

German Notes on BAT for the production of

Large Volume Solid Inorganic Chemicals

NPK - Dünger

Endbericht

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

1 Allgemeine Informationen

Aus anwendungstechnischen, pflanzenphysiologischen und insbesondere wirtschaftlichen Gründen haben Mehrnährstoffdünger in den letzten Jahrzehnten zunehmend an Bedeutung gewonnen. Je nach der Art ihrer Herstellung werden die Mehrnährstoffdünger in Mischdünger und Komplexdünger eingeteilt. Die Herstellung von Mischdünger erfolgt im Allgemeinen durch einfaches trockenes Mischen von Einzeldüngern, woraus jedoch keine wesentlichen Emissionen oder Reststoffe resultieren. Aus diesem Grunde werden in diesem Papier ausschließlich Komplexdünger betrachtet, bei denen die Kombination der Nährstoffe schon während des Herstellungsprozesses erfolgt. Die wichtigste Gruppe unter den Mehrnährstoffdüngern sind die NPK-Dünger, die alle drei Makronährstoffe (Stickstoff, Phosphor und Kalium) gleichzeitig enthalten und daher auch Dreinährstoffdünger genannt werden. Auch ohne Phosphor- oder Kaliumanteil zählen die Dünger zu den Mehrnährstoffdüngern, werden allerdings dann als NP- oder NK-Dünger bezeichnet. Diese Dünger können in der Regel auch in den NPK-Anlagen produziert werden und die Emissionen sind mit denen aus der NPK-Dünger-Herstellung vergleichbar. Enthält ein NPK-Dünger zusätzlich noch Spurenelemente, so wird er umgangssprachlich auch als Volldünger bezeichnet.

Für die unterschiedlichsten Bodenverhältnisse wurden in der Vergangenheit zahlreiche Mehrnährstoffdünger entwickelt. Allein in Europa sind über 200 verschiedene NPK-Dünger im Handel. Zur Charakterisierung der Dünger wird der Stickstoffgehalt als % N, der Phosphorgehalt als % P_2O_5 und der Kaliumgehalt als % K_2O (jeweils Gewichtsprozent) angegeben, wie z. B. 20 : 10 : 10 oder 8 : 8 : 8. Die meist verbreiteten NPK-Dünger in Europa enthalten Nitrat und/oder Ammoniumsalze.

Die Herstellungsverfahren von NPK-Dünger sind sehr vielfältig und werden im Allgemeinen in den Mischsäure-Prozess und den Salpetersäure- bzw. Nitrophosphat-Prozess (Odda-Verfahren) eingeteilt.

Die Auswahl des angewandten Herstellungsprozesses bzw. der installierten Anlagentechnik basiert auf verschiedene Faktoren, wie z. B.:

- NPK-Nährstoffverhältnis
- Rohstoffe
- Qualitätsmerkmale

- Flexibilität des Prozesses
- Produktionskapazität der Anlage
- Einbindung weiterer Prozesse
- ökonomische Faktoren

In Deutschland werden NPK-Dünger von den Firmen BASF in Ludwigshafen und Compo in Krefeld produziert. Beide Firmen wenden zur Herstellung ausschließlich das Mischsäure-Verfahren an, bei dem die Einsatzstoffe, wie z. B. Salpeter- oder Phosphorsäuren (in Krefeld auch Schwefelsäuren) zusammen in variierenden Verhältnissen eingesetzt werden können, so dass insgesamt eine breite Produktionspalette von NPK-Dünger mit unterschiedlichen Nährstoffgehalten zur Verfügung steht. Die Kapazitäten der Produktionsstandorte sind in **Tabelle 1** aufgeführt.

Tabelle 1: Hersteller und Produktionskapazitäten

Unternehmen	Produktionsstandort	Anlagenkapazität
BASF AG	Ludwigshafen	1.100.000 t/a (NPK: 650.000 t/a, ASS*: 450.000 t/a)
Compo GmbH & Co. KG	Krefeld	260.000 t/a

* Ammonsulfatsalpeter

Zusätzlich stellt die Firma Amsterdam Fertilizers in Ludwigshafen bei Bedarf NPK-Mischdünger durch trockenes Mischen von Einzeldüngern her. Hierbei entstehen jedoch keine wesentlichen Emissionen, so dass dieses Verfahren in diesem Bericht nicht weiter dargestellt wird.

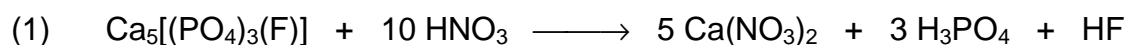
Im letzten Jahrzehnt war das Düngemittelgeschäft in Westeuropa von einem scharfen Wettbewerb geprägt, der zu Restrukturierungen und Werksschließungen führte. Nach einer Veröffentlichung der EFMA haben allein in den letzten drei Jahren 4.000 Mitarbeiter ihren Arbeitsplatz verloren. Gründe für den anhaltenden Preisverfall waren Anfang der 90er Jahre der Nachfrageeinbruch in Osteuropa einschließlich der ehemaligen Sowjetunion sowie der Absatz großer Düngermengen aus osteuropäischer Produktion auf dem westeuropäischen Markt. Hinzu kamen Absatzeinbußen in China und Indien, was in Westeuropa zu Überkapazitäten und zu einem Preisverfall mit hohen Verlusten bei den Felddüngerherstellern führte. Nach einer IVA-

Veröffentlichung mussten 1998 und 1999 deshalb alle Felddüngerhersteller hohe Verluste hinnehmen. Seit Beginn des Jahres 2000 sind die Düngemittelpreise zwar deutlich gestiegen, die Rohstoffpreise, insbesondere für Ammoniak aufgrund der gestiegenen Energiekosten, jedoch ebenfalls. Vor diesem Hintergrund sind weitere Schließungen und Restrukturierungen zu erwarten.

2 Herstellung von NPK-Dünger in Deutschland

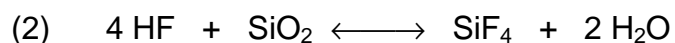
2.1 Chemische Grundlagen des Rohphosphataufschlusses

Beide Produktionsstandorte in Deutschland setzen zur Herstellung der NPK-Dünger Rohphosphate ein, die zunächst mit Salpetersäure aufgeschlossen werden. Diese exotherme Reaktion verläuft entsprechend folgender idealisierten Brutto-Gleichung:



$$\Delta H = - 290 \text{ kJ/mol}$$

Die eingesetzten Rohphosphate enthalten ca. 4 % Fluor, wovon ein kleiner Anteil beim Salpetersäureaufschluss Fluorwasserstoff bildet (vgl. Reaktionsgleichung 1). Dieser setzt sich mit dem stets im Rohphosphat vorhandenen SiO_2 zum gasförmigen Siliciumtetrafluorid SiF_4 bzw. zur Hexafluorokieselsäure H_2SiF_6 entsprechend den Gleichungen (2) und (3) um.



Der überwiegende Fluoranteil im Rohphosphat durchläuft den gesamten Herstellungsprozess und verbleibt letztendlich im Dünger.

2.2 Herstellung nach dem Mischsäure-Verfahren

Von der BASF in Ludwigshafen wurde zur Herstellung der NPK-Dünger bis zum Jahr 1994 noch der Salpetersäure- bzw. Nitrophosphat-Prozess (Odda-Verfahren) angewandt. Aus wirtschaftlichen Gründen wurde dieses Produktionsverfahren jedoch aufgegeben und es erfolgte die Umstellung auf das Mischsäure-Verfahren unter

Nutzung von Teilen der stillgelegten Anlagen. Somit wird in Deutschland heute ausschließlich nach dem Mischsäure-Verfahren produziert. Das Herstellungsverfahren wird zunächst am Beispiel der Fa. Compo in Krefeld beschrieben. Die Unterschiede des Standortes Ludwigshafen werden in einem weiteren Abschnitt erläutert.

2.3 Fa. Compo, Krefeld

2.3.1 Herstellungsprozess

Abbildung 1 zeigt in vereinfachter Form das Herstellungsverfahren von NPK-Dünger der Fa. Compo in Krefeld. Beim Produktionsprozess wird im Allgemeinen zwischen einem Nassteil und einem Trockenteil unterschieden. Während der Nassteil die Verfahrensstufen Aufschluss und Neutralisation beinhaltet, werden alle weiteren Bearbeitungsschritte (Granulierung, Trocknung usw.) dem Trockenteil zugerechnet. Das Rohphosphat mit einem P_2O_5 -Anteil von 30 – 40 % wird im Aufschlussreaktor intensiv mit der ca. 60 %igen Salpetersäure vermischt. Die exotherme Reaktion der Salpetersäure mit dem Rohphosphat führt zu einem im Wesentlichen mit NO_x und Fluoriden belasteten Abgas. Die Fluoride sind meist an Silizium gebunden (vgl. Reaktionsgleichungen 2 und 3). Gleichzeitig werden in Abhängigkeit vom eingesetzten Rohphosphat unterschiedliche Mengen flüchtiger Komponenten, wie z. B. CO_2 , frei. Vor Abgabe in die Atmosphäre wird das Abgas einem Wäscher zugeführt. Die bei der Aufschlussreaktion freiwerdende Wärme führt zu einer Temperaturerhöhung der Lösung. Im Reaktor stellt sich eine Temperatur von etwa 70 °C ein. Im weiteren Prozess werden dann Phosphorsäure und ggf. Schwefelsäure, Monoammonphosphat (MAP) und/oder Diammonphosphat (DAP) sowie weitere Komponenten der Aufschlussmasse zugegeben. Je nach Produkt kann noch die Zugabe von gelöstem Ammoniumsulfat erfolgen. Die Säuremischung wird mit gasförmigen NH_3 neutralisiert. Die Neutralisationsreaktion verläuft sehr exotherm und die sich entwickelnde Wärme wird zur Aufkonzentrierung der Lösung verwendet. Die Zugabe von geringen Dampfmengen erfolgt nur zeitweise z. B. bei Anfahrprozessen. Der neutralisierten Lösung werden weitere Einsatzstoffe, wie z. B. Kaliumchlorid und/oder Kaliumsulfat, Magnesiumsalze sowie Spurennährstoffe zugegeben.

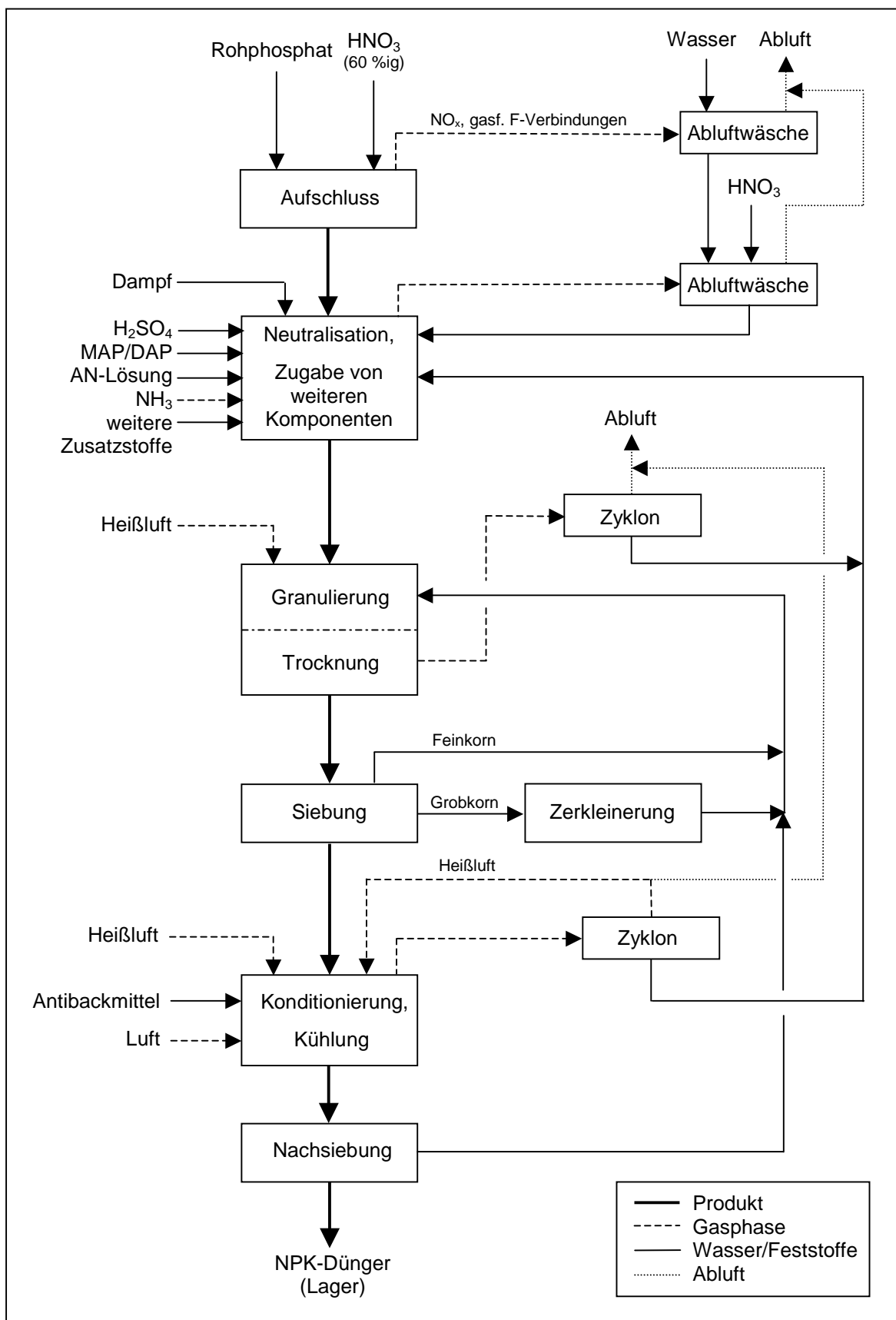


Abbildung 1: Herstellung von NPK-Dünger (Fa. Compo, Krefeld)

Das Mischen der Einsatzstoffe bzw. die Neutralisationsreaktion wird in mehreren Behältern vollzogen. Die entstehenden Abluftströme aus Aufschluss und Ammonisierung werden getrennt gesammelt und über Wäscher geführt. Dabei wird das Waschwasser aus der Aufschlusswäsche auf den Neutralisationswäscher geführt und dort wegen der alkalischen Abgase durch Zugabe von Salpetersäure sauer gestellt. Das Waschwasser wird in die Neutralisation zurückgeführt. Die Abluftströme beider Wäscher werden zusammen über einen Kamin in die Atmosphäre abgegeben.

Im Anschluss an die Neutralisation sowie der Zugabe weiterer Komponenten erfolgt die Formgebung der Düngemittel. Hierzu wird die Maische in die Granulierung befördert. Die Fa. Compo in Krefeld betreibt zur Granulierung einen Spherodizer (beschaufelte Granuliertrommel), bei dem die nachgeschaltete Trocknungsstufe bereits integriert ist. Unter gleichzeitigem Durchziehen von heißer Luft wird die Maische mit einem Wassergehalt zwischen 10 und 30 % (je nach produzierter Sorte) in die Rotationstrommel des Spherodizers eingesprüht. Die Abluftströme des Spherodizers (Granulierung und Trocknung) werden vor Abgabe in die Atmosphäre über Multizyklone geführt, um den Staub im Abgas weitgehend abzutrennen.

Die getrockneten Granalien werden anschließend durch Siebung in drei Fraktionen unterteilt. Das Grobkorn wird zerkleinert und gemeinsam mit dem Feinkorn in den Spherodizer zurückgeführt.

Nach der Siebstufe erfolgt die Konditionierung des Produktes durch Zugabe eines Antibackmittels sowie die Kühlung ggf. mit eingeblasener Luft in einer Trommel bzw. einem Fließbettkühler. Die hierbei entweichende Abluft wird zunächst über eine Zyklonbatterie geführt und anschließend gemeinsam mit der Abluft des Spherodizers in die Atmosphäre abgegeben. Je nach Bedarf kann die Abluft auch als Sekundärluft der Trocknungsstufe zugeführt werden. Der in den Zyklonen zurückgehaltene Staub wird in den Nassteil des Herstellungsverfahrens zurückgeführt. Zum Abschluss wird das Produkt nachgesiebt und in das Düngemittellager befördert.

2.3.2 Emissionsdaten und Energieverbrauch

Die Emissionen hängen im Wesentlichen von der Spezifikation des jeweils hergestellten Produktes sowie von der Qualität der eingesetzten Eingangsstoffe ab. Die in

diesem Papier dargestellten Emissionen geben einen durchschnittlichen Bereich wieder.

2.3.2.1 Abluftemissionen

Abluftemissionen fallen bei der Fa. Compo in Krefeld über zwei Emissionsquellen an, wobei der Nassteil sowie der Trockenteil durch jeweils eine Quelle gekennzeichnet sind. Die Abluftmengen des Nassteils liegen bei ca. 8.000 – 12.000 m³/h und die des Trockenteils bei ca. 90.000 m³/h. Vor Abgabe in die Atmosphäre werden die Abluftströme des Nassteils über Abluftwäscher und die des Trockenteils über Zykclone geführt. Die Emissionsquellen sowie die Abluftkonzentrationen zeigt **Abbildung 2**, wobei die dargestellten Abluftkonzentrationen die jeweiligen Mittelwerte aus vier Einzelmessungen (Halbstundenwerte) wiedergeben. Insgesamt muss berücksichtigt werden, dass die angegebenen Konzentrationen in hohem Maße von den jeweiligen Produkteigenschaften abhängen und daher mit Schwankungsbreiten von bis zu 25 % zu rechnen ist. Spezifische Konzentrationsangaben bezogen auf die Tonne Produkt sind aufgrund der Produktwechsel nicht möglich.

Die wesentlichen Parameter der Abluftemissionen bei der Herstellung von NPK-Dünger sind NO_x, gasförmige F-Verbindungen, NH₃ sowie Staub.

NO_x, hauptsächlich NO und NO₂, werden beim Aufschluss des Rohphosphates mit HNO₃ emittiert. Die Emissionswerte sind abhängig von der Qualität des eingesetzten Rohphosphates (z. B. vom Anteil der organischen Verbindungen und der Eisensalze) sowie von den Prozesstemperaturen. Des weiteren geht ein kleiner Anteil des in den Rohphosphaten enthaltenen Fluors während des Aufschlusses in die Gasphase über. In der Abluftwäsche werden NO_x und Fluoride ausgewaschen und in den Prozess zurückgeführt.

Die NH₃-Emissionen resultieren hauptsächlich aus der Neutralisation mit Ammoniak und in geringem Maße aus der Formgebung des Düngers (Granulierung).

Die Staubemissionsquellen sind die Granulations- sowie die Konditioniertrommel. Geringere Emissionen fallen bei der Produktkühlung an.

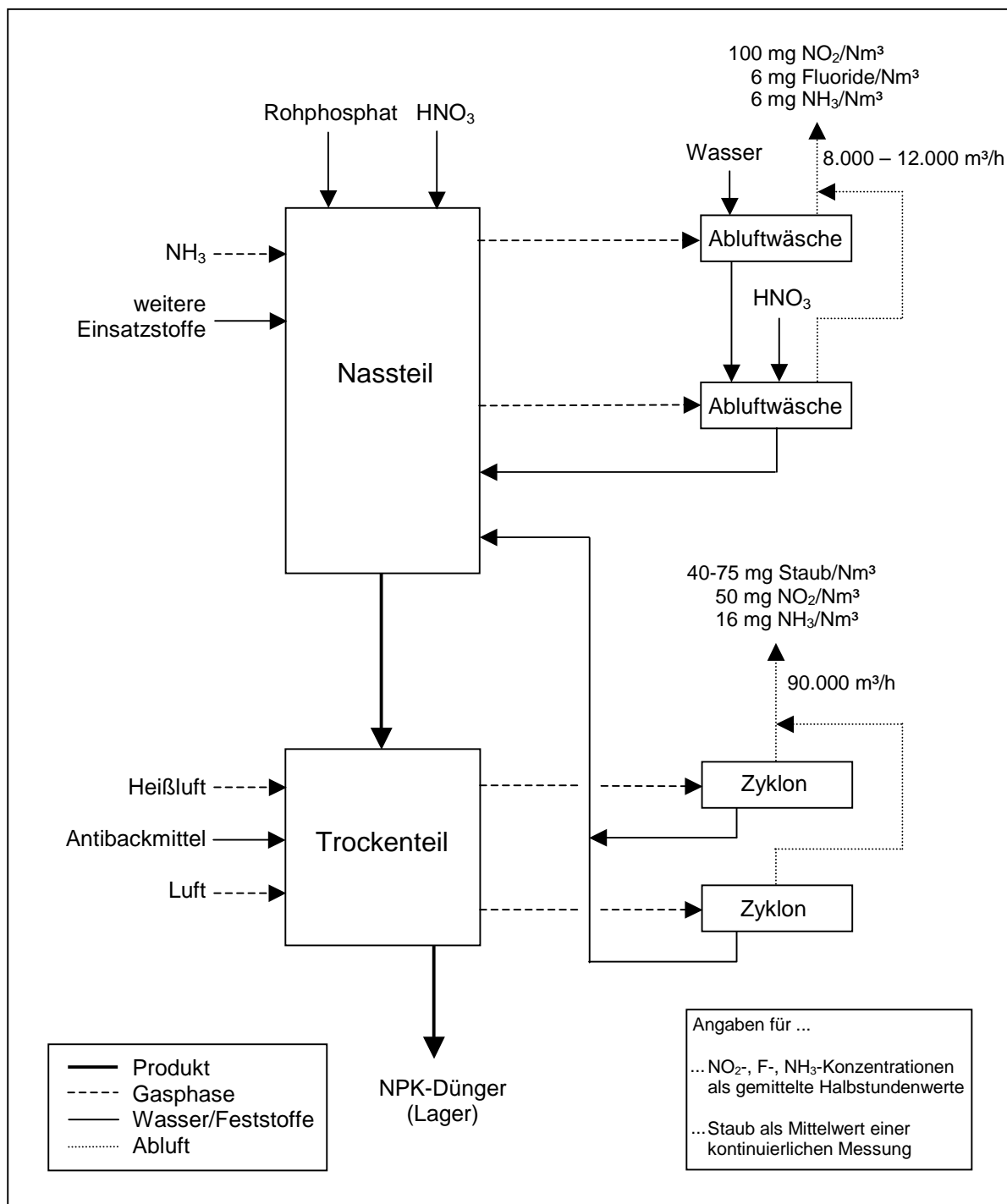


Abbildung 2: Emissionsquellen und Abluftkonzentrationen (Fa. Compo, Krefeld)

2.3.2.2 Abwasser

Die anfallenden Waschwässer werden vollständig recycelt, so dass bei der Produktion von NPK-Dünger am Standort Krefeld kein Prozessabwasser anfällt.

2.3.2.3 Reststoffe

Am Standort Krefeld fallen bei der Herstellung von NPK-Dünger keine Reststoffe an. Der in den Zyklonen abgeschiedene Staub wird vollständig in den Prozess zurückgeführt.

2.3.2.4 Energie

Zur Erzeugung der Heißluft für den Sphärodizer wird schweres Heizöl eingesetzt. Der Bedarf liegt zwischen 10 und 35 kg Öl pro t Produkt. Der Schwefelgehalt des Heizöls beträgt ca. 1,8 %, wovon etwa die Hälfte in das Produkt geht. Der restliche Schwefelanteil wird mit der Abluft in die Atmosphäre abgegeben. Der elektrische Energiebedarf liegt bei 25 – 80 kWh_{el} pro t Produkt.

2.4 Fa. BASF, Ludwigshafen

2.4.1 Herstellungsprozess

Da die BASF in Ludwigshafen im Wesentlichen den gleichen Produktionsprozess wie die Fa. Compo in Krefeld anwendet, beschränkt sich die nachfolgende Darstellung lediglich auf die Unterschiede bzw. Besonderheiten am Standort Ludwigshafen. Das Herstellungsverfahren, so wie es die BASF betreibt, ist in vereinfachter Form in **Abbildung 3** dargestellt.

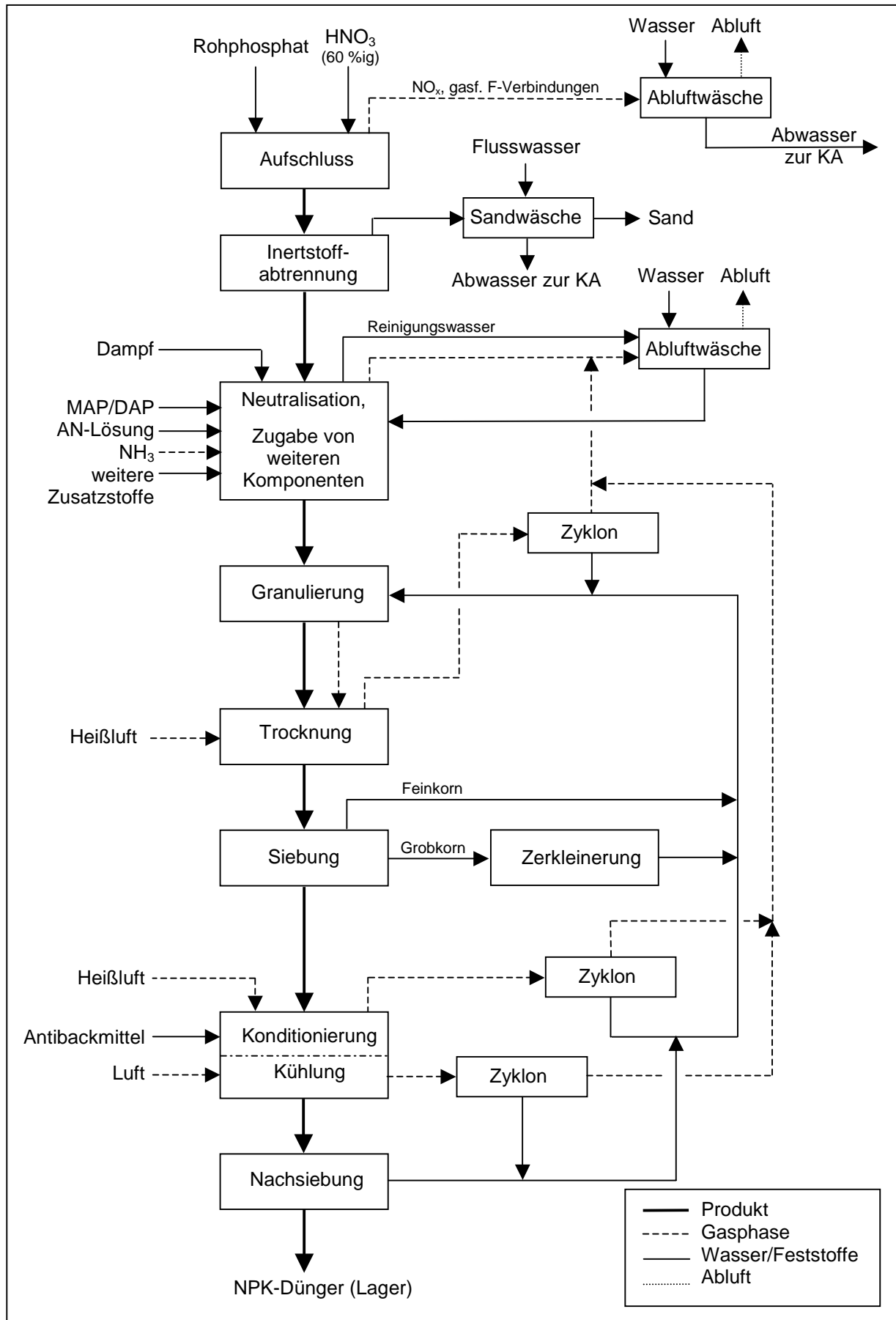


Abbildung 3: Herstellung von NPK-Dünger (Fa. BASF, Ludwigshafen)

1. Inertstoffabtrennung

Bei der BASF in Ludwigshafen werden die stillgelegten Anlagenteile des früher betriebenen Herstellungsverfahrens zur Inertstoffabtrennung weiterhin genutzt. Hierbei werden die in der Aufschlusslösung enthaltenen Feststoffe, insbesondere Quarzsand, deren Menge von der Qualität des eingesetzten Rohphosphates abhängt, statisch abgetrennt. Der abgetrennte Sand wird gewaschen und anschließend in die Bauindustrie abgegeben bzw. deponiert. Das Waschwasser enthält P_2O_5 und NO_3 und wird in die biologische Betriebskläranlage eingeleitet.

2. Abluftwäsche zur Behandlung der Abgase aus der Neutralisation und den Granulieranlagen

Anfang der 90er Jahre war die BASF in Ludwigshafen mit einer Vielzahl von Projekten beschäftigt, um durch ein Bündel von ca. 40 Einzelmaßnahmen die Ammoniumfracht im Ablauf der Kläranlage in den Rhein zu senken. Dieses Maßnahmenbündel hatte ein Investitionsvolumen von ca. 120 Mio. DM, allerdings konnte bei den Abwassergebühren eine Einsparung von 18,5 Mio. DM jährlich dagegen gerechnet werden. In der NPK-Fabrik wurden bei Produktumstellungen die Granulieranlagen mit Wasser gespült. Dadurch betrug die tägliche Ammoniumfracht, die aus diesem Betrieb zur Kläranlage abgeleitet wurde, im Mittel 2,3 Tonnen. Die NPK-Fabrik war damit der größte Einleiter von Ammoniumsalzen.

Deshalb wurde 1994 ein Verfahren in Betrieb genommen und bis 1997 optimiert, das Abwasser vermeidet und gleichzeitig die Abluftströme reinigt. Kernstück der Anlage ist eine Füllkörperkolonne von 8,7 m Durchmesser und 25 m Höhe. In dieser Kolonne werden die Spülwässer durch Nutzung der in den heißen Abgasen aus Neutralisation und Trocknung enthaltenen Wärme aufkonzentriert. Durch den eingestellten schwach sauren pH-Wert wird gleichzeitig Ammoniak aus der Abluft gewaschen. Das Waschwasser wird nach weiterer Konzentrierung in einer nachgeschalteten Eindampfung vollständig in den Düngemittelprozess zurückgeführt. Um die Abwärme sinnvoll nutzen zu können, ist in der Anlage ein System von Sortier- und Sammelbehältern integriert, in denen die Wässer je nach Konzentration getrennt gesammelt werden können. Die Investitionen für die Anlage einschließlich der Sammelbehälter betrugen ohne die Eindampfanlage 41,5 Mio. DM. Die Anlage reinigt ca. 340.000

m³/h Abluft. Wegen des sauren pH-Wertes zur Ammoniakabsorption, der hohen Temperatur und der aggressiven Chlorid-, Fluorid-, Phosphat- und Nitrationen ist der Einsatz eines hochlegierten Sonderwerkstoffes erforderlich.

3. Reinigungswässer

Die Granulieranlagen bei der BASF werden bei Produktumstellungen mit Wasser gereinigt. Die hierbei anfallenden Reinigungswässer werden zum Betrieb der Abluftwäsche genutzt und hierdurch in den Prozess zurückgeführt. Bei Compo wird i. d. R. trocken gereinigt, so dass keine Reinigungswässer anfallen.

4. Granulierung und Trocknung

Bei der BASF in Ludwigshafen ist der Granulierung eine separate Trockentrommel nachgeschaltet. Bei diesem System muss die Maische vor Eintritt in die Granulierung auf einen Feststoffgehalt von 85 bis 95 % aufkonzentriert werden.

2.4.2 Emissionsdaten und Energieverbrauch

2.4.2.1 Abluftemissionen

Am Standort Ludwigshafen fällt Abluft über zwei Emissionsquellen an:

- Abluft aus dem Rohphosphataufschluss
- Abluft aus der Neutralisation und den Granulieranlagen

Die Emissionsquellen sowie die Abluftkonzentrationen sind in **Abbildung 4** dargestellt.

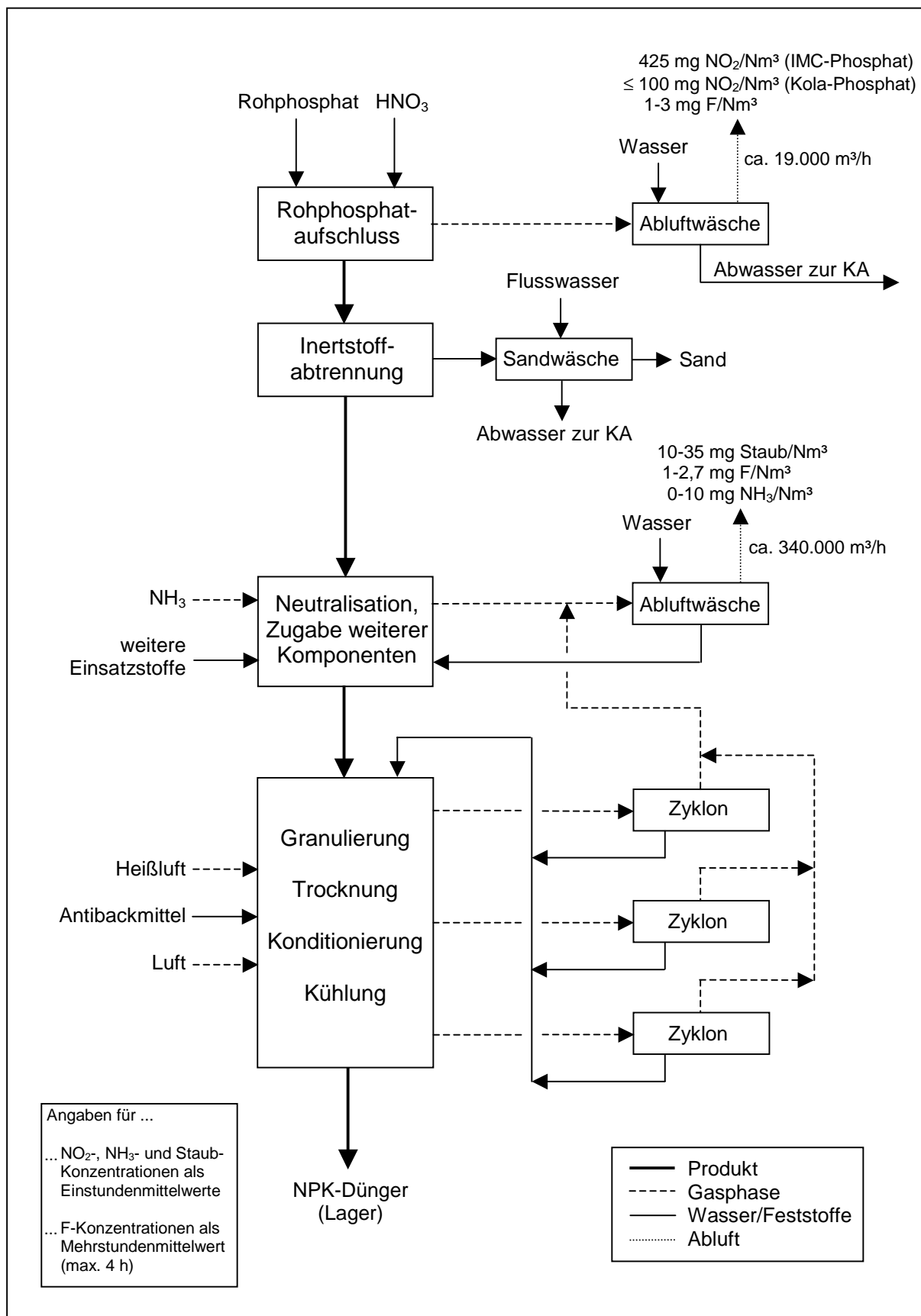


Abbildung 4: Emissionsquellen und Abluftkonzentrationen (BASF, Ludwigshafen)

Abluft aus dem Rohphosphataufschluss

Die Abluft aus dem Rohphosphataufschluss wird in einer Waschkolonne gereinigt. Insbesondere die NO_x -Emission hängt stark von der eingesetzten Phosphatsorte ab (Gehalt an organischem Material). Der Luftdurchsatz des Wäschers liegt bei rund $19.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$.

Die gemessenen Werte für NO_x liegen bei etwa $425 \text{ mg NO}_2/\text{m}^3_{\text{i.N. trocken}}$ (beim Einsatz eines IMC-Phosphates) bzw. $< 100 \text{ mg NO}_2/\text{m}^3_{\text{i.N. trocken}}$ (beim Einsatz von Kola-Phosphat). Die Fluor-Werte liegen im Bereich zwischen ≤ 1 und $3 \text{ mg F}/\text{m}^3_{\text{i.N. trocken}}$.

Abluft aus der Neutralisation und den Granulieranlagen

Die Abluft aus der Neutralisation wird zusammen mit allen weiteren Abluftströmen des Trockenteils (Granulieranlagen, Konditionierung und Kühlung) über einen Abluftwäscher gereinigt. Der Luftdurchsatz des Wäschers liegt bei rund $340.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$.

Die Staubgehalte der gereinigten Abluft liegen im Mittel bei ca. $20 \text{ mg}/\text{m}^3_{\text{i.N.}}$, wobei in Abhängigkeit von der produzierten Düngersorte und dem Anlagenzustand Schwankungsbreiten zwischen ca. 10 und $35 \text{ mg}/\text{m}^3_{\text{i.N.}}$ auftreten. Auch bei kurzzeitigen Ausreißern, insbesondere verbunden mit einer Aerosolproblematik, wurde der Genehmigungswert von $50 \text{ mg}/\text{m}^3_{\text{i.N.}}$ stets unterschritten. Die Fluorwerte liegen im Mittel bei $1,4 \text{ mg}/\text{m}^3_{\text{i.N.}}$ ($< 1 - 2,7 \text{ mg}/\text{m}^3_{\text{i.N.}}$) und die NH_3 -Werte zwischen 0 und $10 \text{ mg}/\text{m}^3_{\text{i.N.}}$.

Die Abluftwerte wurden als Einstundenmittelwert gemessen, die Bestimmung der Fluorgehalte dauerte wegen der niedrigen Konzentrationen bis zu 4 Stunden.

2.4.2.2 Abwasser

Im Rohphosphataufschluss fällt Abwasser aus der Abluftwäsche, der Sandwäsche und aus Reinigungs- und Spülvorgängen an. Die Abwässer der Sandwäsche sowie der Abluftwäsche werden als behandlungsbedürftiges Abwasser in die biologische Betriebskläranlage eingeleitet. Die wichtigsten Abwasserparameter sind Fluoride, Nitrat und Phosphat. Der Phosphatgehalt wirkt sich dabei günstig auf das Nährstoffverhältnis der Betriebskläranlage aus.

Bei den Abwassermessungen vom 23.03. bis 06.04.98 lag die durchschnittliche Abwassermenge bei $3.026 \text{ m}^3/\text{d}$, wobei die Einzelmessungen zwischen 2.400 und

4.000 m³/d variierten. Die ermittelten durchschnittlichen Frachten der Abwasserparameter sowie deren spez. Frachten bezogen auf den Phosphateinsatz zeigt **Tabelle 2**.

Tabelle 2: Abwasserparameter des Rohphosphataufschlusses

	tägliche Fracht	spez. Fracht, bezogen auf den Phosphateinsatz
P	237 kg/d	1,12 kg/t P ₂ O ₅
F	282 kg/d	1,33 kg/t P ₂ O ₅
NO ₃ -N = ges. N	901 kg/d	4,26 kg/t P ₂ O ₅

Die in Tabelle 2 angegebenen Werte können in Abhängigkeit von der Phosphatsorte deutlichen Schwankungen unterliegen.

Alle weiteren Prozessschritte ab der Neutralisation sind abwasserlos. Die Spülwässer aus den Granulationsanlagen werden gesammelt, aufkonzentriert und in den Prozess zurückgeführt.

2.4.2.3 Reststoffe

Bei der BASF in Ludwigshafen fällt in der Inertstoffabtrennung eine kleine Menge Sand von 1 – 2 t/d an. Dieser wird nach der durchgeführten Wäsche z. T. deponiert bzw. in die Bauindustrie abgegeben.

2.4.2.4 Energie

Für die Eindampfung der vorkonzentrierten Spülwässer in der Eindampfanlage auf eine Endkonzentration von 85 bis 90 % Feststoffgehalt werden ca. 20.000 t Dampf pro Jahr zusätzlich benötigt.