

German Notes on BAT for the production of

**Large Volume Solid Inorganic  
Chemicals**

**Soda**

**Endbericht**

Institut für Umwelttechnik und Management  
an der Universität Witten/Herdecke gGmbH  
Alfred-Herrhausen-Str. 44  
58455 Witten

## 1 Allgemeine Informationen

Die Weltjahresproduktion an Natriumcarbonat (Soda) lag 1993 bei ca. 31,5 Mio. t. Der überwiegende Anteil hiervon ist synthetische Soda, wobei heute nur noch das Solvay-Verfahren Anwendung findet. Weil bei diesem Verfahren  $\text{NH}_3$  als Hilfsstoff erforderlich ist, wird es auch als Ammoniak-Soda-Verfahren bezeichnet. Etwa 35 % der Weltproduktion entfallen auf Natursoda, die überwiegend in den USA hergestellt wird.

Der Absatz von in Deutschland produzierter Soda gestaltet sich zunehmend schwieriger, da aufgrund geringerer Personal- und Betriebskosten die Soda aus z. B. Weißrussland oder der Ukraine wesentlich preisgünstiger auf dem Markt erhältlich ist. Auch in der Türkei wurden zwei neue Sodawerke errichtet, die vor allem auf den Balkan vordringen. Als Folge der schwierigen Marktverhältnisse hat die Fa. Matthes & Weber GmbH in Duisburg ihre Sodaproduktion Ende 1999 eingestellt, so dass Soda in Deutschland nur noch von zwei Unternehmen an drei Produktionsstandorten hergestellt wird. Die Produktionskapazitäten der Anlagen zeigt **Tabelle 1**:

**Tabelle 1:** Hersteller und Produktionskapazitäten

Unternehmen	Produktionsstandort	Anlagenkapazität
Solvay Soda Deutschland GmbH	Rheinberg	645.000 t/a
	Bernburg	600.000 t/a
Sodawerke Staßfurt GmbH	Staßfurt	400.000 t/a

Neben der Herstellung von Soda nach dem Solvay-Verfahren fällt Soda bei der BASF in Ludwigshafen als Nebenprodukt der Caprolactam-Herstellung an. Diese Produktion ist ein Sonderverfahren, das im Rahmen dieses Berichtes nur kurz erläutert wird.

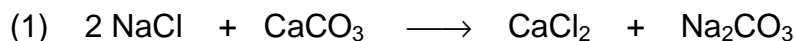
Der überwiegende Anteil der Soda wird in der Glas-Industrie eingesetzt. Hier dient Soda als Rohstoff und Flussmittel für die Glasschmelze zum Aufschluss von Sand. Ein weiterer Hauptanteil der Soda wird in der chemischen Industrie zur Herstellung von Chemikalien verwendet. In der Waschmittel- und Seifenindustrie wird Soda zur Herstellung von Grobwaschmitteln und zur Verseifung von Fetten eingesetzt. Auch

die Papier- und Zellstoffindustrie verwendet Soda zum Aufschluss und zur Neutralisierung, zum Reinigen und Bleichen sowie zur Aufbereitung von Altpapier. Kleinere Mengen Soda werden fast in jedem Industriezweig eingesetzt. Damit zählt Soda zu den vielseitigsten eingesetzten chemischen Produkten.

## 2 Herstellung von Natriumcarbonat

### 2.1 Chemische Grundlagen

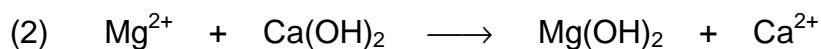
Die technische Herstellung von Soda nach dem Solvay-Verfahren erfolgt durch die Umsetzung der Einsatzstoffe Natriumchlorid (Kochsalz) und Calciumcarbonat (Kalkstein) entsprechend der Bruttogleichung



Somit fällt beim Solvay-Verfahren neben Soda noch  $\text{CaCl}_2$  als Nebenprodukt an. Der Gesamtprozess lässt sich im Wesentlichen durch folgende Reaktionsschritte beschreiben:

#### *Solereinigung*

- Fällung von Magnesiumhydroxid und Calciumcarbonat durch Einleiten von Kalkmilch und Sodalösung in die Sole:



#### *Herstellung des Produktes*

- Fällung des relativ schwer löslichen Bicarbonats ( $\text{NaHCO}_3$ ) durch Einleiten von Kohlensäure in eine mit Ammoniak gesättigten Kochsalzlösung:

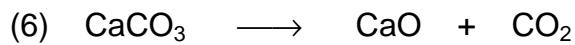


- Thermische Zersetzung des Bicarbonats:



### *Kalkmilchaufbereitung*

- Herstellung von gebranntem Kalk:

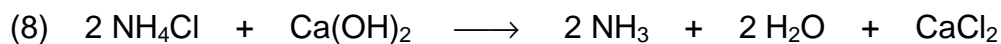


- Herstellung von Kalkmilch:



### *NH<sub>3</sub>-Rückgewinnung*

- Rückgewinnung des Ammoniaks durch Destillation der ammoniumchloridhaltigen Mutterlauge mit Kalkmilch:



## **2.2 Allgemeine Grundlagen des Herstellungsverfahrens**

Für die Herstellung einer Tonne Soda nach dem Solvay-Verfahren werden ca. 1,5 t Kochsalz, etwa 80 m<sup>3</sup> Wasser und 1,2 t Kalkstein sowie 0,1 – 0,5 t Koks benötigt. Die Rohstoffkomponente Natriumchlorid wird in fester Form (Steinsalz) abgebaut und dann zur Sole gelöst oder bereits als gesättigte Salzlösung durch Aussolen von Lagerstätten gewonnen. Die Sättigung der Sole ist im Hinblick auf eine optimale Na<sup>+</sup>-Ausnutzung erforderlich. Bei der technischen Realisierung sind bezogen auf Na<sup>+</sup> und NH<sub>3</sub> möglichst große Umsätze zu erreichen, d. h. es soll möglichst viel Na<sup>+</sup> im ausgefällten NaHCO<sub>3</sub> und NH<sub>3</sub> in der flüssigen Phase als gelöstes NH<sub>4</sub>Cl vorliegen.

## **2.3 Sodaherstellung nach dem Solvay-Verfahren**

### **2.3.1 Herstellungsprozess**

**Abbildung 1** zeigt schematisch die Sodaherstellung nach dem Solvay-Verfahren in vereinfachter Form. Ziel hierbei war es, das Verfahren übersichtlich darzustellen sowie in Verbindung mit **Abbildung 2** die relevanten Emissionsquellen herauszuarbeiten.

Die Sole wird zunächst einer Reinigungsstufe zugeführt, da die Verunreinigungen mit anorganischen Begleitstoffen zu Schwierigkeiten in der Produktion bzw. zu Qualitäts-

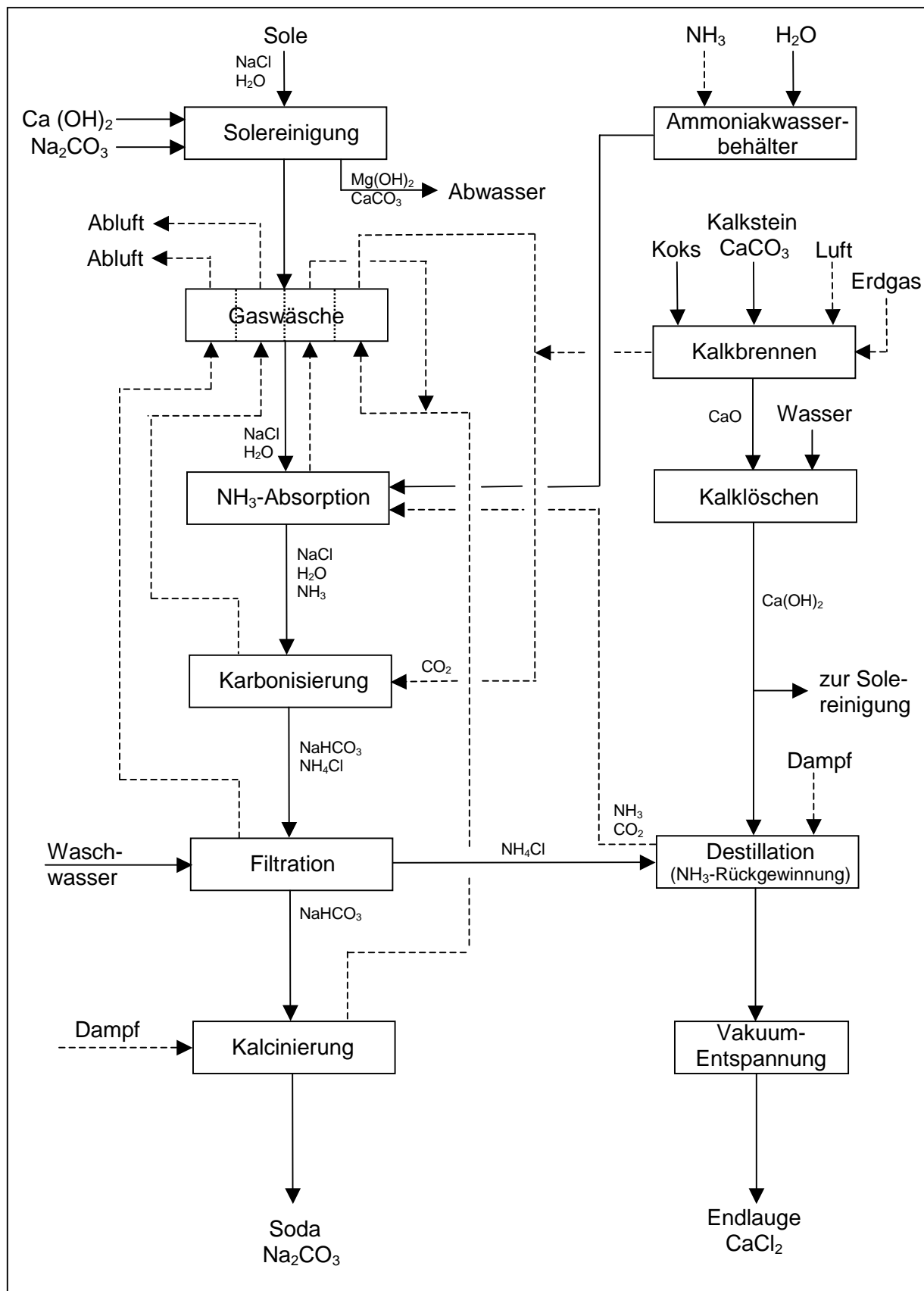
einbußen beim Endprodukt führen würden. Insbesondere die Calcium- und Magnesium-Ionen können basische Carbonate bei der Ammoniak-Absorption bilden, die Verkrustungen in den Apparaten und Rohrleitungen verursachen. Die Reinigung erfolgt in der Regel nach dem Kalk-Soda-Verfahren, bei dem die Sole mit Kalkmilch und Sodalösung versetzt wird. Hierdurch wird das  $Mg^{2+}$ -Ion als Hydroxid und das  $Ca^{2+}$ -Ion als Carbonat entsprechend den Reaktionsgleichungen 2 und 3 gefällt, wobei ein feststoffreiches Abwasser anfällt.

Die gereinigte Sole wird anschließend in mehreren Gaswäschern im Gegenstrom zu den Abgasen aus der Absorption, der Karbonisierung, der Filtration und der Kalzinierung geführt, wobei sie das in den Abgasen enthaltene Ammoniak und einen Teil des Kohlendioxids aufnimmt.

Die überwiegende Anreicherung der Sole mit Ammoniak erfolgt in der nachgeschalteten Absorptionsstufe, bei der gleichzeitig auch ein Teil des im Prozess benötigten Kohlendioxids (ca. 20 %) eingebracht wird. Hierzu wird das  $NH_3$ - sowie  $CO_2$ -haltige, mit Wasserdampf gesättigte Gas aus der Destillation in den Absorber eingeleitet.

$NH_3$ -Verluste im Prozess werden über den Ammoniakwasserbehälter ausgeglichen. Die Abluft der Absorption wird über den mit Sole betriebenen Gaswäscher geführt und anschließend der Abluft aus der Kalzinierung zugeschlagen. Der Ammoniakgehalt der Sole liegt nun bei ca. 85 – 90 kg  $NH_3/m^3$ . Weil die bei der Absorption ablaufenden Reaktionen stark exotherm sind, sind die Absorptionskolonnen mit Kühlern ausgerüstet.

Im Anschluss wird die ammoniakalische Sole im Gegenstrom mit Kohlendioxid aus dem Kalkofen bzw. aus der Kalzinierung übersättigt, wodurch Natriumbicarbonat ausfällt (vgl. Reaktionsgleichung 4). Auch die Karbonisierung ist ein exothermer Prozessschritt, so dass die eingesetzten gusseisernen Fällkolonnen im unteren Teil mit Röhrenkühlern versehen sind. Die Temperatur der Sole im Ablauf der Karbonisationskolonne beträgt idealerweise zwischen 25 °C und 30 °C. Niedrigere Temperaturen können ein gleichzeitiges Ausfallen von Kochsalz oder Ammoniumhydrogencarbonat verursachen, während höhere Temperaturen einer möglichst vollständigen Ausfällung des gebildeten Bicarbonates entgegen wirken. Die Abluft der Karbonisierung wird mit Sole im Gegenstrom gewaschen und anschließend in die Atmosphäre abgegeben.



**Abbildung 1:** Sodaherstellung nach dem Solvay-Verfahren

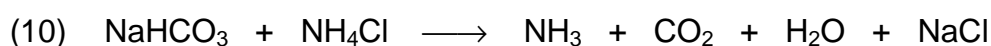
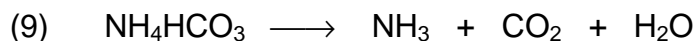
Weil die Einbauten der Fällkolonnen einschließlich der Kühlrohre durch das gefällte Bicarbonat innerhalb von wenigen Tagen verkrusten, müssen sie gespült werden. Dies erfolgt mit frischer ammoniakalischer Sole unter Einblasen von wenig Kohlendioxidgas, wodurch sich die Verkrustungen wieder auflösen. Die so vorcarbonisierte Spülsole wird anschließend auf parallel geschaltete, weniger verkrustete Fällkolonnen aufgegeben.

Das ausgefällte Bicarbonat wird anschließend z. B. mittels Vakuumdrehfilter oder Zentrifugen von der Mutterlauge abfiltriert. Am Bicarbonat noch anhaftende Mutterlauge wird abgewaschen, wofür Kondensate aus der Produktion oder enthärtetes Waschwasser eingesetzt werden können. Die Waschwassermenge schwankt je nach Körnigkeit des Bicarbonats zwischen 0,3 und 1 m<sup>3</sup>/t Soda. Die Abluft der Filtration wird im Gegenstrom mit frischer Sole gewaschen und anschließend in die Atmosphäre abgegeben.

Das abfiltrierte rohe Bicarbonat hat etwa folgende Zusammensetzung:

NaHCO <sub>3</sub>	75,6 %
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	6,9 %
NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>	3,4 %
NaCl + NH <sub>4</sub> Cl	0,4 %
H <sub>2</sub> O	13,7 %

Die Restfeuchte des Rohbicarbonats beeinflusst den Energiebedarf der nachfolgenden thermischen Zersetzung zu Soda (Kalcinierung). Bei der Kalcinierung werden Kohlendioxid und Wasserdampf frei (vgl. Reaktionsgleichung 5). Neben der Hauptreaktion der Sodabildung laufen bei der Kalcinierung parallel folgende Nebenreaktionen ab, die zu einer Bildung von Ammoniak sowie Natriumchlorid führen:



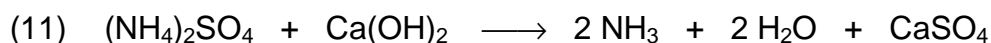
Durch diese Nebenreaktion ist die Soda als technisches Produkt mit Natriumchlorid verunreinigt.

Aus einer Tonne Rohbicarbonat werden beim Kalcinieren ca. 520 – 560 kg Soda gewonnen. Die Zersetzung erfolgt oberhalb von 100 °C. Zur Sicherstellung einer vollständigen Reaktion wird mit Temperaturen > 170 °C gearbeitet. Die aus den dampfbeheizten Drehtrommeln abgesaugten Gase enthalten neben CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> und H<sub>2</sub>O auch größere Mengen an Staub (Soda und Bicarbonat), der aus dem Gasstrom abfiltriert wird. Vor der Verwendung dieses Gases in der Karbonisierung wird es gekühlt und mit frischer Sole NH<sub>3</sub>-frei gewaschen.

Das aus der Kalzinierung abgezogene Produkt wird entweder direkt als „leichte Soda“ mit einem Schüttgewicht von 0,6 – 0,7 t/m<sup>3</sup> verpackt und verladen oder über Anwässerung zum Monohydrat und anschließender Trocknung in „schwere Soda“ mit einem Schüttgewicht von 1,05 t/m<sup>3</sup> überführt. Auch ist die Herstellung von Soda-briketts möglich, indem das Produkt mit Natriumsilikat (Wasserglas) versetzt wird.

Das Ammoniak, das in der Filterlauge als Ammoniumcarbonat, -hydrogencarbonat, -sulfat und -chlorid gebunden ist, wird destillativ zurückgewonnen und zur NH<sub>3</sub>-Absorption zurückgeführt. Ammoniak stellt somit einen reinen Hilfsstoff dar. Lediglich unvermeidbare Verluste werden durch konzentrierte wässrige NH<sub>3</sub>-Lösungen (25 %ig) aus dem Ammoniakwasserbehälter ergänzt.

Während sich (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> und NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> bereits bei Temperaturen von 85 – 90 °C vollständig zersetzen, wobei das gesamte Kohlendioxid und ein kleiner Teil des Ammoniaks aus der Lösung ausgetrieben werden, ist zur Freisetzung von Ammoniak aus NH<sub>4</sub>Cl eine chemische Umsetzung mit Kalkmilch nötig (vgl. Reaktionsgleichung 8). Die Zugabe von Kalkmilch bewirkt gleichzeitig auch die Freisetzung des als Sulfat gebundenen Ammoniaks:



Das für die Karbonisierung benötigte Kohlendioxid sowie die bei der NH<sub>3</sub>-Rückgewinnung eingesetzte Kalkmilch wird durch Brennen von Kalkstein zur Verfügung gestellt (vgl. Reaktionsgleichungen 6 und 7).

Vor Eintritt in die CO<sub>2</sub>-Kompressoren, die das Ofengas absaugen und in die Karbonisierungsstufe fördern, wird das heiße und mit Staub beladene Gas in direktem Austausch mit Wasser gekühlt und gewaschen. Am Standort Staßfurt ist der Wäsche noch eine trockene Entstaubungsanlage vorgeschaltet.



Um ein hochprozentiges  $\text{CO}_2$ -Gas zu erhalten, wird mit möglichst kleinem Luftüberschuss und Koksverbrauch gearbeitet, auch wenn ein Teil des  $\text{CaCO}_3$  dadurch ungebrannt bleibt. Außer Koks wird auch Erdgas als Brennstoff eingesetzt.

Der aus den Öfen austretende gebrannte Kalk wird in horizontal gelagerten Drehtrommeln unter Zusatz von gebrauchtem Kühlwasser zu einer möglichst konzentrierten Suspension von Kalkmilch in Wasser gelöscht. Die Kalkmilch wird anschließend für die destillative Rückgewinnung des Ammoniaks sowie für die Solereinigung (vgl. Reaktionsgleichung 2) verwendet.<sup>1)</sup>

Die durchgesetzte Kalksteinmenge orientiert sich an der für die Ammoniak-Rückgewinnung notwendigen Menge an gebranntem Kalk. Hierbei resultiert ein Kohlen säureüberschuss, der entweder in die Luft oder an andere Verbraucher abgegeben wird.

Das freie Ammoniak wird mit Niederdruckdampf aus der Lösung verdrängt und in einem Wärmetauscher mit der zulaufenden Filterlauge gekühlt. Der Sumpf der Ammoniak-Rückgewinnung (Endlauge) enthält außer Natriumchlorid und nicht umgesetzter Kalkbestandteile hauptsächlich Calciumchlorid und wird als Abwasser abgeleitet.

## 2.3.2 Emissionsdaten und Energieverbräuche

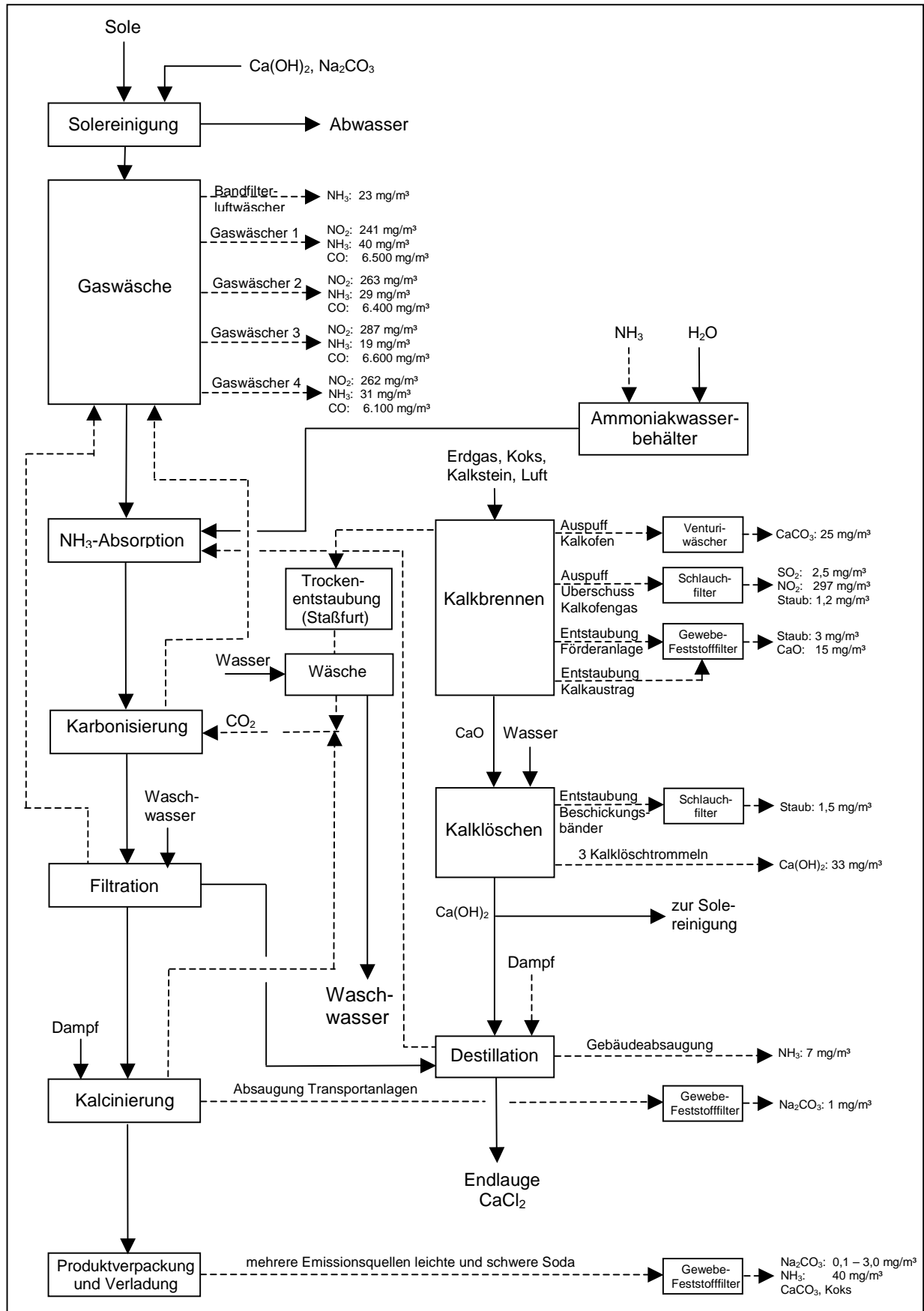
### 2.3.2.1 Abluftemissionen

**Abbildung 2** zeigt am Beispiel des Produktionsstandortes Rheinberg die wesentlichen Emissionsquellen und die jeweiligen Abgasreinigungsarten sowie die in die Atmosphäre emittierten Konzentrationen. Es handelt sich hierbei um gemittelte Halbstundenwerte, die im Einzelfall im Verlauf des Jahres mehrfach bestimmt wurden.

In **Tabelle 1** sind die auf die Tonne Produkt bezogenen spezifischen Emissionswerte dargestellt.

---

<sup>1)</sup> Bei der Ende 1999 geschlossenen Firma Matthes & Weber wurde auf die Löschung des Kalkes verzichtet. Das  $\text{CaO}$  wurde direkt in die  $\text{NH}_3$ -Destillation zugegeben (Trockenkalkverfahren).



**Abbildung 2:** Emissionsquellen und -konzentrationen am Standort Rheinberg

**Tabelle 1:** Spezifische Emissionen der Gesamtanlage Rheinberg

Emittierter Stoff	Aggregat- zustand	spez. Emissionswert [g/t Produkt]
SO <sub>2</sub>	gasförmig	0,3
NO <sub>2</sub>	gasförmig	193
NH <sub>3</sub>	gasförmig	58
CO	gasförmig	3.635
Ca(OH) <sub>2</sub>	staubförmig	1,2
CaO	staubförmig	6,5
CaCO <sub>3</sub>	staubförmig	2,9
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	staubförmig	2,3
Koks (aus Steinkohle)	staubförmig	0,4
Staub (nicht aufgeteilter Rest)	staubförmig	0,8
Gesamtstaub (Σ d. staubförmigen Stoffe)	staubförmig	14

Die vorliegenden Abluftemissionsdaten basieren auf der Emissionserklärung der Fa. Solvay für das Jahr 1996 entsprechend der 11. BImSchV. Bei den vorliegenden Konzentrationswerten handelt es sich Mittelwerte aus verschiedenen Messungen und Messsystemen. Grundlage der Angaben sind

- gemittelte Halbstundenwerte externer Analyseninstitute
- gemittelte Konzentrationen aus online-Messungen
- firmeninterne Messungen und Berechnungen

#### 2.3.2.2 Abwasser

Bei der Soda-Herstellung fallen im Wesentlichen folgende 3 Abwasserteilströme an:

1. Abwasser aus der Solereinigung
2. Waschwasser aus der Abluftbehandlung (Kalkofen)
3. Endlauge aus der Destillation

Am Produktionsstandort Rheinberg werden die drei Teilströme zusammen direkt in den Vorfluter eingeleitet. Ähnlich wurde auch bei der Fa. Matthes & Weber verfahren. Die Analysen für beide Unternehmen sind in **Tabelle 2** zusammengefasst:

**Tabelle 2:** Qualität des Produktionsabwassers der Solvay Soda Deutschland, Rheinberg im Vergleich zum ehemaligen Produktionsstandort von Matthes & Weber, Duisburg

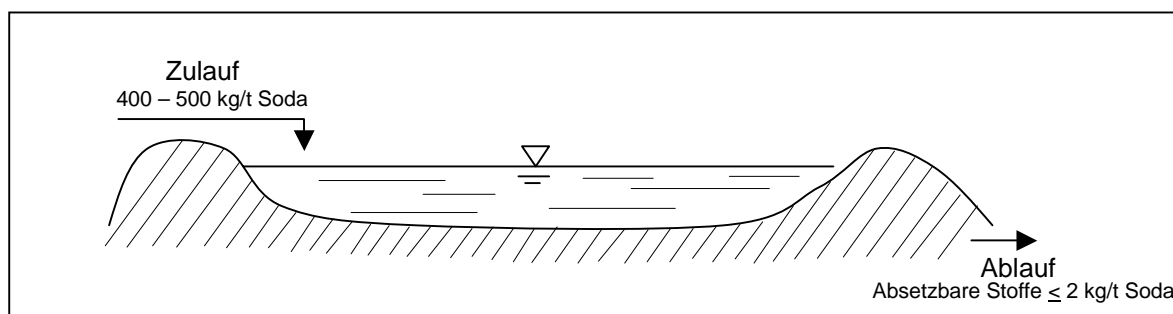
	Solvay Soda Deutschland, Rheinberg				Matthes & Weber, Duisburg	
	Überwachungs- werte		Messwerte 1999		Messwerte 1999	
	Mittelwert: ca. 8,7 m³/t Produkt				ca. 7 m³/t Produkt	
	Konz. [mg/l]	Fracht [g/t Prod.]	Konz. [mg/l]	Fracht [g/t Prod.]	Konz. [mg/l]	Fracht [g/t Prod.]
pH			9,5 – 11,3			
CSB	70	700	< 15 – 70	120 – 510	21	
NH <sub>4</sub> -N	(70)	0,9	4,3 – 73	40 – 600	2 – 7	10 – 80
NO <sub>2</sub> -N			0,11 – 0,62			
P	10		5,8 – 8,5		3 – 9	
Ca			37 – 51,4 [g/l]		30 - 54 [g/l]	
Cd	0,03	0,3	< 0,011 - 0,034	0 - 0,31	0,016 - 0,024	0,18 - 0,2
Cl		1,2x10 <sup>6</sup>	86 – 115 [g/l]	(0,7 - 1)x10 <sup>6</sup>	72 - 132 [g/l]	(0,7 – 1,2)x10 <sup>6</sup>
Cr	0,5	5	0,09 – 0,18	0,8 – 1,8	0,05 - 0,2	0,55 - 1,48
Cu	0,6	6	0,11 – 0,32	0,9 – 2,4	0,12 - 0,25	1,1 - 2,1
Hg	2x10 <sup>-3</sup>	0,02	(<0,2 - 0,72)x10 <sup>-3</sup>	0,002 – 0,005	0	0
Ni	0,5	5	0,07 – 0,22	0,6 – 1,8	0,04 - 0,22	0,4 - 1,8
Pb	1,5	15	0,34 – 1,13	2,9 – 9,6	0,28 - 4,5	2,17 - 44,74
G <sub>D</sub>			um 32			
G <sub>F</sub>	32		< 32 – 48		< 40	
G <sub>L</sub>			4 – 8			
abf. St.			6 – 14 g/l	54 - 126 [kg/t]	10 - 31 [g/l]	77 – 140 [kg/t]

Bei den Abwasseruntersuchungen handelt es sich um Meßergebnisse der amtlichen Untersuchungen für das Jahr 1999 (für Solvay Rheinberg: 21 Messungen, für Matthes & Weber: 8 Messungen). Grundlage ist die qualifizierte Stichprobe. In Tabelle 2 sind die Minimal- und Maximalwerte angegeben.

Wie die Analysen zeigen, sind die Abwässer mit Ausnahme des Ammonium-Gehaltes sehr ähnlich. Bei Matthes & Weber wurden niedrigere Ablaufkonzentrationen erreicht.<sup>1)</sup> Dies wurde von der Firma mit der niedrigeren Wassermenge (Trockenkalkverfahren) und der optimierten Betriebsmittelzugabe (Kalk und Dampf) sowie mit einer besonders sorgfältigen Steuerung des Abtreibers begründet.

Während die Feststoffe aus der Solereinigung im Wesentlichen aus den Fällungsprodukten bestehen, stammen die Feststoffe der Endlauge hauptsächlich aus den Verunreinigungen des verwendeten Kalkes und des zum Brennen eingesetzten Kokes. Desweiteren spielt die Fahrweise des Kalkbrennofens eine Rolle. Bei lokalen Überhitzungen entsteht sogenannter „totgebrannter“ Kalk, der sich nicht umsetzt und sich letztlich als Feststoff in der Endlauge wiederfindet. Die Feststoffe sind äußerst feinteilig, so dass sie sich insgesamt sehr langsam absetzen.

Zur Begrenzung des Feststoffgehaltes wird bzw. wurde bei beiden Firmen Kalk mit einem  $\text{CaCO}_3$ -Gehalt von 95 % und mehr eingesetzt (Wülfrather Kalk). Auf diese Weise wird der Anteil der unerwünschten Begleitstoffe vermindert. Im Gegensatz hierzu verfügen die Unternehmen in Bernburg und Staßfurt über eigene Kalksteinlager. Der dort eingesetzte Kalkstein hat einen  $\text{CaCO}_3$ -Gehalt um 85 %. Hieraus resultiert ein Gehalt an abfiltrierbaren Stoffen im Rohabwasser von 400 – 500 kg/t Produkt. Weil derartige Feststoffgehalte nicht in die vergleichsweise schwache Vorflut (Bode bzw. Saale) abgegeben werden können, wurden in Staßfurt und Bernburg sogenannte industrielle Absetzanlagen angelegt (**Abbildung 3**).



**Abbildung 3:** Schema der Absetzbecken in Bernburg und Staßfurt

<sup>1)</sup> Die Firma Matthes & Weber wurde Ende 1999 geschlossen.

Sie bestehen im Wesentlichen aus großen Becken, in die das Abwasser eingeleitet wird. Das Abwasser durchdringt den Schlamm und tritt am Fuß des Beckens aus. Das Absetzbecken ist mit einer wasserundurchlässigen Bodenschicht ausgestattet. Der ganze Beckeninhalt ist eine thixotrope Masse, die sich erst nach Beendigung der Beschickung verfestigt. Mit Hilfe dieser Absetzbecken wird der Gehalt an absetzbaren Stoffe auf unter 2 kg/t Produkt vermindert. Im Vergleich zu der Abwasserbelastung in Rheinberg sind alle anderen Abwasserparameter ohne Bedeutung, wie z. B. die Schwermetallbelastung, oder in der gleichen Größenordnung ( $\text{NH}_4\text{-N}$ , Cl, CSB). Die Fischgiftigkeit liegt bei  $G_F \leq 32$ .

Während in Bernburg alle drei Teilströme gemeinsam in den industriellen Absetzbecken behandelt werden, wird in Staßfurt das Waschwasser aus der Kalkofengaswäsche direkt in den Vorfluter eingeleitet. Aus diesem Grund wurde in Staßfurt der Abluftwäsche eine trockene Entstaubung vorgeschaltet, um die Belastung des Waschwassers zu vermindern. Die Konzentration der abfiltrierbaren Stoffe für das Waschwasser der Kalkofengaswäsche liegt unter 80 mg/l. Die CSB-Konzentration liegt bei kleiner 30 mg/l. Bei diesen Konzentrationen wird die Vorbelastung des eingesetzten Wasser berücksichtigt. Dies erfolgt deshalb, weil entweder schwach belastetes Kühlwasser oder Wasser aus dem Ablauf der Klärteiche als Waschwasser eingesetzt wird. Die Abwassermenge liegt bei maximal 3.800 m<sup>3</sup>/d.

#### 2.3.2.3 Reststoffe

Die Abtrennung der Feststoffe aus den Abwässern der Standorte Bernburg und Staßfurt führt zu einem Anfall von stark chloridhaltigem Schlamm, der wie oben beschrieben wurde, in Absetzanlagen aufgehaldet wird.

#### 2.3.2.4 Energie

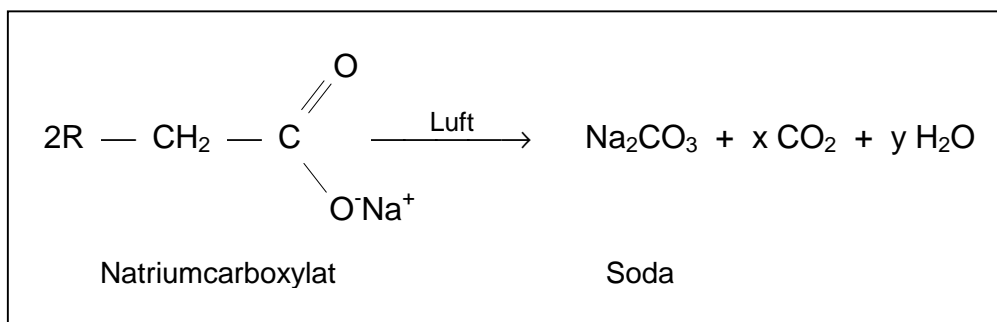
Die der  $\text{NH}_3$ -Absorption sowie der Karbonisierung zugrundeliegenden Reaktionen sind stark exotherm. Nach Literaturangaben müssen bei der  $\text{NH}_3$ -Absorption ca. 1,84 GJ je Tonne Soda und bei der Karbonisierung ca. 1,42 GJ je Tonne Soda abgeführt werden. Mit der abgeführten Wärme wird Dampf produziert, der zum Teil den Bedarf der Kalzinierung abdeckt. Die Kalzinierung des Rohbicarbonats incl. der Trocknung des filterfeuchten Produktes erfordert insgesamt eine Wärmemenge von ca. 3,7 GJ je Tonne Soda.

Für die Destillation zur  $\text{NH}_3$ -Rückgewinnung wird ND-Dampf benötigt. Die bei Siedetemperatur anfallende Endlauge wird zur Energierückgewinnung in Rheinberg einer Vakuumentspannung zugeführt.

## 2.4 Sodaherstellung durch Sonderverfahren

Die BASF in Ludwigshafen stellt mit einem Sonderverfahren verkaufsfähige Soda als Nebenprodukt der Caprolactam-Produktion her. Caprolactam wird zum überwiegenden Teil für die Nylon-6-Herstellung eingesetzt, das seinerseits ein Ausgangsmaterial für Fasern mit vielfältigen Anwendungen, wie z. B. auf dem Textilgebiet und dem technischen Sektor, ist.

In einer eigens dafür errichteten Anlage werden die bei der Synthetisierung anfallenden Abwässer, die mit organischen Natriumsalzen beladen sind, sowie die bei den verschiedenen Verfahrensstufen anfallenden Carbonsäurelösungen zu wasserfreier Soda umgewandelt. Hierzu werden die Reststoffe in eine Brennkammer geleitet, in der das organisch gebundene Natrium zu Soda umgewandelt und die organischen Substanzen verbrannt werden.



**Abbildung 4:** Sodaherstellung durch Verbrennung von Produktionsrückständen

Die entstandene Soda fällt im Abhitzekeessel teils schmelzflüssig und teils als Asche an. Die mit Sodastaub beladenen Rauchgase werden in einem Elektrofilter gereinigt. Feste und flüssige Soda werden gelöst und anschließend durch Kristallisation und Kalzinierung in eine verkaufsfähige Soda mit hoher Reinheit umgewandelt.

Zudem erzeugt der Abhitzekeessel Hochdruckdampf, der in das werksseitige Netz eingespeist wird und damit auch anderen Produktionsstätten als Energie zur Verfügung steht.