

**VDI-Seminar „Sorbentien / Betriebsmittel in der Rauchgasreinigung“ (431202)
Köln den 18. - 19. Oktober 2007**

Gegenüberstellung der spezifischen Behandlungskosten von quasitrockenen Abgasreinigungsanlagen beim Einsatz verschiedener Sorbentien

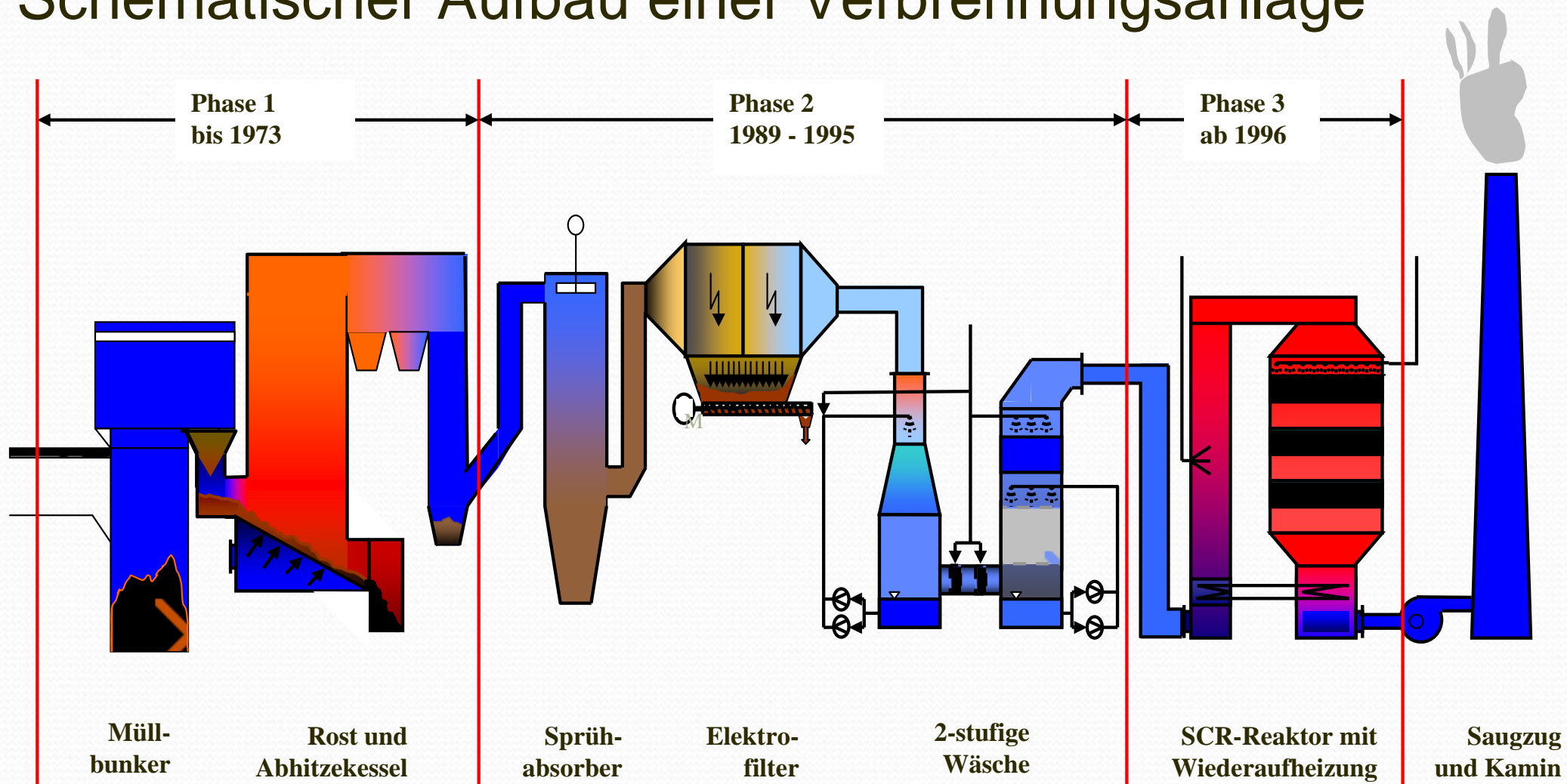
Udo Seiler, Schwaben-ING Stuttgart GmbH

**Überblick über quasitrockene Verfahren zur Abgasreinigung –
Darstellung Randbedingungen und Schaltungsvarianten –
Erforderlichen Investitionen und Betriebskosten –
Ermittlung spezifischen Behandlungskosten –
Kostensimulation am Beispiel von Modell-Anlagen**

Inhaltsverzeichnis

- 1. Einleitung
- 2. Abgasreinigungsverfahren
- 3. Aufbau der betrachteten Anlagen
 - 3.1 Variante 1, Quasitrockene Abgasreinigung mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$
 - 3.2 Variante 2, Quasitrockene Abgasreinigung mit NaHCO_3
- 4. Investitionen und Betriebskosten
- 5. Platzbedarf
- 6. Zusammenfassung

Schematischer Aufbau einer Verbrennungsanlage



Durchschnittliche Schadstoffkonzentration nach RAVA

Abgaszusammensetzung	Mittelwerte [mg/m ³ *)	Spitzenwerte [mg/m ³ *)
Staub	2.000 – 4.000	3.000 – 5.000
HCl	1.600 – 2.500	2.500 – 5.000
HF	10 - 15	15 - 25
SO₂/SO₃	350 - 450	600 - 800
NO_x	350 – 450	400 - 600
CO	10 – 50	10 - 50
C_{ges}	5 – 10	5 - 10
Hg	0,1 – 0,3	0,1 - 0,6
Cd + Tl	1 – 2	k. A.
Sb, As, Pb, Cr, Cu, Co, Ni, Mn, V, Sn	5 – 10	k. A.
PCDD/F [ng/m ³ (TE)]	2 – 4	k. A.

*) Alle Werte bezogen auf Norm, trocken

Inhaltsverzeichnis

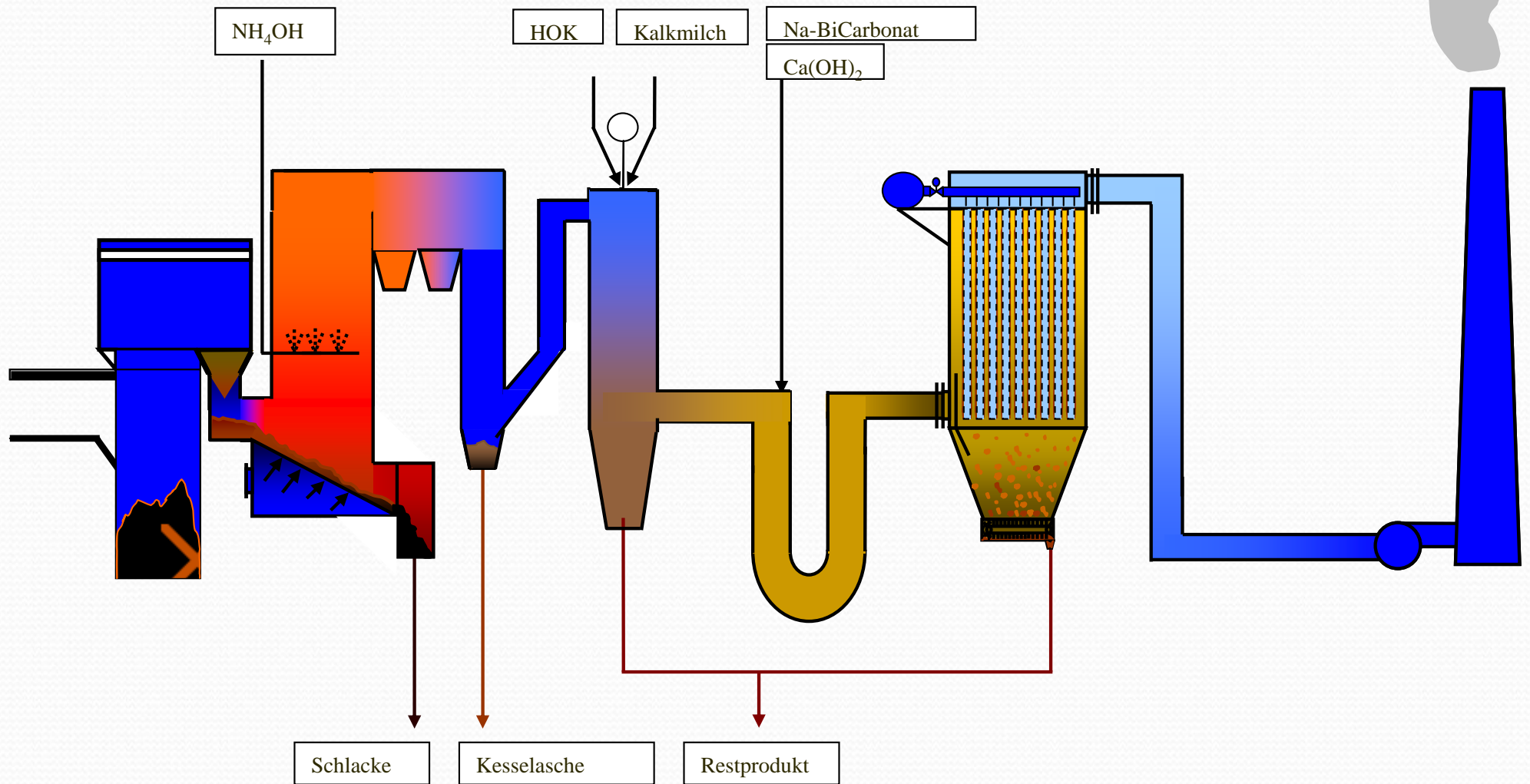
- 1. Einleitung
- 2. Abgasreinigungsverfahren
- 3. Aufbau der betrachteten Anlagen
- 3.1 Variante 1, Quasitrockene Abgasreinigung mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- 3.2 Variante 2, Quasitrockene Abgasreinigung mit NaHCO_3
- 4. Investitionen und Betriebskosten
- 5. Platzbedarf
- 6. Zusammenfassung

Variante 1: Ca-basierte Abgasreinigung

Bestehend aus:

- der Zugabe von kohlenstoffhaltigen Adsorbentien zur Hg- und PCDD/F-Abscheidung
- dem Sprühabsorber zur Temperaturabsenkung und Sauer gasabscheidung
- dem Reaktorraum zur optimalen Prozesssteuerung
- dem filterndernden Abscheider zur Staub- und Restproduktabscheidung
- Saugzug
- Kamin
- Optional möglich ist die zusätzliche Eindüsung von trockenem Ca(OH)_2 zur Abgasnachreinigung vor Filter in den Abgaskanal oder einem Transportreaktor

Variante 1: Ca-basierte Abgasreinigungsanlage



Inhaltsverzeichnis

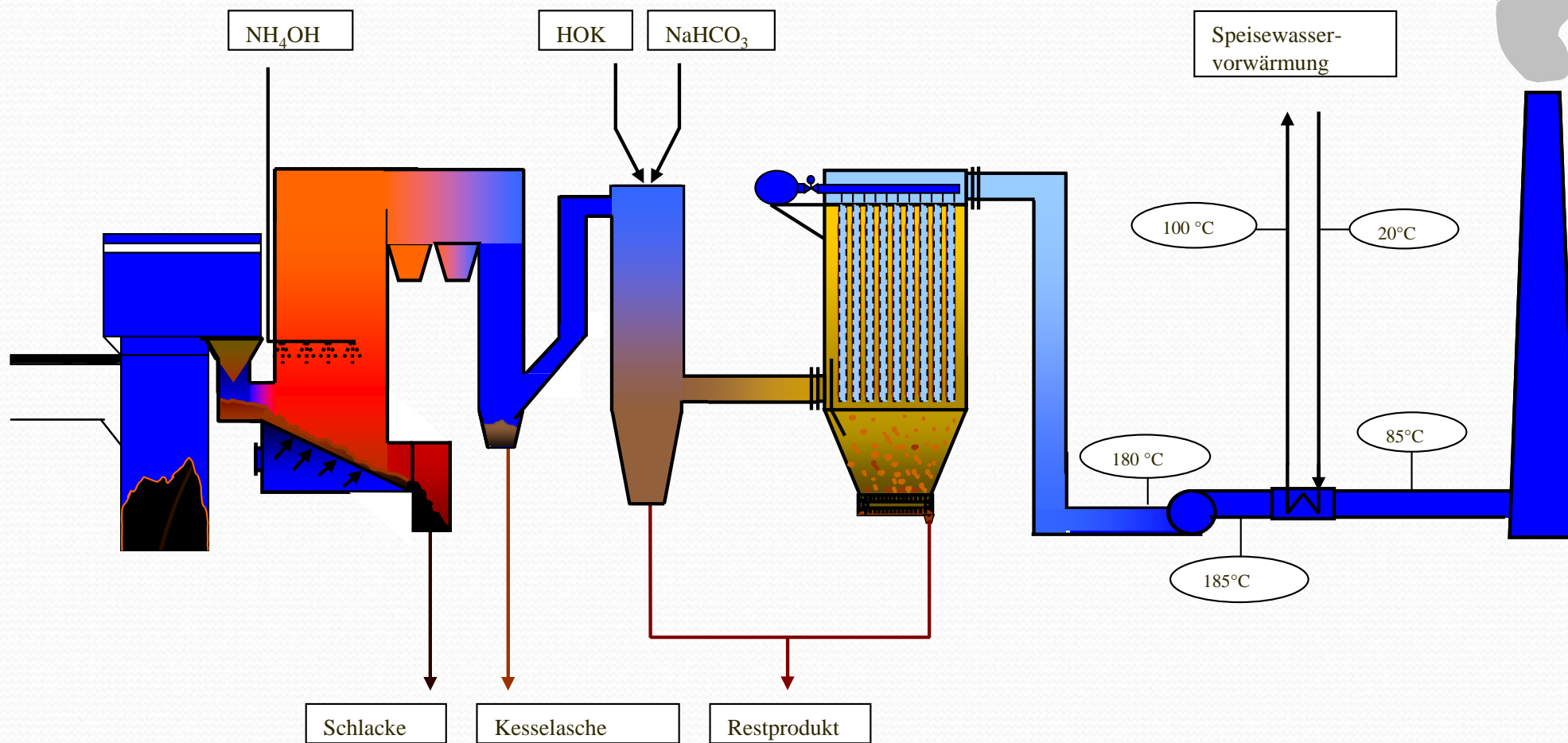
- 1. Einleitung
- 2. Abgasreinigungsverfahren
- 3. Aufbau der betrachteten Anlagen
 - 3.1 Variante 1, Quasitrockene Abgasreinigung mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$
 - 3.2 Variante 2, Quasitrockene Abgasreinigung mit NaHCO_3
- 4. Investitionen und Betriebskosten
- 5. Platzbedarf
- 6. Zusammenfassung

Variante 2: Na-basierte Abgasreinigungsanlage (I)

Bestehend aus:

- dem Einspritzkühler als Temperaturabsicherung
- Reaktor zur Eindüsung und Vergleichmäßigung von NaHCO_3 und kohlenstoffhaltigem Absorbens
- filternder Abscheider zur Staubabscheidung
- nachgeschalteter Wärmetauscher zur Energienutzung
- Saugzug
- Kamin
- Anlage zur Mahlaktivierung

Variante 2: Na-basierte Abgasreinigungsanlage (II)



Abgaswerte

- Bei niedrigen NO_x-Reingaswerten (z. B. Tagesmittelwert 70 mg/m³) und einer trockenen Abgasreinigung kann sich eine Trübung der Abgasfahne durch Ammoniumchlorid (NH₄Cl), einstellen.
- NH₄Cl kondensiert und streut das Licht, was dann die Verfärbung der Abgasfahne ergibt.
- Bei Betrieb einer nassen Abgasreinigung führen nicht alle Verfahren zu einer gesicherten Abscheidung von NH₄Cl. Als Aerosol kann NH₄Cl mehrere Waschstufen passieren und gegebenenfalls beim Einsatz von nasslaufenden Saugzügen aus Edelstahl zu Problemen durch Korrosion führen.
- Eine Trübung der Abgasfahne tritt hier normalerweise nicht auf, da die Dampffahne die Sichtbarkeit der Verfärbung verhindert

Inhaltsverzeichnis

- 1. Einleitung
- 2. Abgasreinigungsverfahren
- 3. Aufbau der betrachteten Anlagen
 - 3.1 Variante 1, Quasitrockene Abgasreinigung mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$
 - 3.2 Variante 2, Quasitrockene Abgasreinigung mit NaHCO_3
- 4. Investitionen und Betriebskosten
- 5. Platzbedarf
- 6. Zusammenfassung

Investitionen und Betriebskosten (I)

	Spez. Investition	Stöchio- metriescher Faktor *)	Reagens	Beschaffungs- /Entsorgungs- kosten
	€/m ³ (N, f)	-		€/t oder €/m ³
1. Na-basiertes Verfahren				
		1,2	NaHCO ₃	200,00
			HOK	150,00
			Strom	42,00
			Restprodukt	150,00
2. Ca-basiertes Verfahren	40 - 70	2,0	CaO	70,00
			HOK	150,00
			Strom	42,00
			Restprodukt	150,00

*) bezogen auf Werte 17. BImSchV.

Investitionen und Betriebskosten (II)

● Brennstoff:	Hausmüllbasierter Restabfall, Hu ca. 9.000 bis 11.000 kJ/kg
● Durchsatz	205.000 Mg/a
● Abgasmenge	150.000 m ³ /h (N, f)
● Abgastemperatur hinter Kessel	180 bis 200 °C
● Investitionen:	
● Na-basierte Anlage	6,5 Mio. €
● Ca-basierte Anlage	7,5 Mio. €
● Zinssatz	4,0 %
● Abschreibungszeit	15,0 a
● Annuität	9,0 %

Investitionen und Betriebskosten (III)

- Personal:
- Schichten 3-Schicht-6-Brigade-System
- benötigte Mitarbeiter
- Na-basierte Anlage 1,0 MA/Schicht
- Ca-basierte Anlage 1,0 MA/Schicht
- Kosten je Mitarbeiter 50.000 €/a
- Stromkosten 42 €/MWh

Investitionen und Betriebskosten (IV)

	Einheit	Na-basiertes Verfahren	Ca-basiertes Verfahren
Investition	€	6.500.000,-	7.500.000,-
Zinssatz,	%	4,0	4,0
Abschreibungszeit	a	15,0	15,0
Annuitätenfaktor		9,0	9,0
Annuität	€/a	585.000,-	675.000,-
Betriebskosten:			
- Reagenzien NaHCO ₃ HOK 1 CaO, HOK 2 + Wasser + Druckluft	€/a	970.000,-	190.000,-
- Strom	€/a	140.000,-	145.000,-
Entsorgungskosten	€/a	1.100.000,-	1.100.000,-
Personalkosten	€/a	300.000,-	300.000,-
Kosten für Wartung und Reparatur (3 % der Investition)	€/a	195.000,-	225.000,-
Jahreskosten	€/a	3.290.000,-	2.635.000,-
Spez. Kosten	€/t	16,05	12,85

Inhaltsverzeichnis

- 1. Einleitung
- 2. Abgasreinigungsverfahren
- 3. Aufbau der betrachteten Anlagen
 - 3.1 Variante 1, Quasitrockene Abgasreinigung mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$
 - 3.2 Variante 2, Quasitrockene Abgasreinigung mit NaHCO_3
- 4. Investitionen und Betriebskosten
- 5. Platzbedarf
- 6. Zusammenfassung

Platzbedarf

Folgender Platzbedarf ist für die Abgasreinigungsanlagen inklusive der erforderlichen Nebenanlagen vorzusehen:

- Na- oder Ca-basierte quasitrockene Abgasreinigung

ca. 15 x 30 m²

Inhaltsverzeichnis

- 1. Einleitung
- 2. Abgasreinigungsverfahren
- 3. Aufbau der betrachteten Anlagen
 - 3.1 Variante 1, Quasitrockene Abgasreinigung mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$
 - 3.2 Variante 2, Quasitrockene Abgasreinigung mit NaHCO_3
- 4. Investitionen und Betriebskosten
- 5. Platzbedarf
- 6. Zusammenfassung

Zusammenfassung

- Die Abgasreinigungsanlagen haben sich in vielen Fällen auf eine quasitrockene AGR, bestehend aus Sprühabsorber mit nachgeschaltetem filternden Abscheider reduziert
- Durch die geringen Kosten für die Verwertung der Restprodukte aus der Abgasreinigung sind quasitrockene Anlagen trotz spezifisch hohen Reststoffmengen kostenmäßig im Vorteil
- Für alle Abgasreinigungsanlagen ist zu überprüfen, welches die für diesen Fall unter Berücksichtigung der Jahreskosten günstigste Anlage ist
- Bei der angenommenen Abschreibungszeit, dem Zinssatz und den Entsorgungskosten liegen die Vorteile bei den Ca-basierten Verfahren
- Sollte sich in der Zukunft für das Sorbenz Natriumbikarbonat ein Kreislauf ergeben, welcher die Gestehungs- und/oder Entsorgungskosten günstiger gestaltet, so kann dieses Verfahren für neu zu erstellende Anlagen weitere Pluspunkte sammeln.