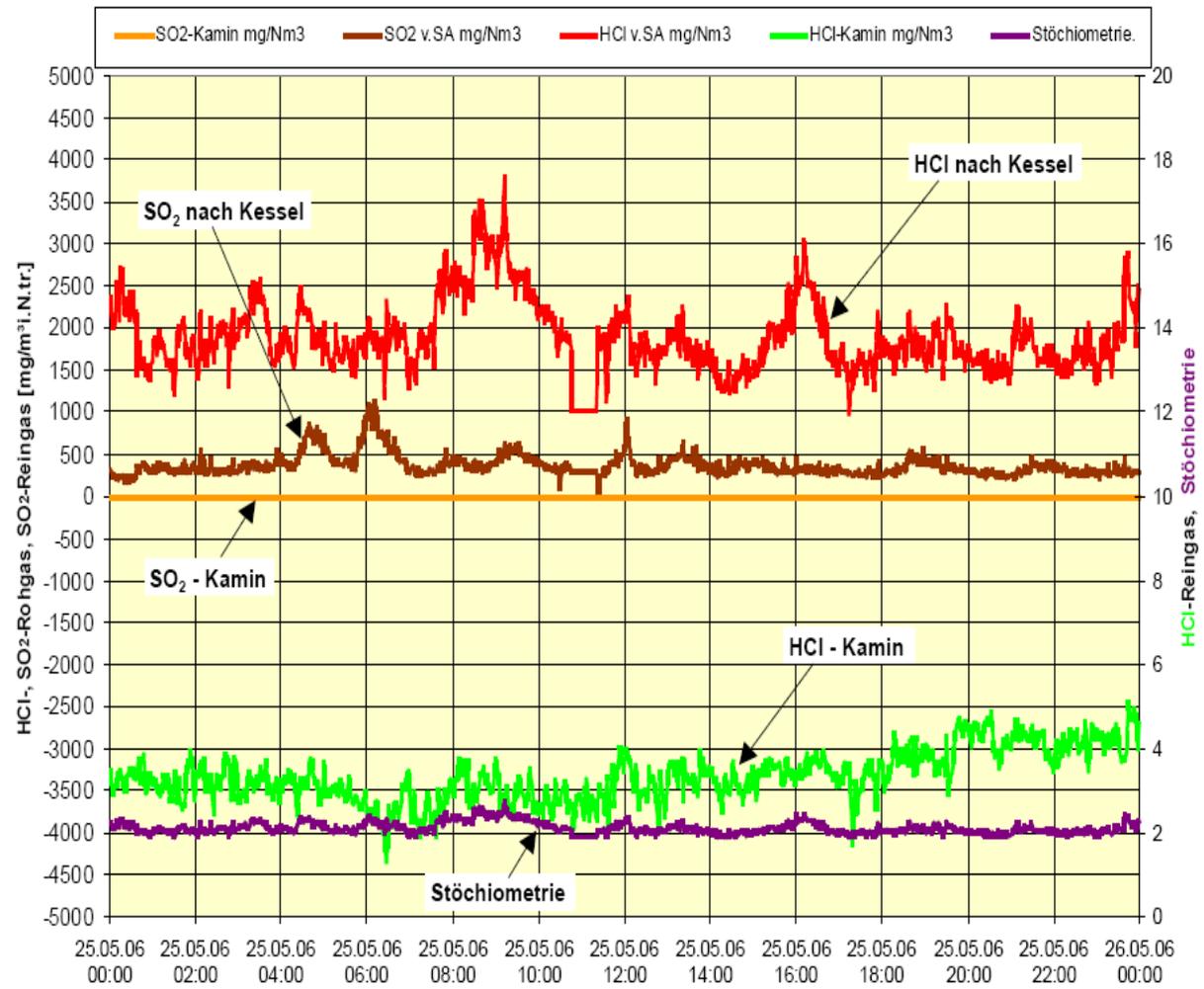


Abb. 6: Trendkurven Roh-/Reingaswerte und Stöchiometrie

إيجابيات هذه الطريقة:

- يمكن الإستغناء عن الحليب الكلسي
- التكلفة المالية هي اقل من طريقة الرشاش الماص.
- يمكننا إستخدام اي نوعية ماء للتبريد

سلبياتها:

- الزيادة التدريجية وإيجابياتها غير موجودة في هذه الطريقة
- يجب حماية مبرد البخار من التآكل
- للإبقاء على التكلفة متدنية يجب إستعمال المطفآت الجامدة بدل السائلة وهذا مرتبط بتكلفة عالية.

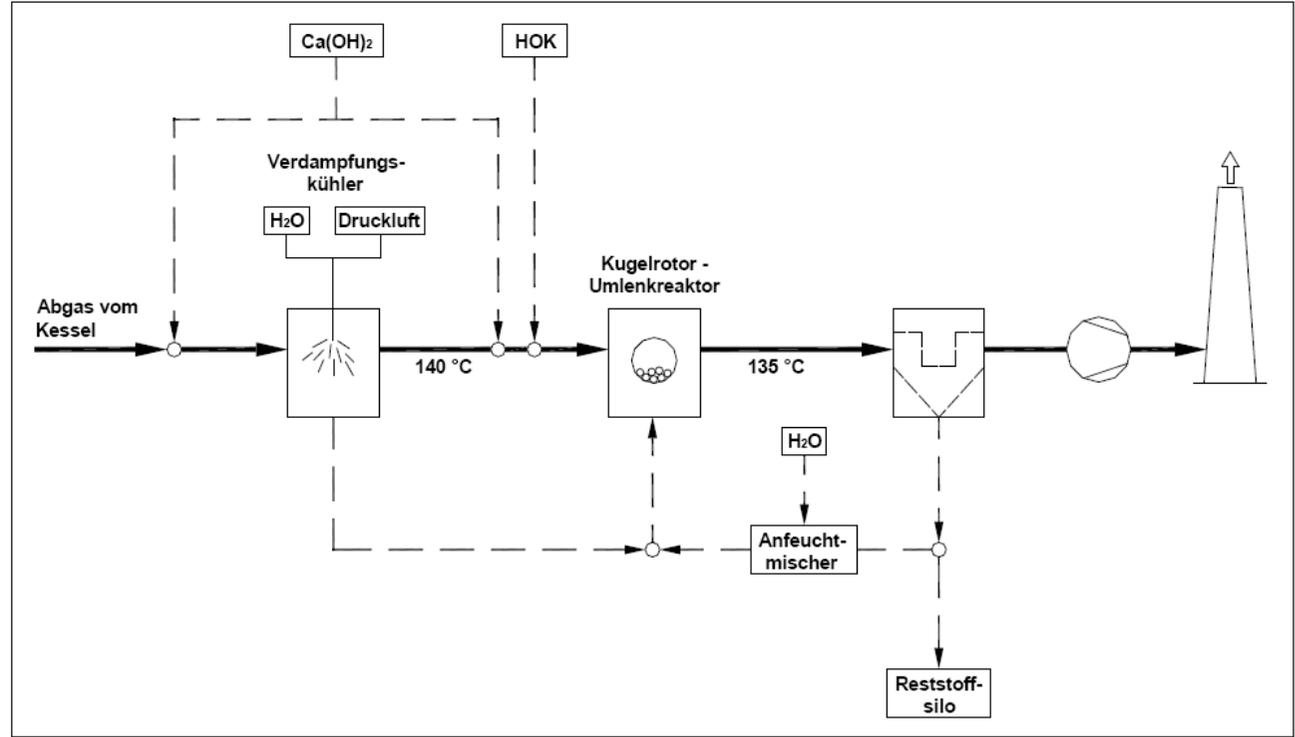


Abb. 7: Verfahrensvariante: Gas- und Partikelkonditionierung mit gestufter Additivmittelzugabe

مثال يجمع بين الطريقتين بهدف تحسين النتيجة.

### 2.3 - الإمتصاص الجاف والتكثيف على مرحلتين

هذه الطريقة تستعمل في المصانع حيث تعلو نسبة الكلور والنحاس.

الصورة في الأسفل هي لفيلتر بجانب محرقة للنفايات الصناعية . أراد صاحب المصنع ان يستغني عن مياه التقطير. في هذه الحالة فاستعويض عن مبرد البخار بالهواء ولعدم ظهور التآكل في مبدل الحرارة إستعانوا بزيادة المضافات قبل المبدل الحراري.

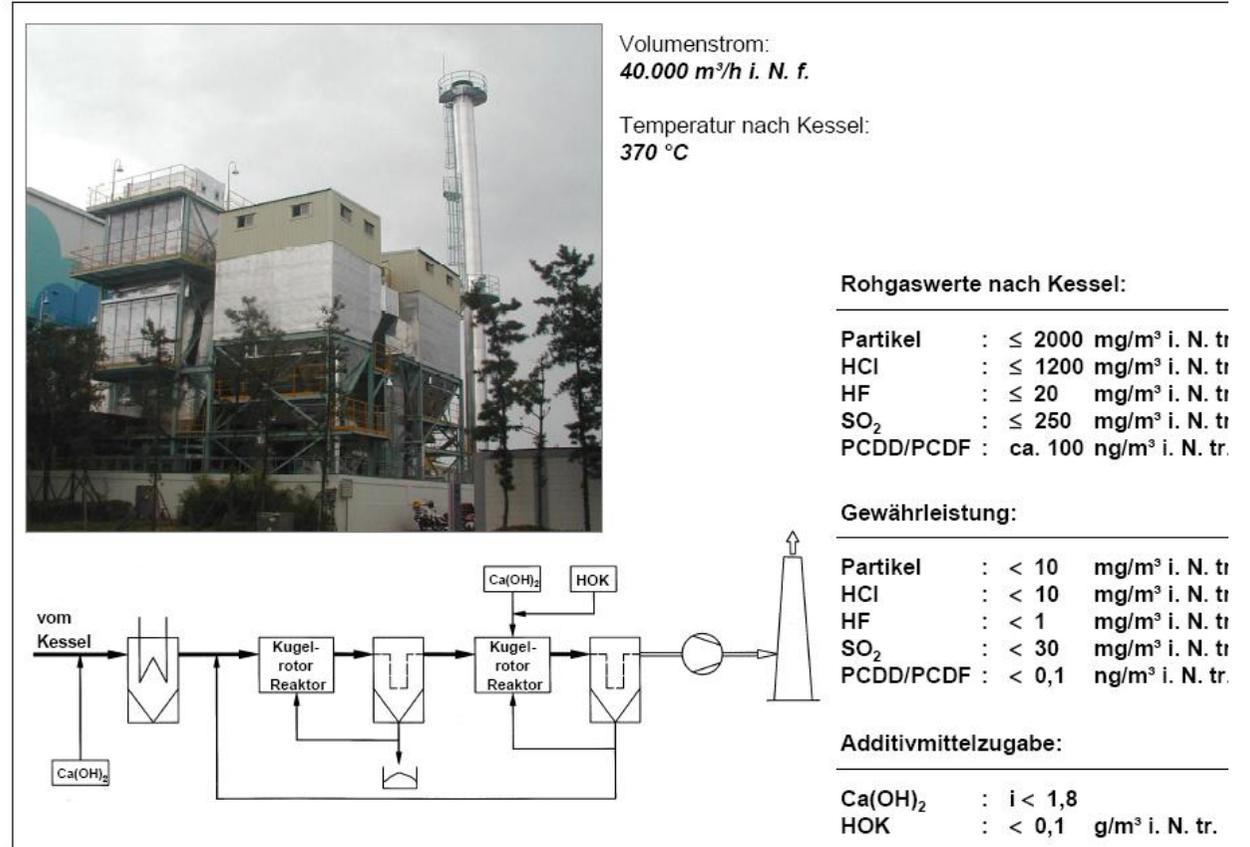


Abb. 8: Anwendungsbeispiel Industriemüll-Verbrennung

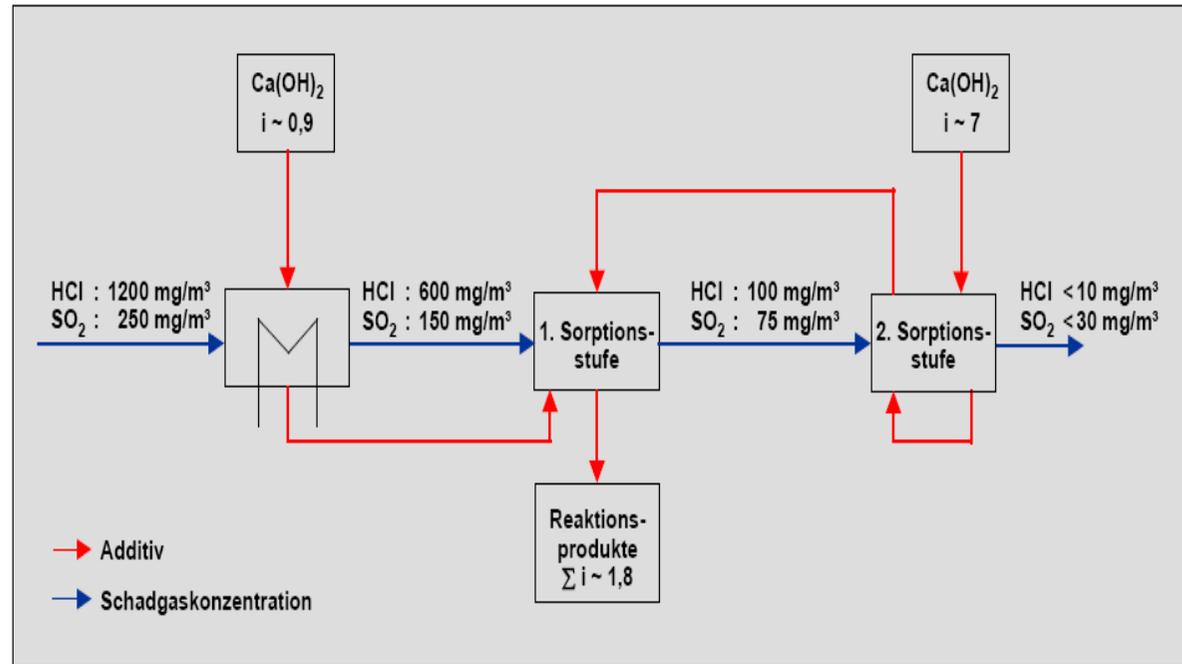


Abb. 9: Stöchiometrie Feinreinigungsstufe und Summenstöchiometrie

3- طريقة الإمتصاص الجاف مع استعمال الـ  $\text{NaHCO}_3$

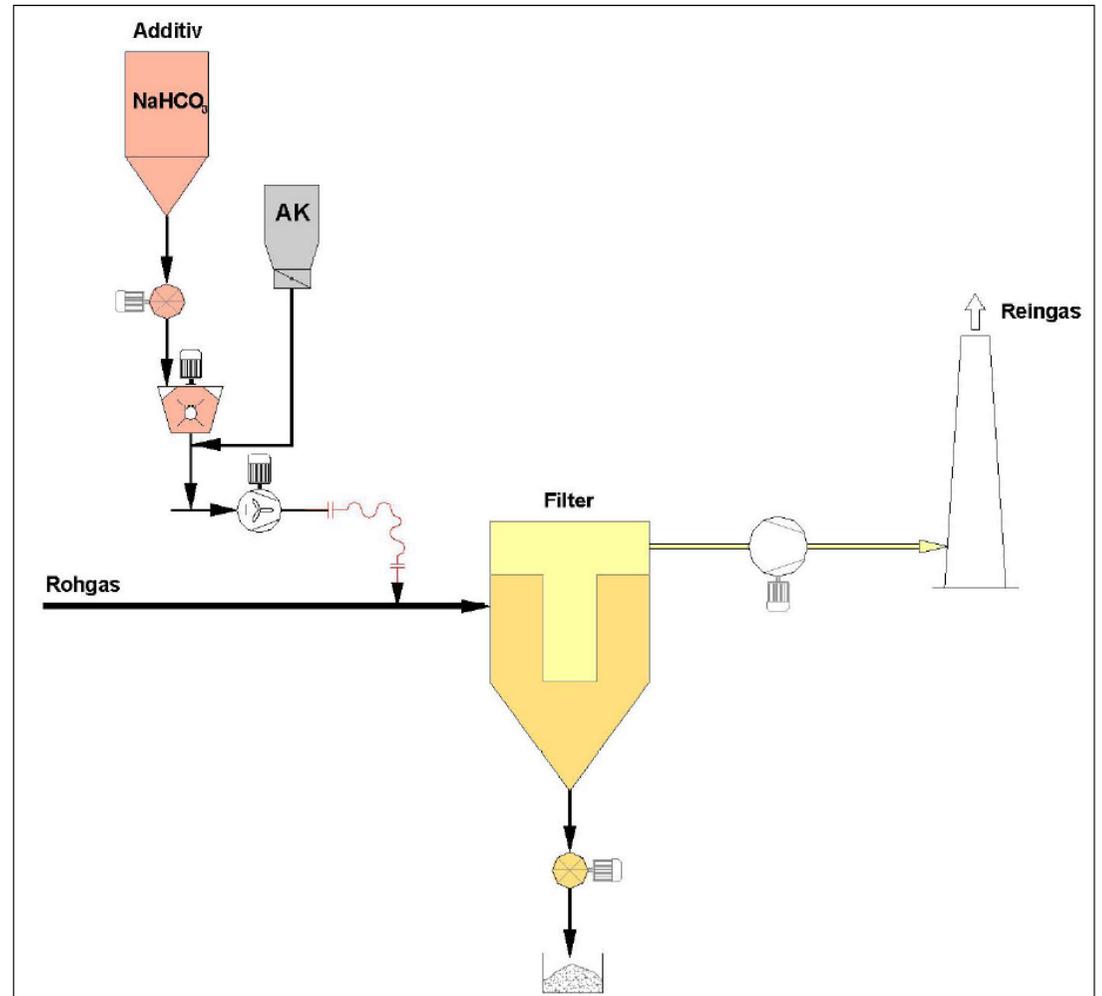


Abb. 14: Basisvariante Trockensorption mit  $\text{NaHCO}_3$

من إيجابيات الطريقة سهولة البناء والمواد المتبقية قليلة جداً

مثال عليها : محرقة للنفايات المنزلية:

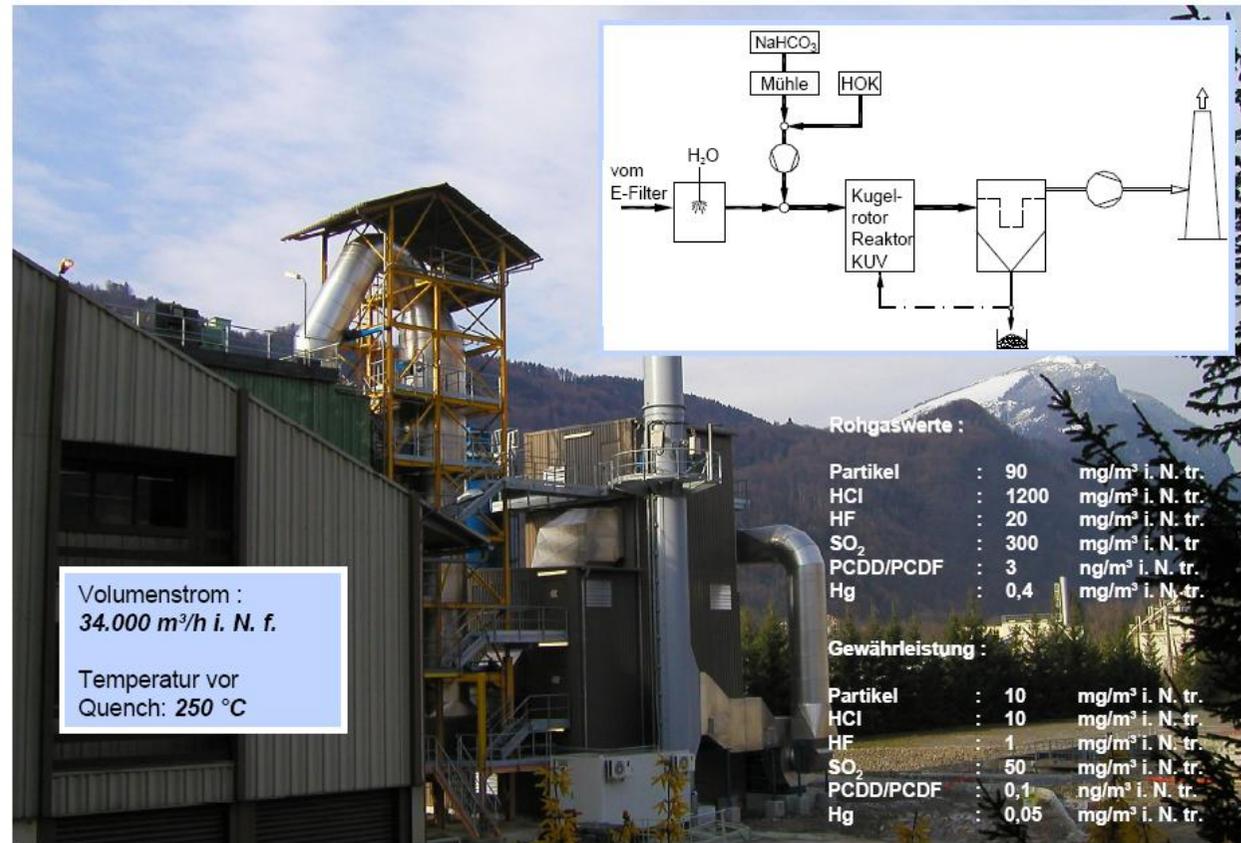


Abb. 15: Anwendungsbeispiel: Hausmüll-Verbrennung

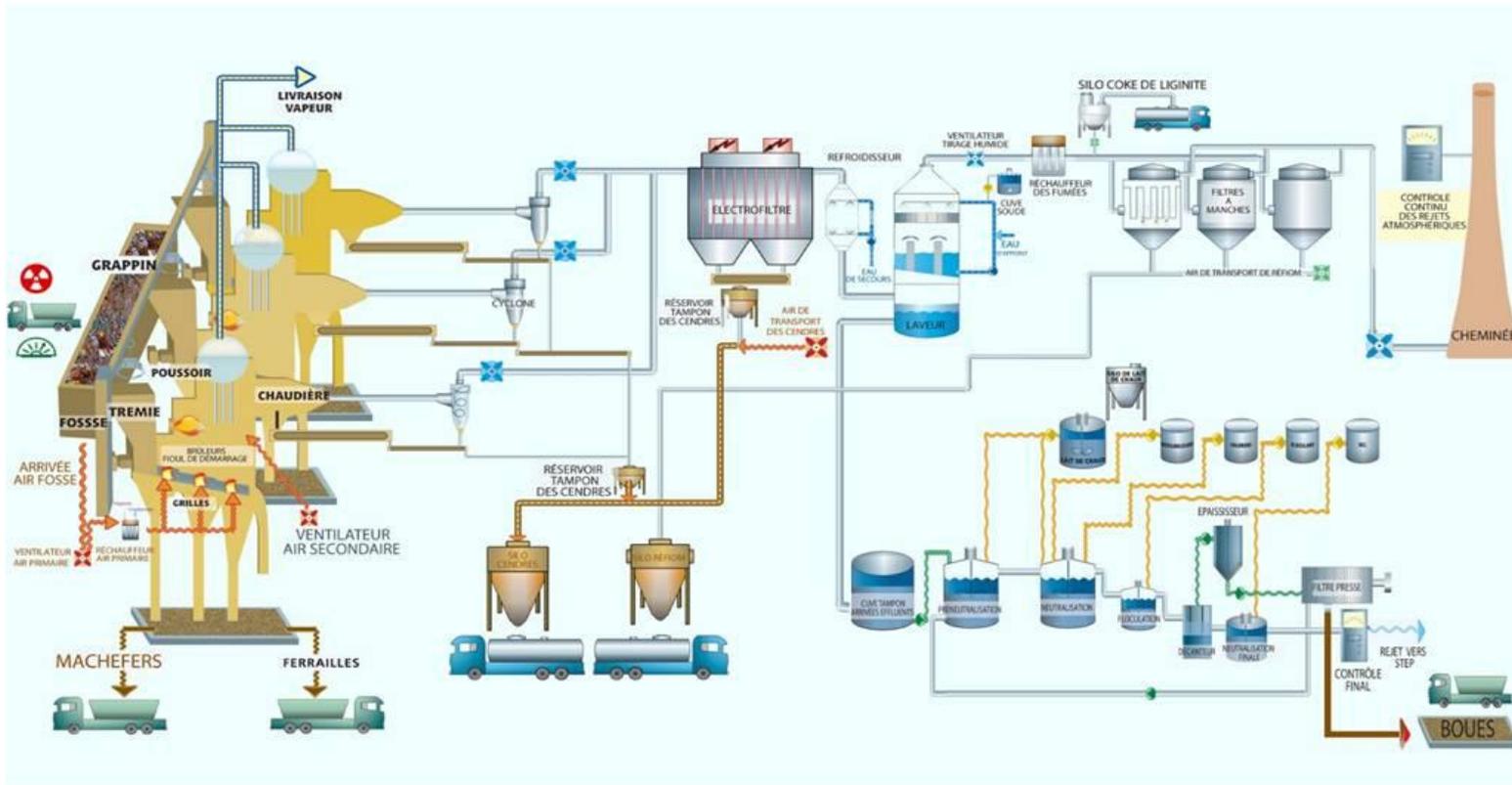
## مما يتألف الدخان المنبعث من محرقة النفايات المنزلية؟

- النتروجين, ثاني اكسيد الكربون, الاكسيجين, وبخار المياه
- الغازات الحمضية: ثاني اوكسيد النتروجين, اكسيد النتروجين
- الفوران, الديوكسين, المعادن الثقيلة.

## 2 كيف نعالج هذه الغازات؟

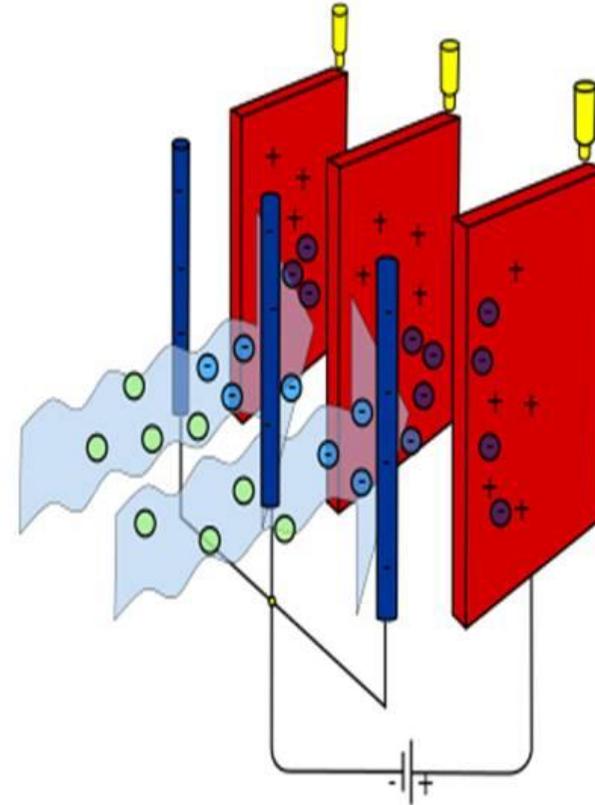
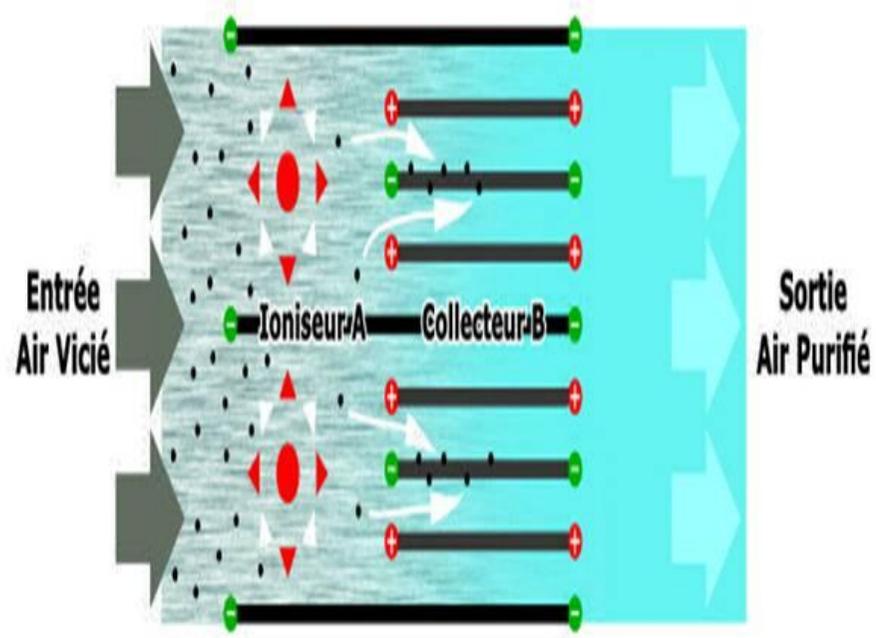
يتم معالجة هذه الغازات عبر نظام متكامل يتألف من عدة فلترات يتألف نظامنا لتنقية الدخان من:

- فلتر الكهربائي
- برج التبريد
- نظام يضح بيكربونات الصوديوم
- نظام يضح الفحم الناشط
- فلتر الكيس
- مدخنة

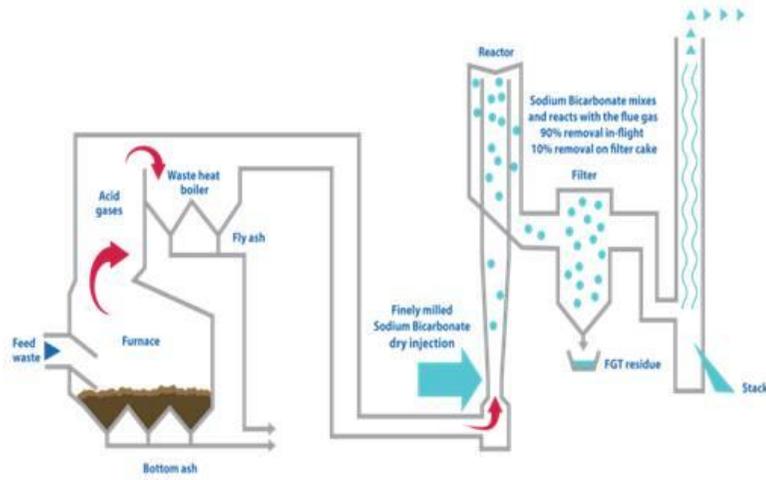


فلتر كهربائي



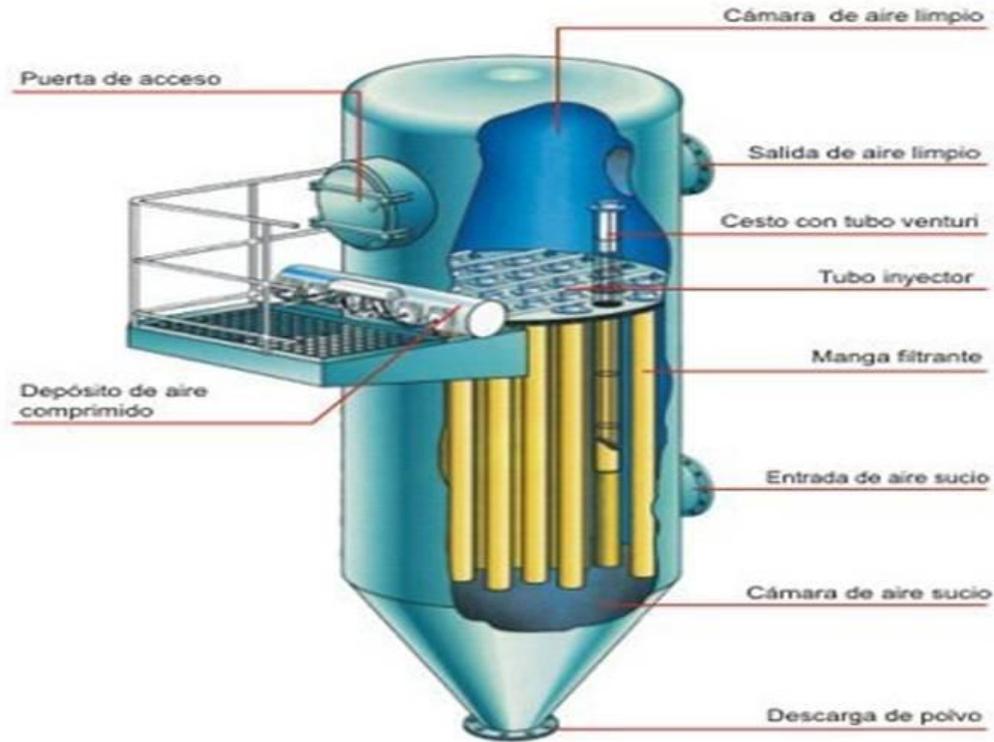


بنظام يضخ بيكربونات الصوديوم  
نظام يضخ الفحم الناشط



فلتر الكيس





### 3- ما دور كل عنصر من عناصر نظامنا لتنقية الدخان؟

- فلتر كهرباء لفصل الجزيئات الصلبة مثل الغبار من الغازات أنها فعالة وخاصة على جزيئات ذات أبعاد كبيرة.
- والخطوة الثانية هي تبريد الغاز من المياه لزيادة فعالية بيكربونات الصوديوم.
- بيكربونات الصوديوم هو الأساس الذي يبطل الغازات الحمضية الفحم المنشط يمتص الديوكسين والفوران.
- مرشح الكيس لديه دور وقف جسيمات أصغر.

## 4 ما مدى فعالية هذا النظام لمعالجة الدخان؟

- تصل نسبة فعالية هذا النظام الى 99% من التنقية.

#### 4.1 توصيف رما الحرق (Charakterisierung von Rostasche)

- Gemäß der 17. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) muss in Abfallverbrennungsanlagen eine Mindesttemperatur von 850 °C eingehalten werden. Durchschnittlich ergeben sich so Temperaturen von etwa 1.000 °C bei der Verbrennung [5].

حرارة الحرق يجب ان يكون 850 °C على الاقل وتكون بالتالي الحرارة المتوسطة 1.000 °C عند الاحتراق

- Bei den dabei ablaufenden Verbrennungsprozessen werden die organischen Kohlenstoffverbindungen oxidiert und es bleibt Asche zurück.

البقايا من الحرق اى الاوكسيداسيون لمركبات الكربون هو الرماد

- Nichtbrennbare Materialien wie Inertstoffe, Glas und Metall werden aufgrund der Temperaturen teilweise gesintert bzw. geschmolzen. Bei diesen Prozessen kommt es zu Agglomerationen, sodass sich Asche mit angeschmolzenem Metall oder Glas verbindet. Dieses Agglomerat wird als Schlacke bezeichnet. Die Rostasche kann somit gleichbedeutend als Asche oder Schlacke (الخبث) bezeichnet werden.

مواد غير قابلة ان تحرق و تفنى مثل المعادن والزجاج تداب نسيبا وبهذه العملية

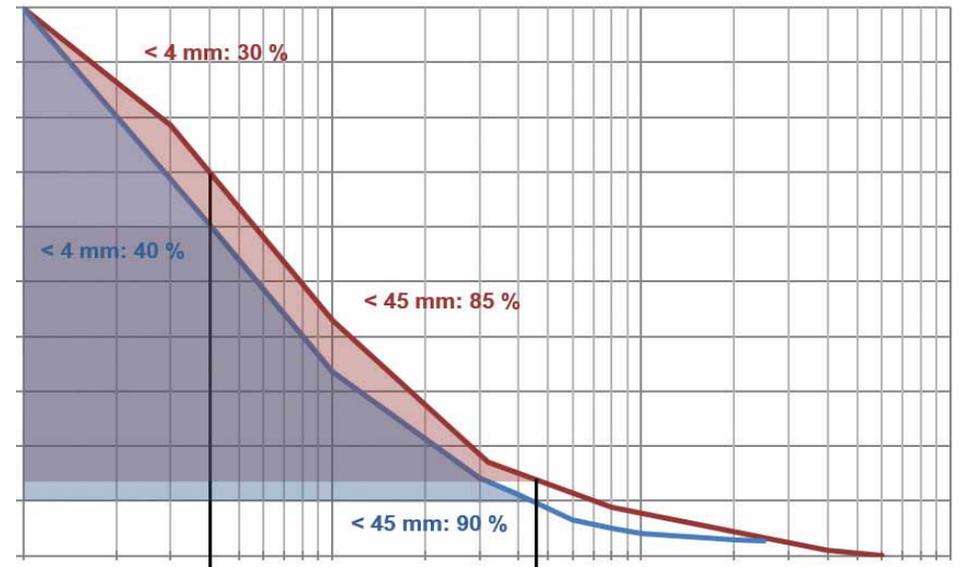
- Nach Verlassen des Feuerungsraumes gelangen die Verbrennungsrückstände in den Entschlacker. Ein solcher Nassentschlacker kühlt die noch heiße Asche ab und transportiert sie aus der Anlage. Danach besitzt die Rostasche einen Wassergehalt von 12 bis 20 Gewichtsprozent.

بعد خروجه من غرفة الاحتراق تدخل مخلفات الاحتراق المزيل للرماد (Entschlacker). هذا المزيل للرماد (Entschlacker) يبرد بالماء الرماد لا تزال ساخنة وسائل النقل لهم من المصنع. بعد ذلك، والرماد يحتوي بعد ذلك نسبة الماء 12-20 بالمئة من الوزن.

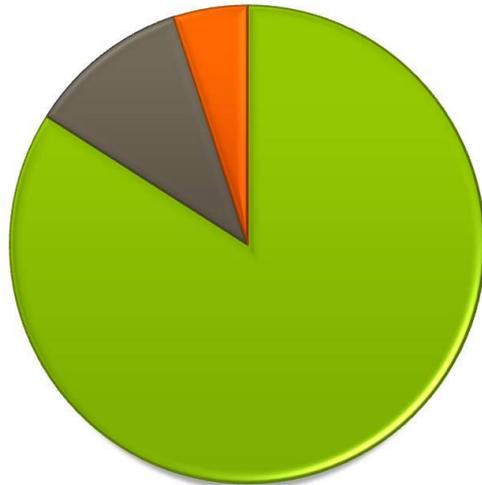
- Um eine erste Charakterisierung von Rostaschen vorzunehmen, sind nachfolgend Siebrückstandslinien und damit die Korngrößenverteilungen von Rostasche beispielhaft dargestellt. Charakteristisch ist, dass ein Spektrum von 0 bis 45 mm schon etwa neunzig Prozent der Gesamtmasse ausmacht.

توزيع حجم الجسيمات من الرماد: ما بين 0 و 45 ملمتر تشكل 90% من الرماد

توزيع حجم الجسيمات من الرماد: ما بين 0 و 45 ملمتر تشكل 90% من الرماد



### Inhaltsstoffe von Rostaschen



- mineralische Fraktion 84%  
– Deponie, Wegebau –
- Fe- und NE-Metalle 11%  
– metallurgische Verwertung –
- Unverbranntes 5%  
– zurück in die MVA –

Schadstoffe (Alwast)	
Parameter	Wertebereich
Arsen	3 bis 15 mg/kg
Blei	1.000 bis 3.500 mg/kg
Cadium	2 bis 20 mg/kg
Chrom ges.	200 bis 1.000 mg/kg
Kupfer	1.000 bis 10.000 mg/kg
Nickel	100 bis 500 mg/kg
Wertstoffe	
Parameter	Verwertbare Anteile
Fe-Metall	8 %
NE-Metall	2 %
VA-Metall	1 %

مثال

Die Metalle sind ferner in die Fraktionen Eisenmetalle (Fe) und Nichteisenmetalle (NE) zu unterteilen.

drei Hauptbestandteile der Rostasche

المكونات الرئيسية الثلاثة للرماد



84% معادن (minerals)

(وما لم تتغيره عملية الحرق مثل بطون ، حجر، ارميد، ...)

10% حديد (و الومينيوم، نحاس)

(Unter den Metallen sind eisenhaltiger Schrott, Aluminium, Kupfer und Messing vorhanden)

5% لم يحرق ولكن قابل للحرق و يعاد الى المحرقة (مثل خشب، ورق، ثياب، ...)

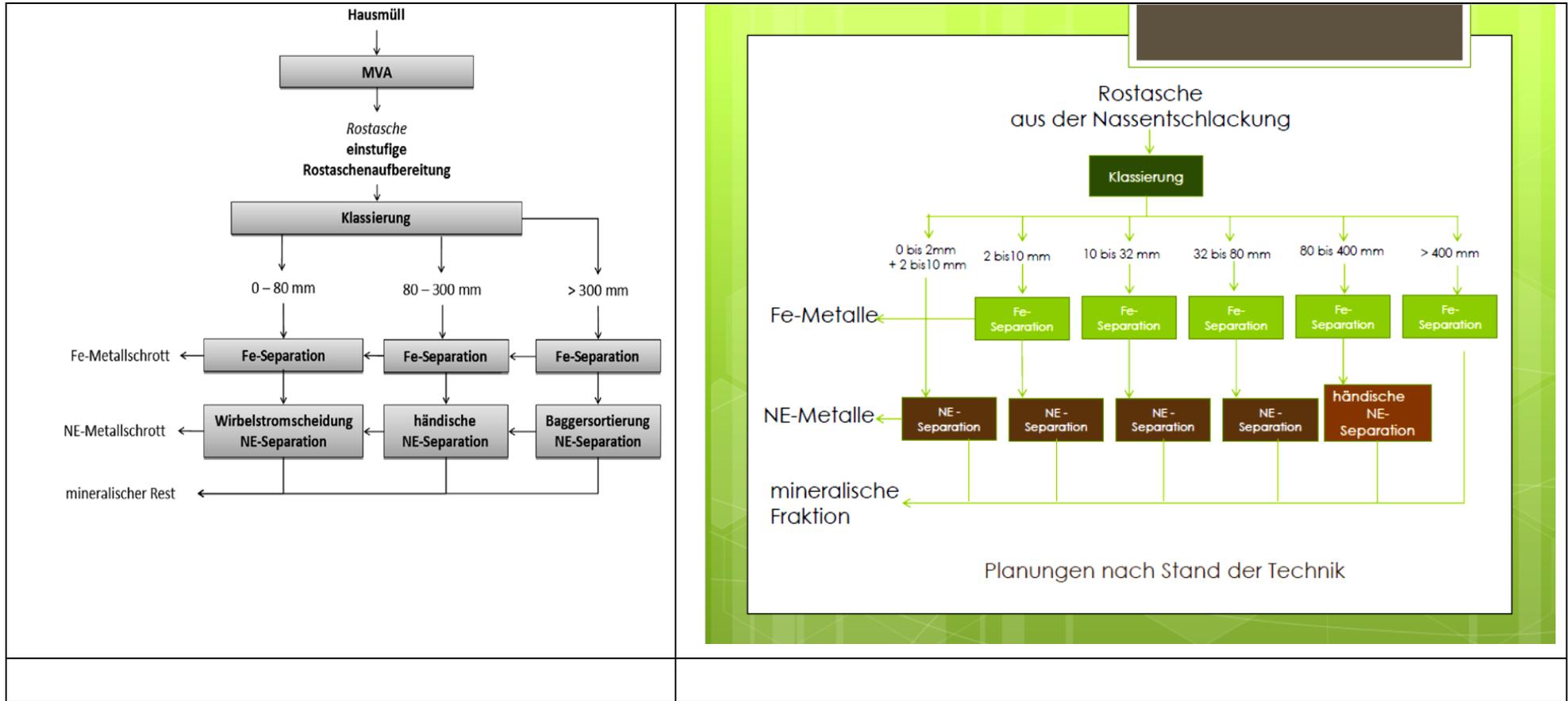
Im Hinblick auf eine spätere verfahrenstechnische Aufbereitung ist Rostasche in drei Hauptbestandteile aufzuteilen. Hierbei können aufgrund der Inhomogenität der Inputmaterialien nur Schwankungsbreiten angegeben werden. Das Bild 2 zeigt die beispielhafte Zusammensetzung aus uns vorliegenden Materialansprachen.

VA-Metall = Rostfreier Stahl (stainless steel)

#### 4.1.1 الملوثات

- Eine Beurteilung der Rostaschenqualität ist nicht nur unter Berücksichtigung der Wertstoffpotenziale möglich, sondern maßgeblich von den darin enthaltenen **Schadstoffen** abhängig. Neben den zuvor dargestellten Feststoffparametern ist es von Bedeutung, **wie sich diese Komponenten beim Kontakt der Rostasche mit Wasser verhalten**.
- Um dies zu beurteilen, werden Versuche durchgeführt, bei denen durch die sogenannte Elution Stoffe mit Wasser systematisch ausgewaschen werden. Im Eluat werden daraufhin einzelne Konzentrationen gemessen, die als Eluatwerte bezeichnet werden.
- **Carbonatisierungsvorgänge, die das Calciumhydroxid zu Calciumcarbonat umwandeln**, führen zu einer positiven Veränderung der **mechanischen Stabilität der Rostasche** und beeinflussen so die **Immobilisierung der Schadstoffe**.

## 4.2 معالجة الرماد (Aufbereitung von Rostasche) بعد حرق النفايات المنزلية



- Für die mengenmäßig bedeutendste Stoffgruppe der Rostasche, die mineralische Fraktion, gibt es vom Gesetzgeber definierte Mindestanforderungen an die Aufbereitung.
- Dadurch kam es in den 80er und 90er Jahren zu einer Fokussierung auf die Entnahme von Fe-Bestandteilen und Störstoffen. Die Installation von NE-Metall-Separationseinrichtungen spielte nur eine untergeordnete Rolle. Wie den nachfolgenden Bildern zu entnehmen ist, variiert eine mögliche Aufbereitungstiefe.

- Während Anlagen, die der bildlichen Darstellung auf der linken Seite entsprechen, nicht mehr eingesetzt werden, gibt es in Deutschland vereinzelt immer noch Aufbereitungsanlagen, die auf eine NE-Separation verzichten bzw. diese in einer hohen Korngrößenbandbreite von bis zu 0-80 mm einsetzen.
- Während mit dieser Anlagenkonfiguration die Fe-Separation zielgerichtet durchgeführt werden kann und konnte, wird das Wertstoffergebnis insbesondere durch die Wahl der Klassierstufen und den dadurch provozierten Einsatz von Separationstechnik eingeschränkt.
- Die Siebung des siebschwierigen Materials wird bei einem Siebschnitt von 80 mm (ab 45 mm) größtenteils mit einem Trommelsieb oder einem Linear- oder Kreisschwinger durchgeführt.
- Das Siebergebnis ist abhängig von dem erreichten Siebwirkungsgrad und den zuvor eingesetzten Reinigungsinstrumentarien (z.B. Fe-Separation). Diese Art der Klassierung liefert in einem Großteil der Anwendungsfälle mit dem Aufteilen in Kornklassen das gewünschte Ergebnis.

#### 4.2.1 Rostaschenaufbereitung 80er, 90er Jahre bis heute



### 4.3 Rostaschenaufbereitung nach Stand der Technik

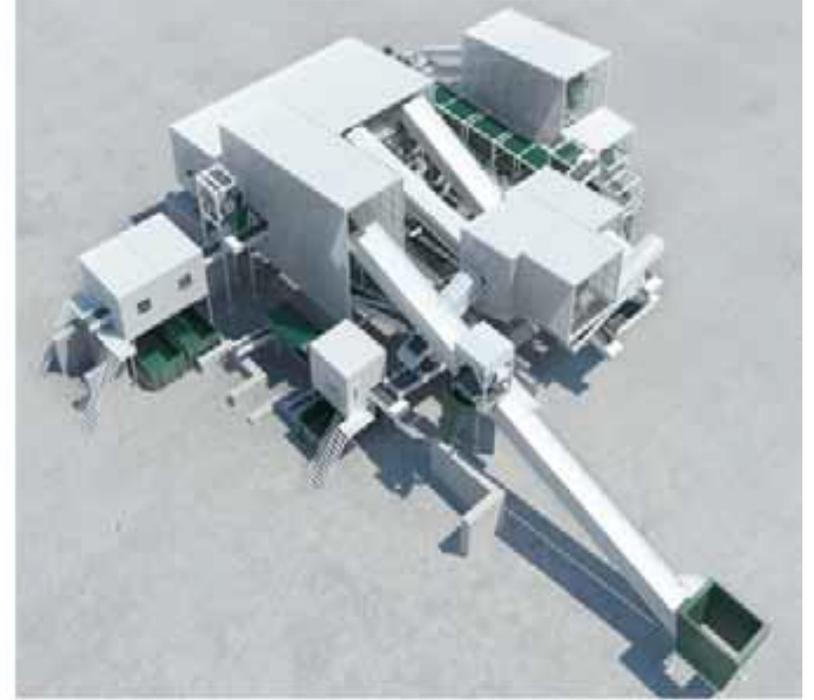
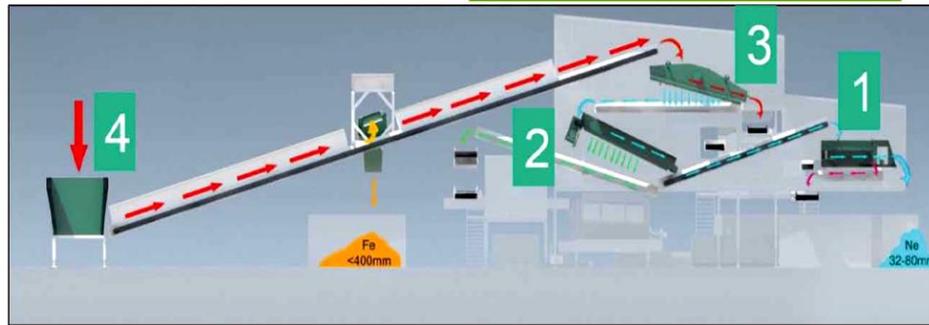


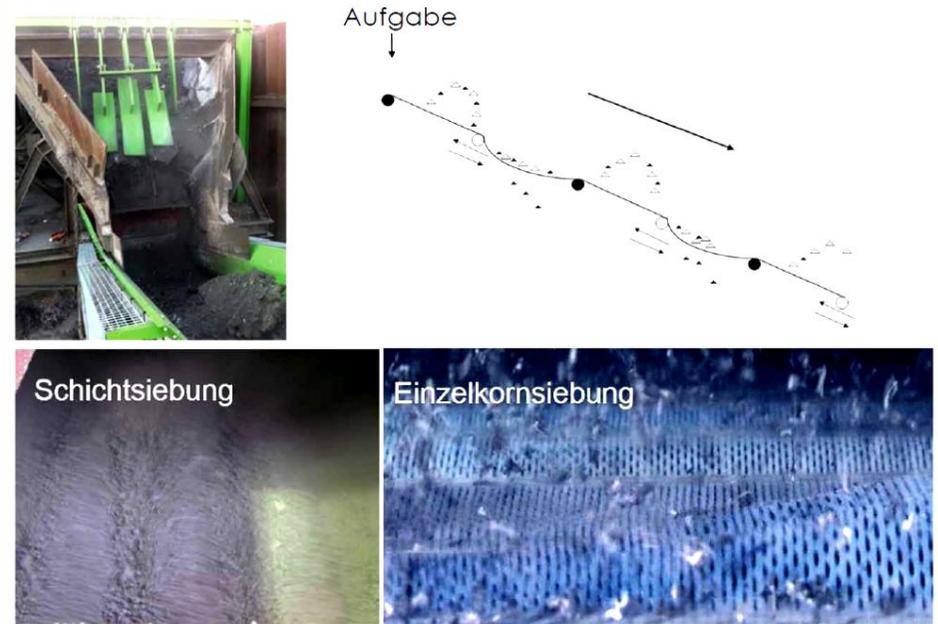
Bild 7: Konfiguration einer Rostaschenaufbereitungsanlage



1. Einzelkornseparation und potenzieller Verzicht auf eine Vibrorinne
2. Überfahren einer Klassiermaschine
3. Materialzufuhr, Siebneigung Transportwirkung vs. Wirkungsgrad
4. Materialzufuhr – Dosierung



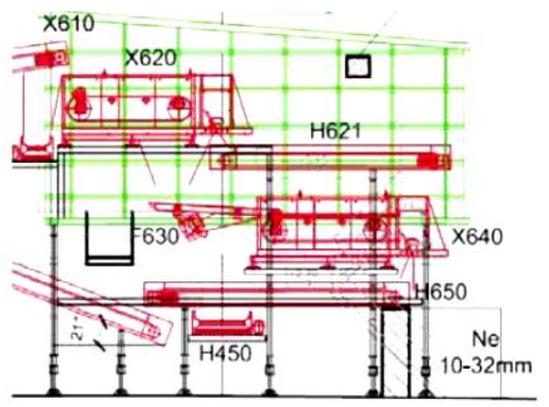
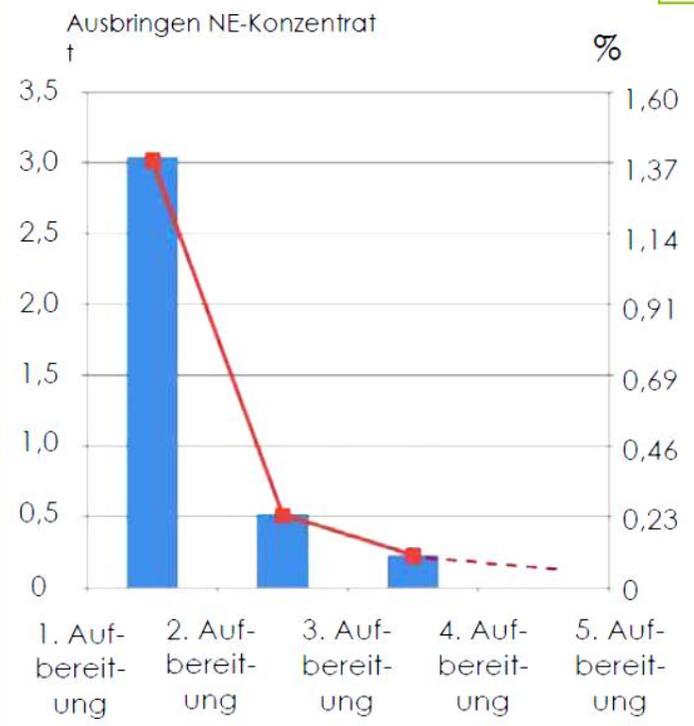
Bild 8: Auswirkungen der Dosierung auf die Klassierung



In Bild 8 sind mögliche Siebfahrweisen dargestellt.

- Der gesamte Prozess der Rostaschenaufbereitung beinhaltet verfahrenstechnische Problemstellungen, die als solche erkannt werden müssen, wenn eine zielgerichtete und differenzierte Wertstoffentnahme angestrebt wird.

**Bild 9:**  
Wirbelstromscheiderkaskade



Aufbereitungsdurchgang

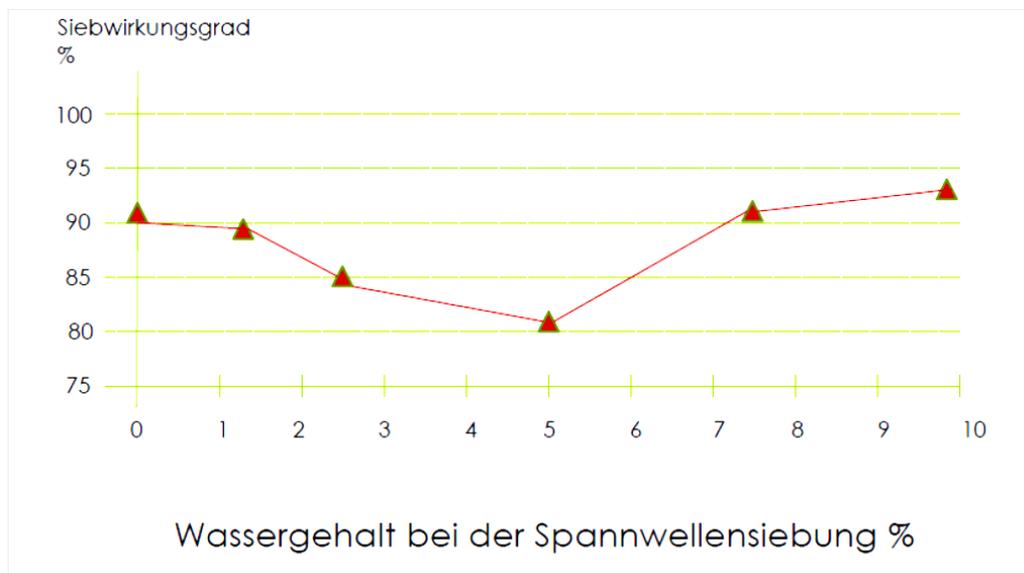
- Ausbringen NE-Konzentrat absolut
- Ausbringen NE-Konzentrat anteilig

#### 4.4 Materialansprache der Fraktion 0 bis 3 (4) mm

- Eine Berücksichtigung der Wertstoffpotenziale im Kornbereich 0-3 bzw. 0-4 mm wurde in der Vergangenheit nur eingeschränkt erreicht. Dies ist damit zu begründen, dass die konventionelle Klassierung in diesem Körnungsband mit nur eingeschränkten Siebwirkungsgraden funktionsfähig ist und dadurch für die Separationsaggregate bisher keine ausreichende Basis bildet.
- Die Eigenschaften des Siebgutes hängen stark von dessen Wassergehalt ab. Bei der Siebung von feuchtem Material können verschiedene

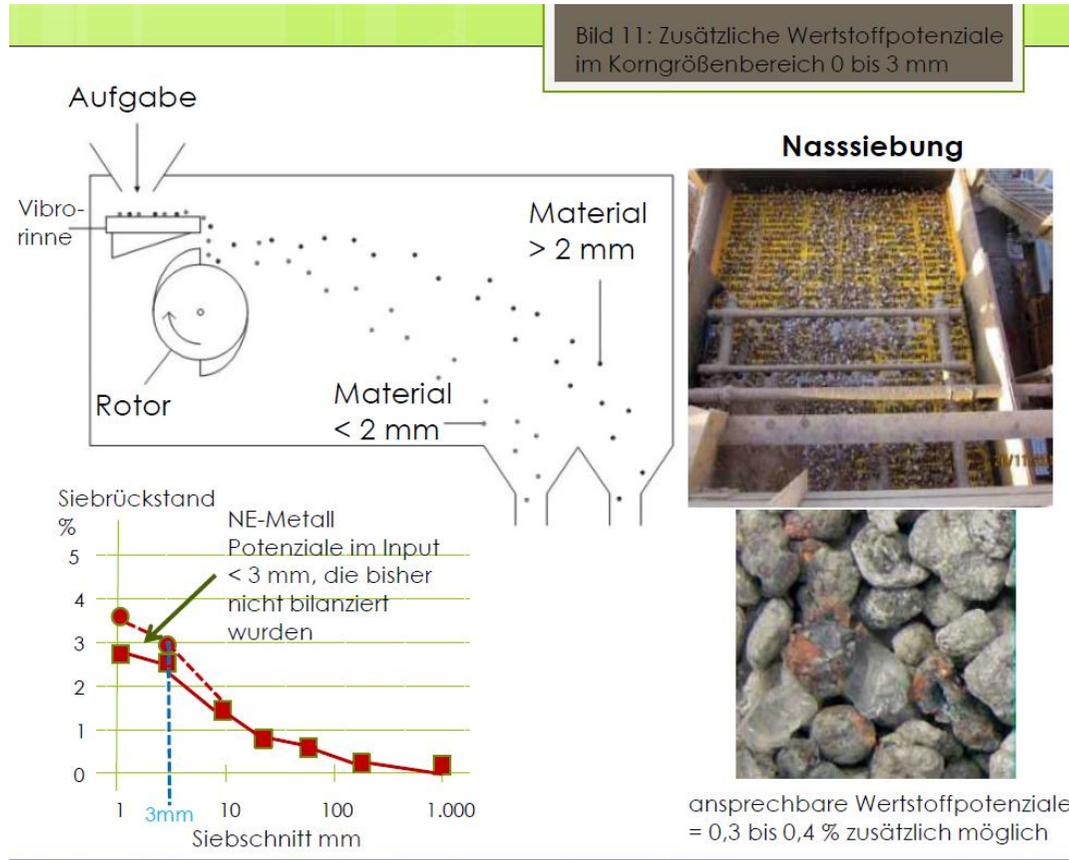
Probleme auftreten, sodass der Sieberfolg darunter leidet.

Bild 10: Korrelation Wassergehalt und Siebwirkungsgrad



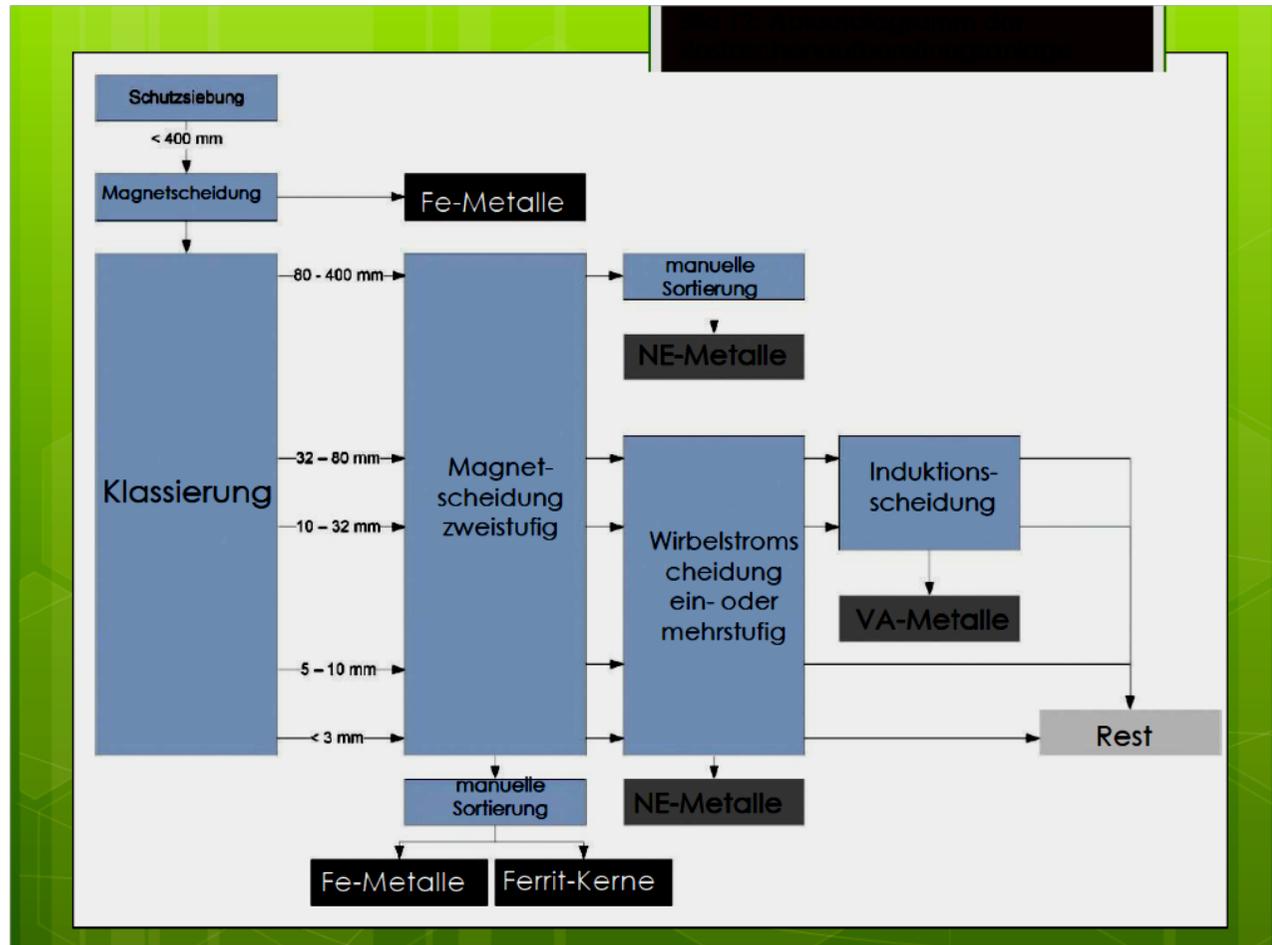
- **Zusammengefasst lässt sich somit festhalten, dass eine Klassierung bei <4 mm nur mit Kenntnis und verfahrenstechnischer Reaktion auf den Wassergehalt von Rostasche funktionieren wird.**

- In Bild 10 ist die Korrelation von Siebwirkungsgrad und Wassergehalt an einem Materialbeispielgemisch dargestellt.
- Deutlich wird, dass in einer Nasssiebung der Siebwirkungsgrad in Abhängigkeit des Wassergehalts variiert. Die dargestellte Kurve ist anhand einer Materialprobe bestehend aus 33 % 0-2 mm (Basalt gebrochen); 33 % 2-7 mm (Kalkstein gebrochen), 33 % 7-14 mm (Kalkstein gebrochen) im Technikum erarbeitet.
- **Der Transfer dieser grundlegenden Zusammenhänge auf Rostasche ist möglich und bereits erarbeitet.**



#### 4.4.1 Ergebnisse einer optimierten, konventionellen Aufbereitungstechnik

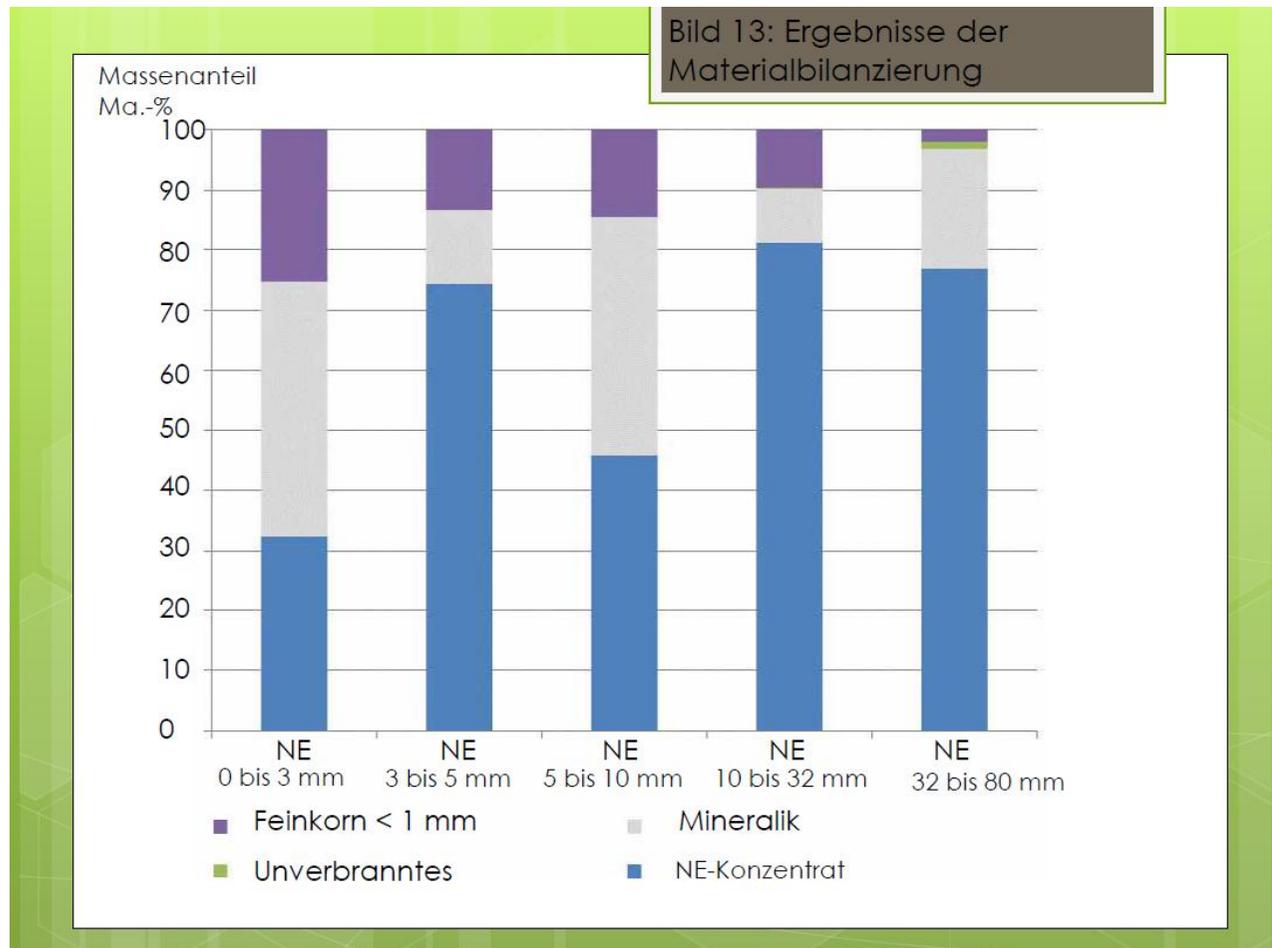
- Ohne alle verfahrenstechnischen Details diskutieren zu wollen, sei an dieser Stelle erwähnt, dass eine Sieb- und Wirbelstromscheider-Neigungsverstellbarkeit (in ausgewählten Körnungsbändern) erheblichen Anteil am Gesamtergebnis haben kann.



- Die Berechnung des Wertstoffausbringens der einzelnen Sortieraggregate erfolgte anhand der Mittelwerte der rechnerischen Massenverteilung der jeweiligen Kornklasse sowie der ermittelten Wertstoffgehalte der NE-/Restfraktionen.

NE-Scheider	Wertstoffgehalt			Wertstoffausbringer
	im Wertstoff	in Reststoff	in Aufgabegut	
	%			
0-3 mm	32	0,4	0,5	20
3-5 mm	74	0,3	1,9	82
5-10 mm	46	0,1	1,2	94
10-32 mm	81	0,9	4,2	80
32-80 mm	77	0,8	5,1	85

Tabelle 1: Wertstoffausbringen der Wirbelstromscheider und Wertstoffgehalte



- Eine heute nach dem Stand der Technik geplante und aufgebaute Aufbereitungsanlage für Rostasche kann selbst bei einem Materialfeuchtegehalt von 18 % aus der Fraktion 0-5 mm ein sehr gutes Wertstoffergebnis generieren. Ob eine Zuhilfenahme weiterer Technik, wie die in Bild 11 dargestellten Verfahren, einen wirtschaftlichen Mehrwert erreicht, ist nicht allgemeingültig festzustellen, sondern projektabhängig zu bewerten.

## 4.5 تلخيص

- Die Rostaschenaufbereitung wurde in den letzten Jahren an vielen Standorten intensiviert und optimiert. Mit dem aktuellen Verwertungs niveau der Metallfraktionen und dem stetig wachsenden Druck, der durch die steigenden Kosten der mineralischen Fraktion hervorgerufen ist, besteht auch heute eine Möglichkeit und Notwendigkeit zur Steigerung der Wertstoffentnahme durch Anpassung der Aufbereitungstechnik.
- Anlagen, die heute ohne eine mehrstufige Klassierung und Separation (NE, VA usw.) auskommen, entsprechen nicht dem Stand der Technik und können ihr ggf. gutes Betriebsergebnis durch Installation von aufeinander abgestimmter Verfahrenstechnik nachhaltig verbessern.
- Standortspezifisch und unter Kenntnis der Eigenschaften der zu verarbeitenden Rostasche ist das Gesamtkonzept zu berücksichtigen und zu untersuchen und daraus einzelne Handlungsempfehlungen für den jeweiligen Standort abzuleiten. Der Stand der Technik ermöglicht eine nachhaltige Steigerung der Wertstoffergebnisse, ohne auf Techniken zurückgreifen zu müssen, die zwar spektakuläre Betriebsergebnisse versprechen, aber noch keine Marktreife besitzen.
- Wichtig ist die Kenntnis über die Materialart und das Verständnis der Verwertungsnotwendigkeit von hundert Prozent der Materialinputstoffe. Ein reiner Fokus auf die metallischen Wertstoffe ermöglicht kein umfassendes Behandlungskonzept. Gerade die Weiterentwicklung der Vermarktungsmöglichkeiten der mineralischen Fraktion müssen in den nächsten Jahren intensiviert werden, um das sehr gute Betriebsergebnis einer Rostaschenaufbereitungsanlage nachhaltig zu konservieren.

- [1] Alwast, H.; Riemann, A.: Verbesserung der Umweltrelevanten Qualitäten von Schlacken aus Abfallverbrennungsanlagen; Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2010
- [2] Batel, W.: Untersuchung zur Absiebung feuchter, feinkörniger Haufwerke auf Schwingsieben; Institut Aachen der Forschungsgesellschaft Verfahrenstechnik e.V.; Köln 1956
- [3] Gillner, R.: Nichteisenmetallpotential aus Siedlungsabfällen in Deutschland; Schriftenreihe zur Aufbereitung und Veredelung 40; Aachen, 2011
- [4] Gruszczynski, D.: Wet Screening – Part 1; Properties of Granular Materials and the Screening Process; powder handling & Processing, Band 8, nummer 1; 1996
- [5] Meinfelder, T.; Richers, U.: Entsorgung der Schlacke aus der thermischen Restabfallbehandlung, 2008

**(6)Steigerung der Wertstoffseparation von Rostaschen**

**aus der Nassentschlackung**

**durch Optimierung konventioneller Technik**

Marcel Grünbein, Dennis Wegkamp und David Rüßmann

## 5 Filterasche

- OBERFLÄCHENFILTER
- Elektrofilter
- Hybrid Filter

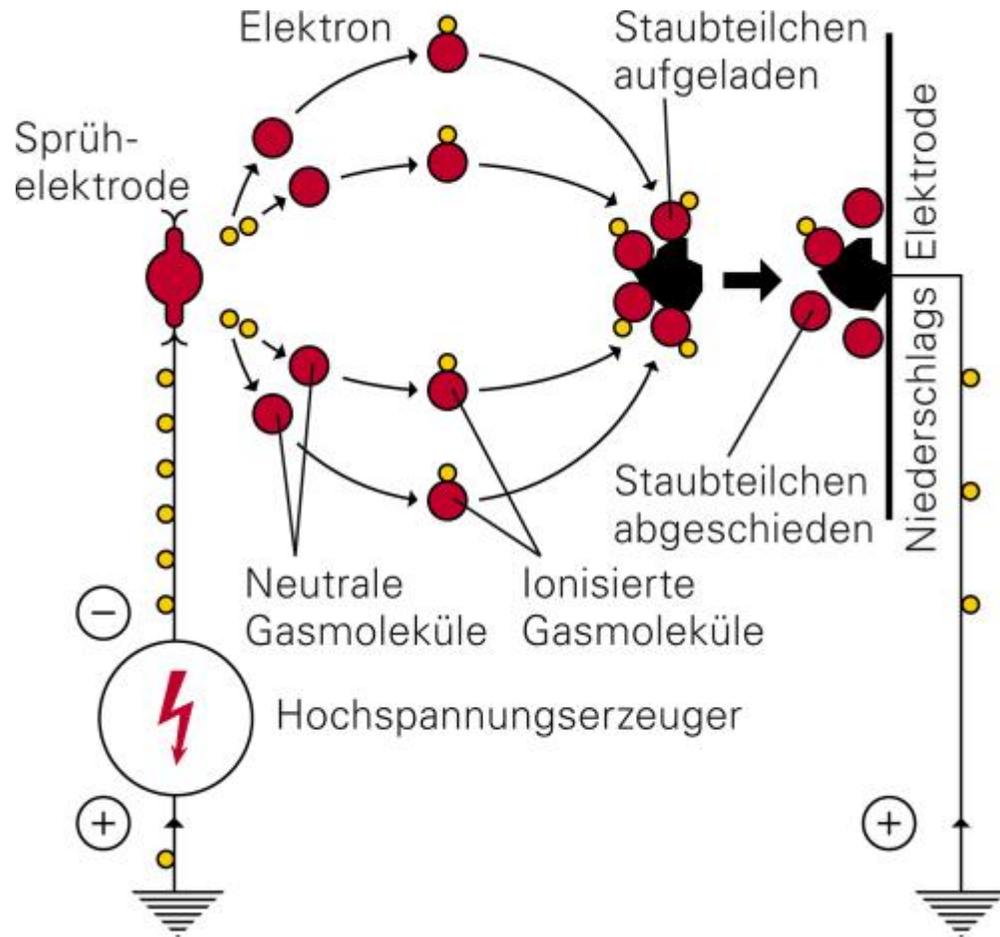
### 5.1 Elektrofilter

- Elektrofilter sind wirtschaftlicher als andere Entstaubungssysteme. Dank geringem Energieverbrauch und kleinem Ersatzteil- und Wartungsbedarf sind die Betriebskosten niedrig. Die Verfügbarkeit der Elektrofilter ist optimal und in der Regel höher als diejenige der vorgeschalteten Produktionsanlagen, wie z.B. Öfen, Kessel und Mühlen.
- Die wesentlichen Anwendungsgebiete für Elektrofilter sind:
  - Produktionsanlagen für Zement und Kalk
  - Gips (Öfen, Mühlen, Trockner und Kühler)
  - Dampfkessel mit Kohle- und Ölfeuerung
  - Biomasse, Kohletrockner und Kohlemühlen
  - Müll- und Schlammverbrennungsöfen
  - Gaserzeugungsanlagen
  - Produktionsanlagen für Stahl und Eisen (Erzaufbereitung, Hochöfen, Konverter und Flämm-Maschinen)
  - Produktionsanlagen in der elektro-metallurgischen, chemischen und Zellulose-Industrie

#### 5.1.1 Funktionsbeschreibung

- Der Elektrofilter eignet sich hervorragend, um feste Partikel abzuscheiden.
- Von mit gleichgerichteter negativer Hochspannung gespeisten Sprühelektroden werden Elektronen ausgesendet.
- Diese wandern zu den Niederschlags Elektroden und treffen dabei auf Gasmoleküle und Staubpartikel.

- Durch Anlagerung der Elektronen an die Staubpartikel werden diese negativ geladen und unter Einwirkung des bestehenden elektrischen Feldes zu den geerdeten Niederschlags Elektroden transportiert, wo sie haften bleiben.



- Beim Horizontal-Elektrofilter bestehen die Niederschlags Elektroden aus profilierten Blechen. Diese bilden ein Gassensystem, durch welches das zu reinigende Gas strömt. Die stabilen Sprühelektroden vom Typ RS sind in der Mittelachse der 400 mm breiten Gassen angeordnet. Mechanische Klopfwerke reinigen die Niederschlags Elektroden und Sprühelektroden durch periodisches Klopfen.

### 5.1.2 Dimensionierung

- Die Geschwindigkeit, mit der sich die Partikel quer zur Gasströmung in Richtung Niederschlagselektroden bewegen, wird als „Wandergeschwindigkeit“ (w-Wert) bezeichnet. Es handelt sich dabei um einen für die Dimensionierung wichtigen empirischen Wert, mit dessen Hilfe sich der Entstaubungsgrad berechnen lässt. Man verwendet dazu eine von W. Deutsch im Jahre 1922 entwickelte Formel.
- Wichtige den w-Wert bestimmende Parameter, welche sich zum Teil gegenseitig wieder beeinflussen, sind:
  - Elektrischer Widerstand des Staubes
  - Staubgehalt am Filtereintritt
  - Staubgehalt am Filteraustritt
  - Granulometrie
  - Chemische Zusammensetzung des Staubes
  - Gasanalyse
  - Gastemperatur
  - Gasfeuchtigkeit
  - Gasgeschwindigkeit
- Dabei ist der elektrische Staubwiderstand eine der wichtigsten Einflussgrößen. Er ist in erster Linie materialabhängig und ändert sich in den meisten Fällen im Bereich von Zehnerpotenzen in Abhängigkeit von der Temperatur und der Feuchtigkeit. Um die physikalischen Abscheidebedingungen zu verbessern, können verschiedene Konditionierungs- Methoden angewendet werden.

### 5.1.3 Elektrische Ausrüstung

- Eine auf die jeweiligen Betriebsbedingungen abgestimmte elektrische Ausrüstung ist unabdingbar , um die heute geforderten Entstaubungsgrade zu erreichen.
- Das Stromversorgungssystem eines Elektrofilters besteht aus:
  - dem thyristorgesteuerten Hochspannungsgleichrichter
  - dem Steuerschrank mit der mikroprozessorgesteuerten Spannungsregulierung und den Leistungsthyristorstellern

- den handbetätigten Trennungsschaltern und den für bestimmte Anlagen notwendigen, elektromagnetisch angetriebenen Schnellerdungsschaltern (diese Elemente können zusammen mit den Hochspannungsaggregaten im so genannten Hochspannungsraum oder auf der Filterdecke platziert werden)
- dem Niederspannungsschaltschrank für die Hilfseinrichtungen (zum Beispiel Klopfwerke, Isolatoren und Bunkerheizungen sowie Staubaustrags Elemente)

#### 5.1.3.1 Hochspannungsregelung

- An den im Steuerschrank eingebauten Hochspannungsregler werden hohe Ansprüche gestellt:
  - Perfekte Erfassung der Signalwerte, das heißt schnelle und differenzierte Erkennung von Wischern und Lichtbögen
  - Ausregelung der Signalwerte, so dass eine optimale Anpassung der Stromversorgung an die sich ständig ändernden physikalischen Anforderungen gewährleistet ist
  - Möglichkeit der Aussteuerung einer oder mehrerer Halbwellen (Pulsen) für hohe Staubwiderstände und/oder Energieeinsparung
  - Übersichtliche Fehlerdiagnose
  - Einfache Anpassung an neue Betriebsbedingungen

#### 5.1.3.2 Niederspannungs-Steuerschrank

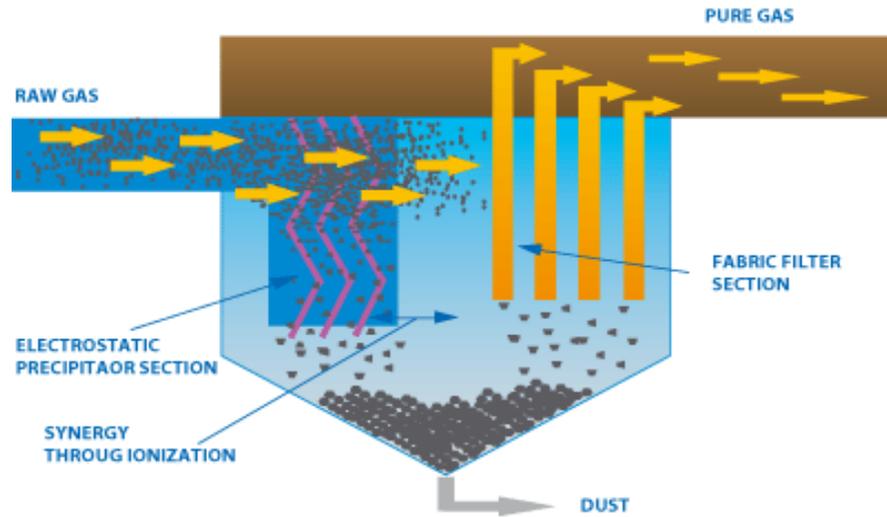
- Für Steuervorgänge gelangen frei programmierbare Steuerungen (so genannte SPS) zur Anwendung, die eine effiziente Verbindung mit mikroprozessorgesteuerten Hochspannungsanlagen sicherstellen.

### 5.2 Hybrid Filter

- Seit 1997 gehören Hybrid Filter zur Produktpalette der Elex. Mit dieser Technologie werden der Elektro- und der Gewebefilter kombiniert. In der Elektrofiltersektion werden grosse Staubmengen abgeschieden, die darauffolgende Gewebefiltersektion muss nur noch den Rest (< 10%) abscheiden.

مؤتمر "مشروع محطة طاقة كهربائية عن طريق حرق النفايات لانارة شوارع رأسنحاش - هل هناك ضرر على البيئة؟"، الزمان: السبت 28 تشرين الثاني، الساعة 3 - 6 بعد الظهر، المكان: رأسنحاش - البترون (لبنان الشمالي)، قاعة مسجد القبيسي

- Dieses Konzept ist besonders auf den Umbau von alten Elektrofiltern angepasst, wo das existierende Gehäuse und das erste Elektrofilterfeld weiter genutzt werden können. Mittlerweile hat sich diese Technologie so gut bewährt, dass eine erhebliche Anzahl unserer Kunden sich entschieden hat, komplett neue Hybrid Filter einzusetzen.



## 5.2.1 Funktionsbeschreibung



- Elektrofilter können mit wenig Energieaufwand grosse Staubmengen aus dem Gas abscheiden
- Nutzen von Ionisierungs- und Agglomerationseffekten aus der Elektrofilter Sektion, dadurch wird der Druckverlust im Gewebefilter reduziert
- Gewebefilter erreichen im Allgemeinen geringe Emissionswerte und die Emission ist unabhängig von Betriebsbedingungen und Energieversorgung.

## 5.2.2 Resultate

- Druckverlustreduktion von bis zu 40% im Vergleich zu identischen Anwendungen mit Gewebefiltern
- Im Vergleich zu normalen Gewebefiltern muss nur 10% der Staubmasse auf dem Gewebe abgeschieden werden. Dies führt zu kleinerem Verbrauch von Druckluft und zu einer längeren Lebensdauer der Filterschläuche.

### 5.2.2.1 Anwendungsgebiete

- Zement

مؤتمر "مشروع محطة طاقة كهربائية عن طريق حرق النفايات لانارة شوارع رأسنحاش – هل هناك ضرر على البيئة؟"، الزمان: السبت 28 تشرين الثاني، الساعة 3 - 6 بعد الظهر، المكان: رأسنحاش - البترون (لبنان الشمالي)، قاعة مسجد القبيسي

- Kohlegefeuerte Kessel
- Biomassegefeuerte Kessel